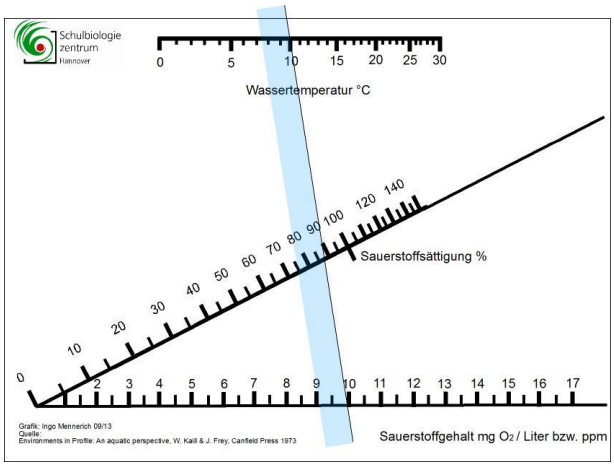
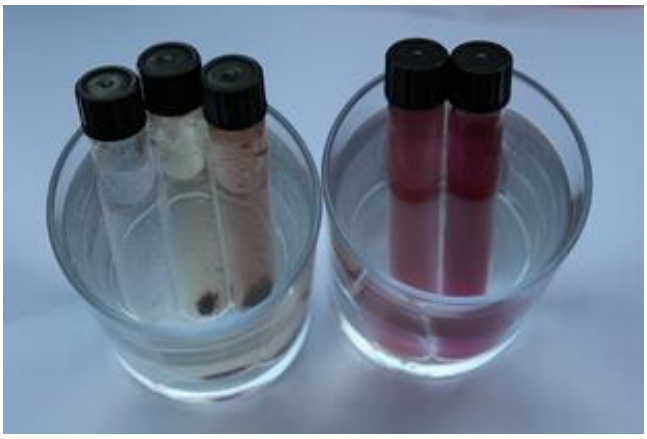
# Landeshauptstadt Hannover

Hannover

Schulbiologiezentrum



| Kennfarbe | Güteklasse | Grad der Belastung | Saprobienindex SI | | | mg $O_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | unbelastet bis sehr gering belastet | 1,0 - < 1,5 | | | > 8 |
| | I - II | gering belastet | 1,5 - < 1,8 | | | > 8 |
| | II | mäßig belastet | 1,8 - < 2,3 | | | > 6 |
| | II - III | kritisch belastet | 2,3 - < 2,7 | | | > 4 |
| | III | stark verschmutzt | 2,7 - < 3,2 | | | > 2 |
| | III - IV | Sehr stark verschmutzt | 3,2 - < 3,5 | | | < 2 |
| | IV | übermäßig verschmutzt | 3,5 – 4,0 | | | < 2 |

**19.95**

**Materialien zur biologischen und chemischen**

# Gewässergütebestimmung

November 2016

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover
Schulbiologiezentrum Hannover

Titel: Materialien zur biologischen und chemischen Gewässergütebestimmung

Titelbild: Ingo Mennerich

Verfasser: Ingo Mennerich

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover
Fachbereich Bibliothek und Schule
Schulbiologiezentrum
Vinnhorster Weg 2
30419 Hannover
Tel: 0511/168-47665
Fax: 0511/168-47352
E-Mail: schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de
Internet: www.schulbiologiezentrum.info

## Inhalt


| | |
|---|---|
| Vorwort | 1 |
| Gewässergütekriterien und -qualität (Gesamtbeurteilung) | 2 |
| "Brainstorming": Einige mögliche Bewertungskriterien | 3 |
| AB Gewässeruntersuchung nach Zeiger-Tierarten | 4 |
| AB Gewässeruntersuchung nach Zeiger-Tierarten (mit Artenliste) | 6 |
| EXCEL-Programm zur Ermittlung des Saprobienindexes | 8 |
| Übersicht Wirbellose in Gewässern | 9 |
| Gewässergüte nach Pflanzen bestimmen | 12 |
| Sauerstoffgehalt des Wassers | 14 |
| Sauerstoffgehalt, -sättigung und Gewässer-Güteklasse | 15 |
| Sauerstoffgehalt und -sättigung (Diagramm) | 16 |
| Farbtafel zum Sauerstofftest | 17 |
| Sauerstoffmessung mit AQUANAL-Reagenzien | 18 |
| Sauerstofftest: Markierung für 100ml Spritzen | 19 |
| Sauerstoff-Schnelltest mit Probenröhrchen und AQUANAL-Reagenzien | 20 |
| Sauerstoffgehalt des Wassers: Formeln für ein EXCEL-Programm | 21 |
| Sauerstoffgehalt und Luftdruck (Tabelle) | 26 |
| Korrekturfaktoren für Sauerstoffgehalt und Salzgehalt | 27 |
| $O_2$-Löslichkeit (Temperatur und Salzgehalt) | 29 |
| $O_2$-Löslichkeit (Temperatur und Luftdruck) | 30 |
| Elektrische Leitfähigkeit und Salzgehalt | 31 |
| EXCEL-Programm zur Ermittlung des Salzgehalts | 33 |
| Interpretation des pH-Wertes | 34 |
| Gesamt- bzw. Carbonathärte und pH-Wer | 35 |
| Farbkarte Gewässeruntersuchung (AQUANAL Fishwater-LAB) | 37 |
| Testdurchführung (AQUANAL Fishwater-LAB) | 38 |
| INFO: Saprobienstufen und abiotische Faktoren | 39 |
| INFO: Richtwerte und Gewässergüteklassen, Grenzwerte, Richtlinien | 40 |
| Diagnose und Interpretation: Belastungen und ökologische Folgen | 41 |
| AB Chemische Messwerte | 42 |
| AB Ermittlung des Chlorophyll-Gehalts und Qualität eines Gewässers durch Photometrie | 43 |
| AB Abschätzen des Sauerstoffbedarfs einer Gewässerprobe (Tropfenzählmethode $KMnO_4$) | 46 |
| AB Messen des Sauerstoffbedarfs einer Gewässerprobe (Photometrie, $KMnO_4$) | 48 |
| Chemischer Index nach BACH | 50 |
| Gewässergütebestimmung durch Phyto- und Zooplankton | 55 |
| Stenöke Leitorganismen und Indikatorwerte (Phytoplankton, Blütenpflanzen) | 60 |
| Stenöke Leitorganismen und Indikatorwerte (Zooplankton, Wirbellose) | 65 |

# Vorwort:

Die biologische und chemische Gewässeruntersuchung hat eine lange Tradition im Schulbiologiezentrum. Das Thema lässt sich bei uns an mehreren Gewässern und Gewässertypen sehr praktisch und in einander zuarbeitenden Kleingruppen durchführen. Ausgehend vom Käschern ("Tümpeln") in jüngeren Jahrgangsstufen lassen sich unsere Feuchtbiotope unter immer kompexeren Aspekten untersuchen (Artenkenntnis, physiologische Anpassung, Nahrungsketten,-pyramiden und -kreisläufe, Stoffkreisläufe, faunistische und messwertgestützte Qualitätsbeurteilung).

Die Gewässerökologie hat in den letzten Jahren in der Sekundarstufe II eine enorme curriculare Aufwertung erfahren was zu einem ausserordentlichen "Boom" bei den Kursbuchungen führte.

Parallel dazu ist bei uns viel Material zusammengetragen und für den Schulgebrauch aufgearbeitet worden bzw. neu entstanden.

Die hiermit vorliegende Arbeitshilfe versucht, die Fülle unseres Angebots zusammenzutragen.

Weiterhin würden wir gerne auf die auf www.schulbiologiezentrum.info abrufbaren Materialien hinweisen.

Arbeitshilfen:

- Gewässergütebestimmung mit dem Photometer LF204, O2-Bedarf/Chlorophyll-gehalt (1,4 MB)
- Gewässergütebestimmung mit Diatomeen (Kieselalgen), (4 MB)

Excel-Programme

- Sauerstoff-Rechner zum Herunterladen (Excel)
- Salzgehalts-Rechner zum Herunterladen
- Makrofauna: Verteilung der Ernährungstypen in bestimmten Gewässerabschnitten(-typen
- Ermittlung des Saprobienindexes durcgh Makrofauna
- Phyto-,Zooplöankton, Maktrophyten und Makraufauna (Artenlisten mit Saprobienwerten zum Zusammwenstellen eigener Profile)

Präsentationen

- Vortrag Gewässer-Ökologie (Schülerversion)
- Tiere in und an Gewässen (Übersicht und Einführung)
- Phytoplankton (Diatomeen) als Gewässergüteanzeiger

# Gewässergütekriterien und -qualität (Gesamtbeurteilung)

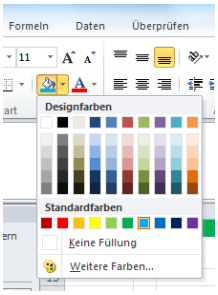
Die Qualität eines Gewässers lässt sich unter vielen Aspekten beurteilen.

- Diskutieren Sie, welche Kriterien für Sie entscheidend wären und wie Sie sie gewichten würden.

Tragen Sie maximal 10 Kriterien Ihrer Wahl und ihren prozentualen Anteil in die grau unterlegten Felder ein.

Damit bestimmen Sie die Anzahl der Sektoren und ihre Aufteilung im Kreisdiagramm.

Achten Sie darauf, dass die Summe der prozentualen Anteile 100 beträgt ("OK!", sonst "FEHLER!")

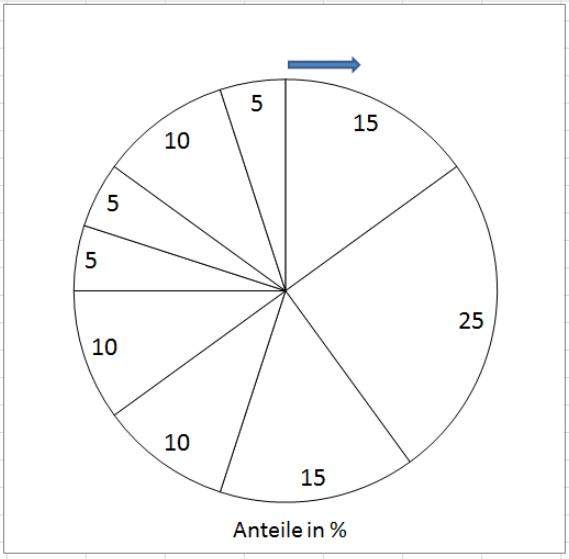



- Bewerten Sie jeden der von Ihnen gewählten Aspekte durch Anfärben des jeweils angeklickten Sektors.
- Wählen Sie dazu unter "Start" und "Füllfarbe" jeweils eine der vier Standardfarben (blau, grün, orange, rot) aus
- Die Darstellung der Kriterien im Kreisdiagramm erfolgt von oben ausgehend im Uhrzeigersinn (Pfeil)

Legen Sie die Füllfarben durch Anklicken der Kreissektoren selbst fest!

sehr gut | gut | mäßig | schlecht

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Artenvielfalt | 15 | % |
| 2 | Gewässergüte (biologisch) | 25 | % |
| 3 | Mineralstoffbelastung | 15 | % |
| 4 | Geruch | 10 | % |
| 5 | Sichttiefe | 10 | % |
| 6 | Salzgehalt | 5 | % |
| 7 | pH-Wert | 5 | % |
| 8 | Vielfalt der Lebensräume | 10 | % |
| 9 | Uferrand | 5 | % |
| 10 | | | % |
| | Σ | 100 | % OK! |



# "Brainstorming": Einige mögliche Bewertungskriterien…

Nur solche Kriterien die sich tatsächlich untersuchen lassen sollten in unsere Bewertung eingehen!

| | | |
|---|---|---|
| Naturnah/künstlich | | |
| Nutzung (Natur, Freizeit etc.) | Geologische Umgebung (pH-Wert, Carbonat) | Zeitpunkt der Beobachtung |
| Größe | | Jahreszeit (Frühjahr-/Sommermaximum des Algenwachstums) |
| Tiefe | | Färbung |
| Umgebung (z.B. Landwirtschaft) | Böden in der Umgebung | Trübung |
| | | Abfiltierbare Soffe |
| Wasseraustausch (Zu-/Abfluss) | Gewässerboden | |
| Wassergeschwindigkeit | | |
| Schichtung | Besonnung (Temperatur) | Sichttiefe |
| Zirkulation | Licht (Photosynthese) | |
| | Eindringtiefe des Lichts | Abbauprozesse (z.B. Blasenbildung an der Oberfläche) |
| Verfügbarkeit von "Nährstoffen" | Lichtfarbe in der Tiefe | |
| Stickstoffeintrag | | |
| Phosphateintrag | | |
| | | Geruch |
| | | Gesachmack |
| Sauerstoffverbrauch ($BSB_5$) | | |
| Sauerstoffgehalt (O2/Liter) | Höhe über NN (Klima) | |
| Tagesgang ($O_2$) | Temperatur | |
| | Tagesgang der Temperatur | |
| Biologische Gewässergüte | | |
| | | |
| Artenvielfalt (Biodiversität) | | Bewertung aus menscnlicher Perspektive |
| Vielfalt der Lebensräume | | Bewertung aus der Perspektive der im Gewässer lebenden Pflanzen und Tiere |
| Zustand in verschiedenen Tiefenschichten | | |
| | pH-Wert | |
| | $CO_2$-Verfügbarkeit | |
| Ufer | | |
| | | |
| Chemische Gewässergüte | | |
| | | |
| Mineralstoffbelastung (N,P etc) | Härte (Gesamt-, Carbonat-Härte) | |
| Salzgehalt (Leitfähigkeit) | | |
| | | |
| Pflanzen | | |
| "Verunkrautung" | Gift-/Schadstoffe | |
| | | |
| Fischarten | | **und…** |
| | | **und…** |
| | | **und…** |
| Bakterien | | |

Schulbiologie zentrum Hannover

# Gewässeruntersuchung nach Zeiger-Tierarten

Gewässer: _____

Datum:_____ Tageszeit:_____

**H = Häufigkeitsklassen**

Achtung:

Die Tierarten werden je nach der gefundenen Anzahl in „Häufigkeitsklassen“ eingruppiert

| Anzahl Tiere | **H** |
|---|---|
| 1 | 1 |
| 2 – 10 | 2 |
| 11 – 40 | 3 |
| 41 – 80 | 4 |
| 81 – 150 | 5 |
| 151 – 300 | 6 |
| >300 | 7 |

| Tierart | s* | H | s x H |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| | s* | H | s x H |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Summe H | | | |
| Summe (s x H) | | | |

$$SI^* = \frac{\text{Summe (s x H)}}{\text{Summe H}} = ____ =$$

*) **Saprobienwert s** **)**Saprobienindex SI** (Gesamtbewertung) **k. A.** : Keine Angabe möglich

(Werte nach Schwab, Helmut: „Süßwassertiere / Ein ökologisches Bestimmungsbuch“)

Schulbiologiezentrum Hannover, Me 160712

Schulbiologie zentrum Hannover

# Gewässeruntersuchung nach Zeiger-Tierarten

Gewässer: _____

Datum:_____ Tageszeit:_____

| | Anzahl Tiere | **H** |
|---|---|---|
| **H = Häufigkeitsklassen** | 1 | 1 |
| | 2 – 10 | 2 |
| | 11 – 40 | 3 |
| Achtung: | 41 – 80 | 4 |
| Die Tierarten werden je nach der gefundenen Anzahl in „Häufigkeitsklassen“ eingruppiert | 81 – 150 | 5 |
| | 151 – 300 | 6 |
| | >300 | 7 |

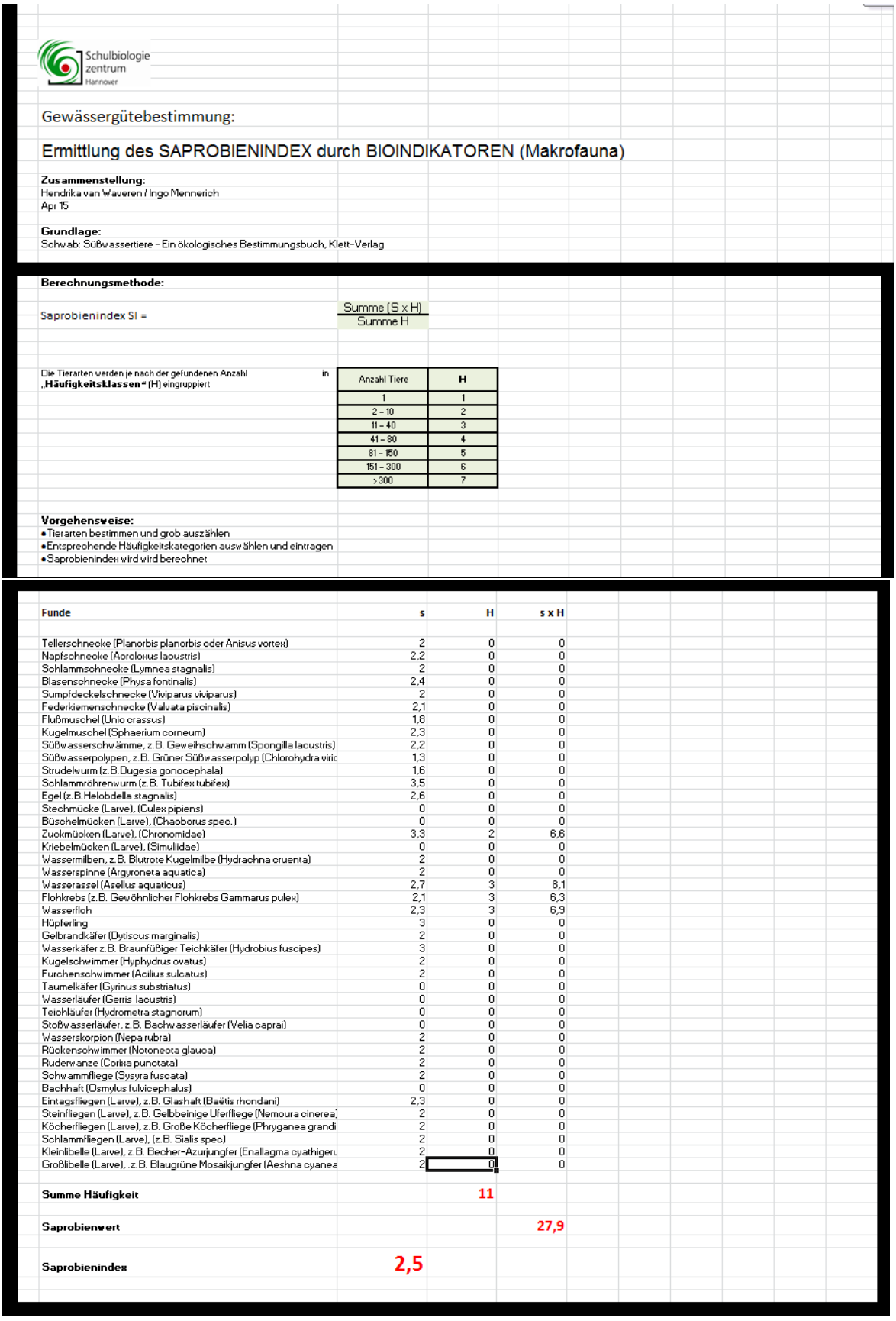
| Tierart | s* | H | s x H |
|---|---|---|---|
| | | | |
| **Schnecken** | | | |
| Tellerschnecke (Planorbis planorbis oder Anisus vortex) | 2,0 | | |
| Napfschnecke (Acroloxus lacustris) | 2,2 | | |
| Schlammschnecke (Lymnea stagnalis) | 2,0 | | |
| Blasenschnecke (Physa fontinalis) | 2,4 | | |
| Sumpfdeckelschnecke (Viviparus viviparus) | 2,0 | | |
| Federkiemenschnecke (Valvata piscinalis) | 2,1 | | |
| **Muscheln** | | | |
| Flußmuschel (Unio crassus) | 1,8 | | |
| Kugelmuschel (Sphaerium corneum) | 2,3 | | |
| **Schwämme** | | | |
| Süßwasserschwämme, z.B. Geweihschwamm (Spongilla lacustris) | 2,2 | | |
| **Nesseltiere** | | | |
| Süßwasserpolypen, z.B. Grüner Süßwasserpolyp (Chlorohydra viridissima) | 1,3 | | |
| **Strudelwürmer** | | | |
| z.B. Dreieckskopf-Strudelwurm (Dugesia gonocephala) | 1,6 | | |
| **Wenigborster** | | | |
| z.B. Schlammröhrenwurm (Tubifex tubifex) | 3,5 | | |
| **Egel** | | | |
| z.B. Pferdeegel (Helobdella stagnalis) | 2,6 | | |

| Tierart | s* | H | s x H |
|---|---|---|---|
| **Mücken** | | | |
| Stechmücke (Larve), (Culex pipiens) | k. A. | | |
| Büschelmücken (Larve), (Chaoborus spec.) | k. A. | | |
| Zuckmücken (Larve), (Chronomidae) | 3,3 | | |
| Kriebelmücken (Larve), (Simuliidae) | k. A. | | |
| **Spinnentiere** | | | |
| Wassermilben, z.B. Blutrote Kugelmilbe (Hydrachna cruenta) | 2 | | |
| Wasserspinne (Argyroneta aquatica) | 2 | | |
| **Krebse** | | | |
| Wasserassel (Asellus aquaticus) | 2,7 | | |
| Flohkrebs (z.B. Gewöhnlicher Flohkrebs Gammarus pulex) | 2,1 | | |
| **Käfer** | | | |
| Gelbrandkäfer (Dytiscus marginalis) | 2 | | |
| Wasserkäfer z.B. Braunfüßiger Teichkäfer (Hydrobius fuscipes) | 3 | | |
| Kugelschwimmer .(Hyphydrus ovatus) | 2 | | |
| Furchenschwimmer (Acilius sulcatus) | 2 | | |
| Taumelkäfer (Gyrinus substriatus) | k. A. | | |
| **Wasserläufer** | | | |
| Wasserläufer (Gerris lacustris) | k. A. | | |
| Teichläufer (Hydrometra stagnorum) | k. A. | | |
| Stoßwasserläufer, z.B. Bachwasserläufer (Velia caprai) | k. A. | | |
| **Wasserwanzen** | | | |
| Wasserskorpion (Nepa rubra) | 2 | | |
| Rückenschwimmer (Notonecta glauca) | 2 | | |
| Ruderwanze (Corixa punctata) | 2 | | |
| **Netzflügler** | | | |
| Schwammfliege (Sysyra fuscata) | 2 | | |
| Bachhaft (Osmylus fulvicephalus) | k. A. | | |
| | | | |
| **Eintagsfliegen** (Larve), z.B. Glashaft (Baëtis rhondani) | 2,3 | | |
| **Steinfliegen** (Larve), z.B. Gelbbeinige Uferfliege (Nemoura cinerea) | 2 | | |
| **Köcherfliegen** (Larve), z.B. Große Köcherfliege (Phryganea grandis) | 2 | | |
| **Schlammflie**gen (Larve), .(z.B. Sialis spec) | 2 | | |
| **Libellen** | | | |
| Kleinlibelle (Larve), z.B. Becher-Azurjungfer (Enallagma cyathigerum) | 2 | | |
| Großlibelle (Larve), .z.B. Blaugrüne Mosaikjungfer (Aeshna cyanea) | 2 | | |
| | | | |
| | | Summe H | |
| | | Summe (s x H) | |

$$SI^* = \frac{\text{Summe (s x H)}}{\text{Summe H}} = \frac{\quad}{\quad} =$$

*) **Saprobienwert s** **)**Saprobienindex SI** (Gesamtbewertung) **k. A.** : Keine Angabe möglich
(Werte nach Schwab, Helmut: „Süßwassertiere / Ein ökologisches Bestimmungsbuch“)

# EXCEL-Programm zur Ermittlung des Saprobienindex



Schulbiologie zentrum Hannover

Gewässergütebestimmung:

Ermittlung des SAPROBIENINDEX durch BIOINDIKATOREN (Makrofauna)

**Zusammenstellung:**
Hendrika van Waveren / Ingo Mennerich
Apr 15

**Grundlage:**
Schwab: Süßwassertiere - Ein ökologisches Bestimmungsbuch, Klett-Verlag

**Berechnungsmethode:**

Saprobienindex SI = Summe (S x H) / Summe H

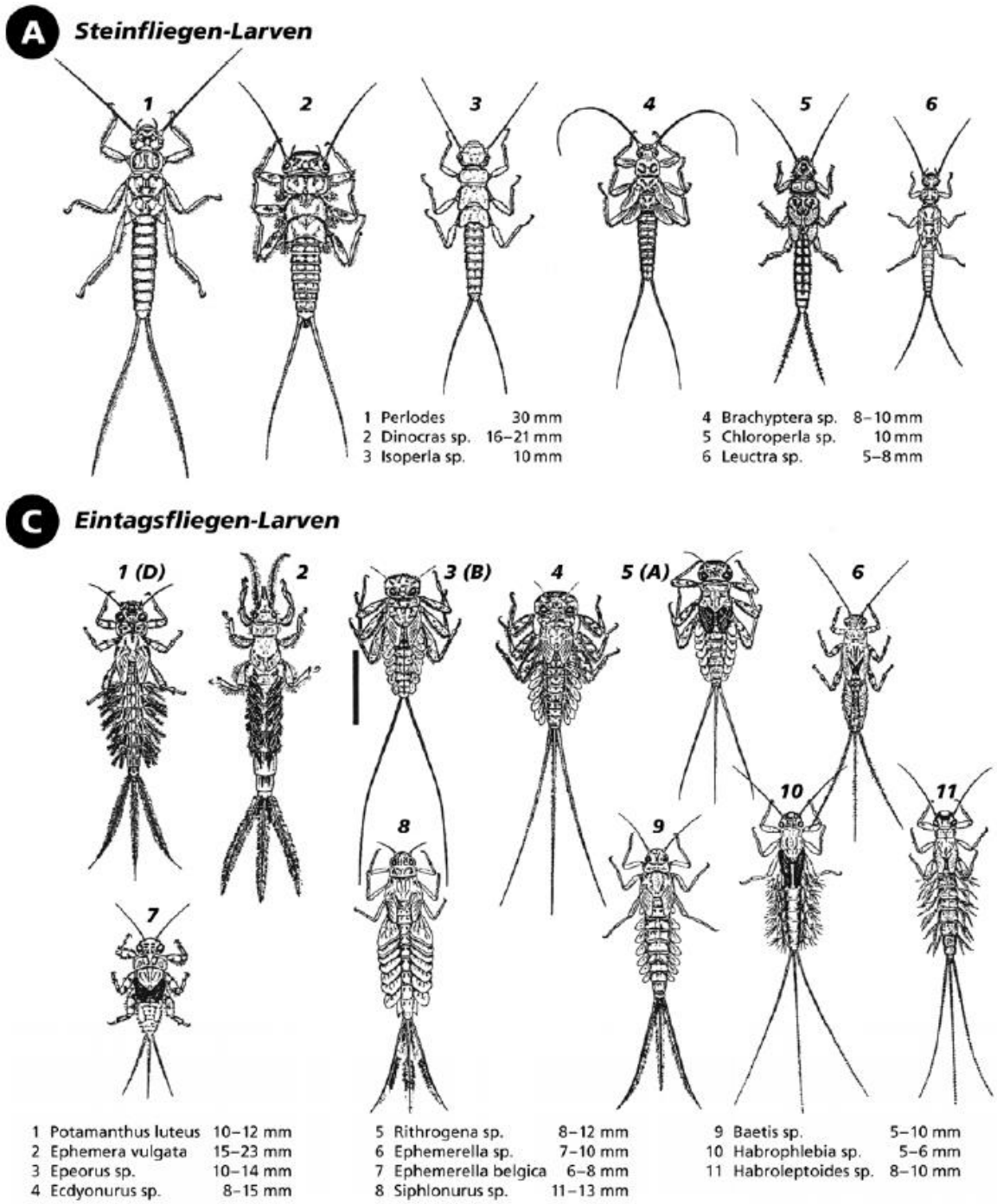
Die Tierarten werden je nach der gefundenen Anzahl in **„Häufigkeitsklassen"** (H) eingruppiert

| Anzahl Tiere | H |
|---|---|
| 1 | 1 |
| 2 - 10 | 2 |
| 11 - 40 | 3 |
| 41 - 80 | 4 |
| 81 - 150 | 5 |
| 151 - 300 | 6 |
| >300 | 7 |

**Vorgehensweise:**
- Tierarten bestimmen und grob auszählen
- Entsprechende Häufigkeitskategorien auswählen und eintragen
- Saprobienindex wird wird berechnet

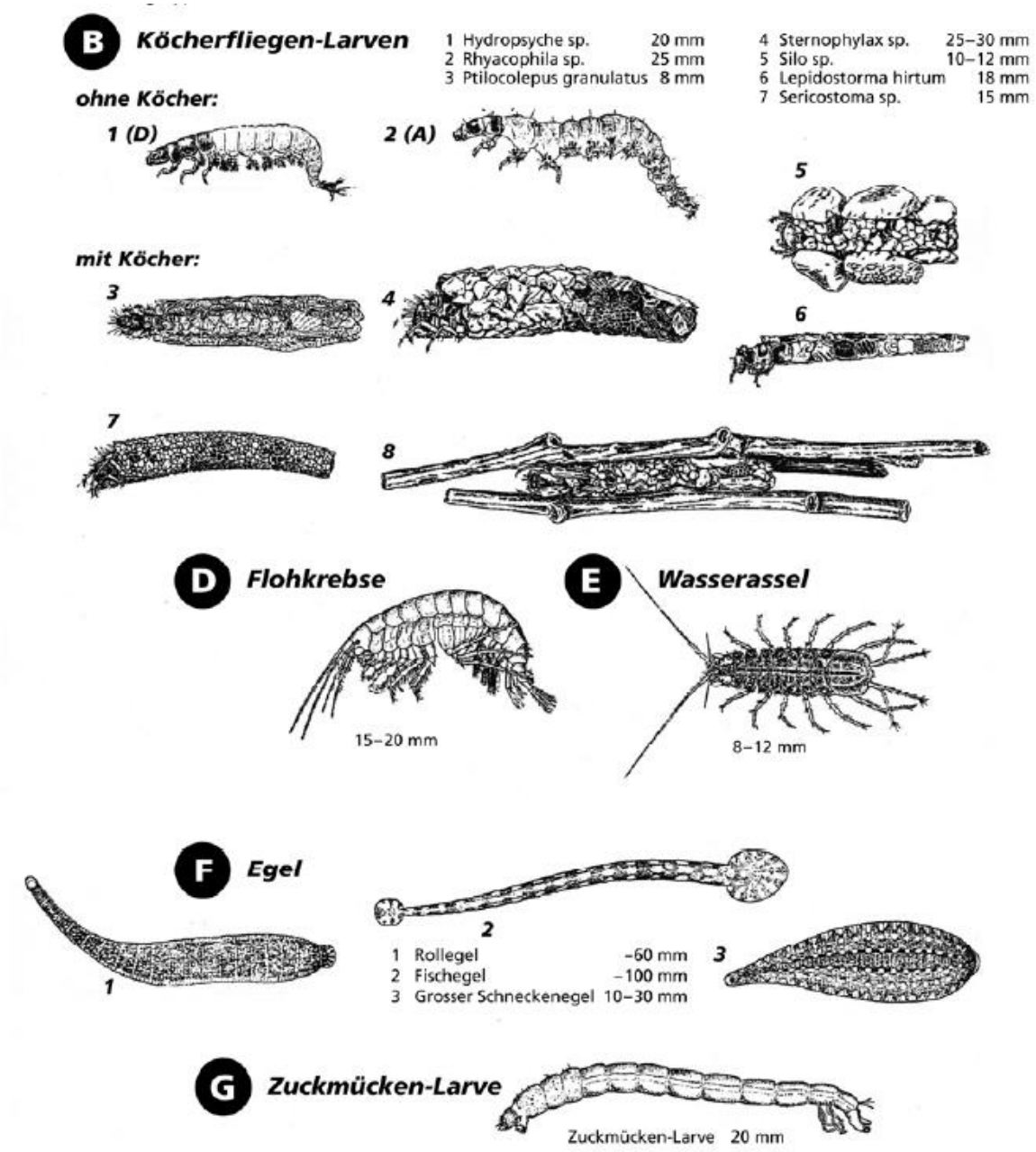
| Funde | s | H | s x H |
|---|---|---|---|
| Tellerschnecke (Planorbis planorbis oder Anisus vortex) | 2 | 0 | 0 |
| Napfschnecke (Acroloxus lacustris) | 2,2 | 0 | 0 |
| Schlammschnecke (Lymnea stagnalis) | 2 | 0 | 0 |
| Blasenschnecke (Physa fontinalis) | 2,4 | 0 | 0 |
| Sumpfdeckelschnecke (Viviparus viviparus) | 2 | 0 | 0 |
| Federkiemenschnecke (Valvata piscinalis) | 2,1 | 0 | 0 |
| Flußmuschel (Unio crassus) | 1,8 | 0 | 0 |
| Kugelmuschel (Sphaerium corneum) | 2,3 | 0 | 0 |
| Süßwasserschwämme, z.B. Geweihschwamm (Spongilla lacustris) | 2,2 | 0 | 0 |
| Süßwasserpolypen, z.B. Grüner Süßwasserpolyp (Chlorohydra viric | 1,3 | 0 | 0 |
| Strudelwurm (z.B.Dugesia gonocephala) | 1,6 | 0 | 0 |
| Schlammröhrenwurm (z.B. Tubifex tubifex) | 3,5 | 0 | 0 |
| Egel (z.B.Helobdella stagnalis) | 2,6 | 0 | 0 |
| Stechmücke (Larve), (Culex pipiens) | 0 | 0 | 0 |
| Büschelmücken (Larve), (Chaoborus spec.) | 0 | 0 | 0 |
| Zuckmücken (Larve), (Chronomidae) | 3,3 | 2 | 6,6 |
| Kriebelmücken (Larve), (Simuliidae) | 0 | 0 | 0 |
| Wassermilben, z.B. Blutrote Kugelmilbe (Hydrachna cruenta) | 2 | 0 | 0 |
| Wasserspinne (Argyroneta aquatica) | 2 | 0 | 0 |
| Wasserassel (Asellus aquaticus) | 2,7 | 3 | 8,1 |
| Flohkrebs (z.B. Gewöhnlicher Flohkrebs Gammarus pulex) | 2,1 | 3 | 6,3 |
| Wasserfloh | 2,3 | 3 | 6,9 |
| Hüpferling | 3 | 0 | 0 |
| Gelbrandkäfer (Dytiscus marginalis) | 2 | 0 | 0 |
| Wasserkäfer z.B. Braunfüßiger Teichkäfer (Hydrobius fuscipes) | 3 | 0 | 0 |
| Kugelschwimmer (Hyphydrus ovatus) | 2 | 0 | 0 |
| Furchenschwimmer (Acilius sulcatus) | 2 | 0 | 0 |
| Taumelkäfer (Gyrinus substriatus) | 0 | 0 | 0 |
| Wasserläufer (Gerris lacustris) | 0 | 0 | 0 |
| Teichläufer (Hydrometra stagnorum) | 0 | 0 | 0 |
| Stoßwasserläufer, z.B. Bachwasserläufer (Velia caprai) | 0 | 0 | 0 |
| Wasserskorpion (Nepa rubra) | 2 | 0 | 0 |
| Rückenschwimmer (Notonecta glauca) | 2 | 0 | 0 |
| Ruderwanze (Corixa punctata) | 2 | 0 | 0 |
| Schwammfliege (Sysyra fuscata) | 2 | 0 | 0 |
| Bachhaft (Osmylus fulvicephalus) | 0 | 0 | 0 |
| Eintagsfliegen (Larve), z.B. Glashaft (Baëtis rhondani) | 2,3 | 0 | 0 |
| Steinfliegen (Larve), z.B. Gelbbeinige Uferfliege (Nemoura cinerea) | 2 | 0 | 0 |
| Köcherfliegen (Larve), z.B. Große Köcherfliege (Phryganea grandi | 2 | 0 | 0 |
| Schlammfliegen (Larve), (z.B. Sialis spec) | 2 | 0 | 0 |
| Kleinlibelle (Larve), z.B. Becher-Azurjungfer (Enallagma cyathigeru | 2 | 0 | 0 |
| Großlibelle (Larve), .z.B. Blaugrüne Mosaikjungfer (Aeshna cyanea | 2 | 0 | 0 |
| **Summe Häufigkeit** | | 11 | |
| **Saprobienwert** | | | 27,9 |
| **Saprobienindex** | 2,5 | | |

