

Sauerstoffbestimmung in Wasser



Arbeitswoche Varazze vom 11. bis 18. Juni 2011

Arbeitsbericht Mathias Müller, BAG

Gruppe 4: Sauerstoffbestimmung in Wasser

Inhaltsverzeichnis

1.0	Sauerstoffbestimmung in Wasser	Seite 2
1.1	Aufgabe	Seite 2
1.2	Prinzip	Seite 2
2.0	Messung des Sauerstoffgehalte	Seite 3
2.1	Materialien	Seite 3
2.2	Chemikalien	Seite 3
2.3	Vorgehen	Seite 4
2.4	Rohdaten	Seite 5
2.5	Berechnung	Seite 5
2.6	Resultate	Seite 6
2.7	Interpretation	Seite 6
3.0	Bedeutung von Sauerstoff im aquatischen Lebensraum	Seite 6
3.1	Bedeutung	Seite 6
3.2	Vergleich zweier Gewässer	Seite 7
3.3	Jahreszeitliche Unterschiede	Seite 8
4.0	Schlusswort	Seite 9
5.0	Quellen	Seite 9

Vorwort

Vom 11. bis 18. Juni 2011 absolvierten die Lernenden des 1. Lehrjahres der Laboranten EFZ Fachrichtung Chemie der Gewerblich-Industriellen Berufsschule Bern eine Arbeitswoche in Varazze an der Italienischen Mittelmeerküste. In dieser Woche beschäftigten sich die Schüler hauptsächlich zum Thema „Umwelt“, zu dem sie in Gruppen verschiedene Versuche durchführten.

Im folgenden Bericht werden die Themen der Gruppe vier, die chemischen Grundlagen der Winklermethode, die Bedeutung des Sauerstoffes im Wasser, O₂-Verhältnisse in Gewässern, sowie die saisonalen Unterschiede erläutert.

