

# Optischer Sensor für gelösten Sauerstoff ODO-BTA

Der Optische Sensor für gelösten Sauerstoff wird zur Messung der Konzentration von gelöstem Sauerstoff in Wasserproben, sowohl in der Natur als auch im Labor, verwendet. Sein Messprinzip basiert auf Lumineszenz, wodurch Kalibrationen unnötig werden und die Notwendigkeit den Sensor während der Messung zu bewegen entfällt. Dieser Sensor verbraucht keinen Sauerstoff während der Messung. Sie können mit diesem Sensor vielfältige Untersuchungen oder Experimente zur Bestimmung der Änderungen im Anteil des gelösten Sauerstoffs im Wasser durchführen. Dieser ist ein primärer Indikator für die Qualität von Wasser als Lebensraum. Der Sensor ist vollständig gekapselt und wasserdicht. Er lässt sich bis zu einer Tiefe von 1,6 m vollständig eintauchen. Die vorgeschaltete Kapsel, die unter anderem eine microSD Karte enthält, ist nicht wasserdicht und darf nicht eingetaucht werden.



Optischer Sensor für gelösten Sauerstoff

Beispielhaft für die Anwendung seien genannt:

- Überwachung des gelösten Sauerstoffs in einem Aquarium, das verschiedene Kombinationen von Pflanzen- und Tierarten enthält.
- Messung von Änderungen in der Konzentration von gelöstem Sauerstoffs, die aus der Photosynthese und Atmung von Wasserpflanzen resultieren.
- Präzise Messung der Konzentration des gelösten Sauerstoffs vor Ort in einem Fluss oder See zur Einschätzung, welche verschiedenen Pflanzen- und Tierarten dort leben können.
- Messung des biologischen Sauerstoffbedarfs (B.O.D.) in Wasserproben mit organischem Material, das bei der Verwesung Sauerstoff verbraucht.
- Bestimmung des Zusammenhangs zwischen der Konzentration des gelösten Sauerstoffs und der Temperatur von einer Wasserprobe.

## Lieferumfang

tbd

- Optischer Sensor
- Aufbewahrungsflasche für den optischen Sensor
- Light Shield

## Kompatibilität mit Datenloggern bzw. Interfaces

| Aufzeichnung der Daten von Sauerstoff-Sensoren |           |          |                            |         |            |                       |
|--|-----------|----------|----------------------------|---------|------------|-----------------------|
| Referenz                                       | LabQuest2 | LabQuest | LabQuest Mini mit Computer | GO!Link | Sensor DAQ | TI Nspire / LabCradle |
| DO-BTA   | •         | •        | •                          | •       | •          | •                     |
| ODO-BTA  | •         | •        | •                          | ○       | •          | •                     |
| O2-BTA   | •         | •        | •                          | •       | •          | •                     |

## Messwerterfassung

Spülen Sie die Spitze des Sensors mit destilliertem Wasser und reiben Sie sie sanft trocken. Tauchen Sie den Sensor in das zu messende Medium.

**Hinweis:** Achten Sie darauf, dass der Metallpunkt in der Nähe der Spitze des Sensors vollständig eingetaucht ist, damit die Temperaturkompensation zuverlässig funktioniert. Wenn Ihre Probe Temperaturen unterhalb von 15°C oder oberhalb von 30°C aufweist, dauert die Kompensation und damit die Stabilisierung der Messwerte etwas länger. Der Sensor ist vollständig wasserdicht und kann auch für längere Zeit eingetaucht bleiben. Die vorgeschaltete Kapsel ist NICHT wasserdicht !

**Hinweis:** Der Optische Sensor für gelösten Sauerstoff eignet sich ausschließlich für wässrige Lösungen. Er darf keinesfalls anderen Flüssigkeiten ausgesetzt werden. Viskose, organische Flüssigkeiten oder Lösungsmittel zerstören den Sensor rasch.

Bitte beachten Sie, dass dieses Produkt speziell für Unterrichtszwecke entwickelt wurde. Es ist für Industrie-, Medizin-, Forschungs- und Produktionszwecke nicht geeignet.

## Kalibrierung

Eine Kalibrierung des Sensors ist nicht notwendig. Jeder Sensor wird ab Werk sorgfältig kalibriert. Sollten Sie jemals die Notwendigkeit empfinden, den Sensor selbst zu kalibrieren, funktioniert das mit einer Ein-Punkt-Kalibrierung. Lesen Sie dazu mehr auf der Website von Vernier: [www.vernier.com](http://www.vernier.com)

