

Fühler für gelösten Sauerstoff

Bestell-Nr.: DO-BTA



Der *Fühler für gelösten Sauerstoff* wird zur Messung der Konzentration von gelöstem Sauerstoff in Wasserproben, sowohl in der Natur als auch im Labor, verwendet. 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. 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 Sauerstoff, die aus der Photosynthese und Atmung von Wasserpflanzen resultieren.
- Präzise vor Ort-Messung der Konzentration des gelösten Sauerstoffs 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 einer Wasserprobe.

Artikel, die mit dem *Fühler für gelösten Sauerstoff* geliefert werden

Überprüfen Sie, ob alle nachfolgenden Artikel in Ihrer Lieferung enthalten sind:

- *Fühler für gelösten Sauerstoff* (Elektrode mit Membrankappe)
- Ersatz-Membrankappe
- Natriumsulfit Standard-Kalibrierungslösung (2,0 M Na₂SO₂) und MSDS-Sicherheitsdatenblatt
- Lösung zur Füllung der Elektrode, MSDS-Sicherheitsdatenblatt sowie Füll-Pipette
- Kalibrierungsflasche (leer, Deckel mit Öffnung)
- Polierstreifen (1 Pck.)
- Handbuch

Datenerfassung mit dem *Fühler für gelösten Sauerstoff*

Dieser Sensor kann mit den nachfolgenden Schnittstellen verwendet werden:

- Vernier LabQuest[®] eigenständig oder in Verbindung mit einem Computer
- Vernier LabQuest[®] Mini in Verbindung mit einem Computer
- Vernier LabPro[®] in Verbindung mit einem Computer, TI-Graphikrechner oder Palm Handheld
- Vernier Go![®] Link
- Vernier EasyLink[®]
- Vernier SensorDAQ[®]
- CBL 2[™]

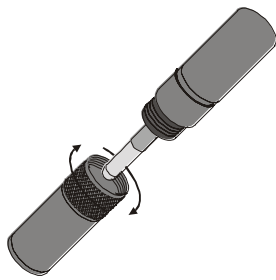
Muss der *Fühler für gelösten Sauerstoff* kalibriert werden?

Es ist nicht immer nötig, eine neue Kalibration durchzuführen, wenn Sie den *Fühler für gelösten Sauerstoff* verwenden möchten. Wenn Sie in einem Experiment lediglich die Änderung des gelösten Sauerstoffs überprüfen, reicht die in der Software hinterlegte Kalibration völlig aus. Führen Sie allerdings Einzelmessungen durch, beispielsweise Messungen in einem Fluss oder See, und wenn Sie die Messgenauigkeit verbessern möchten, ist es ratsam, eine neue Kalibration durchzuführen.

Vorbereitende Tätigkeiten zum Einsatz des Sensors

Teil A: Vorbereiten des Sensors

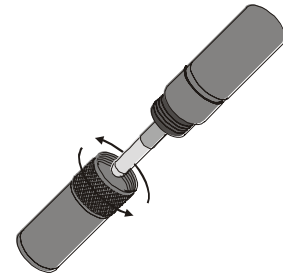
1. Bereiten Sie den *Fühler für gelösten Sauerstoff* auf die erste Verwendung vor.
 - a. Entfernen Sie die blaue Schutzkappe von der Spitze des Sensors. Sie kann entsorgt werden.
 - b. Schrauben Sie die Membrankappe von der Spitze des Sensors.
 - c. Füllen Sie die Membrankappe mit Hilfe einer Pipette mit 1 ml der GS Elektroden-Füll-Lösung (GS = gelöster Sauerstoff).
 - d. Schrauben Sie die Membrankappe vorsichtig wieder auf die Elektrode.
 - e. Legen Sie den Sensor in einen mit 100 ml destilliertem Wasser gefüllten Messbecher.