# Übersicht Wirbellose in Gewässern



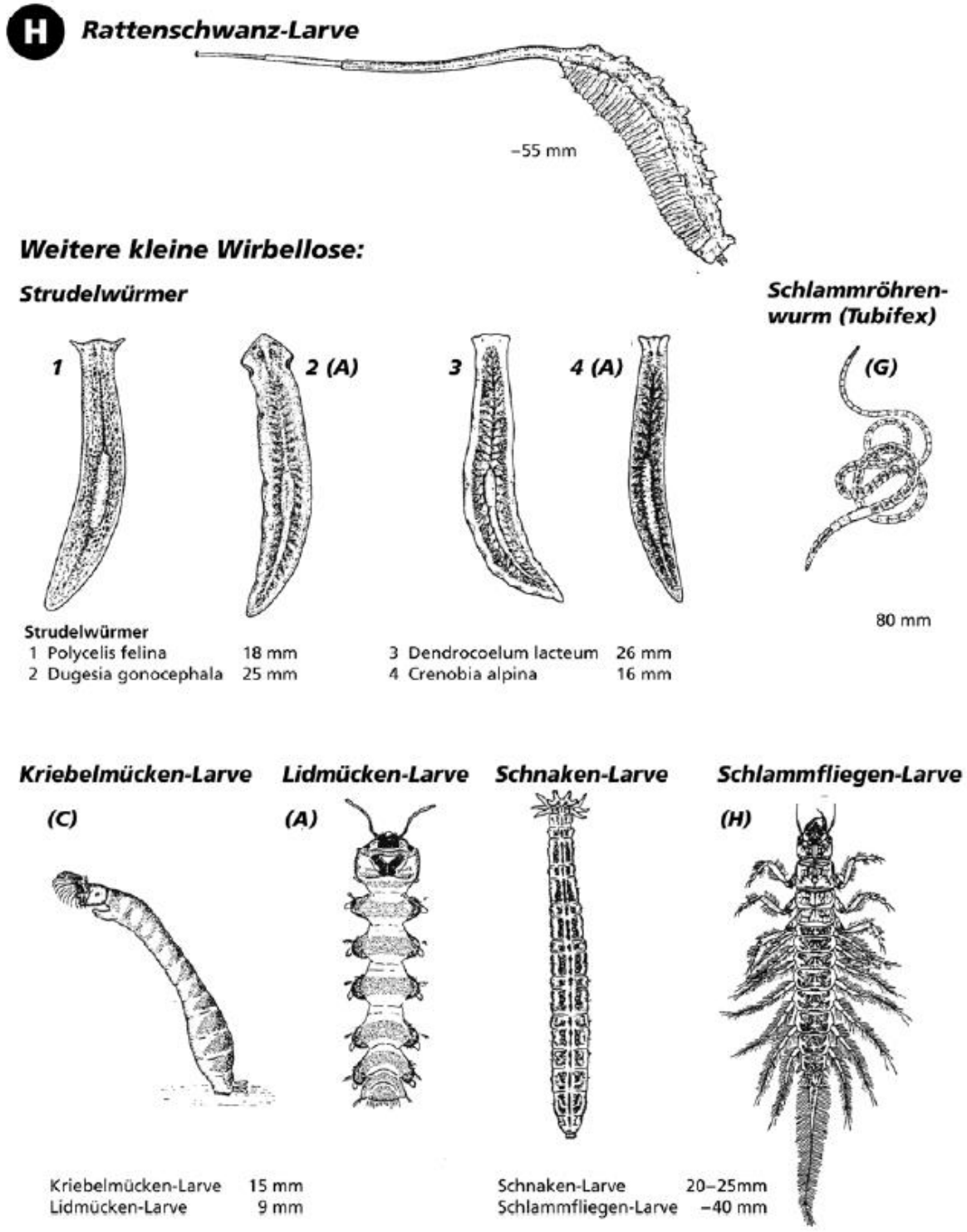

Abbildungen aus W. Engelhardt: *Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?*
Kosmos, Frankh'sche Verlagshandlung Stuttgart

http://www.naturschule.ch




Abbildungen aus W. Engelhardt: *Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?*
Kosmos, Frankh'sche Verlagshandlung Stuttgart

http://www.naturschule.ch




Abbildungen aus W. Engelhardt: *Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?*
Kosmos, Frankh'sche Verlagshandlung Stuttgart

http://www.naturschule.ch

Schulbiologie zentrum Hannover

# Gewässergüte nach Pflanzen bestimmen:

I = Index 1 - 5 (Zeigerwert)

| Indexbereiche | | | |
|---|---|---|---|
| Bereich | Nährstoffgehalt | Stufe | Farbkennzeichnung |
| 1,0 - 1,9 | sehr gering | oligotroph | dunkelblau |
| 2,0 - 2,4 | gering | | hellblau |
| 2,5 - 2,9 | mäßig | mesotroph | grün |
| 3,0 - 3,4 | erheblich | | gelb |
| 3,5 - 3,9 | hoch | eutroph | orange |
| 4,0 - 5,0 | sehr hoch | polytroph | rot |

H = Häufigkeit 1 - 5

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | sehr selten, Einzelfunde | 4 | häufig |
| 2 | selten | 5 | sehr häufig, flächendeckend |
| 3 | verbreitet | | |

**Bestimmungsbuch:**

Wolfgang Engelhardt: „Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher“

Pflanzen und Tiere unserer Gewässer

**Fett gedruckte Arten**: In „Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher“ enthalten

Aus verschiedenen Quellen zusammengestellt (Juli 2012)

MELZER, A.(1976): Makrophytische Wasserpflanzen als Indikatoren des Gewässerzustandes oberbayerischer Seen. - Diss.Bot.,Verlag J.Cramer, Vaduz, Bd. 34.

Quellen:

Bernd Humberg, Unterwasserführer Europäische Binnengewässer

van de Weyer & Raabe, Characeen-Bestimmungsschlüssel NRW 2.Fassung 1996

Landes-Tauchsportverband Bremen (www.ltv-bremen.de)

Biologische Gütebestimmung stehender Gewässer in Oberbayern nach MELZER

Armleuchteralgen

| Zeiger-Art | Seite | Index | H | I x H |
|---|---|---|---|---|
| Streifhaarige Armleuchteralge (Chara hispida) | | 1 | | |
| **Rauhe Armleuchteralge (Chara aspera),** | 90 | 1,5 | | |
| Armleuchteralge (Chara tomentosa) | | 2 | | |
| Feine Armleuchteralge (Chara delicatula) | | 2 | | |
| Armleuchteralge (Nitella opaca) | | 2,5 | | |
| Gegensätzliche Armleuchteralge (Chara contraria) | | 2,5 | | |
| Zerbrechliche Armleuchteralge (Chara fragilis) | | 2,5 | | |
| Stern Armleuchteralge (Nitellopsis obtusa) | | 2,5 | | |
| | | | SUMME: | |

Auf der Wasseroberfläche schwimmende Pflanzen

| Zeiger-Art | Seite | Index | H | I x H |
|---|---|---|---|---|
| **Schwimmendes Laichkraut (Potamogeton natans)** | 88 | 2,5 | | |
| **Teichlinse (Spirodela polyrrhyza)** | 88 | 5 | | |
| **Dreifurchige Wasserlinse (Lemna triscula)** | 89 | 5 | | |
| **Kleine Wasserlinse (Lemna minor)** | 88 | 5 | | |
| | | | SUMME: | |

Untergetaucht im Wasser lebende Pflanzen

| Zeiger-Art | Seite | Index | H | I x H |
|---|---|---|---|---|
| **Wasserschlauch (Utricularia australis)** | 90 | 1 | | |
| Grasartiges Laichkraut (Potamogeton gramenius) | | 2,5 | | |
| **Ähriges Tausendblatt (Myriophyllum spicatum)** | 86 | 3 | | |
| **Durchwachenes Laichkraut (Potamogeton perfoliatus)** | 89 | 3 | | |
| Gemeine Armleuchteralge (Chara vulgaris) | | 3 | | |
| Haarblättriges Laichkraut (Potamogeton trichoides) | | 3 | | |
| **Glänzendes Laichkraut (Potamogeton lucens)** | 88 | 3,5 | | |
| Kleines Laichkraut (Potamogenton berchtoldii) | | 3,5 | | |
| Zwerg-Laichkraut (Potamogeton pusillus) | | 3,5 | | |
| **Quirlblättriges Tausendblatt (Myriophyllum verticillatum)** | 86 | 3,5 | | |
| **Gemeiner Tannwedel (Hippuris vulgaris)** | 94 | 4 | | |
| **Kamm Laichkraut (Potamogeton pectinatus)** | 89 | 4 | | |
| Wasserstern (Callitriche cophacarpaa) | | 4 | | |
| Haarblättriger Hahnenfuß (Ranunculus trichophyllus) | | 4,5 | | |
| **Kanadische Wasserpest (Elodea canadiensis)** | 82 | 4,5 | | |
| **Krauses Laichkraut (Potamogeton crispus)** | 89 | 4,5 | | |
| Nuttalls Wasserpest (Elodea nuttallii) | | 4,5 | | |
| Spreizender Hahnenfuß (Ranunculus circinatus) | | 4,5 | | |
| Stumpfblättriges Laichkraut (Potamogeton obtusifolius) | | 4,5 | | |
| **Gemeines Hornblatt (Ceratophyllum demersum)** | 86 | 5 | | |
| **Gewöhliches Pfeilkraut (Sagittaria sagittifolia)** | 92 | 5 | | |
| **Teichfaden (Zannichellia palustris)** | 89 | 5 | | |
| | | | SUMME: | |

Schulbiologie zentrum Hannover

# Sauerstoffgehalt des Wassers:

**Löslichkeit von Sauerstoff**

in Abhängigkeit von der Temperatur bei 1013 hPa Gesamtdruck der wasserdampfgesättigten Atmosphäre.

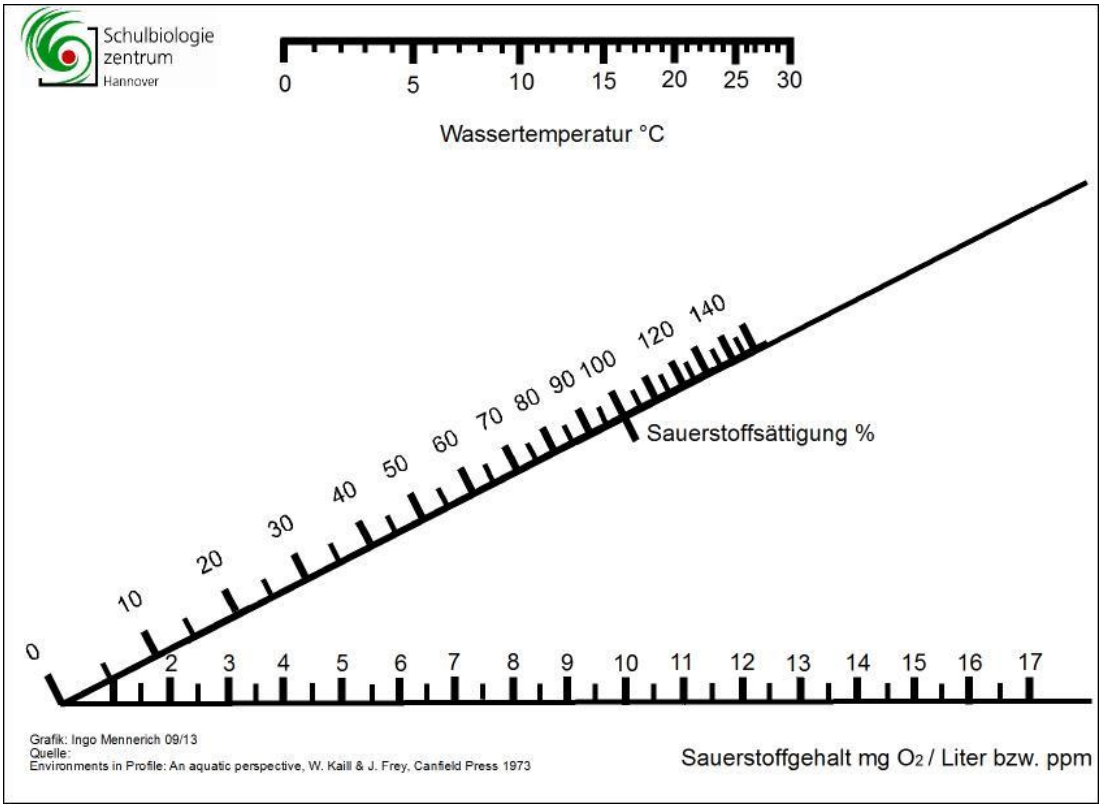
Nach Truesdale, Downing und Lowden - J. Appl. Chem. 5 (1955)

| T°C | $O_2$ mg/L | T°C | $O_2$ mg/L | T°C | $O_2$ mg/L | T°C | $O_2$ mg/L |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 14.16 | 10 | 10.92 | 20 | 8.84 | 30 | 7,53 |
| 1 | 13,77 | 11 | 10.67 | 21 | 8.68 | 31 | 7.42 |
| 2 | 13.40 | 12 | 10.43 | 22 | 8.53 | 32 | 7.32 |
| 3 | 13.05 | 13 | 10.20 | 23 | 8.38 | 33 | 7.22 |
| 4 | 12.70 | 14 | 9.98 | 24 | 8.25 | 34 | 7.13 |
| 5 | 12.37 | 15 | 9.76 | 25 | 8.11 | 35 | 7,04 |
| 6 | 12.06 | 16 | 9.56 | 26 | 7.99 | 36 | 6.94 |
| 7 | 11,76 | 17 | 9.37 | 27 | 7,86 | 37 | 6.86 |
| 8 | 11,47 | 18 | 9.18 | 28 | 7.75 | 38 | 6.76 |
| 9 | 11.19 | 19 | 9.01 | 29 | 7.64 | 39 | 6.68 |
| 10 | 10.92 | 20 | 8.84 | 30 | 7.53 | 40 | 6,59 |

**Sauerstoffsättigung**

$$\text{Sauerstoffsättigung} = \frac{\text{Gemessener Wert}}{\text{Maximaler Wert}} \times 100\% = _____ \%$$

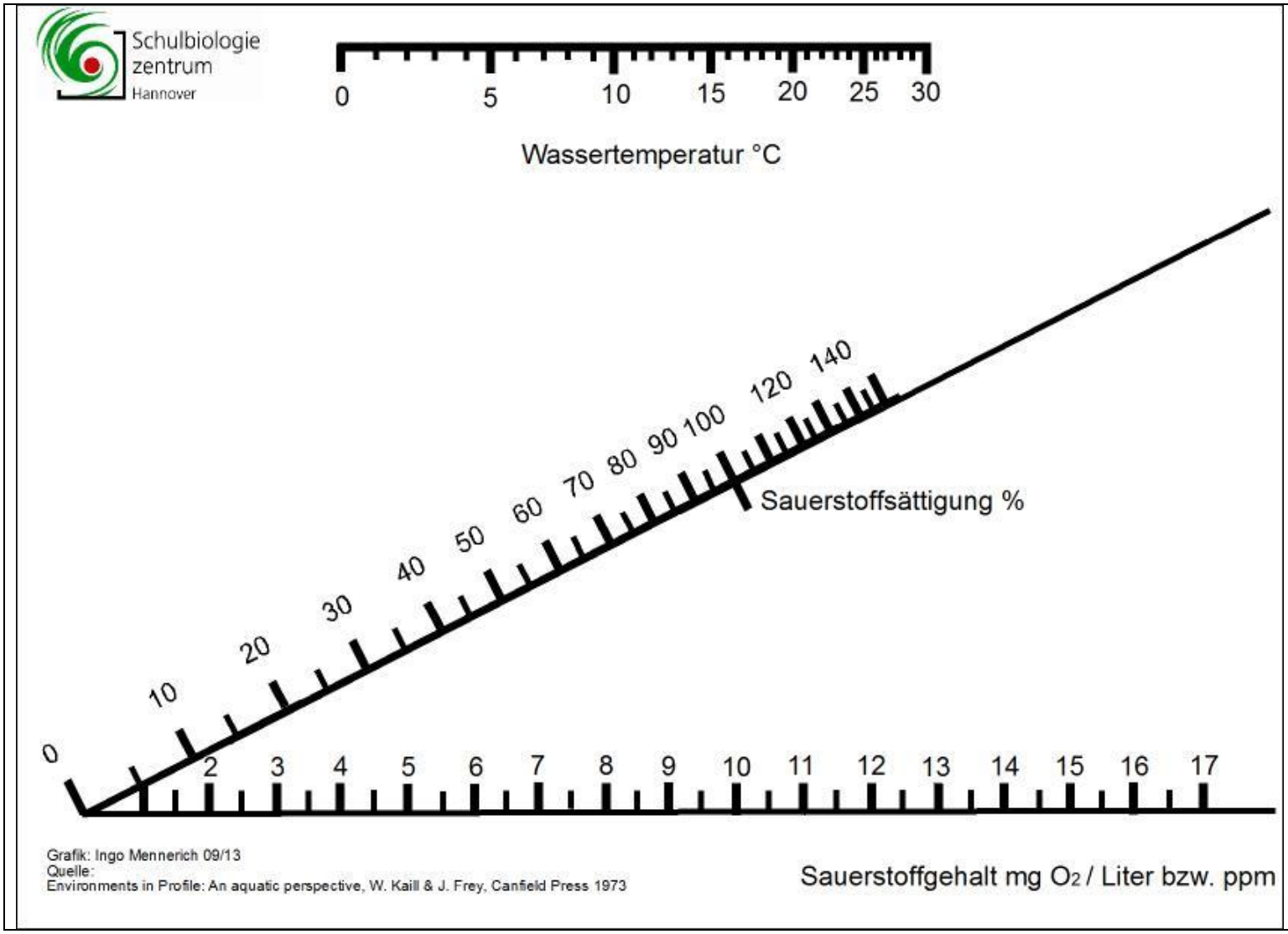
## Sauerstoffgehalt, -sättigung und Gewässer-Güteklasse




- Verbinde mit einem Lineal die gemessene Wassertemperatur T°C mit dem gemessenen Sauerstoffgehalt (mg $O_2$ / Liter bzw. ppm)
- Lies die Sauerstoffsättigung in Prozent ab.
- Vergleiche die abgelesene Sauerstoffsättigung mit dem vorher errechneten Wert.

### Sauerstoffgehalt und Gewässer-Güteklasse

| Kennfarbe | Güteklasse | Grad der Belastung | Saprobienindex SI | | | mg $O_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | unbelastet bis sehr gering belastet | 1,0 - < 1,5 | | | > 8 |
| | I - II | gering belastet | 1,5 - < 1,8 | | | > 8 |
| | II | mäßig belastet | 1,8 - < 2,3 | | | > 6 |
| | II - III | kritisch belastet | 2,3 - < 2,7 | | | > 4 |
| | III | stark verschmutzt | 2,7 - < 3,2 | | | > 2 |
| | III - IV | Sehr stark verschmutzt | 3,2 - < 3,5 | | | < 2 |
| | IV | übermäßig verschmutzt | 3,5 – 4,0 | | | < 2 |

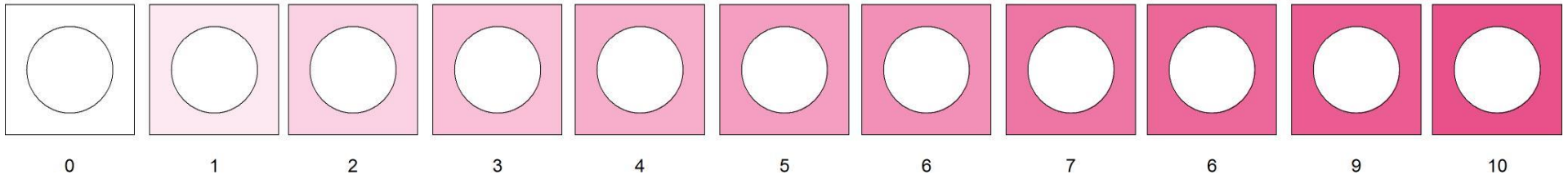



- Verbinde mit einem Lineal die gemessene Wassertemperatur T°C mit dem gemessenen Sauerstoffgehalt (mg $O_2$ / Liter bzw. ppm)
- Lies die Sauerstoffsättigung in Prozent ab.
- Vergleiche die abgelesene Sauerstoffsättigung mit dem vorher errechneten Wert

.

# Farbtafel

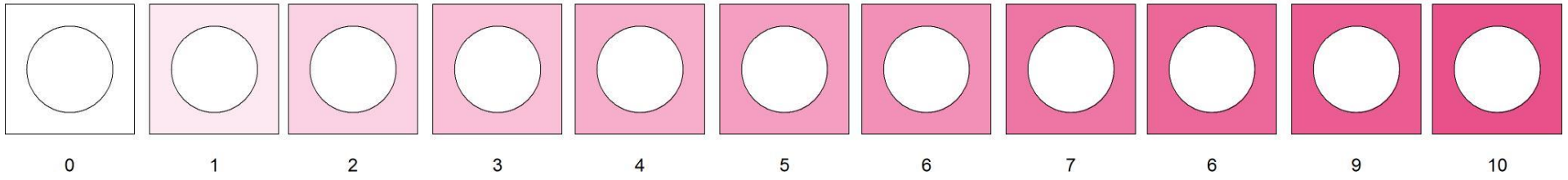
## Sauerstoffgehalt in mg/Liter bzw. ppm




---

# Farbtafel

## Sauerstoffgehalt in mg/Liter bzw. ppm



# Sauerstoffmessung mit AQUANAL-Reagenzien (Sauerstoff 1,2 und 3)

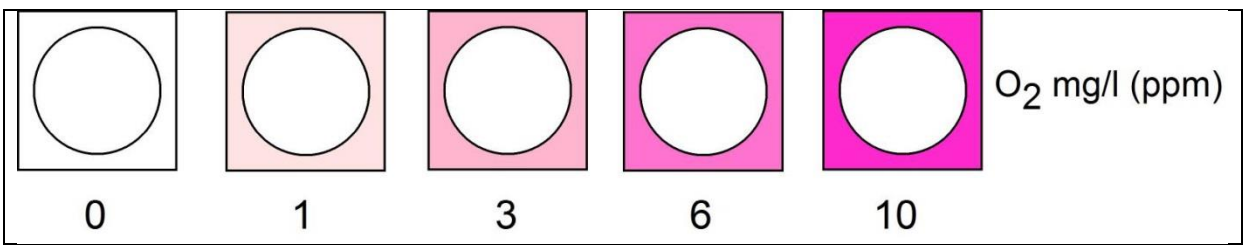
Foto: WINLAB

## Sauerstoff ($O_2$)

(Deckelfarbe der Reagenz)

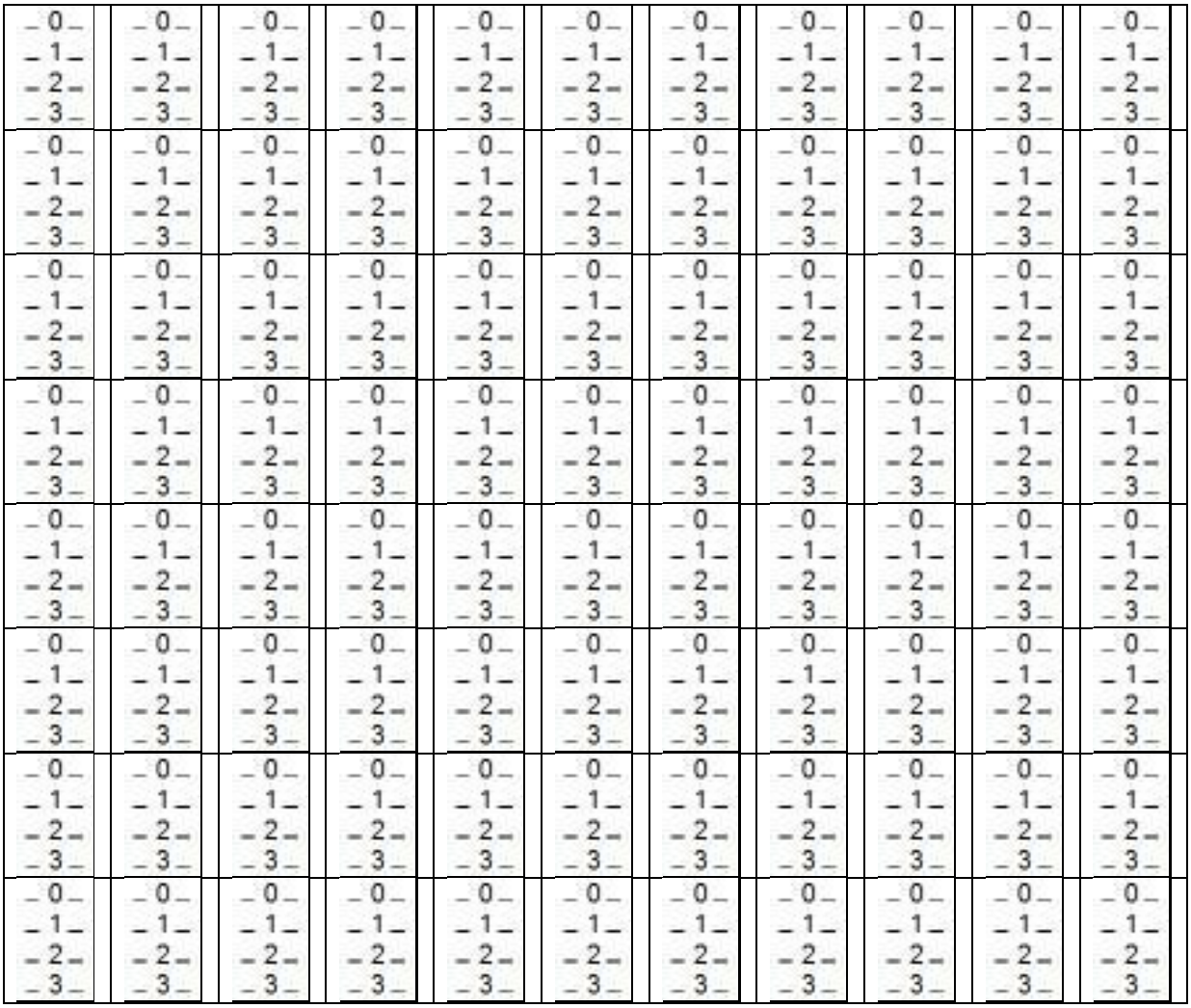
1. Sauerstoff-Spritze aufschrauben, bis zur Markierung "0" aufziehen und luftfrei (!) mit der Wasserprobe füllen. Danach wieder zuschrauben.
2. Bis zur Markierung "1" Reagenz 1 aufziehen (Adapter "1"!).
3. Bis zur Markierung "2" Reagenz 2 aufziehen (Adapter "2"!). Schutzkappe aufsetzen und 30s umschütteln.
4. Bis zur Markierung "3" Reagenz 3 aufziehen (Adapter "3"!). Schutzkappe aufsetzen und 10x umschütteln.
5. Probeglas ("$O_2$")bis zur Markierung mit der Lösung aus der Spritze füllen.
6. Farbabgleich durchführen.

Farbskala zum Abgleich



Sauerstofftest

Markierung für 100ml Spritzen



## Sauerstoff-Schnelltest mit Probenröhrchen und AQUANAL-Reagenzien:

Die im bei uns ausleihbaren AQUANAL Fishwater-LAB verwendeten drei Reagenzien zum Sauerstofftest können kostensparend reduziert werden wenn man nicht ein ganzes Spritzenvolumen der Gewässerprobe aufzieht sondern nur das Volumen eines kleinen Probenglases untersucht.

Nachteilig sind mögliche größere Ungenauigkeiten weil das Tropfenvolumen schwankt und im Verhältnis zur Probe sehr groß ist. In der Praxis hat sich aber gezeigt, dass die Ergebnisse durchaus mit denen der "Originalmethode" mithalten können.

Im AQUANAL Fishwater-LAB wird eine Wasserprobe von 30 ml in eine Spritze gegeben. Dann werden nacheinander drei Reagenzien von jeweils 1,25 ml aufgezogen wodurch sich eine vom Sauerstoffgehalt mehr oder weniger intensive Rosafärbung einstellt.
Ein kleiner Teil der angefärbten Probe wird in ein Messgefäß mit einem Eichstrich gefüllt. Dieser liegt 12 mm über dem Boden des Bechers.

Umrechnung Spritze / Probenröhrchen:

Das Spritzenvolumen (bis Markierung "0" ist 30 ml, das Volumen des Probenglases 6,35 ml.

Das Volumen zwischen den Markierungen "0", "1", "2" und "3" beträgt jeweils 1,25 ml.

$$\frac{x}{6{,}35\text{ml}} = \frac{1{,}25\text{ml}}{30\text{ml}}$$

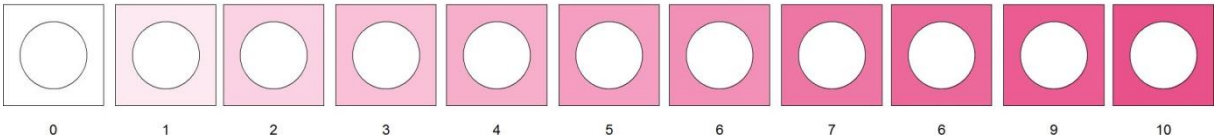
Daraus folgt: Das Volumen pro Reagenz beträgt dann 0,265 ml

Ausgehend von einem in der Pharmakologie standandisierten "Normaltropfen" von 0,05ml Volumen bedeutet das:

- Pro Reagenz sind dem Probenvolumen etwa 5 Tropfen hinzuzufügen.

Zum Farbabgleich wird ein zweites Röhrchen wird bis zum Eichstrich (12mm hoch) mit der Probe aufgefüllt.

## Sauerstoffgehalt in mg/Liter bzw. ppm



Schulbiologie zentrum Hannover

# Sauerstoffgehalt des Wassers

## Formeln für ein EXCEL-Programm

Die US-amerikanische Bundesbehörde USGS (Geological Survey) bietet unter http://water.usgs.gov/software/DOTABLES/

frei konfigurierbare und hoch auflösende Tabellen zum Sauerstofflöslichkeit im Wasser an und zwar unter Berücksichtigung

- der Wassertemperatur
- des Salzgehaltes
- und des Luftdrucks

Diese "DO TABLES" sind ein nützliches und bequem zu nutzendes Handwerkszeug.

Wer sich die Mühe macht die Löslichkeit nicht nur in Anhängigkeit der Wassertemperatur sondern auch bei unterschiedlicher Salinität und wechselndem Luftdruck zu betrachten wird feststellen, dass sich diese beiden Parameter recht erheblich auf den maximalen Sauerstoffgehalt auswirken können.

Generell gilt: Die $O_2$-Löslichkeit sinkt mit zunehmendem Salzgehalt und fallendem Luftdruck.

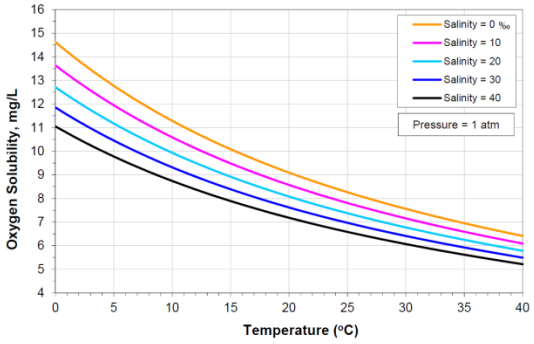



**Figure 6.** Graph showing the predicted solubility of oxygen in water at 1 atmosphere (760 mm H as a function of water temperature and salinity using the Benson and Krause (1980, 1984) formu embodied in equations 1 and 7-11 of this Technical Memorandum.

Löslichkeit von $O_2$ im Wasser in Abhängigkeit von der Salinität (‰)

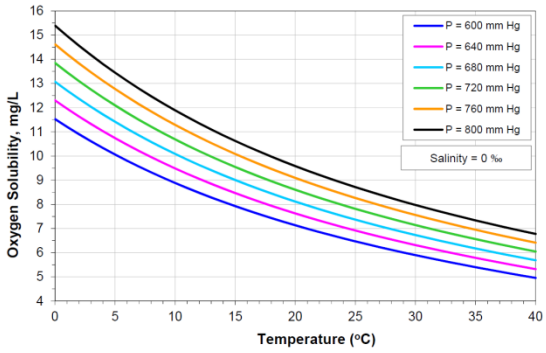



**Figure 5.** Graph showing the predicted solubility of oxygen in freshwater (salinity = 0‰) as a function of water temperature and barometric pressure using the Benson and Krause (1980, 19 formulas embodied in equations 1 and 7-11 of this Technical Memorandum.

Löslichkeit von $O_2$ im Wasser in Abhängigkeit vom Luftdruck (mmHg = Torr)

Die hinter den Tabellen und Diagrammen stehenden auf der Basis von Messergebnissen ermittelten empirischen Formeln lassen es zu eigene Programme zu schreiben, z.B. in EXCEL.

# Sauerstoff-Rechner für Gewässer

Schulbiologie zentrum Hannover

Sauerstoffsättigung in mg/Liter unter Berücksichtigung des Salzgehaltes (‰) und des Luftdrucks (hPa)

Formel nach BENSON & KRAUSE (1980/1984)

$[DO]=[DO]_o * F_S * F_P$

Ingo Mennerich, September 2016

$DO$ = Dissolved Ogygen (max. löslicher Sauerstoff)

$DO_\theta$ = Dissolved Ogygen ( $T$ (K), $F_S$ = 0‰, $F_P$ = 1 atm = 1013,25 hPa)

$F_S$ = Salinität (‰)

$F_P$ = Luftdruck (atm)

Quelle: US Geological Survey, Office of Water Quality Technical Memorandum 2011.03

http://water.usgs.gov/software/DOTABLES/

| | | | |
|---|---|---|---|
| T°C | 20 °C | | Eingabe T°C |
| K | 293,15 K | | Umrechnung T°C→ K |
| Salzgehalt | 0 ppt (‰) | | Eingabe g Salz/1000g Wasser |
| Luftdruck | 1040 hPa | | Eingabe Luftdruck hPa) |
| | 780,06 mmHg (Torr) | | Umrechnung hPa → mmHg (Torr), 1Pa = 7,5006E-3 mmHg (Torr) |
| | 1,026 atm | | Umrechnung hPa → atm (1Pa = 9,8692E-6 atm) |
| DO ( $T, S, P$ ) | 9,29 mg/L | | Ausgabe DO: Maximale Sauerstoffkonzentration mg/Liter |
| Tatsächlicher Messwert | 6,9 mg/L | | Eingabe gemessene Sauerstoffkonzentration mg/Liter (= ppm) |
| Sauerstoffsättigung | 74,2 % | | Ausgabe relativer Sauerstoffgehalt |

| Konstanten | |
|---|---|
| A0 | -1,39E+02 |
| A1 | 1,58E+05 |
| A2 | -6,64E+07 |
| A3 | 1,24E+10 |
| A4 | -8,62E+11 |

Formeln

$$\ln C_{sat}(T,S) = A_0 + \frac{A_1}{T} + \frac{A_2}{T^2} + \frac{A_3}{T^3} + \frac{A_4}{T^4} + S \cdot \left[ B_0 + \frac{B_1}{T} + \frac{B_2}{T^2} \right] \qquad (2.13)$$

$$DO_o = \exp\left[ -139.34411 + \frac{1.575701x10^5}{T} - \frac{6.642308x10^7}{T^2} + \frac{1.243800x10^{10}}{T^3} - \frac{8.621949x10^{11}}{T^4} \right].$$

| Salzgehalt (Konstanten) | |
|---|---|
| B0 | 0,017674 |
| B1 | -10,754000 |
| B2 | 2140,700000 |

$$F_S = exp\left[ -S * \left( 0{,}017674 - \frac{10{,}754}{T} + \frac{2140{,}7}{T^2} \right) \right]$$

| Luftdruck ($\theta_0$, $u$) | | |
|---|---|---|
| | 0,002325581 | $\theta_0 = 0{,}000975 - 1{,}426 * 10^{-2} T + 6{,}436 * 10^{-8} T^2$ |
| | 0,023074251 | $u = exp\left[ 11{,}8571 - \frac{3840{,}70}{T} - \frac{216961}{T^2} \right]$ |
| $F_P$ | 1,02219 | $F_P = \frac{(P-u) * (1-\theta_0 P)}{(1-u) * (1-\theta_0)}$ |

Die maximal im Wasser gelöste Sauerstoffmenge (*DO* = Disolved Oxygen) errrechnet sich nach

$$[DO] = DO_o * F_S * F_P$$

mit dem Salzgehalt $F_S$ und dem Luftdruck $F_P$.

