

Technische Daten

Art des Sensors:	Analog
Ausgangsspannung:	0 bis 5 V
Messbereich:	0 ... 15 mg / l
Auflösung unter Verwendung eines 12 bit A/D Konverters:	0,007 mg / l
Genauigkeit:	2% nach Kalibrierung bei 25°C (typisch)
Reaktionszeit:	95% des Messwerts in 30 s, 98% in 45 s
Temperaturkompensation:	Automatisch zwischen 5°C und 35°C
Druckkompensation:	händisch
Salzgehaltskompensation:	händisch
Lagertemperatur:	0 bis 50°C
Minimale Flussgeschwindigkeit der Probe:	20 cm / s
Kalibrierungsfunktion:	$DO \text{ (mg/l)} = 3,27 \cdot U_{\text{out}} \text{ (V)} - 0,327$ (Sensorspeicher) $DO \text{ (ppm)} = 3,27 \cdot U_{\text{out}} \text{ (V)} - 0,327$
Membran:	Teflon PTFE
Anschluss:	BT (British Telecom) Stecker



Wichtiger Hinweis:

Dieses Produkt ist ausschließlich für Unterrichts- und Lehrzwecke, jedoch nicht für die kommerzielle Verwendung in Industrie, Gewerbe, Medizin oder Forschung vorgesehen.

Garantie:

Wir garantieren, dass dieses Produkt frei von Material- und Herstellungsfehlern ist. Der Garantiezeitraum ist auf 2 Jahre ab Auslieferung beschränkt. Diese Garantie gilt nicht für Schäden am Produkt, die durch Missbrauch oder unsachgemäße Verwendung verursacht werden.

P4231-1S Sensor Sauerstoff in Flüssigkeiten (CMA: BT34i)



Kurzbeschreibung

Der Sauerstoffsensor misst die Konzentration von gelöstem Sauerstoff in einer Wasserprobe in einem Bereich von 0 bis 15 mg/l. Er besteht aus einer Elektrode zur Messung des gelösten Sauerstoffs und einer Teflon-Membran.

Im Zubehör des Sensors sind weiters enthalten:

- Eine Ersatzmembran
- Reinigungstreifen aus Sandpapier
- Elektrolytflüssigkeit für die Sensorelektrode
- Eine Füllpipette.
- Eine Kalibrierungsflasche (leer, Deckel mit Loch)
- Natriumsulfit als Kalibriernormal (2 M Na₂SO₃)

Der Sauerstoffsensor kann direkt an einen analogen Eingang eines Messinterface angeschlossen werden.

Experimentiervorschläge

Die Konzentration von Sauerstoff ist einer der wichtigsten Indikatoren für die Wasserqualität. Sauerstoff ist eine essentielle Voraussetzung für die Existenz von Leben und von grundlegender Bedeutung für unzählige Organismen im Wasser. Verwenden Sie den Sensor für eine Vielzahl an Experimenten:

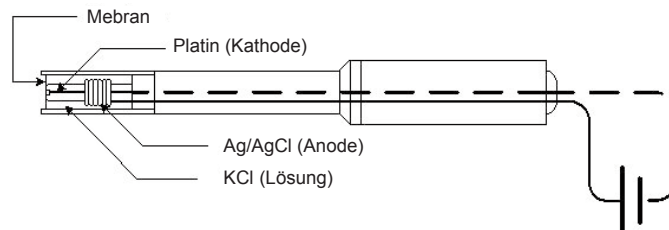
- Beobachten Sie die Veränderungen der Sauerstoffkonzentration in einem Aquarium mit unterschiedlichen Kombinationen von Pflanzen- und Tierarten.
- Messen Sie die Veränderungen der Sauerstoffkonzentration auf Grund von Vorgängen wie Fotosynthese und/oder der Respiration durch Wasserpflanzen.
- Verwenden Sie den Sensor, um genaue vor-Ort Messungen der Sauerstoffkonzentration in Seen, Flüssen und sonstigen Gewässern durchzuführen. Die Sauerstoffkonzentration in einem Milieu liefert wertvolle Informationen über das Potential zur Entwicklung spezieller Pflanzen- und Tierarten.
- Messen Sie den biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB) in Wasserproben, die organische Bestandteile enthalten und beobachten Sie den Sauerstoffverbrauch während der Verrottung.
- Bestimmen Sie den Zusammenhang zwischen der Sauerstoffkonzentration und der Temperatur von Wasserproben.

Handhabung

- Der Sensor misst eine elektrochemische Reaktion, bei der Sauerstoff von einem dünnen Wasserfilm, der mit der Membran des Sensors in Kontakt kommt, entfernt wird. Dadurch ist es nötig, die Probenflüssigkeit ständig in Bewegung zu halten, entweder durch den natürlichen Fluss des Wasser, oder durch händisches Umrühren. Beachten Sie bitte, dass sich durch Umrühren keine Luftbläschen in der Flüssigkeit bilden dürfen.
- Die Membran ist sehr empfindlich, gehen Sie mit ihr behutsam um.
- Der Sauerstoffsensor interagiert mit einer Reihe anderer Sensoren, wenn sie sich in der selben Probenflüssigkeit befinden und mit dem selben Interface verbunden sind. Der Grund dafür ist, dass der Sauerstoffsensor ein Spannungssignal an die Flüssigkeit abgibt, das die Messwerterfassung der anderen Sensoren beeinflusst. Sensoren für Leitfähigkeit, Salzgehalt und pH-Wert dürfen sich daher nicht gleichzeitig mit dem Sauerstoffsensor in der selben Lösung befinden und mit dem selben Interface verbunden werden.