Membrankappe entfernen



Elektroden-Fülllösung hinzufügen



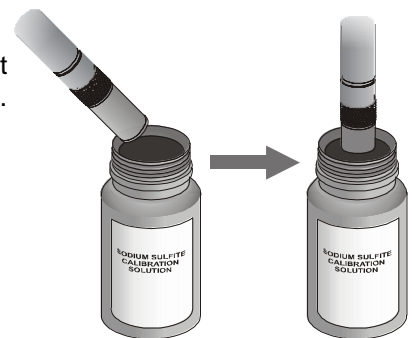
Membrankappe aufschrauben

Teil B: Aufwärmen des Sensors

2. Verbinden Sie den *Fühler für gelösten Sauerstoff* mit der Schnittstelle.¹
3. Der *Fühler für gelösten Sauerstoff* muss vor Messbeginn 10 Minuten lang aufgewärmt werden. Dazu muss er im Wasser bleiben, mit der Schnittstelle verbunden sein und das Datenerfassungsprogramm für 10 Min. gestartet werden. Der Sensor muss die ganze Zeit über verbunden bleiben, um aufgewärmt zu werden. Wird er für einige Minuten von der Schnittstelle entfernt, muss er erneut aufgewärmt werden.²

Teil C: Kalibrierung des Sensors

4. Wählen Sie zunächst eine Kalibrierungsmethode für den Sensor.
 - Wenn Sie die in einer Datei gespeicherte Kalibrierung verwenden möchten, fahren Sie mit Teil D fort.
 - Wenn Sie eine neue Kalibrierung durchführen möchten, folgen Sie den nachfolgenden Anweisungen.
 - a. Laden Sie die Kalibrierungsroutine in Ihrem Datenerfassungsprogramm.³
 - b. **Erster Kalibrierungspunkt:** Entfernen Sie den Sensor aus dem Wasser und halten Sie die Spitze des Sensors in die Natriumsulfit-Kalibrierlösung.
 - c. Sobald sich der angezeigte Spannungswert stabilisiert hat, geben Sie **0** (Sauerstoff in mg/l) ein.
 - d. **Zweiter Kalibrierungspunkt:** Spülen Sie den Sensor mit destilliertem Wasser ab und tupfen ihn vorsichtig trocken.
 - e. Schrauben Sie den Deckel der Kalibrierungsflasche los. Schieben Sie Deckel und Dichtungsring ca. 2 cm über den Korpus des Sensors.
 - f. Füllen Sie Wasser in die Flasche, so dass es ca. 1 cm hoch steht und schrauben Sie die Flasche wie gezeigt von unten in die Kappe. **Wichtig:** Berühren Sie die Membran nicht und achten Sie darauf, dass sie während dieses Schritts nicht nass wird. Halten Sie den Sensor ca. 1 Minute lang in dieser Position.
 - g. Sobald sich der angezeigte Spannungswert stabilisiert hat, geben Sie den korrekten Wert für gesättigten gelösten Sauerstoff (in mg/l) aus Tabelle 1 unter Beachtung des aktuellen barometrischen Drucks sowie der Lufttemperatur ein (z.B. 8,66). Den aktuellen Luftdruck können Sie bei Bedarf mit Hilfe von Tabelle 2 bei Ihrer Höhenlage ablesen.



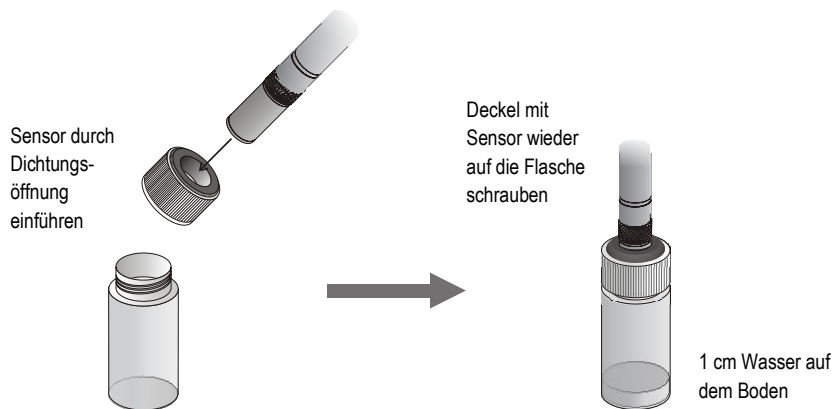
Sensor schräg einführen

Sensorspitze 1-2 cm eintauchen

¹ Wenn Ihr Programm auto-ID nicht unterstützt, öffnen Sie eine Experiment-Datei in Logger *Pro* oder kalibrieren Sie den Sensor manuell.