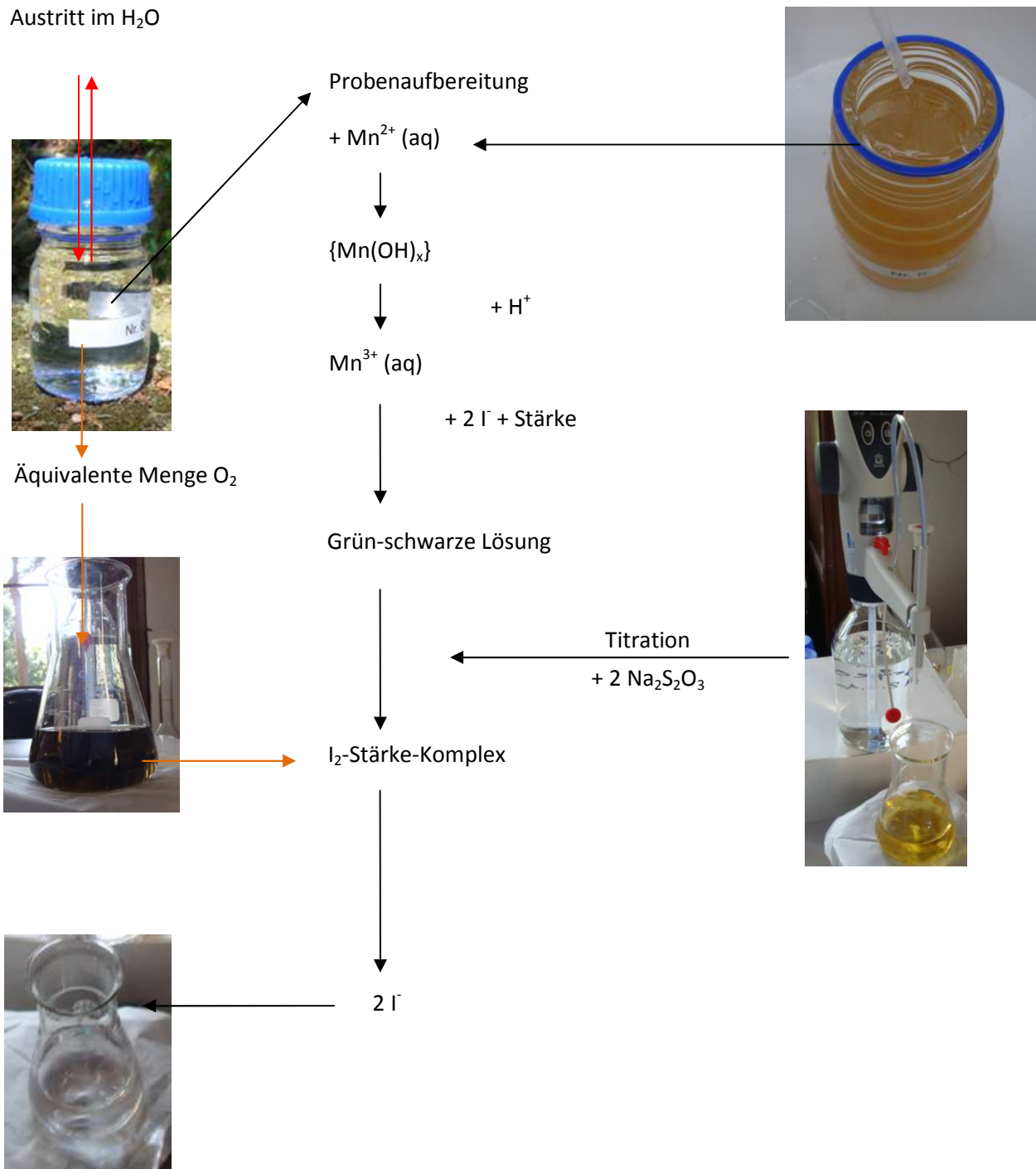
1.0 Sauerstoffbestimmung in Wasser

1.1 Aufgabe

Es werden drei bis vier verschiedene Wasserproben gefasst und mit der Titrationsmethode nach Winkler wird jeweils der Sauerstoffgehalt bestimmt. Als Kontrolle wird zugleich mit dem Sauerstoffmessgerät der O₂-Gehalt gemessen.

1.2 Prinzip

O₂ ungebunden, freier Ein- und Austritt im H₂O



2.0 Messung des Sauerstoffgehaltes

2.1 Materialien

- Probegläser (Volumen vorbestimmt)
- Messkolben (1 L In 20 °C)
- Laborflaschen
- Titrierhilfe (Titrette Brand)
- Plastikpipetten
- Erlenmeyerkolben (250 mL)
- Magnetrührer und Rührstab (Heidolph MR 3001K)
- Stabpipette (5 mL Ex 20 °C)
- Sauerstoffmessgerät (WTW Multi 3420 Set G)



