



ATP Messtechnik GmbH

J. B. von Weiss Strasse 1

D- 77955 Ettenheim

Email: info@atp-messtechnik.de

Internet: www.atp-messtechnik.de

Tel: 0 7822-8624 0 - FAX: 0 7822-8624 40

Allgemeines

Sauerstoff

Sauerstoff ist das häufigste Element auf der Erde. Es stellt 1/5 der Erdatmosphäre dar.

Elementar ist Sauerstoff ein farb- und geruchloses Gas, das in der Luft zu 21% enthalten ist. Fast alle Tiere und die meisten Pflanzen benötigen Sauerstoff zum Leben. In hohen Konzentrationen jedoch ist Sauerstoff für die meisten Lebewesen giftig.

Gelöster Sauerstoff

Sauerstoff ist in verschiedenen Konzentrationen in fast allen Flüssigkeiten vorhanden. So enthält ein Liter Milch 210 ml O₂ (21%); ein Liter Süßwasser enthält 9 mg O₂ (bei Sättigung, 20°C und einem atmosphärischem Druck von 1013 mbar).

Gelöster Sauerstoff in Wasser entsteht durch:

- die Verbreitung von Sauerstoff an der Wasseroberfläche
- die Bewegung des Wassers
- die Photosynthese von Wasserpflanzen

Die Bildung von gelöstem Sauerstoff in Wasser hängt ab von der Menge an vorhandenem Licht, der Präsenz organischer Elemente und von der Temperatur. Je höher die Wassertemperatur, je niedriger die Konzentration an gelöstem Sauerstoff.

Verhältnis Temperatur - Gelöster Sauerstoff

Temperatur °C	mg/l
0	14,6
5	12,8
10	11,3
15	10,2
20	9,2
25	8,4
30	7,6

Messprinzip

Lange Zeit galt die Bestimmung von gelöstem Sauerstoff als sehr aufwendig. Erst mit der Ende der 50er Jahren von Clark entdeckten membranbedeckten Sauerstoffsonde nahm die Messung von gelöstem Sauerstoff ihren Lauf.

Das Messsystem zur Bestimmung von gelöstem Sauerstoff besteht aus einem Sauerstoffmessgerät (Oximeter) und einer Sauerstoffsonde.

Sauerstoffsonden sind Messzellen, die sich aus einer Kathode aus Edelmetall (Silber, Gold, Platin) und einer Anode aus Silber oder Blei zusammensetzen. Kathode und Anode sind elektrisch durch einen Elektrolyten verbunden. Elektrolyt und Messmedium sind durch eine Sauerstoffdurchlässige Membran getrennt.

Da die Konzentration an gelöstem Sauerstoff in Wasser stark temperaturabhängig ist, verfügen die Messzellen über einen Temperatursensor zur Temperaturkompensation.

Zwischen Kathode und Anode wird eine konstante Spannung von 790 mV angelegt. Sogleich strömt Sauerstoff durch die Membran, um sich an der unter Spannung stehenden Kathode zu reduzieren. Dadurch entsteht ein Stromfluss. Sauerstoffmessgeräte analysieren diesen Stromfluss, der sich proportional zum Partialdruck des Sauerstoffs verhält. Ihre interne Elektronik wandelt schliesslich das Signal gemäss dem idealen Gasgesetz um, welches besagt dass:

$$PV = nRT$$

wobei **V** = Volumen in m³

R = Konstante des idealen Gases (≈ 8,31 J.K⁻¹•mol⁻¹)

T = Absolute Temperatur in Kelvin

Durch Anwendung dieser Gleichung und Kompensation der Temperatur zeigen die Sauerstoffmessgeräte die Konzentration an gelöstem Sauerstoff in % Sättigung oder in mg/l (ppm) an.

Messeinheiten

Konzentration in % Sättigung

Der Sättigungsprozentsatz wird definiert als die Menge an gelöstem Sauerstoff, welche eine Flüssigkeit bei einer gegebenen Temperatur enthalten kann. Er entspricht dem gemessenen Partialdruck des Sauerstoffs bei einer gegebenen Temperatur. Je nach Gerätemodell werden die Messwerte automatisch temperaturkompensiert. Die Art des Messmediums hat keinerlei Einfluss auf die Messwerte.