## Technische Daten

|   |  |
|---|--|
| Messbereich:  |  |
| in mg/L   | 0 bis 20 mg/L                                  |
| in %  | 0 bis 300 %                                    |
| Genauigkeit:  |  |
| in mg/L   | ± 0,2 mg/l unterhalb 10 mg/L                   |
|   | ± 0,4 mg/l oberhalb 10 mg/L                    |
| in %  | ± 2% unterhalb 100 %                           |
|   | ± 5% oberhalb 100 %                            |
| Mögliche Genauigkeit nach Rekalibrierung:                       |  |
| in mg/L   | ± 0,1 mg/l unterhalb 10 mg/L                   |
|   | ± 0,2 mg/l oberhalb 10 mg/L                    |
| in %  | ± 1% unterhalb 100 %                           |
|   | ± 5% oberhalb 100 %                            |
| Auflösung:  |  |
| 13-bit (SensorDAQ):   | 0,003 mg/L                                     |
| 12-bit (LabPro, LabQuest, LabQuest2, LabQuest Mini, LabCradle): | 0,006 mg/L                                     |
| 10-bit Auflösung (CBL2):  | 0,025 mg/L                                     |
| Reaktionszeit:  | 90 % des Endwertes in 40s                      |
| Temperatenausgleich:  | automatisch von 0 bis 50°C                     |
| Druckausgleich:   | automatisch von 228 mm Hg bis 1519 mm Hg       |
| Ausgleich des Salzgehaltes:                                     | manuell, während der Kalibrierung              |
| minimale Abtastströmung:  | Nicht notwendig, misst auch in ruhendem Medium |
| Gespeicherte Kalibrierung:                                      |  |
| in (mg/L)   |  |
|   | Steigung ( $k_1$ ) = 4,444                     |
|   | Achsenschnittpunkt ( $k_0$ ) = -0,4444         |
| Gespeicherte Kalibrierung:                                      |  |
| in (%)  |  |
|   | Steigung ( $k_1$ ) = 66,666                    |
|   | Achsenschnittpunkt ( $k_0$ ) = -6,6666         |

## Funktionsweise

Der Sensor arbeitet nach dem Prinzip der reversiblen Lumineszenz, wobei ein Leuchtstoff durch Sauerstoff angeregt wird, der in Kontakt mit der Kappe ist. Die Kappe ist mit einer lumineszierenden Verbindung eingeschlossen in einer schützenden Matrix beschichtet. Von einer blauen LED wird Licht auf die Kappe geleitet, wo es den Leuchtstoff anregt. Trifft ein Sauerstoffmolekül auf den Leuchtstoff im elektrisch angeregten Zustand wird vom Leuchtstoff Energie auf den Sauerstoff übertragen. Während dieser Übertragung emittiert der Leuchtstoff rotes Licht. Gemessen wird die Zeitspanne zwischen der Anregung mit blauem Licht und der Emission von rotem Licht. Je mehr Sauerstoff vorhanden ist, desto kürzer wird diese Zeit. Zwischen den blauen Blitzen werden zur Validierung und Referenzierung jeder Messung rote Blitze auf den Sensor übertragen. Dieser Prozess wird durch die Stern-Volmer-Gleichung beschrieben:

$$\frac{\tau_0}{\tau} = 1 + K_{SV}[DO]$$

oder  $\tau_0/\tau = 1 + K_{SV}[DO]$

wobei  $\tau_0$  und  $\tau$  die Lumineszenzlebensdauern in Abwesenheit und Anwesenheit von Sauerstoff darstellen.  $[DO]$  steht für die Konzentration des gelösten Sauerstoffs und  $K_{SV}$  ist die Stern-Volmer-Konstante. Die Stern-Volmer-Konstante ( $K_{SV}$ ) hängt direkt ab von der Geschwindigkeitskonstante für die Diffusion von Sauerstoff, die Löslichkeit von Sauerstoff, und die natürliche Lebensdauer des elektronisch angeregten Zustandes des Leuchtstoffs. Gegenüber der Intensitätsmessung hat die Methode der Zeitmessung den Vorteil, dass sie nicht oder nur wenig durch quantitative Effekte wie Ausbleichen oder Verminderung der Photoaktivität.

## Hinweis: Wartung und Pflege des Sensors

Spülen Sie den Sensor nach dem Gebrauch mit destilliertem Wasser und reiben Sie ihn behutsam trocken. Stecken Sie den Sensor zurück in die Aufbewahrung, in der sich ein feuchter Schwamm befindet. Die Spitze des Sensors ist geschraubt und

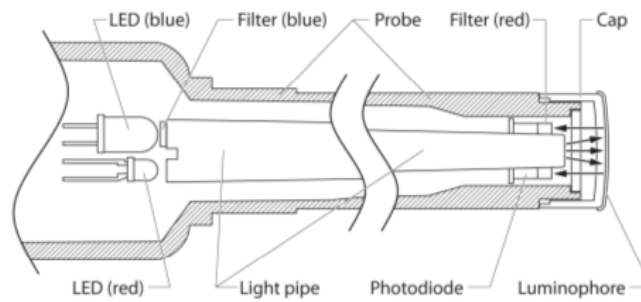


Abbildung 1: Fühler für gelösten Sauerstoff

austauschbar. Ihre Funktion ist für die Dauer von 12 Monaten nach dem Kaufdatum garantiert. Bei guter Pflege werden Sie Ihren ODO-Sensor sehr wahrscheinlich länger benutzen können. Um die Lebensdauer zu verlängern, setzen Sie den Sensor möglichst niemals direktem Sonnenlicht aus. Sie erkennen eine Alterung der Sensorspitze an nachlassender Empfindlichkeit des Sensors. Das Ersatzteil erhalten Sie unter der Bestellnummer ODO-CAP.