Verwendete Materialien



Sauerstoffmessgerät

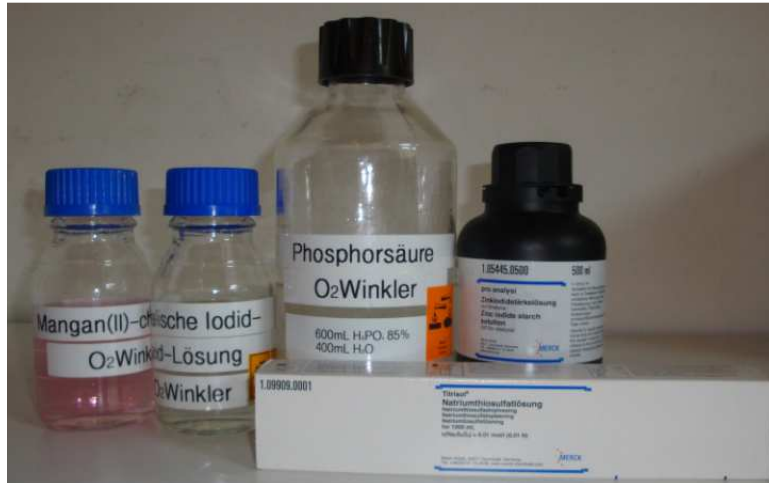
2.2 Chemikalien

Substanz	Summenformel	Molmasse [g/mol]	Gefahren	R- und S-Sätze	Verwendung
Mangan(II)-chlorid	$\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	197.91	Gesundheitsschädlich	R: 22 S: Keine	Fixierung des O_2 (Oxidation Mn)
Natriumhydroxid	NaOH	39.99	Ätzend	R: 35 S: (1/2)-26-37/39-45	Fällungsreagenz
Kaliumiodid	KI	166.00	Keine Gefahren	R: Keine S: Keine	Fällungsreagenz
Natriumazid	NaN_3	65.01	Sehr giftig, umweltgefährlich	R: 28-32-50/53 S: (1/2)-28-45-60-61	Fällungsreagenz
Phosphorsäure	H_3PO_4	98.00	Ätzend	R: 35 S: (1/2)-26-45	Auflösung des Niederschlags
Natriumthiosulfat	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	158.11	Keine Gefahren	R: Keine S: Keine	Masslösung
Zinkiodid	ZnI_2	319.18	Reizend	R: 36/38 S: Keine	Indikator
Stärke	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x$	$(180.16)_x$	Keine Gefahren	R: Keine S: Keine	Indikator

Vorliegende Lösungen

- Mangan(II)-chlorid-Lösung
- Alkalische Iodid-Azid-Lösung (Fällungsreagenz)
- Phosphorsäure ($w = 85\%$)
- Zinkiodid-Stärkelösung (Merck, Art 5445)

Diese Lösungen liegen vor und wurden nach Vorschrift hergestellt (siehe Vorschrift). Für die Natriumthiosulfat-Lösung wird eine Titrisol-Masslösung von Merck verwendet ($c = 0.01 \text{ mol/L}$).



Verwendete Chemikalien

2.3 Vorgehen

Probenahme

- Für das Brunnen- und Hahnenwasser der Casa wurde ein Schlauch am Hahnen angebracht um dieses in einen 5 Liter Eimer zu leiten. Das Wasser wurde nicht all zu fest aufgedreht, nach dem Auffüllen des Eimers wurde die Probe kurz stehen gelassen (ca. 5 min), um die Luft, welche durch die Turbulenzen in die Probe gelangte, entweichen zu lassen.
- Anschliessend wurden die Probeflaschen 3 bis 4 mal mit der Probe gespült, unterhalb der Wasseroberfläche (15 cm) mit möglichst wenig Turbulenzen und Luftblasen definitiv gefüllt und verschlossen.
- Das Meerwasser und das Wasser aus dem Bach wurden direkt gefasst und nicht zuvor in einem Eimer eingefüllt.
- Zur gleichen Zeit der Probefassung wurde der O_2 -Gehalt mit Hilfe der Sauerstoffmessgerät bestimmt um eine möglichst genaue Referenz zu erhalten.
- Zum Fixieren und Ausflocken des O_2 wurden an Ort und Stelle je 1 mL der Mangan(II)-chlorid-Lösung und der alkalischen Iodid-Azid-Lösung mit Hilfe einer Plastikpipette zugegeben. Dafür wurde die Pipette ein wenig über 1 mL aufgefüllt und nicht vollständig unterhalb der Oberfläche zugegeben. Somit verhindert man das Luft durch die Pipette zugefügt wurde. Dies wurde unter anaeroben Bedingungen durchgeführt, so dass die Resultate nicht verfälscht wurden.
- Gut und möglichst Luft frei verschlossen, wurden die Proben kräftig geschüttelt und im Dunkeln zur Untersuchungsstelle transportiert.

