

GLOBE Schweiz

Hydrologie

Ein Schulprojekt zur Untersuchung
von Gewässern

Wasser Hydrologie



SCHWEIZ • SUISSE • SVIZZERA • SWITZERLAND

www.globe-swiss.ch

Einleitung.....	3
Was ist Hydrologie?	3
Hydrologische Messungen in Seen und Flüssen	4
Welche Faktoren beeinflussen die hydrologischen Parameter?	4
Hydrologie als wissenschaftliche Untersuchung	5
Analyse der hydrologischen Umgebung	5
Hydrologie in der Schweiz	5
Nationale und internationale Netzwerke	6
Hydrologische Messungen mit GLOBE	6
Der hydrologische Kreislauf.....	7
Das Wasser im Laufe der Jahreszeiten.....	9
Und die Klimaentwicklung?	10
Hydrologische Untersuchungen im Schulunterricht	12
Die Annäherung an die Wissenschaft im GLOBE Programm.....	12
Wissenschaftliche Konzepte.....	12
Auswahl des Messstandortes für die Wasseruntersuchungen	13
Bestimmung der Geografischen Lage	14
Datenblatt Standortbeschreibung Hydrologie	17
Datenblatt geographische Koordinaten per GPS	19
Messungen Wassertemperatur.....	21
Warum wird die Wassertemperatur gemessen?	21
Protokoll Wassertemperatur	22
Feldanleitung für die Messung der Wassertemperatur.....	23
Informationen für die Lehrkräfte	25
Prüfung der Ergebnisse	26
Projektbeispiel	27
Messungen Wassertransparenz (Sichttiefe)	33
Warum wird die Wassertransparenz gemessen?	33
Protokoll Sichttiefe (Wassertransparenz)	34
Feldanleitung für die Messung der Sichttiefe.....	37
Beilage zur Sichttiefe: Wolkenbedeckung	40
Informationen für die Lehrkräfte	41
Prüfung der Ergebnisse	42
Projektbeispiel	43
Messungen elektrische Leitfähigkeit des Wassers	49
Warum messen wir die elektrische Leitfähigkeit?	49
Protokoll Elektrische Leitfähigkeit des Wassers.....	50
Anleitung Kalibrierung des Messgerätes	52
Feldanleitung für die Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers	53
Allgemeine Informationen.....	55
Prüfung der Ergebnisse	56
Projektbeispiel	56

Messungen Säuregehalt, pH des Wassers	63
Warum messen wir den pH-Wert?	63
Protokoll pH des Wassers	64
Feldanleitung für die Messung des pH (Säuregehalt) des Wassers	65
Informationen für die Lehrkräfte	67
Das pH-Spiel	70
Feldanleitungen für die Messung mittels pH-Papier und pH-Meter	73
Prüfung der Ergebnisse	79
Projektbeispiel	80
Messungen Alkalität des Wassers	83
Protokoll Alkalität des Wassers	84
Feldanleitung für die Messung der Alkalität (Pufferkapazität)	85
Informationen für die Lehrkräfte	87
Prüfung der Ergebnisse	89
Projektbeispiel	90
Messungen gelöster Sauerstoffgehalt des Wassers	97
Warum wird der gelöste Sauerstoffgehalt des Wassers gemessen?	97
Protokoll gelöster Sauerstoff	98
Feldanleitung für die Messung des gelösten Sauerstoffs	101
Qualitätskontrolle gelöster Sauerstoff	102
Anhang	104
Informationen für die Lehrkräfte	105
Prüfung der Ergebnisse	107
Messungen Nitratgehalt des Wassers	113
Warum wird der Nitratgehalt des Wassers gemessen?	113
Protokoll Nitratgehalt	114
Feldanleitung für die Messung des Nitratgehalts	115
Qualitätskontrolle Nitrat	117
Zubereitung der Nitrat-Standardlösung 1000ppm	118
Zubereitung der Nitrat-Standard/Eichlösung 2ppm	119
Informationen für die Lehrkräfte	121
Prüfung der Ergebnisse	124
Projektbeispiel	126
Datenblatt Hydrologie	131
Lichtdurchlässigkeit	131
Wassertemperatur	133
Gelöster Sauerstoff	133
pH des Wassers	133
Alkalität	134
Nitrit (NO_2^- - N): freiwillig	134
Anhang	135
Glossar	135
Literatur	142
Links zur Hydrologie	143