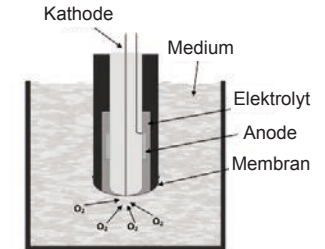
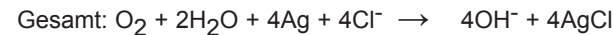
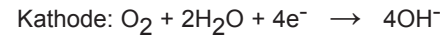
Arbeitsweise des Sensors

Der Sauerstoffsensor verwendet eine polarographische Clark-Elektrode, die aus einer Silber/Silber-Chlorid-Anode und einer Platin-Kathode besteht. Kathode und Anode befinden sich in einem Kaliumchlorid-Elektrolyt (KCl) und sind durch eine gasdurchlässige Teflon-Membran von der Probe getrennt.



Sensor Sauerstoff in Flüssigkeiten, P4231-1S (CMA: BT34i) - Seite 2

Aufgrund der Partialdruckdifferenz diffundieren die in der Probenflüssigkeit gelösten Sauerstoffmoleküle durch die Membran zur Elektrode. Die Diffusionsgeschwindigkeit ist dabei proportional zur Druckdifferenz. An die Platin-Kathode wird gegen die Silber-Anode eine feste Polarisierungsspannung angelegt. Dadurch wird der Sauerstoff an der Kathode reduziert (er wird chemisch in ein OH⁻ Molekül umgewandelt). Der aus der Reduktion entstehende Strom ist proportional zur Diffusionsrate des Sauerstoffs und daher auch proportional zur Konzentration des gelösten Sauerstoffs in der Probe. Die Redox-Reaktion einer typischen Clark-Elektrode lautet:



Die Durchlässigkeit der Membran für gelösten Sauerstoff hängt von der Umgebungstemperatur ab. Um diese Abhängigkeit auszugleichen, verfügt der Sauerstoffsensor im Bereich zwischen 5°C und 35°C über eine automatische Temperaturkompensation.

Den Sauerstoffsensor für eine Messung vorbereiten

1. Schrauben Sie die Membran-Abdeckkappe von der Elektrodenspitze ab. Spülen Sie die Kappe innen und außen mit destilliertem Wasser ab und trocknen Sie diese durch Abtupfen.
2. Führen Sie die selbe Prozedur mit der Elektrode durch.
3. Füllen Sie mit Hilfe der mitgelieferten Pipette 1 ml der Elektrolytflüssigkeit in die Abdeckkappe. Achten Sie darauf, dass sich keine Luftbläschen im Elektrolyt bilden.
4. Schrauben Sie die Abdeckkappe wieder vorsichtig und nicht zu fest auf die Elektrode. Achten Sie darauf, dass das Gewinde dabei nicht beschädigt wird.



5. Verbinden Sie den Sensor mit einem Interface. In den meisten Fällen wird der Sensor vom Interface automatisch erkannt. Sollte das nicht der Fall sein, wählen Sie den Sauerstoffsensor händisch aus der Coach Sensorenbibliothek aus.
6. Führen Sie eine Polarisation durch: Platzieren Sie den Sensor in einem Behälter, der mit etwa 100 ml destilliertem Wasser gefüllt ist. Der Sensor benötigt etwa 10 Minuten Aufwärmzeit. Zeichnen Sie solange Daten im Behälter mit destilliertem Wasser auf. Wichtig: während der Aufwärmphase muss der Sensor ständig mit dem Interface verbunden sein.
7. Nach der Aufwärmphase ist der Sensor bereit zur eigentlichen Messwerterfassung.

Sensor Sauerstoff in Flüssigkeiten, P4231-1S (CMA: BT34i) - Seite 3

Eine Messung durchführen

- Tauchen Sie die Spitze des Sensors etwa 4 - 6 cm tief in die Probe ein. Tauchen Sie den Sensor nicht ganz ein, das Sensorgehäuse ist im Griffbereich nicht wasserdicht.
- Rühren Sie vorsichtig mit dem Sensor in der Flüssigkeit um.
- Beobachten Sie die angezeigte Sauerstoffkonzentration.

Beachten Sie bitte: Es ist von großer Bedeutung, dass die Flüssigkeit durch Umrühren in ständiger Bewegung ist. Durch die Messung der Sauerstoffkonzentration entnimmt man der Flüssigkeit fortwährend Sauerstoff. Aus diesem Grund würde die angezeigte Sauerstoffkonzentration ohne Bewegung innerhalb der Flüssigkeit scheinbar absinken.

