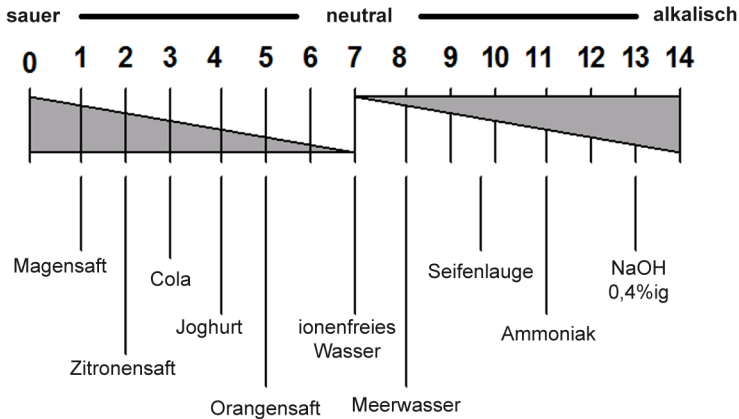


3.9 Chemische Sonden

3.9.1 pH- und Redoxsonden

3.9.1.1 pH Messung

Der pH-Wert ist ein logarithmisches Maß für die Konzentration der H-Ionen in einer wässrigen Lösung und beschreibt damit in Zahlenwerten, ob diese sauer, neutral oder alkalisch reagiert. Die pH-Skala reicht von pH 0 bis pH 14, pH 7 ist neutral. Einige Beispiele für pH-Werte alltäglicher Stoffe:



3

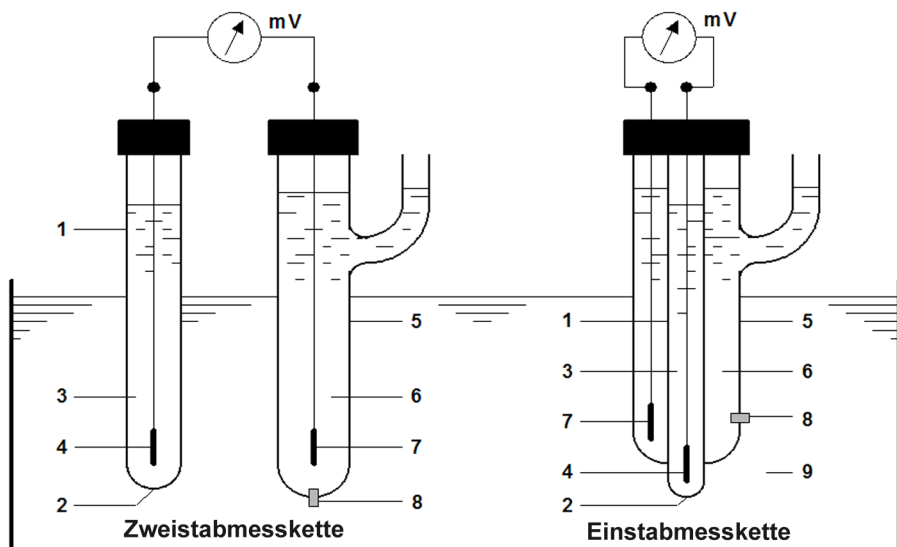
Bei der Messung des pH-Wertes und des Redox-Potentials wird durch potentiometrische Messung die Kettenspannung zwischen zwei Elektroden bestimmt.

pH-Messketten

Eine pH-Messkette zur pH-Messung besteht immer aus einer Glaselektrode (1) und einer Referenzelektrode (5), entweder in Form einer getrennten Zweistabmesskette (zwei Einzelelektroden) oder in Form der leichter zu handhabenden Einstabmesskette.

Der eigentliche Sensorteil ist die Glasmembrane (2) der Glaselektrode. Eine hier auftretende Potentialdifferenz entspricht der pH-Wert-Differenz zwischen Innenseite und Außenseite.

Im Inneren der Glaselektrode befindet sich der auf pH7 gepufferte Innenelektrolyt (3), sowie die innere Ableitung (4). Die Referenzelektrode besteht aus einem Referenzelektrolyt (6), der äußeren Ableitung (7) und einem Diaphragma (8), das die elektrolytisch leitende Verbindung zwischen Referenzelektrolyt (6) und der Messlösung (9) darstellt.

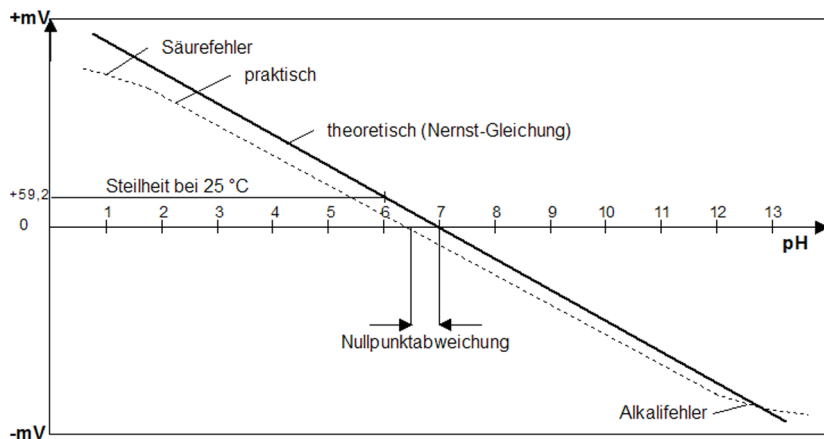


pH-Messketten:

1 Glaselektrode	5 Referenzelektrode	2 Glasmembrane
6 Referenzelektrolyt	3 Innenelektrolyt	7 Äußere Ableitung
4 Innere Ableitung	8 Diaphragma	9 Messlösung

Messsignal

Das pH-Messsignal einer pH-Messkette hat seinen theoretischen Nullpunkt bei pH 7 und ändert sich bei 25°C um 59,2 mV, wenn sich der pH-Wert der Messlösung um ein pH ändert. Bei sauren Lösungen (pH 0 bis pH 7) ist die Spannung positiv, bei alkalischen (pH 7 bis pH 14) negativ. Die Steilheit nimmt mit steigenden Temperaturen um 0,2 mV/K zu, bei fallenden entsprechend ab.



In der Praxis weicht das Messsignal einer pH-Messkette mehr oder weniger von der sog. Nernstgleichung ab:

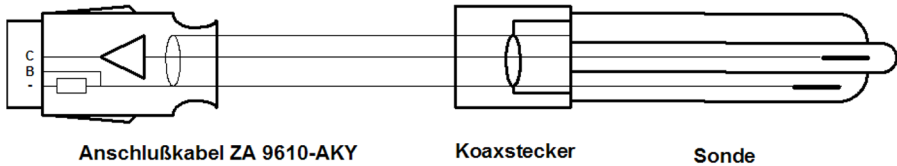
1. der reale Nullpunkt ist gegenüber dem theoretischen pH7 leicht verschoben.
2. die Steilheit kann durch Alterserscheinungen geringer sein, als der theoretische Wert.
3. bei sehr hohen pH-Werten kann die Steilheit abnehmen. Dies wird allgemein als Alkalifehler bezeichnet und hängt von der Glassorte des Membranglases ab.
4. bei sehr tiefen pH-Werten kann der sog. Säurefehler auftreten, d.h. auch hier lässt die Steilheit geringfügig nach.
5. das Messsignal kann je nach Einsatzbedingungen noch durch viele andere Einflüsse verfälscht werden, wie z.B. Alterung, Eindringen von Messlösung in die Referenzelektrode, Ablagerungen auf der Glasmembrane.



Auf Grund der Fertigungstoleranzen und der vielfältigen Einflussmöglichkeiten muss jede Messkette mit sog. Pufferlösungen mit definiertem pH-Wert bei den angegebenen Temperaturen kalibriert werden.

ALMEMO® pH-Messsystem

Um das Messsignal durch das Messgerät nicht zu verfälschen, muss bei pH-Messketten ein extrem hochohmiger Messverstärker (>500 GW) verwendet werden. Zum Anschluss aller gängigen Messketten mit Steckkopf S7, SN6 an ALMEMO® Messgeräte gibt es ein spezielles Anschlusskabel (ZA9610AKY4W, Kabel mit angespritztem ALMEMO® Stecker), das den nötigen Messverstärker im ALMEMO® Stecker eingebaut hat. Durch Impedanzwandlung und Differenzmessung lassen sich auch mehrere Sonden mit unterschiedlichen Potentialen erfassen und über größere Strecken störungsfrei übertragen.



Die Messung erfolgt im Messbereich 2.6000 V, sodass zur Darstellung des pH-Wertes mit 2 Nachkommastellen gemäß Nernstgleichung folgende Programmierung des Steckers nötig ist.

Die Anschlusskabel ZA 9610-AKY4 sind standardmäßig so konfiguriert:

Messbereich:	d2600	
Dimension:	PH	
Steigungskorrektur:	-0.1689	100 (1.00pH) : 592 (59.2mV)
Basiswert:	- 7.00	
Exponent:	2	
Verriegelungsmod:	5	

Anschluss der pH-Sonden



Achten Sie darauf, dass beim Einschrauben der pH-Sonde in den Anschlusskopf wegen des hochohmigen Signals keinerlei Feuchtigkeit in die Steckverbindung gelangt.

Beim Anstecken von pH-Sonden (Dimension 'PH') werden folgende Funktionen des Handgerätes aktiviert. Sie können mit Hilfe der Taste F2 aufgerufen werden:

- Nullpunktkorrektur (NK)
- Steigungskorrektur (SK)
- Temperaturkompensation (TK).

Mit Hilfe dieser Funktionen können die Sensoren mit Pufferlösungen individuell in Nullpunkt und Steigung kalibriert werden. Wenn das Messmedium eine andere Temperatur als die Pufferlösung aufweist, ist außerdem eine Temperaturkompensation möglich. Diese Daten werden wie bei allen ALMEMO® Fühlern im Stecker abgelegt, sodass auch verschiedene pH-Sonden mit eigenem Anschlusskabel ohne Nachkalibrierung austauschbar sind.

Kalibrierung

Nach Anstecken des ALMEMO® Steckers in das Messgerät ist das Messsystem einsatzbereit. Den Einsatzbedingungen entsprechend sollte jedoch die Sonde in regelmäßigen Abständen neu kalibriert werden. Zur Kalibrierung der pH-Sonden bieten wir als Zubehör drei Pufferlösungen an. Die Messgenauigkeit wird praktisch durch die Genauigkeit und Reinheit der Pufferlösung bestimmt.

1. ZB 98 PH-PL4: pH 4 (± 0.05 pH bei 25°C)
2. ZB 98 PH-PL7: pH 7 (± 0.05 pH bei 25°C)
3. ZB 98 PH-PL10: pH 10 (± 0.05 pH bei 25°C)

Bei Fühlern mit der Dimension 'PH' oder 'pH' ist nicht nur eine automatische Nullpunktkorrektur, sondern auch eine automatische Steigungskorrektur möglich. Bei der Kalibrierung darf der Verriegelungsmodus für die Korrekturwerte nicht höher als 3 eingestellt sein. Bei manchen Geräten müssen für die manuelle Bedienung außerdem die Funktionen NULLPUNKT und STEIGUNG aktiviert sein.

Um einfach in diesen Abgleichmodus zu kommen und den Abgleich durchzuführen, gibt es bei den einzelnen Geräten verschiedene Tastenkombinationen (siehe Gerätebedienungsanleitungen Kapitel 'Fühlerabgleich' oder Hb. 6.4.2)



Zuerst erfolgt immer die Nullpunktkorrektur mit der Pufferlösung pH7 !

Nullpunktkorrektur:

1. pH-Sonde in Pufferlösung pH 7 halten.
2. Stabilisierung des Messwertes abwarten.
3. Nullpunktgleichung durchführen (s. Gerätebedienungsanleitung). Der Nullpunktfehler wird automatisch im Stecker abgespeichert. Das Gerät zeigt exakt " 7.00 PH" an.

4. Sonde nach Möglichkeit mit destilliertem Wasser spülen.
5. Sonde mit einem weichen, fusselfreien Papiertuch abtupfen.
 Sonde NICHT reiben! Dies kann sonst zu elektrostatischen Aufladungen und somit zu Messwertverfälschungen führen.