Bei Wikipedia findet man unter "Sauerstoffsättigung" folgende von WEISS (1970) empirisch entwickelte Formel

$$\ln DO_0 = A_1 + A_2 \frac{100}{T} + A_3 \ln \frac{T}{100} + A_4 \frac{T}{100}$$

mit $A_1$ = -173,4292, $A_2$ = 249,6339, $A_3$ = 143,3483 und $A_2$ = -21,8492

und $T$ = Temperatur in Kelvin (T°C + 273,15).

Bei einem Luftdruck von 1013 hPa und einem Salzgehalt von 0 reicht diese Formel zur Berechnung aus.

Beachten Sie bitte den Natürlichen Logarithmus (ln) in der Formel.

Spielt der Salzgehalt eine Rolle (Brackwasser, salzige Abflüsse vor Abraumhalden) muss das Ergebnis mit dem Faktor $F_S$ multipliziert werden:

$$F_S = S\left[B_1 + B_2 \frac{100}{T} + B_2 \left(\frac{T}{100}\right) + B_3 \left(\frac{T}{100}\right)^2\right]$$

mit $B_1$ = -0,033096, $B_2$ = 0,014259, $B_3$ = -0,0017 und $S$ = Salzgehalt in g/kg Wasser.

Quelle: Wikipedia

In einer EXCEL-Tabelle ist der Natürliche Logarithmus (LN) des *DO*:

=-173,4292+249,6339*100/A1+143,3483*LN(A1/100)+(-21,8492*(A1/100))+A2*(-0,033096+0,014259*(A1/100)+(-0,0017*(A1/100)^2))

und der *DO* daher der Exponent EXP () dieses Wertes:

= EXP(-173,4292+249,6339*100/A1+143,3483*LN(A1/100)+(-21,8492*(A1/100))+A2*(-0,033096+0,014259*(A1/100)+(-0,0017*(A1/100)^2)))

- A1 ist die Temperatur K: T °C + 273,15
- A2 ist der Salzgehalt in g/Liter

Achtung: Mit dieser Formel errechnen Sie die maximale Sauerstoffkonzentration in ml/Liter.

Um das Ergebnis in die übliche Größe mg/L umzurechnen muss es mit der Dichte des Sauerstoffs multipliziert werden.

Die Dichte von $O_2$ bei 20° C beträgt 1,429 kg/m$^3$.

Damit beträgt der Faktor 1,429 (→1 ml $O_2$ = 1,429 g $O_2$)

Unter http://water.usgs.gov/software/DOTABLES/ ist eine Variante der WEISS´schen Formel aufgeführt. Sie führt unmittelbar zur Größe mg/L:

$$DO_0 = 1{,}42905 * \exp\left[-173{,}4292 + 249{,}6339\left(\frac{100}{T}\right) + 143.3483\left(\ln\left(\frac{T}{100}\right)\right) - 21{,}8492\left(\frac{T}{100}\right)\right]$$

In EXCEL:

=1,42905*EXP(-173,4292+249,6339*(100/A1)+143,3483*(LN(A1/100))-21,8492*(A1/100))

Wobei A1 wieder die Temperatur in Kelvin ist.

In der Formel von WEISS geht der nicht unerhebliche Einfluß des Luftdrucks nicht ein.

BENSON und KRAUSE veröffentlichten 1980 eine verbesserte Formel:

$$DO_0 = \exp\left[-139{,}34411 + \frac{1{,}575701 * 10^5}{T} - \frac{6{,}642308 * 10^7}{T^2} + \frac{1{,}243800 * 10^{10}}{T^3} - \frac{8{,}621949 * 10^{11}}{T^4}\right]$$

mit *T* = Temperatur in Kelvin (T°C + 273,15).

Der maximale Sauerstoffgehalt ist hier mg/Liter, die Umrechnung entfällt also.

Der "Salzfaktor" ist hier

$$F_S = exp\left[-S * \left(0{,}017674 - \frac{10{,}754}{T} + \frac{2140{,}7}{T^2}\right)\right]$$

mit *S* = Salzgehalt in ppt (‰)

Quellen (http://water.usgs.gov/software/DOTABLES)

$$DO_o = \exp\left[-139.34411 + \frac{1.575701x10^5}{T} - \frac{6.642308x10^7}{T^2} + \frac{1.243800x10^{10}}{T^3} - \frac{8.621949x10^{11}}{T^4}\right],$$

$$F_S = \exp\left[-S * \left(0.017674 - \frac{10.754}{T} + \frac{2140.7}{T^2}\right)\right],$$

Der Luftdruck geht folgendermaßen in die Gleichung ein:

$$F_P = \frac{(P-u) * (1 - \Theta_0 P)}{(1-u) * (1 - \Theta_0)}$$

mit $\Theta_0 = 0{,}000975 - 1{,}426 * 10^{-5}T + 6{,}436 * 10^{-8}T^2$ und *T* = *T*°C +273,15

und $u = exp\left[11{,}8571 - \frac{3840{,}70}{T} - \frac{216961}{T^2}\right]$

Der Druck muss hier in Atmosphären (atm) eingegeben werden. Die Umrechnung Pascal / atm ist

1Pa = 9,8692E-6 atm. (1013 hPa = 1000*100*9,8692E-6 = 1 atm)

Eine einfache und daher für den Schulgebrauch nutzbare Formel hat Sam Mozley unter https://projects.ncsu.edu/cals/course/zo419/oxygen.html veröffentlicht:

100% Sat. $O_2$ Conc. = 14,59 - 0,3955*$T$ + 0,0072*$T^2$ - 0,0000619*$T^3$

Nach Eingabe der Wassertemperatur $T$°C liefert sie die Sauerstoffsättigung in mg/L.

Mozley gibt auch Korrekturfaktoren für den mit der Höhe fallenden Luftdruck an:

| Höhe über NN in m | Reduktion des Wertes pro 100m |
|---|---|
| 0 - 600 | 1,3% |
| 600-1500 | 1,0% |
| 1500-3050 | 0,8% |

# Sauerstoffgehalt und Luftdruck

Quelle: http://water.usgs.gov/software/DOTABLES

| Temp. | Luftdruck (mm Hg) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (°C) | 700 | 710 | 720 | 730 | 740 | 750 | 760 | 770 | 780 |
| **0** | 13.5 | 13.7 | 13.8 | 14.0 | 14.2 | 14.4 | 14.6 | 14.8 | 15.0 |
| **1** | 13.1 | 13.3 | 13.5 | 13.7 | 13.8 | 14.0 | 14.2 | 14.4 | 14.6 |
| **2** | 12.7 | 12.9 | 13.1 | 13.3 | 13.5 | 13.6 | 13.8 | 14.0 | 14.2 |
| **3** | 12.4 | 12.6 | 12.7 | 12.9 | 13.1 | 13.3 | 13.5 | 13.6 | 13.8 |
| **4** | 12.1 | 12.2 | 12.4 | 12.6 | 12.8 | 12.9 | 13.1 | 13.3 | 13.5 |
| **5** | 11.8 | 11.9 | 12.1 | 12.3 | 12.4 | 12.6 | 12.8 | 12.9 | 13.1 |
| **6** | 11.5 | 11.6 | 11.8 | 12.0 | 12.1 | 12.3 | 12.4 | 12.6 | 12.8 |
| **7** | 11.2 | 11.3 | 11.5 | 11.7 | 11.8 | 12.0 | 12.1 | 12.3 | 12.5 |
| **8** | 10.9 | 11.1 | 11.2 | 11.4 | 11.5 | 11.7 | 11.8 | 12.0 | 12.2 |
| **9** | 10.6 | 10.8 | 10.9 | 11.1 | 11.3 | 11.4 | 11.6 | 11.7 | 11.9 |
| **10** | 10.4 | 10.5 | 10.7 | 10.8 | 11.0 | 11.1 | 11.3 | 11.4 | 11.6 |
| **11** | 10.1 | 10.3 | 10.4 | 10.6 | 10.7 | 10.9 | 11.0 | 11.2 | 11.3 |
| **12** | 9.9 | 10.1 | 10.2 | 10.3 | 10.5 | 10.6 | 10.8 | 10.9 | 11.1 |
| **13** | 9.7 | 9.8 | 10.0 | 10.1 | 10.3 | 10.4 | 10.5 | 10.7 | 10.8 |
| **14** | 9.5 | 9.6 | 9.8 | 9.9 | 10.0 | 10.2 | 10.3 | 10.4 | 10.6 |
| **15** | 9.3 | 9.4 | 9.5 | 9.7 | 9.8 | 9.9 | 10.1 | 10.2 | 10.4 |
| **16** | 9.1 | 9.2 | 9.3 | 9.5 | 9.6 | 9.7 | 9.9 | 10.0 | 10.1 |
| **17** | 8.9 | 9.0 | 9.1 | 9.3 | 9.4 | 9.5 | 9.7 | 9.8 | 9.9 |
| **18** | 8.7 | 8.8 | 9.0 | 9.1 | 9.2 | 9.3 | 9.5 | 9.6 | 9.7 |
| **19** | 8.5 | 8.7 | 8.8 | 8.9 | 9.0 | 9.2 | 9.3 | 9.4 | 9.5 |
| **20** | 8.4 | 8.5 | 8.6 | 8.7 | 8.8 | 9.0 | 9.1 | 9.2 | 9.3 |
| **21** | 8.2 | 8.3 | 8.4 | 8.6 | 8.7 | 8.8 | 8.9 | 9.0 | 9.2 |
| **22** | 8.0 | 8.2 | 8.3 | 8.4 | 8.5 | 8.6 | 8.7 | 8.9 | 9.0 |
| **23** | 7.9 | 8.0 | 8.1 | 8.2 | 8.3 | 8.5 | 8.6 | 8.7 | 8.8 |
| **24** | 7.7 | 7.8 | 8.0 | 8.1 | 8.2 | 8.3 | 8.4 | 8.5 | 8.6 |
| **25** | 7.6 | 7.7 | 7.8 | 7.9 | 8.0 | 8.2 | 8.3 | 8.4 | 8.5 |
| **26** | 7.5 | 7.6 | 7.7 | 7.8 | 7.9 | 8.0 | 8.1 | 8.2 | 8.3 |
| **27** | 7.3 | 7.4 | 7.5 | 7.6 | 7.8 | 7.9 | 8.0 | 8.1 | 8.2 |
| **28** | 7.2 | 7.3 | 7.4 | 7.5 | 7.6 | 7.7 | 7.8 | 7.9 | 8.0 |
| **29** | 7.1 | 7.2 | 7.3 | 7.4 | 7.5 | 7.6 | 7.7 | 7.8 | 7.9 |
| **30** | 6.9 | 7.0 | 7.1 | 7.2 | 7.4 | 7.5 | 7.6 | 7.7 | 7.8 |

# Korrekturfaktoren für Sauerstoffgehalt und Salzgehalt

Quelle: http://water.usgs.gov/software/DOTABLES

| Temp. | Salinität (‰) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (°C) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |
| 0 | 1.000 | 0.993 | 0.986 | 0.979 | 0.972 | 0.966 | 0.959 | 0.952 | 0.946 | 0.939 | 0.932 | 0.926 | 0.919 | 0.913 | 0.907 | 0.900 | 0.894 | 0.888 | 0.882 | 0.876 | 0.869 | 0.863 | 0.857 | 0.851 | 0.845 | 0.840 | 0.834 | 0.828 | 0.822 | 0.816 | 0.811 | 0.805 | 0.799 | 0.794 |
| 1 | 1.000 | 0.993 | 0.986 | 0.979 | 0.973 | 0.966 | 0.959 | 0.953 | 0.946 | 0.940 | 0.933 | 0.927 | 0.920 | 0.914 | 0.908 | 0.901 | 0.895 | 0.889 | 0.883 | 0.877 | 0.871 | 0.865 | 0.859 | 0.853 | 0.847 | 0.841 | 0.835 | 0.829 | 0.824 | 0.818 | 0.812 | 0.807 | 0.801 | 0.796 |
| 2 | 1.000 | 0.993 | 0.986 | 0.980 | 0.973 | 0.966 | 0.960 | 0.953 | 0.947 | 0.940 | 0.934 | 0.927 | 0.921 | 0.915 | 0.908 | 0.902 | 0.896 | 0.890 | 0.884 | 0.878 | 0.872 | 0.866 | 0.860 | 0.854 | 0.848 | 0.842 | 0.837 | 0.831 | 0.825 | 0.819 | 0.814 | 0.808 | 0.803 | 0.797 |
| 3 | 1.000 | 0.993 | 0.986 | 0.980 | 0.973 | 0.967 | 0.960 | 0.953 | 0.947 | 0.941 | 0.934 | 0.928 | 0.922 | 0.915 | 0.909 | 0.903 | 0.897 | 0.891 | 0.885 | 0.879 | 0.873 | 0.867 | 0.861 | 0.855 | 0.849 | 0.844 | 0.838 | 0.832 | 0.827 | 0.821 | 0.815 | 0.810 | 0.804 | 0.799 |
| 4 | 1.000 | 0.993 | 0.987 | 0.980 | 0.973 | 0.967 | 0.960 | 0.954 | 0.947 | 0.941 | 0.935 | 0.929 | 0.922 | 0.916 | 0.910 | 0.904 | 0.898 | 0.892 | 0.886 | 0.880 | 0.874 | 0.868 | 0.862 | 0.856 | 0.851 | 0.845 | 0.839 | 0.834 | 0.828 | 0.822 | 0.817 | 0.811 | 0.806 | 0.801 |
| 5 | 1.000 | 0.993 | 0.987 | 0.980 | 0.974 | 0.967 | 0.961 | 0.954 | 0.948 | 0.942 | 0.935 | 0.929 | 0.923 | 0.917 | 0.911 | 0.905 | 0.899 | 0.893 | 0.887 | 0.881 | 0.875 | 0.869 | 0.863 | 0.858 | 0.852 | 0.846 | 0.841 | 0.835 | 0.829 | 0.824 | 0.818 | 0.813 | 0.808 | 0.802 |
| 6 | 1.000 | 0.993 | 0.987 | 0.980 | 0.974 | 0.967 | 0.961 | 0.955 | 0.948 | 0.942 | 0.936 | 0.930 | 0.924 | 0.918 | 0.911 | 0.905 | 0.899 | 0.894 | 0.888 | 0.882 | 0.876 | 0.870 | 0.864 | 0.859 | 0.853 | 0.847 | 0.842 | 0.836 | 0.831 | 0.825 | 0.820 | 0.814 | 0.809 | 0.804 |
| 7 | 1.000 | 0.993 | 0.987 | 0.981 | 0.974 | 0.968 | 0.961 | 0.955 | 0.949 | 0.943 | 0.936 | 0.930 | 0.924 | 0.918 | 0.912 | 0.906 | 0.900 | 0.894 | 0.889 | 0.883 | 0.877 | 0.871 | 0.866 | 0.860 | 0.854 | 0.849 | 0.843 | 0.838 | 0.832 | 0.827 | 0.821 | 0.816 | 0.811 | 0.805 |
| 8 | 1.000 | 0.994 | 0.987 | 0.981 | 0.974 | 0.968 | 0.962 | 0.955 | 0.949 | 0.943 | 0.937 | 0.931 | 0.925 | 0.919 | 0.913 | 0.907 | 0.901 | 0.895 | 0.889 | 0.884 | 0.878 | 0.872 | 0.867 | 0.861 | 0.855 | 0.850 | 0.844 | 0.839 | 0.833 | 0.828 | 0.823 | 0.817 | 0.812 | 0.807 |
| 9 | 1.000 | 0.994 | 0.987 | 0.981 | 0.975 | 0.968 | 0.962 | 0.956 | 0.950 | 0.944 | 0.938 | 0.932 | 0.926 | 0.920 | 0.914 | 0.908 | 0.902 | 0.896 | 0.890 | 0.885 | 0.879 | 0.873 | 0.868 | 0.862 | 0.857 | 0.851 | 0.846 | 0.840 | 0.835 | 0.829 | 0.824 | 0.819 | 0.814 | 0.808 |
| 10 | 1.000 | 0.994 | 0.987 | 0.981 | 0.975 | 0.969 | 0.962 | 0.956 | 0.950 | 0.944 | 0.938 | 0.932 | 0.926 | 0.920 | 0.914 | 0.909 | 0.903 | 0.897 | 0.891 | 0.886 | 0.880 | 0.874 | 0.869 | 0.863 | 0.858 | 0.852 | 0.847 | 0.841 | 0.836 | 0.831 | 0.825 | 0.820 | 0.815 | 0.810 |
| 11 | 1.000 | 0.994 | 0.987 | 0.981 | 0.975 | 0.969 | 0.963 | 0.957 | 0.951 | 0.945 | 0.939 | 0.933 | 0.927 | 0.921 | 0.915 | 0.909 | 0.904 | 0.898 | 0.892 | 0.886 | 0.881 | 0.875 | 0.870 | 0.864 | 0.859 | 0.853 | 0.848 | 0.843 | 0.837 | 0.832 | 0.827 | 0.822 | 0.816 | 0.811 |
| 12 | 1.000 | 0.994 | 0.988 | 0.981 | 0.975 | 0.969 | 0.963 | 0.957 | 0.951 | 0.945 | 0.939 | 0.933 | 0.927 | 0.922 | 0.916 | 0.910 | 0.904 | 0.899 | 0.893 | 0.887 | 0.882 | 0.876 | 0.871 | 0.865 | 0.860 | 0.855 | 0.849 | 0.844 | 0.839 | 0.833 | 0.828 | 0.823 | 0.818 | 0.813 |
| 13 | 1.000 | 0.994 | 0.988 | 0.981 | 0.975 | 0.969 | 0.963 | 0.957 | 0.951 | 0.945 | 0.940 | 0.934 | 0.928 | 0.922 | 0.916 | 0.911 | 0.905 | 0.899 | 0.894 | 0.888 | 0.883 | 0.877 | 0.872 | 0.866 | 0.861 | 0.856 | 0.850 | 0.845 | 0.840 | 0.835 | 0.829 | 0.824 | 0.819 | 0.814 |
| 14 | 1.000 | 0.994 | 0.988 | 0.982 | 0.976 | 0.970 | 0.964 | 0.958 | 0.952 | 0.946 | 0.940 | 0.934 | 0.928 | 0.923 | 0.917 | 0.911 | 0.906 | 0.900 | 0.895 | 0.889 | 0.884 | 0.878 | 0.873 | 0.867 | 0.862 | 0.857 | 0.851 | 0.846 | 0.841 | 0.836 | 0.831 | 0.826 | 0.820 | 0.815 |
| 15 | 1.000 | 0.994 | 0.988 | 0.982 | 0.976 | 0.970 | 0.964 | 0.958 | 0.952 | 0.946 | 0.940 | 0.935 | 0.929 | 0.923 | 0.918 | 0.912 | 0.906 | 0.901 | 0.895 | 0.890 | 0.885 | 0.879 | 0.874 | 0.868 | 0.863 | 0.858 | 0.853 | 0.847 | 0.842 | 0.837 | 0.832 | 0.827 | 0.822 | 0.817 |
| 16 | 1.000 | 0.994 | 0.988 | 0.982 | 0.976 | 0.970 | 0.964 | 0.958 | 0.952 | 0.947 | 0.941 | 0.935 | 0.930 | 0.924 | 0.918 | 0.913 | 0.907 | 0.902 | 0.896 | 0.891 | 0.885 | 0.880 | 0.875 | 0.869 | 0.864 | 0.859 | 0.854 | 0.848 | 0.843 | 0.838 | 0.833 | 0.828 | 0.823 | 0.818 |
| 17 | 1.000 | 0.994 | 0.988 | 0.982 | 0.976 | 0.970 | 0.964 | 0.959 | 0.953 | 0.947 | 0.941 | 0.936 | 0.930 | 0.925 | 0.919 | 0.913 | 0.908 | 0.902 | 0.897 | 0.892 | 0.886 | 0.881 | 0.876 | 0.870 | 0.865 | 0.860 | 0.855 | 0.850 | 0.844 | 0.839 | 0.834 | 0.829 | 0.824 | 0.819 |
| 18 | 1.000 | 0.994 | 0.988 | 0.982 | 0.976 | 0.970 | 0.965 | 0.959 | 0.953 | 0.948 | 0.942 | 0.936 | 0.931 | 0.925 | 0.920 | 0.914 | 0.909 | 0.903 | 0.898 | 0.892 | 0.887 | 0.882 | 0.877 | 0.871 | 0.866 | 0.861 | 0.856 | 0.851 | 0.846 | 0.841 | 0.835 | 0.830 | 0.826 | 0.821 |
| 19 | 1.000 | 0.994 | 0.988 | 0.982 | 0.977 | 0.971 | 0.965 | 0.959 | 0.954 | 0.948 | 0.942 | 0.937 | 0.931 | 0.926 | 0.920 | 0.915 | 0.909 | 0.904 | 0.899 | 0.893 | 0.888 | 0.883 | 0.877 | 0.872 | 0.867 | 0.862 | 0.857 | 0.852 | 0.847 | 0.842 | 0.837 | 0.832 | 0.827 | 0.822 |

| Temp. | Salinität (‰) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (°C) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |
| **20** | 1.000 | 0.994 | 0.988 | 0.982 | 0.977 | 0.971 | 0.965 | 0.960 | 0.954 | 0.948 | 0.943 | 0.937 | 0.932 | 0.926 | 0.921 | 0.915 | 0.910 | 0.905 | 0.899 | 0.894 | 0.889 | 0.883 | 0.878 | 0.873 | 0.868 | 0.863 | 0.858 | 0.853 | 0.848 | 0.843 | 0.838 | 0.833 | 0.828 | 0.823 |
| **21** | 1.000 | 0.994 | 0.988 | 0.983 | 0.977 | 0.971 | 0.965 | 0.960 | 0.954 | 0.949 | 0.943 | 0.938 | 0.932 | 0.927 | 0.921 | 0.916 | 0.911 | 0.905 | 0.900 | 0.895 | 0.889 | 0.884 | 0.879 | 0.874 | 0.869 | 0.864 | 0.859 | 0.854 | 0.849 | 0.844 | 0.839 | 0.834 | 0.829 | 0.824 |
| **22** | 1.000 | 0.994 | 0.988 | 0.983 | 0.977 | 0.971 | 0.966 | 0.960 | 0.955 | 0.949 | 0.944 | 0.938 | 0.933 | 0.927 | 0.922 | 0.917 | 0.911 | 0.906 | 0.901 | 0.895 | 0.890 | 0.885 | 0.880 | 0.875 | 0.870 | 0.865 | 0.860 | 0.855 | 0.850 | 0.845 | 0.840 | 0.835 | 0.830 | 0.825 |
| **23** | 1.000 | 0.994 | 0.989 | 0.983 | 0.977 | 0.972 | 0.966 | 0.960 | 0.955 | 0.949 | 0.944 | 0.939 | 0.933 | 0.928 | 0.922 | 0.917 | 0.912 | 0.907 | 0.901 | 0.896 | 0.891 | 0.886 | 0.881 | 0.876 | 0.871 | 0.866 | 0.861 | 0.856 | 0.851 | 0.846 | 0.841 | 0.836 | 0.831 | 0.827 |
| **24** | 1.000 | 0.994 | 0.989 | 0.983 | 0.977 | 0.972 | 0.966 | 0.961 | 0.955 | 0.950 | 0.944 | 0.939 | 0.934 | 0.928 | 0.923 | 0.918 | 0.912 | 0.907 | 0.902 | 0.897 | 0.892 | 0.887 | 0.882 | 0.877 | 0.872 | 0.867 | 0.862 | 0.857 | 0.852 | 0.847 | 0.842 | 0.837 | 0.833 | 0.828 |
| **25** | 1.000 | 0.994 | 0.989 | 0.983 | 0.978 | 0.972 | 0.966 | 0.961 | 0.956 | 0.950 | 0.945 | 0.939 | 0.934 | 0.929 | 0.923 | 0.918 | 0.913 | 0.908 | 0.903 | 0.898 | 0.892 | 0.887 | 0.882 | 0.877 | 0.872 | 0.867 | 0.863 | 0.858 | 0.853 | 0.848 | 0.843 | 0.838 | 0.834 | 0.829 |
| **26** | 1.000 | 0.994 | 0.989 | 0.983 | 0.978 | 0.972 | 0.967 | 0.961 | 0.956 | 0.950 | 0.945 | 0.940 | 0.934 | 0.929 | 0.924 | 0.919 | 0.914 | 0.908 | 0.903 | 0.898 | 0.893 | 0.888 | 0.883 | 0.878 | 0.873 | 0.868 | 0.863 | 0.859 | 0.854 | 0.849 | 0.844 | 0.839 | 0.835 | 0.830 |
| **27** | 1.000 | 0.994 | 0.989 | 0.983 | 0.978 | 0.972 | 0.967 | 0.962 | 0.956 | 0.951 | 0.945 | 0.940 | 0.935 | 0.930 | 0.925 | 0.919 | 0.914 | 0.909 | 0.904 | 0.899 | 0.894 | 0.889 | 0.884 | 0.879 | 0.874 | 0.869 | 0.864 | 0.860 | 0.855 | 0.850 | 0.845 | 0.840 | 0.836 | 0.831 |
| **28** | 1.000 | 0.994 | 0.989 | 0.983 | 0.978 | 0.973 | 0.967 | 0.962 | 0.956 | 0.951 | 0.946 | 0.941 | 0.935 | 0.930 | 0.925 | 0.920 | 0.915 | 0.910 | 0.905 | 0.900 | 0.895 | 0.890 | 0.885 | 0.880 | 0.875 | 0.870 | 0.865 | 0.860 | 0.856 | 0.851 | 0.846 | 0.841 | 0.837 | 0.832 |
| **29** | 1.000 | 0.994 | 0.989 | 0.984 | 0.978 | 0.973 | 0.967 | 0.962 | 0.957 | 0.951 | 0.946 | 0.941 | 0.936 | 0.931 | 0.925 | 0.920 | 0.915 | 0.910 | 0.905 | 0.900 | 0.895 | 0.890 | 0.885 | 0.881 | 0.876 | 0.871 | 0.866 | 0.861 | 0.857 | 0.852 | 0.847 | 0.842 | 0.838 | 0.833 |
| **30** | 1.000 | 0.995 | 0.989 | 0.984 | 0.978 | 0.973 | 0.968 | 0.962 | 0.957 | 0.952 | 0.947 | 0.941 | 0.936 | 0.931 | 0.926 | 0.921 | 0.916 | 0.911 | 0.906 | 0.901 | 0.896 | 0.891 | 0.886 | 0.881 | 0.876 | 0.872 | 0.867 | 0.862 | 0.857 | 0.853 | 0.848 | 0.843 | 0.839 | 0.834 |

## Rechenbeispiel:

T"C: 15°C

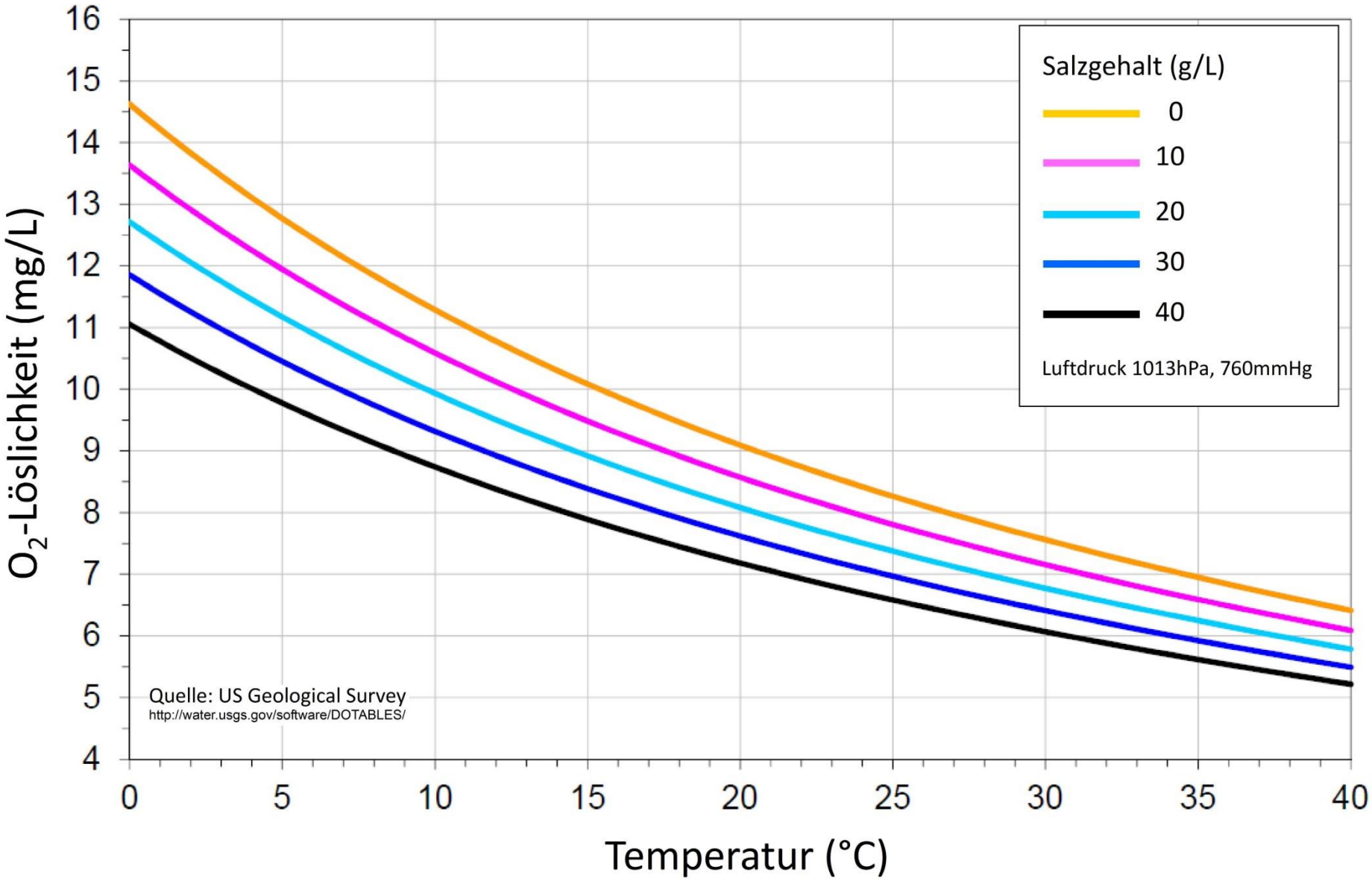
Luftdruck: 740 mm Hg

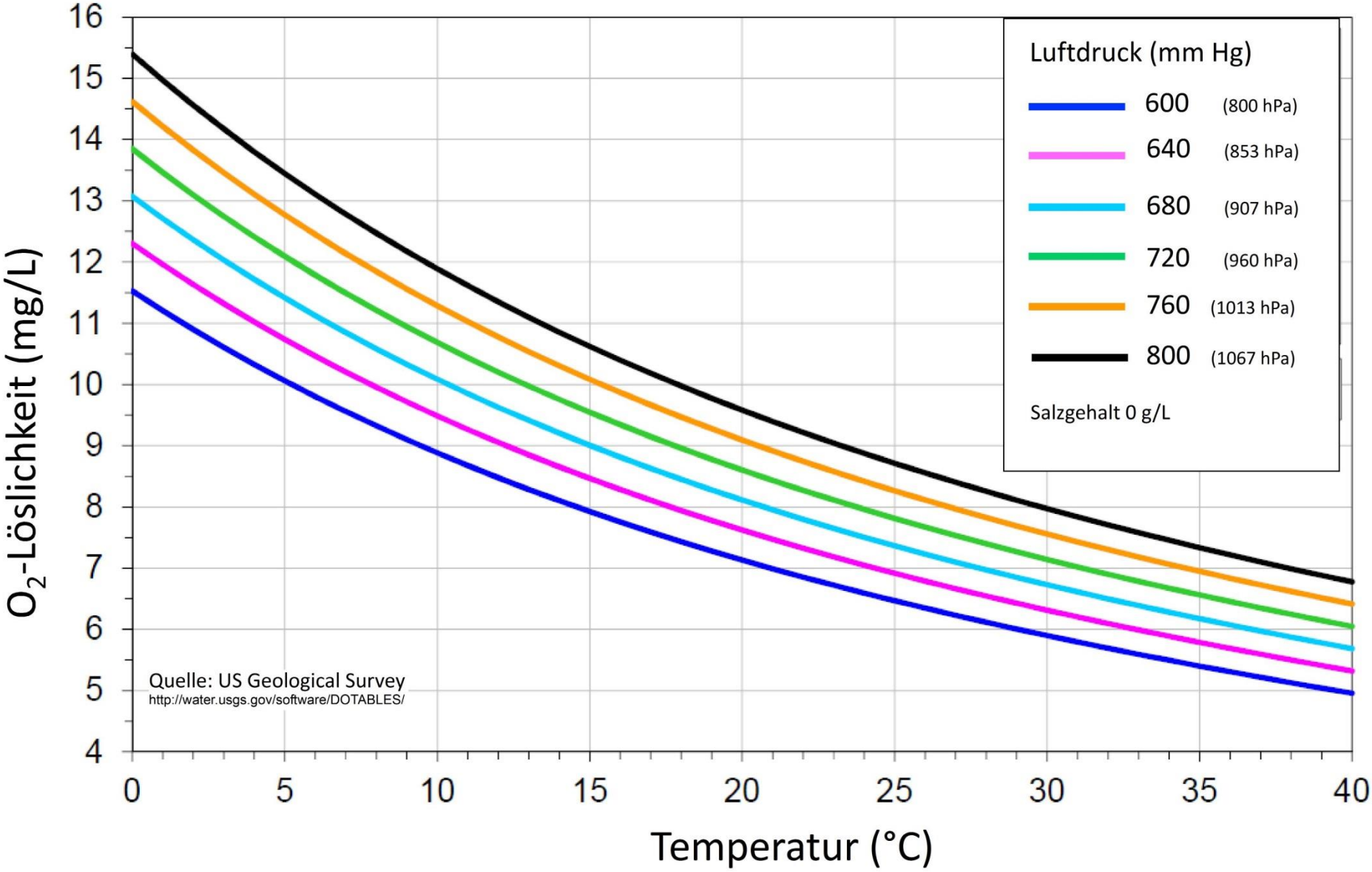
DO: 9,8 mg/L $O_2$

Salzgehalt 3‰

Korrekturfaktor: 0.982

DO (S): 9,62 mg/L $O_2$


Salzgehalt (g/L)
0
10
20
30
40
Luftdruck 1013hPa, 760mmHg
Quelle: US Geological Survey
http://water.usgs.gov/software/DOTABLES/
O2-Löslichkeit (mg/L)
Temperatur (°C)
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
0
5
10
15
20
25
30
35
40


Luftdruck (mm Hg)
600 (800 hPa)
640 (853 hPa)
680 (907 hPa)
720 (960 hPa)
760 (1013 hPa)
800 (1067 hPa)
Salzgehalt 0 g/L
Quelle: US Geological Survey
http://water.usgs.gov/software/DOTABLES/
O2-Löslichkeit (mg/L)
Temperatur (°C)
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
0
5
10
15
20
25
30
35
40

Schulbiologie zentrum Hannover

# Elektrische Leitfähigkeit und Salzgehalt

## Berechnungsgrundlagen:

*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition, 1999, S. 204f*
*www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf*

*http://salinometry.com/pss-78/*

Die Elektrische Leitfähigkeit der Gewässerprobe gibt Aufschluß über die Konzentration leitender Ionen. Sie wird mit dem Leitfähigkeits-Messgerät in Milli- oder MikroSiemens (mS/cm oder µS/cm) abgelesen Wobei 1 ms = 1000 µS ist.

