

Bestimmung des Sauerstoffgehalt, der Sauerstoffsättigung und des BSB₅-Wertes

Theorie und Beurteilung

„Der Sauerstoffgehalt des Wassers ist für das Überleben von Organismen von allergrößter Bedeutung. Nach ihnen orientieren sich die Gewässergüteklassen. Er steht bei der Wichtung chemischer Güteparameter an allererster Stelle. Der Sauerstoffgehalt (O₂-Gehalt) im Wasser wird durch Sauerstoffeintrag und Sauerstoffverbrauch (sog. O₂-Zehrung) bestimmt.

Zum Sauerstoffeintrag gehören:

- physikalischer Eintrag durch Diffusion aus der Luft, wobei Wind und Wellen eine große Rolle spielen, ebenso Wassertemperatur und Luftdruck;
- biochemischer Eintrag durch die Photosynthese oder Assimilation (bei Tageslicht) durch im Wasser lebende grüne Pflanzen.

Zum Sauerstoffverbrauch gehören:

- physikalischer Austrag durch Verlust von Sauerstoff an die Atmosphäre;
- Verbrauch durch Atmung der Wassertiere und bei fehlendem Tageslicht durch Atmung der grünen Pflanzen (Dissimilation) (Tag-Nacht-Zyklus);
- Verbrauch durch die Oxidation organischer Substanzen (natürliche Verschmutzung) durch Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze (sog. biochemische Selbstreinigung).

Daher kann der O₂-Gehalt in Gewässern sehr unterschiedlich sein. Dies muß bei der Probenahme stets berücksichtigt werden.

Gesteigerte Atmungsintensität hat stets eine Vergrößerung des Sauerstoffbedarfs zur Folge. Da für viele Arten bei optimaler Temperatur ein maximaler Sauerstoffverbrauch gegeben ist, lassen sich daraus für Vorkommen, Verbreitung und Konkurrenz gewisser Arten wichtige Schlüsse ziehen. Für Fließwassertiere, aber auch für Algen und Moose des Fließwassers ist der Sauerstoffbedarf grundsätzlich höher als für verwandte Arten im stehenden Gewässer.

Überwiegen die sauerstoffzehrenden Vorgänge, d.h. ist z.B. die Belastung durch eingeleitetes, unzureichend geklärtes Abwasser zu groß, so wird das Gewässer allmählich zu einer stinkenden, ekelerregenden Kloake, in der kein Leben mehr möglich ist.

Für das Leben der Fische in Oberflächengewässern ist ein Mindestgehalt von 5 mg O₂/l erforderlich. Normalerweise findet man in Flüssen einen Sauerstoffgehalt von 9 bis 12 mg/l. Fischsterben sind oft auf zu geringe Sauerstoffmengen zurückzuführen.

Ein Maß für die augenblickliche Belastung eines Gewässers durch organische Stoffe (wie Zucker, Fette, Eiweiße) ist die Sauerstoffzehrung. Eine diesbezügliche chemische Bestimmungsmethode ist die Ermittlung des biochemischen Sauerstoffbedarfs (BSB).

Da die im Wasser schwebenden und gelösten Stoffe in 5 Tagen von den Bakterien zum größten Teil abgebaut werden, mißt man den biochemischen Sauerstoffbedarf in 5 Tagen bei 20°C (BSB₅).

Anleitung zum Umweltkoffer UW 400 und UW 600

zu beziehen bei
sold by
www.conatex.com



Ist ein belastetes Wasser vergiftet, dann enthält es keine sauerstoffzehrenden Lebewesen und ein niedriger BSB_5 ist die Folge.

Um saubere und vergiftete Wässer unterscheiden zu können, ist stets zu prüfen, ob Lebewesen im Wasser vorkommen. Außerdem dient die biologische Methode zur Bestimmung der organischen Belastung eines Gewässers unter Verwendung von Leitorganismen dazu, im Gegensatz zur chemischen Momentaufnahme die Dauerbelastung eines Gewässers zu erfassen.

Bei hoher pflanzlicher Produktion in Oberflächenwässern kann auch eine Übersättigung an Sauerstoff auftreten. In eisen- und manganhaltigen Wässern erfolgt bei ausreichender Sauerstoffzufuhr eine Ausflockung dieser Metalle als schwerlösliche Hydroxide.

Die Sauerstoffsättigungskonzentration reinen Wassers (in mg/l) hängt von der Temperatur und vom atmosphärischen Druck ab (siehe Tabelle 12). Höhere Sauerstoffgehalte im Trinkwasser setzen die Gefahr von Geschmacksbeeinträchtigung durch noch unvollkommen mineralisierte Substanzen herab.

Von Sauerstoff frei ist Grundwasser aus größeren Tiefen, also solches, das durch Oberflächenwasser nicht beeinflusst wird.

