

## Erläuterungen zu den Protokollen - Zusammenhänge, Hintergrundinformationen

### Sichttiefe

Licht, das für das Wachstum von Pflanzen essentiell ist, kann in klares Wasser tiefer eindringen als in trübes Wasser, welches Schwebeteilchen enthält oder gefärbt ist. Zur Bestimmung der Sichttiefe (Grad, wie weit Licht in Wasser eindringen kann) werden gewöhnlich zwei Methoden verwendet, die Bestimmung mit einer Secchi Scheibe oder mit einer speziellen Meßröhre.

Die Bestimmung der Sichttiefe mit Hilfe der Secchi Scheibe wurde erstmals 1865 von Pater Pietro Angelo Secchi, dem wissenschaftlichen Ratgeber des Papstes, durchgeführt. Diese einfache Methode gibt die Tiefe an, bis zu welcher eine 20 cm schwarz und weiß bemalte Scheibe in ein Gewässer abgesenkt und gerade nicht mehr gesehen werden kann. Wenn man sie leicht anhebt, wird diese wieder sichtbar.

Eine alternative Methode ist es, Wasser solange in eine Röhre zu gießen, bis das der Secchi Scheibe ähnliche schwarz-weiß Muster auf dem Boden der Röhre verschwindet.

Die Secchi Scheibe wird in tiefen, stehenden Gewässern verwendet; die Meßröhre kann zur Bestimmung bei stehenden oder fließenden Gewässern, aber auch bei seichten Gewässern oder zur Messung der Sichttiefe der oberen Schicht bei tiefen Gewässern eingesetzt werden.

Sonnenlicht stellt die Energie für die Photosynthese zur Verfügung, dem Prozeß, der zum Wachstum der Pflanzen führt, wobei sie Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor oder andere Nährstoffe aufnehmen und Sauerstoff abgeben. Daher bestimmt die Eindringtiefe des Sonnenlichts, bis zu welcher Tiefe und in welchem Umfang Algen oder Pflanzen wachsen können. Die Sichttiefe nimmt ab, wenn Farbstoffe, suspendierte Sedimente oder Algenreichtum zunehmen. Wasser wird durch Anwesenheit und Aktivität einiger Bakterien, Phytoplankton und anderer Organismen, durch chemische Verbindungen, die aus dem Boden gelöst wurden und durch Verfaulen von Pflanzen gefärbt.

Daher beeinflusst die Menge an Nährstoffen, die über Abwässern, Düngung, oder Pflanzenmaterial, das über Wind- und Wasser in ein Gewässer gelangt, die Sichttiefe des Wassers. Suspendierte Sedimente sind bedingt durch Landwirtschaft, Baumaßnahmen, Aufwirbelungen bei Stürmen oder es handelt sich um neu aufgewirbelte Bodensedimente.

Die Sichttiefe natürlicher Gewässer liegt zwischen einem und mehreren Meter. Unter einem Meter Sichttiefe erwarten wird bei starkem Pflanzenwachstum oder bei einem hohen Anteil suspendierter Feststoffe. Sehr klare Seen oder Küstengewässer mit geringem Bewuchs, z. B. im Bereich von Korallenriffen, können Sichttiefen bis 30m/40 m beobachtet werden.

### Wassertemperatur

Die Wassertemperatur ist abhängig von der Menge an Sonnenenergie, die vom Wasser sowie der angrenzenden Erde und Luft absorbiert wird. Stärkere Aufheizung durch Sonneneinstrahlung führt zu höheren Wassertemperaturen. Wasser, daß bei industriellen Prozessen, z. B. zur Kühlung, benutzt wurde und in einen See oder Fluß abgelassen wird, kann die Temperatur des Gewässers ebenfalls erhöhen. Wasser, das von der Oberfläche verdunstet, senkt die Wassertemperatur, allerdings nur in einer sehr dünnen Schicht an der Oberfläche.