Der Salzgehalt (PSU = Practical Salinity Units, TDS = Total Dissolved Solids) wird in g/Liter (=ppt) angegeben.

Bei der Berechnung muss die Wassertemperatur *T* (°C) berücksichtigt werden.

Der Salzgehalt S berechnet sich wie folgt:

$$S = a_0 + a_1 {R_t}^{1/2} + a_2 R_t + a_3 {R_t}^{3/2} + a_4 {R_t}^2 + a_5 {R_t}^{5/2} + \Delta S$$

mit

$$\Delta S = \left[\frac{t-15}{1+0{,}0162(t-15)}\right]\left(b_0 + b_1 {R_t}^{1/2} + b_2 R_t + b_3 {R_t}^{3/2} + b_4 {R_t}^2 + b_5 {R_t}^{5/2}\right)$$

und den Konstanten:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a_0$ | 0,008 | $b_0$ | 0,0005 |
| $a_1$ | -0,1692 | $b_1$ | -0,0056 |
| $a_2$ | 25,3851 | $b_2$ | -0,0066 |
| $a_3$ | 14,0941 | $b_3$ | -0,0375 |
| $a_4$ | -7,0261 | $b_4$ | 0,0636 |
| $a_5$ | 2,7081 | $b_5$ | -0,0144 |

Die gemessene Leitfähigkeit wird in Beziehung gesetzt zur Leitfähigkeit einer KCl-Lösung mit PSU 35:

$$C_{KCl} = -0{,}0267243 * t^3 + 4{,}6636947 * t^2 + 861{,}3027640 * t + 29035{,}1640651$$

Das Leitfähigkeitsverhältnis ($R_t$) zwischen der Probe und der KCl-Lösung bei gleicher Temperatur ist

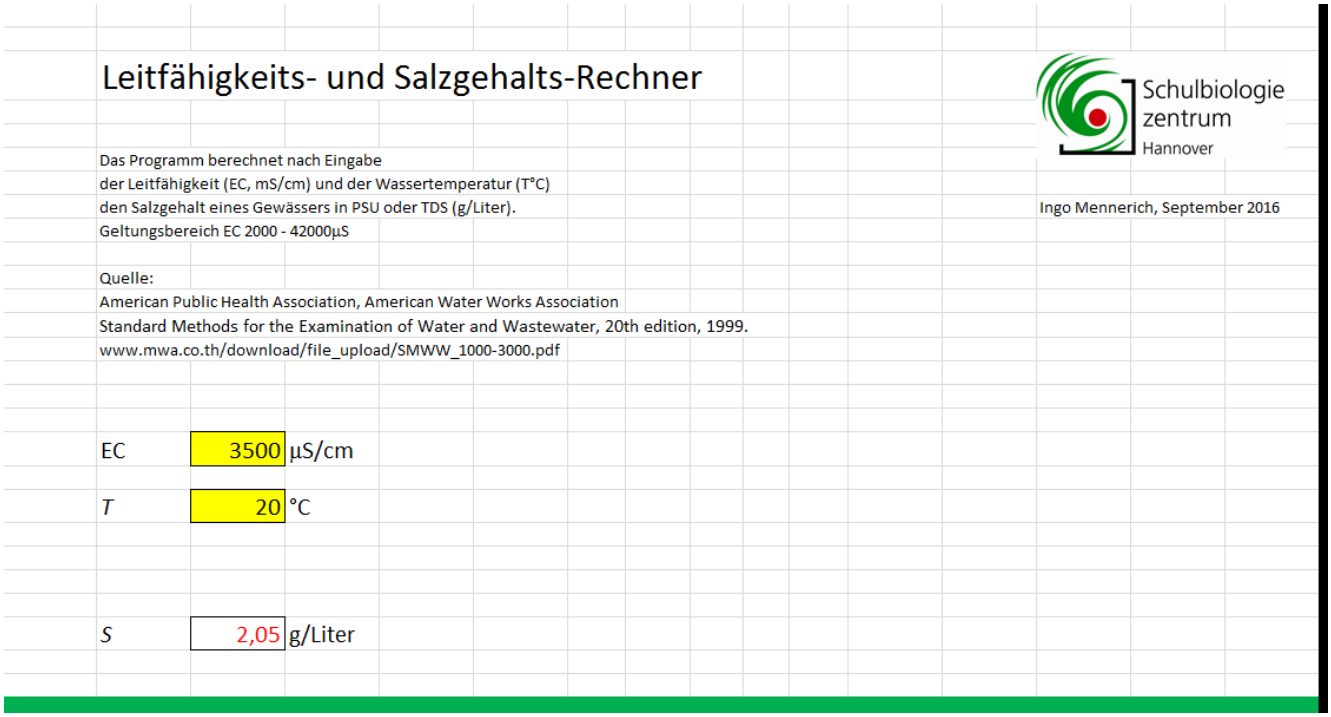
$$R_t = \frac{C(Probe, t)}{(C_{KCl}, t)}$$

# Leitfähigkeit EC (mS/cm) und Salinität (PSU, TDS)

| LF mS/cm | S PSU | LF mS/cm | S PSU | LF mS/cm | S PSU | LF mS/cm | S PSU | LF mS/cm | S PSU |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,6 | 0 | 5,1 | 3,0 | 9,6 | 6,1 | 14,1 | 9,2 | 18,6 | 12,35 |
| 0,7 | 0,05 | 5,2 | 3,1 | 9,7 | 6,2 | 14,2 | 9,25 | 18,7 | 12,4 |
| 0,8 | 0,1 | 5,3 | 3,2 | 9,8 | 6,25 | 14,3 | 9,3 | 18,8 | 12,45 |
| 0,9 | 0,2 | 5,4 | 3,25 | 9,9 | 6,3 | 14,4 | 9,4 | 18,9 | 12,5 |
| 1,0 | 0,25 | 5,5 | 3,3 | 10,0 | 6,4 | 14,5 | 9,5 | 19,0 | 12,6 |
| 1,1 | 0,3 | 5,6 | 3,4 | 10,1 | 6,45 | 14,6 | 9,55 | 19,1 | 12,7 |
| 1,2 | 0,4 | 5,7 | 3,45 | 10,2 | 6,5 | 14,7 | 9,6 | 19,2 | 12,75 |
| 1,3 | 0,45 | 5,8 | 3,5 | 10,3 | 6,6 | 14,8 | 9,7 | 19,3 | 12,8 |
| 1,4 | 0,5 | 5,9 | 3,6 | 10,4 | 6,7 | 14,9 | 9,75 | 19,4 | 12,9 |
| 1,5 | 0,6 | 6,0 | 3,65 | 10,5 | 6,7 | 15,0 | 9,8 | 19,5 | 12,95 |
| 1,6 | 0,6 | 6,1 | 3,7 | 10,6 | 6,8 | 15,1 | 9,9 | 19,6 | 13,0 |
| 1,7 | 0,7 | 6,2 | 3,8 | 10,7 | 6,9 | 15,2 | 9,95 | 19,7 | 13,1 |
| 1,8 | 0,8 | 6,3 | 3,85 | 10,8 | 6,95 | 15,3 | 10,0 | 19,8 | 13,15 |
| 1,9 | 0,85 | 6,4 | 3,9 | 10,9 | 7,0 | 15,4 | 10,1 | 19,9 | 13,2 |
| 2,0 | 0,9 | 6,5 | 4,0 | 11,0 | 7,1 | 15,5 | 10,2 | 20,0 | 13,3 |
| 2,1 | 1,0 | 6,6 | 4,05 | 11,1 | 7,15 | 15,6 | 10,3 | 20,1 | 13,35 |
| 2,2 | 1,1 | 6,7 | 4,1 | 11,2 | 7,2 | 15,7 | 10,35 | 20,2 | 13,4 |
| 2,3 | 1,1 | 6,8 | 4,2 | 11,3 | 7,3 | 15,8 | 10,35 | 20,3 | 13,5 |
| 2,4 | 1,2 | 6,9 | 4,25 | 11,4 | 7,35 | 15,9 | 10,4 | 20,4 | 13,6 |
| 2,5 | 1,3 | 7,0 | 4,3 | 11,5 | 7,4 | 16,0 | 10,5 | 20,5 | 13,65 |
| 2,6 | 1,3 | 7,1 | 4,4 | 11,6 | 7,5 | 16,1 | 10,6 | 20,6 | 13,7 |
| 2,7 | 1,4 | 7,2 | 4,45 | 11,7 | 7,55 | 16,2 | 10,65 | 20,7 | 13,8 |
| 2,8 | 1,45 | 7,3 | 4,5 | 11,8 | 7,6 | 16,3 | 10,75 | 20,8 | 13,9 |
| 2,9 | 1,5 | 7,4 | 4,6 | 11,9 | 7,7 | 16,4 | 10,8 | 20,9 | 13,95 |
| 3,0 | 1,6 | 7,5 | 4,7 | 12,0 | 7,8 | 16,5 | 10,9 | 21,0 | 14,0 |
| 3,1 | 1,6 | 7,6 | 4,7 | 12,1 | 7,8 | 16,6 | 10,95 | 21,1 | 14,05 |
| 3,2 | 1,7 | 7,7 | 4,8 | 12,2 | 7,9 | 16,7 | 11,0 | 21,2 | 14,1 |
| 3,3 | 1,8 | 7,8 | 4,9 | 12,3 | 7,95 | 16,8 | 11,1 | 21,3 | 14,2 |
| 3,4 | 1,85 | 7,9 | 4,95 | 12,4 | 8,0 | 16,9 | 11,15 | 21,4 | 14,3 |
| 3,5 | 1,95 | 8,0 | 5,0 | 12,5 | 8,1 | 17,0 | 11,2 | 21,5 | 14,35 |
| 3,6 | 2,0 | 8,1 | 5,1 | 12,6 | 8,15 | 17,1 | 11,3 | 21,6 | 14,4 |
| 3,7 | 2,1 | 8,2 | 5,15 | 12,7 | 8,2 | 17,2 | 11,35 | 21,7 | 14,5 |
| 3,8 | 2,15 | 8,3 | 5,2 | 12,8 | 8,3 | 17,3 | 11,4 | 21,8 | 14,55 |
| 3,9 | 2,2 | 8,4 | 5,3 | 12,9 | 8,4 | 17,4 | 11,5 | 21,9 | 14,6 |
| 4,0 | 2,3 | 8,5 | 5,35 | 13,0 | 8,45 | 17,5 | 11,6 | 22,0 | 14,7 |
| 4,1 | 2,35 | 8,6 | 5,4 | 13,1 | 8,5 | 17,6 | 11,6 | 22,1 | 14,75 |
| 4,2 | 2,4 | 8,7 | 5,5 | 13,2 | 8,6 | 17,7 | 11,7 | 22,2 | 14,8 |
| 4,3 | 2,5 | 8,8 | 5,6 | 13,3 | 8,65 | 17,8 | 11,8 | 22,3 | 14,9 |
| 4,4 | 2,55 | 8,9 | 5,65 | 13,4 | 8,7 | 17,9 | 11,9 | 22,4 | 14,95 |
| 4,5 | 2,6 | 9,0 | 5,7 | 13,5 | 8,8 | 18,0 | 12,0 | 22,5 | 15,0 |
| 4,6 | 2,7 | 9,1 | 5,8 | 13,6 | 8,85 | 18,1 | 12,1 | 22,6 | 15,1 |
| 4,7 | 2,75 | 9,2 | 5,85 | 13,7 | 8,9 | 18,2 | 12,15 | 22,7 | 15,2 |
| 4,8 | 2,8 | 9,3 | 5,9 | 13,8 | 9,0 | 18,3 | 12,2 | 22,8 | 15,25 |
| 4,9 | 2,9 | 9,4 | 6,0 | 13,9 | 9,05 | 18,4 | 12,2 | 22,9 | 15,3 |
| 5,0 | 3,0 | 9,5 | 6,1 | 14,0 | 9,1 | 18,5 | 12,3 | 23,0 | 15,4 |

Datenquelle: Universität Rostock

# Exel-Programm zur Ermittlung des Salzgehaltes



## Leitfähigkeits- und Salzgehalts-Rechner

Schulbiologie zentrum Hannover

Das Programm berechnet nach Eingabe
der Leitfähigkeit (EC, mS/cm) und der Wassertemperatur (T°C)
den Salzgehalt eines Gewässers in PSU oder TDS (g/Liter).
Geltungsbereich EC 2000 - 42000µS

Ingo Mennerich, September 2016

Quelle:
American Public Health Association, American Water Works Association
Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition, 1999.
www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf

| | | |
|---|---|---|
| EC | 3500 | µS/cm |
| *T* | 20 | °C |
| *S* | 2,05 | g/Liter |

## Interpretation des pH-Werts

Der pH-Wert eines Gewässers wird beieinflußt von vielen Faktoren.

Umgekehrt weist er auf mehrere Umgebungsbedingungen hin:

- Dier geologische Umgebung:
  Kalkige Sedimentgesteine sind basisch
  Sandige Sedimentgesteine sind sauer

- Geringer $CO_2$-Gehalt führt zu höheren ("basischen") Werten
- Hoher $CO_2$-Gehalt führt zu niedrigeren (sauren") Werten

  Der pH-Wert gibt damit Aufschluß
  - über die $CO_2$-Verfügbarkeit und
  - die Photosynthese-Aktivität (Tagesgang beobachten!)

- Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht (Verfügbarkeit von $CO_2$)
- Den Gehalt an Huminstoffen
- Die Pufferwirksamheit von Mineralien

- Verunreinigungen (Waschlaugen führen zur Erhöhung des pH-Werts)

- Versauerung (z.B. Eintrag von Schwefelverbindungen)

# Gesamt- bzw. Cabonathärte und $CO_2$-Gehalt

Gesamthärte

- Konzentration der Erdalkalimetalle $Ca^{2+}$ und $Mg^{2+}$

Karbonathärte (°KH)

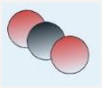
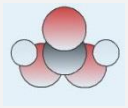
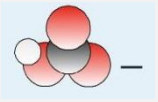
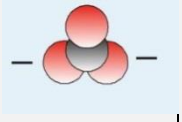
- Konzentration des $HCO_3^-$ Ions (Hydrogencarbonat)

Größere Karbonathärte bedeutet höhere Pufferkapazität des Wassers:

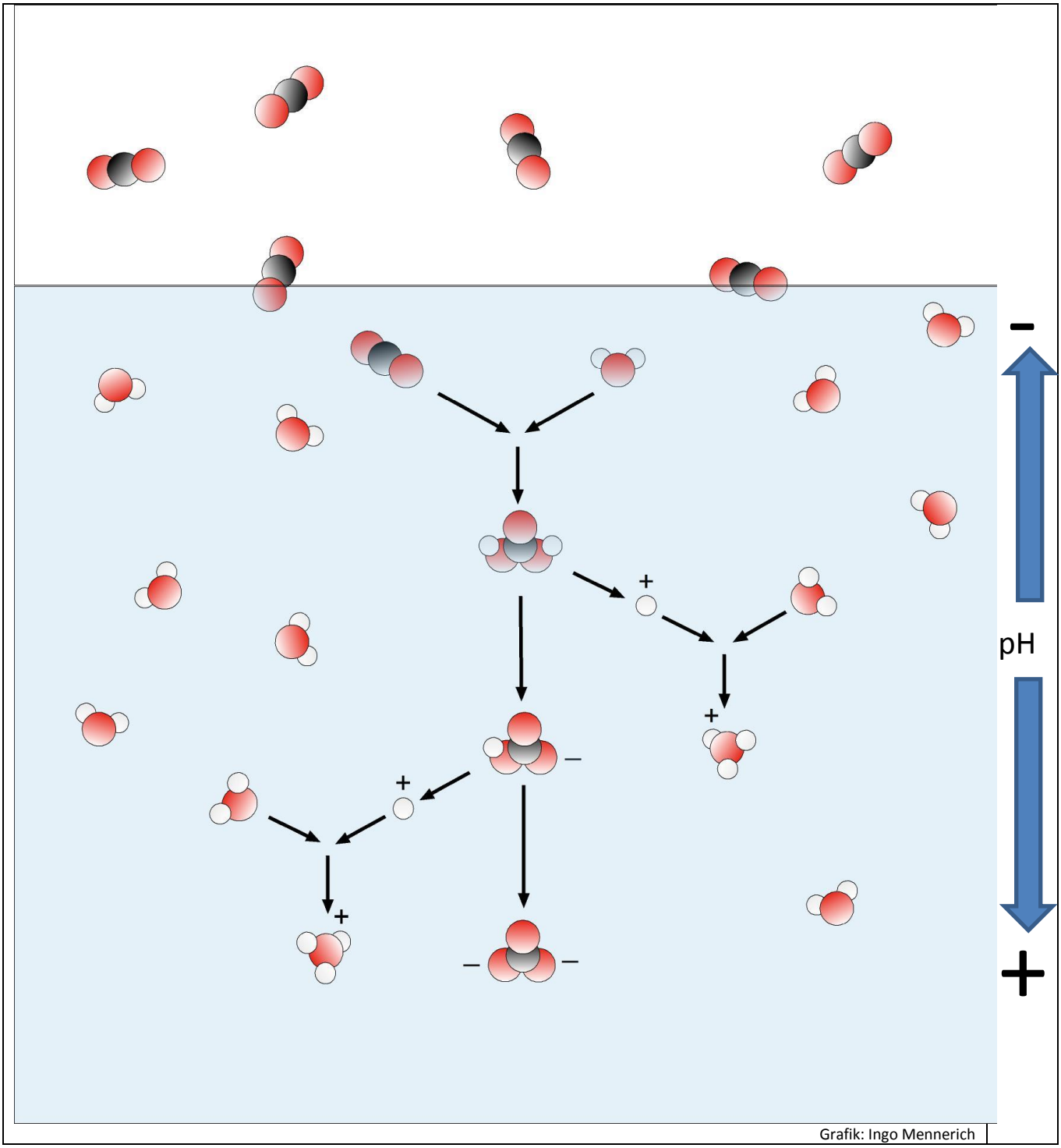
- Säureeintrag führt bei Pufferung zu geringerer Veränderung des pH-Wertes
- Bei ausreichender Pufferung beeinflussen die tagesperiodische Schwankungen des $CO_2$-Gehaltes (Photosynthese) den pH-Wert in geringem Maße

## $CO_2$, Kohlensäure ($H_2CO_3$), Hydrogencarbonat ($HCO_3^-$) und Carbonat ($CO_3^{2-}$)

Das zur Photosynthese notwendige $CO_2$ kommt im Wasser je nach pH-Wert vor

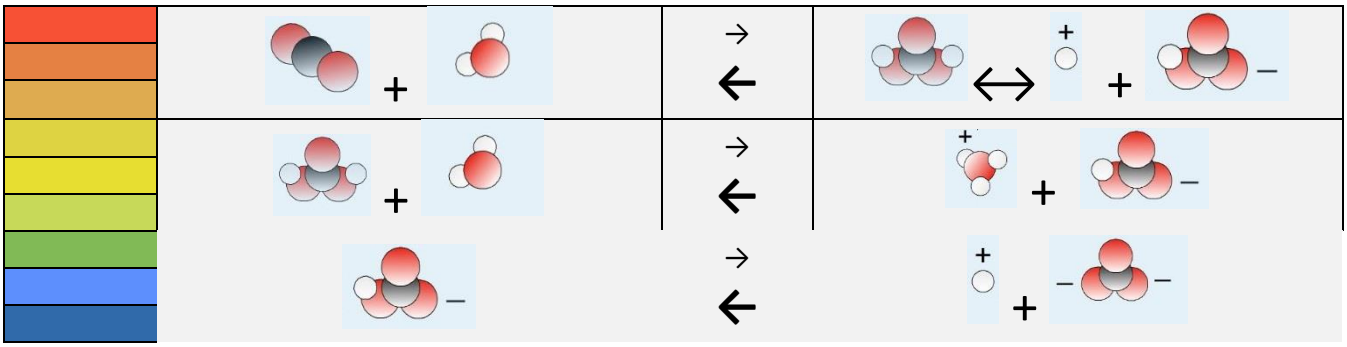
| | | |
|---|---|---|
| • als gelöstes $CO_2$ |  | In saurer Umgebung,<br>reagiert mit Wasser zu $H_2CO_3$ |
| • gebunden in Kohlensäure ($H_2CO_3$) |  | Bei geringen pH-Werten,<br>instabil, zerfällt bei mittleren pH-Werten in $HCO_3^-$ und $H^+$. |
| • gebunden in Hydrogencarbonat ($HCO_3^-$) |  | Bei mittleren pH-Werten und Anwesenheit von Calcium als leicht lösliches Calciumbikabonat<br> <br>$Ca(HCO_3)_2$<br>"Biogene Entkalkung"<br>Bei $CO_2$-Mangel (Photosynthese) und steigendem pH-Wert Bildung und Sedimentation von Kalk:<br> |
| • gebunden in Carbonat ($CO_3^{2-}$) |  | Bei hohen pH-Werten und Anwesenheit von Calcium als Calciumcarbonat, schwer löslich und dann als $CO_2$-Quelle nicht verfügbar<br> <br>$CaCO_3$ |

# $CO_2$, Kohlensäure, Hydrogencarbonat und Carbonat



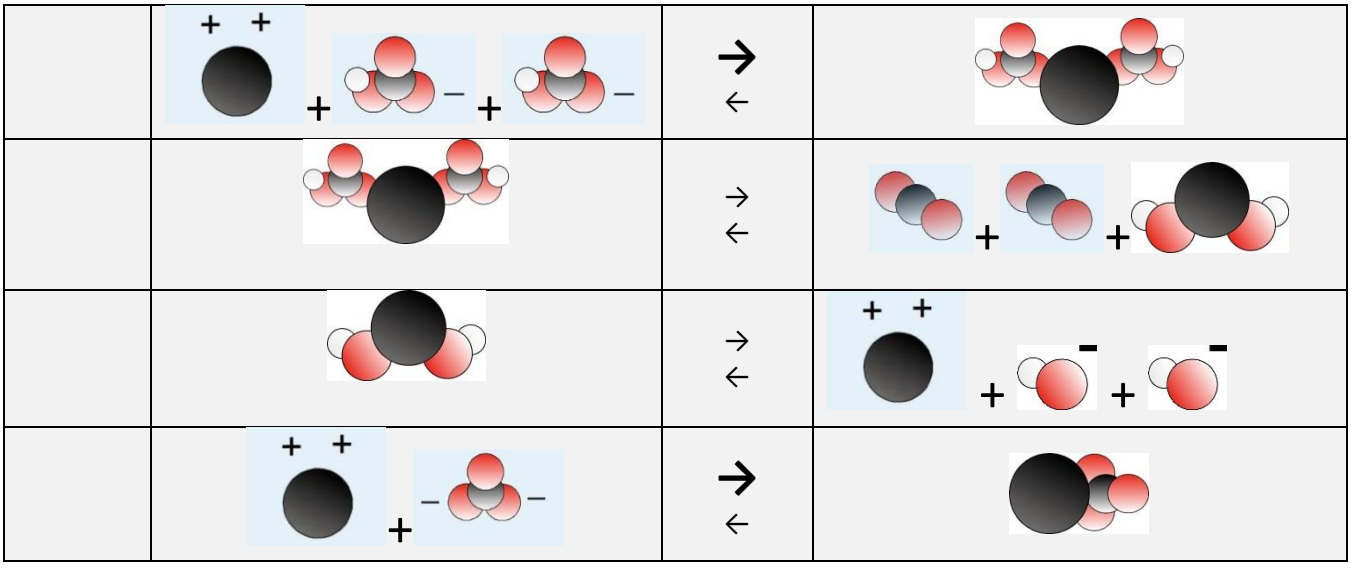
Bildung und Dissoziation von $CO_2$, pH-Wert, Puffersysteme und Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht (nach Pott/Remy: Gewässer des Binnenlandes, Ulmer Verlag, Stuttgart 2008)

Calciumcarbonat-arme Gewässer (geringe Gesamthärte, "Weichwasser")



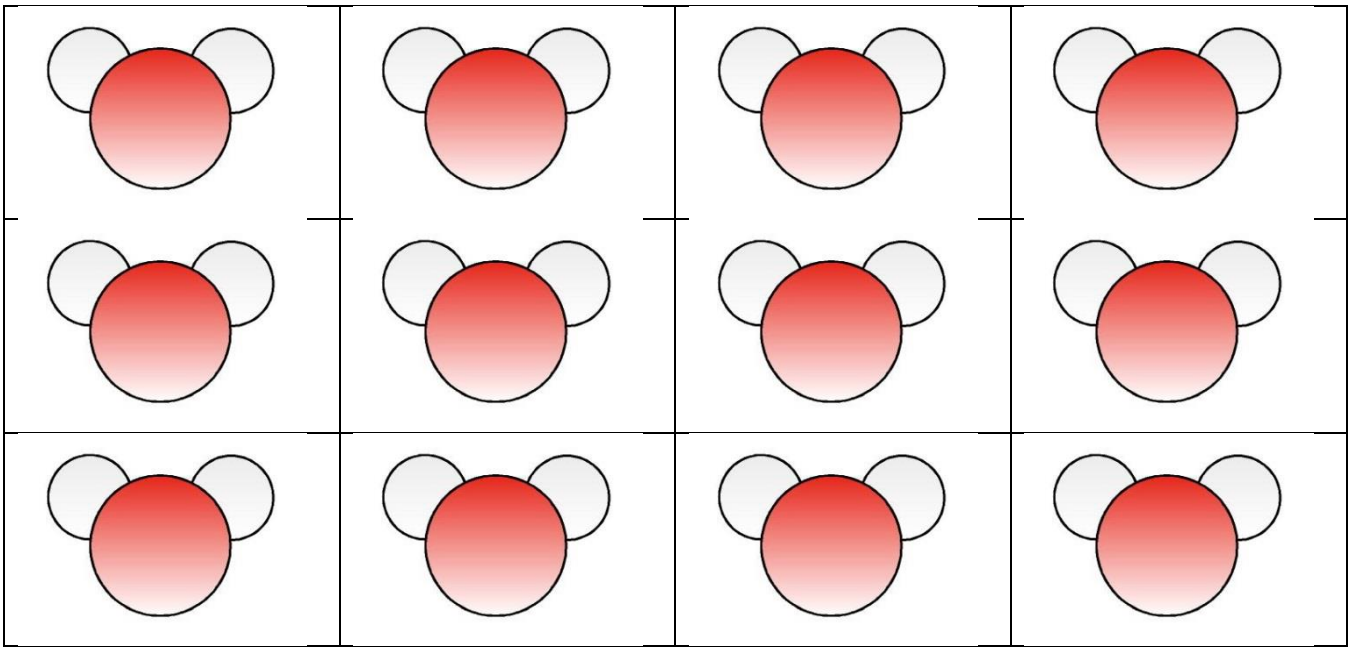
Puffersysteme

Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht Calciumcarbonat-reicher Gewässer
(hohe Gesamthärte, "Hartwasser")

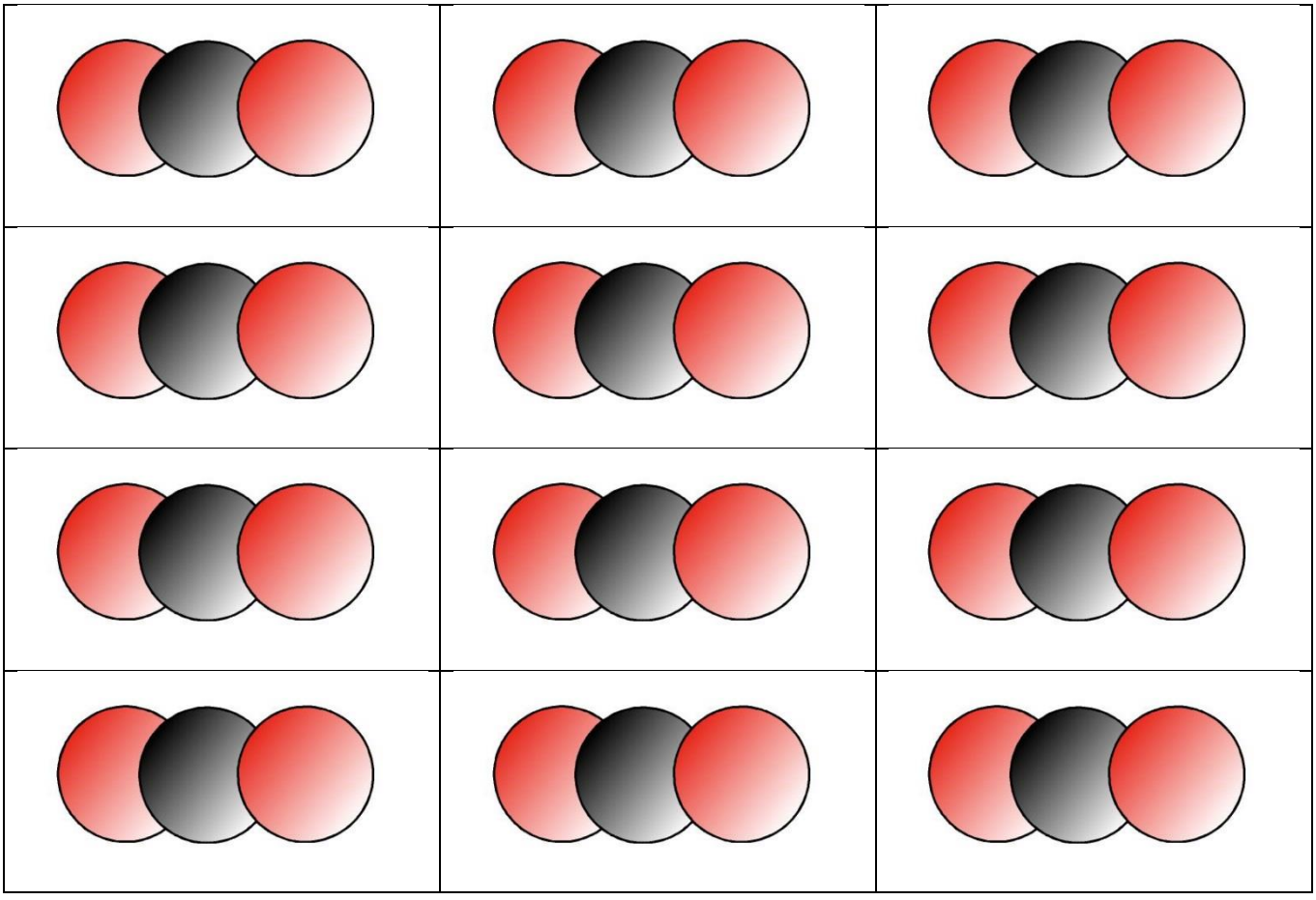


# Moleküle (Karten zum Ausschneiden)

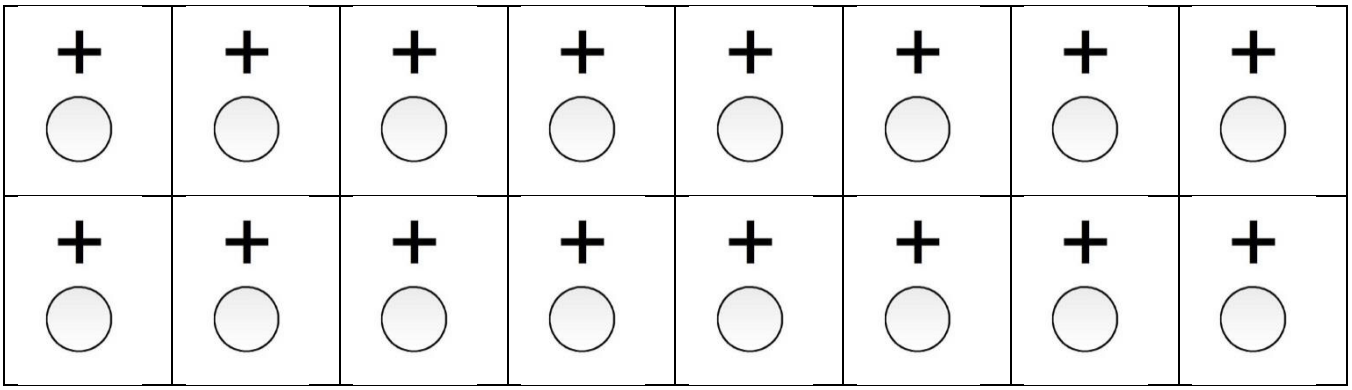
## $H_2O$, Wasser



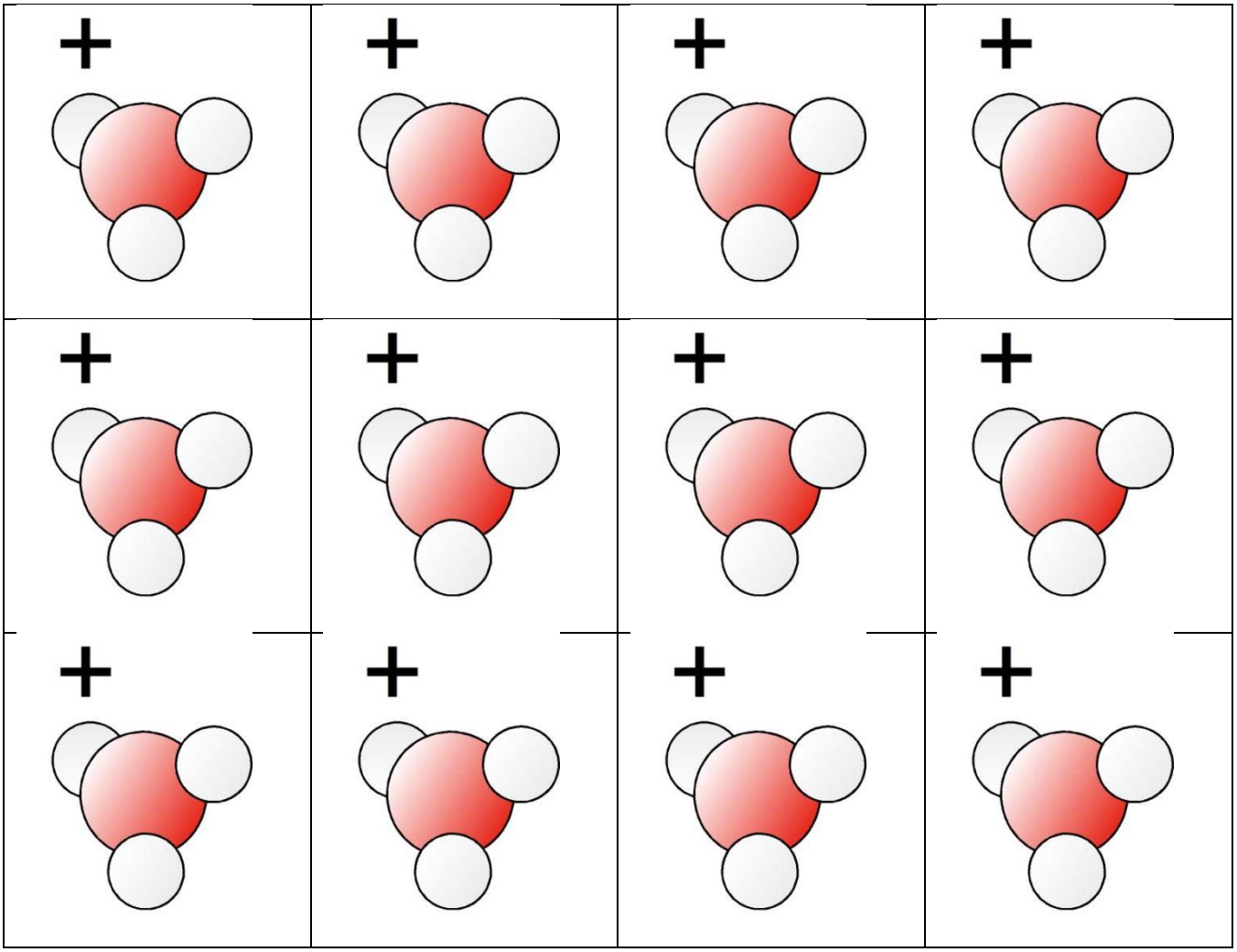
## $CO_2$, Kohlenstoffdioxid



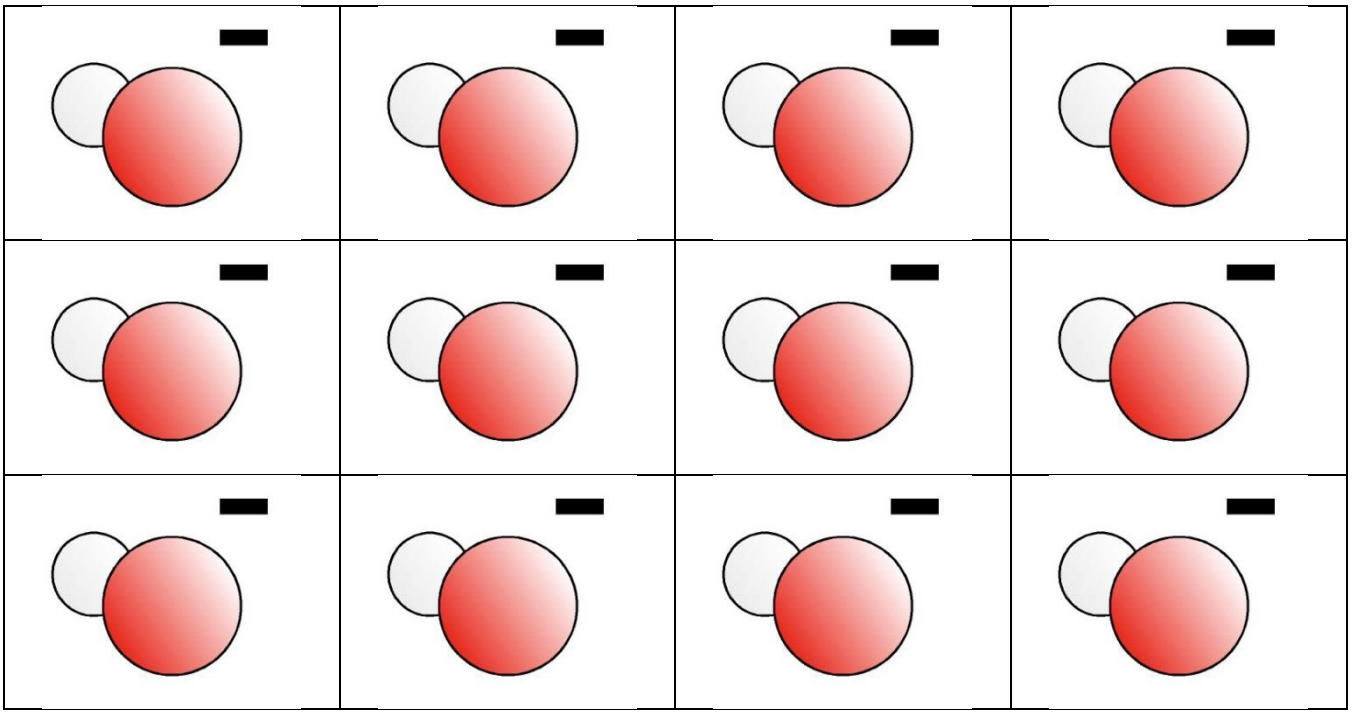
## $H^+$, Wasserstoff-Ion (Proton)