Kalibrierung

Bei diesem Sensor handelt es sich um einen intelligenten Sensor. Dieser verfügt über einen integrierten Speicherchip (EEPROM), der Informationen über den Sensor enthält und über ein einfaches Protokoll (I²C) die Daten (Name, Menge, Einheit und Kalibrierung) an das verwendete Programm weitergibt. Der Sensor wird somit vom Interface automatisch erkannt. Falls nicht, wählen Sie bitte zur Initialisierung den Sensor aus der Coach Sensorenbibliothek aus.

ACHTUNG: Der Name des Sensors in der Datenbank der Coach-Software ist:

Sauerstoff in Flüssigkeiten (BT34i) (CMA) (0..15mg/l)

Sauerstoff in Flüssigkeiten (BT34i) (CMA) (0..15ppm)

Der Sensor ist bei Auslieferung bereits kalibriert. Die Software „Coach“ kann daher die kalibrierten Werte automatisch anzeigen. Mit Hilfe der Software können Sie wählen, ob Sie die auf dem Sensor direkt gespeicherte Kalibrierung, oder jene von der Coach Sensorenbibliothek verwenden wollen.

Die Interfaces VinciLab, ULAB, CoachLab II+ und EuroLab sind mit dem Sensor kompatibel.

Der Ausgang des Sensors steigt linear mit der Konzentration des gelösten Sauerstoffs in einer Flüssigkeit. Die Kalibrierungsfunktion lautet (DO... dissolved Oxygen):

$$DO \text{ (mg/l)} = 3,27 \cdot U_{\text{out}} \text{ (V)} - 0,327$$

Um die Genauigkeit einer Messung zu erhöhen, ist es mit Hilfe von Coach möglich, eine Basiskalibrierung durchzuführen. Eine Basiskalibrierung wird mit der Methode der dampfgesättigten Luft durchgeführt:

Bei beliebiger Temperatur und beliebigem Luftdruck ist der Partialdruck zwischen luftgesättigtem Wasser und dampfgesättigter Luft (100% relative Luftfeuchtigkeit) gleich. Eine Elektrode, die in dampfgesättigter Luft kalibriert wurde, misst dadurch die korrekte Sauerstoffkonzentration in einer wässrigen Lösung.

Hinweis: Eine Zwei-Punkt Benutzerkalibrierung kann erst nach der 10 minütigen Polarisierung durchgeführt werden.

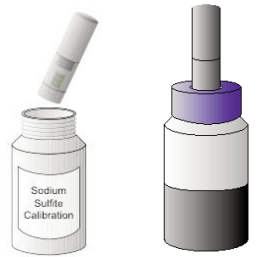
• Nullpunktskalibrierung

Verwenden Sie die zur Kalibrierung im Lieferumfang enthaltene Natriumsulfitlösung. Natriumsulfit ist ein gutes Reduktionsmittel, das Sauerstoff aus einer Lösung vollständig entfernt. Bei einem bis zum Rand gefüllten Natriumsulfit-Aufbewahrungsbehälter kann die Lösung als frei von Sauerstoff angenommen werden.

Entfernen Sie den Sensor vom destillierten Wasser und halten Sie die Spitze des Sensors ca. 1-2 cm tief in die Natriumsulfit-Lösung.

Wichtig: Achten Sie darauf, dass sich auf der Sensorspitze keine Luftbläschen bilden. Sollte die Sauerstoffanzeige nicht erwartungsgemäß schnell absinken, tippen Sie seitlich auf den Behälter, um unerwünschte Luftbläschen von der Sensorspitze abzulösen.

Nach der Stabilisierung der Spannungsanzeige (ca. 1 Minute) geben Sie einen Wert von 0 mg/l ein.



• Kalibrierungspunkt für Sauerstoffsättigung

- Spülen Sie den Sensor mit destilliertem Wasser ab und trocknen Sie ihn vorsichtig durch Abtupfen.
- Füllen Sie den mitgelieferten Behälter zur Kalibrierung nur teilweise mit destilliertem Wasser und warten Sie etwa 15 Minuten. Im Behälter stellt sich ein Gleichgewicht zwischen gesättigtem Wasser und mit Dampf gesättigter Luft ein.
- Schieben Sie den Deckel mit der Durchführungsöffnung etwa 1 cm auf das Sensorgehäuse. Achten Sie darauf, dass die Sensorspitze nicht in die Flüssigkeit eintaucht. Die Oberfläche des Sensors muss dabei trocken sein. Berühren Sie die Membran nicht mit den Fingern.
- Warten Sie ca. 1 Minute bis sich die Spannungsanzeige stabilisiert hat. Geben Sie den Sauerstoff-Sättigungswert in mg/l entsprechend den aktuellen Werten für Luftdruck und Temperatur (siehe Tabelle im Anhang) ein.
- Beispiel: Bei einem Druck von 1013 mb und einer Temperatur von 25°C (der Salzgehalt der Flüssigkeit wird vernachlässigt) beträgt der Sättigungswert für Sauerstoff 8,36 mg/l. Da der Partialdruck des Sauerstoffs in luftgesättigtem Wasser vom Luftdruck und der Temperatur abhängt, ist es nötig, den jeweiligen Wert der Tabelle im Anhang zu entnehmen.