² Der Prozess unterscheidet sich bei EasyLink leicht, da der *Fühler für gelösten Sauerstoff* nur dann Strom erhält, wenn der Taschenrechner eingeschaltet ist und EasyData ausgeführt wird. Schaltet sich der Taschenrechner ab, erhält der Sensor keinen Strom mehr. Um dies zu umgehen, wechseln Sie zum Live-Kalibration-Bildschirm, wo der Sensor dauerhaft Strom erhält, und verharren Sie dort während der Aufwärmperiode.

³ Bei Verwendung von EasyLink und EasyData müssen Sie alle paar Minuten eine Taste drücken, damit der Taschenrechner sich nicht abschaltet, EasyData aktiviert bleibt und der Sensor mit Strom versorgt wird.



Teil D: Datenerfassung

5. Sie können nun mit der Datenerfassung beginnen.
 - a. Tauchen Sie die Spitze des Sensors ca. 4-6 cm tief in das zu testende Wasser. Tauchen Sie ihn nicht vollständig ein, der Griff ist nicht wasserdicht.
 - b. Rühren Sie vorsichtig mit dem Sensor in der Wasserprobe. Beobachten Sie die angezeigten Werte der Konzentration des gelösten Sauerstoffs. ,
Hinweis: Es ist wichtig, dass Sie die ganze Zeit über mit dem Sensor in der Wasserprobe rühren, denn es muss die ganze Zeit über Wasser um die Spitze des Sensors fließen, wenn Sie Messungen durchführen. Da der Sensor die Konzentration des gelösten Sauerstoffs misst, entnimmt er dem Wasser Sauerstoff beim Kontakt mit der Membran des Sensors. Wird der Sensor in stillem Wasser ruhig gehalten, fallen die Werte ab.

Spezifikationen

Bereich:	0 – 15 mg/l (oder ppm)
Genauigkeit:	+/- 0,2 mg/l
Auflösung	
13-bit Auflösung (SensorDAQ):	0,007 mg/l
12-bit Auflösung (LabPro, LabQuest, LabQuest Mini, Go!Link, ULI II, SBI):	0,014 mg/l
10-bit Auflösung (CBL 2):	0,056 mg/l
Reaktionszeit:	95 % der Endwerte in 30 s 98 % in 45 s
Temperatenausgleich:	automatisch von 5 – 35°C
Druckausgleich:	manuell, abhängig von der Kalibration
Ausgleich des Salzgehalts:	manuell, abhängig von der Kalibration
minimale Abtastströmung:	20 cm/s
Gespeicherte Kalibrierungswerte	

$$\begin{aligned} \text{Steigung} &= 3,27 \\ \text{Achsen Schnittpunkt} &= -0,327 \end{aligned}$$

Dieser Sensor enthält einen Schaltkreis, der auto-ID unterstützt. Wird der Sensor in Verbindung mit LabPro, LabQuest, LabQuest Mini, Go! Link, SensorDAQ, EasyLink oder CBL 2 verwendet, identifiziert die Datenerfassungssoftware den Sensor und verwendet passend zum erkannten Sensor vordefinierte Parameter zur Konfiguration eines Experiments.

Tabelle 1: 100% gelöster Sauerstoff Kapazität (mg/l)													
	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 für barometrischen 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 Meeresniveau berechnet.