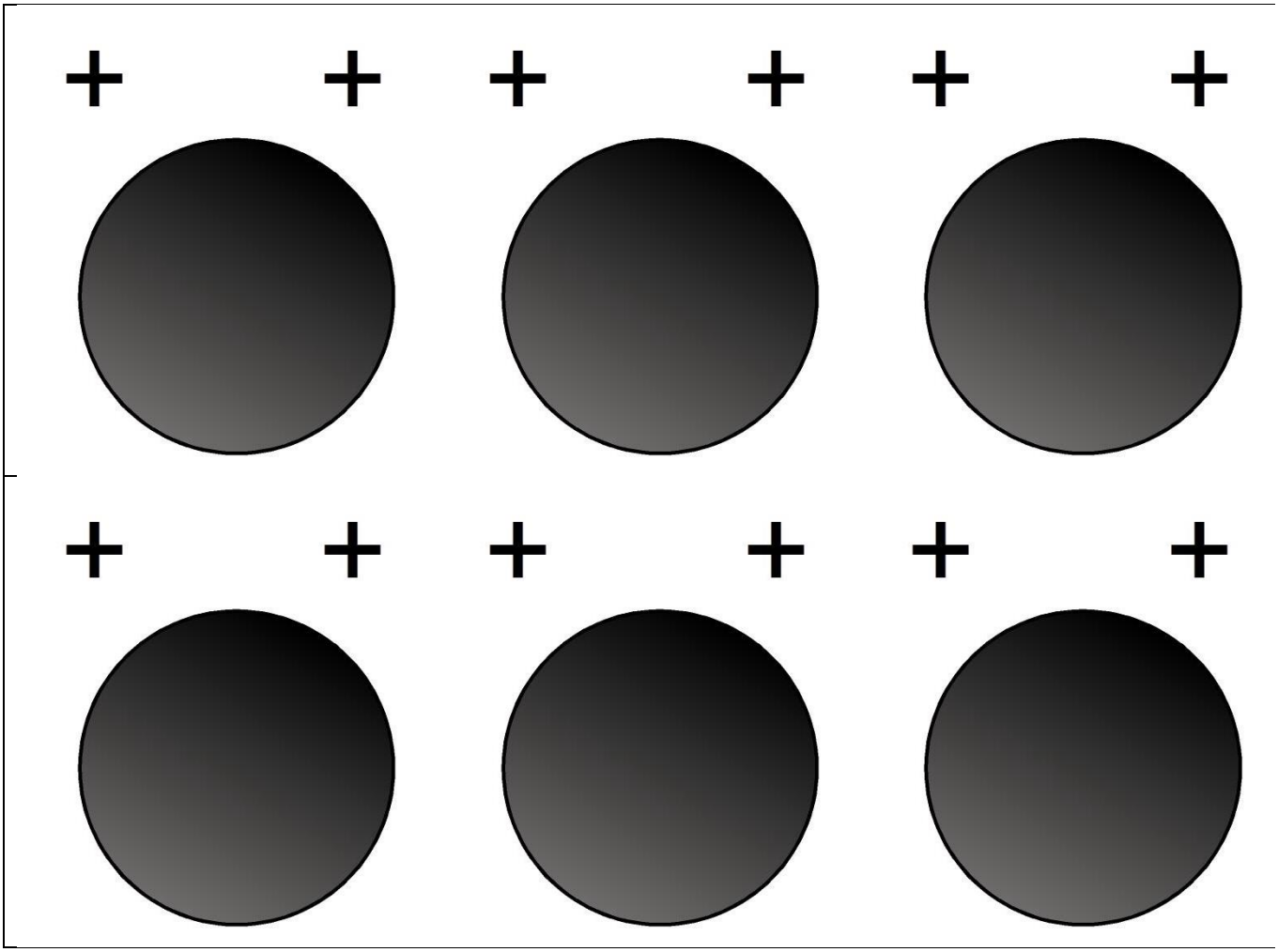
## $H_3O^+$, Hydronium-Ion



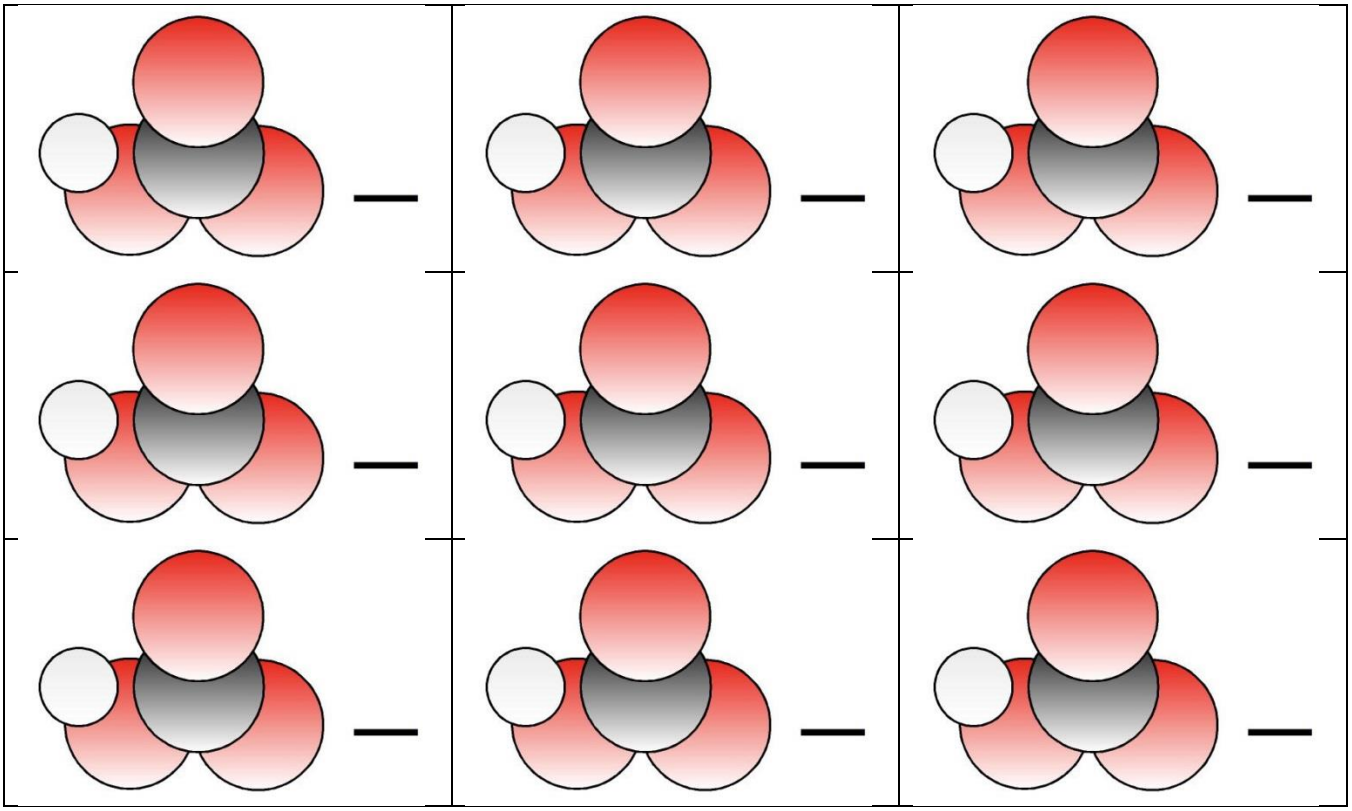
## $OH^-$, Hydroxid-Ion



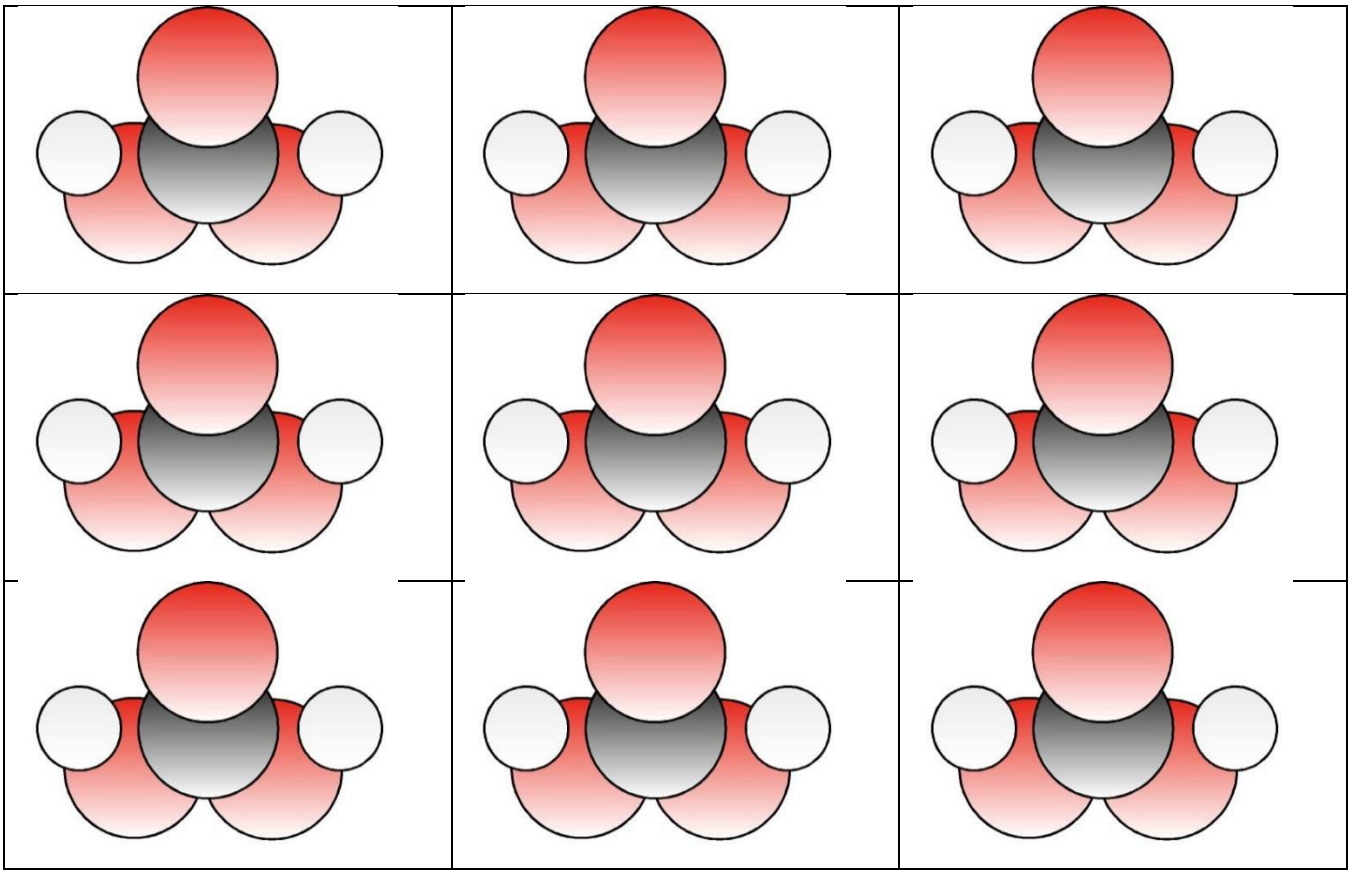
## $Ca^{++}$, Calcium-Ion



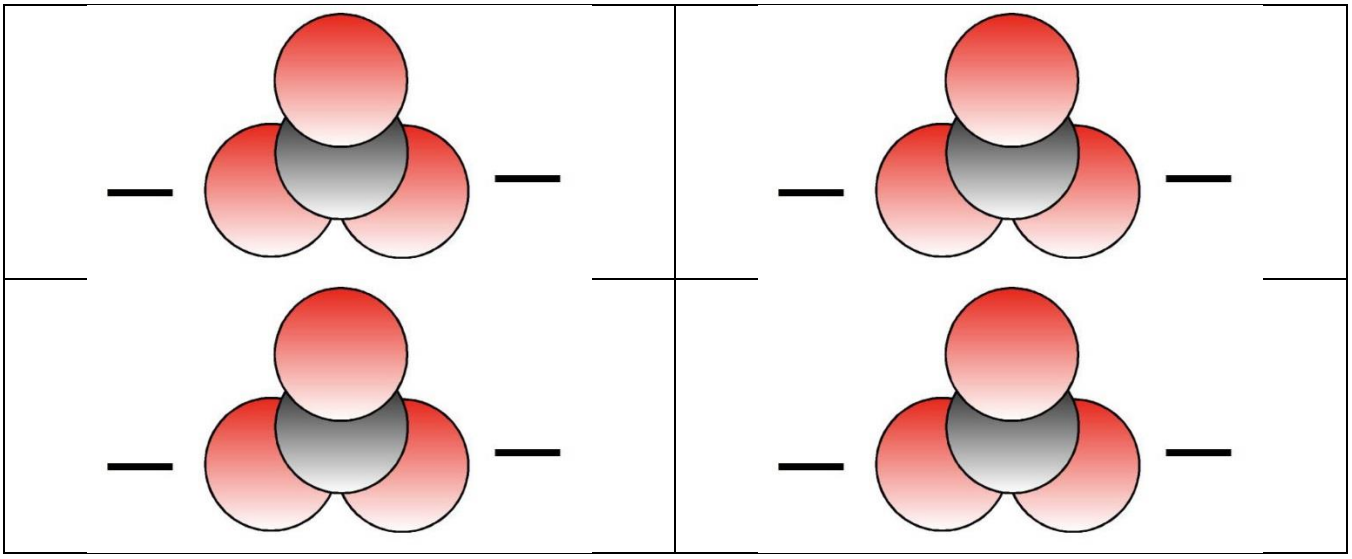
## $HCO_3^-$, Hydrogencarbonat-Ion



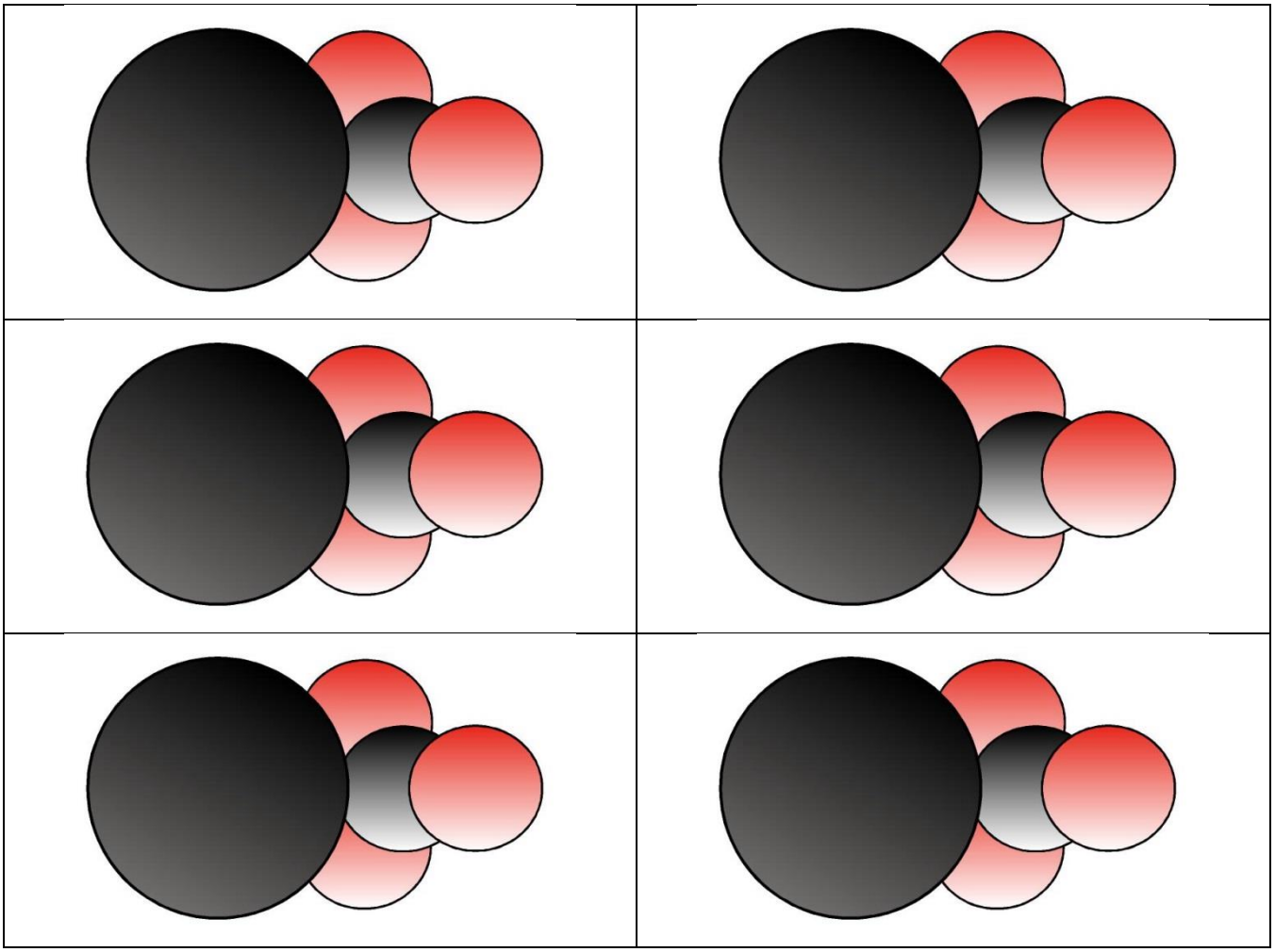
## $H_2CO_3$, Hydrogencarbonat (Kohlensäure)



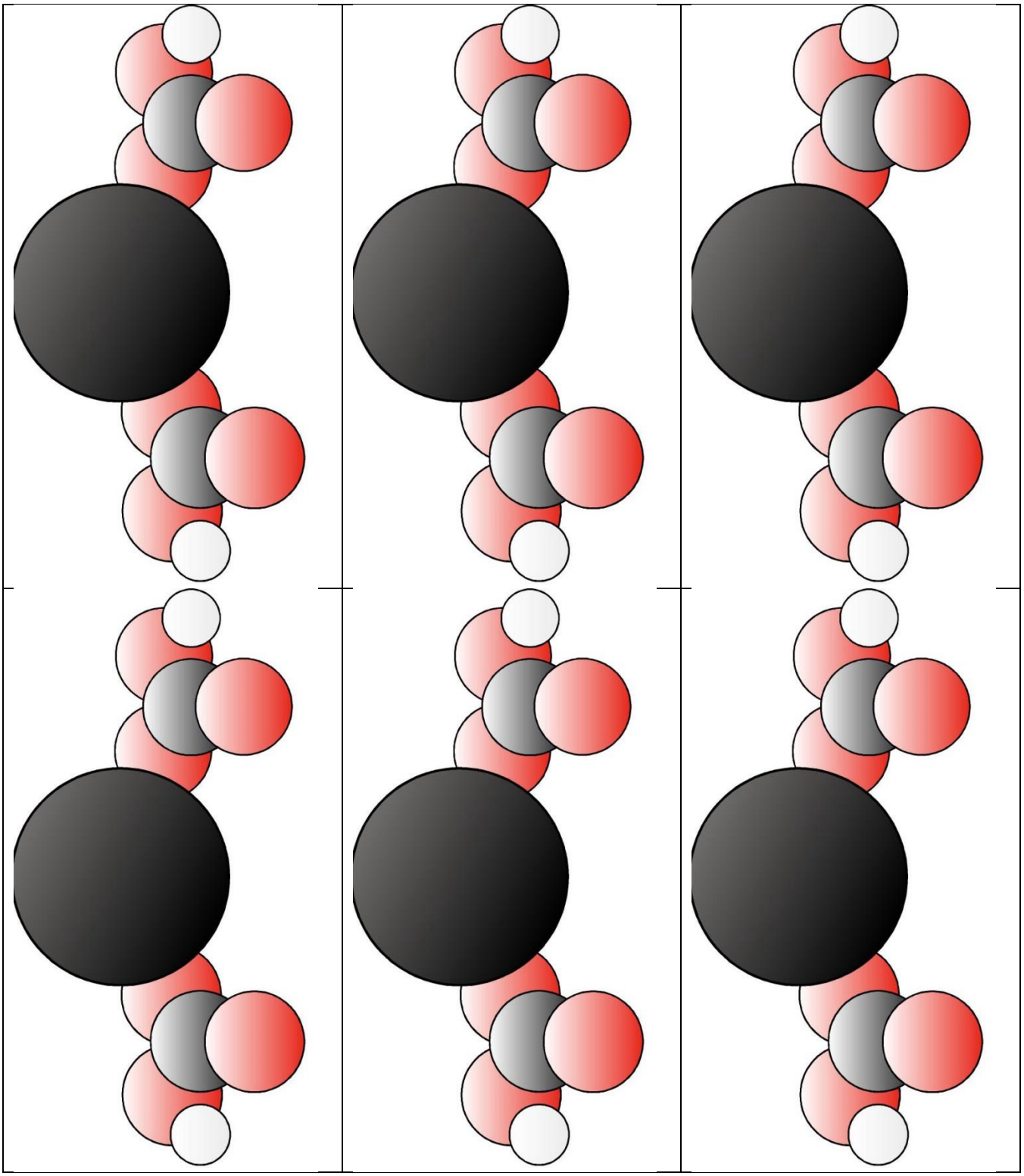
## $CO_3^{2-}$, Cabonat-Ion



## $CaCO_3$, Calciumcarbonat



# $Ca(HCO_3)_2$, Calcium-Bicarbonat



Da bei in Gewässern üblichen pH-Werten ein großer Teil des $CO_2$ im Wasser in Form von Hydrogencarbonat gebunden ist lässt der KH-Wert auch Aussagen zum Gehalt gelösten $CO_2$ zu.

- Je geringer der pH-Wert desto größer die Konzentration freien CO2.
- Je größer die Karbonathärte desto größer - blei gleichem pH-Wert - der $CO_2$-Gehalt.

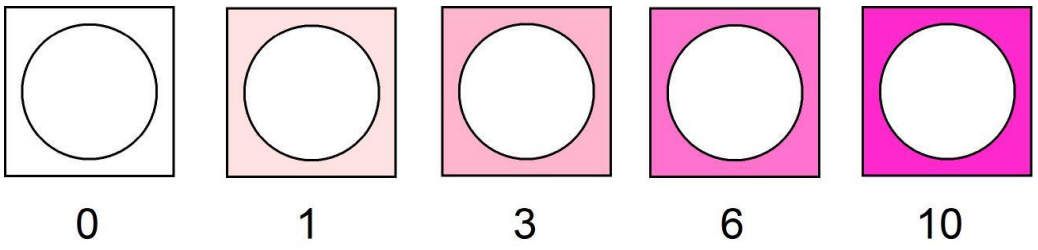
$$CO_2 = \left(\frac{KH}{2,8}\right) * 10^{(7,91\text{-}pH)} \qquad (CO_2 \text{ in mg/L, KH in °dH})$$

Beispiel: KH 10°, pH7,5

CO2 = ( 10 / 2,8) * 10 ^ ( 7,91 - 7,5 ) = 3,57 * 2,57 = 9,2 mg/l

| | **pH** | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **KH** | | | | | | | | |
| 0,5 | | 145,1 | 45,9 | 14,5 | 4,6 | 1,5 | 0,5 | 0,1 |
| 1 | | 290,3 | 91,8 | 29,0 | 9,2 | 2,9 | 0,9 | 0,3 |
| 1,5 | | 435,4 | 137,7 | 43,5 | 13,8 | 4,4 | 1,4 | 0,4 |
| 2 | | 580,6 | 183,6 | 58,1 | 18,4 | 5,8 | 1,8 | 0,6 |
| 2,5 | | 725,7 | 229,5 | 72,6 | 22,9 | 7,3 | 2,3 | 0,7 |
| 3 | | 870,9 | 275,4 | 87,1 | 27,5 | 8,7 | 2,8 | 0,9 |
| 3,5 | | 1016,0 | 321,3 | 101,6 | 32,1 | 10,2 | 3,2 | 1,0 |
| 4 | | 1161,2 | 367,2 | 116,1 | 36,7 | 11,6 | 3,7 | 1,2 |
| 4,5 | | 1306,3 | 413,1 | 130,6 | 41,3 | 13,1 | 4,1 | 1,3 |
| 5 | | 1451,5 | 459,0 | 145,1 | 45,9 | 14,5 | 4,6 | 1,5 |
| 5,5 | | 1596,6 | 504,9 | 159,7 | 50,5 | 16,0 | 5,0 | 1,6 |
| 6 | | 1741,8 | 550,8 | 174,2 | 55,1 | 17,4 | 5,5 | 1,7 |
| 6,5 | | 1886,9 | 596,7 | 188,7 | 59,7 | 18,9 | 6,0 | 1,9 |
| 7 | | 2032,1 | 642,6 | 203,2 | 64,3 | 20,3 | 6,4 | 2,0 |
| 7,5 | | 2177,2 | 688,5 | 217,7 | 68,8 | 21,8 | 6,9 | 2,2 |
| 8 | | 2322,4 | 734,4 | 232,2 | 73,4 | 23,2 | 7,3 | 2,3 |
| 8,5 | | 2467,5 | 780,3 | 246,8 | 78,0 | 24,7 | 7,8 | 2,5 |
| 9 | | 2612,7 | 826,2 | 261,3 | 82,6 | 26,1 | 8,3 | 2,6 |
| 9,5 | | 2757,8 | 872,1 | 275,8 | 87,2 | 27,6 | 8,7 | 2,8 |
| 10 | | 2903,0 | 918,0 | 290,3 | 91,8 | 29,0 | 9,2 | 2,9 |
| 10,5 | | 3048,1 | 963,9 | 304,8 | 96,4 | 30,5 | 9,6 | 3,0 |
| 11 | | 3193,3 | 1009,8 | 319,3 | 101,0 | 31,9 | 10,1 | 3,2 |
| 11,5 | | 3338,4 | 1055,7 | 333,8 | 105,6 | 33,4 | 10,6 | 3,3 |
| 12 | | 3483,6 | 1101,6 | 348,4 | 110,2 | 34,8 | 11,0 | 3,5 |
| 12,5 | | 3628,7 | 1147,5 | 362,9 | 114,7 | 36,3 | 11,5 | 3,6 |
| 13 | | 3773,9 | 1193,4 | 377,4 | 119,3 | 37,7 | 11,9 | 3,8 |
| 13,5 | | 3919,0 | 1239,3 | 391,9 | 123,9 | 39,2 | 12,4 | 3,9 |
| 14 | | 4064,2 | 1285,2 | 406,4 | 128,5 | 40,6 | 12,9 | 4,1 |
| 14,5 | | 4209,3 | 1331,1 | 420,9 | 133,1 | 42,1 | 13,3 | 4,2 |
| 15 | | 4354,4 | 1377,0 | 435,4 | 137,7 | 43,5 | 13,8 | 4,4 |

# Farbkarte Gewässeruntersuchung (Aquanal Fishwater-LAB)



| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $O_2$ mg/l (ppm) | 0 | 1 | 3 | 6 | 10 |
| $NO_3^-$ mg/l (ppm) | 0 | 10 | 25 | 50 | 80 |
| $NO_2^-$ mg/l (ppm) | <0,02 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 1,0 |
| $NH_4^+$ mg/l (ppm) | <0,05 | 0,2 | 1,0 | 3,0 | 10,0 |
| $PO_4^-$ mg/l (ppm) | 0 | 0,5 | 1,2 | 3,0 | >6 |
| Fe mg/l (ppm) | <0,05 | 0,1 | 0,3 | 0,6 | 1,0 |

Quelle: Sigma-Aldrich

# Testdurchführung (Aquanal Fishwater-LAB)

| | |
|---|---|
| Sauerstoff ($O_2$)<br>(Deckelfarbe der Reagenz) | 7. Sauerstoff-Spritze aufschrauben, bis zur Markierung "0" aufziehen und luftfrei (!) mit der Wasserprobe füllen. Danach wieder zuschrauben.<br>8. Bis zur Markierung "1" Reagenz 1 aufziehen (Adapter "1"!).<br>9. Bis zur Markierung "2" Reagenz 2 aufziehen (Adapter "2"!). Schutzkappe aufsetzen und 30s umschütteln.<br>10. Bis zur Markierung "3" Reagenz 3 aufziehen (Adapter "3"!). Schutzkappe aufsetzen und 10x umschütteln.<br>11. Probeglas ("$O_2$")bis zur Markierung mit der Lösung aus der Spritze füllen.<br>12. Farbabgleich durchführen. |
| Nitrat ($NO_3^-$) | 1. Probeglas ("$NO_3$") bis zur Markierung mit der Wasserprobe füllen.<br>2. 2 Messlöffel Reagenz 1 zugeben, lösen.<br>3. 1 Messlöffel Reagenz 2 zugeben, Stopfen aufsetzen und 1 Minute lang schütteln. Ein ungelöster Rückstand ist ohne Bedeutung.<br>4. Nach weiteren 10 Minuten Farbabgleich durchführen. |
| Nitrit ($NO_2^-$) | 1. Probeglas ("$NO_2$") bis zur Markierung mit der Wasserprobe füllen.<br>2. 2 Messlöffel Reagenz zugeben, lösen.<br>3. Nach 3 Minuten Farbabgleich durchführen. |
| Ammonium ($NH_4^+$) | 1. Probeglas ("$NH_4$") bis zur Markierung mit der Wasserprobe füllen.<br>2. 10 Tropfen Reagenz 1 zugeben, mischen.<br>3. 1 Messlöffel Reagenz 2 zugeben, mischen, 5 Minuten stehen lassen.<br>4. Nach weiteren 7 Minuten Farbabgleich durchführen. |
| Phosphat ($PO_4^-$) | 1. Probeglas ("$PO_4$") bis zur Markierung mit der Wasserprobe füllen.<br>2. 10 Tropfen Reagenz 1 zugeben, mischen.<br>3. 1 Tropfen Reagenz 2 zugeben, mischen.<br>4. Nach 5 Minuten Farbabgleich durchführen. |
| Eisen (Fe) | 1. Probeglas ("Fe") bis zur Markierung mit der Wasserprobe füllen.<br>2. 10 Tropfen Reagenz zugeben, mischen.<br>3. Nach 5 Minuten Farbabgleich durchführen. |
| Carbonathärte ($HCO_3^-$) | 1. Probeglas ("$CO_3$") bis zur Markierung mit der Wasserprobe füllen.<br>2. Tropfenweise Reagenz zugeben und Tropfen zählen, bis die zunehmende Blaufärbung nach gelb umschlägt.<br>1 Tropfen = 1° Carbonathärte (≙17,85 ppm $HCO_3^-$) |
| Gesamthärte ($Ca^{++}/Mg^{++}$) | 1. Probeglas ("Ca/Mg)") bis zur Markierung mit der Wasserprobe füllen.<br>2. Tropfenweise Reagenz zugeben und Tropfen zählen, bis die zunehmende Rosafärbung nach blau umschlägt.<br>1 Tropfen ≙ 1° dH (≙17,85 ppm) |

Quelle: Sigma-Aldrich

Schulbiologie zentrum Hannover

# INFO: Saprobienstufen (I - IV) und abiotische Faktoren

| Gewässergüte-klassen (GKL) | Farbcode |
|---|---|
| I Oligosaprob | |
| II β-mesosaprob | |
| III α-mesosaprob | |
| IV polysaprob | |

| Siebenstufiges System der Güteklassifizierung (GKL I, i-II, II, III-III, III, III-IV) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Belastung | GKL | Saprobie-stufe | SI | | Farbcode | $O_2$ mg/L | $BSB_5$ mg/L | Chloro-phyll µg/L |
| Unbelastet bis sehr gering belastet | I | os | 1,0 - 1,5 | 1,0<br>1,1<br>1,2<br>1,3<br>1,4<br>1,5 | | >8 | <1 | 1 -4 |
| Gering belastet | I/II | os/bms | 1,5 - 1,8 | 1,6<br>1,7<br>1,8 | | >8 | <2 | 3 – 8 |
| Mäßig belastet | II | bms | 1,8 - 2,3 | 1,9<br>2,0<br>2,1<br>2,2<br>2,3 | | >6 | <5 | 7 – 30 |
| Kritisch belastet | II/III | bms/ams | 2,3 - 2,7 | 2,4<br>2,5<br>2,6<br>2,7 | | >4 | 5-10 | 25 – 50 |
| Stark verschmutzt | III | ams | 2,7 - 3,2 | 2,8<br>2,9<br>3,0<br>3,1<br>3,2 | | >2 | 7-13 | 50 - 100 |
| Sehr stark verschmutzt | III/IV | ams/ps | 3,2 - 3,5 | 3,3<br>3,4<br>3,5 | | <2 | 10-20 | > 100 |
| Übermäßig verschmutzt | IV | ps | 3,5 - 4,0 | 3,6<br>3,7<br>3,8<br>3,9<br>4,0 | | <2 | >15 | Nicht definiert |

Schulbiologie zentrum Hannover

## INFO: Richtwerte und Gewässergüteklassen:

| | Chemische Gewässergüteklasse | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I | I - II | II | II - III | III | III - IV | IV |
| Nitrat ($NO_3$) | mg/l | <= 1 | <= 1,5 | <= 2,5 | <= 5 | <= 10 | <= 20 | > 20 |
| Nitrit ($NO_2$) | mg/l | <= 0,01 | <= 0,05 | <= 0,1 | <= 0,2 | <= 0,4 | <= 0,8 | > 0,8 |
| Ammonium ($NH_4$) | mg/l | <= 0,04 | <= 0,1 | <= 0,3 | <= 0,6 | <= 1,2 | <= 2,4 | > 2,4 |
| Phosphat ($PO_4$, $P_2O_5$) | mg/l | <= 0,02 | <= 0,04 | <= 0,1 | <= 0,2 | <= 0,4 | <= 0,8 | > 0,8 |
| Sauerstoff ($O_2$) | mg/l | > 8 | > 8 | > 6 | > 5 | > 4 | > 2 | <= 2 |

Quelle: Umweltbundesamt, Daten der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)
http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/fluesse-und-seen/fluesse/bewertung/chemische-gewaesserklassifikation.htm.