Steigungskorrektur:

1. pH-Sonde in Pufferlösung pH4 für saure oder pH10 für basische Messlösungen halten.
2. Stabilisierung des Messwertes abwarten.
3. Bei Abweichungen vom Sollwert nochmal die Prozedur 'Nullpunktgleich' durchführen. Die Steigung wird neu berechnet und gespeichert, die Sonde ist jetzt exakt abgeglichen.
4. Sonde spülen und abtupfen (s.o.).



Bei Verwendung falscher Pufferlösungen oder verbrauchter Sonden, kann es sein, dass der Abgleich keine richtigen Korrekturwerte mehr liefert. In diesem Fall können mit der Funktion 'Messwert nullsetzen' (s. Gerätebedienungsanleitung) die Standardwerte (Steigungskorrektur -0.1689, Basiswert -7.00) wieder hergestellt werden.

3

Messung

1. Sonde in die Messlösung tauchen und etwas schwenken.
 Die Elektrode muss soweit eintauchen, dass mindestens das Diaphragma mit Messlösung bedeckt ist.
2. Wenn ein stabiler Messwert erreicht ist, Wert ablesen und registrieren.
3. Sonde abspülen und feucht in KCL-Lösung lagern.

Temperaturkompensation

Die Berechnung des pH-Wertes basiert auf der Elektrodensteilheit bei 25°C oder nach einer Kalibrierung auf der Steilheit bei der Pufferlösungstemperatur. Weicht die Messmediumtemperatur stark von der Referenztemperatur ab, dann ist bei allen ALMEMO® Geräten eine Temperaturkompensation möglich. Mit Hilfe des Bezugskanals ist jeder beliebige Temperaturfühler mit Auflösung 0.01°C (Ntc oder P204) zur Kompensation verwendbar (s. 6.3.4). Bei Dauer-messungen muss jedoch durch eine Messstellenabfrage (zyklisch oder kontinuierlich) dafür gesorgt werden, dass der Temperaturmesswert laufend aktualisiert wird.

Bei den meisten Geräten kann die Kompensationstemperatur (s. Gerätebedienungsanleitung) auch manuell eingegeben werden. Der pH-Wert wird dann mit der eingegebenen Temperatur kompensiert. Die Programmierung ist in der Bedienungsanleitung des jeweiligen Gerätes beschrieben.

3.9.1.2 Redox-Messung

Die Höhe des Redox-Potentials (gemessen in mV) besagt, wie stark die Messlösung oxidierend oder reduzierend wirkt. So ist eine Fülle von chemischen Prozessen (z.B. Cyanidoxidation oder Chromatreduktion) zu überwachen. Da die Abtötung von Mikroorganismen (Desinfektion) in direktem Zusammenhang mit der Oxidationskraft (von z.B. Chlor) steht, wird das Redoxpotential erfolgreich zur Überwachung von Desinfektionsverfahren benutzt.

Zur Messung wird das Potential einer Edelmetallelektrode (Platin oder Gold) gegen eine Referenzelektrode erfasst. Statt Zweistabmessketten werden meist die einfacher zu handhabenden Einstabmessketten verwendet.

ALMEMO® Redox-Messsystem

Zwischen den Redox-Sonden (z.B. FY 96 RXEK) und ALMEMO® Messgeräten ist ebenfalls das Anschlusskabel (ZA 9610 AKY4W, Kabel mit angespritztem ALMEMO® Stecker) als Messwandler zu verwenden. Da nur Spannungen im Bereich ± 1000 mV gemessen werden, ist die Programmierung der Stecker relativ einfach:

Messbereich:	D2600
Dimension:	mV
Exponent:	3
Verriegelungscode:	5

Messung

Nach dem Anschluss der Sonde an das Messgerät, wird diese in eine Redox-Pufferlösung, z.B. 220 mV (Best.-Nr.: ZB 98RXPL2), getaucht. Innerhalb von max. 30 Sekunden sollte der Wert der Pufferlösung erreicht bzw. überschritten werden. Kommt der Wert sehr träge oder wird um mehr als 20 mV unterschritten, muss die Sonde gereinigt werden (s. 3.8.1.3). Stellt sich auch danach kein Erfolg ein, muss die Sonde getauscht werden.

3.9.1.3 Behandlung von pH- und Redox-Sonden

Lagerung von pH- und Redox-Sonden

Die pH- und Redox-Einstabmessketten müssen ausschließlich feucht gelagert werden. Dazu etwas 3-molare KCl-Lösung in die Schutzkappen gießen und auf die Sonde aufschieben.

Lebensdauer

Die Messsonden unterliegen auch bei sachgemäßer Handhabung einer natürlichen Alterung. Je nach Einsatzzweck lässt sich eine Lebensdauer zwischen einem halben und max. drei Jahren angeben. Im Einzelfall insbesondere bei extremen Einsatzbedingungen kann die Lebensdauer auf Tage reduziert sein.

Reinigung und Pflege

Die Messsonden sollten regelmäßig (ca. einmal im Monat) einer Sichtprüfung unterzogen und gegebenenfalls gereinigt werden. Lassen sich die Verunreinigungen

ungen auf der Glasmembran nicht durch ein feuchtes Tuch entfernen, dürfen folgende Reinigungsmittel verwendet werden:

Art der Ablagerung

Allgemeine Ablagerungen
Kalk oder Metallhydroxide
Öle, Fette
Biologische Beschichtungen

Reinigungsmittel/Einwirkungsdauer

Nicht scheuernde Haushaltsreiniger
verdünnte Salzsäure (ca. 0.1%-3%) / 1-5 Min.
Lösungsmittel, wie Alkohol oder Aceton
Lösung aus verdünnter Salzsäure und
Pepsin / einige Stunden



Grundsätzlich muss nach jeder Reinigung ausreichend gespült werden.

Die Metalloberflächen von Redox-Sonden können zusätzlich durch Schleifen und polieren gereinigt werden. Sollte das seitlich angebrachte Keramikdiaphragma des Referenzsystems blockiert sein, kann dieses wie die Glasmembran und zusätzlich durch vorsichtiges Schaben mit dem Fingernagel, einer Rasierklinge oder einer feinen Feile gereinigt werden.



Die Glasmembran darf beim Reinigen nicht zerkratzt werden.

Produktübersicht

Best.-Nr.

Gelgefüllte, nicht nachfüllbare pH-Elektrode mit Kunststoffschaft, Glasfaser-Diaphragma,
Typische Anwendungen: Handmessungen z.B. Schwimmbad, Trinkwasser FY96PHEK

Polymergefüllte, nicht nachfüllbare pH-Elektrode
mit Glasschaft, PTFE - Ringdiaphragma, Einschraubgewinde PG13,5
Typische Anwendungen: Abwasser, Trink- u. Brauchwasser FY96PHER

KCl-nachfüllbare pH-Elektrode mit Glasschaft, Nachfüllstutzen, Keramikdiaphragma
Typische Anwendungen: Handmessung im Labor FY96PHEN

KCL-nachfüllbare pH-Einstichelektrode mit Glasschaft, Keramikdiaphragma
Typische Anwendungen: Lebensmittel z.B. Fleisch, Käse.. FY96PHEE

nicht nachfüllbare Redox-Elektrode mit Kunststoffschaft, Glasfaser-Diaphragma
Typische Anwendungen: Handmessungen z.B. Schwimmbad, Trinkwasser FY96RXEK

KCl-Lösung, 3-molar	ZB 98PH-NL
Pufferlösung pH 4.0	ZB 98PH-PL4
Pufferlösung pH 7.0	ZB 98PH-PL7
Pufferlösung pH 10.0	ZB 98PH-PL10
Redox-Pufferlösung 220 mV gegen Pt-Ag/AgCl	ZB 98RX-PL2

ALMEMO® Anschlusskabel mit Messwandler (mit angespritztem ALMEMO® Stecker)

für Sonden mit Steckköpfen S7, SN6

programmiert für pH-Messung

ZA 9610-AKY4W

programmiert für Redox-Sonden

ZA 9610-AKY5W

Technische Daten des Messwandlers

Eingangswiderstand:	> 1000 GΩ
Verstärkung:	1
Potential der Referenzelektrode gegenüber GND:	< 2 V
Stromverbrauch:	< 1 mA
Leitungslänge:	< 100 m

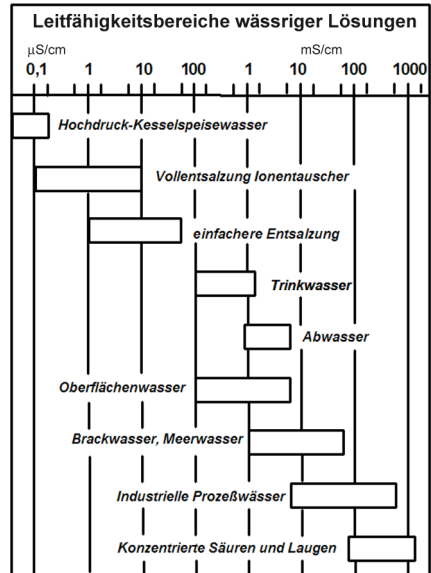
3.9.2 Leitfähigkeitssonde

Grundlagen

Die Leitfähigkeit (Einheit $S/m = \text{Siemens/Meter}$) ist ein Maß für die Ionenkonzentration einer Messlösung. Sie ist umso grösser, je mehr Salz, Säure oder auch Base eine Messlösung enthält. Reinstwasser haben eine Leitfähigkeit von etwa $0.05 \mu S/cm$ (bei $25^\circ C$), natürliche Wässer etwa $100 - 1000 \mu S/cm$, einige Basen (z.B. Kaliumhydroxidlösungen) bis knapp über $1200 mS/cm$. Das linke Diagramm zeigt weitere Beispiele messtechnisch relevanter wässriger Lösungen.

Normung

Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von Wasser ist in der DIN EN 27 888 verankert.



3

Temperaturkompensation

Die Leitfähigkeit ist eine temperaturabhängige GröÙe. Für die meisten verdünnten wässrigen Salzlösungen und natürlichen Wässer gilt im eingeschränkten Temperaturbereich eine annähernd lineare Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Temperatur T :

$$\kappa_T = \kappa_{25} \left(1 + \alpha \frac{(T - 25^\circ C)}{100} \right)$$

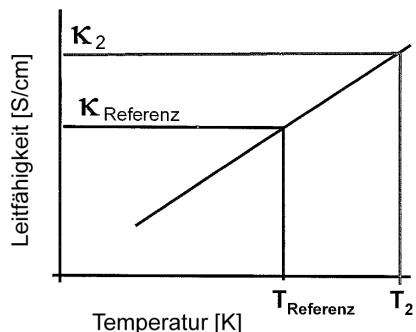
Die Leitfähigkeit, bezogen auf $25^\circ C$ κ_{25} errechnet sich zu:

$$\kappa_{25} = \frac{\kappa_T}{1 + \alpha \frac{(T - 25)}{100}}$$

Der Temperaturkoeffizient α beschreibt dabei die relative Änderung der Leitfähigkeit bei Änderung der Temperatur gegenüber der Referenztemperatur von $25^\circ C$.

Definition von α [%/K]:

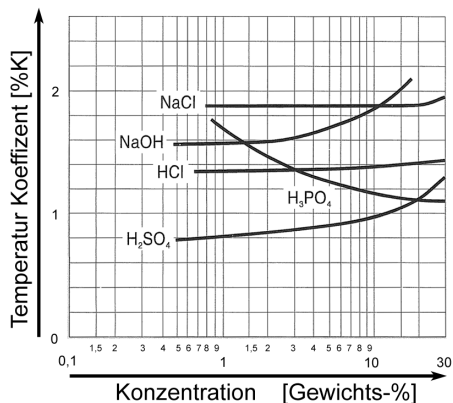
- Änderung der Leitfähigkeit in % bei Erhöhung der Temperatur um 1K, bezogen auf die Referenztemperatur $25^\circ C$.



$$\alpha = \left(\frac{\kappa_T - \kappa_{25}}{T - 25} \right) \frac{1}{\kappa_{25}} * 100 \%$$

Der Temperaturkoeffizient α hängt selbst ab von:

- Chemische Zusammensetzung der Lösung
- Konzentration des Elektrolyten
- Temperatur, besonders bei Leitfähigkeiten $< 1 \mu\text{S}$ und sehr hoher Leitfähigkeit



Ist der Temperaturkoeffizient einer Probe nicht bekannt, hilft eine experimentelle Bestimmung von α . Dabei werden elektrische Leitfähigkeitswerte bei $(25 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ und bei einer bekannten Temperatur $(T_2 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ ermittelt und in obenstehende Gleichung eingesetzt. Erfolgt die Messung nicht temperaturkompensiert, kann die bei bekannter Temperatur gemessene Leitfähigkeit mit einem Korrekturfaktor auf 25°C umgerechnet werden.