Tabelle 2: Angenäherter barometrischer Druck bei verschiedenen Höhen					
Höhe (m)	Druck (mm Hg)	Höhe (m)	Druck (mm Hg)	Höhe (m)	Druck (mm Hg)
0	760	800	693	1600	628
100	748	900	685	1700	620
200	741	1000	676	1800	612
300	733	1100	669	1900	604
400	725	1200	661	2000	596
500	717	1300	652	2100	588
600	709	1400	643	2200	580
700	701	1500	636	2300	571

Wie der Fühler für gelösten Sauerstoff arbeitet

Bei dem Vernier-Fühler für gelösten Sauerstoff handelt es sich um eine polarografische Clark-Elektrode, welche die Sauerstoffkonzentration in Wasser und wässrigen Lösungen bestimmt. Eine Platin-Kathode und eine Silber/Silberchlorid Referenz-Anode in einem KCl-Elektrolyten werden von der Probe durch eine gasdurchlässige Plastikmembran getrennt.

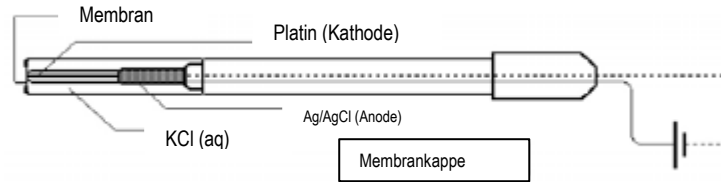
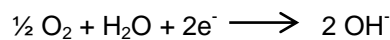
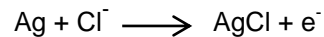


Abbildung 1

An der Platin-Elektrode wird eine feste Spannung angelegt. Diffundiert Sauerstoff durch die Membran zur Kathode, wird er reduziert:



Die in der Referenz-Elektrode (Anode) stattfindende Oxidation lautet:



Folglich fließt ein Strom, der proportional ist zur Sauerstoff-Diffusionsrate und damit zur Konzentration des gelösten Sauerstoffs in der Probe. Dieser Strom wird in eine proportionale Spannung konvertiert, die verstärkt wird und von jeder Vernier Labor-Schnittstelle eingelesen werden kann.

Aufbewahrung und Pflege des Sensors

Wenn Sie die folgenden Hinweise beachten, können Sie die Lebensdauer Ihres Sensors und seiner Membrankappe erhöhen. Befolgen Sie dazu folgende Schritte bei der Aufbewahrung der Elektrode:

- **Langzeit-Aufbewahrung (mehr als 24 Stunden):** Entfernen Sie die Membrankappe und spülen Sie Innen- und Außenseite der Kappe mit destilliertem Wasser ab, schütteln Sie sie anschließend zum Trocknen. Spülen und trocknen Sie außerdem die inneren Komponenten der freiliegenden Anode sowie Kathode (tupfen Sie sie mit einem Labortuch trocken). Stecken Sie die Membrankappe zur Aufbewahrung wieder locker auf die Elektrode ohne sie fest aufzuschrauben.
- **Kurzzeit-Aufbewahrung (weniger als 24 Stunden):** Bewahren Sie den Sensor mit der Membran ca. 2-3 cm tief in destilliertes Wasser eingetaucht auf.
- **Polieren der Metall-Elektrode:** Sind Kathode (der kleine, blanke Metallkontakt in der Mitte des Glasholms, siehe Abbildung 1) oder Anode (die silberne Metallfolie, die das Unterteil des inneren Gehäuses umgibt) verfärbt oder erscheinen sie korrodiert, polieren Sie diese mit dem mitgelieferten Polierstreifen. Führen Sie diese Tätigkeit nur durch, um die Funktion der Elektrode wiederherzustellen. Dies wird nur ca. einmal im Jahr nötig sein.

Entfernen Sie die Membrankappe vom Sensor. Spülen Sie die inneren Elemente des Sensors mit destilliertem Wasser aus, um die Fülllösung vollständig zu entfernen. Schneiden Sie ein ca. 3 cm langes Stück vom mitgelieferten Polierstreifen ab. Befeuchten Sie die matte, raue Seite des Polierstreifens mit destilliertem Wasser. Polieren Sie mit einer kreisförmigen Bewegung und sanftem Fingerdruck die mittlere Glaskomponente der Kathode (am äußersten Ende der Elektrode). Polieren Sie nur so lange, bis das mittlere Element wieder eine blanke, saubere Oberfläche aufweist. Polieren Sie als nächstes die silberne Anode an der Basis des Innenteils der Elektrode. Polieren Sie nur so lange, bis diese wieder silbern erscheint.