Bestimmung

- Das rostbraune Fällungsprodukt löste man mit 5 mL Phosphorsäure, welche direkt zur Probeflasche zugegeben wurde. Verschlossen lagerte man diese für 10 Minuten im Dunkeln.
- Danach wurde die rötlich braune Lösung quantitativ in einen 250 mL-Erlenmeyerkolben überführt und gegen Natriumthiosulfat-Lösung ($c = 0.01 \text{ mol/L}$) titriert, bis sich diese hellgelb färbte.
- Nach Zugabe einiger Tropfen Zinkiodid-Stärke-Lösung färbte sich die Probe grünschwarz. Man titrierte mit derselben Masslösung weiter, von grün über blau bis farblos.
- Die erhaltene verbrauchte Menge der Masslösung wurde notiert und anschliessend der O_2 -Gehalt berechnet.
- Zu jeder Probe wurde eine Doppelbestimmung durchgeführt und als Referenz eine Bestimmung mit der Sauerstoffmesssonde vorgenommen.

2.4 Rohdaten

Probe (Ort)	V Probeflasche [mL]	V Masslösung $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ [mL]
Brunnenwasser der Casa	136.99	18.79
	131.25	17.78
Hahnenwasser der Casa	131.41	17.71
	133.41	19.09
Wasser aus dem Bach in der Nähe der Casa	133.00	14.70
	133.81	14.64
Meerwasser	133.81	16.35
	133.00	16.96

2.5 Berechnung*Formel:*

$$\beta(\text{O}_2) = \frac{V \times 0.08 \times 1000}{W - w} = \frac{V \times 80}{W - 2} \quad [\text{mg/L}]$$

$\beta(\text{O}_2)$:	Sauerstoffgehalt	[mg/L]
V:	Verbrauch Natriumthiosulfat-Lösung, $c = 0.01 \text{ mol/L}$	[mL]
W:	Volumen der Probeflasche (zuvor bestimmt)	[mL]
w:	Volumen der Reagenzien zu Fixierung des Sauerstoffes	[mL]

Beispiel:

$$\beta(\text{O}_2) = \frac{18.79 \text{ mL} \times 80}{136.99 \text{ mL} - 2 \text{ mL}} = 11.14 \text{ mg/L}$$

2.6 Resultate

Probe (Ort)	Titration $\beta(\text{O}_2)$ [mg/L]	Mittelwert Titration $\beta(\text{O}_2)$ [mg/L]	Messgerät $\beta(\text{O}_2)$ [mg/L]
Brunnenwasser der Casa	11.14 11.01	11.08	9.02
Hahnenwasser der Casa	10.95 11.62	11.29	10.18
Wasser aus dem Bach in der Nähe der Casa	8.98 8.89	8.94	9.07
Meerwasser	9.92 10.36	10.14	9.03

2.7 Interpretation

Wie man aus den Resultaten entnehmen kann, sind die Messwerte der O_2 -Analyse im Bereich von 8.9 bis 11.3 mg/L. Daraus lässt sich schliessen, dass in Varazze die Wasserqualität, auf den O_2 -Gehalt bezogen, in einen natürlichen Gleichgewicht ist. Man kann davon ausgehen, dass die Gewässer intakt und bewohnbar für Wasserorganismen sind.

Die Resultate des Sauerstoffmessgerätes weisen - mit einer Ausnahme - einen etwas tieferen Messwert auf als die mit der Winkler-Methode. Dieser zum Teil nur geringe Unterschied kann aus verschiedenen Gründen verursacht sein.

- Es wurde nicht direkt oder während der Probefassung mit dem Gerät gemessen.
- Unterschiedliche Turbulenzen z.B. bei den Proben aus dem Meer oder dem Bach.
- Zu grosser Verlust bei der Probenaufbereitung z.B. als die Probe im Eimer stehen gelassen wurde oder bei der Zugabe der Lösungen.
- Evtl. unterschiedlicher Einfluss der Salinität (Salzgehalt der Gewässer) auf die beiden Methoden.