Korrektur des Sättigungswerts aufgrund des Salzgehalts

Die Sauerstoffkonzentration von luftgesättigtem Wasser wird auch durch die Salzkonzentration beeinflusst. Je größer der Salzgehalt einer Flüssigkeit ist, desto weniger Sauerstoff kann diese Flüssigkeit aufnehmen. Frischwasser besitzt bei einer Temperatur von 25°C einen Sättigungswert von 8,26 mg/l, Meerwasser (mit einem Salzgehalt von 36 ppt) beim selben Druck und der selben Temperatur nur 6,73 mg/l. Diese durch den Salzgehalt verursachte Reduzierung der Löslichkeit von Sauerstoff wird vom Sensor nicht registriert. Um die Sauerstoffkonzentration korrekt angeben zu können, verwenden Sie bitte den zur jeweiligen Temperatur gehörenden Korrekturfaktor aus der Tabelle im Anhang.

Kalibrierung mit Hilfe des relativen Sättigungswerts in %

Anstatt die Sauerstoffkonzentration in mg/l anzugeben (mg/l entspricht der Einheit ppm), können Sie die Kalibrierung auch in der Einheit % (Anteil am Sättigungswert) durchführen. Der Nullpunkt (entspricht dem Wert in Natriumsulfitlösung) entspricht dann 0%, und der Sättigungswert für die Sauerstoffkonzentration 100%. Da die Sättigung stark von der Temperatur und dem barometrischen Druck abhängt, ist der 100%-Wert nur für die aktuellen Werte gültig. Wenn Sie die gemessenen Daten mit Messwerten vergleichen wollen, die bei anderen Bedingungen aufgezeichnet wurden, ist es unter Umständen besser, die Einheit mg/l zu verwenden.

Der relative Sättigungswert kann einfach aus der Tabelle ermittelt werden:

$$\text{relative Sättigung (\%)} = (\text{aktueller Messwert/Sättigungswert}) \cdot 100$$

Den Sensor zur Messung der Sauerstoffgaskonzentration (O₂) in Luft verwenden

Die Atmosphäre besteht aus annähernd 78% Stickstoff und etwa 21% Sauerstoff. Die übrigen Bestandteile sind Argon, Kohlendioxid und andere Gase. Der Basiswert für atmosphärischen Sauerstoff beträgt bei 0% relativer Luftfeuchtigkeit (RH) 20,9%.

Der Sauerstoffsensor ist zwar grundsätzlich für die Messung der gelösten Sauerstoffkonzentration konzipiert, kann aber auch zur Messung der Konzentration von Sauerstoffgas in Luft verwendet werden. Bei einer Kalibrierung des Sensors für die Verwendung zur Messung der Sauerstoffgas-Konzentration entspricht dem Wert für die Kalibrierung in Natriumsulfit (Nullpunktskalibrierung) wieder 0. Der zweite Kalibrierungspunkt (Kalibrierungspunkt für Sauerstoffsättigung) entspricht bei trockener Luft (0% relative Luftfeuchtigkeit) 20,9%. Der Anteil der relativen Luftfeuchtigkeit verändert die Sauerstoffgas-Konzentration nur leicht: 25% RH → 20,7% O₂, 50% RH → 20,5% O₂, 75% RH → 20,3% O₂, 100% RH → 20,1% O₂.

Ist die relative Luftfeuchtigkeit bekannt, können die angegebenen Werte als Referenz zur Kalibrierung verwendet werden.

Aufbewahrungs- und Lagerhinweise

Beachten Sie zur Lagerung und Aufbewahrung des Sensors folgende Hinweise:

Kurzzeitaufbewahrung (<24 Stunden):

Tauchen Sie die Membran des Sensors in ca. 2 cm destilliertes Wasser ein.

Wichtig: Lassen Sie den Sensor nicht länger als 24 Stunden in destilliertes Wasser eingetaucht. Die Membran könnte sonst beschädigt werden.

Langzeitaufbewahrung (>24 Stunden):

- Schrauben Sie die Membrankappe vom Sensor ab und entfernen Sie die Elektrolytflüssigkeit von der Abdeckkappe.
- Spülen Sie die Membrankappe innen und außen mit destilliertem Wasser ab und trocknen Sie diese durch kräftiges Schütteln.
- Spülen Sie die Sensorspitze ebenfalls mit destilliertem Wasser ab und trocknen Sie

diese durch Abtupfen.

- Schrauben Sie die Abdeckung nicht zu fest auf die Sensorspitze. Der Sensor sollte trocken gelagert werden.

Reinigung der Metallelektroden:

Als Produkt der chemischen Reaktion an der Elektrodenspitze ergibt sich AgCl (Silberchlorid). Dieses lagert sich in Form von schwarz-braunen Flecken an der Anode ab. Ist die gesamte Anodenfläche mit einem AgCl-Belag überzogen, liefert die Elektrode aufgrund der Reaktionsunterbrechung ein fehlerhaftes oder gar kein Signal mehr. Mit Hilfe des mitgelieferten Sandpapier-Reinigungsstreifens können Sie den AgCl-Belag entfernen. Führen Sie die Reinigung nur dann durch, wenn sie unbedingt erforderlich ist, um eine einwandfreie Funktion der Elektrode zu gewährleisten (etwa einmal pro Jahr).