Messprinzip

Die Messung der Leitfähigkeit in Elektrolyten erfolgt über eine elektrochemische Widerstandsmessung mittels einer 2-Elektroden-Messzelle bzw. einer 4-Elektroden-Messzelle. An die Messelektroden wird eine sinusförmige Spannung mit einer Frequenz von ca. 1 kHz angelegt. Der durch das Messobjekt fließende Strom wird in eine Spannung umgewandelt. Diese wird phasensynchron gleichgerichtet, geglättet und dann als Messwert angezeigt.

Ausführung ALMEMO® Leitfähigkeitssonde

Zur Messung der Leitfähigkeit in Elektrolyten gibt es im ALMEMO® Fühlerprogramm 5 Leitfähigkeitssensoren mit integriertem Ntc-Temperaturfühler für insgesamt 4 Messbereiche 0...200.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (FYA 641-LFP2 / LFL2), 0...10.00 mS/cm (FY A641-LFL1), 0...20.00 mS/cm (FY A641-LFP1) und 0...200.0 mS/cm (FY A641-LFP3).

Für die beiden Messgrößen Temperatur und Leitfähigkeit sind im Stecker jeweils zwei Kanäle programmiert:

Fühler	Kan	Messgröße	Bereich	Auflös.	Dim	Ber	Faktor	Exp
FY A641 LFP1 FY A641 LFL1	1	Temperatur T	-5...70 °C	0.01	°C	Ntc	-	0

Fühler	Kan	Messgröße	Bereich	Auflös.	Dim	Ber	Faktor	Exp
FY A641 LFP1	2	Leitfähigkeit κ	0.0...20.00 mS	0.01	mS	LF	0.1	1
FY A641 LFL1			0.0...10.00 mS	0.01	mS	LF	0.1	1
FY A641 LFP2	1	Temperatur T	-5...70 °C	0.01	°C	Ntc	-	0
FY A641 LFP2	2	Leitfähigkeit κ	0.0...200.0 μ S	0.1	μ S	LF	0.1	2
FY A641 LFL2								
FY A641 LFP3	1	Temperatur T	-5...70 °C	0.01	°C	Ntc	-	0
FY A641 LFP3	2	Leitfähigkeit κ	0.0...200.0 mS	0.1	mS	LF	0.1	2



Dimension und Exponent dürfen im ALMEMO® Stecker nicht verändert werden, da sie zur Kennung geräteinterner Rechenfunktionen verwendet werden !

3

Der Sensor ist bei Lieferung fertig abgeglichen. Bei der Messung muss er mindestens 30mm eintauchen, damit die Elektroden vollständig von Flüssigkeit umspült werden.

Bei den Sonden FY A641-LFL1 mit Messbereich 0...10.00 mS/cm , FY A641-LFP1 mit Messbereich 0...20.00 mS/cm und FYA 641-LFP2/LFL2 mit Messbereich 0...200.0 μ S/cm wird mit Hilfe der laufend gemessenen Mediumtemperatur T die Leitfähigkeit κ_{25} bei der Referenztemperatur 25°C berechnet und angezeigt.

Für die Sonden FY A641-LFP1/LFL1 und FYA 641 LFP2 / LFL2 beträgt der geräteinterne Temperaturkoeffizient $\alpha_{25} = 1.9\% / K$.

Bei der Sonde FY A641-LFP3 mit Messbereich 0...200.0 mS wird die Temperaturkompensation nicht durchgeführt, weil bei hohen Leitfähigkeiten der Temperaturkoeffizient sehr unterschiedlich sein kann (siehe Grundlagen).

Wichtig !



Es ist gleichgültig, welche Art der Temperaturkompensation zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit bei einer von den Normbedingungen abweichenden Temperatur angewendet wird, das Ergebnis wird ungenauer sein, als das tatsächlich bei der Referenztemperatur von 25°C gemessene. Bei Routinearbeiten vor Ort ist es unter Umständen nicht notwendig, die bei der vorherrschenden Temperatur gemessenen Werte auf 25°C umzurechnen. Derartige Messwerte sind jedoch unter Vorbehalt zu interpretieren, und der Vergleich mit anderen Werten gestaltet sich schwierig oder ist gar unmöglich !

Wartung und Pflege

Geringe Verschmutzungen können mit einer weichen Bürste entfernt werden. Bei einer intensiven Reinigung stark verschmutzter Elektroden können sich die Elektrodenabstände geringfügig ändern und das Messergebnis beeinflussen.

Überprüfung

Eine Überprüfung der Sonde erscheint sinnvoll:

- bei Veränderung der Geometrie (Elektrodenabstand)
- nach Einsatz unter extremen Bedingungen (z.B. hohe Temperaturen)
- bei nicht plausiblen Messergebnissen

Justierung von Leitfähigkeitssonden

Während der Justage muss die Lösungstemperatur auf $(\pm 0,1)^\circ\text{C}$ konstant gehalten werden !

Justierung temperaturkompensierter Leitfähigkeitssonden

(FYA 641 LFP1 / LFL1, FYA 641 LFP2 / LFL2)

Die automatische Justierung der Leitfähigkeitssonde erfolgt in zwei Messpunkten:

1. bei 0 mS/cm im Trockenzustand,
2. bei $2.77\text{ mS/cm} - 0.02\text{ mol KCl-Referenzlösung}$ bei $(25\pm 0,1)^\circ\text{C}$ oder bei $147\text{ }\mu\text{S/cm} - 0.001\text{ mol KCl-Referenzlösung}$ bei $(25\pm 0,1)^\circ\text{C}$

Die Korrektur wird in beiden Punkten (Nullpunkt und Steigung) mit derselben Prozedur 'Fühlerabgleich' durchgeführt (siehe Gerätebedienungsanleitung Kapitel 'Fühlerabgleich' oder Hb. 6.3.10)

Justierung nicht temperaturkompensierter Leitfähigkeitssonden

(FYA 641 LFP3)

Die Justierung der Leitfähigkeitssonde erfolgt in zwei Messpunkten:

1. bei 0 mS/cm im Trockenzustand,
2. bei $111.8\text{ mS/cm} - 1\text{ mol KCl-Referenzlösung}$ bei $(25\pm 0,1)^\circ\text{C}$.

Unter Normbedingungen $(25\pm 0,1)^\circ\text{C}$ erfolgt die Korrektur in beiden Punkten mit derselben Prozedur 'Fühlerabgleich' (siehe Gerätebedienungsanleitung Kapitel 'Fühlerabgleich' oder Hb. 6.3.10)



Bei Verwendung der automatischen Justierung müssen die Normbedingungen $(25\pm 0,1)^\circ\text{C}$ eingehalten werden !

Die Justierungen dieser Sonde kann auch außerhalb der Normbedingungen von $(25\pm 0,1)^\circ\text{C}$ durchgeführt werden:

Der Nullpunktabgleich wird wie bei der automatischen Justierung durchführt. Beim Steigungsabgleich wird der Wert der Referenzlösung bei bekannter Lösungstemperatur (siehe Tabelle 1) mit dem vor Ort ermittelten abweichenden Wert ins Verhältnis gesetzt und als Korrekturwert unter 'Steigungskorrektur (SK)' im ALMEMO® Stecker per Hand eingetragen. (siehe Gerätebedienungsanleitung Kapitel 'Korrekturwerte' oder Hb. 6.3.10)

Beispiel für die Justierung der Sonde *FYA 641 LFP3* mit 1 mol KCl-Referenzlösung bei gemessener Lösungstemperatur von 20,0 °C :

Wert Referenzlösung bei Lösungstemperatur 20,0°C : 102,09 mS/cm (Tabelle 1)

gemessener Wert bei Lösungstemperatur 20,0°C : 98,72 mS/cm

$$SK = \frac{\text{Wert Referenzlösung bei Lösungstemperatur } 20^{\circ}\text{C}}{\text{gemessener Wert bei Lösungstemperatur } 20^{\circ}\text{C}} = \frac{102,09}{98,72} = 1,034$$

Tabelle 1:

elektrische Leitfähigkeit κ in mS/cm von KCL-Standardlösungen in Abhängigkeit der Temperatur t und der Konzentration:

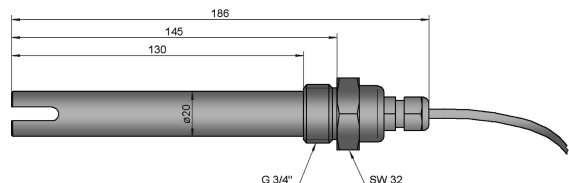
t in °C	κ in mS/cm 0,001 mol/l	κ in mS/cm 0,01 mol/l	κ in mS/cm 0,02 mol/l	κ in mS/cm 1,00 mol/l
0		0,776	1,521	65,41
1		0,800	1,566	67,13
5		0,896	1,752	74,14
10		1,020	1,994	83,19
15		1,147	2,243	92,52
16		1,173	2,294	94,41
17		1,199	2,345	96,31
18	0,127	1,225	2,397	98,24
19	0,130	1,251	2,449	100,16
20	0,133	1,278	2,501	102,09
21	0,136	1,305	2,553	104,02
22	0,138	1,332	2,606	105,54
23	0,141	1,358	2,659	107,89
24	0,144	1,386	2,712	109,84
25	0,147	1,413	2,765	111,8

3

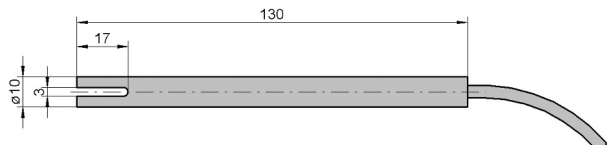
Die Referenzlösungen sind als Zubehör zur jeweiligen Leitfähigkeitssonde erhältlich (siehe Gesamtkatalog - Seiten 16.06 und 16.07)

Abmessungen

FYA 641 LFP1,
FYA 641 LFP2,
FYA 641 LFP3



FYA 641 LFL1,
FYA 641 LFL2



Technische Daten FYA641LFP1/LFL1, FYA641LFP2/LFL2

Sonde:	FYA 641 LFL1	FYA 641 LFP1	FYA 641 LFP2 / LFL2
Messbereich:	0.01 bis 10 mS/cm	0.01 bis 20 mS/cm	1 bis 200 µS/cm
Temperaturkompensation:	0 bis +70 °C, automatisch		
Kompensationskoeffizient:	1.9 % /K linear		
Zellenkonstante:	ca. 1 cm ⁻¹		
Elektrodenmaterial:	Spezialkohle		
Genauigkeit:	0.01 bis 5 mS/cm: ± 1% v.Mw. ± 0.05 mS	± 2% v.Mw. ± 0.5 µS	
	5 bis 20 mS/cm: ± 2% v.Mw. ± 0.05 mS		
Nenntemperatur:	25 °C ± 3 °C -5 bis 70 °C 30 mm PVC - C		
Einsatztemperatur:			
Mindest-Eintauchtiefe:			
Schaftmaterial:			
Schaftlänge / Schaftdurchmesser:	LFPx: 130 mm / 20 mm LFLx: 130 mm / 10 mm		
Einbaulänge/Gewinde:	nur LFPx: 145 mm / G3/4"		
max. Druck:	LFPx: 16 bar bei 25°C LFLx: drucklos		
Kabellänge:	1.5 m		
Stromversorgung:	6 bis 12 V vom Messgerät		
Stromverbrauch:	ca. 3 mA		

Technische Daten FYA641LFP3

Sonde:	FY A641 LFP3
Messbereich:	1 bis 200 mS/cm
Genauigkeit:	1 mS / cm ± 1,5% vM
Arbeitselektrode:	4 Elektroden aus Spezialkohle
Temperaturbereich:	0 bis +70 °C
Mindesteintauchtiefe:	30 mm
Stromversorgung:	6 bis 12 V vom Messgerät
Stromverbrauch:	ca. 15 mA
Temperatursensor:	NTC Typ N 10k bei 25 °C
Schaftmaterial:	PVC-C
Abmessungen:	130 mm lang, 20 mm ∅
Einbaulänge/Gewinde:	145 mm / G3/4"
max. Druck:	16 bar bei 25°C
Kabellänge:	1.5 m

3.9.3 C₂H₄O-/Cl₂-/CO-/H₂S-/NH₃-/NO₂-/NO-/SO₂-Sonde für Gase Grundlagen elektrochemische Sensoren

Maßgeblich für die Funktion der elektrochemischen Sensoren sind sog. Redox-Vorgänge. Bei der chemischen Reaktion zweier Stoffe werden meist Elektronen zwischen den Stoffen übertragen. Ein Reaktionspartner wird oxidiert, er gibt Elektronen ab, der andere reduziert, er nimmt Elektronen auf. Gelingt es, Oxidation und Reduktion räumlich in sog. Halbzellen (Anode, Kathode) so voneinander zu trennen, dass der Elektronentausch nicht direkt zwischen den Molekülen stattfindet, sondern über einen äußeren Stromkreis, kann der Elektronenstrom als Maß für die Intensität der Reaktion genutzt werden. Technisch ist das so realisiert, dass die Vorgänge an Elektroden ablaufen, die in einen Elektrolyten eingetaucht sind, durch den ein Ionenaustausch möglich ist.