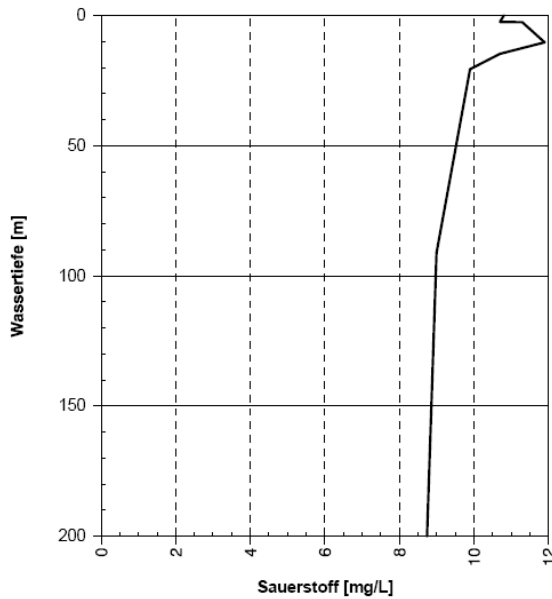
3.0 Bedeutung von Sauerstoff im aquatischen Lebensraum

3.1 Bedeutung

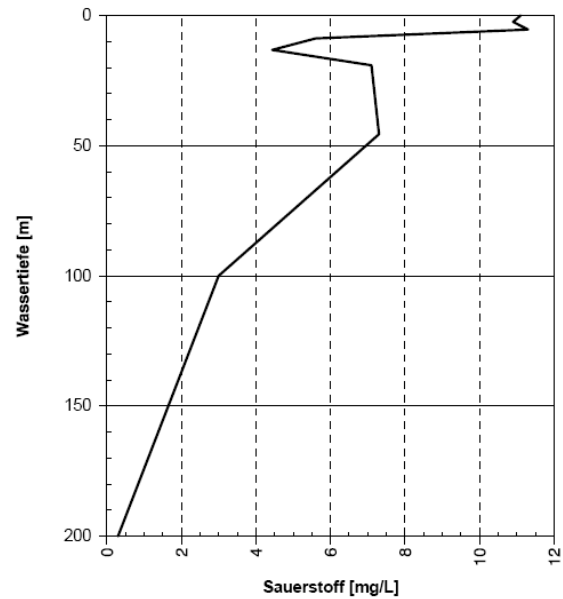
Die meisten Wasserorganismen benötigen einen Mindestanteil an gelöstem Sauerstoff von 4 mg/L zum Überleben. Die Löslichkeit des Sauerstoffs im Wasser ist temperaturabhängig. Der Sättigungswert beträgt bei 0°C 14,6 mg/L und sinkt bei 20°C auf 9,1 mg/L.

Der Sauerstoffgehalt des Wassers ist von verschiedenen Parametern abhängig. Der Sauerstoff aus der Atmosphäre wird durch Wasserturbulenzen eingetragen, wobei dieser auch von der Wasseroberfläche, der Wassertemperatur und der Luftbewegung abhängt. Sauerstoff wird ebenfalls bei der Photosynthese der Wasserpflanzen freigesetzt, welcher durch die Tätigkeit der Mikroorganismen sowie durch die Atmung von Tieren und Pflanzen verbraucht wird. Sauerstoff ist essentieller Bestandteil für die aeroben Stoffwechselforgänge in jedem Gewässer.

3.2 Vergleich zweier Gewässer



Gesundes Gewässer

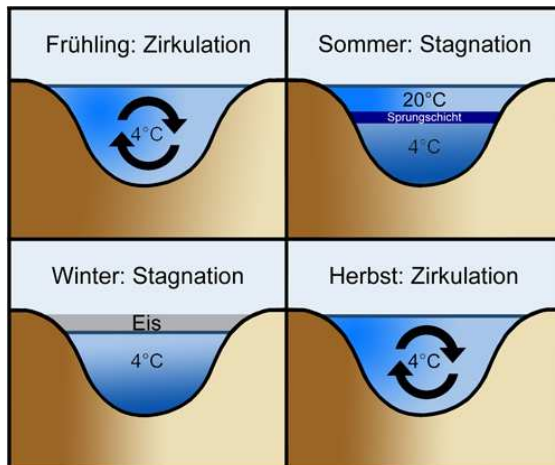


Belastetes Gewässer

Auf diesen beiden Grafiken ist anhand des Sauerstoffgehalts zu erkennen, dass das gesunde Gewässer in einem natürlichen Zustand (Gleichgewicht) ist, das belastete jedoch nicht. Dies ist erkennbar durch den stabilen Sauerstoffgehalt im gesunden Gewässer bis in die Tiefe von 200 m (8-10 mg/L).