- Entfernen Sie die Membranabdeckkappe.
- Spülen Sie zur vollständigen Entfernung der Fülllösung die inneren Bestandteile des Sensors gründlich mit destilliertem Wasser ab.
- Schneiden Sie ein Stück vom Sandpapierstreifen ab.
- Befeuchten Sie die raue Seite des Reinigungsstreifens mit destilliertem Wasser.
- Reinigen Sie mit vorsichtigen Kreisbewegungen das mittlere Glaselement der Kathode (befindet sich am Ende der Elektrode) bis die Oberfläche des Elements hell und sauber ist. Reinigen Sie im Anschluss die Silber-Anode, die sich rund um die Basis des inneren Elektroden-Elements befindet, bis diese eine silbrige Färbung besitzt.
Wichtig: Zu große Krafteinwirkung beim Reinigen könnte die inneren Bestandteile des Sensors beschädigen. Gehen Sie beim Reinigen deshalb besonders vorsichtig und behutsam vor und üben Sie auf Anode und Kathode nicht zu viel Druck aus.
- Nach der Reinigungsprozedur sollten Sie die Bestandteile wieder gründlich abspülen und mit einem sauberen Labor-Reinigungstuch abtrocknen.

Unter normalen Bedingungen besitzt der Sauerstoffsensor eine Lebensdauer von mehreren Jahren. Die Membran muss allerdings bei häufiger Verwendung nach etwa 6 Monaten ersetzt werden. Ein Austausch der Membran ist beispielsweise dann nötig, wenn der Sensor während der Kalibrierungsroutine oder während der Messung langsam oder kaum mehr reagiert. Die Verwendung des Sensors in nicht-wässrigen Lösungen, Ölen, Fetten oder anderen benetzenden Flüssigkeiten verkürzt die Lebensdauer der Membran erheblich. Ersatzmembranen sind beim Hersteller unter www.ntl.at erhältlich.

Wartung und Nachfüllen der Natriumsulfit-Lösung

Beachten Sie bitte die folgenden Hinweise zur Lagerung und Wiederbefüllung mit Natriumsulfit-Lösung:

- Nach der erstmaligen Benutzung wird der Aufbewahrungsbehälter nicht mehr bis zum Rand gefüllt sein (bedingt durch das Eintauchen des Sensors läuft ein Teil der Flüssigkeit über den Rand hinaus). Nach dem Verschrauben wird aus dem dadurch vorhandenen Luftvolumen Sauerstoff in die Natriumsulfit-Lösung gelangen - mit dem Ergebnis, dass die Natriumsulfit-Lösung nicht mehr vollständig frei von Sauerstoff ist. Um das Eindringen von Sauerstoff zu verhindern, drücken Sie zuerst die Natriumsulfit-Flasche behutsam zusammen, bis die Flüssigkeit den oberen Rand des Gefäßes erreicht hat. Verschließen Sie dann den Behälter und lagern Sie ihn im "eingedrückten" Zustand.

- Die Notwendigkeit einer Wieder- oder Nachbefüllung erkennen Sie daran, dass der Spannungswert während des Einstellens des ersten Kalibrierungspunktes höher als gewohnt ist. 2 M Natriumsulfit-Lösung (Na_2SO_3) können Sie aus festen Natriumsulfit-Kristallen herstellen: Geben Sie 25,0 Gramm festes, trockenes Natriumsulfit in ein Gefäß und füllen Sie es bis zu einer Menge von 100 ml mit destilliertem Wasser auf. Stellen Sie die Lösung mindestens 24 Stunden vor dem Kalibrierungsvorgang her, um sicherzugehen, dass der Sauerstoff in der Lösung völlig verbraucht wurde. (Fügen Sie eventuell als Katalysator ein, zwei Kristalle festes Kobaltchlorid (CoCl_2) zu 100 ml Natriumsulfit-Lösung hinzu, um den Verbrauch des Sauerstoffs zu initiieren.) Falls Ihnen kein Natriumsulfit zur Verfügung steht, können für 2 M Lösung auch Natriumhydrogensulfit (20,8 Gramm NaHSO_3 pro 100 ml Lösung) oder 2 M Kaliumnitrit (17,0 Gramm KNO_2 pro 100 ml Lösung) verwendet werden.