Stellvertretend seien zur Verdeutlichung die Elektrodenreaktionen eines CO-Sensors und eines H₂S-Sensors genannt:

Reaktion	H ₂ S-Sensor (Schwefelwasserstoff)	CO-Sensor (Kohlenmonoxid)
Oxidation - Anode	$\text{H}_2\text{S} + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^-$	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
Reduktion - Katode	$2\text{O}_2 + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^- \rightarrow 4\text{H}_2\text{O}$	$\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

Physikalische Konzentrationseinheiten

Die wichtigste Einheit bei der Messung von Gasen ist der Volumenanteil in Prozent, bzw. in Teilen pro Million, abgekürzt "ppm". Eigentlich entspricht die Bezeichnung "ppm" nicht mehr den gültigen Normen. Exakt müsste sie "ml/m³" bzw. "mg/kg" lauten, was im Prinzip das Gleiche bedeutet. Wie groß der Anteil der zu bestimmenden Gase in der Umgebungsluft bei den einzelnen Konzentrationseinheiten ist, soll nachfolgende Tabelle veranschaulichen:

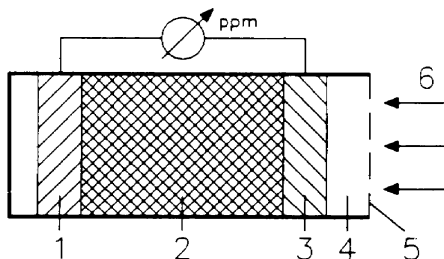
1 Prozent (%) ist ein Teil von hundert Teilen	10 Gramm pro Kilogramm	10 g/kg
1 Promille (‰) ist ein Teil von tausend Teilen	1 Gramm pro Kilogramm	1g/kg
1 part per million (ppm) ist ein Teil von einer Million	1 Milligramm pro Kilogramm	0,001g/kg
1 part per billion (ppb) ist ein Teil von 1 Milliarde Teilen	1 Mikrogramm pro Kilogramm	0,000 001g/kg
1 part per trillion (ppt) ist ein Teil von 1 Billion Teilen	1 Nanogramm pro Kilogramm	0,000 000 001g/kg
1 part per quadrillion (ppq) ist ein Teil von einer Billiarde Teilen	1 Picogramm pro Kilogramm	0,000 000 000 001g/kg

Messprinzip

Ein elektrochemischer Sensor besteht aus einem meist als Messzelle bezeichneten Gehäuse, dessen Stirnseiten mit gasdurchlässigen Membranen verschlossen sind. Im Gehäuse befinden sich ein Elektrolyt, die Messelektrode und die Gegenelektrode. Das Elektrolyt selbst kann flüssig oder gelförmig sein oder ein poröser Feststoff ist damit getränkt. Es besteht aus einer starken basischen oder sauren Lösung, deren Bestandteile in ionisierter Form vorliegen.

In die Messzelle diffundiert die zu messende Luft hinein und an der Elektrode werden die frei werdenden H⁺ Ionen und die Elektronen in einer Kathodenreaktion „verbraucht“. Der dabei erzeugte Strom zwischen Anode und Kathode ist der Gaskonzentration in der Messluft direkt proportional.

- | | |
|---------------|---------------------|
| 1- Kathode | 4- Diffusionstrecke |
| 2- Elektrolyt | 5- Membran |
| 3- Anode | 6- Messluft |



schematischer Aufbau eines elektrochemischen Sensors

Einsatz

Die ALMEMO® Gassensoren finden vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Industrie- und Umweltbereich:

1. Arbeitsplatzüberwachung
 - Raumluftüberwachung auf MAK-Werte (Maximale Arbeitsplatzkonzentration)
 - Überwachung Laboratorien und Motorprüfstände
2. Emissions-/Immissionsmessung
 - Messen, Steuern und Warnen in z.B. Tiefgaragen
 - Kraftwerke
 - Überwachung der Aussenluft oder Schutzluft in Haus- u. Großschutzräumen
3. Prozesskontrolle
 - Bioreaktoren
 - Chemieindustrie

Jede dieser Messaufgaben stellt an die eingesetzten Geräte und Sensoren spezifische Anforderungen. Arbeitsplatzmessungen erfordern häufig lange Messzeiten mit einer Summierung und Auswertung der Messwerte zur Beurteilung der Gesundheitsgefahr. Da viele Stoffe bereits in geringen Konzentrationen für den menschlichen Organismus schädlich sind, müssen die Sensoren niedrige Konzentrationen möglichst exakt erfassen.

Beispiel Kohlenmonoxid (CO):

CO-Gas entsteht aus unvollständig verbranntem Kohlenstoff (Brennstoff). Es ist für Menschen sehr gefährlich, weil es stark toxisch, aber unsichtbar und geruchsneutral ist. Ursachen für seine Entstehung bei Verbrennungsprozessen sind:

- Luftmangel
- zu hoher Luftüberschuss
- zu frühes Abkühlen der Flamme

Wirkung von CO in der Umgebungsluft auf den menschlichen Körper:

CO Konzentration		Inhalationszeit und Folgen
30 ppm	0,0003%	MAK-Wert(Maximale Arbeitsplatz-Konzentration bei 8-stündiger Arbeitszeit) für Deutschland
200 ppm	0,02%	Leichte Kopfschmerzen innerhalb 2 - 3 Stunden
400 ppm	0,04%	Kopfschmerzen im Stirnbereich innerhalb 1 - 2 Stunden, breitet sich im ganzen Kopfbereich aus
800 ppm	0,08%	Schwindel, Übelkeit und Gliederzucken innerhalb 45 Minuten, Bewusstlosigkeit innerhalb 2 Stunden
1600 ppm	0,16%	Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindel innerhalb 20 Minuten, Tod innerhalb 2 Stunden
3200 ppm	0,32%	Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindel innerhalb 5 - 10 Minuten, Tod innerhalb 30 Minuten
6400 ppm	0,64%	Kopfschmerzen und Schwindel innerhalb 1 - 2 Minuten, Tod innerhalb 10 - 15 Minuten
12800 ppm	1,28%	Tod innerhalb 1 - 3 Minuten

3

Ausführung ALMEMO® Sensor CO

Der Kohlenmonoxid-Gassensor FY A600 CO Bx eignet sich zur kontinuierlichen Messung der Kohlenmonoxidkonzentration in Luft im Bereich von 0-150 ppm bis 0-5Vol%.

Der Sensorstrom wird verstärkt und über eine 2-Leiter 4-20mA - Schnittstelle am Sensor ausgegeben. Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich und Skalierung hinterlegt, so dass der Messwert in ppm CO angezeigt wird.

Ausführung ALMEMO® Sensor C₂H₄O-/Cl₂-/H₂S-/NH₃-/NO₂-/NO-/SO₂

Die Gasmess-Sensoren ALMEMO® FYA600 Axxxxxxx eignen sich zur kontinuierlichen Messung toxischer Gaskonzentrationen in Luft in den Bereichen von 0...20 ppm bis 0...250 ppm. Verschiedenartige elektrochemische Sensorelement-Typen stehen zur Verfügung:

Typ / Bestell-Nr.	Gas	Bereich
FYA600ANH3	Ammoniak NH ₃	0...250 ppm
FYA600ANO2	Stickstoffdioxid NO ₂	0...30 ppm
FYA600ANO	Stickstoffdioxid NO	0...50 ppm
FYA600ACL2	Chlorgas Cl ₂	0...50 ppm
FYA600ASO2B1	Schwefeldioxid SO ₂	0...20 ppm
FYA600ASO2B2	Schwefeldioxid SO ₂	0...50 ppm
FYA600ASO2B3	Schwefeldioxid SO ₂	0...250 ppm
FYA600AH2SB2	Schwefelwasserstoff H ₂ S	0...50 ppm
FYA600AH2SB3	Schwefelwasserstoff H ₂ S	0...250 ppm
FYA600AC2H4OB1	Ethylenoxid C ₂ H ₄ O	0...20 ppm
FYA600AC2H4OB2	Ethylenoxid C ₂ H ₄ O	0...50 ppm
FYA600AC2H4OB4	Ethylenoxid C ₂ H ₄ O	0...250 ppm

Der Sensorstrom wird verstärkt und über eine 2-Leiter 4-20mA - Schnittstelle am Sensor ausgegeben. Im ALMEMO® Stecker des Anschlusskabels sind bereits wichtige Parameter wie Messbereich und Skalierung hinterlegt, so dass der Messwert in ppm des jeweiligen Messgases angezeigt wird.

Handhabung und Sicherheitshinweise

Aufgrund der stark basisch bzw. sauren Bestandteile des Elektrolyts ist besondere Vorsicht im Umgang mit undichten Messzellen geboten, um Verätzungen der Haut und Schleimhäute zu vermeiden.



Ein Betrieb im Geräte-SLEEP-Mode ist nicht möglich !