Konzentration in mg/l bzw. ppm

Bei konstanter Temperatur und Sättigung steht die Konzentration an gelöstem Sauerstoff in einer Flüssigkeit proportional zum Partialdruck, den der Sauerstoff auf diese Flüssigkeit ausübt. Die Relation wird gemäss dem Henry-Gesetz wie folgt ausgedrückt:

$$C = p \times H$$

wobei

C = die Konzentration von Sauerstoff

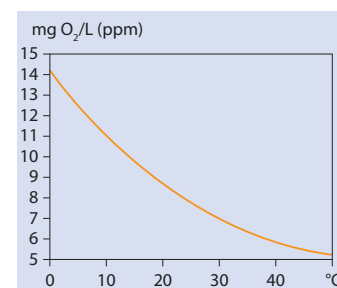
p = der Partialdruck des vom Messsystem gemessenen Sauerstoffs

H = der Löslichkeitsfaktor (Henry-Konstante) - abhängig von der Art des Gases (Sauerstoff), der Temperatur und der Flüssigkeit.

Unter Anwendung dieser Gleichung zeigt das Sauerstoffmessgerät das Messergebnis in mg/l (oder ppm) an. Die Bestimmung von gelöstem Sauerstoff in dieser Messeinheit hängt von der Art der Messprobe ab.

Temperatur - Gelöster Sauerstoff

Da die Konzentration an gelöstem Sauerstoff stark temperaturabhängig ist, macht eine - manuelle oder automatische - Temperaturkompensation durchaus Sinn.



Verhältnis Temperatur - Gelöster Sauerstoff

Das Verhältnis von Temperatur und gelöstem Sauerstoff erklärt sich durch die zwischen freier Energie und Entropie bestehenden Thermodynamik. Desweiteren beeinflusst die Temperatur auch die Durchlässigkeit der Sondenmembran.

Salinität - Gelöster Sauerstoff

Das Salzgehalt von natürlichen Gewässern und Abwasser beeinflusst leicht die Konzentration an gelöstem Sauerstoff. Sauerstoffmessgeräte modernster Technik verfügen daher über eine Salzkompensation.

Atmosphärischer Druck - Gelöster Sauerstoff

Die Messung des gelösten Sauerstoffs wird auch von Höhe und atmosphärischem Druck beeinflusst. Moderne Sauerstoffmessgeräte verfügen daher ebenfalls über eine Höhenkompensation.

Gelöster Sauerstoff

Anatomie einer Sauerstoffsonde

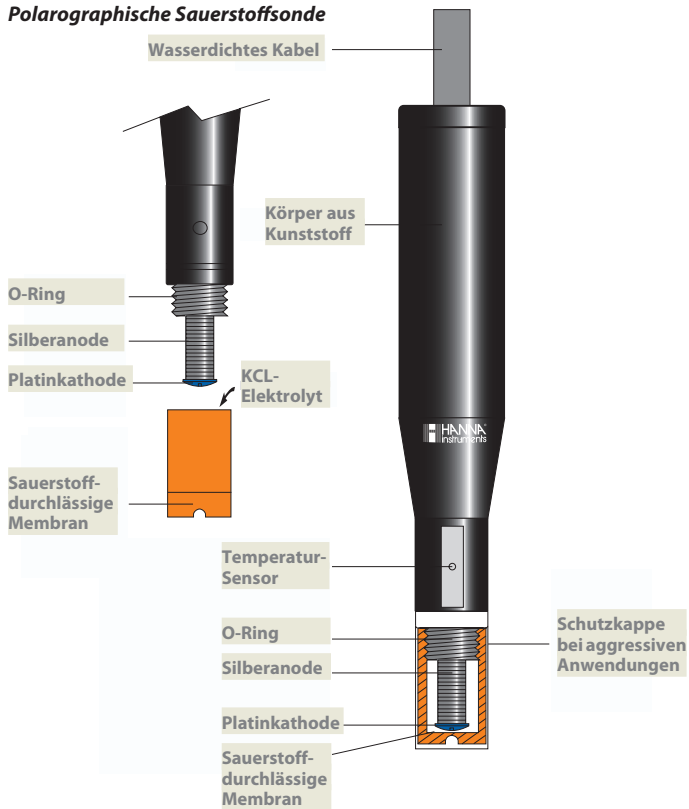
Sauerstoffsonden von HANNA instruments sind Messzellen, die sich aus einer Anode und einer Kathode zusammensetzen. Anode und Kathode sind durch einen Elektrolyten, der die elektrische Brücke bildet, verbunden. Elektrolyt und Messmedium sind durch eine Sauerstoffdurchlässige Membran getrennt.