## INFO: Grenzwerte und Richtlinien (Deutschland und Europa):

### Nitrat ($NO_3^-$)

| | |
|---|---|
| Trinkwasserverordnung (TVO) | max. 50 mg/L |
| EU-Trinkwasserrichtlinie | max. 50 mg/L |
| Mineral- und Tafelwasserverordnung | max. 50 mg/L |
| Fischgewässer | max. 20 mg/L |
| Messbereich ÖKOTEST | 10-80 mg/L |

### Nitrit ($NO_2^-$)

| | |
|---|---|
| Trinkwasserverordnung (TVO) | max. 0,5 mg/L |
| EU-Trinkwasserrichtlinie | max. 0,5 mg/L |
| Mineral- und Tafelwasserverordnung | max. 0,1 mg/L |
| EU-Fischgewässer (Richtwert) | max. 0,01 mg/L |
| Messbereich ÖKOTEST | 10-80 mg/L |

### Ammonium ($NH_4^+$)

| | |
|---|---|
| Trinkwasserverordnung (TVO) | max. 0,5 mg/L |
| EU-Trinkwasserrichtlinie Richtwert | max. 0,5 mg/L 0,05 mg/L |
| Fischgewässer | max. 0,5 mg/L |
| Badewasser (DIN 19643) | max. 0,1 mg/L |
| Messbereich ÖKOTEST | 0,05-10,0 mg/L |

### Phosphat ($PO_4^{3-}$ , $P_2O_5$ )

| | mg/L $PO_4^{3-}$ | mg/L $P_2O_5$ |
|---|---|---|
| EU-Trinkwasserrichtlinie: Richtwert: | max. 6,95 0,56 | max. 5,2 0,42 |
| Trinkwasser-Aufbereitungs-VO: (Entwurf vom Januar 1985) | max. 4,7 | max. 3,5 |
| Messbereich ÖKOTEST: | 0,5 - 6,0 | 0,38 - 4,5 |

Schulbiologie zentrum Hannover

**Diagnose und Interpretation:** (Ursache von Belastungen und ökologische Folgen)

| Relativ "gute" Werte | | | | Relativ "schlechte" Werte |
|---|---|---|---|---|
| • Hoher $O_2$-Eintrag z.B. durch Photosynthese oder Turbulenz.<br>• Große $O_2$-Kapazität bei niedrigen Temperaturen.<br><br>FOLGE:Bei hoher Photosynthese-leistung starker $CO_2$-Entzug, dadurch pH-Wert Verschiebung in basische Bereiche (mögliche Ausfällung von Kalk und Bildung von Ammoniak) | ← | **Sauerstoff**<br><br>**$O_2$**<br><br>**Photosynthese:**<br><br>**Werte von der Tageszeit abhängig!** | → | • Starker $O_2$-Verbrauch durch Abbauprozesse, z.B. bei Eutrophierung<br>• Geringe $O_2$-Kapazität bei hohen Temperaturen.<br>• Hoher $O_2$-Bedarf durch Nitrifikation<br><br>FOLGE: Anoxische Bedingungen, Fäulnisprozesse, gestörte Nitrifikation<br><br>Denitrifikation (Umwandlung von Nitrat in $N_2$ wird durch $O_2$-Mangel gefördert) |
| • Intakte Abbauprozesse (Ammonium wird bakteriell in Nitrit und Nitrat umgewandelt)<br>• Hohe $O_2$-Konzentration | ← | **Ammonium**<br><br>**$NH_4^+$**<br><br>**Abbauprodukt des Einweiß-Stoffwechsels** | → | • Gestörte Nitrifikation (z.B. durch geringe $O_2$-Konzentration oder zu hohen pH-Wert)<br><br>FOLGE: Umwandlung zu giftigem Ammoniak bei hohen pH-Werten |
| • Intakte bakterielle Abbau-prozesse (Ammonium wird in Nitrit und Nitrat umgewandelt)<br><br>FOLGE: Geringe Vergiftungsgefahr | ← | **Nitrit**<br><br>**$NO_2^-$**<br><br>**Zwischenprodukt der Nitrifikation** | → | • Gestörte Nitrifikation (z.B. bei Sauerstoffmangel oder geringem pH-Wert)<br><br>FOLGE: Hohe Vergiftungsgefahr (z.B. Sauerstoffmangel bei Fischen bei niederigem pH-Wert) |
| • Geringer Stickstoffeintrag<br>• Ungestörte Nitrifikation<br>• Ausreichende Aufnahme durch Pflanzen<br><br>FOLGE: Geringe Eutrophierung | ← | **Nitrat**<br><br>**$NO_3^-$**<br><br>**Endprodukt der Nitrifikation** | → | • Hoher Stickstoffeintrag (z.B. durch N-Eintrag (Dünger) oder Biomasse (z.B. abgestorbene organische Substanz),<br><br>FOLGE: Starke Eutrophierung, |
| • Geringer Phosphateintrag<br>• Ausreichende Aufnahme durch Pflanzen<br><br>FOLGE: Geringe Eutrophierung<br><br>Wird viel Phosphat durch eutroph-ierte Pflanzen gebunden wird sind nur geringe Werte nachweisbar! | ← | **Phosphat**<br><br>**$PO_4^{3-}$/ $P_2O_5$**<br><br>**Endprodukt des Phosphatstoff-wechsels** | → | • Hoher Phosphateintrag (Dünger, Mastviehhaltung, ungeklärte Abwässer, Abbau von Biomasse)<br>• Unzureichende Aufnahme durch Pflanzen<br><br>FOLGE: Starke Eutrophierung |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| • Normaler pH-Wert | | **pH-Wert**<br><br>**Durch Photosynthese abhängig von der Tageszeit!**<br><br>**Carbonathärte beachten!** | | Niederiger pH-Wert:<br><br>• Saure Umgebung (z.B. Sandböden)<br>• Hoher $CO_2$-Gehalt (Tageszeit beachten!)<br>• Starke Nitrifikation<br><br>Hoher pH-Wert<br><br>• Basische Umgebung (z.B. Kalk)<br>• Kurzfristig: Hoher $CO_2$-Verbrauch durch Photosynthese)<br><br>FOLGE: Umwandlung von Hydrogencarbonat zu scher löslichem Calciumcabonat (Kalk), dadurch langfristig Verringerung der Pufferkapazität |
| Größere Härte ("hartes Wasser")<br><br>• Basische Umgebung (Kalk)<br><br>FOLGE: Gute Pufferkapazität (geringe tagesperiodische Schwankung des pH-Wertes) | | **Carbonathärte**<br><br>**("temporäre Härte")**<br><br>**Durch Photosynthese abhängig von der Tageszeit!**<br><br>**Normal:**<br><br>**5 - 12°dH** | | Geringere Härte ("weiches Wasser")<br><br>• Saure Umgebung (Sand, Moore)<br><br>FOLGE: Geringe Pufferkapazität (große tagesperiodische Schwankung des pH-Wertes) |
| Größere Härte ("hartes Wasser")<br><br>Größere Konzentration an Ionen | | **Gesamthärte** | | Geringere Härte ("weiches Wasser")<br><br>Geringere Konzentration an Ionen |

Schulbiologie zentrum Hannover

# Chemische Messwerte:

| | | | Danach erwartete GKL* | Nach Saprobien-Index bestimmte GKL* |
|---|---|---|---|---|
| Sauerstoff ($O_2$) | | mg/l | | |
| Nitrat ($NO_3$) | | mg/l | | |
| Nitrit ($NO_2$) | | mg/l | | |
| Ammonium ($NH_4$) | | mg/l | | |
| Phosphat ($PO_4^{3-}$ , $P_2O_5$) | | mg/l | | |
| $BSB_5$ | | mg $O_2$/L | | |
| Chlorophyll | | µg/L | | |

*) GKL = Gewässergüteklasse

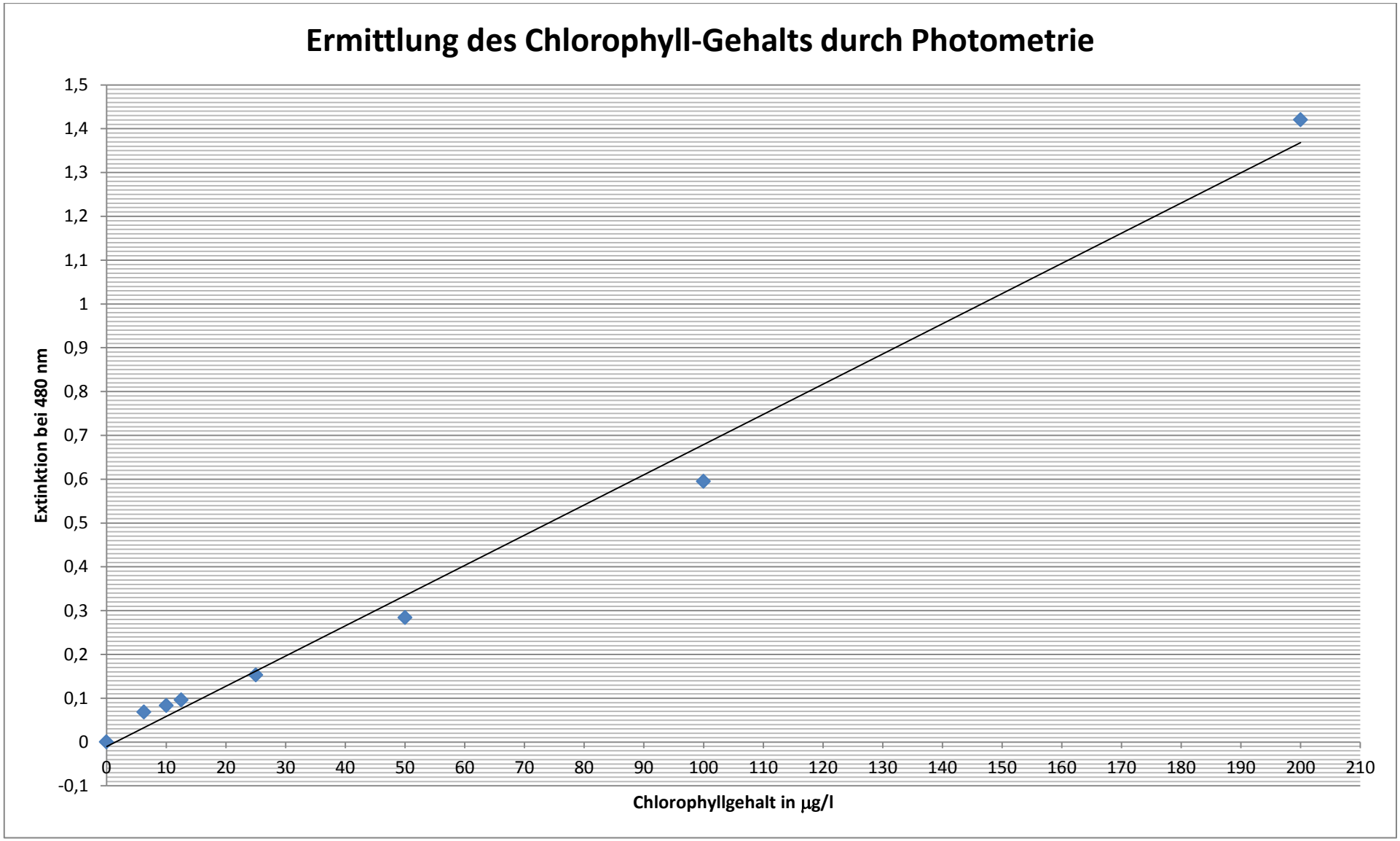
Schulbiologie zentrum Hannover

# Ermittlung des Chlorophyll-Gehaltes und Qualität eines Gewässers durch Photometrie

| GGKL | Trophiestufe | Saprobitätsstufe: | Chlorophyllgehalt µg/L |
|---|---|---|---|
| **I** | oligotroph | unbelastet | < 1 - 4 |
| **I/II** | mesotroph | gering belastet | 3 - 8 |
| **II** | eutroph | mäßig belastet | 7 - 30 |
| **II/III** | eu- bis polytroph | kritisch belastet | 25 - 50 |
| **III** | polytroph | stark verschmutzt | 50 - 100 |
| **III/IV** | poly- bis hypertroph | sehr stark verschmutzt | |
| **IV** | polytroph | übermäßig verschmutzt | >100 |

- Je höher der Nährsalzgehalt (Nitrat, Phosphor usw.) desto "grüner" das Gewässer
- Je "grüner" das Gewässer, desto höher der Chlorophyll-Gehalt
- Je höher der Chlorophyll-Gehalt, desto höher die Konzentration oxidierbarer Stoffe
- Je höher die Konzentration oxidierbarer Stoffe desto höher der Sauerstoffbedarf
- Je höher der Sauerstoffbedarf desto größer die Gefahr,
  dass das Ökosystem "Bach" oder "Teich" zusammenbricht ("umkippt")

  Je "grüner" das Gewässer, desto "trophischer" und desto problematischer seine Qualität


Ermittlung des Chlorophyll-Gehalts durch Photometrie
Extinktion bei 480 nm
1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
1
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
-0,1
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
Chlorophyllgehalt in µg/l

**Beispiel:** Ein Extinktionswert von 0,1 entspricht einem Chlorophyll-Gehalt von etwa 15 µg/Liter

**Ermittlung des Chlorophyllgehalts durch Photometrie**

Zur Beurteilung des Eutrophierungsgrades von Fließgewässern wird die Phytoplankton-Biomasse als biologische Kenngröße herangezogen. Dabei wird die Konzentration des Chlorophyll a als Hilfsgröße genutzt.
Ein Wert von mehr als 20 µg/l Chlorophyll a im Saisonmittel (April–Oktober) deutet auf problematische Verhältnisse.
Der Chlorophyllgehalt kann durch Photometrie ermittelt werden. Hierbei wird die Extinktion bei 480 nm (blau) gemessen.

**Vorgehen:**

- Fülle die erste Küvette mit Leitungswasser und die zweite Küvette mit der Gewässerprobe
- Schalte das Photometer ein und wähle die Wellenlänge 480 nm (blau).
- Führe den Nullabgleich ("0,00") mit Leitungswasser durch. Decke die Küvette mit dem Röhrchen ab.
- Wasche die zweite Küvette einmal mit der Probe aus und fülle sie erneut mit der Probe.
  Achte darauf, dass Probe vor dem Messen gut durchmischt ist.
- Trockne die Küvette außen gut ab bevor du sie in den Lichtschacht stellst, decke sie mit dem Röhrchen ab und lies den Extinktionswert ab.
- Schalte das Gerät aus, spüle beide Küvetten aus und trockne sie gut ab.

**Auswertung:**

- Ordne den gemessenen Extinktionswert an der Eichgeraden einem entsprechenden Chlorophyll-Wert zu.

Extinktions-Wert: _____ Chlorophyll-Gehalt: _____ µg/Liter

Schulbiologie zentrum Hannover

# Abschätzen des Sauerstoffbedarfs einer Gewässerprobe

Material:

- Kaliumpermanganat-Lösung (0,01 mol/l)
- Schwefelsäure (25%), ACHTUNG: ÄTZEND!
- Pipetten
- Reagenzgläser
- Heißes Wasserbad

Kaliumpermanganat ($KMnO_4$) ist ein starkes Oxidationsmittel.
$KMnO_4$ dissoziiert in wässriger Lösung zu $K^+$ und $MnO_4^-$ -Ionen.
Das gelöste Permanganat $MnO_4^-$ ist violett.
Durch die Oxidation chemisch und biologisch leicht oxidierbarer Stoffe wird das Permanganat-Ion unter sauren Bedingungen zu Mangan ($Mn^{2+}$) und Wasser ($H_2O$) abgebaut.
Dabei wird die Lösung farblos.

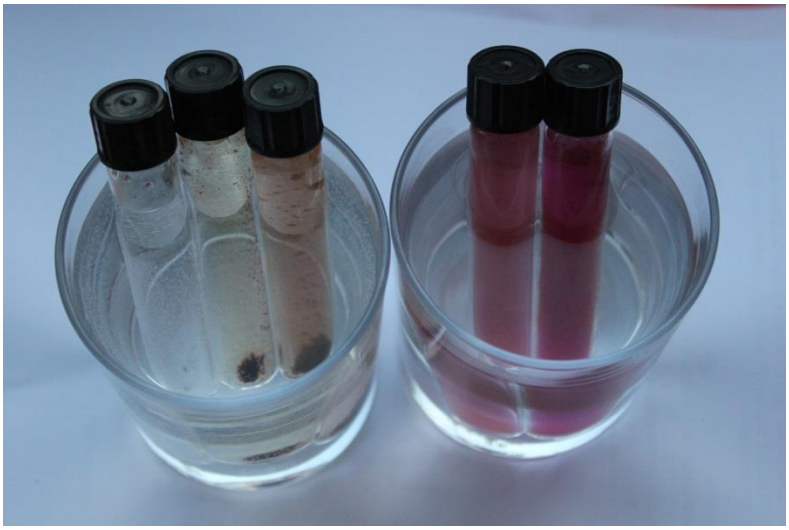
Der Eintritt der **Entfärbung** ist daher ein Maß für den Kaliumpermanganat-Verbrauch.
Der $KMnO_4$-Verbrauch spiegelt die Konzentration leicht oxidierbarer Stoffe und damit den **Sauerstoffbedarf** im Gewässer wider.

- Gib in jedes Reagenzglas jeweils 20 ml Probenwasser
- Füge jeder Probe so viele Tropfen Schwefelsäure (25%) wie Tropfen $KMnO_4$-Lösung hinzu
- Gib 10 Tropfen Kaliumpermanganat-Lösung (0,01 mol/l) in die erste Probe
- Gib 20 Tropfen Kaliumpermanganat-Lösung (0,01 mol/l) in die zweite Probe usw.
- Stelle die Proben in ein Wasserbad mit der Anfangstemperatur 100°C.
- Tritt nach Abkühlung eine Entfärbung von violett nach farblos auf?

| Probe # | Anzahl Tropfen $KMnO_4$ | Entfärbung |
|---|---|---|
| 1 | 10 | □ ja / □ nein |
| 2 | 20 | □ ja / □ nein |
| 3 | 30 | □ ja / □ nein |
| 4 | 40 | □ ja / □ nein |
| 5 | 50 | □ ja / □ nein |

1 Tropfen $KMnO_4$-Verbrauch entspricht bei 20 ml Probenvolumen einem Bedarf
von 1 mg $O_2$ pro Liter.
Gemessener $O_2$-Verbrauch (Oxidierbarkeit) der Gewässerprobe: _____ mg/Liter.

## Beispiel:



Gewässerprobe Stöckener Bach, GGKl III (nach SI und chemischen Parametern)

- Vollkommene Entfärbung mit 10, 20 und 30 Tropfen.
- Starke Entfärbung mit 40 Tropfen
- Geringe Entfärbung mit 50 Tropfen

Daraus folgt:

Der Sauerstoffbedarf ist

- größer als 30 mg/Liter
- geringer als 60 mg/Liter

## $O_2$-Bedarf und Gewässergüteklassen (GGkl)

| GGKl | $O_2$-Bedarf$_{KMnO4}$ [mg/L $O_2$]: | Anzahl Tropfen Indikator |
|---|---|---|
| I | 2 - 15 | 2 - 15 |
| I/II | | |
| II | 15 - 40 | 15 - 40 |
| II/III | | |
| III | 40 - 100 | 40 - 100 |
| III/IV | | |
| IV | > 100 | > 100 |

Schulbiologie zentrum Hannover

# Messung des Sauerstoffbedarfs einer Gewässerprobe

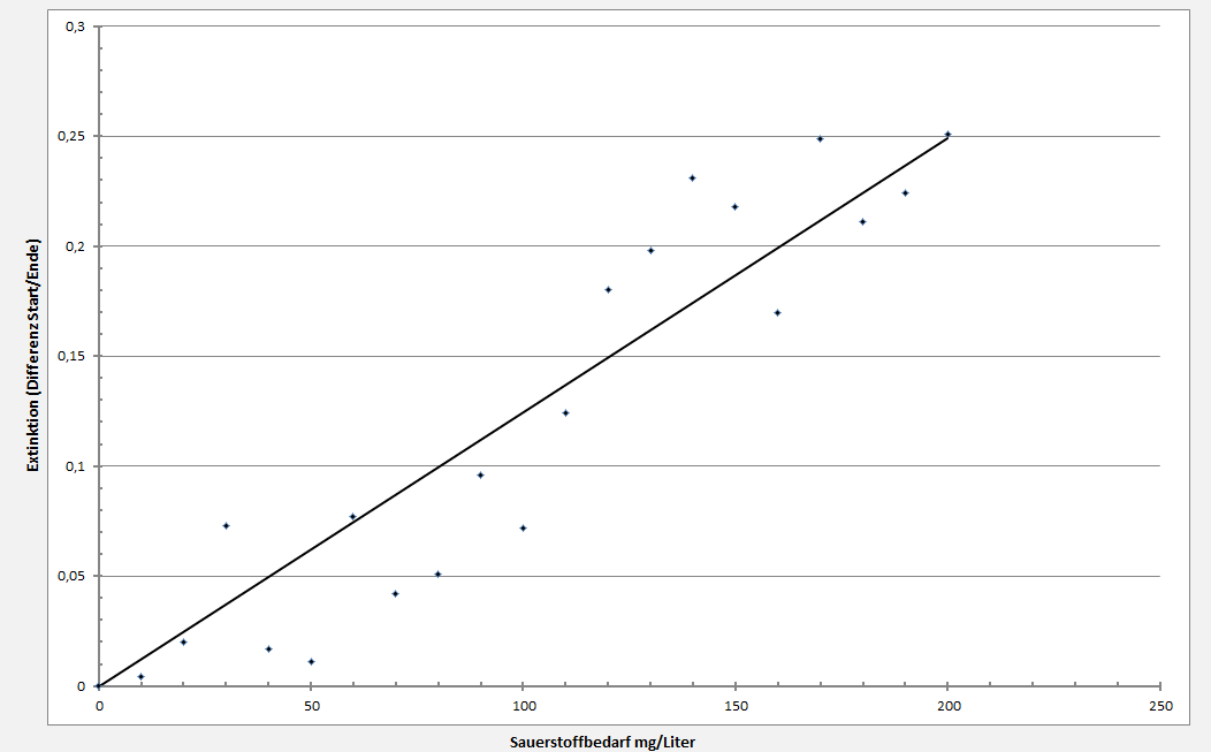
Material:

- Kaliumpermanganat-Lösung (0,01 mol/l)
- Schwefelsäure (25%), ACHTUNG: ÄTZEND!
- Pipetten
- Küvetten
- Photometer (LF204 WINDAUS)
- Heißes Wasserbad (60 - 70°C)

Kaliumpermanganat ($KMnO_4$) ist ein starkes Oxidationsmittel.
$KMnO_4$ dissoziiert in wässriger Lösung zu $K^+$ und $MnO_4^-$ -Ionen.
Das gelöste Permanganat $MnO_4^-$ ist violett.
Durch die Oxidation chemisch und biologisch leicht oxidierbarer Stoffe wird das Permanganat-Ion unter sauren Bedingungen zu Mangan ($Mn^{2+}$) und Wasser ($H_2O$) abgebaut.
Dabei wird die Lösung farblos.

Der Eintritt der **Entfärbung** ist daher ein Maß für den Kaliumpermanganat-Verbrauch.
Der $KMnO_4$-Verbrauch spiegelt die Konzentration leicht oxidierbarer Stoffe und damit den **Sauerstoffbedarf** im Gewässer wider.

- Stelle das Photometer auf 565nm (grün) ein.
- Führe einen Null-Abgleich mit reinem Wasser durch.
- Gib 10 ml der von Trübstoffen freien Gewässerprobe in die Küvette.
- Füge ihr 10 Tropfen Schwefelsäure (25%) und 5 Tropfen $KMnO_4$-Lösung hinzu.
- Schwenke die Probe gut um.
- Messe die Extinktion ("START").
- Stelle die Proben in ein Wasserbad mit 60 - 70°C.
- Messe erneut die Extinktion ("ENDE").
- Berechne die Differenz "$Extinktion_{START}$" - "$Extinktion_{ENDE}$".
- Lies den Sauerstoffbedarf (mg $O_2$/Liter) an der Eichgeraden ab.




Beispiel:
Differenz $Extinktion_{START}/Extinktion_{ENDE}$ = 0,250
$O_2$-Bedarf = 200 mg/Liter

Gemessener $O_2$-Verbrauch (Oxidierbarkeit) der Gewässerprobe: _____ mg/Liter.

Zuordnung des gemessenen Werts zur Gewässergüteklasse

| GGKL | $O_2$-$Bdarf_{KMnO4}$ [mg/L $O_2$]: |
|---|---|
| I<br>I/II | 2 - 15 |
| II<br>II/III | 15 - 40 |
| III<br>III/IV | 40 - 100 |
| IV | > 100 |

Der $O_2$-Verbrauch entspricht der Gewässergüteklasse _____

Die Eichgerade wurde im Schulbiologiezentrum Hannover durch Messung der Extinktion (Start-/Endwert) von Glucose-Lösungen der Konzentrationen 10 - 200mg/L (in Zehnerschritten) ermittelt. Durch Zugabe von Schwefelsäure wurde ein saures Milieu hergestellt.
Die gewählte $KmnO_4$-Konzentration entspricht bei 10 ml Gewässerprobe einem $O_2$-Bedarf von 2mg/Liter pro Tropfen.
Die Messung wurde mit dem Photometer LF204 der Fa. Windaus durchgeführt
Die Temperatur des (die Reaktion beschleunigenden) Wasserbades lag zwischen 60 und 70°C.
Die Messwerte sind im EXCEL-Diagramm als Punkte wiedergegeben. Die Eichgerade ist die Trendlinie.

## Chemischer Index (CI) nach BACH

Der CI setzt sich zusammen aus den acht Parametern

- Temperatur
- pH-Wert
- Leitfähigkeit,
- Sauerstoffsättigung
- $BSB_5$
- Nitrat
- Ammonium
- Phosphat

Güteklasse und CI-Wert

| **Güteklasse** | **Belastungsgrad** | **CI-Wert** |
|---|---|---|
| I | unbelastet bis sehr gering belastet | 100-83 |
| I-II | gering belastet | 83-73 |
| II | mäßig belastet | 73-56 |
| II-III | kritisch belastet | 56-44 |
| III | stark verschmutzt | 44-27 |
| III-IV | sehr stark verschmutzt | 27-17 |
| IV | übermäßig stark verschmutzt | 17-0 |

### Berechnung des CI

$$CI = I_1^{W_1} + I_2^{W_2} + I_3^{W_3} + I_4^{W_4} + I_5^{W_5} + I_6^{W_6} + I_7^{W_7} + I_8^{W_8}$$

$I_n$: Indexzahl des Parameters, abhängig vom Messwert (siehe Diagramme und Tabellen unten))

Ein pH-Wert von 5,0 entspricht z.B. dem Index 22

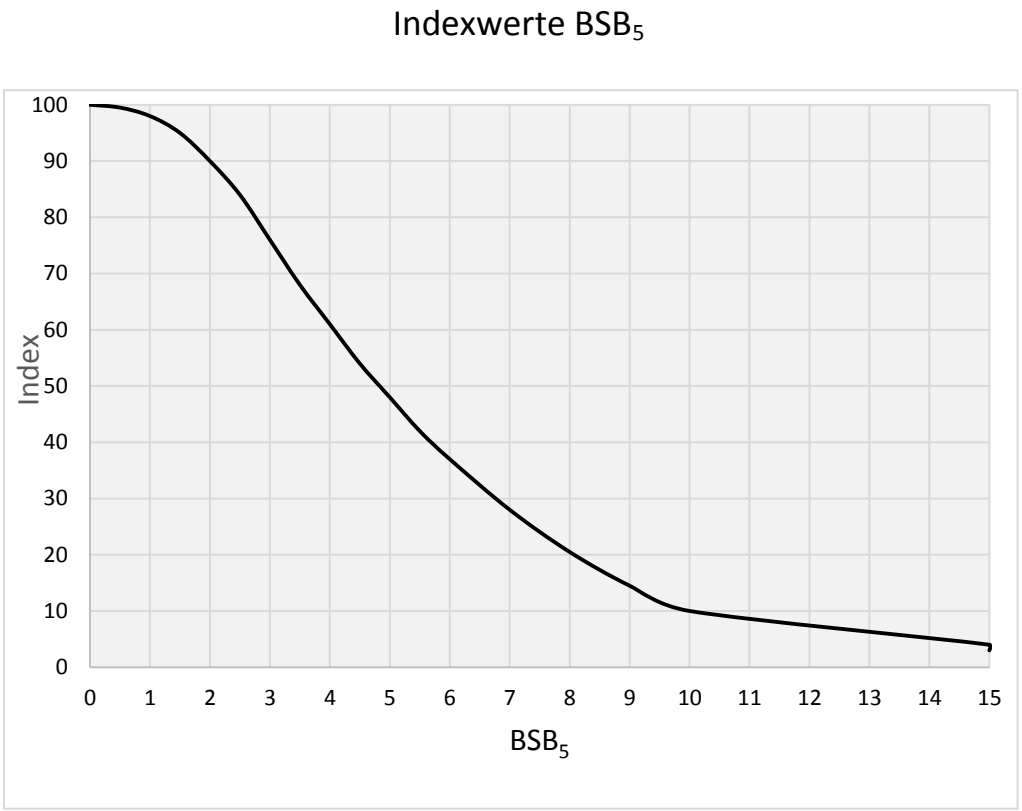
$W_n$: Wichtung für den 1. Parameter (z.B. pH-Wert: 0,1)

Somit ergibt sich für den Parameter pH-Wert bei einem pH-Wert von 5,0: $22^{0,1}$

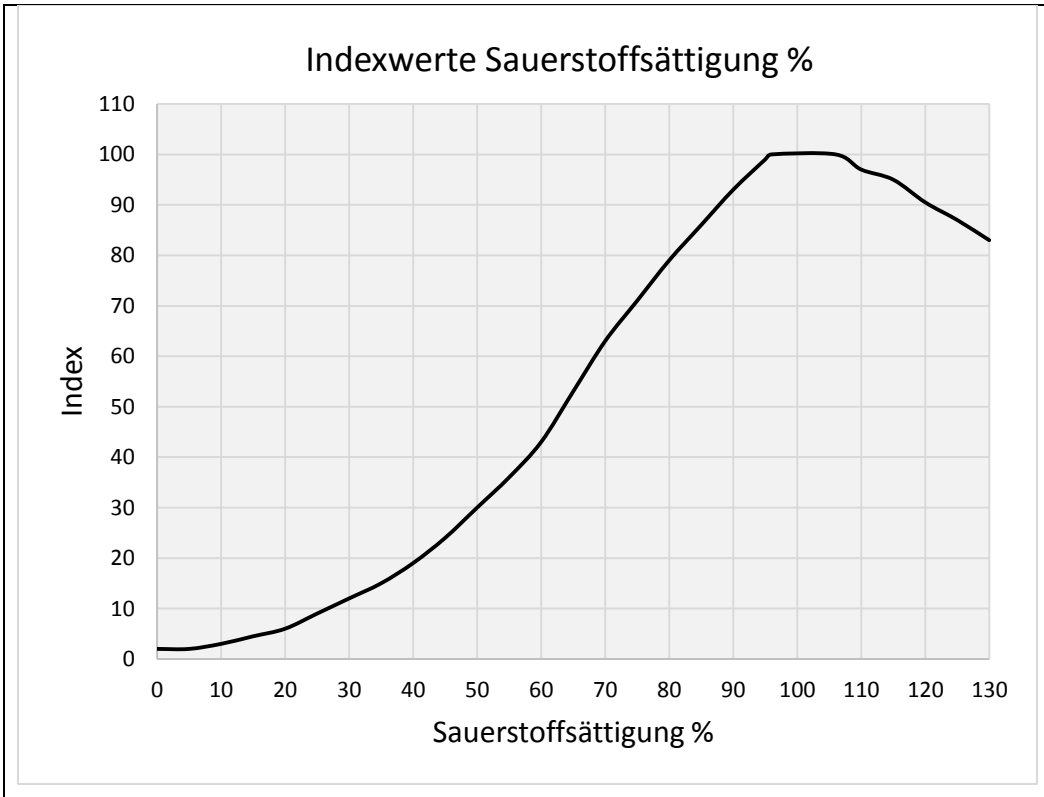
### Wichtung CI

| | |
|---|---|
| Temperatur | 0,08 |
| Sauerstoffgehalt (%) | 0,20 |
| $BSB_5$ | 0,20 |
| pH-Wert | 0,10 |
| Phosphat | 0,10 |
| Nitrat | 0,10 |
| Ammonium | 0,15 |
| Elektrische Leitfähigkeit | 0,07 |