### Automatischer Temperatenausgleich

Der optische Sensor für gelösten Sauerstoff misst die Temperatur der umgebenden Flüssigkeit über den Metallknopf in der Nähe der Sensorspitze und verwendet diesen Wert für die Berechnung der prozentualen Sättigung. Die sonst übliche Kalibrierung für verschiedene Temperaturen entfällt bei diesem Sensor.

Zum Beispiel in einem mit Sauerstoff gesättigten Wasserprobe wird die Sauerstoffkonzentration als 100% angezeigt, unabhängig von der Temperatur. Die Anzeige in mg/l wird sich jedoch mit der Temperatur ändern, weil sich die Aufnahmefähigkeit mit steigender Temperatur ändert.

For instance, at 15°C water can dissolve 10.15 mg/L while at 30°C water can only dissolve 7.67 mg/L of oxygen even though the % saturation value is 100 in both samples.

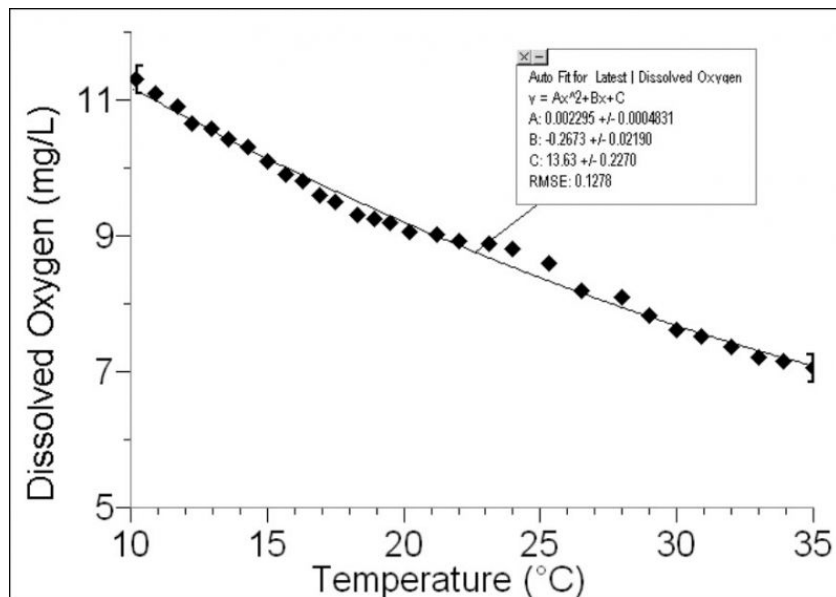


Abbildung 2: Gesättigter gelöster Sauerstoff gegenüber Temperatur aufgetragen

### Probenentnahme in Meeres-Salzwasser oder in Gezeitenmündungen

**Empfohlenes Vorgehen bei einem Salzgehalt größer als 1000 mg/l:** Die Konzentration an gelöstem Sauerstoff  $GS_{Salz}$  in mit Luft gesättigtem Wasser bei verschiedenen Salzgehalten kann mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$GS_{Salz} = GS - (k \times S)$$

- $GS_{Salz}$  ist die Konzentration des gelösten Sauerstoffs (in mg/l) in Salzwasser-Lösungen.
- $GS$  ist die Konzentration des gelösten Sauerstoffs in mit Luft gesättigtem destilliertem Wasser nach Tabelle 1.

- $S$  ist der Salzgehalt in ppt. Der Salzgehalt kann mit der chlorionenselektiven Elektrode CL-BTA oder dem Leitfähigkeitsfühler bestimmt werden, wie im Laborbuch *Wasserqualität mit Vernier* beschrieben.
- Der Wert der Konstante  $k$  ist abhängig von der Temperatur der Wasserprobe und kann mit Hilfe von Tabelle 3 im Anhang bestimmt werden.

Beispiel: Bestimmen Sie den Kalibrierungswert für gesättigten gelöstem Sauerstoff bei 23°C und einem Druck von 750 mm Hg, wenn der Sensor für gelöstem Sauerstoff in Meerwasser mit einem Salzgehalt von 35 ppt verwendet wird. Suchen Sie zuerst den Wert für gelösten Sauerstoff aus Tabelle 1 heraus ( $GS = 8,55 \text{ mg/l}$ ). Anschließend suchen Sie  $k$  bei 23°C aus Tabelle 3 heraus ( $k = 0,04662$ ). Setzen Sie diese Werte wie auch den Wert für den Salzgehalt in die obige Gleichung ein:

$$GS_{\text{Salz}} = GS - (k \times S) = 8,55 - (0,04662 \times 35) = 8,55 - 1,63 = 6,92 \text{ mg/l}$$

Verwenden Sie den Wert 6,92 mg/l, wenn Sie den Kalibrierungspunkt des gelösten Sauerstoffs eingeben. Der Fühler für gelösten Sauerstoff ist nun kalibriert, um die korrekten GS-Werte in Salzwasserproben mit einem Salzgehalt von 35 ppt bestimmen zu können.