Technische Daten

Gas	CO	C ₂ H ₄ O- / Cl ₂ - / H ₂ S- / NH ₃ - / NO ₂ - / NO- / SO ₂
Messprinzip:	elektrochemische Reaktion	
Messbereich:	0-150 ppm, 0-300 ppm, 0-5000 ppm 0-5,000 Vol. %	0-250 ppm je nach Ausführung
Nullpunktfehler:	< 10 ppm CO	
Pegelwertunruhe:	< 3 ppm CO	
Messwertfehler:	±3% vom Messbereichsendwert	
Nullpunktdrift:	<2% (1Jahr)	
Wiederholbarkeit:	<2% (1Jahr)	
Linearität:	<2% vom Messbereichsendwert	
Einstellzeit t ₉₀ :	< 60s	
Querempfindlichkeiten:	<2% durch integrierten Filter	
Ausgang:	4-20 mA auf ALMEMO® Stecker	
Versorgungsspannung:	über ALMEMO® Gerät	
Umgebungstemperatur:	-10 bis +40°C Sensor im Bereich temperaturkompensiert	
Luftfeuchtigkeit:	0 bis 90% nicht kondensierend	
Lebensdauer der Messzelle:	ca. 2 Jahre typisch	
Messkopfabmessungen:	Durchmesser 80 mm, Höhe 80 mm	
Gewicht:	600g	
Anschlusskabel:	1.5m mit ALMEMO® Stecker	

3.9.4 CO₂-Sonde für Gase

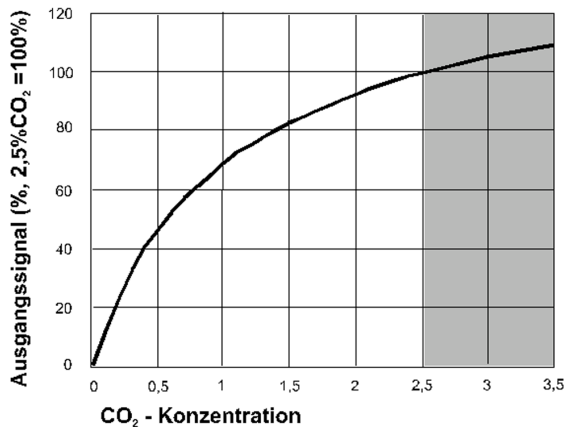
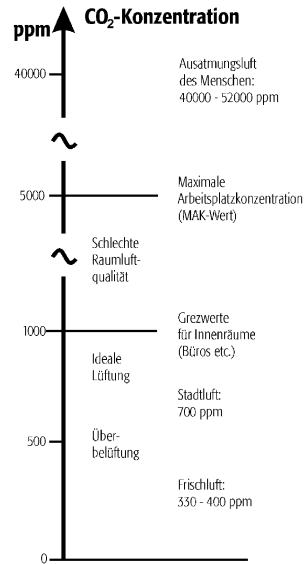
Allgemeines zur CO₂ - Messung:

Zur Beurteilung der Raumlufthqualität wird die CO₂ - Konzentration als Indikator herangezogen. Eine zu hohe CO₂ - Konzentration in der Raumlufth (Grenzwert 1000 ppm) wird als "schlechte oder verbrauchte" Luft empfunden.

Messprinzip

Das Kohlendioxid-Gassensormodul FY A600-CO₂ arbeitet auf Infrarot-optischer Basis und nutzt die Lichtabsorption des CO₂ in einem schmalen Wellenlängenbereich der infraroten Strahlung.

Der Zusammenhang zwischen Ausgangssignal des Moduls und der CO₂-Konzentration ist wesentlich durch das Lambert-Beersche Absorptionsgesetz bestimmt. Durch weitere Effekte ist der Zusammenhang nicht einfach logarithmisch. Die Gaszuführung erfolgt insbesondere für die Klimatechnik über freie Konvektion. Der Sensor verwendet keine mechanisch bewegten Teile.



3.9.4.1 ALMEMO® Kohlendioxid-Handfühler FYA 600 CO₂H

Der Sensor arbeitet nach dem 2-Kanal-Infrarot-Absorptionsprinzip und ist über eine digitale Schnittstelle an das ALMEMO® System adaptiert.



Handbabung:

Vor Inbetriebnahme unbedingt beachten:

- Arbeitsbereich der Messwertaufnehmer beachten! Überhitzung zerstört den Fühler!
- Bei Veränderung der Umgebungstemperatur (Messortwechsel Innen-Aussen) benötigt das Messgerät eine Ausgleichsphase von einigen Minuten
- Der CO₂-Fühler enthält empfindliche, optische Bauelemente. Bitte behandeln Sie den Fühler wie Ihre Foto-Kamera. Starke Erschütterungen verändern die Justierung des Sensors. Prüfen der Messwerte an Frischluft 350 ...450 ppm (Stadtluft bis 700 ppm).
- Betauen des Fühlers vermeiden, ansonsten Beeinträchtigung der Langzeitstabilität.
- Unsachgemässe Behandlung beendet den Garantieanspruch!

Inbetriebnahme:

- Fühler an ALMEMO® Messgerät anschliessen. Zum sicheren Messen wird der Betrieb des ALMEMO® Messgerätes mit Steckernetzteil empfohlen (hohe Leistungsaufnahme des Fühlers!)
- Gerät einschalten.
- Nach dem Einschalten erfolgt eine Aufheizphase des Sensors von ca. 30s
- Anschließend ist das Messgerät einsatzbereit.
- Die CO₂- Konzentration im Sensor benötigt ca 60 sec. um sich der Umgebung anzugleichen.
- Leichtes Schwenken des Fühlers verkürzt die Angleichzeit.
- Bei betautem Fühler kann es zu erhöhten Messwerten kommen.



Um Einflüsse der Atemluft zu vermeiden, Fühler so weit wie möglich vom Körper entfernenhalten!

Ein Betrieb im Geräte-SLEEP-Mode ist nicht möglich!

Bei dem Betrieb von mehr als einer CO₂-Sonde an einem ALMEMO® Gerät wird eine externe Stromversorgung der CO₂-Sonden erforderlich!

Abhängig von Ihrem speziellen Messaufbau bieten wir verschiedene Stromversorgungsvarianten auf Anfrage.

Technische Daten:

Sensor:	2-Kanal-Infrarot Absorptionsprinzip
Messbereich:	0 ... 10 000 ppm (0...1 Vol% CO ₂)
Genaugkeit:	0...5000 ppm \pm (50 ppm + 2% v.M.) (bei Nennbedingungen) 5000...10000 ppm \pm (100 ppm + 3% v.M.)
Auflösung:	1 ppm bzw. 0,0001 Vol %
Nennbedingungen:	22°C \pm 2 °C / 50 % rF \pm 10 % rF
Umgebungstemperatur:	0...+50 °C
Lagertemperatur:	-20...+50 °C
Umgebungsluftfeuchte:	0... 90 % rF (nichtkondensierend)
Temperaturkoeffizient	0,4% v.M / °C
Steckerprogrammierung:	Bereich: DIGI V24-Befehl: B55
Spannungsversorgung:	6,5 bis 12 VDC aus dem ALMEMO® Gerät Betrieb mit Steckernetzteil empfohlen!
Stromaufnahme:	effektiv ca. 40 mA, max. ca. 80 mA
Anschlussleitung:	1,5 m

3.9.4.2 ALMEMO® Sensor FYA 600 CO₂

Das Sensormodul FY A600-CO₂ stellt das Ausgangssignal als Spannung von 0 Volt (Signal ohne Anwesenheit von CO₂) bis 2 Volt (einkalibrierter Messbereichsendwert) zur Verfügung. Es ist für eine variable Anpassung des Messbereiches von 0,5% bis 25% CO₂ konzipiert und damit universell einsetzbar. Das Ausgangssignal ist in der vorliegenden Sensorversion standardmäßig temperaturkompensiert.

**Handhabung**

Gassensoren sind sehr empfindliche Messeinrichtungen.



Achten Sie darauf, dass die Gassensoren keinen Stößen bzw. ruckartigen Bewegungen ausgesetzt werden. Eine mechanische Belastung könnte zur "Verjustierung" des Sensors führen.

Eine "Verjustierung" des Sensors bezieht sich meist auf den Nullpunkt (der Kurvencharakter bleibt erhalten). Eine Neujustierung ist in diesem Fall erforderlich.

Die Einstellzeit wird im wesentlichen durch die Beströmung/Spülrate des Sensorinnenraumes bestimmt. Das CO₂-Gas hat ein größeres spezifisches Gewicht als Luft, so dass es "am Boden" liegt. Die empfohlene Einbaulage des Sensors ist deshalb stehend (senkrecht).



Ein Betrieb im Geräte-SLEEP-Mode ist nicht möglich!

Bei dem Betrieb von mehr als einer CO₂-Sonde an einem ALMEMO®-Gerät wird eine externe Stromversorgung der CO₂-Sonden erforderlich!

Abhängig von Ihrem speziellen Messaufbau bieten wir verschiedene Stromversorgungsvarianten auf Anfrage.

Nullpunktüberprüfung an Umgebungsluft

Die Überprüfung des Nullpunktes kann mit hinreichender Genauigkeit an Umgebungsluft geschehen. Der CO₂-Gehalt von frischer, unbelasteter Umgebungsluft beträgt im Schnitt 330 - 370 ppm (ca. 0,03%). Dieser Wert kann lokal z.B. in Stadt- oder Industriegebieten aber auch überschritten werden.

Kalibrierung und Abgleich

Das CO₂-Sensormodul ist bei Auslieferung auf den entsprechenden Bereich abgeglichen und sofort betriebsbereit.

Für einen späteren Neuabgleich lässt sich am CO₂-Sensormodul Nullpunkt (Offset) und Verstärkung (SPAN) einstellen. Dazu sind synthetische Luft (CO₂-frei !) und ein Prüfgas mit definierter CO₂-Konzentration nötig. Ein Volumenstrom von mind. 1l/min. muss eingestellt werden.

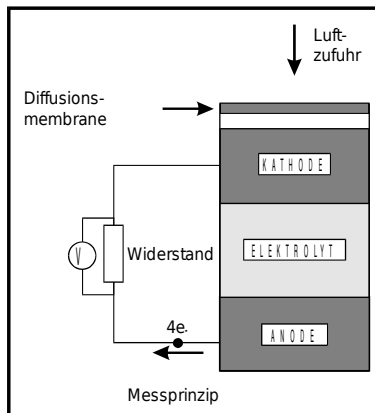
Technische Daten

Gas:	CO ₂
Messprinzip:	IR-optisch
Messbereiche nominal (% CO ₂):	0...0,500%, 0...2,5%, 0...10%, 0...25%
Genauigkeit:	±2% vom Endwert
Reproduzierbarkeit:	±1% vom Endwert
Auflösung (abh. v. Messbereich):	50-100 ppm bei 5000 ppm <200 ppm bei 2.5%
Spannungsausgang:	0...2V für den ausgewählten Messbereich
Spannungsversorgung:	6.5 bis 12V DC aus dem ALMEMO® Messgerät, Betrieb mit Steckernetzteil empfohlen
Stromaufnahme effektiv:	50mA
Stromaufnahme maximal:	70mA
Einstellzeit t ₉₀ :	< 60s
Temperaturkoeffizient:	typisch -0.4 % Signal/K
Temperaturbereich:	5 bis +40°C
Relative Feuchte:	0 bis 95%
Abmessungen:	B 96 x H 36 x T 64 mm
Gewicht:	241g
Anschlusskabel:	1.5m mit ALMEMO® Stecker

3.9.5 O₂-Sonde für Gase

Messprinzip

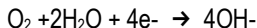
Die Sauerstoff-Messzelle beinhaltet eine Blei-Sauerstoff-Zelle, eine Blei-Anode und eine Gold-Kathode unter Verwendung eines speziellen Säure-Elektrolytes. Die Sauerstoffmoleküle der Gasmischung verströmen durch eine nicht-poröse Membran in die elektrochemische Zelle und werden dort durch die Goldelektrode aufgenommen.



3

Die chemischen Prozesse sind durch folgende Reaktionsgleichungen beschrieben:

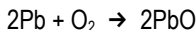
O₂-Reduktion an der Kathode:



Oxidation an der Blei-Anode:



Reaktion in der Messzelle:



ALMEMO® Sauerstoffsensor

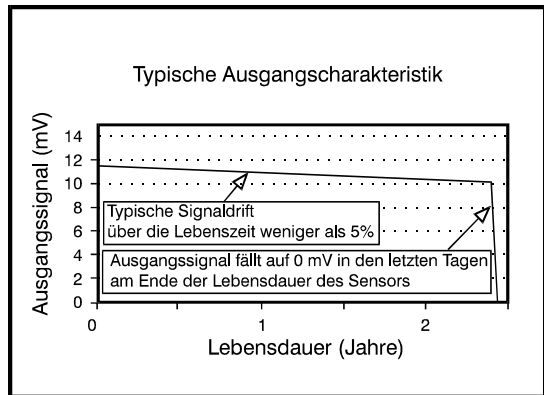
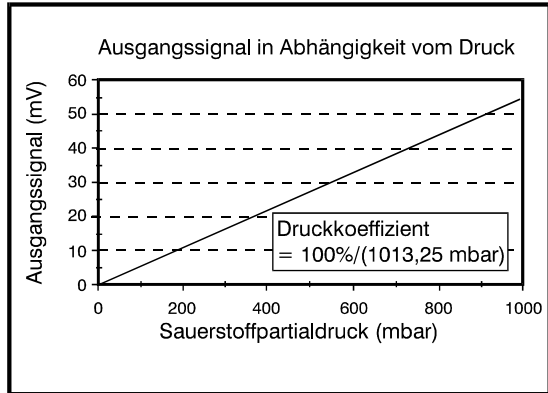
Der Sauerstoffsensor FY 9600-O2 eignet sich z.B. zur Messung in Klimaanlage, Luftreinigern, Sauerstoffgleichrichtern, Gewächshäusern, Sauerstoff-Brutkästen. Insbesondere wird der Sauerstoffsensor von der PTB und für Abgasuntersuchungen in der Automobilindustrie anerkannt.