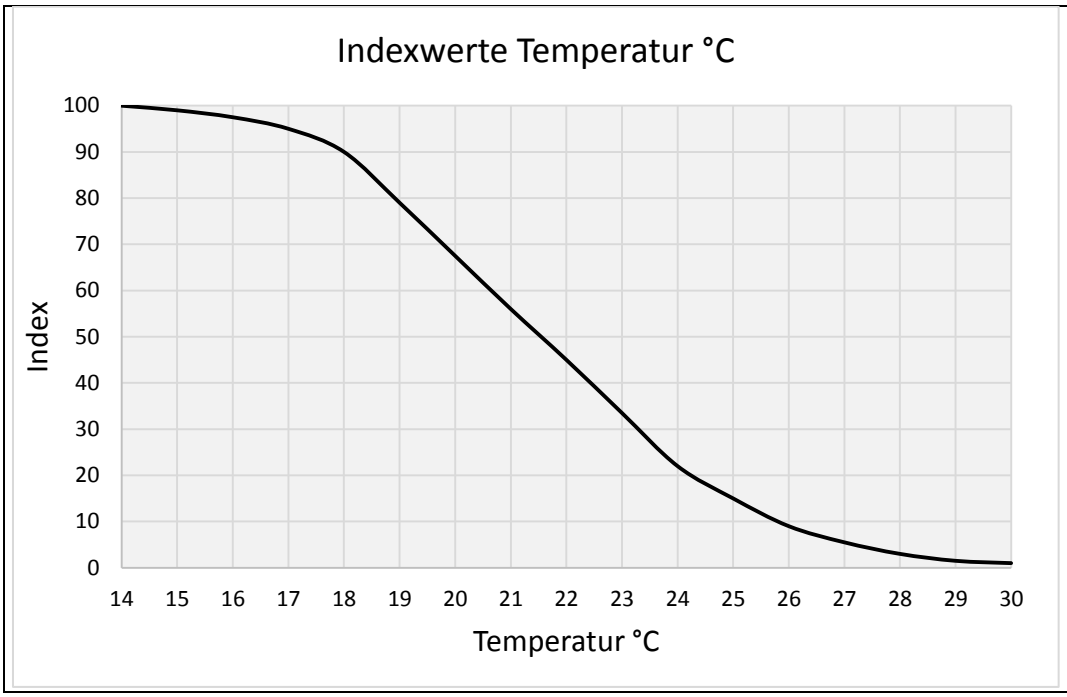
## Indexwerte CI



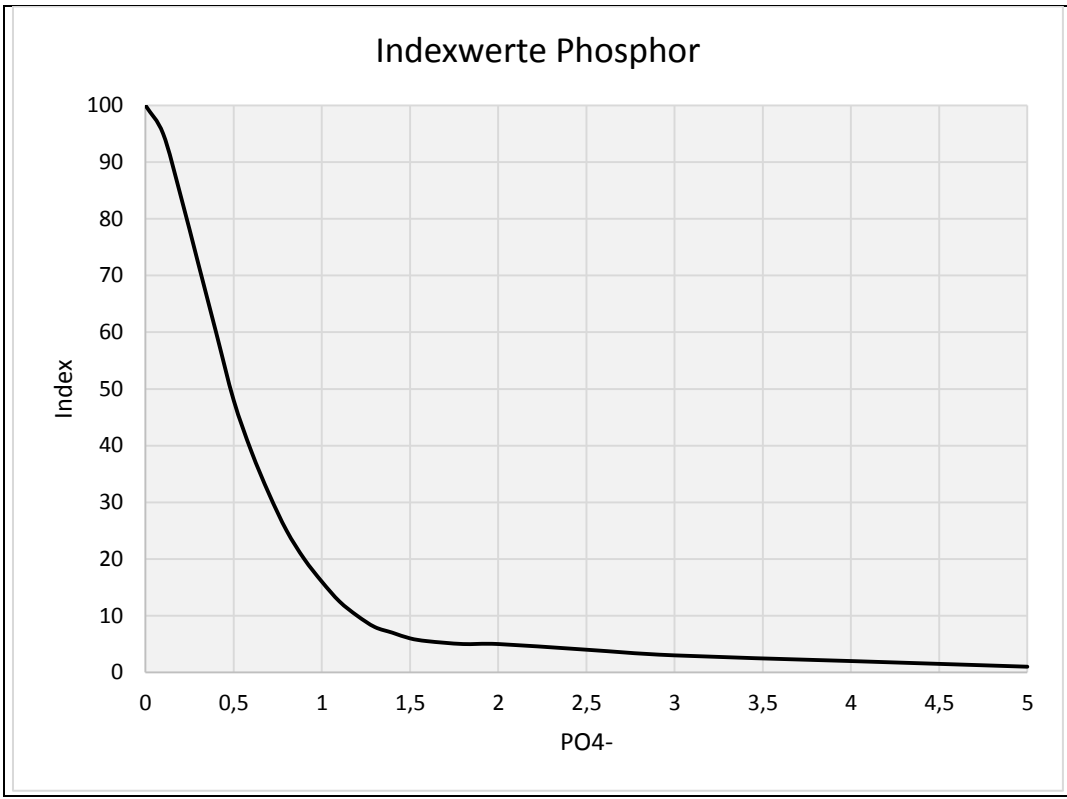

| $BSB_5$ | |
|---|---|
| Wert | Index |
| 0 | 100 |
| 0,5 | 99,5 |
| 1 | 98 |
| 1,5 | 95 |
| 2 | 90 |
| 2,5 | 84 |
| 3 | 76 |
| 3,5 | 68 |
| 4 | 61 |
| 4,5 | 54 |
| 5 | 48 |
| 5,5 | 42 |
| 6 | 37 |
| 7 | 28 |
| 8 | 20,5 |
| 9 | 14,5 |
| 10 | 10 |
| 15 | 4 |



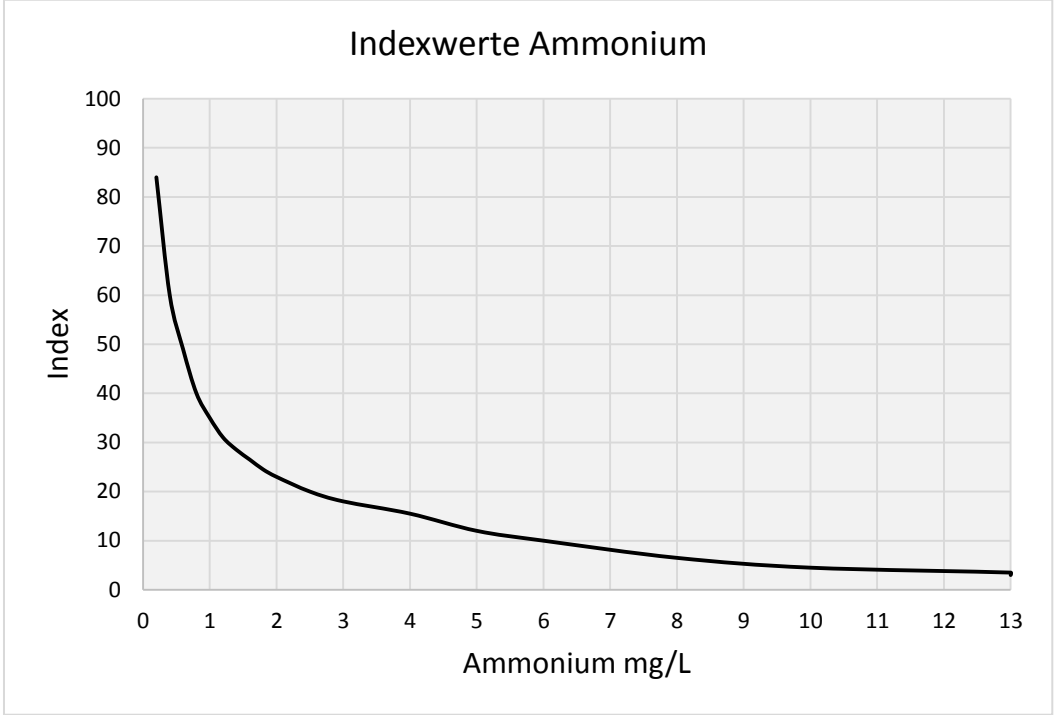

| $O_2$ | |
|---|---|
| Wert | Index |
| 0 | 2 |
| 5 | 2 |
| 10 | 3 |
| 15 | 4,5 |
| 20 | 6 |
| 25 | 9 |
| 30 | 12 |
| 35 | 15 |
| 40 | 19 |
| 45 | 24 |
| 50 | 30 |
| 55 | 36 |
| 60 | 43 |
| 65 | 53 |
| 70 | 63 |
| 75 | 71 |
| 80 | 79 |
| 85 | 86 |
| 90 | 93 |
| 95 | 99 |
| 96 | 100 |
| 106 | 100 |
| 110 | 97 |
| 115 | 95 |
| 120 | 90,5 |
| 125 | 87 |
| 130 | 83 |



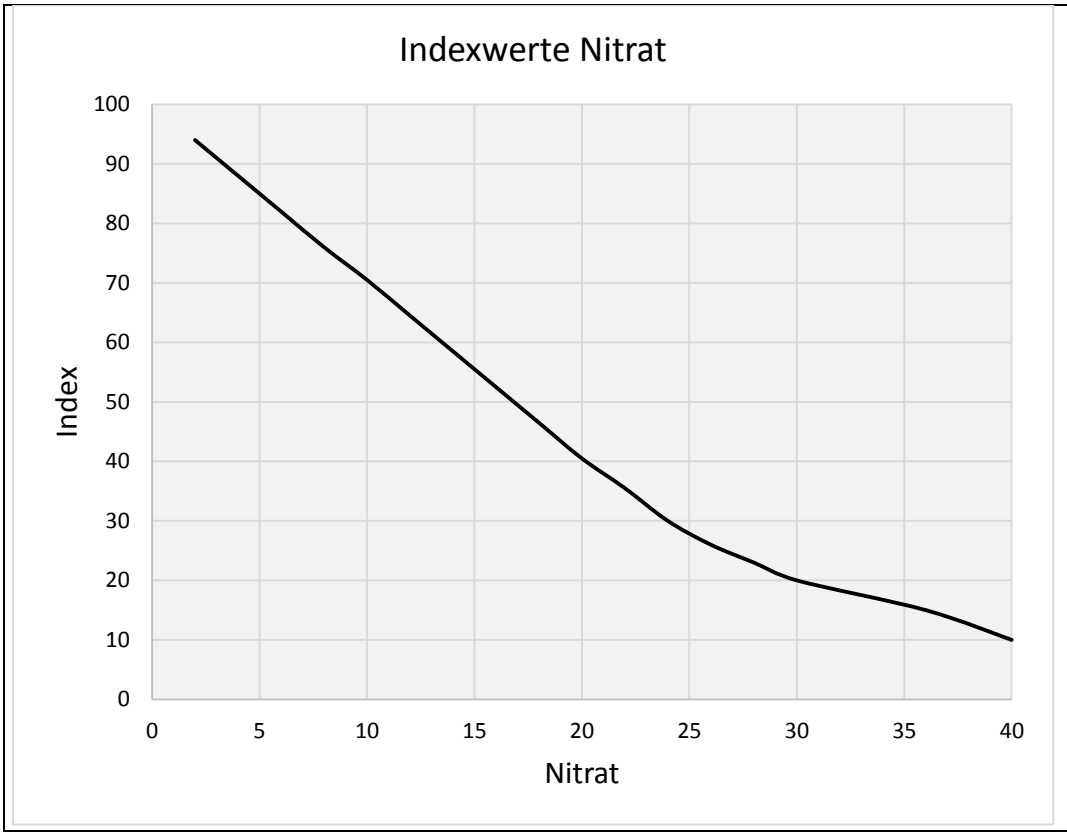

| T°C | |
|---|---|
| Wert | Index |
| 14 | 100 |
| 15 | 99 |
| 16 | 97,5 |
| 17 | 95 |
| 18 | 90 |
| 19 | 79 |
| 20 | 67,5 |
| 21 | 56 |
| 22 | 45 |
| 23 | 33,5 |
| 24 | 22 |
| 25 | 15 |
| 26 | 9 |
| 27 | 5,5 |
| 28 | 3 |
| 29 | 1,5 |
| 30 | 1,0 |
| 30 | 1,0 |



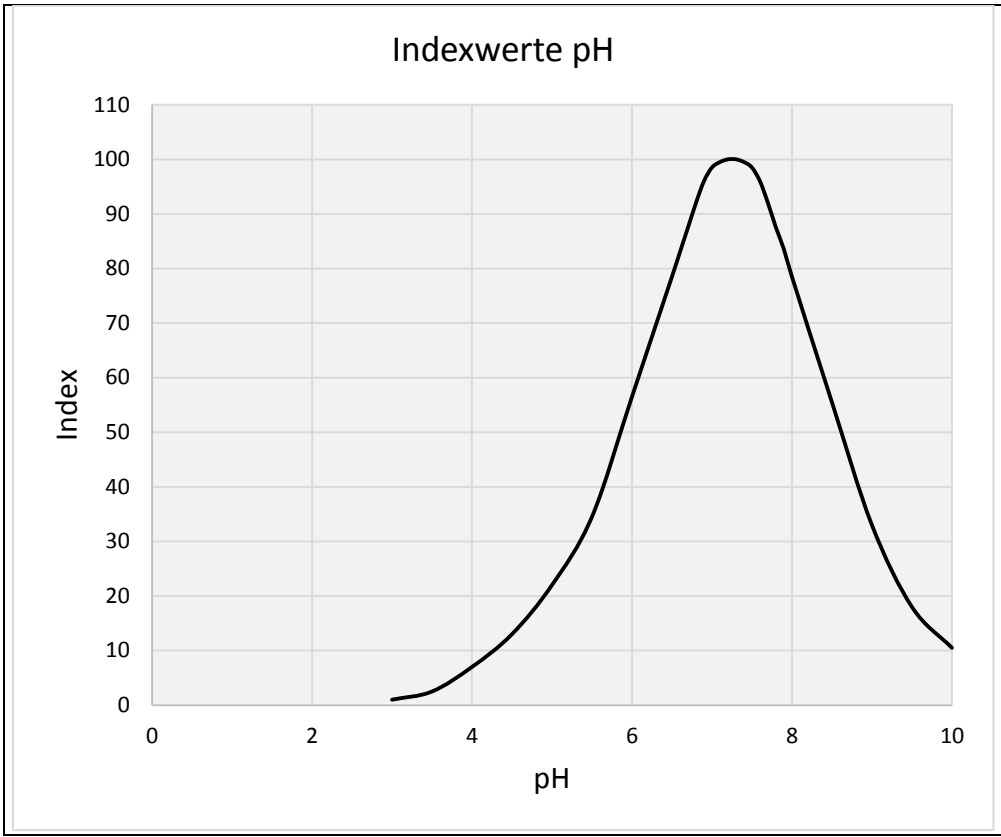

| $PO_4$ | |
|---|---|
| Wert | Index |
| 0,0 | 100 |
| 0,1 | 95 |
| 0,2 | 84 |
| 0,3 | 72 |
| 0,4 | 60 |
| 0,5 | 48 |
| 0,6 | 39 |
| 0,7 | 31,5 |
| 0,8 | 25 |
| 0,9 | 20 |
| 1,0 | 16 |
| 1,1 | 12,5 |
| 1,2 | 10 |
| 1,3 | 8 |
| 1,4 | 7 |
| 1,5 | 6 |
| 1,6 | 5,5 |
| 1,8 | 5 |
| 2,0 | 5 |
| 2,5 | 4 |
| 3,0 | 3 |
| 4,0 | 2 |
| 5,0 | 1 |



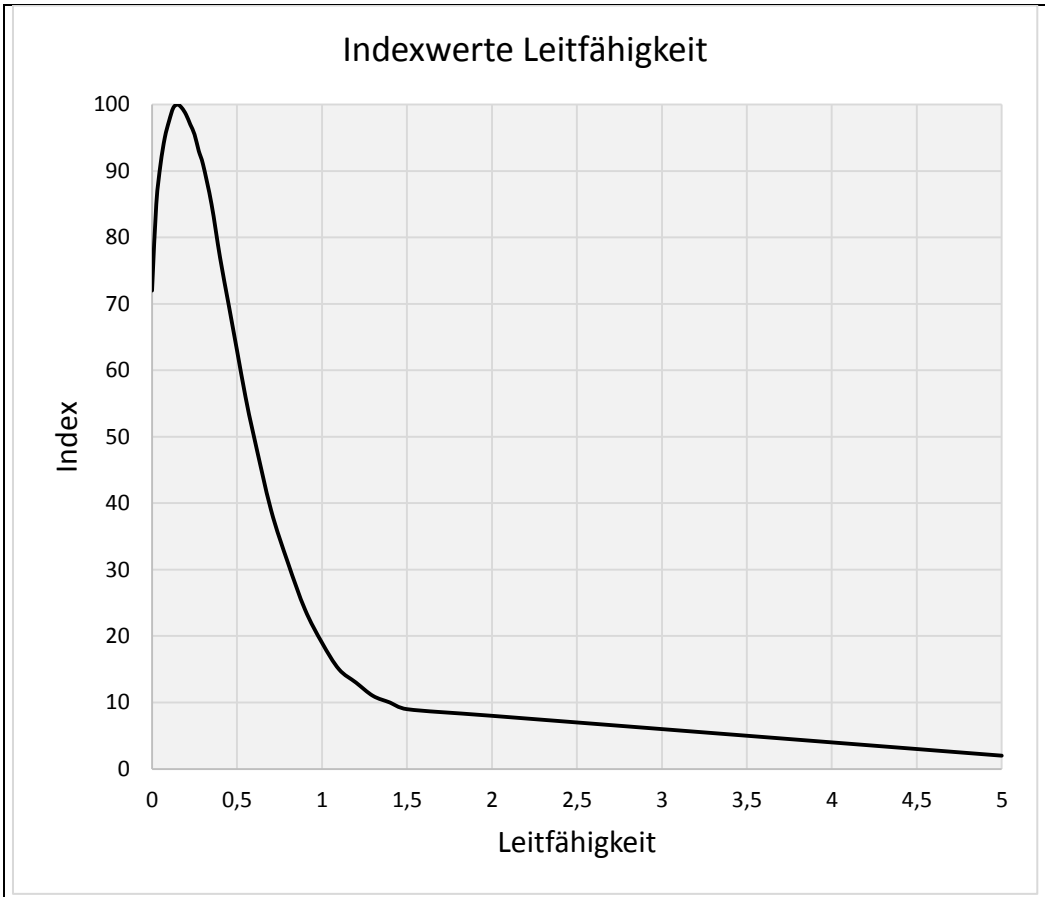

| $NH_4$ | |
|---|---|
| Wert | Index |
| 0,0 | 100 |
| 0,2 | 84 |
| 0,4 | 60 |
| 0,6 | 49 |
| 0,8 | 40 |
| 1,0 | 35 |
| 1,2 | 31 |
| 1,4 | 28,5 |
| 1,6 | 26,5 |
| 1,8 | 24,5 |
| 2,0 | 23 |
| 2,5 | 20 |
| 3,0 | 18 |
| 4,0 | 15,5 |
| 5,0 | 12 |
| 6,0 | 10 |
| 8,0 | 6,5 |
| 10,0 | 4,5 |
| 13,0 | 3,5 |
| 13,0 | 3 |




| $NO_3$ | |
|---|---|
| Wert | Index |
| 0 | 100 |
| 2 | 94 |
| 4 | 88 |
| 6 | 82 |
| 8 | 76 |
| 10 | 70,5 |
| 12 | 64,5 |
| 14 | 58,5 |
| 16 | 52,5 |
| 18 | 46,5 |
| 20 | 40,5 |
| 22 | 35,5 |
| 24 | 30 |
| 26 | 26 |
| 28 | 23 |
| 30 | 20 |
| 36 | 15 |
| 40 | 10 |




| pH | |
|---|---|
| Wert | Index |
| 3,0 | 1 |
| 3,5 | 2,5 |
| 4,0 | 7 |
| 4,5 | 13 |
| 5,0 | 22 |
| 5,5 | 34,5 |
| 6,0 | 56,5 |
| 6,5 | 78,5 |
| 6,6 | 83 |
| 6,7 | 87,5 |
| 6,8 | 92 |
| 6,9 | 96 |
| 7,0 | 98,5 |
| 7,1 | 99,5 |
| 7,2 | 100 |
| 7,3 | 100 |
| 7,4 | 99,5 |
| 7,5 | 98,5 |
| 7,6 | 96 |
| 7,7 | 92 |
| 7,8 | 87,5 |
| 7,9 | 83,5 |
| 8,0 | 78,5 |
| 8,5 | 55,5 |
| 9,0 | 33 |
| 9,5 | 18 |
| 10,0 | 10,5 |




| LF | |
|---|---|
| Wert | Index |
| 0,000 | 72 |
| 0,025 | 85 |
| 0,050 | 91 |
| 0,075 | 95 |
| 0,1 | 97,5 |
| 0,125 | 99,5 |
| 0,15 | 100 |
| 0,175 | 99,5 |
| 0,2 | 98,5 |
| 0,225 | 97 |
| 0,250 | 95,5 |
| 0,275 | 93 |
| 0,3 | 91 |
| 0,35 | 85 |
| 0,4 | 77 |
| 0,45 | 70 |
| 0,5 | 63 |
| 0,55 | 56 |
| 0,6 | 50 |
| 0,7 | 39 |
| 0,8 | 31 |
| 0,9 | 24 |
| 1,0 | 19 |
| 1,1 | 15 |
| 1,2 | 13 |
| 1,3 | 11 |
| 1,4 | 10 |
| 1,5 | 9 |
| 2,0 | 8 |
| 3,0 | 6 |
| 4,0 | 4 |
| 5,0 | 2 |

# Gewässergütebestimmung durch Phyto- und Zooplankton:

Datengrundlage der vorliegenden Liste:
Streble/Krauter: Das Leben im Wassertropfen, 12. Auflage, KOSMOS-Verlag 2010

Die hier aufgeführte Liste der Arten mit Indikatoreigenschaften wurde aus der Zusammenstellung auf den Seiten 405 - 415 entnommen.
In die Liste wurden nur stenöke Arten mit eindeutigen Indikatoreigenschaften aufgenommen, also solche, die von den Autoren des Buches mit einem "+" markiert wurden.
Alle nicht mehr als eindeutige, den 7 Gewässergüteklassen zuzuordnenenden Arten wurden, wie auch alle Ubiquitisten herausgelassen.
Mehr dazu bei Streble/Krauter, Seite 396.
Dies stellt eine wesentliche Vereinfachung in der Schule dar.

Da sich die Namen vieler Taxa in "Das Leben im Wassertropfen" seit den ersten Auflagen geändert haben und neue hinzugefügt wurden sollte nur noch mit der 12. Auflage gearbeitet werden.

Der Berechnungsmodus des Saprobienindex folgt der Methode von R. Pantle und H. Buck und ist durch einfaches Addieren, Multiplizieren und Dividieren zu bewerkstelligen.

Viele andere Berechnungsmethoden fußen auf komplizierten Algorithmen und schließen zusätzliche, im schulischen Rahmen nicht erfassbare Messergebnisse wie den Chloroplyll-a-Gehalt und die planktische Biomasse ein.

Bisherige, in der Schule und im Schulbiologiezentrum benutzte Verfahren beziehen sich auf das Saprobiensystem und (noch) nicht auf Trophiestufen wie sie im Rahmen der europäischen Wasser-Rahmenrichtlinie (EU-WRRL) gefordert sind.

In Anbetracht der z.T. noch sehr kontroversen Diskussionen um die "richtige" Methodik und ausgehend von den uns zur Verfügung stehenden Daten haben wir uns dafür entschieden, die Gewässer weiterhin in das Saprobiensystem einzuordnen.

In der Schule wird die (sichere) Identifikation des Planktons bis zur Art nur selten möglich sein. Der Vergleich der Indikatorwerte innerhalb z.B. der Gattung Paramecium (Pantoffeltierchen) und und Vorticella (Glockentierchen) zeigt, dass man es bei der Bestimmung des Genus nicht belassen kann.

Auch verbietet es sich, aus den Indikatorwerten der Arten einen arithmetischen Mittelwert für die Gattung zu errechnen, schon weil viele Arten innerhalb der Gattung keinen oder nur geringen Indikatorwert aufweisen.

Die Lösung wird sein:
Benutzen Sie die Liste wie ein Telefonbuch und schlagen Sie nur bestimmte unter dem Mikroskop mehr oder weniger genau identifizierbare Arten auf.
Zur Vorbereitung eines Gewässerökologie-Kurses gehört es, die wesentlichen im Zielgewässer vorkommenden Arten bereits vorher erfasst zu haben.
Diese Arten lassen sich aus der vorliegenden Liste herauskopieren und in eine eigne, wesentlich reduziertere Liste einfügen.

Ingo Mennerich
Schulbiologiezentrum Hannover, März 2015

## Gewässergüteklassen

- Gewässergüteklasse I: unbelastet bis sehr gering belastet. oligosaprobe Zone
- Gewässergüteklasse I-II: gering belastet
- Gewässergüteklasse II: mäßig belastet. β-mesosaprobe Zone
- Gewässergüteklasse II-III: kritisch belastet
- Gewässergüteklasse III: stark verschmutzt. α-mesosaprobe Zone
- Gewässergüteklasse III-IV: sehr stark verschmutzt
- Gewässergüteklasse IV: übermäßig verschmutzt. polysaprobe Zone

| | |
|---|---|
| oligosaprob | os |
| oligosaprob / β-mesosaprob | os/bms |
| β-mesosaprob | bms |
| β-mesosaprob / α-mesosaprob | bms/ams |
| α-mesosaprob | ams |
| α-mesosaprob / polysaprob | ams/ps |
| polysaprob | ps |

Ermittlung des Saprobienindex S:

$$S = \frac{1 * \Sigma(\text{os}) + 2 * \Sigma(\text{bms}) + 3 * \Sigma(\text{ams}) + 4 * \Sigma(\text{ps})}{\Sigma(\text{os}) + (\text{bms}) + (\text{ams}) + (\text{ps})}$$

Das heißt:

- Die Summe der Leitorganismen der Stufe "os" wird mit →1 multipliziert
- Die Summe der Leitorganismen der Stufe "bms" wird mit →2 multipliziert
- Die Summe der Leitorganismen der Stufe "ams" wird mit →3 multipliziert
- Die Summe der Leitorganismen der Stufe "ps" wird mit →4 multipliziert

- Dabei werden die Leitorganismen der Zwischenstufen "os/bms", "bms/ams" und "ams/ps" jeweils zur Hälfte aufgeteilt

- Die Produkte werden addiert und durch die Anzahl aller erfassten Individuen geteilt

# Beispiel 1: Diatomeen (Fließgewässer)

| Arten | | Anzahl | Leitorganismen der Stufe | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | os | bms | ams | ps |
| Meridion circulare | os | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| Diatoma vulgare | bms | 530 | 0 | 530 | 0 | 0 |
| Fragilaria ulna | bms/ams | 10 | 0 | 5 | 5 | 0 |
| Achnanthes minutissima | os/bms | 22 | 11 | 11 | 0 | 0 |
| Achnanthes linearis | os/bms | 8 | 4 | 4 | 0 | 0 |
| Cocconeis placentula | bms | 10 | 0 | 10 | 0 | 0 |
| Navicula tripunctata | os/bms | 10 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| Navicula radiosa | bms | 42 | 0 | 42 | 0 | 0 |
| Cymbella ventricosa | bms | 72 | 0 | 72 | 0 | 0 |
| Nitzschia dissipata | bms | 52 | 0 | 52 | 0 | 0 |
| Nitzschia acicularis | bms/ams | 8 | 0 | 4 | 4 | 0 |
| Surirella ovata | bms/ams | 8 | 0 | 4 | 4 | 0 |
| ∑ | | 777 | 25 | 739 | 13 | 0 |

Daraus folgt:

$$S = \frac{1 * 25 + 2 * 739 + 3 * 13 + 4 * 0}{777} = 1{,}98$$

# Beispiel 2: Phytoplankton (Stehendes Gewässer)

| Arten | | Anzahl | Leitorganismen der Stufe | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | os | bms | ams | ps |
| Beggiatoa alba | | 50 | | 0 | 0 | 50 |
| Anabaena constricta | | 4 | | 0 | 2 | 2 |
| Microcystis flos-aquae | | 10 | | 10 | 0 | 0 |
| Oscillatoria tenuis | | 5 | | 0 | 5 | 0 |
| Gyrosigma acuminatum | | 1 | | 1 | 0 | 0 |
| Melosira granulata | | 20 | | 20 | 0 | 0 |
| Pinnularia major | | 1 | | 1 | 0 | 0 |
| Scenedesmus quadricauda | | 1 | | 1 | 0 | 0 |
| ∑ | | 92 | | 33 | 7 | 52 |

Daraus folgt:

$$S = \frac{1 * 0 + 2 * 33 + 3 * 7 + 4 * 52}{92} = 3{,}21$$

# PHYTOPLANKTON

## Bakterien

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Achromatium oxaliferum | IV | + | ps | 4 | Lamprocystis roseopersicina | | + | ps | 4 |
| Bacillus subtilis | | + | ps | 4 | Nitrobacter winogradskyi | | + | ps | 4 |
| Beggiatoa alba | IV | + | ps | 4 | Pelodictyon luteolum | | + | ps | 4 |
| Beggiatoa arachnoidea | | + | ps | 4 | Sarcina-Arten | | + | ps | 4 |
| Beggiatoa leptomitiformis | | + | ps | 4 | Sphaerotilus natans | IV | + | ams/ps | 3-4 |
| Beggiatoa-Arten | | + | ps | 4 | Spirillum-Arten | | + | ps | 4 |
| Chlorobacterium aggr. | | + | ps | 4 | Spirillum volutans | | + | ps | 4 |
| Chlorobium limicola | | + | ps | 4 | Thiopedia rosea | IV | + | ps | 4 |
| Chlorochromatium aggr. | IV | + | ps | 4 | Thioploca schmidiei | IV | + | ps | 4 |
| Chromatium okenii | IV | + | ps | 4 | Thiothrix nivea | IV | + | ps | 4 |
| Crenothrix polyspora | | + | os/bms | 1-2 | Thiovolum majus | IV | + | ps | 4 |
| Gallionella ferruginea | | + | os/bms | 1-2 | Zoogloea ramigera | IV | + | ps | 4 |
| Gallionella-Arten | | + | os/bms | 1-2 | | | | | |

## Cyanophyceen

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anabaena flos-aquae | II | + | bms | 2 | Microcystis flos-aquae | II | + | bms | 2 |
| Anabaena spiroides | II | + | bms | 2 | Nostoc carneum | II | + | bms | 2 |
| Aphanizomenon flos-aquae | II | + | bms | 2 | Oscillatoria brevis | III | + | ams | 3 |
| Arthrospira jenneri | IV | + | ams/ps | 3-4 | Oscillatoria chalybea | III | + | ams | 3 |
| Calothrix parietina | I | + | os/bms | 1-2 | Oscillatoria chlorina | IV | + | ams/ps | 3-4 |
| Chamaesiphon fuscus | | + | os/bms | 1-2 | Oscillatoria lauterborni | IV | + | ams/ps | 3-4 |
| Chamaesiphon incrustans | | + | os/bms | 1-2 | Oscillatoria limosa | | + | bms/ams | 2-3 |
| Coelospaericum naegelianum | II | + | bms | 2 | Oscillatoria princeps | III | + | ams | 3 |
| Dactylococcopsis acic. = Monoraphidium graffithii | | + | bms | 2 | Oscillatoria putrida | IV | + | ams/ps | 3-4 |
| Komvophoron constrictum | IV | + | ams/ps | 3-4 | Oscillatoria redeckei | II | + | bms | 2 |
| Leptolyngbya foveolarum | III | + | ams | 3 | Oscillatoria tenuis | III | + | ams | 3 |
| Limnothrix redeckei | II | + | bms | 2 | Phormidium formosum | III | + | ams | 3 |
| Merismopedia glauca | | + | bms | 2 | Phormidium splendidum | III | + | ams | 3 |
| Merismopedia-Arten | | + | bms | 2 | Planktothrix agardhii | II | + | bms | 2 |
| Microcoleus subtorul. | I | + | os | 1 | Planktothrix rubescens | II | + | bms/ams | 2-3 |
| Microcystis aeroginosa | II | + | bms | 2 | Woronichinia naegeliana | II | + | bms | 2 |

## Goldalgen

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anthophysa vegetans | III | + | bms/ams | 2-3 | Hydrurus foetidus | | + | os/bms | 1-2 |
| Dinobryon bavaricum | | + | os/bms | 1-2 | Mallomonas acaroides | | + | bms | 2 |
| Dinobryon divergens | | + | bms | 2 | Phaeodermatum rivulare | | + | os/bms | 1-2 |
| Dinobryon sertularia | | + | bms | 2 | Synura uvella | II | + | bms | 2 |
| Heterochromulina ocellata | IV | * | ps | 4 | Uroglena volvox | II | + | bms | 2 |

# Diatomeen

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Achnanthes hungarica | | + | ams | 3 | Gyrosigma attenuatum | | + | os/bms | 1-2 |
| Achnanthes lanceolata | | + | os/bms | 1-2 | Hantzschia abundans | III | + | ams | 3 |
| Achnanthes minutissima | | + | os/bms | 1-2 | Melosira granulata angust. | | + | os/bms | 1-2 |
| Amphora ovalis | | + | bms | 2 | Melosira varians | II | + | bms | 2 |
| Anomoeoneis neoexilis | | + | os | 1 | Meridion circulare | I | + | os | 1 |
| Asterionella formosa | II | + | bms | 2 | Navicula accomoda | | + | ams/ps | 3-4 |
| Aulacoseira granulata | II | + | bms | 2 | Navicula cryptocephala | III | + | ams | 3 |
| Bacillaria paxillifer | II | + | bms | 2 | Navicula pupula | | + | bms | 2 |
| Caloneis amphisbaena | | + | bms/ams | 2-3 | Navicula radiosa | | + | bms | 2 |
| Caloneis silicula | | + | bms | 2 | Navicula rhynchocephala | II | + | bms/ams | 2-3 |
| Campylodiscus noricus | | + | os | 1 | Navicula tripunctata | | + | os/bms | 1-2 |
| Ceratoneis arcus | | + | os/bms | 1-2 | Neidium iridis | | + | bms | 2 |
| Cocconeis pediculus | | + | bms | 2 | Nitzschia acicularis | II | + | bms/ams | 2-3 |
| Cocconeis placentula | | + | bms | 2 | Nitzschia angustata | | + | ams | 3 |
| Cyclotella bodanica | I | + | os/bms | 1-2 | Nitzschia dissipata | | + | bms | 2 |
| Cyclotella comensis | I | + | os/bms | 1-2 | Nitzschia foncticola | | + | os/bms | 1-2 |
| Cyclotella comta | | + | bms | 2 | Nitzschia palea | III | + | ams | 3 |
| Cyclotella melosiroides | | + | os/bms | 1-2 | Neidium sigmoides | | + | bms | 2 |
| Cyclotella meneghiniana | III | + | bms/ams | 2-3 | Pinnularia gibba | | + | os | 1 |
| Cymatopleura elliptica | II | + | bms | 2 | Pinnularia borealis | | + | os/bms | 1-2 |
| Cymatopleura solea | II | + | bms | 2 | Pinnularia major | II | + | bms | 2 |
| Cymbella lanceolata | | + | bms | 2 | Pinnularia mesolepta | | + | os/bms | 1-2 |
| Cymbella prostrata | | + | bms | 2 | Pinnularia viridifomis | II | + | bms | 2 |
| Cymbella ventricosa | II | + | bms | 2 | Rhoicosphaenia abbreviata | II | + | bms | 2 |
| Denticula tenuis | | + | os/bms | 1-2 | Rhopalodia gibba | | + | os/bms | 1-2 |
| Diatoma elongata | II | + | bms | 2 | Stauroneis anceps | | + | bms | 2 |
| Diatoma hiemalis | | + | os | 1 | Stauroneis phoenicenteron | II | + | bms | 2 |
| Diatoma mesodon | | + | os | 1 | Stephanodiscus hantzschii | III | + | ams | 3 |
| Diatoma vulgaris | II | + | bms | 2 | Surirella angusta | | + | bms | 2 |
| Ellerbeckia arenaria | | + | os/bms | 1-2 | Surirella biseriata | II | + | bms | 2 |
| Epithemia sorex | | + | bms | 2 | Surirella capronii | | + | bms | 2 |
| Epithemia turgida | II | + | bms | 2 | Surirella linearis | | + | bms | 2 |
| Eunotia arcus | | + | os/bms | 1-2 | Surirella ovalis | II | + | bms/ams | 2-3 |
| Eunotia lunaris | | + | os/bms | 1-2 | Surirella robusta | | + | bms | 2 |
| Fragilaria arcus | | + | os/bms | 1-2 | Surirella spiralis | I | + | os/bms | 1-2 |
| Fragilaria capucina | | + | bms | 2 | Surirella tenera | II | + | bms | 2 |
| Fragilaria construens | II | + | bms | 2 | Synedra (=Fragilaria) acus | II | + | bms | 2 |
| Fragilaria crotonensis | II | + | bms | 2 | Synedra (=Fragilaria) capitata | | + | bms | 2 |
| Fragilaria virescens | | + | os | 1 | Synedra (=Fragilaria) ulna | II | + | bms/ams | 2-3 |
| Gomphonema acuminatum | | + | bms | 2 | Synedra (=Fragilaria) vaucheriae | | + | bms/ams | 2-3 |
| Gomphonema truncatum | | + | bms | 2 | Tabellaria fenestrata | II | + | bms | 2 |
| Gyrosigma acuminatum | | + | bms | 2 | Tabellaria flocculosa | I | + | os/bms | 1-2 |