Wichtig: Bei den meisten Untersuchungen von gelöstem Sauerstoff ist es nicht nötig, den Salzgehalt auszugleichen. Beträgt der Salzgehalt beispielsweise 0,5 ppt bei 25° und 760 mm Hg, ergäbe die Berechnung des GS:

$$GS_{\text{Salz}} = GS - (k \times S) = 8,36 - (0,04498 \times 0,5) = 8,36 - 0,023 = 8,34 \text{ mg/l}$$

Bei Salzgehalten unter 1,0 ppt ergibt die Vernachlässigung der Korrektur des Salzgehaltes einen Fehler kleiner als 0,2 %.

## Erhalt und Wiederauffüllen der Natriumsulfit-Kalibrierungs-Lösung

Die Verwendung einer sauerstofffreien Lösung zur Durchführung einer Null-Sauerstoff-Kalibrierung ist notwendig für die Erzielung korrekter Messwerte mit Ihrem Sensor. Die mitgelieferte Natriumsulfit- Kalibrierungslösung ist sehr lange haltbar, jedoch nicht unbegrenzt. Nachfolgend einige Hinweise zum Erhalt und Austausch dieser Lösung:

- Nach der ersten Verwendung der Lösung zur Kalibrierung wird sie nicht mehr bis zum Rand gefüllt sein, denn es fließt immer ein wenig über, wenn der Sensor in die Lösung getaucht wird. Verschließen Sie die Flasche mit einer Luftschicht oberhalb der Flüssigkeitsoberfläche, gelangt Sauerstoff aus der Luft in die Natriumsulfit-Lösung. Die Lösung ist dann nicht mehr sauerstofffrei. Um dies zu vermeiden drücken Sie die Flasche vor Aufsetzen des Deckels vorsichtig zusammen, bis sich die Lösung ganz oben am Flaschenhals befindet, dann schrauben Sie den Deckel auf. Die Flasche verharrt in dieser Verformung. Mit Hilfe dieses Vorgehens bleibt die 2M  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  - Lösung eine lange Zeit sauerstofffrei. Ist der Wert der Kalibrierungsspannung des ersten Kalibrierungspunktes höher als in vorhergehenden Kalibrierungen, wird es Zeit, die Lösung wie nachfolgend beschrieben zu ersetzen.
- Die 2M Natriumsulfit-Lösung  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  kann aus festen Natriumsulfit-Kristallen hergestellt werden: Geben Sie 25 g feste, wasserfreie Natriumsulfit-Kristalle in ausreichend destilliertes Wasser, so dass sich ein Endvolumen von 100 ml Lösung ergibt. Bereiten Sie die Lösung mindestens 24 Stunden vor einer Kalibrierung vor, um sicher zu gehen, dass der gesamte Sauerstoff aufgebraucht wurde. Ist kein festes Natriumsulfit verfügbar, können Sie es entweder durch 2M Natriumhydrogensulfit-Lösung (Natriumbisulfit, 20,8 g  $\text{NaHSO}_3$  pro 100 ml Lösung) oder 2M Kaliumnitrit (17 g  $\text{KNO}_2$  pro 100 ml Lösung) ersetzen!

## Verwendung des Fühlers für gelösten Sauerstoff mit anderen Vernier Sensoren

Der Fühler für gelösten Sauerstoff kann mit anderen Vernier Sensoren und Fühlern interagieren, wenn sie gemeinsam in eine Lösung gehalten werden (z.B. im selben Messbecher) und an dieselbe Schnittstelle angeschlossen sind (z.B. LabPro). Diese Situation tritt auf, weil der Fühler für gelösten Sauerstoff ein Signal in die Lösung aussendet und dieses Signal die Messwerte anderer Fühler beeinflussen kann.

Die folgenden Sensoren können nicht an dieselbe Schnittstelle wie der Fühler für gelösten Sauerstoff angeschlossen und gleichzeitig mit ihm in eine Lösung gehalten werden:

- Leitfähigkeitsfühler
- pH Sensor
- Temperaturfühler mit Direktanschluss
- ionenselektive Elektroden

Möchten Sie simultane Messungen mit einigen der oben genannten Fühlerkombinationen durchführen, werden folgende alternative Methoden empfohlen:

- Zur Erfassung simultaner Messungen gelösten Sauerstoffs und der Leitfähigkeit oder gelösten Sauerstoffs und des pH-Wertes können Sie die in Frage kommenden Fühler an zwei verschiedenen Schnittstellen anschließen. Sind die beiden Fühler an separaten Schnittstellen angeschlossen, erfassen sie in derselben Lösung korrekte Werte.