Wir messen die Wassertemperatur, um die Veränderungsmuster während eines Jahres zu verstehen, weil die Wassertemperatur das Vorkommen und die Vielfalt des Unterwasserlebens sehr stark beeinflusst. Seen oder Flüsse, die im Winter sehr kalt sind und wenig Pflanzenbewuchs haben, blühen im Frühjahr und Sommer, wenn die Wassertemperatur steigt und das nährstoffreiche Wasser vom Grund sich mit dem der höheren Schichten vermischt. Manchmal wird die Vermischung der Wasserschichten auch im Herbst beobachtet. Aufgrund der Umschichtung und der höheren Wassertemperaturen folgt der „Umwälzung im Frühling“ eine Periode schnellen Wachstums mikroskopischer Wasserpflanzen und -tiere. Viele Fische und andere Wassertiere laichen in dieser Zeit des Jahres, weil aufgrund der erhöhten Wassertemperaturen genug Nahrung vorhanden ist. Schattige Seen stellen eine Ausnahme in diesem Kreislauf dar, weil sie sich das ganze Jahr über durchmischen. Warmes Wasser ist als Lebensraum für verschiedene empfindliche Arten ungeeignet, z. B. für Lachs oder Forelle, die eine kalte und sauerstoffreiche Umgebung benötigen.

### Gelöster Sauerstoff

Wasser ist ein Molekül, das aus zwei Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom besteht, also H<sub>2</sub>O. Doch zwischen den Wassermolekülen befindet sich auch gelöster gasförmiger Sauerstoff O<sub>2</sub>. Gelöster Sauerstoff stellt eine natürliche Verunreinigung im Wasser dar. Wassertiere, wie Fische und das Zooplankton, von dem sie sich ernähren, veratmen nicht den Sauerstoff aus

den Wassermolekülen, sondern die gelösten Sauerstoffmoleküle aus dem Wasser. Ohne genügend gelösten Sauerstoff im Wasser erstickt das Unterwasserleben. Sinkt die Menge gelösten Sauerstoffs unter 3 mg/l bedeutet dies Streß für fast alle im Wasser lebenden Organismen.

Eins von fünf Molekülen in der Atmosphäre ist Sauerstoff; im Wasser sind es ca. ein bis fünf Moleküle auf eine Millionen Moleküle Wasser. Ein kräftiges Mischen von Luft und Wasser, z. B. in reißenden Flüssen, verursacht die Zunahme von gelöstem Sauerstoff im Wasser. Auch die Photosynthese der Wasserpflanzen erhöht den Anteil. Gelöster Sauerstoff wird von Fischen, Zooplankton und Bakterien verbraucht, die organisches Material abbauen. Organisches Material, z. B. tote Pflanzen und Tiere, gelangen aus Wiesen und Wäldern mit dem abfließendem Regenwasser in die Flüsse. Eine andere Quelle von organischem Material ist das Abwasser. In langsam fließenden Flüssen, die in Kontakt mit organischem Material stehen, findet man üblicherweise, ungeachtet der Herkunft des Materials, niedrige Mengen gelösten Sauerstoff. Diese Menge kann weniger als die Hälfte der Sättigungskonzentration betragen. Übrigens enthält warmes Wasser weniger Sauerstoff als kaltes, demzufolge ist eine kritische Periode für Fische und Zooplankton der Sommer. Bei einer Temperatur von 25 °C liegt die Löslichkeit von Sauerstoff bei 8.3 mg/l, bei 4 °C beträgt sie 13.1 mg/l.

### **pH-Wert**

pH ist ein Maß für den Säuregehalt des Wassers. Der pH-Wert des Wassers beeinflusst die meisten chemischen Prozesse. Destilliertes Wasser ohne Verschmutzungen hat einen pH-Wert von 7. Wasser hat einen pH-Wert von 7, wenn der Säuregehalt und der Basengehalt einander ausgleichen.

Bei einem pH-Wert von unter 7 besteht ein Überschuß an Säure, bei einem pH-Wert von über 7 besteht ein Übermaß an Base im Wasser.