Das belastete Gewässer ist im Gegensatz zum gesunden in einen unnatürlichen Zustand, was auch der Grafik zu entnehmen ist. Gründe dafür sind Überdüngung durch Phosphate und Nitrate, welche durch Abwasser und intensive landwirtschaftliche Bewirtschaftung ins Wasser gelangen. Der Überschuss an Nährstoffen führt zu einem hohen Algenwachstum (hohe C-Assimilationsrate), diese sterben ab und sinken auf den Gewässergrund. Sie werden dort durch die Destruenten (Mikroorganismen) zersetzt. Durch die hohe Zersetzung der organischen Substanzen sinkt der Sauerstoffgehalt in der Tiefe. Bei einem zu hohen Sauerstoffmangel sterben die Mikroorganismen ab und werden durch Schwefelwasserstoff produzierende Bakterien ersetzt. Da Schwefelwasserstoff toxisch ist, wird das Leben der restlichen Wasserorganismen gefährdet.

3.3 Jahreszeitliche Unterschiede



Jahreszyklus eines Gewässers

Frühling:

- Wassertemperatur konstant bei $\vartheta = +4^{\circ}\text{C}$
- Intensive Durchmischung des Wassers mithilfe der Winde
- Sauerstoffarme Tiefenwasser werden wieder mit O_2 angereichert
- Sauerstoffgehalt ist konstant bei 10 mg/L

Sommer:

- Temperatursprungschicht ab 5 bis 10 m (Metalimnion) Oberflächenwasser bei $\vartheta = +20^{\circ}\text{C}$, Tiefenwasser bei $\vartheta = +4^{\circ}\text{C}$
- Das Gleiche gilt für den Sauerstoffgehalt, Oberflächenwasser bei 10 mg/L und Tiefenwasser ist abnehmend (keine Durchmischung)

Herbst:

- Abkühlung des Wassers
- Durch Herbstwinde entsteht eine Durchmischung
- Selbe Bedingungen wie im Frühling

Winter:

- Absenkung der Wassertemperatur an der Oberfläche bei $\vartheta < 4^{\circ}\text{C}$, wärmere Temperaturen am Grund bis $\vartheta = +4^{\circ}\text{C}$
- Absinkender Sauerstoffgehalt von der Oberfläche bei 10 mg/L und in der Tiefe abnehmend

4.0 Schlusswort

In dieser Arbeitswoche konnten wir sehr viel über selbständige Planung und richtige Arbeitseinteilung lernen, indem wir im Voraus eine grobe Einteilung aufschrieben und diese während der Arbeit in Varazze anpassen mussten.

Diese Arbeit zum Sauerstoffgehalt im Wasser hat mir gezeigt, dass dieser essentiell ist um eine vielseitige Fauna und Flora zu garantieren. Dieser kann nur durch Kleinigkeiten wie Kunstdünger oder falscher Einsatz von Dünger gestört werden.

5.0 Quellen

- *Vorschrift Bestimmung nach Winkler*
- *Chemikalien (Wikipedia)*
- *Bedeutung von Sauerstoff im Aquatischen Lebensraum:*
http://www.uni-duesseldorf.de/MathNat/Biologie/Didaktik/WasserSek_I/oekosystem_see/dateien/wie_sieht_es_am_see_aus/jahreszeiten.html
- *Jahreszeitliche Unterschiede:*
http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/s/sauerstoffgehalt_im_wasser.htm
- *Lehrmittel (Angewandte Fachkenntnisse - Biologie, Lebensraum Wasser)*