- Der Temperaturfühler aus Edelstahl (TMP-BTA) kann im selben Behältnis wie der Fühler für gelösten Sauerstoff simultan verwendet werden.
- Untersuchen Sie einen See oder Fluss und möchten zwei der Fühler an einer einzigen Schnittstelle verwenden, können Sie die beiden in Frage kommenden Fühler an dieselbe Schnittstelle anschließen und ihre jeweilige Kalibrierung laden. Halten Sie einen Fühler zuerst ins Wasser und erfassen Sie dessen Messwerte. Entfernen Sie ihn anschließend und halten Sie den zweiten Fühler in die Lösung, um dessen Messwerte zu erfassen.

## Hintergrundinformationen zu gelöstem Sauerstoff

Gelöster Sauerstoff ist eine Grundvoraussetzung für ein gesundes Gewässer. Verschiedene Wasserorganismen benötigen zum Überleben unterschiedliche Mengen an gelöstem Sauerstoff. Forellen benötigen eine höhere Konzentration gelösten Sauerstoffs, Fischarten wie Karpfen oder Welse überleben in Strömen mit einer niedrigen Sauerstoff-Konzentration. Gewässer mit einem hohen Gehalt an gelöstem Sauerstoff werden gemeinhin als gesunde Umgebung angenommen, in der viele verschiedene Arten von Wasserlebewesen überleben können.

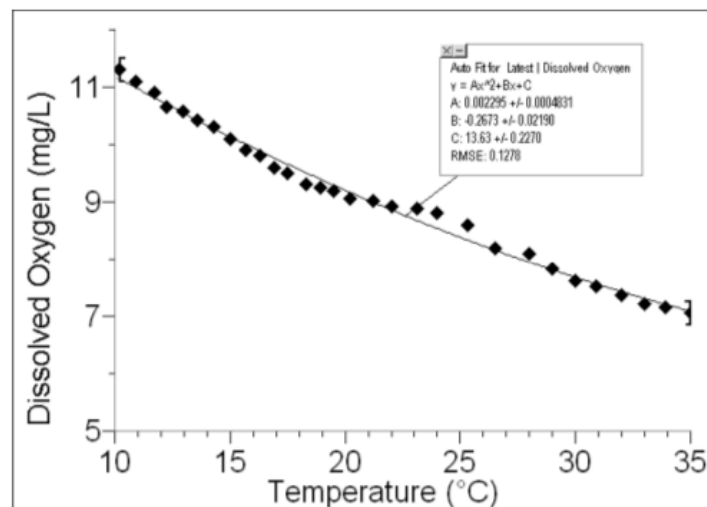
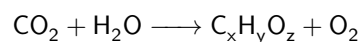
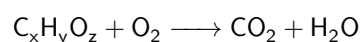


Abbildung 3: Gesättigter gelöster Sauerstoff vs. Temperatur bei 760 mm Hg

Es gibt viele Faktoren, die den Gehalt des gelösten Sauerstoffs in einem Gewässer beeinflussen können. Verwirbelungen oder Wellen in einem See oder einem sich schnell bewegenden Fluss können die Menge des Wassers, das der Atmosphäre ausgesetzt wird, sehr stark erhöhen. Daraus resultiert ein höherer Gehalt an gelöstem Sauerstoff. Die Wassertemperatur ist ein weiterer Faktor, der den Gehalt des gelösten Sauerstoffs beeinflussen kann. Wie bei anderen Gasen ist die gesättigte Menge gelösten Sauerstoffs in warmem Wasser geringer als in kaltem, wie in Abbildung 3 zu sehen ist. Photosyntheseyklen haben auch einen großen Einfluss auf den Gehalt des gelösten Sauerstoffs eines Gewässers. Wasserpflanzen und Mikroorganismen sorgen dafür, dass Sauerstoff tagsüber durch Photosynthese erzeugt wird:



Nachmittags steigt der Gehalt gelösten Sauerstoffs an, wenn Photosynthese stattfindet. Nach dem Sonnenuntergang sinkt die Photosynthesetätigkeit, Pflanzen und Tiere atmen jedoch weiter. Nachts und am frühen Morgen verursacht die Atmung ein Absinken des Gehalts an gelöstem Sauerstoff:



Die Anzahl und Vielfalt an Pflanzen und Tieren in einem Fluss beeinflusst die Intensität des Photosynthese-Atmungs-Kreislaufs. Die Mengen organischen Abfalls aus Quellen menschlichen Ursprungs, wie Papierfabriken, Nahrungsmittelfabriken und Klärwerken können zu einem niedrigeren Gehalt gelösten Sauerstoffs in Flüssen oder Seen führen. Die Oxidation dieser Abfälle dezimiert den Sauerstoff, manchmal schneller als Verwirbelungen oder die Photosynthese ihn ersetzen können. Deshalb kann die Verwendung eines Fühlers für gelösten Sauerstoff zur Bestimmung der Konzentration des gelösten Sauerstoffs und des biologischen Sauerstoffbedarfs eines Flusses wichtig sein für die Bestimmung der Gesundheit und Stabilität eines Wasser-Ökosystems.