Die pH-Skala unterscheidet sich von der Konzentrationskala, die wir zum Messen von anderen Verunreinigungen verwenden. Sie ist logarithmisch, d. h. daß eine Einheitsänderung des pH-Werts um eine Einheit, eine 10fache Veränderung im Säuregehalt des Wassers darstellt. Somit hat Wasser mit dem pH-Wert von 3 einen 10 mal höheren Säuregehalt als Wasser mit dem pH-Wert 4, welches wiederum einen 10 mal höheren Säuregehalt, als Wasser mit dem pH-Wert von 5 hat. Natürlicher, unverschmutzter Regen hat einen pH-Wert zwischen 5 und 6, d. h. auch Regen in Reinluftgebieten enthält etwas Säure. Dieser natürlich bedingte Säuregehalt wird durch Kohlendioxid hervorgerufen, daß sich in den Regentropfen löst. Auch destilliertes Wasser, daß im Gleichgewicht mit der Luft steht, hat zeigt diesen pH-Wert. Der sauerste Regen hat einen pH-Wert von ca. 4, obwohl man auch schon im städtischem Nebel pH-Werte von 2 gemessen hat. Die meisten Flüsse und Seen haben einen pH-Wert in der Größenordnung von 6,5 - 8,5. In Gebieten mit bestimmten Arten von Mineralien (z. B. Sulfiden) im Boden kann man auch natürlich versauerter Wasser finden. Auch durch Bergbau können versauernde Mineralien ins Wasser gelangen. Natürlich basische Gewässer findet man in Gebieten, wo die Erde Mineralien wie Kalzium oder Kalkstein enthält.

Der pH-Wert des Wassers hat einen starken Einfluß darauf, was in ihm leben kann. Salamander, Frösche und andere Amphibien sind besonders empfindlich gegenüber niedrigen pH-Werten. In Gewässern mit pH-Werten unterhalb 4 sind kaum Insekten, Amphibien und Fische zu finden.

### **Elektrische Leitfähigkeit**

Reines Wasser ist ein schlechter elektrischer Leiter. Erst die Verunreinigungen im Wasser, z. B. gelöste Salze, ermöglichen es dem Wasser Bach zu leiten. Da wir weder Zeit noch Geld haben, Wasser auf jede einzelne Substanz hin zu untersuchen, dient die Leitfähigkeit als guter Indikator für Verunreinigungen. Je mehr Verunreinigungen sich im Wasser befinden, desto besser leitet es den Bach.

Für ländliches und städtisches Brauchwasser soll der Gehalt an löslichen Verunreinigungen bei unter 1000 - 1100 Gewichtsteilen Verunreinigungen pro einer Millionen Gewichtsteile Wasser liegen. Dieses Wasser hat dann eine elektrische Leitfähigkeit unter 1500 - 1800 mikroSiemens/cm (Bemerkung: 1ppm = 1 mg/l). Oberhalb dieser Werte ist eine Schädigung empfindlicher Pflanzen zu erwarten. Für den Gebrauch im Haushalt bevorzugt man Wasser mit einem gelösten Feststoffanteil unter ca. 500 ppm bzw. einer elektrischen Leitfähigkeit von unter 750 mikro-Siemens/cm. Die Rückstände, die auf „sauberem“ Geschirr zurückbleiben, wenn es aus der Spülmaschine kommt, sind Rückstände der im Wasser gelösten Feststoffen. Wasser ohne jede Verunreinigung ist besonders bei der Produktion elektronischer Bauteile erforderlich. Schnee aus abgelegenen Bergregionen besitzt eine Leitfähigkeit von ca. 5-30 mikroSiemens/cm

### **Alkalität (Säureaufnahmevermögen)**

Das Säureaufnahmevermögen ist ein Maß der Widerstandskraft des Wassers gegen die Erniedrigung

des pH-Wertes, wenn dem Wasser Säure zugegeben werden.

Säuren gelangen in der Regel aus Regen oder Schnee ins Wasser, obwohl in manchen Gebieten auch die Böden eine wichtige Rolle spielen. Wasser besitzt Alkalität wenn Gestein im Wasser gelöst vorliegt, welches Kalziumcarbonate, wie Kalzide oder Kalkstein enthält.