# Gelbgrünalgen

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ophiocytium arbuscula | | + | os/bms | 1-2 | Vaucheria germinata | | + | bms | 2 |
| Ophiocytium capitatum | | + | os/bms | 1-2 | Vaucheria sessilis | | + | bms | 2 |
| Tribonema elegans | | + | os | 1 | | | | | |

# Augenflagellaten

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anisonema acinus | | + | ams | 3 | Notoselenus apocamptus | | + | bms/ams | 2-3 |
| Anisonema-Arten | | + | ams | 3 | Peranema trichophorum | | + | ams | 3 |
| Astasia klebsii | III | + | ams | 3 | Peranema-Arten | | + | ams | 3 |
| Astasia-Arten | | + | ams | 3 | Phacus longicauda | | + | bms/ams | 2-3 |
| Colacium simplex | | + | bms | 2 | Phacus pleuronectes | | + | bms/ams | 2-3 |
| Euglena deses | | + | ams | 3 | Phacus pyrum | | + | bms/ams | 2-3 |
| Euglena oxyuris | | + | bms/ams | 2-3 | Trachelomonas armata | | + | bms | 2 |
| Euglena pisciformis | | + | bms/ams | 2-3 | Trachelomonas caudata | | + | bms | 2 |
| Euglena spirogyra | | + | bms/ams | 2-3 | Trachelomonas hispida | | + | bms/ams | 2-3 |
| Euglena tripteris | | + | bms/ams | 2-3 | Trachelomonas oblonga | | + | bms | 2 |
| Euglena viridis | IV | + | ams/ps | 3-4 | Tropidoscyphus octocostatus | | + | os | 1 |
| Heteronoma acus | | + | ams | 3 | Urceolus cyclostomus | | + | ams | 3 |
| Lepocinclis ovum | | + | bms/ams | 2-3 | Urceolus-Arten | | + | ams | 3 |
| Lepocinclis (Euglena) texta | | + | bms/ams | 2-3 | | | | | |

# Dinoflagellaten

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ceratium hirundinella | | + | os/bms | 1-2 | Peridiniopsis penardii | | + | os/bms | 1-2 |
| Gymnodinium aeruginosum | | + | bms | 2 | | | | | |

# Kryptomonaden

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chilomonas paramecium | III | + | ams | 3 | Cyathomonas truncata | | + | ams | 3 |
| Chroomonas nordstedti | | + | bms | 2 | | | | | |

# Grünmonaden

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Carteria multifilis | IV | + | ps | 4 | | | | | |
| Chlamydomonas ehrenbergii | III | + | ams | 3 | | | | | |
| Chlamydomonas reinhardii | | + | ams | 3 | | | | | |
| Eudorina elegans | | + | bms | 2 | | | | | |
| Gonium pectorale | III | + | ams | 3 | | | | | |
| Haematococcus pluvialis | | + | os/bms | 1-2 | | | | | |
| Pandorina morum | | + | bms | 2 | | | | | |
| Phacoctus lendneri | | + | os/bms | 1-2 | | | | | |
| Polytoma uvella | IV | + | ps | 4 | | | | | |
| Pyramidomonas tetrarhynchus | | + | bms | 2 | | | | | |
| Spondylomorum quaternarium | III | + | ams | 3 | | | | | |
| Stephanosphaera pluvialis | | + | os | 1 | | | | | |
| Volvox aureus | | + | bms | 2 | | | | | |
| Volvox globator | | + | bms | 2 | | | | | |

# Chlorophyceen (kokkale Grünalgen)

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Actinastrum hantzschii | | + | bms | 2 | Pediastrum boryanum | II | + | bms | 2 |
| Ankistrodesmus acicularis | II | + | bms | 2 | Pediastrum duplex | | + | bms | 2 |
| Ankistrodesmus bibraianus | I | + | bms | 2 | Pediastrum integrum | | + | bms | 2 |
| Ankistrodesmus gracilis | | + | bms | 2 | Pediastrum kawraiskyi | | + | bms | 2 |
| Botryococcis braunii | | + | os/bms | 1-2 | Pediastrum simplex | | + | bms | 2 |
| Chlorella vulgaris | | + | ams | 3 | Pediastrum tetras | | + | bms | 2 |
| Coelastrum microporum | | + | bms | 2 | Scenedesmus abundans | | + | bms | 2 |
| Crucigenia quadrata | | + | bms | 2 | Scenedesmus acuminatus | II | + | bms | 2 |
| Crucigenia tetrapedia | | + | bms | 2 | Scenedesmus arcuatus | | + | bms | 2 |
| Dictyoshaerium ehrenbergi | | + | bms | 2 | Scenedesmus bijugatus | | + | bms | 2 |
| Dictyoshaerium pulchellum | II | + | bms | 2 | Scenedesmus brasiliensis | | + | bms | 2 |
| Golenkinia paucispina | | + | bms | 2 | Scenedesmus denticulatus | | + | bms | 2 |
| Golenkinia radiata | | + | bms | 2 | Scenedesmus quadrcauda | II | + | bms | 2 |
| Golenkiniopsis solitaria | | + | bms | 2 | Schroederia setigera | | + | bms | 2 |
| Hydrodictyon reticulatum | | + | os/bms | 1-2 | Schroederia spiralis | | + | bms | 2 |
| Kirchneriella lunaris | | + | bms | 2 | Siderocella elegans | | + | bms | 2 |
| Kirchneriella obesa | | + | bms | 2 | Siderocella ornata | | + | bms | 2 |
| Lagerheimia ciliata | | + | bms | 2 | Sphaerocystis schroeteri | I | + | os/bms | 1-2 |
| Lagerheimia genevensis | | + | bms | 2 | Tetraedron caudatum | | + | bms | 2 |
| Lagerheimia quadriseta | | + | bms | 2 | Tetraedron minutum | | + | bms | 2 |
| Lagerheimia wratislaviensis | | + | bms | 2 | Tetrallantos lagerheimii | | + | bms | 2 |
| Micractinium pusillum | | + | bms | 2 | | | | | |

# Chlorophyceen (fädige Grünalgen)

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chaetophora elegans | II | + | bms | 2 | Klebsormidium subtilissimum | | + | bms | 2 |
| Chaetophora incrassata | | + | bms | 2 | Microspora amoena | I | + | os/bms | 1-2 |
| Chaetophora-Arten | | + | bms | 2 | Microspora quadrata | | + | os/bms | 1-2 |
| Cladophora fracta | | + | bms | 2 | Oedogonium capillare | II | + | bms | 2 |
| Cladophora rivularis | II | + | bms | 2 | Oedogonium-Arten | | + | bms | 2 |
| Draparnaldia glomerata | I | + | os/bms | 1-2 | Stigeoclonium tenue | | + | ams | 3 |
| Draparnaldia-Arten | | + | os/bms | 1-2 | Ulothrix tenussima | | + | bms | 2 |
| Enteromorpha intestina | II | + | bms/ams | 2-3 | Ulothrix zonata | I | + | os/bms | 1-2 |
| Klebsormidium subtile | | + | bms | 2 | Ulothrix-Arten | | + | bms | 2 |

# Zieralgen; Jochalgen

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Closterium acerosum | III | + | ams | 3 | Cosmarium depressum plankt. | | + | bms | 2 |
| Closterium acutum | | + | bms/ams | 2-3 | Cosmarium subcoscatum. | | + | bms | 2 |
| Closterium dianae | I | + | os/bms | 1-2 | Euastrum germanicum | | + | bms | 2 |
| Closterium ehrenbergii | II | + | bms | 2 | Spirogyra crassa | II | + | bms | 2 |
| Closterium leibleinii | III | + | bms/ams | 2-3 | Spirogyra majuscula | | + | bms | 2 |
| Closterium limneticum | | + | bms | 2 | Staurastrum gracile | | + | os/bms | 1-2 |
| Closterium lunula | I | + | os/bms | 1-2 | Staurastrum punctulatum | I | + | os/bms | 1-2 |
| Closterium monoliferum | II | + | bms | 2 | Staurastrum sebaldi | | + | os | 1 |
| Closterium parvulum | II | + | bms | 2 | Staurastrum tetracerum | | + | os/bms | 1-2 |
| Closterium rostratum | I | + | os/bms | 1-2 | | | | | |

## Armleuchteralgen

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chara-Arten | | + | os/bms | 1-2 | | | | | |

## Rotalgen

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bangia atropurpurea | | + | os/bms | 1-2 | Hildenbrandia rivularis | | + | os/bms | 1-2 |
| Batrachospermum gelatinosum | | + | os/bms | 1-2 | Lemanea fluviatilis | | + | os/bms | 1-2 |
| Batrachospermum-Arten | | + | os/bms | 1-2 | Lemanea-Arten | | + | os/bms | 1-2 |

## Braunalgen

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Heribaudiella fluviatilis | | + | os/bms | 1-2 | | | | | |

## Moose

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cinclidotus fontinaloides | I | + | os/bms | 1-2 | | | | | |
| Pellia fabbroniana | I | + | os | 1 | | | | | |
| Riccia fluitans | | + | bms | 2 | | | | | |

## Pilze

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Apodya lactea | III | + | ams/ps | 3-4 | Mucor racemosus | III | + | ams | 3 |
| Fusarium aquaductum | III | + | ams | 3 | Nectria moschata | III | + | ams | 3 |
| Leptomitus lacteus | III | + | ams/ps | 3-4 | | | | | |

## Farne

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ioetes-Arten | | + | os | 1 | Pilularia globulifera | | + | os/bms | 1-2 |

# Blütenpflanzen

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Egeria densa (Dichtblättrige Wasserpest) | | + | bms/ams | 2-3 | Ceratophyllum demersum (Rauhes Hornblatt) | | + | bms/ams | 2-3 |
| Elodea canadensis (Wasserpest) | | + | bms/ams | 2-3 | Ceratophyllum submersum (Zartes Hornblatt) | | + | bms | 2 |
| Glyceria fluitans (Manna-Schwaden) | | + | os/bms | 1-2 | Hippuris vulgaris (Tannenwedel) | | + | os/bms | 1-2 |
| Groenlandia densa (Dichter Wasserschwaden) | | + | os/bms | 1-2 | Lobelia dortmanna (Wasser-Lobelie) | | + | os | 1 |
| Juncus bulbosus u.a. (Rasen-Binse) | | + | Os | 1 | Mentha aquatica (Wasserminze) | | + | os/bms | 1-2 |
| Lemna minor (Kleine Wasserlinse) | | + | bms/ams | 2-3 | Myriophyllum alterniflorum (Wechselblütiges Tausendblatt) | | + | os/bms | 1-2 |
| Lemna trisulca (Dreifurchige Wasserlinse) | | + | bms | 2 | Myriophyllum spicatum (Ähriges Tausendblatt) | | + | bms/ams | 2-3 |
| Najas flexilis (Nixenkraut) | | + | os/bms | 1-2 | Myriophyllum verticillatum (Quirlblättriges Tausendblatt) | | + | os/bms | 1-2 |
| Potamogeton crispus (Krauses Laichkraut) | | + | ams | 3 | Nasturtium officinale (Brunnenkresse) | | | (os/bms) | (1-2) |
| Potamogeton gramineus (Gras-Laichkraut) | | + | os/bms | 1-2 | Nuphar lutea (Gelbe Teichrose) | | + | bms/ams | 2-3 |
| Potamogeton lucens (Gänzendes Laichkraut) | | + | bms | 2 | Nuphar pumila (Kleine Teichrose) | | + | os/bms | 1-2 |
| Potamogeton natans (Schwimmendes Laichkraut) | | + | os/bms | 1-2 | Nymphaea alba (Weiße Seerose) | | + | os/bms | 1-2 |
| Potamogeton pectinatus (Kamm-Laichkraut) | | + | bms/ams | 2-3 | Oenanthe fluviatilis (Flutender Wasserfenchel) | | + | bms/ams | 2-3 |
| Potamogeton perfoliatus (Durchwachsenes Laichkraut) | | + | bms/ams | 2-3 | Ranunculus aquatilis (Wasser-Hahnenfuß) | | + | os/bms | 1-2 |
| Potamogeton polygonifolius (Knöterich-Laichkraut) | | + | os | 1 | Ranunculus circinatus (Spreizender Hahnenfuß) | | + | bms | 2 |
| Spirodela polyrrhiza (Teilchlinse) | | + | bms/ams | 2-3 | Ranunculus fluitans (Flutender Hahnenfuß) | | + | bms/ams | 2-3 |
| Zannichellia palustris (Teichfaden) | | + | bms/ams | 2-3 | Ranunculus peltatus (Schild-Hahnenfuß) | | + | os/bms | 1-2 |
| Callitriche obtusangula (Nussfrucht-Wasserstern) | | + | bms/ams | 2-3 | Ranunculus penicillatus (Pinsel-Hahnenfuß) | | + | bms/ams | 2-3 |
| Callitriche palustris (Frühlings-Wasserstern) | | + | bms | 2 | Veronica anagallis-aquatica (Wasser-Ehrenpreis) | | + | os/bms | 1-2 |
| Cardamine amara (Bitteres Schaumkraut) | | + | os | 1 | Veronica beccabunga (Bachbunge) | | + | os/bms | 1-2 |

# ZOOPLANKTON

## Zooflagellaten

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bodo putrinus | IV | + | ps | 4 | Hexamita-Arten | | + | ps | 4 |
| Bodo saltans | III | + | ams/ps | 3-4 | Mastigamoeba trichophora | IV | + | ps | 4 |
| Cercomonas crassicauda | | + | ps | 4 | Tetramitus descissus | | + | ps | 4 |
| Cercomonas longicauda | IV | + | ps | 4 | Tetramitus pyriformis | IV | + | ps | 4 |
| Codosiga botrytis | | + | ams | 3 | Trepomonas agilis | IV | + | ps | 4 |
| Diplosiga socialis | I | + | os/bms | 1-2 | Trepomonas rotans | IV | + | ps | 4 |
| Hexamita crassa | | + | ps | 4 | Trigonomonas compressa | IV | + | ps | 4 |
| Hexamita fissa | | + | ps | 4 | Trigonomonas-Arten | | + | ps | 4 |
| Hexamita inflata | IV | + | ps | 4 | | | | | |

## Amöben

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Astramoeba radiosa | II | + | bms/ams | 2-3 | Thecamoeba humilis | | + | bms | 2 |
| Chaos diffluens | II | + | bms | 2 | Thecamoeba verrucosa | II | + | bms | 2 |
| Chaos proteus | | + | bms | 2 | Vahlkampfia guttata | | + | ams/ps | 3-4 |
| Hyalodiscus rubicundus | | + | bms | 2 | Vahlkampfia vahlkampfi | | + | ams/ps | 3-4 |
| Pelomyxa palustris | IV | + | ams/ps | 3-4 | | | | | |

## Schalen-Amöben (lebend)

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Arcella gibbosa | II | + | bms/ams | 2-3 | Euglypha acanthophora | | + | bms | 2 |
| Corythion dubium | | + | bms | 2 | Pyxidicula operculata | | + | bms | 2 |
| Difflugia urceolata | | + | bms | 2 | Quadrulella symmetrica | | + | os/bms | 1-2 |
| Diplochrys archeri | | + | bms/ams | 2-3 | | | | | |

## Sonnentiere

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acanthocystis-(Nuclearia)-Arten | | + | bms | 2 | Actinosphaerium eichhorni | II | + | bms | 2 |
| Actinophrys sol | | + | bms | 2 | Raphidiophrys pallida | | + | bms | 2 |

# Wimpertiere

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Amphileptus carchesii | | + | ams | 3 | Metopus laminarius | | + | ps | 4 |
| Amphileptus claparadei | II | + | ams | 3 | Metopus-Arten | | + | ps | 4 |
| Amphileptus pleurosigma | | + | ams | 3 | Microthorax pusillus | | + | ps | 4 |
| Aspidisca cicada | II | + | ams | 3 | Monodium balbianii | | + | bms | 2 |
| Aspidisca lynceus | III | + | bms/ams | 2-3 | Nassula gracilis | | + | os/bms | 1-2 |
| Bursaria truncatella | | + | bms | 2 | Nassula ornata | | + | bms/ams | 2-3 |
| Bursellopsis nigricans | | + | bms | 2 | Obertrumia aurea | | + | bms/ams | 2-3 |
| Caenomorpha lauterborni | | + | ps | 4 | Opercularia coarctata | III | + | ams | 3 |
| Caenomorpha medusula | IV | + | ps | 4 | Opercularia minima | | + | ams | 3 |
| Caenomorpha uniserialis | | + | ps | 4 | Ophrydium versatile | I | + | os/bms | 1-2 |
| Campanella umbellaria | | + | bms/ams | 2-3 | Oxytricha fallax | | + | ams | 3 |
| Carchesium polypinum | III | + | ams | 3 | Paradileptus elephantinus | | + | bms | 2 |
| Chilodonella uncinata | III | + | ams | 3 | Paramecium aurelia | | + | bms/ams | 2-3 |
| Climacostomum virens | | + | bms | 2 | Paramecium bursaria | II | + | bms/ams | 2-3 |
| Codonella cratera | | + | bms | 2 | Paramecium caudatum | III | + | ams/ps | 3-4 |
| Coleps hirtus | II | + | bms | 2 | Paramecium putrinum | IV | + | ps | 4 |
| Colpidium colpoda | IV | + | ps | 4 | Paraurostyla weissii | III | + | ams | 3 |
| Colpoda cucullus | III | + | ams/ps | 3-4 | Pelodinium reniforme | IV | + | ps | 4 |
| Cothurnia annulata | | + | os/bms | 1-2 | Phascolodon vorticella | | + | bms | 2 |
| Cyclidium glaucoma | | + | ams | 3 | Plagiopyla nasuta | IV | + | ps | 4 |
| Cyclidium lanuginosum | III | + | ams | 3 | Plagiopyla-Arten | | + | ps | 4 |
| Dexiostoma campylum | | + | ps | 4 | Platynema sociale | III | + | ams | 3 |
| Dexiotrichides centralis | IV | + | ps | 4 | Prorodon niveus | I | + | os/bms | 1-2 |
| Didinium nasustum | II | + | bms | 2 | Pseudocohnilembus pusillus | IV | + | ams/ps | 3-4 |
| Dileptus margaritifer | I | + | bms | 2 | Saprodinium dentatum | IV | + | ps | 4 |
| Discomorphella pectinata | IV | + | ps | 4 | Spirostomum ambiguum | III | + | ams | 3 |
| Enchelyomorpha vermicularis | IV | + | ps | 4 | Spirostomum minus | | + | ams | 3 |
| Epalxella exigua | | + | ps | 4 | Spirostomum teres | | + | ams | 3 |
| Epalxella mirabilis | | + | ps | 4 | Stentor coeruleus | III | + | bms/ams | 2-3 |
| Epalxella striata | IV | + | ps | 4 | Stentor igneus | | + | bms | 2 |
| Epicarchesium pectinatum | | + | bms | 2 | Stentor muelleri | | + | os/bms | 1-2 |
| Epistylis plicatilis | | + | bms/ams | 2-3 | Stentor polymorphus | II | + | bms/ams | 2-3 |
| Euplotes patella | | + | bms | 2 | Stentor roeselii | | + | bms/ams | 2-3 |
| Frontonia acuminata | I | + | os/bms | 1-2 | Stokesia vernalis | | + | bms | 2 |
| Frontonia leucas | | + | bms | 2 | Strombilidium caudatum | I | + | os/bms | 1-2 |
| Glaucoma pyriformis | IV | + | ps | 4 | Stylonychia pustulata | | + | bms | 2 |
| Glaucoma scintillans | IV | + | ps | 4 | Tachysoma pellionellum | | + | ams | 3 |
| Halteria grandinella | II | + | bms/ams | 2-3 | Tetrahymena pyriformis | IV | + | ps | 4 |
| Hexotricha caudata | IV | + | ps | 4 | Tintinnidium fluviatile | | + | bms | 2 |
| Homalozoon vermiculare | | + | os/bms | 1-2 | Trimyema compressum | IV | + | ps | 4 |
| Lacrymaria elegans | IV | + | ps | 4 | Trithigmostoma cucullulus | III | + | ams | 3 |
| Lacrymaria olor | | + | bms | 2 | Urocentrum turbo | III | + | ams | 3 |
| Lembadion bullinum | | + | bms | 2 | Uronema nigricans | III | + | ams | 3 |
| Limnostrombidium viride | | + | bms | 2 | Uronema sociale | III | + | ams | 3 |
| Litonotus cygnus | | + | bms | 2 | Urotricha farcta | III | + | ams | 3 |
| Litonotus fasciola | III | + | ams | 3 | Urozona bütschlii | IV | + | ams/ps | 3-4 |
| Litonotus lamella | | + | bms/ams | 2-3 | Vorticella campanula | II | + | bms/ams | 2-3 |
| Loxocephalus luridus | | + | ams | 3 | Vorticella convallaria | III | + | ams | 3 |
| Loxophyllum meleagris | | + | bms | 2 | Vorticella microstoma | IV | + | ps | 4 |
| Metopus contortus | IV | + | ps | 4 | Vorticella similis | I | + | os/bms | 1-2 |
| Metopus es | IV | + | ps | 4 | Zoothamnium arbuscula | | + | bms | 2 |

## Sauginfusorien

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dendrosoma radians | | + | bms/ams | 2-3 | Podophyra fixa | III | + | ams | 3 |
| Metacineta mystacina | | + | bms/ams | 2-3 | | | | | |

## Schwämme

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ephydatia fluviatilis | | + | bms | 2 | Eunapius fragilis | | + | bms | 2 |
| Ephydatia muelleri | | + | bms | 2 | Spongilla lacustris | | + | bms | 2 |

## Nesseltiere

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cordylophora caspia | | + | bms | 2 | Hydra viridissima | | + | os/bms | 1-2 |
| Craspedacusta sowerbyi | | + | bms | 2 | Hydra vulgaris | | + | bms | 2 |
| Hydra oligactis | | + | bms | 2 | Microhydraryderi | | + | bms | 2 |

## Strudelwürmer

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Crenobia alpina | I | + | os | 1 | Planaria torva | | + | bms | 2 |
| Dendrocoelum lacteum | II | + | bms | 2 | Polycelis felina (cornuta) | | + | os | 1 |
| Dugesia gonocephala | I | + | os/bms | 1-2 | Polycelis nigra | | + | bms | 2 |
| Dugesia polychroa | | + | bms | 2 | Polycelis tenuis | | + | bms | 2 |
| Dugesia tigrina | | + | bms | 2 | | | | | |

## Schnurwürmer

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prostoma graecense | | + | bms | 2 | | | | | |

## Rädertiere

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anuraeopsis fissa | | + | os/bms | 1-2 | Kellicottia longispina | I | + | os/bms | 1-2 |
| Asplanchna priodonta | | + | bms | 2 | Keratella cochlearis | | + | bms | 2 |
| Beauchampia crucigera | | + | bms | 2 | Keratella quadrata | | + | bms | 2 |
| Brachionus angularis | | + | bms/ams | 2-3 | Lecane cornuta | | + | bms | 2 |
| Brachionus calyciflorus amphiceros | | + | bms/ams | 2-3 | Lecane flexilis | | + | os/bms | 1-2 |
| Brachionus calyciflorus | | + | bms/ams | 2-3 | Lecane luna | | + | bms | 2 |
| Brachionus diversicornis | | + | bms | 2 | Lecane lunaris | II | + | bms | 2 |
| Brachionus diversicornis homocer. | | + | bms | 2 | Lophocharis salpina | | + | bms | 2 |
| Brachionus patulus | | + | bms | 2 | Microcodides chlaena | | + | bms | 2 |
| Brachionus quadridentatus | | + | bms | 2 | Monommata longiseta | | + | bms | 2 |
| Brachionus urceolaris | II | + | bms/ams | 2-3 | Notholca squamula | | + | bms | 2 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Brachionus rubens | | + | bms/ams | 2-3 | Notholca striata | | + | bms | 2 |
| Cephalodella forficula | | + | bms | 2 | Philodina citrina | | + | bms | 2 |
| Cephalodella gibba | | + | bms/ams | 2-3 | Philodina megalotrocha | | + | bms | 2 |
| Collotheca ornata | | + | bms/ams | 2-3 | Philodina roseola | | + | bms | 2 |
| Dicranophorus forcipatus | | + | bms/ams | 2-3 | Platyas quadricornis | | + | bms | 2 |
| Dissotrocha aculeata | | + | os/bms | 1-2 | Polyarthra vulgaris | | + | os/bms | 1-2 |
| Dissotrocha macrostyla | | + | os/bms | 1-2 | Pompholyx sulcata | | + | bms | 2 |
| Epiphanes senta | | + | ams | 3 | Rhinoglena frontalis | | + | bms | 2 |
| Euchlanis dilatata | | + | bms | 2 | Rotaria neptunia | IV | + | ps | 4 |
| Filinia longiseta longiseta | | + | bms/ams | 2-3 | Rotaria rotatoria | | + | bms/ams | 2-3 |
| Filinia longiseta passa | | + | bms/ams | 2-3 | Stephanoceros fimbriatus | | + | bms | 2 |
| Floscularia ringens | | + | bms | 2 | Synchaeta pectinata | | + | os/bms | 1-2 |
| Gastropus stylifer | | + | os/bms | 1-2 | Testudinella patina | | + | bms/ams | 2-3 |
| Hexarthra mira | | + | bms | 2 | | | | | |

# Bauchhärlinge

| **a** | **b** | **c** | **d** | **e** | **a** | **b** | **c** | **d** | **e** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |

# WIRBELLOSE

## Fadenwürmer

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diplogasteritus nudicap. | | + | bms/ams | 2-3 | Dorylaimus stagnalis | | + | bms/ams | 2-3 |

## Saitenwürmer

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |

## Wenigborsten-Würmer

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chaetogaster cristallinus | | + | bms | 2 | Lumbriculus variegatus | | + | ams | 3 |
| Chaetogaster diaphanus | | + | bms | 2 | Stylaria lacustris | II | + | bms/ams | 2-3 |
| Chaetogaster diastrophus | | + | bms/ams | 2-3 | Tubifex tubifex | IV | + | ps | 4 |
| Limnodrilus hoffmeisteri | | + | ams/ps | 3-4 | | | | | |

## Egel

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Erpobdella octoculata | III | + | ams | 3 | Helobdella stagnalis | | + | bms/ams | 2-3 |
| Glossiphonia complanata | | + | bms | 2 | Hemiclepsis marginata | | + | bms | 2 |
| Glossiphonia heteroclita | | + | bms | 2 | Piscicola geometra | | + | bms | 2 |
| Haemopis sanguisuga | | + | bms/ams | 2-3 | | | | | |

## Wasserflöhe u.a

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alona costata | | + | bms | 2 | Holopedium gibberum | I | + | os/bms | 1-2 |
| Alona quadrangularis | | + | bms | 2 | Ilyocriptus sordidus | | + | bms | 2 |
| Alona rectangula | | + | bms | 2 | Lepidurus apus | | + | os | 1 |
| Bosmina coregoni coregoni | | + | os/bms | 1-2 | Leptodora kindtii | | + | bms | 2 |
| Bosmina longicornis kessleri | | + | os/bms | 1-2 | Leydigia leydigii | | + | bms | 2 |
| Bosmina longirostris | | + | bms | 2 | Polyphemus pediculus | | + | os/bms | 1-2 |
| Bythotrephes longimanus | | + | os/bms | 1-2 | Scapholeberis mucronata | | + | bms | 2 |
| Ceriodaphnia quadrangula | | + | os/bms | 1-2 | Simocephalus vetulus | | + | bms | 2 |
| Ceriodaphnia reticulata | | + | bms | 2 | Triops cancriformis | | + | os/bms | 1-2 |
| Daphnia pulex | | + | bms/ams | 2-3 | | | | | |
| Diaphanosoma brachyurum | | + | bms | 2 | | | | | |

## Ruderfußkrebse

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bryocamptus minutus | | + | os/bms | 1-2 | Diaptomus castor | | + | bms | 2 |
| Canthocamptus staphylinus | | + | os/bms | 1-2 | Eudiaptomus gracilis | | + | os/bms | 1-2 |
| Cyclops vicinus | | + | bms | 2 | Mesocyclops leuckarti | | + | bms | 2 |
| Diacyclops bicuspidatus | | + | os/bms | 1-2 | | | | | |

## Muschelkrebse

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |

## Karpfenläuse

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |

## Höhere Krebse

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Asellus aquaticus | | + | ams | 3 | Gammarus roeselii | | + | bms | 2 |
| Astacus astacus | | + | os/bms | 1-2 | Niphargus puteanus | | + | os | 1 |
| Gammarus fossarum | | + | os/bms | 1-2 | Niphargus-Arten | | + | os | 1 |
| Gammarus pulex | | + | bms | 2 | | | | | |

## Wassermilben

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lebertia insignis | | + | os | 1 | Sperchon brevirostris | | + | os | 1 |
| Libertia lineata | | + | os | 1 | Sperchon glandulosus | | + | os | 1 |
| Panisus michaeli | | + | os/bms | 1-2 | | | | | |

## Bärtierchen

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |

## Urinsekten

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |

## Eintagsfliegen-Larven

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cloëon dipterum-L. | II | + | bms | 2 | Habrophlebia lauta-L. | II | + | os/bms | 1-2 |
| Ecdyonurus dispar-L. | | + | os/bms | 1-2 | Habrophlebia-Arten (Larven) | | + | os/bms | 1-2 |
| Ecdyonurus-Arrten (Larven) | | + | os/bms | 1-2 | Heptagenia-Arten (Larven) | | + | bms | 2 |
| Epeorus-Arten (Larven) | | + | os/bms | 1-2 | Oligoneuriella rhenana-L. | I | + | os/bms | 1-2 |
| Ephemera dancia-L. | | + | bms | 2 | Potamanthus luteus-L. | II | + | bms | 2 |
| Ephemerella major-L. | | + | os/bms | 1-2 | Rhithrogena semicolor | I | + | os/bms | 1-2 |
| Ephemerella mucronata-L. | | + | os/bms | 1-2 | Siphionurus-Arten (Larven) | | + | bms | 2 |
| Habroleptoides confusa-L. | | + | os/bms | 1-2 | | | | | |

## Steinfliegen-Larven

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Amphinernura-Arten (Larven) | | + | os/bms | 1-2 | Nemoura cinerea-L. | | + | bms | 2 |
| Brachyptera seticornis | I | + | os | 1 | Nemurella pictetii-L. | | + | os | ! |
| Brachyptera-Arten (Larven) | | + | os | 1 | Perla-Arten (Larven) | | + | os/bms | 1-2 |
| Chloroperla-Arten (Larven) | | + | os | 1 | Perlodes-Arten (Larven) | | + | os | 1 |
| Dinocras cephalotes-L. | | + | os | 1 | Protonemura-Arten (Larven) | | + | os | 1 |
| Isoperla-Arten (Larven) | | + | os/bms | 1-2 | Taeniopteryx-Arten (Larven) | | + | os/bms | 1-2 |

## Libellen-Larven

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aeshna-Arten (Larven) | | + | bms | 2 | Cordulegaster-Arten (Larven) | | + | os/bms | 1-2 |
| Calopteryx spelndens-L. | | + | bms | 2 | Lestes-Arten (Larven) | | + | bms | 2 |
| Calopteryx virgo-L. | | + | bms | 2 | Onychogomphus forcip.-L | | + | os/bms | 1-2 |
| Coenagrion-Arten (Larven) | | + | bms | 2 | Platycnemis pennipes-L. | | + | bms | 2 |

## Wanzen

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nepa cinerea | | + | bms | 2 | Noctoneca glauca | | + | bms | 2 |

## Hautflügler

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |

## Käfer

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Agabus paludosus | | + | bms/ams | 2-3 | Limnius-Arten | | + | os/bms | 1-2 |
| Brychius elevatus | | + | os/bms | 1-2 | Orectochilus villosus | | + | os/bms | 1-2 |
| Elmis maugeti | I | + | os | 1 | Oreodytes rivalis | | + | os/bms | 1-2 |
| Elmis maugeti-Larven | I | + | os | 1 | Platambus maculatus | | + | bms | 2 |
| Esolus-Arten | | + | os | 1 | Potamonectes depressus | | + | bms | 2 |
| Haliplus fluviatilis | | + | bms | 2 | Riolus-Arten | | + | os | 1 |
| Haliplus linatocollis | | + | bms/ams | 2-3 | Stenelmis canaliculata | | + | os | 1 |
| Hydraena-Arten | | + | os/bms | 1-2 | Stictotarsus duodecimp. | | + | bms | 2 |

## Schlammfliegen- und Netzflüglerlarven (Schwammfliegen)

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sialis-Larven | | + | bms | 2 | Sisyra-Larven | | + | bms | 2 |

## Köcherfliegen-Larven

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Agapetus-Larven | | + | os | 1 | Lithax-Larven | | + | os/bms | 1-2 |
| Anabolia-Larven | | + | bms | 2 | Molanna-Larven | | + | os/bms | 1-2 |
| Brachycentrus subnub.-L. | | + | os/bms | 1-2 | Oligotricha-Larven | | + | os/bms | 1-2 |
| Cheumatopsyche lepida-L. | | + | bms | 2 | Phryganea grandis-L. | | + | os/bms | 1-2 |
| Drusus-Larven | | + | os/bms | 1-2 | Rhyacophila-Larven | | + | os/bms | 1-2 |
| Goera pilosa-L. | | + | os/bms | 1-2 | Sericostoma-Larven | | + | os/bms | 1-2 |
| Hydropsyche-Larven | II | + | bms | 2 | Silo-Larven | | + | os/bms | 1-2 |
| Lepidostoma hirtum-L. | | + | bms | 2 | Stenophylax-Larven | | + | os/bms | 1-2 |
| Limnephilus flavicornis-L. | | + | bms | 2 | Tinodes-Larven | | + | os/bms | 1-2 |
| Limnephilus-Larven | | + | bms | 2 | | | | | |

## Schmetterlinge

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |

# Mücken- und Fliegenlarven

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Atherix ibis-L. | | + | os/bms | 1-2 | Liponeura-Arten (Larven) | | + | os | 1 |
| Chironomus plumosus-L. | | + | ams/ps | 3-4 | Liponeura-Arten (Puppen) | | + | os | 1 |
| Chironomus riparius-L. | IV | + | ams/ps | 3-4 | Psychoda-Arten (Larven) | | + | ams | 3 |
| Diamesia-Arten (Larven) | | + | os | 1 | Rheotanytarsus-Arten (Larven) | | + | os/bms | 1-2 |
| Eristalis-Arten (Larven) | | + | ps | 4 | Stratiomys-Arten (Larven) | III | + | ams | 3 |

# Muscheln

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dreissena polymorpha | | + | bms | 2 | Pisidium casertanum | II | + | bms | 2 |
| Margaritifera marg. | I | + | os | 1 | Spaerium corneum | III | + | bms/ams | 2-3 |
| Musculium lacustre | | + | bms | 2 | | | | | |

# Schnecken

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acroloxus lacustris | | + | bms | 2 | Physella acuta | | + | bms/ams | 2-3 |
| Anisus-Arten | | + | bms | 2 | Planorbarius corneus | | + | bms | 2 |
| Anisus vortex | | + | bms | 2 | Planorbis carinatus | | + | bms | 2 |
| Bithynia tenticulata | | + | bms | 2 | Planorbis planorbis | | + | bms | 2 |
| Bythinella dunkeri | | + | os | 1 | Potamopyrgus antipodarum | | + | bms | 2 |
| Galba palustris | | + | bms | 2 | Theodoxus danubialis | | + | bms | 2 |
| Gyraulus crista | | + | bms | 2 | Theodoxus fluviatilis | | + | os/bms | 1-2 |
| Gyraulus laevis | | + | bms | 2 | Valvata piscinalis | | + | bms | 2 |
| Lymnaea stagnalis | | + | bms | 2 | Viviparus viviparus | | + | bms | 2 |
| Physa fontinalis | | + | bms/ams | 2-3 | | | | | |

# Moostierchen

| a | b | c | d | e | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cristatella mucedo | | + | bms | 2 | Plumatella fungosa | | + | bms | 2 |
| Fredericella sultana | | + | bms | 2 | Plumatella repens | | + | bms | 2 |
| Plumatella emarginata | | + | bms | 2 | | | | | |