Hinweis: Aggressives Polieren beschädigt die inneren Komponenten des Sensors. Achten Sie darauf, dass Sie beim Polieren der Anode und Kathode nur leicht drücken.

Spülen Sie nach Beenden des Polierens die Kathoden- und Anodenelemente gründlich ab und tupfen Sie diese mit einem Labortuch trocken.

Bei normaler Benutzung bleibt der Vernier-Fühler für gelösten Sauerstoff jahrelang funktionstüchtig. Die Membrankappe muss jedoch nach ca. 6 Monaten kontinuierlicher Benutzung ausgetauscht werden. Ein Austausch wird nötig, wenn Ihr Sensor während der Kalibrierung oder beim Messen nicht mehr schnell reagiert. Wenn Sie den Sensor in nichtwässrigen Proben verwenden oder in solchen, die Öl, Fett oder andere bedeckende Mittel enthalten, vermindern Sie seine Lebensdauer. Ersatzmembrane können bei Vernier bestellt werden (Bestell-Nr. MEM).

Automatischer Temperatenausgleich

Ihr *Vernier-Fühler für gelösten Sauerstoff* verfügt über einen automatischen Temperatenausgleich über einen eingebauten Temperaturfühler. Die Temperatureingabe des Sensors wird zur automatischen Kompensation von Änderungen der Membrandurchlässigkeit bei sich ändernder Temperatur verwendet. Würde der Sensor nicht über einen Temperatenausgleich verfügen, würden Sie bei einer Temperaturänderung eine Änderung des Wertes für gelösten Sauerstoff bemerken, auch wenn sich die Konzentration des gelösten Sauerstoffs gar nicht ändert. Nachfolgend sind zwei Beispiele zum automatischen Temperatenausgleich dargestellt:

- Wenn Sie den Sensor im Labor bei 25°C und 760 mmHg barometrischen Drucks kalibrieren (vorausgesetzt der Salzgehalt ist vernachlässigbar), wäre der Wert, den Sie laut Tabelle 1 für den gesättigten Sauerstoff-Kalibrierungspunkt eingeben müssten 8,36 mg/l. Würden Sie nun eine Messung in destilliertem Wasser vornehmen, das durch schnelles Rühren mit Sauerstoff gesättigt ist, würden Sie 8,36 mg/l ablesen. Würde das Wasser anschließend ohne weiteres Rühren auf 10°C abgekühlt, wäre es nicht länger gesättigt (kaltes Wasser kann mehr gelösten Sauerstoff binden als warmes Wasser). Der Sensor mit Temperatenausgleich zeigt jedoch weiterhin 8,36 mg/l an.
- Würde die Lösung jedoch auf 10°C abgekühlt und dabei kontinuierlich gerührt, bliebe sie durch Lösen zusätzlichen Sauerstoffs gesättigt und der Sensor mit Temperatenausgleich würde 11,35 mg/l anzeigen, den Wert aus Abbildung 2.

Hinweis: Temperatenausgleich bedeutet nicht, dass der angezeigte Wert einer gesättigten Lösung bei zwei verschiedenen Temperaturen gleich bleibt. Die beiden Lösungen weisen unterschiedliche Konzentrationen an gelöstem Sauerstoff auf und die Sensormessung sollte diesen Unterschied widerspiegeln.