## Kalibrierung und Überwachung mit Einheiten prozentualer Sättigung

Anstatt bei der Kalibrierung die Einheit mg/l (gleichwertig mit ppm) zu verwenden, können Sie den gelösten Sauerstoff auch in *Prozent Sättigung* kalibrieren. Wenn Sie dies tun, wird dem Kalibrierungspunkt der Natriumsulfit-Lösung (Null Sauerstoff) ein Wert von 0% zugewiesen und dem Kalibrierungspunkt bei mit Luft gesättigtem Wasser wird ein Wert von 100% zugewiesen.

Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass 100% nur eine mit Sauerstoff gesättigte Lösung bei dieser bestimmten Temperatur, diesem Druck und diesem Salzgehalt repräsentiert. Wenn Sie beabsichtigen, Ihre gemessenen Werte des gelösten Sauerstoffs mit Daten zu vergleichen, die unter anderen Bedingungen erfasst wurden, sollten Sie die Einheit mg/l bevorzugen. Haben Sie den Fühler für gelösten Sauerstoff in der Einheit mg/l kalibriert, können Sie mit Hilfe der folgenden Formel leicht die prozentuale Sättigung errechnen:

$$\text{Prozent Sättigung} = (\text{vorliegender GS-Wert} / \text{gesättigter GS-Wert aus Tabelle 1}) * 100$$

Zeigt Ihr Fühler für gelösten Sauerstoff beispielsweise einen GS-Wert von 6,1 mg/l bei einer Temperatur von 20°C und einem Druck von 740 mm Hg an, schauen Sie noch den Wert des gesättigten gelösten Sauerstoffs in Tabelle 1 nach, in diesem Fall 8,93 mg/l. Für die prozentuale Sättigung ergibt sich dann:

$$\text{Prozent Sättigung} = (6,1 / 8,93) * 100 = 68\%$$

## Ersatzteile

Die Membranen altern je nach Benutzung und Pflege und müssen ggf. ausgetauscht werden. Eine Ersatzmembran ist bereits im Lieferumfang jedes DO-BTA Sensors enthalten.

- Ersatz-Membrankappe (MEM)
- Ersatzmembran (DO-BTA)
- Natriumsulfit Standard-Kalibrierungslösung (DO-CAL) - (2,0 M Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) zur Kalibrierung des Nullpunktes eines DO-BTA Sauerstoff-Sensors.
- Lösung zur Füllung der Elektrode 125ml (FS) - Lösung zur Füllung der Elektrode DO-BTA. Spezielle Rezeptur des Elektrodenhersteller auf Basis KCl.
- Kalibrierungsflasche (leer, Deckel mit Öffnung)
- Polierstreifen (PS) - eine Packung enthält zwei Polierstreifen, mit denen die Platinelektrode des DO-BTA abgezogen werden kann.