Tabelle 1a

Sauerstoffsättigung in Frischwasser bei unterschiedlichen Druck- und Temperaturverhältnissen (der Druck ist in der Einheit hPa bzw. mbar angegeben):

	Barometrischer Druck (hPa bzw. mbar)											
p/T	1030	1020	1010	1000	990	980	970	960	950	940	930	920
0°C	14,81	14,67	14,53	14,38	14,23	14,09	13,95	13,8	13,66	13,52	13,37	13,23
1°C	14,43	14,28	14,14	14,01	13,86	13,72	13,59	13,44	13,3	13,17	13,02	12,88
2°C	14,06	13,91	13,78	13,64	13,51	13,37	13,24	13,09	12,96	12,83	12,69	12,56
3°C	13,7	13,56	13,42	13,3	13,16	13,03	12,9	12,77	12,63	12,49	12,37	12,23
4°C	13,35	13,22	13,09	12,96	12,83	12,7	12,57	12,45	12,31	12,18	12,06	11,92
5°C	13,01	12,9	12,77	12,64	12,51	12,38	12,26	12,14	12,01	11,88	11,75	11,63
6°C	12,7	12,57	12,45	12,33	12,21	12,08	11,96	11,84	11,71	11,59	11,46	11,34
7°C	12,39	12,27	12,15	12,03	11,91	11,79	11,67	11,55	11,43	11,31	11,19	11,07
8°C	12,09	11,98	11,86	11,74	11,63	11,51	11,38	11,27	11,15	11,04	10,92	10,8
9°C	11,81	11,7	11,58	11,46	11,35	11,24	11,12	11,01	10,89	10,77	10,66	10,55
10°C	11,54	11,43	11,31	11,2	11,09	10,97	10,86	10,75	10,64	10,52	10,41	10,31
11°C	11,28	11,16	11,05	10,95	10,83	10,73	10,62	10,5	10,4	10,29	10,18	10,07
12°C	11,02	10,91	10,81	10,7	10,59	10,48	10,38	10,28	10,16	10,06	9,95	9,84
13°C	10,78	10,67	10,57	10,46	10,36	10,25	10,14	10,05	9,94	9,84	9,73	9,63
14°C	10,55	10,44	10,34	10,24	10,13	10,04	9,93	9,82	9,73	9,62	9,52	9,42
15°C	10,32	10,22	10,12	10,01	9,92	9,82	9,71	9,62	9,52	9,41	9,32	9,22
16°C	10,1	10,01	9,91	9,81	9,71	9,62	9,52	9,41	9,31	9,22	9,12	9,02
17°C	9,89	9,8	9,71	9,61	9,51	9,41	9,33	9,23	9,13	9,03	8,93	8,83
18°C	9,7	9,6	9,5	9,42	9,32	9,23	9,13	9,04	8,94	8,85	8,76	8,66
19°C	9,5	9,41	9,32	9,23	9,13	9,05	8,96	8,86	8,77	8,68	8,58	8,49
20°C	9,32	9,23	9,14	9,05	8,96	8,87	8,78	8,69	8,6	8,5	8,41	8,32
21°C	9,14	9,06	8,97	8,88	8,79	8,7	8,61	8,52	8,44	8,35	8,26	8,17

Tabelle 1a (Fortsetzung)

	Barometrischer Druck (hPa bzw. mbar)											
p/T	1030	1020	1010	1000	990	980	970	960	950	940	930	920
22°C	8,97	8,89	8,8	8,71	8,63	8,53	8,45	8,36	8,27	8,19	8,1	8,02
23°C	8,81	8,72	8,64	8,55	8,46	8,38	8,29	8,21	8,13	8,04	7,95	7,86
24°C	8,65	8,57	8,48	8,39	8,31	8,23	8,15	8,06	7,97	7,89	7,81	7,73
25°C	8,5	8,42	8,33	8,25	8,17	8,09	8	7,92	7,84	7,76	7,67	7,59
26°C	8,35	8,26	8,18	8,1	8,03	7,94	7,86	7,78	7,69	7,62	7,54	7,45
27°C	8,2	8,12	8,04	7,97	7,88	7,8	7,73	7,64	7,57	7,49	7,4	7,33
28°C	8,07	7,98	7,91	7,82	7,75	7,67	7,59	7,51	7,44	7,36	7,28	7,2
29°C	7,93	7,85	7,77	7,69	7,62	7,54	7,46	7,39	7,31	7,24	7,15	7,08
30°C	7,8	7,72	7,65	7,57	7,49	7,41	7,34	7,26	7,19	7,11	7,04	6,96
31°C	7,67	7,59	7,52	7,44	7,36	7,29	7,21	7,14	7,07	7	6,92	6,85
32°C	7,54	7,47	7,39	7,32	7,24	7,18	7,1	7,03	6,95	6,87	6,81	6,73
33°C	7,41	7,34	7,27	7,2	7,13	7,05	6,98	6,91	6,84	6,77	6,69	6,62
34°C	7,29	7,22	7,15	7,07	7,01	6,94	6,87	6,8	6,72	6,66	6,58	6,51
35°C	7,17	7,1	7,03	6,96	6,9	6,82	6,75	6,69	6,61	6,54	6,48	6,41

Tabelle 1b

Sauerstoffsättigung in Frischwasser bei unterschiedlichen Druck- und Temperaturverhältnissen (der Druck ist in der Einheit mmHg angegeben):