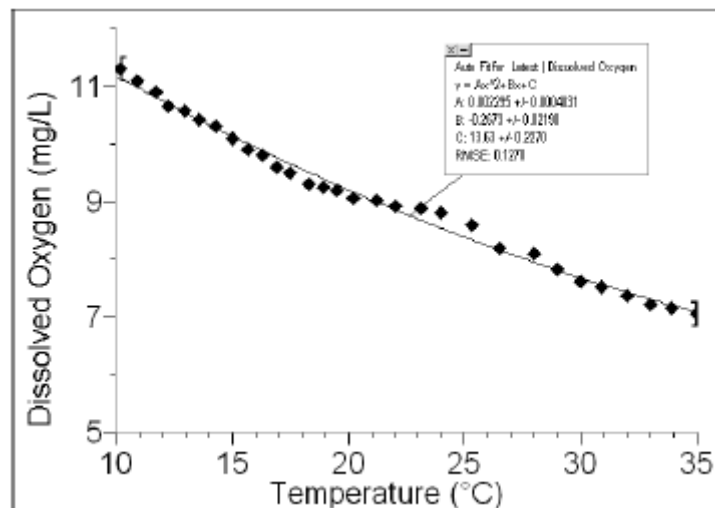


Abbildung 2 Gesättigter gelöster Sauerstoff vs. Temperatur

Probenentnahme in Meeres-Salzwasser oder in Gezeitenmündungen

(bei einem Salzgehalt größer als 1000 mg/l)

Die Konzentration gelösten Sauerstoff GS_{Salz} in mit Luft gesättigtem Wasser bei verschiedenen Salzgehalten kann mit der folgenden Formel berechnet werden:

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

- 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 *Vernier Chlorid Ionenselektive Elektrode* oder dem *Leitfähigkeitsfühler* bestimmt werden, wie im Laborbuch *Wasserqualität mit Vernier* beschrieben.
- k ist eine Konstante. Ihr Wert ist abhängig von der Temperatur der Probe und kann mit Hilfe von Tabelle 3 bestimmt werden.

Tabelle 3: Konstanten zum Ausgleich des Salzgehalts							
Temp. (°C)	Konstante k	Temp. (°C)	Konstante k	Temp. (°C)	Konstante k	Temp. (°C)	Konstante 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	0,04296

Beispiel: Bestimmen Sie den Kalibrierungswert für gesättigten gelöstem Sauerstoff bei 23°C und einem Druck von 750 mmHg, 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 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:

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

Verwenden Sie den Wert 6,92 mg/l, wenn Sie den Kalibrierungspunkt des gelösten Sauerstoffs wie in Schritt 6 beschrieben 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:

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

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 2,0 M Na₂SO₃-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 2,0 M Natriumsulfit-Lösung (Na₂SO₃) 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 2,0 M Natriumhydrogensulfit-Lösung (Natriumbisulfit, 20,8 g NaHSO pro 100 ml Lösung) oder 2,0 M Kaliumnitrit (17 g KNO pro 100 ml Lösung) ersetzen!

Ersatzteile

Vernier Software & Technology

Ersatz-Membrankappen	MEM
Polierstreifen (2 pro Pck.)	PS
GS Sensor-Fülllösung	FS
GS Sensor-Kalibrierungs-Lösung	DO-CAL

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 *Vernier-Temperaturfühler aus Edelstahl* (der mit dem CBL 2 geliefert wird) kann im selben Behältnis wie der *Fühler für gelösten Sauerstoff* 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.

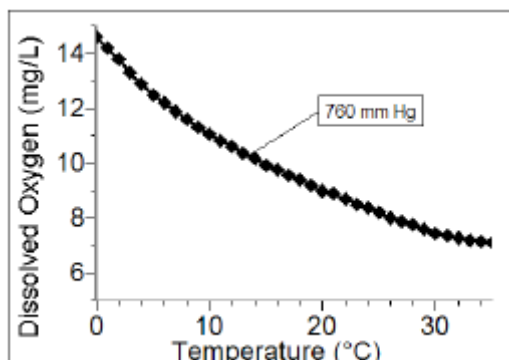
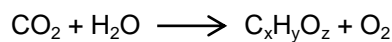
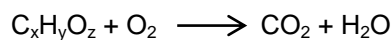


Abbildung 3 Gesättigter gelöster Sauerstoff vs. Temperatur bei 760 mmHg

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 % 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:

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

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 mmHg 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:

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

Gewährleistung

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.