## Tabellen

Tabelle 1: Sättigung von gelöstem Sauerstoff nach Temperatur und Druck

|      | 770 mm | 760 mm | 750 mm | 740 mm | 730 mm | 720 mm | 710 mm | 700 mm | 690 mm | 680 mm | 670 mm | 660 mm | 650 mm |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0°C  | 14,76  | 14,57  | 14,38  | 14,19  | 13,99  | 13,80  | 13,61  | 13,42  | 13,23  | 13,04  | 12,84  | 12,65  | 12,46  |
| 1°C  | 14,38  | 14,19  | 14,00  | 13,82  | 13,63  | 13,44  | 13,26  | 13,07  | 12,88  | 12,70  | 12,51  | 12,32  | 12,14  |
| 2°C  | 14,01  | 13,82  | 13,64  | 13,46  | 13,28  | 13,10  | 12,92  | 12,73  | 12,55  | 12,37  | 12,19  | 12,01  | 11,82  |
| 3°C  | 13,65  | 13,47  | 13,29  | 13,12  | 12,94  | 12,76  | 12,59  | 12,41  | 12,23  | 12,05  | 11,88  | 11,70  | 11,52  |
| 4°C  | 13,31  | 13,13  | 12,96  | 12,79  | 12,61  | 12,44  | 12,27  | 12,10  | 11,92  | 11,75  | 11,58  | 11,40  | 11,23  |
| 5°C  | 12,97  | 12,81  | 12,64  | 12,47  | 12,30  | 12,13  | 11,96  | 11,80  | 11,63  | 11,46  | 11,29  | 11,12  | 10,95  |
| 6°C  | 12,66  | 12,49  | 12,33  | 12,16  | 12,00  | 11,83  | 11,67  | 11,51  | 11,34  | 11,18  | 11,01  | 10,85  | 10,68  |
| 7°C  | 12,35  | 12,19  | 12,03  | 11,87  | 11,71  | 11,55  | 11,39  | 11,23  | 11,07  | 10,91  | 10,75  | 10,59  | 10,42  |
| 8°C  | 12,05  | 11,90  | 11,74  | 11,58  | 11,43  | 11,27  | 11,11  | 10,96  | 10,80  | 10,65  | 10,49  | 10,33  | 10,18  |
| 9°C  | 11,77  | 11,62  | 11,46  | 11,31  | 11,16  | 11,01  | 10,85  | 10,70  | 10,55  | 10,39  | 10,24  | 10,09  | 9,94   |
| 10°C | 11,50  | 11,35  | 11,20  | 11,05  | 10,90  | 10,75  | 10,60  | 10,45  | 10,30  | 10,15  | 10,00  | 9,86   | 9,71   |
| 11°C | 11,24  | 11,09  | 10,94  | 10,80  | 10,65  | 10,51  | 10,36  | 10,21  | 10,07  | 9,92   | 9,78   | 9,63   | 9,48   |
| 12°C | 10,98  | 10,84  | 10,70  | 10,56  | 10,41  | 10,27  | 10,13  | 9,99   | 9,84   | 9,70   | 9,56   | 9,41   | 9,27   |
| 13°C | 10,74  | 10,60  | 10,46  | 10,32  | 10,18  | 10,04  | 9,90   | 9,77   | 9,63   | 9,49   | 9,35   | 9,21   | 9,07   |
| 14°C | 10,51  | 10,37  | 10,24  | 10,10  | 9,96   | 9,83   | 9,69   | 9,55   | 9,42   | 9,28   | 9,14   | 9,01   | 8,87   |
| 15°C | 10,29  | 10,15  | 10,02  | 9,88   | 9,75   | 9,62   | 9,48   | 9,35   | 9,22   | 9,08   | 8,95   | 8,82   | 8,68   |
| 16°C | 10,07  | 9,94   | 9,81   | 9,68   | 9,55   | 9,42   | 9,29   | 9,15   | 9,02   | 8,89   | 8,76   | 8,63   | 8,50   |
| 17°C | 9,86   | 9,74   | 9,61   | 9,48   | 9,35   | 9,22   | 9,10   | 8,97   | 8,84   | 8,71   | 8,58   | 8,45   | 8,33   |
| 18°C | 9,67   | 9,54   | 9,41   | 9,29   | 9,16   | 9,04   | 8,91   | 8,79   | 8,66   | 8,54   | 8,41   | 8,28   | 8,16   |
| 19°C | 9,47   | 9,35   | 9,23   | 9,11   | 8,98   | 8,86   | 8,74   | 8,61   | 8,49   | 8,37   | 8,24   | 8,12   | 8,00   |
| 20°C | 9,29   | 9,17   | 9,05   | 8,93   | 8,81   | 8,69   | 8,57   | 8,45   | 8,33   | 8,20   | 8,08   | 7,96   | 7,84   |
| 21°C | 9,11   | 9,00   | 8,88   | 8,76   | 8,64   | 8,52   | 8,40   | 8,28   | 8,17   | 8,05   | 7,93   | 7,81   | 7,69   |
| 22°C | 8,94   | 8,83   | 8,71   | 8,59   | 8,48   | 8,36   | 8,25   | 8,13   | 8,01   | 7,90   | 7,78   | 7,67   | 7,55   |
| 23°C | 8,78   | 8,66   | 8,55   | 8,44   | 8,32   | 8,21   | 8,09   | 7,98   | 7,87   | 7,75   | 7,64   | 7,52   | 7,41   |
| 24°C | 8,62   | 8,51   | 8,40   | 8,28   | 8,17   | 8,06   | 7,95   | 7,84   | 7,72   | 7,61   | 7,50   | 7,39   | 7,28   |
| 25°C | 8,47   | 8,36   | 8,25   | 8,14   | 8,03   | 7,92   | 7,81   | 7,70   | 7,59   | 7,48   | 7,37   | 7,26   | 7,15   |
| 26°C | 8,32   | 8,21   | 8,10   | 7,99   | 7,89   | 7,78   | 7,67   | 7,56   | 7,45   | 7,35   | 7,24   | 7,13   | 7,02   |
| 27°C | 8,17   | 8,07   | 7,96   | 7,86   | 7,75   | 7,64   | 7,54   | 7,43   | 7,33   | 7,22   | 7,11   | 7,01   | 6,90   |
| 28°C | 8,04   | 7,93   | 7,83   | 7,72   | 7,62   | 7,51   | 7,41   | 7,30   | 7,20   | 7,10   | 6,99   | 6,89   | 6,78   |
| 29°C | 7,90   | 7,80   | 7,69   | 7,59   | 7,49   | 7,39   | 7,28   | 7,18   | 7,08   | 6,98   | 6,87   | 6,77   | 6,67   |
| 30°C | 7,77   | 7,67   | 7,57   | 7,47   | 7,36   | 7,26   | 7,16   | 7,06   | 6,96   | 6,86   | 6,76   | 6,66   | 6,56   |
| 31°C | 7,64   | 7,54   | 7,44   | 7,34   | 7,24   | 7,14   | 7,04   | 6,94   | 6,85   | 6,75   | 6,65   | 6,55   | 6,45   |
| 32°C | 7,51   | 7,42   | 7,32   | 7,22   | 7,12   | 7,03   | 6,93   | 6,83   | 6,73   | 6,63   | 6,54   | 6,44   | 6,34   |
| 33°C | 7,39   | 7,29   | 7,20   | 7,10   | 7,01   | 6,91   | 6,81   | 6,72   | 6,62   | 6,53   | 6,43   | 6,33   | 6,24   |
| 34°C | 7,27   | 7,17   | 7,08   | 6,98   | 6,89   | 6,80   | 6,70   | 6,61   | 6,51   | 6,42   | 6,32   | 6,23   | 6,13   |
| 35°C | 7,15   | 7,05   | 6,96   | 6,87   | 6,78   | 6,68   | 6,59   | 6,50   | 6,40   | 6,31   | 6,22   | 6,13   | 6,03   |