Große korrosionschemische Probleme können in eisernen Trinkwasserleitungen bei weniger als 2–3 mg O_2/l auftreten. Wird Wasser durch eiserne Rohrleitungen transportiert, so sind mindestens 4 mg O_2/l erforderlich, um eine vor einem weiteren Angriff durch aggressive Kohlensäure schützende Oxidschicht zu bilden.

Sauerstoffbestimmung

Während der Messung sollten die Luft und die Wasserprobe annähernd gleiche Temperatur haben.

Durchführung und Auswertung der Sauerstoffbestimmung

- (1) Glasflasche mit Probenwasser 3 mal spülen, bis zum Überlauf füllen und Glasstopfen unter Vermeidung von Luftblasen aufsetzen;
- (2) Stopfen entfernen und jeweils 5 Tropfen Reagenz 1 und 2 hinzugeben, Flasche verschließen, kräftig schütteln, 1 Minute stehenlassen (bräunliche Flockenbildung setzt ein!);
- (3) dann 10 Tropfen Reagenz 3 hinzugeben, Flasche verschließen und schütteln, bis (nahezu) klare gelbbraune Lösung vorhanden;
- (4) dann Plastikgefäß mit Lösung spülen, bis zur 5 ml-Marke auffüllen und Deckel aufsetzen;
- (5) 1 Tropfen Reagenz 4 durch das Deckelloch geben, verrühren (bis blauviolette Lösung entstanden);
- (6) Tülle auf Spritze setzen und bis zur „0 ml“ -Marke mit Reagenz 5 auffüllen (das Tropfrohr füllt sich, die Spritze bleibt dabei leer!) und tropfenweise bis zur Farblosigkeit der Lösung titrieren. Die Titrationsmenge – mit 10 multipliziert – ergibt den O₂-Gehalt in mg/l, der direkt auf der Spritze abgelesen werden kann.

$$\text{O}_2\text{-Gehalt} = (\text{Volumen Reagenz 5 in ml}) \cdot 10$$

- (7) Die mit Reagenzien versetzte Wasserprobe wird zum anorganischen Säuren/Basen/Schwermetall-Abfall gegeben.

Hinweise zur Durchführung der Sauerstoff-Bestimmung

- Das Aufsetzen des Deckels bei Arbeitsschritt (4) ist nicht unbedingt erforderlich.
- Bei O₂-Gehalten unter 5 mg/l ist das Plastikgefäß bis zur 10 ml-Marke aufzufüllen und dann ab (5) weiterzumachen.
- Reagenz 2 ruft eine alkalische Reaktion (durch Kaliumhydroxid) hervor und wirkt damit ätzend (es fühlt sich seifig an). Geräte und Hände sind nach Kontakt gründlich mit Wasser zu reinigen. Es gelten die die R- und S-Sätze der Gefahrstoffverordnung: R 35; S 2, S 26 und S 37/39.
- Reagenz 3 kann schwere Verätzungen hervorrufen (Schwefelsäure). Es gelten die R- und S-Sätze der Gefahrstoffverordnung: R 35, S 2/26/30.

Bestimmung der Sauerstoffsättigung

TVO-Grenzwert: >75%

Der O₂-Sättigungsgrad wird in Prozent angegeben und berechnet sich nach:

$$\text{O}_2 - \text{Sättigungsgrad in \%} = \frac{\text{gemessener O}_2\text{-Gehalt} \cdot 100 \cdot \text{Standardluftdruck in Ortshöhe}}{\text{Sauerstoffsättigungskonzentration} \cdot \text{herrschender Luftdruck}}$$

Bemerkungen:

- gemessener O₂-Gehalt (z.B. mit oben beschriebenem Sauerstoffkit)
- Standardluftdruck in Ortshöhe (aus Tabelle 11 oder mit Hilfe von Formel [*])
- O₂-Sättigungskonzentration (aufgrund von gemessener Wassertemperatur aus Tabelle 12)

Tabelle 11: Abhängigkeit des Luftdrucks von der Ortshöhe

Ortshöhe in m	Luftdruck in mbar (hPa)	Luftdruck in Torr
0	1013	760
100	1000	750
200	988	741
300	976	732
400	964	723
500	952	714
600	940	705
700	928	696
800	916	687
900	905	679
1000	894	671

Genauere Luftdruckwerte erhält man aus der sog. Barometerformel:

Bem.:

- p_h Luftdruck bei der Ortshöhe h
- p₀ Luftdruck auf Meereshöhe
- h Ortshöhe in km über dem Meer
- k Konstante (k = 18,4 km)

(*) $p_h = p_0 \cdot 10^{-h/k}$

Anleitung zum Umweltkoffer UW 400 und UW 600

zu beziehen bei
sold by
www.conatex.com



Tabelle 12: Sauerstoffsättigungskonzentration (in mg/l) von Wasser im Gleichgewicht mit Luft bei einem Gesamtdruck der wasserdampfgesättigten Atmosphäre von 1013 mbar(hPa) = 760 Torr in Abhängigkeit von der Temperatur (gültig nach DIN 38408).