Man unterscheidet 2 Arten von Sauerstoffsonden:

- Polarographische Sonden: zur Messung wird hier eine Polarisierungsspannung angelegt.
- Galvanische Sonden: sie generieren ihr eigenes Potential mithilfe einer externen Stromversorgung.

Beide Arten von Sauerstoffsonden basieren auf demselben elektrochemischen Messprinzip, nämlich dem der Sauerstoffreduzierung an der Kathode.

Polarographische Sauerstoffsonde



Die polarographischen Sonden von HANNA instruments verfügen über ein wasserdichtes Kabel mit DIN Stecker. Der Temperatursensor ermöglicht einerseits Temperaturmessungen andererseits eine Temperaturkompensation. Als Elektrolyt wird Kaliumchlorid (KCL) verwendet.

Jedes Sauerstoffmolekül, das mit der Kathode in Kontakt tritt, erzeugt einen proportionalen Strom, der vom Sauerstoffmessgerät erkannt wird. Die interne Elektronik des Sauerstoffmessgerätes wandelt diesen Strom in mg/l (ppm) oder % Sättigung um.

Galvanische Sauerstoffsonde

Die galvanischen Sauerstoffsonden von HANNA instruments verfügen ebenfalls über ein wasserdichtes Kabel mit DIN Stecker. Der Temperatursensor ermöglicht einerseits Temperaturmessungen andererseits eine Temperaturkompensation. Als Elektrolyt wird Kaliumhydroxid (KOH) verwendet.

Wie bei polarographischen Sonden erzeugt jedes Sauerstoffmolekül, das mit der Kathode in Kontakt tritt, ein Potential, das sich proportional zur Menge reduzierter Sauerstoffmoleküle verhält.



Polarographische oder galvanische Sonde?

Polarographische Sonden bieten den Vorteil einer optimalen und konstanten Polarisierungsspannung. Sie gewährleisten zuverlässige Messergebnisse über einen langen Zeitraum, bedürfen jedoch einer Polarisierungszeit, welche je nach Gerät unterschiedlich ist. Die polarographischen Sauerstoffsonden von HANNA instruments haben in der Regel eine Polarisierungszeit von 6 bis 10 Minuten.

Galvanische Sonden bedürfen keiner Vorpolarisierung, sondern können direkt eingesetzt werden. Sie verfügen ausserdem über eine schnelle Ansprechzeit. Der Nachteil ist, dass das galvanische System permanent aktiv ist - auch bei der Lagerung -, und somit schneller verschleisst.

Gelöster Sauerstoff

Anwendungsbereiche, Tipps und Messverfahren

Anwendungsbereiche

Die Konzentration an gelöstem Sauerstoff ist ein aussagekräftiger Indikator für die Wasserqualität.

In natürlichen Gewässern ist der gelöste Sauerstoff unentbehrlich für Fauna und aquatisches Leben. Die aquatische Flora produziert Sauerstoff, die Mikroorganismen (Bakterien) hingegen verbrauchen Sauerstoff bei der Zersetzung der organischen Materien, von denen sie sich ernähren. Die Messung von gelöstem Sauerstoff ermöglicht, einerseits den durch die mikrobiologische Zersetzung verursachten Sauerstoffverbrauch, andererseits die Sauerstoffproduktion durch die Vermehrung von Algen zu bestimmen.

Auch bei der Wasseraufbereitung ist die Kontrolle des gelösten Sauerstoffs relevant. Hier darf ein Wert von 2 mg/l nicht unterschritten werden.