Der O₂-Sensor beinhaltet eine kleine Platine auf der sich der Messwiderstand und die Elektronik für die Temperaturkompensation befinden.

Das Ansprechverhalten des Sensors ist durch eine kompensierende Hilfssonde optimiert. Zum Ausgleich der natürlichen Alterung der Sonden kann im ALMEMO® Anschlussstecker ein Korrekturwert abgelegt werden, sodass für die gesamte Betriebszeit eine optimale Ausgangscharakteristik gewährleistet ist. Der Anschluss der Sonde an die ALMEMO® Messgeräte erfolgt über eine Standard-Klinkenbuchse (3.5mm) mit Hilfe des Adapterkabels ZA 9600-AKO2.

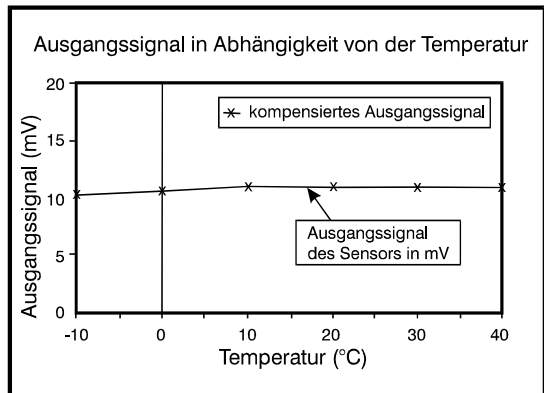
Ausgangssignal

Der Stromfluss zwischen den Elektroden ist proportional zur Sauerstoffkonzentration in dem zu messenden Gasgemisch. Die Signale werden als Spannungsabfall über dem Widerstand und dem NTC für die Temperaturkompensation gemessen. Die Änderung der Ausgangsspannung ist proportional zur Konzentration des Sauerstoffes, sofern dessen Eindringen in den Sensor allein durch die Diffusion begrenzt wird. Das Sensorsignal wird bestimmt durch Messung der Diffusionsrate des Sauerstoffs durch die Diffusionsmembrane. Als Diffusionsmembrane dient ein Kunststoffilm. Bei größeren Gasdrücken, erhöht sich auch die Diffusionsrate der Moleküle. Damit ist das Ausgangssignal direkt proportional zum Sauerstoffpartialdruck, wodurch eine lineare Antwort über alle Konzentrationen gewährleistet ist.



Betriebszeit

Die Betriebszeit des Sensors hängt von der für die Sauerstoffreaktion zur Verfügung stehenden Bleimasse und deren Oxidationsrate ab. Hohe Sauerstoffpartialdrücke und hohe Temperaturen erhöhen das Ausgangssignal des Sensors und verkürzen damit die Betriebszeit. An deren Ende bricht das Sensorssignal in Luft schnell auf 0mV zusammen.



Durch Aufschrauben der Schutzkappe bei Nichtgebrauch verhindern Sie die Oxidation und erhöhen so die Lebensdauer !

Temperaturverhalten

Die eingebaute Temperaturkompensation (NTC nahe der Sensorelektrode), stabilisiert das Ausgangssignal des Sensors und wirkt im Bereich -10°C bis 40°C.

Überprüfung und Justierung

Infolge der elektrochemischen Prozesse unterliegen die Sonden einer natürlichen Alterung. Deshalb sollte vor jeder Messung oder in regelmäßigen Abständen der Sollwert überprüft und bei Bedarf korrigiert werden. In frischer Luft muss der Sensor 20.9% O₂ anzeigen. Weicht der Messwert von diesem Sollwert ab, muss der Sensor durch Programmierung eines Korrekturfaktors neu justiert werden.

Bei den meisten ALMEMO® Anzeigegeräten ist auch eine automatische Sollwertprogrammierung vorgesehen. Der Sollendwert wird eingegeben, der Korrekturfaktor automatisch berechnet und als FAKTOR im EEPROM des Steckers abgelegt. Bei allen neuen Geräten ist der Abgleich über Tasten in der jeweiligen Bedienungsanleitung unter Punkt 'Sollwerteingabe' beschrieben, der Abgleich über die Schnittstelle im Hb. 6.4.2. Der Verriegelungsmodus muss dazu auf 4 eingestellt sein!

3

Dabei ist prinzipiell folgender Ablauf durchzuführen:

1. Sensor in frische Luft bringen.
2. Stecker auf Verriegelungsmodus 4 einstellen.
3. Sollwert 20,9% eingeben und abgleichen
Der Korrekturfaktor wird als FAKTOR gespeichert
und der Messwert zeigt jetzt 20,9 %
4. Stecker auf Verriegelungsmodus 5 einstellen.

Bei den Geräten ohne Sollwerteingabe kann der Faktor (Sollwert/Istwert) selbst berechnet und programmiert werden (s. 6.3.11).

Querempfindlichkeit

In vielen Anwendungen kommt es auf besonders genaue Sauerstoffmessungen an. Deshalb erfüllen unsere Sauerstoffsonden die Anforderungen der OIML R99 und der PTB. In typischen Gasgemischen treten nur geringe Querempfindlichkeiten auf:

Gasgemisch	Ausgangssignal
16% CO ₂ / N ₂ -Gleichgewicht	<0.01% O ₂
5% H ₂ / N ₂ -Gleichgewicht	<0.001% O ₂
2000ppm n-Hexan / N ₂ -Gleichgewicht	<0.01% O ₂
6% CO / N ₂ -Gleichgewicht	<0.002% O ₂
3000 ppm NO / N ₂ -Gleichgewicht	<0.002% O ₂

Auch wenn der Sensor über längere Zeit in solchen Gasgemischen eingesetzt wird, bleibt seine Ausgangscharakteristik unbeeinflusst:

Gasgemisch

14.4% CO₂ / 3.6% CO / 2050ppm Propan / N₂-Gleichgewicht

8% CO₂ / 10% O₂ / N₂-Gleichgewicht

50% CO₂ / 10% O₂ / N₂-Gleichgewicht

Zeit

16 Wochen

72 Stunden

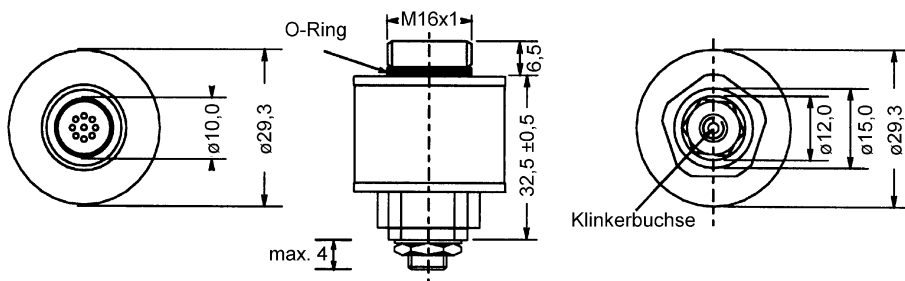
18 Stunden

Obwohl die Konzentrationsmessung auf einer kapillaren Diffusionsmembrane beruht, kommt es weder zu einem erhöhten CO₂-Massenfluss noch tritt ein Gas-Trägereffekt auf. Dies bedeutet, dass das Ausgangssignal des Sauerstoffsensors allein vom Sauerstoffpartialdruck abhängig ist.

Technische Daten

Gas:	O ₂
Messprinzip:	elektrochemische Zelle
Messbereich:	1...100% O ₂ , linear
Genauigkeit:	1% O ₂
Auflösung:	0.01% O ₂
Ansprechzeit:	< 40s
Signaldrift:	< 2% Signal/Monat (typisch <5% über die Lebenszeit)
Offsetspannung bei 20°C:	< 20µV
Betriebszeit:	2 Jahre, bei Betrieb in 20.9% O ₂
Nennbedingungen:	20°C, 50% rH, 1013mbar
Temperaturbereich:	-20 bis +50°C
Temperaturkompensation:	wirksam im Bereich -10 bis +40°C
Druckbereich:	Luftdruck ±10%
Relative Feuchte:	0 bis 99 % nicht kondensierend
Anschlusskabel:	Adapterkabel 1.5m lang mit Klinkenstecker auf ALMEMO® Stecker (ZA 9600-AKO2)

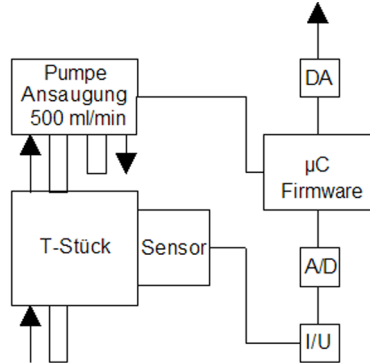
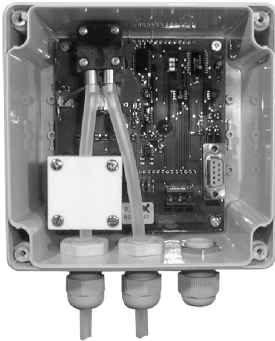
Abmessungen:



3.9.6 O₃-Sonde für Gase

Messprinzip

Der Ozonmessumformer FY 9600-O3 basiert auf einem elektrochemischen Dreielektrodensensor. Zur Luftprobenentnahme dient eine im Sensorgehäuse integrierte Membranpumpe mit einer typischen Ansaugrate von 500 ml/min. Zur Erhöhung der Pumpenlebensdauer wird die Außenluft im Intervallbetrieb angesaugt und während der zweiten Hälfte der Ansaugphase gemessen.



3

ALMEMO® Ozonsensor

Der Ozonmessumformer FY 9600-O3 eignet sich für viele Messaufgaben, in denen Ozonmessungen bisher zu teuer waren. Jeder Ozonsensor wird mit Kalibrierdiagramm geliefert. Durch die hohe Langzeitstabilität fallen nur geringe Wartungskosten an.

Berechnungsformeln

Mit den nachfolgenden Formeln erfolgt die Umrechnung des O₃-Messwertes von ppb nach µg/m³ abhängig vom aktuellen Luftdruck und der Temperatur.

$$\text{Ozon}(\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{0,57 \cdot \text{Luftdruck}}{\text{Temperatur}} \cdot \text{Ozon}(\text{ppb})$$

*Beispiel: 20°C und 1013 hPa = Faktor 2
 Ozon(µg/m³) = 2 x Ozon (ppb)
 Das ist der nominale Wert zur Umrechnung von ppb in µg/m³.*

Messen

Ozon breitet sich im Gegensatz zur Temperatur wolkenförmig aus, d. h. es herrscht eine starke lokale und zeitliche Verteilung. Zudem erfolgt die Messung im Intervallbetrieb. Deshalb ist es möglich, dass die Ozonwerte innerhalb kurzer Zeit um bis zu 50% schwanken können.



Wir empfehlen, keinen Filter vorzuschalten, da diese in der Praxis schnell "verdrecken" (z.B. Pollenflug) und zur Verfälschung der Messergebnisse führen.

Einsatzbereiche

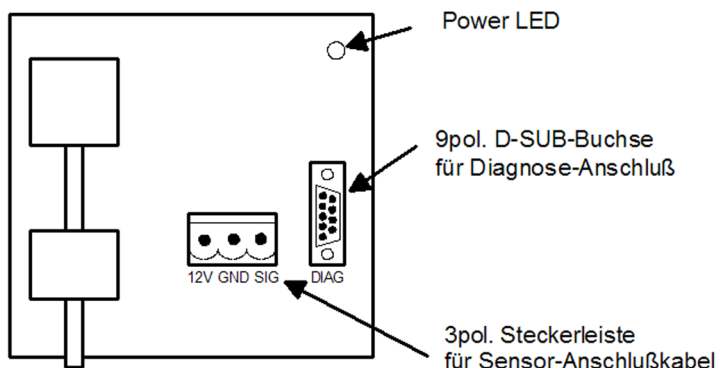
Ozon ist ein giftiges Spurengas, das beim Menschen schwere Schleimhautverätzungen hervorrufen kann, wenn es in hohen Konzentrationen eingeatmet wird. In vielen Bereichen sind deshalb Kontrollmessungen des Ozongehalts der Luft notwendig, z. B.:

- zur Leckageüberprüfung in der Industrie,
- im Arbeitsschutz,
- für mobile Luftgütemessungen,
- als Umweltdaten für Werbetextanzeigen usw.