δ in °C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0.	14.64	14.60	14.55	14.51	14.47	14.43	14.39	14.35	14.31	14.27
1.	14.23	14.19	14.15	14.10	14.06	14.03	13.99	13.95	13.91	13.87
2.	13.83	13.79	13.75	13.71	13.68	13.64	13.60	13.56	13.52	13.49
3.	13.45	13.41	13.38	13.34	13.30	13.27	13.23	13.20	13.16	13.12
4.	13.09	13.05	13.02	12.98	12.95	12.92	12.88	12.85	12.81	12.78
5.	12.75	12.71	12.68	12.65	12.61	12.58	12.55	12.52	12.48	12.45
6.	12.42	12.39	12.36	12.32	12.29	12.26	12.23	12.20	12.17	12.14
7.	12.11	12.08	12.05	12.02	11.99	11.96	11.93	11.90	11.87	11.84
8.	11.81	11.78	11.75	11.72	11.69	11.67	11.64	11.61	11.58	11.55
9.	11.53	11.50	11.47	11.44	11.42	11.39	11.36	11.33	11.31	11.28
10.	11.25	11.23	11.20	11.18	11.15	11.12	11.10	11.07	11.05	11.02
11.	10.99	10.97	10.94	10.92	10.89	10.87	10.84	10.82	10.79	10.77
12.	10.75	10.72	10.70	10.67	10.65	10.63	10.60	10.58	10.55	10.53
13.	10.51	10.48	10.46	10.44	10.41	10.39	10.37	10.35	10.32	10.30
14.	10.28	10.26	10.23	10.21	10.19	10.17	10.15	10.12	10.10	10.08
15.	10.06	10.04	10.02	9.99	9.97	9.95	9.93	9.91	9.89	9.87
16.	9.85	9.83	9.81	9.70	9.76	9.74	9.72	9.70	9.68	9.66
17.	9.64	9.62	9.60	9.58	9.56	9.54	9.53	9.51	9.49	9.47
18.	9.45	9.43	9.41	9.39	9.37	9.35	9.33	9.31	9.30	9.28
19.	9.26	9.24	9.22	9.20	9.19	9.17	9.15	9.13	9.11	9.09
20.	9.08	9.06	9.04	9.02	9.01	8.99	8.97	8.95	8.94	8.92
21.	8.90	8.88	8.87	8.85	8.83	8.82	8.80	8.78	8.76	8.75
22.	8.73	8.71	8.70	8.68	8.66	8.65	8.63	8.62	8.60	8.58
23.	8.57	8.55	8.53	8.52	8.50	8.49	8.47	8.46	8.44	8.42
24.	8.41	8.39	8.38	8.36	8.35	8.33	8.32	8.30	8.28	8.27
25.	8.25	8.24	8.22	8.21	8.19	8.18	8.16	8.15	8.14	8.12
26.	8.11	8.09	8.08	8.06	8.05	8.03	8.02	8.00	7.99	7.98
27.	7.96	7.95	7.93	7.92	7.90	7.89	7.88	7.86	7.85	7.83
28.	7.82	7.81	7.79	7.78	7.77	7.75	7.74	7.73	7.71	7.70
29.	7.69	7.67	7.66	7.65	7.63	7.62	7.61	7.59	7.58	7.57
30.	7.55	7.54	7.53	7.51	7.50	7.49	7.48	7.46	7.45	7.44
31.	7.42	7.41	7.40	7.39	7.37	7.36	7.35	7.34	7.32	7.31
32.	7.30	7.29	7.28	7.26	7.25	7.24	7.23	7.21	7.20	7.19
33.	7.18	7.17	7.15	7.14	7.13	7.12	7.11	7.09	7.08	7.07
34.	7.06	7.05	7.04	7.02	7.01	7.00	6.99	6.98	6.97	6.96
35.	6.94	6.93	6.92	6.91	6.90	6.89	6.88	6.87	6.85	6.84
36.	6.83	6.82	6.81	6.80	6.79	6.78	6.77	6.75	6.74	6.73
37.	6.72	6.71	6.70	6.69	6.68	6.67	6.66	6.65	6.64	6.63
38.	6.61	6.60	6.59	6.58	6.57	6.56	6.55	6.54	6.53	6.52
39.	6.51	6.50	6.49	6.48	6.47	6.46	6.45	6.44	6.43	6.42
40.	6.41	6.40	6.39	6.38	6.37	6.36	6.35	6.34	6.33	6.32