Gelöster Sauerstoff hat eine stark korrosive Wirkung und kann zu kostspieligen Schäden führen. Insofern ist dessen Messung in der Heiztechnik von Bedeutung.

Letztendlich ist die Bestimmung von gelöstem Sauerstoff auch etwa bei der Weinherstellung oder in der Getränkeindustrie wichtig.

Tipps für genaue Messungen

Schütteln der Probe

Genaue Messergebnisse bedürfen einer Bewegung des Wassers, da während des Messvorgangs die Probe durch die Membran fließen muss. Bei Outdoor-Messungen deshalb einfach die Sauerstoffsonde hin und her bewegen. Bei Labormessungen zu diesem Zweck einen Magnetrührer verwenden.

Eintauchtiefe der Sonde

Für korrekte Messungen sollte die Sauerstoffsonde so eingetaucht werden, dass der Temperatursensor miteingetaucht ist. Dieser sorgt nämlich für eine Temperaturkompensation.

Kalibrierung

Genaue Messungen bedürfen einer regelmässigen Kalibrierung des Messsystems. Die Kalibrierung erfolgt meist einfach und schnell bei einem Punkt 100 % an der Luft. Bei manchen Geräten wird die Kalibrierung durch Eintauchen der Sonde in eine Sauerstoffnulllösung durchgeführt.

Sondenpflege

Vor allem polarographische Sonden bedürfen einer intensiven Pflege.

Zunächst einmal gilt es den KCl-Elektrolyten regelmässig auszutauschen. Nach jedem Austausch des Elektrolyten muss die Sonde neu polarisiert werden.

Bei der PTFE-Membran ist darauf zu achten, dass sie keinerlei Perforationen aufweist, die andere Elemente als Sauerstoffmoleküle durchlassen würden. Desweiteren sollte die Membran stets feucht gehalten werden, da sie bei Luftkontakt austrocknet, verhärtet und an Elastizität verliert.

Die Platinkathode sollte immer glatt und glänzend sein. Bei Kontakt mit Gasen wie Schwefeldioxid oder Schwefelwasserstoff neigt die Kathode dazu, ihren Glanz zu verlieren, was die Sensibilität des Messsystems beeinträchtigt und eine Kalibrierung unmöglich machen kann. Reiben Sie die Kathode sanft ab mit einer kleinen Bürste aus Glasfasern oder weichem Schmirgelpapier.

Ist die Anode oxidiert, tauchen Sie sie 1/4 Stunde in eine 0,1 M Hydrochlorsäure-Lösung ein. Verwenden Sie hier keinesfalls Schmirgelpapier!

Polarographische Sonden sind stets feucht aufzubewahren. Geben Sie hierzu ein wenig Elektrolytlösung in die Schutzkappe. Galvanische Sonden hingegen können trocken gelagert werden.

Interferenzen

Gase wie Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff, Chlor usw. können bei Messungen zu Interferenzen führen.

Messverfahren

Gelöster Sauerstoff

Wird in mg/l oder in % Sättigung ausgedrückt. Er gibt Aufschluss über die Wassergüte.

BSB (Biochemischer Sauerstoffbedarf)

Wird in mg/l ausgedrückt. Er gibt die Menge an Sauerstoff an, die zum biotischen Abbau im Wasser vorhandener organischer Stoffe unter bestimmten Bedingungen und innerhalb einer bestimmten Zeit benötigt wird.

OUR (Oxygen Uptake Rate)

Wird in mg/l pro Stunde ausgedrückt. Dieser Wert gibt die Sauerstoffzehrung bezogen auf Zeit an. Das Messverfahren ist in den USA verbreitet.

SOUR (Specific Oxygen Uptake Rate)

Wird in mg/l pro Gramm suspendierter Materie pro Stunde ausgedrückt. Dieser Wert gibt die Sauerstoffzehrung bezogen auf Zeit und suspendierte Materie an. Das Messverfahren ist ebenfalls in den USA verbreitet.



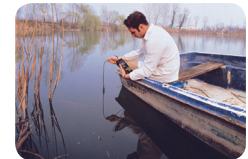
Wasseraufbereitung



Labore



Fischzucht



Umwelt