Wenn ein See oder ein Fluß eine zu geringe Alkalität besitzt, kann eine große Zufuhr von Säure aus einem starken Regenfall oder aus einer schnellen Schneeschmelze die gesamte Alkalität verbrauchen und den pH-Wert des Wassers so weit senken, daß empfindliche Amphibien und Fische oder Zooplankton nicht überleben können. In Gebieten mit kalkarmen Böden, zum Beispiel gebirgigen Gegenden, finden wir häufig Seen mit sehr geringe Alkalität. Diese Oberflächengewässer sind besonders im Frühling, zur Zeit der Schneeschmelze, sehr empfindlich. Da Verunreinigungen gewöhnlich dann ausgewaschen werden, wenn der Schnee zu schmelzen beginnt, ist besonders am Anfang der Schneeschmelze ein großer Zufluß an sauren Verunreinigungen nachzuweisen. Demzufolge ist der Frühling eine kritische Zeit für das Wachstum des Unterwasserlebens.

### **Nitrat**

Sowohl Süß-, als auch Salzwasserpflanzen benötigen drei Grundnährstoffe zum Wachsen: Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor. In der Tat benötigen die meisten Pflanzen diese drei Nährstoffe in jeweils gleicher Menge und können nicht wachsen, wenn einer dieser drei Stoffe in nicht ausreichender Konzentration vorliegt. Kohlenstoff ist leicht zugänglich durch das Kohlendioxid der Luft, das sich im Wasser löst, d. h. der Mangel an Stickstoff oder Phosphor limitiert in der Regel das Wachstum von Wasserpflanzen. In einigen Fällen können auch fehlende Spurenelemente, z. B. Eisen das Wachstum begrenzen oder auch fehlendes Sonnenlicht. Stickstoff tritt im Wasser in verschiedenen Formen auf: gelöster molekularer Stickstoff ( $N_2$ ), organische Verbindungen, Ammonium ( $NH_4^+$ ), Nitrit ( $NO_2^-$ ) und Nitrat ( $NO_3^-$ ). Die wichtigste davon ist das Nitrat. Nitrit kommt nur in Gewässern mit Sauerstoffdefizit (geringe Mengen gelösten Sauerstoffs) vor. Stickstoff, der in Form von Nitraten in natürlichen Gewässern gefunden wird, gelangt auf natürliche Weise von der Atmosphäre dorthin. Dies geschieht mit dem Regen, Schnee, Nebel oder Staub oder durch Verrottung organischer Materialien im Boden oder Sedimenten. Es kann ebenso durch Landwirtschaft eingetragen werden. Bauern düngen ihre Felder mit Stickstoffdünger. Ein Teil davon wird bei Regen ausgewaschen.

Gelangt ein wachstumswichtiger Nährstoff wie Stickstoff im Überschuß in einen See oder Bach, wird das Wasser angereichert und zusätzliches Wachstum von Algen und anderen Pflanzen ist möglich. Diesen Prozess der Anreicherung des Wassers nennen wir Eutrophierung. Das übermäßige Wachstum von Pflanzen kann Geschmacks- und Geruchsprobleme in Seen und Trinkwasser hervorrufen, kann Gesundheitsprobleme beim Menschen, die das Wasser trinken bedingen und einen negativen Einfluß auf Fische und andere Lebewesen im Wasser haben. Überschuß von Stickstoff oder Phosphor in Seen oder Küstengebieten haben häufig mit Abwässern zu tun. drückt. Daher geben wir Nitrat als Nitratstickstoff ( $NO_3-N$ ) in Milligramm pro Liter (das ist 14 g Stickstoff pro Mol  $NO_3^-$ ) und niemals als  $NO_3$  (das wäre 62g pro Mol  $NO_3^-$ ) an. In den meisten natürlichen Gewässern liegen die Nitratwerte unter 1 mg/l Nitratstickstoff, aber in einigen Gebieten können Konzentrationen bis 10 mg/l gefunden werden.