Tabelle 2: barometrischer Druck

Haben Sie gerade kein Barometer zur Hand, um den barometrischen Druck abzulesen, können Sie diesen in Ihrer Höhenlage mit Hilfe von Tabelle 2 annähern. Die Werte wurden auf Grundlage eines barometrischen Drucks von 760 mm Hg auf Meeressniveau berechnet.

| barometrischer Druck bei verschiedenen Höhen über N.N. |               |          |               |          |               |
|--|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| Höhe (m)   | Druck (mm Hg) | Höhe (m) | Druck (mm Hg) | Höhe (m) | Druck (mm Hg) |
| 0  | 1013,25       | 800      | 923,92        | 1600     | 837,26        |
| 100  | 997,25        | 900      | 913,26        | 1700     | 826,59        |
| 200  | 987,92        | 1000     | 901,26        | 1800     | 815,93        |
| 300  | 977,25        | 1100     | 891,93        | 1900     | 805,27        |
| 400  | 966,59        | 1200     | 881,26        | 2000     | 794,59        |
| 500  | 955,92        | 1300     | 869,26        | 2100     | 783,94        |
| 600  | 945,26        | 1400     | 857,26        | 2200     | 773,27        |
| 700  | 934,59        | 1500     | 847,93        | 2300     | 761,27        |

**Tabelle 3: Konstante  $k$  zur Korrektur des Salzgehaltes**

| Konstante $k$ zum Ausgleich des Salzgehalts |         |              |         |              |         |              |         |
|---|---------|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|
| Temp<br>(°C)                                | $k$     | Temp<br>(°C) | $k$     | Temp<br>(°C) | $k$     | Temp<br>(°C) | $k$     |
| 1   | 0,08796 | 8            | 0,06916 | 15           | 0,05602 | 22           | 0,04754 |
| 2   | 0,08485 | 9            | 0,06697 | 16           | 0,05456 | 23           | 0,04662 |
| 3   | 0,08184 | 10           | 0,06478 | 17           | 0,05328 | 24           | 0,04580 |
| 4   | 0,07911 | 11           | 0,06286 | 18           | 0,05201 | 25           | 0,04498 |
| 5   | 0,07646 | 12           | 0,06104 | 19           | 0,05073 | 26           | 0,04425 |
| 6   | 0,07391 | 13           | 0,05931 | 20           | 0,04964 | 27           | 0,04361 |
| 7   | 0,07135 | 14           | 0,05757 | 21           | 0,04854 | 28           | 0,04290 |

### Garantie

Es wird für einen Zeitraum von fünf Jahren ab Kauf des Sensors gewährleistet, dass alle Vernier- Fühler für gelösten Sauerstoff frei sind von Materialdefekten und Verarbeitungsfehlern, vorausgesetzt, die Elektrode wurde in Übereinstimmung mit dieser Anleitung und unter üblichen Laborbedingungen verwendet. Die Gewährleistung tritt nicht in Kraft, wenn die Elektrode beschädigt, zu einem anderen Zweck, missbräuchlich oder unsachgemäß verwendet wurde. Verbrauchsmaterial, das mit Vernier Produkten geliefert wird (die Membran eingeschlossen) ist von dieser Gewährleistung ausgeschlossen.

### Gewährleistung

Vernier gibt auf dieses Produkt fünf Jahre Garantie ab dem Tag der Auslieferung an den Kunden. Die Garantie ist beschränkt auf fehlerhaftes Material oder fehlerhafte Herstellung. Fehler durch falsche Handhabung sind von der Garantie ausgeschlossen.



Technik-LPE GmbH  
 Friedrichsdorfer Landstr. 64  
 69412 Eberbach

06271 944650-1  
 info@technik-lpe.com

*basiert auf Stand 4.12.2013 Stand  
 27. Mai 2016*