	Barometrischer Druck (mmHg)											
p/T	660	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770
0°C	12,69	12,88	13,07	13,27	13,46	13,65	13,85	14,04	14,23	14,43	14,62	14,81
1°C	12,34	12,52	12,71	12,90	13,09	13,28	13,46	13,65	13,84	14,03	14,22	14,40
2°C	12,00	12,18	12,37	12,55	12,73	12,91	13,10	13,28	13,46	13,65	13,83	14,01
3°C	11,68	11,86	12,03	12,21	12,39	12,57	12,75	12,93	13,10	13,28	13,46	13,64
4°C	11,37	11,54	11,72	11,89	12,07	12,24	12,41	12,59	12,76	12,93	13,11	13,28
5°C	11,08	11,25	11,42	11,59	11,75	11,92	12,09	12,26	12,43	12,60	12,77	12,94
6°C	10,80	10,96	11,13	11,29	11,46	11,62	11,79	11,95	12,12	12,28	12,45	12,61
7°C	10,53	10,69	10,85	11,01	11,17	11,33	11,49	11,66	11,82	11,98	12,14	12,30
8°C	10,27	10,43	10,58	10,74	10,90	11,06	11,21	11,37	11,53	11,69	11,84	12,00
9°C	10,02	10,18	10,33	10,48	10,64	10,79	10,94	11,10	11,25	11,41	11,56	11,71
10°C	9,79	9,94	10,09	10,24	10,39	10,54	10,69	10,84	10,99	11,14	11,29	11,44
11°C	9,56	9,71	9,85	10,00	10,15	10,29	10,44	10,59	10,73	10,88	11,03	11,17
12°C	9,34	9,48	9,63	9,77	9,91	10,06	10,20	10,35	10,49	10,63	10,78	10,92
13°C	9,13	9,27	9,41	9,55	9,69	9,83	9,97	10,11	10,26	10,40	10,54	10,68
14°C	8,93	9,07	9,20	9,34	9,48	9,62	9,76	9,89	10,03	10,17	10,31	10,44
15°C	8,74	8,87	9,00	9,14	9,27	9,41	9,54	9,68	9,81	9,95	10,08	10,22

Tabelle 1b (Fortsetzung)

	Barometrischer Druck (mmHg)											
p/T	660	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770
16°C	8,55	8,68	8,81	8,95	9,08	9,21	9,34	9,47	9,61	9,74	9,87	10,00
17°C	8,37	8,50	8,63	8,76	8,89	9,02	9,15	9,28	9,41	9,54	9,66	9,79
18°C	8,20	8,32	8,45	8,58	8,70	8,83	8,96	9,09	9,21	9,34	9,47	9,59
19°C	8,03	8,15	8,28	8,40	8,53	8,65	8,78	8,90	9,03	9,15	9,28	9,40
20°C	7,87	7,99	8,11	8,24	8,36	8,48	8,60	8,73	8,85	8,97	9,09	9,21
21°C	7,71	7,83	7,95	8,07	8,19	8,31	8,43	8,55	8,67	8,79	8,92	9,04
22°C	7,56	7,68	7,80	7,92	8,04	8,15	8,27	8,39	8,51	8,63	8,74	8,86
23°C	7,42	7,53	7,65	7,77	7,88	8,00	8,11	8,23	8,35	8,46	8,58	8,69
24°C	7,28	7,39	7,51	7,62	7,73	7,85	7,96	8,08	8,19	8,30	8,42	8,53
25°C	7,14	7,25	7,37	7,48	7,59	7,70	7,81	7,93	8,04	8,15	8,26	8,38
26°C	7,01	7,12	7,23	7,34	7,45	7,56	7,67	7,78	7,89	8,00	8,11	8,22
27°C	6,88	6,99	7,10	7,21	7,32	7,43	7,53	7,64	7,75	7,86	7,97	8,08
28°C	6,76	6,87	6,97	7,08	7,19	7,29	7,40	7,51	7,61	7,72	7,83	7,93
29°C	6,64	6,74	6,85	6,95	7,06	7,16	7,27	7,38	7,48	7,59	7,69	7,80
30°C	6,52	6,63	6,73	6,83	6,94	7,04	7,14	7,25	7,35	7,46	7,56	7,66
31°C	6,41	6,51	6,61	6,71	6,82	6,92	7,02	7,12	7,23	7,33	7,43	7,53
32°C	6,30	6,40	6,50	6,60	6,70	6,80	6,90	7,00	7,10	7,20	7,30	7,41
33°C	6,19	6,29	6,39	6,49	6,59	6,69	6,79	6,89	6,98	7,08	7,18	7,28
34°C	6,08	6,18	6,28	6,38	6,48	6,57	6,67	6,77	6,87	6,97	7,06	7,16
35°C	5,98	6,08	6,18	6,27	6,37	6,47	6,56	6,66	6,76	6,85	6,95	7,05

Tabelle 2

Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Salzgehalts für die Sauerstoffsättigung in einer Flüssigkeit:

	Salzgehalt (in ppm)								
T	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0°C	1	0.9656	0.9324	0.9004	0.8694	0.8396	0.8107	0.7828	0.7559
1°C	1	0.9659	0.9330	0.9013	0.8706	0.8409	0.8123	0.7846	0.7579
2°C	1	0.9663	0.9336	0.9021	0.8717	0.8423	0.8139	0.7864	0.7599
3°C	1	0.9666	0.9342	0.9030	0.8728	0.8436	0.8154	0.7881	0.7618
4°C	1	0.9669	0.9348	0.9038	0.8739	0.8449	0.8169	0.7898	0.7636
5°C	1	0.9671	0.9354	0.9046	0.8749	0.8462	0.8184	0.7915	0.7655
6°C	1	0.9674	0.9359	0.9055	0.8760	0.8474	0.8198	0.7931	0.7673
7°C	1	0.9677	0.9365	0.9062	0.8770	0.8487	0.8213	0.7948	0.7691
8°C	1	0.9680	0.9370	0.9070	0.8780	0.8499	0.8227	0.7964	0.7709
9°C	1	0.9683	0.9375	0.9078	0.8790	0.8511	0.8241	0.7979	0.7726
10°C	1	0.9685	0.9381	0.9085	0.8799	0.8523	0.8254	0.7995	0.7743

Tabelle 2 (Fortsetzung)

	Salzgehalt (in ppm)								
T	0	5	10	15	20	25	30	35	40
11°C	1	0.9688	0.9386	0.9093	0.8809	0.8534	0.8268	0.8010	0.7760
12°C	1	0.9690	0.9391	0.9100	0.8818	0.8545	0.8281	0.8025	0.7776
13°C	1	0.9693	0.9395	0.9107	0.8827	0.8556	0.8294	0.8039	0.7792
14°C	1	0.9695	0.9400	0.9114	0.8836	0.8567	0.8306	0.8053	0.7808
15°C	1	0.9698	0.9405	0.9121	0.8845	0.8578	0.8319	0.8068	0.7824
16°C	1	0.9700	0.9410	0.9127	0.8854	0.8589	0.8331	0.8081	0.7839
17°C	1	0.9703	0.9414	0.9134	0.8862	0.8599	0.8343	0.8095	0.7854
18°C	1	0.9705	0.9418	0.9141	0.8871	0.8609	0.8355	0.8108	0.7869
19°C	1	0.9707	0.9423	0.9147	0.8879	0.8619	0.8366	0.8121	0.7884
20°C	1	0.9709	0.9427	0.9153	0.8887	0.8629	0.8378	0.8134	0.7898
21°C	1	0.9711	0.9431	0.9159	0.8895	0.8638	0.8389	0.8147	0.7912
22°C	1	0.9714	0.9435	0.9165	0.8903	0.8648	0.8400	0.8159	0.7926
23°C	1	0.9716	0.9439	0.9171	0.8910	0.8657	0.8411	0.8172	0.7939
24°C	1	0.9718	0.9443	0.9177	0.8918	0.8666	0.8421	0.8184	0.7952
25°C	1	0.9720	0.9447	0.9182	0.8925	0.8675	0.8432	0.8195	0.7966
26°C	1	0.9722	0.9451	0.9188	0.8932	0.8684	0.8442	0.8207	0.7978
27°C	1	0.9724	0.9455	0.9193	0.8939	0.8692	0.8452	0.8218	0.7991
28°C	1	0.9725	0.9458	0.9199	0.8946	0.8700	0.8462	0.8229	0.8003
29°C	1	0.9727	0.9462	0.9204	0.8953	0.8709	0.8471	0.8240	0.8015
30°C	1	0.9729	0.9465	0.9209	0.8959	0.8717	0.8481	0.8251	0.8027
31°C	1	0.9731	0.9469	0.9214	0.8966	0.8725	0.849	0.8261	0.8039
32°C	1	0.9733	0.9472	0.9219	0.8972	0.8732	0.8499	0.8272	0.8050
33°C	1	0.9734	0.9476	0.9224	0.8979	0.8740	0.8508	0.8282	0.8062
34°C	1	0.9736	0.9479	0.9228	0.8985	0.8747	0.8516	0.8292	0.8073
35°C	1	0.9738	0.9482	0.9233	0.8991	0.8755	0.8525	0.8301	0.8083
36°C	1	0.9739	0.9485	0.9238	0.8997	0.8762	0.8533	0.8311	0.8094
37°C	1	0.9741	0.9488	0.9242	0.9002	0.8769	0.8542	0.8320	0.8104
38°C	1	0.9742	0.9491	0.9246	0.9008	0.8776	0.8550	0.8329	0.8115
39°C	1	0.9744	0.9494	0.9251	0.9014	0.8783	0.8557	0.8338	0.8124
40°C	1	0.9745	0.9497	0.9255	0.9019	0.8789	0.8565	0.8347	0.8134

Die Korrekturfaktoren sind dimensionslos. Werte basieren auf von Benson und Krause veröffentlichten Gleichungen (1984).

Alle Tabellen wurden mit dem Programm DOTABLES (Tabellen für die Sättigungsgrenze von in Flüssigkeiten gelöstem Sauerstoff) erstellt. Das Programm ist unter der Internetadresse <http://water.usgs.gov/software/DOTABLES/> erhältlich.