Installationshinweise

1. Sie erreichen die höchste Messgenauigkeit bei einer konstanten Umgebungstemperatur von ca. 20°C. Wir empfehlen die Montage des Ozonmessumformers im Gebäude in mindestens 3 m Höhe mit einem nach außen geführten Ansaugschlauch (Teflonschlauch).
2. Die Öffnung des Ansaugschlauches muss mindestens 20 cm von Wänden bzw. anderen Gegenständen entfernt sein und dabei nach unten zeigen.
3. Sollte die Innenmontage nicht möglich sein, muss der Ozonmessumformer im 24-Stunden-Schatten (Nordseite) montiert werden. Wegen der größeren Temperaturschwankungen ist dabei jedoch mit einer geringeren Messgenauigkeit zu rechnen. Bringen Sie den Ozonsensor bei Außenmontage geschützt vor Niederschlägen z.B. auf einem Balkon, unter einem Vordach oder einer Schutzhaube an.
4. Bringen Sie den Ozonsensor so an, dass er für laufende Wartungen zugänglich bleibt.
5. Installieren Sie den Ozonsensor an einem Platz, der gut belüftet ist, damit das Ozon nicht durch fehlende Konvektion zerfällt.

Anschlussplan



Wartung

Bei Messungen im Außenbereich ist die Wartung jährlich im Frühjahr durchzuführen, damit die höchste Messgenauigkeit in der Ozonsaison gegeben ist. Bei saisonunabhängigen Messungen empfehlen wir eine Wartung alle 24 Monate. Wartungspaket ZB9600O3S: neue elektr.- chemische Messzelle, Pumpentausch, Neujustierung inklusive Kalibrierschein.

Außergewöhnliche Witterungen, wie z. B. ein heißer trockener Sommer, starker Pollenflug, oder Fremdstoffe (z. B. Lacke), führen zu einer vorzeitigen Verschlechterung der Sensoreigenschaften. Gegebenfalls ist ein kürzeres Wartungsintervall notwendig.

Technische Daten

Gas:	O ₃ (Ozon)
Messprinzip:	elektrochemischer Dreielektrodensensor
Messbereich:	0...300 ppb
Nachweisgrenze:	20ppb
Genauigkeit:	typ. 5% v. Endwert bei Nennbedingungen (für Intervallbetrieb)
Langzeitgenauigkeit:	nach 12 Monaten bei Nennbedingungen typ. 5% v. Endwert (für Intervallbetrieb)
Expositionszeit:	bis zum Erreichen der Spezifikation mind. 2 h (bei 200 ppb); das Gerät befand sich längere Zeit in ozonfreier Umgebung
Messintervall:	Pumpe an: 5 min / Pumpe aus: 10 min Option: OY9600 O3 Pumpe im Dauerbetrieb (Werkseinstellung)
Pumpenströmungsrate:	500 ml/min
Signalausgang:	0...2V, Lastwiderstand > 100 kΩ
Spannungsversorgung:	6 bis 14 V, stabil
Stromaufnahme:	Pumpe an: 50 mA typ. Pumpe aus: 25 mA typ. Pumpe blockiert: 180 mA typ.
Überlastbarkeit:	1 ppm
Lebenserwartung:	Sensor typ. 24 Monate (bei 20 °C) Pumpe typ. 6000 h
Nennbedingungen:	20°C, 30% r.H., 1013mbar, keine Verschmutzung der Kontaktflächen
Einsatzbereich:	-20 bis +40°C / 30 bis 80 % r.F.
Lagertemperatur:	0 bis 20°C bei 30 bis 80 % r.F. nicht kondensierend
Abmessungen	Länge: 180mm, Breite: 125mm, Höhe: 90mm
Anschlusskabel:	1,5m lang mit ALMEMO® Stecker programmiert in ppb

3.9.7 O₂-Sonde für Wasser

Grundlagen der Sauerstoffmessung in Wässern

Sauerstoff ist nicht nur Bestandteil der Luft, sondern kommt auch gelöst in Wasser vor. Hier ist er für die im Wasser lebenden Tiere und Organismen und für die biologische Klärung kommunaler und industrieller Abwässer von entscheidender Bedeutung. Der gelöste Anteil steigt mit wachsendem Luftdruck und abnehmender Temperatur.

Zwischen der Luft und dem Wasser stellt sich ein Gleichgewicht für den Sauerstoff ein. Der Sättigungszustand (luftgesättigtes Wasser) ist erreicht, wenn der Partialdruck des physikalisch im Wasser gelösten Sauerstoffs [**pO₂(Wasser)**] gleich dem Partialdruck des Sauerstoffs in der Luft [**pO₂(Luft)**] ist.

$$p_{O_2}(\text{Wasser}) = p_{O_2}(\text{Luft})$$

Da sich in der Luft neben Sauerstoff (20.9%) auch Stickstoff (78.1 %), Edelgase (0.96%), Kohlendioxid (0.03 %) und Wasserdampf (feuchte Luft) befinden, gilt für den Partialdruck des Sauerstoffs in wasserdampfgesättigter Luft [p'O₂(Luft)] folgende Gleichung:

$$p'O_2(\text{Luft}) = X_{O_2} (p_L - p_w)$$

$$\begin{array}{ll} X_{O_2} &= \text{Molenbruch des Sauerstoffs in Luft (0.2095)} \\ p_L &= \text{Luftdruck} \quad p_w = \text{Wasserdampfdruck} \end{array}$$



Der Sauerstoffpartialdruck in wasserdampfgesättigter Luft entspricht im Gleichgewichtszustand dem Sauerstoffpartialdruck im luftgesättigten Wasser.

Dies ist besonders bei der Kalibrierung von Sauerstoffsensoren von praktischer Bedeutung.

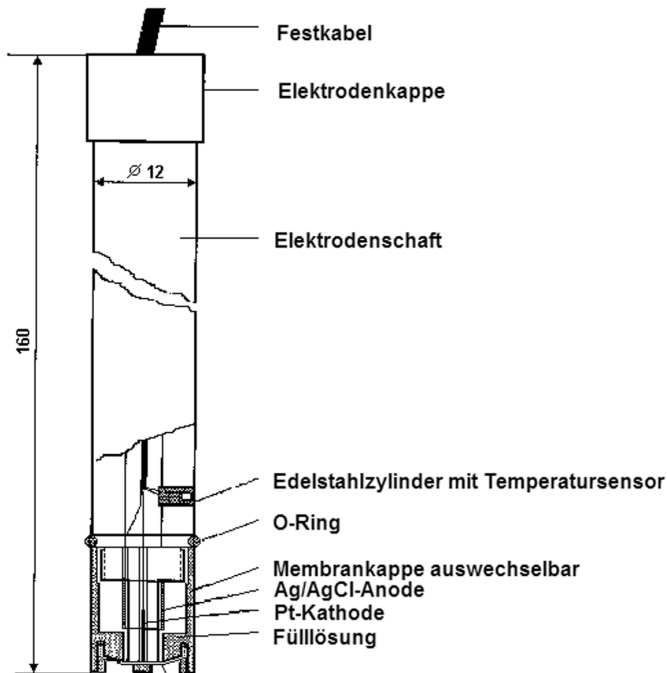
Zur Beurteilung des Sauerstoff-Sättigungszustandes ist es üblich, anstelle des Sauerstoff-Partialdruckes die Sauerstoffsättigung O₂S in % bzw. die direkte Konzentrationsangabe O₂C in mg/l zu ermitteln. Der Wert O₂S in % gibt an, wie groß die gelöste Sauerstoffkonzentration O₂C im Wasser in Prozenten des Sättigungswertes O₂C_s ist.

$$O_2S = \frac{O_2C}{O_2C_s} * 100\%$$

Messprinzip

Zur Bestimmung des gelösten Sauerstoffs haben sich im Labor und in der Prozesskontrolle membranbedeckte amperometrisch arbeitende Sensoren nach dem Clark-Prinzip bewährt. Diese Sensoren arbeiten nach dem Prinzip der Polarographie. Vereinfacht betrachtet wird an zwei Elektroden eine konstante Polarisierungsspannung angelegt und der auftretende Strom gemessen. Dieser ist proportional der Konzentration des jeweiligen Messions. Die Selektivität der jeweiligen Reaktion hängt von den Halbstufenpotentialen anwesender Konkurrenzpartner ab. Bei Anlegen einer definierten Spannung kann man somit verschiedene Stoffe selektiv messen.

Im Falle der Bestimmung des gelösten Sauerstoffs mit der membranbedeckten Clark-Zelle besteht die als Kathode wirkende Arbeitselektrode aus Platin und die Gegen- oder Bezugselektrode aus Silber/Silberchlorid. Die beiden Elektroden tauchen in eine chloridhaltige Elektrolytlösung ein, die durch eine O₂-durchlässige Teflonmembran von der Messlösung getrennt ist. Die dünne Teflonmembran lässt das gelöste Sauerstoffgas durch, nicht jedoch gelöste Ionen oder andere Fremdstoffe.



Bei diesem Sauerstoff-Messverfahren diffundiert der im Wasser gelöste Sauerstoff durch die Teflonmembran an die Oberfläche einer als Arbeitselektrode wirkenden hochpolierten Platinelektrode und wird elektrochemisch zu OH-Ionen (Base) reduziert. An der als Anode geschalteten Silber-Gegenelektrode werden Elektronen äquivalent abgegeben und die entstehenden Silberionen

reagieren mit den Chloridionen des Füll-elektrolyten zu Silberchlorid, welches sich auf der Silberanode abscheidet.

Die im einzelnen ablaufenden Reaktionen werden durch folgende Gleichungen beschrieben:

Kathode: $O_2 + 2 H_2O + 4 \text{ Elektronen} \rightarrow 4 OH^-$

($U_{Ag/AgCl} = +611 \text{ mV}$)

Anode: $4 Ag + 4 Cl^- \rightarrow 4 AgCl \downarrow + 4 \text{ Elektronen}$

Diese Reaktionen laufen nicht freiwillig ab, sondern müssen durch Anlegen einer Polarisierungsspannung von mindestens +611 mV an die Platinkathode und die Silberanode erzwungen werden. Der dabei fließende Strom wird gemessen und ist ein Maß für die Konzentration des entladenen Sauerstoffs.

Damit keine anderen Reaktionen ablaufen, ist die Polarisierungsspannung relativ konstant zu halten. An die Sauerstoffelektrode wird eine Polarisierungsspannung von + 650 mV angelegt.

Als Reaktionsprodukte bei der in Betrieb befindlichen Sauerstoffelektrode bilden sich schwerlösliches Silberchlorid auf der Silberanode und eine Base (OH-Ionen) im inneren Elektrolyten. Nach längerer Einsatzdauer der Sauerstoffelektroden (mehrere Monate) ist das Silbersalz mittels Natriumthiosulfat- oder Ammoniaklösung oder mechanisch zu entfernen und der verbrauchte Elektrolyt zu erneuern.

ALMEMO® Sauerstoffmessung

Zur O₂-Messung in Wässern enthält die ALMEMO® O₂-Sonde FY A640-O2 eine Clark-Zelle mit Messverstärker und einen Ntc-Temperaturfühler. Mit drei Messkanälen lassen sich die Messgrößen Temperatur, O₂-Sättigung und O₂-Konzentration abrufen:

Kanal	Messgröße	Messbereich	Auflös.	Dim	Bereich
1.	Temperatur	-5 ... 50 °C	0.01	°C	Ntc
2.	O ₂ -Sättigung	0 ... 260 %	1	%	O2-S
3.	O ₂ -Konzentration	0.0... 40.0 mg/l	0.1	mg	O2-C

Die Sauerstoff-Sättigung wird von der Wassertemperatur und vom Luftdruck beeinflusst. Deshalb müssen bei der Berechnung des Sättigungsgrades diese beiden Parameter berücksichtigt werden. Der Temperaturfühler zur Temperaturkompensation ist in der Sonde integriert. Ein Luftdrucksensor kann zusätzlich angesteckt werden. Bei konstanten Verhältnissen lässt sich der Luftdruck auch eingeben. Als Bezugspunkt gilt 1013 mbar (Normaldruck).

Die Sauerstoff-Konzentration wird aus der Sättigung und der Temperatur über die Tabellen von Wagner berechnet. Sie ist nicht luftdruckabhängig.

Berechnungsformeln:

Mit den nachfolgenden Formeln errechnet das Messgerät aus dem O₂-Messwert und der Temperatur den Sättigungsgrad und den Absolutbetrag des Sauerstoffs in mg/l.

O ₂ -Sättigung korrigiert:	$O_2S[\%]$	$= O_{2m} \cdot SK \cdot Tk(Tm) \cdot Pn/Pm$
Messsignal:	O_{2m}	= O ₂ -Sättigung gemessen
Steigungskorrektur:	SK	$= 100 / (O_{2c} \cdot Tk(Tc) \cdot Pn/Pc)$
	O_{2c}	= O ₂ -Sättigung beim Kalibrieren
	Tc	= Temperatur beim Kalibrieren
	Pc	= Luftdruck beim Kalibrieren
Temperaturkompensation: (im Bereich 5 ... 50 °C)	Tk(T)	$= \exp(k1/(Tm+T0))/k0$ k0=4840, k1=2530, T0=273.15
	Tm	= Temperatur gemessen
Luftdruckkompensation:	Pn	= Normalluftdruck 1013 mbar
	Pm	= Luftdruck beim Messen
O ₂ -Konzentration:	$O_2C[mg/l]$	$= O_{2m} \cdot SK/100 \cdot Tk(Tm) \cdot O_2C_s(Tm)$
	O_2C_s	= O ₂ -Sättigungskonzentration n. Wagner

Luftdruckkompensation:

Die Luftdruckkompensation kann auf drei verschiedene Arten erfolgen:

1. Manuelle Eingabe in Funktion mb
2. Schnittstellen-Eingabe mit Befehl: g 0xxxx [mbar] (s. 6.2.6)
3. Messung mit zusätzlichen Luftdrucksensor FDA612SA (s. 6.7.2)

Kalibrieren

Um möglichst genaue Messwerte zu erreichen, kann die Sauerstoffsonde in Nullpunkt und Steigung kalibriert werden. Vor dem Kalibrieren bitte die Elektrode ausreichend polarisieren. Die Elektrode wird dazu an das Messgerät angeschlossen und dieses angeschaltet. Insbesondere wenn die Elektrode lange nicht in Betrieb war, kann die Polarisationszeit bis zu 30 min betragen. Eine ausreichend polarisierte und intakte Elektrode zeigt einen stabilen, nicht driftenden Messwert.

Sauerstoffelektroden werden kalibriert bei 0 % Sauerstoffsättigung (Kalibrierpunkt 1) und 101 % Sauerstoffsättigung (Kalibrierpunkt 2).

Nulllösung für Kalibrierpunkt 1 herstellen:

Als sauerstofffreie Flüssigkeit (0 % Sättigung) wird eine Natriumsulfit-Salzlösung ("Nulllösung") verwendet. Diese wird hergestellt durch Auflösen von Natriumsulfit (Na_2SO_3) in Wasser (Zubehör ZB 9640-NS). Es kann wahlweise destilliertes (deionisiertes) oder Leitungswasser verwendet werden. Die benötigte Menge Natriumsulfit richtet sich nach dem verwendeten Wasser. Destilliertes Wasser oder auch abgestandenes Wasser enthält meist weniger gelösten Sauerstoff als Frischwasser aus der Leitung, entsprechend geringer ist der Natriumsulfitbedarf. Als Richtwert kann 1 g Natriumsulfit auf 100 ml Wasser angenommen werden.



Die Nulllösung nimmt bei längerem Aufbewahren wieder etwas Sauerstoff aus der Luft auf.

Kontrollieren Sie deshalb die Nulllösung regelmäßig bevor Sie mit dem Kalibrieren beginnen.

Wenn Sie mit Ihrem Messgerät in der Nulllösung Sättigungswerte $> 0 \%$ messen, geben Sie bitte zunächst etwas Natriumsulfit zur Lösung. Der gelöste Sauerstoff wird gebunden und der Messwert für die Sauerstoffsättigung verringert sich. Erst wenn weitere Salzzugaben keine Abnahme des Sättigungswertes bewirken (stabiler Messwert), haben Sie eine wirkliche "Nulllösung" und Sie können mit der Kalibrierung beginnen.

Abgleich für Kalibrierpunkt 1:

1. Tauchen Sie den Sauerstoffsensor so tief in die Nulllösung, dass sich der integrierte Temperaturfühler (Edelstahleinsatz im Schaft) sicher in der Lösung befindet.
2. Warten Sie eine Einstellzeit von ca. 2...3 min ab (Anzeige < 50).
3. Funktion VERRIEGELUNGSMODE anwählen.
4. Stecker entriegeln (möglichst nur momentan, s. Geräteanleitung oder Hb. 6.3.12)
5. Funktion MESSWERT anwählen.
6. Nullpunktabgleich durchführen (s. Geräteanleitung oder Hb. 6.4.2)
7. Spülen Sie danach den Sensor gründlich mit Wasser ab, um alle Rückstände der Natriumsulfitlösung zu entfernen.
8. Tupfen Sie die Membrankappe sorgfältig trocken (z.B. mit einem Zellstofftuch), bevor Sie die Kalibrierung in wasserdampfgesättigter Luft beginnen.



Wassertropfen auf der Membran können zur Verfälschung der Kalibrierung führen.

Vorbereitung für Kalibrierpunkt 2:

Anstelle von luftgesättigtem Wasser wird wasserdampfgesättigte Luft verwendet. Dazu wird ein angefeuchteter Schwamm in ein Kalibriergefäß (Zubehör ZB 9640-AS) gelegt. Nach ca. 5 bis 10 Minuten ist die darin enthaltene Luft wasserdampfgesättigt. Bei der Kalibrierung mit wasserdampfgesättigter Luft bestehen allerdings selbst bei ausreichender Wasserdampfsättigung auf Grund der Membraneigenschaften geringfügige Unterschiede (etwa 2 %) gegenüber den Sensoren in luftgesättigtem Wasser. Trotz Anströmung bleibt im Wasser eine unberührte Diffusionsschicht, die zu einer Messwertverminderung führt. Aus diesem Grunde werden ALMEMO® Messgeräte, um den Sättigungswert im Wasser richtig zu messen, auf den Sättigungswert 101 % beim Kalibrierpunkt 2 eingestellt.

Abgleich für Kalibrierpunkt 2:

1. Bringen Sie den sorgfältig gereinigten und getrockneten Sensor in das Kalibriergefäß mit wasserdampfgesättigter Luft (100 % O₂).
2. Geben Sie etwa 2 ml Wasser in das Gefäß und kontrollieren Sie den richtigen Sitz des Aufnahmerohres im Gefäß (Markierung). Die Elektrode darf nicht auf dem wassergetränkten Schaumstoff aufsitzen, es ist ein Abstand > 1 cm zu gewährleisten.
3. Warten Sie einige Minuten bis zur Einstellung des Gleichgewichtes (stabile Anzeige).
Funktion MESSWERT anwählen.
4. Steigungsabgleich wie Nullpunktabgleich durchführen (s. Geräteanleitung oder Hb. 6.4.2)
5. Verriegelung wiederherstellen (bei momentaner Entriegelung nicht nötig)

Wartung und Pflege**Lagerung:**

Um das Verdunsten des Elektrolyten zu verhindern und die Membran zu schützen, sollte die Sauerstoffelektrode immer mit aufgesetzter Schutzkappe gelagert werden.

Elektrode reinigen:

Zum Reinigen im täglichen Gebrauch bitte die Elektrode nur abspülen und vorsichtig abtupfen, Verletzungen der Membran vermeiden.

Elektrolytfüllung erneuern:

Wenn sich im Elektrolytraum durch Verdunsten größere Luftblasen gebildet haben bzw. dieser nur noch zu ca. 80 % gefüllt ist, muss die Elektrolytfüllung erneuert werden:

1. Elektrode senkrecht stellen.
2. Membrankappe nach unten abschrauben.
3. Membrankappe ausleeren und randvoll mit Elektrolyt füllen.
4. Membrankappe wieder so an die senkrecht gestellte Elektrode schrauben, dass möglichst keine Luftblasen eingeschlossen werden.

Membrankappe austauschen:

Wenn die Teflonmembran beschädigt ist, muss die gesamte Membrankappe ausgetauscht werden.

Undichtigkeiten der Membran sind erkennbar an der Bildung kleiner Wassertropfchen auf der Membranfläche sowie am "Überlaufen" der Messwerte. Der Kappenaustausch wird ebenso gehandhabt wie die Elektrolyterneuerung.

Elektrodenflächen reinigen:

Wenn nach mehrmonatigem Messeinsatz die Silberanode schwarz gefärbt ist, sollten die Elektrodenflächen gereinigt werden.

1. Kappe mit der gasdurchlässigen Membran abschrauben.
2. Sensorkopf etwa 2 cm tief in eine Natriumthiosulfat-Reinigungslösung ca. 30 Minuten lang eintauchen.
3. Sensorkopf gründlich mit destilliertem Wasser spülen.
4. Silberanode kräftig mit Zellstoff oder mit Polierleinen abreiben.
5. Elektrodenkappe mit neuer Fülllösung versehen und wieder auf die Sauerstoffelektrode aufschrauben.
6. Etwa 30 Minuten nach dem Einschalten (Polarisationszeit) ist die Elektrode wieder einsatzbereit.

Technische Daten

Messbereiche:

Temperaturbereich:	-5.0 ... 50 °C
O ₂ -Sättigung:	0 ... 260 % Sättigung
O ₂ -Konzentration:	0.0 ... 40 mg/l (5...40°C)

Messprinzip:

Clark

Arbeitselektrode (Kathode):

Pt

Referenzelektrode (Gegenelektrode):

Ag/AgCl

Membran:

Teflon

Ansprechzeit (t_{90%}):

ca. 10-15 s

Nullstrom bei 0% Sättigung:

< 5 nA

Messstrom bei 100% Sättigung:

ca. 700 nA

Genauigkeit Sauerstoffmessung:

< ± 1% vom Messwert

Anströmgeschwindigkeit:

ca. 10 cm/s

Lagertemperatur:

-10 ... 50 °C

Eintauchtiefe:

40 mm

Füllvolumen (Elektrolyt):

0.6 ml

Temperaturmessfühler:

NTC Typ N (10 k bei 25°C)

Genauigkeit Temperaturmessung:

-20 bis 0°C: ±0.4°C, 0 bis 70°C: ±0.1°C
(bei Nennbedingungen)

Nennbedingungen:

25°C ±3°C/1013 mbar

Schaftmaterial:

PVC, schwarz

Membrankappe:

austauschbar (Ersatzteil)

Abmessungen:

Durchmesser 12 mm, Länge 145 mm

Anschlusskabel:

1.5m lang mit ALMEMO® Stecker

Polarisationsspannung:

650 mV

Standzeit (mit einer Elektrolytfüllung):

mehrere Monate

Gesamtstandzeit (Lebensdauer):

mehrere Jahre

Zubehör

Abgleichset:

25 g Natriumsulfit in 20 ml-PE-Flasche zur Herstellung
der Nulllösung, Gefäß zum Sättigungsabgleich

Best.-Nr. ZB 9640 AS

25 g Natriumsulfit in 20 ml-PE-Flasche

Best.-Nr. ZB 9640 NS

20 ml Fülllösung in PE-Flasche für O₂-Sonde

Best.-Nr. ZB 9640 NL

Ersatz-Membrankappe mit Schutz (2 Stück)

Best.-Nr. ZB 9640 EM