Impressum

GLOBE Schweiz, 1. Ausgabe, April 2007

Ausarbeitung: GLOBE Landeskoordination, Henri Bossert, Lausanne

Mitarbeit: Juliette Vogel, GLOBE Landeskoordination

Layout: Christian Jaberg, Solothurn

Übersetzung: Valentine Vogel Notter, Ennetbaden

Fotos: Henri Bossert, Lausanne

Grafiken: GLOBE

Aletschgletscher (VS): <http://www.natureimages.de/images/1024/aletsch.jpg>

Rheinfall (SH): <http://www.iconeoclaste.com/Spafi/Spafi11.htm>

Arve (GE): <http://www.pbase.com/zobroc/image/52297556>

Rhone und Arve (GE): http://www.gap-optique.unige.ch/Tour/Images/Rhone_Big.jpg

Genfersee (Image satellite Landsat): <http://www.archipress.org/images/strategie/leman.jpg>

Grotten von Vallorbe (VD): <http://www.nobs-photo.ch/voyages/grottes/GrottesdeVallorbe/index2.html>

Vorwort

Hydrologie befasst sich mit dem Wasser in all seinen sichtbaren Formen wie Regen, Schnee, Hagel, Luftfeuchtigkeit, Wolken und Nebel, oder wie Flüsse, Ströme, Seen Gletscher oder Grundwasser. Ein wichtiges Augenmerk wird auf die zeitliche und räumliche Verteilung der verschiedenen Wassermassen und auf ihr Verhalten im Wasserkreislauf gerichtet.

Die Hydrologen untersuchen die biologischen, chemischen und physischen Eigenschaften des Wassers und die Wechselwirkung von Wasser und Umwelt.

Unser Land wird richtigerweise als Wasserschloss Europas bezeichnet. Die natürlichen Seen, die Gletscher und das Grundwasser machen sechs Prozent der Süsswasserreserven des Kontinents aus. Fast 45 Prozent des Wassers, das vom Rhein ins Nordmeer fliesst, stammt aus der Schweiz. Das Niederschlagsvolumen beträgt im Durchschnitt mehr als 1400 Millimeter in unserem Land und ist fast doppelt so hoch wie der europäische Durchschnitt.

Um die hydraulischen Ressourcen wirtschaftlich und ökologische zu nutzen und die Menschen vor der möglichen verheerenden Wirkung des Wassers zu schützen, sind Kenntnisse über die Qualität und Quantität der Oberflächengewässer und des Grundwassers erforderlich. Die Hydrologie liefert uns solche Erkenntnisse.

Die privilegierte Lage als Wasserschloss in Europa und die damit verbundene Verantwortung führte dazu, dass bereits unsere Vorfahren grosse Anstrengungen unternommen haben, um neue Wasserreserven zu finden und zu fassen. Der Bund, die Kantone, Forschungsinstitute und Private liefern seit über 140 Jahren grundlegende hydrologische Daten. Es handelt sich um Informationen über die Wasserpegel der Seen, Abflussmengen, Temperaturen, Sedimentsverlagerungen und die Wasserqualität, aber auch über die Forschung und Analyse der damit verbundenen Phänomene. Von diesem Wissen profitieren auch unsere Nachbarstaaten, welche Wasser aus der Schweiz beziehen.

Hydrologie ist ein komplexes Gebiet und tangiert viele andere Bereiche wie die exakten Wissenschaften, die Chemie, die Physik, die Biologie, die Ökologie oder die Geisteswissenschaften, die Geografie, die Geschichte, die Wirtschaft, die Landwirtschaft und die Gesundheit. Eine solche Themenvielfalt kann die Qualität des Unterrichts nur bereichern und den Schülerinnen und Schülern die Augen zur Welt öffnen.

Wir ermutigen Sie deshalb sehr, diese Erfahrung mit ihren Schülerinnen und Schülern zu teilen.

Manfred Spreafico, Dr. sc. tech.

Abteilungsleiter, Abteilung Hydrologie, Bundesamt für Umwelt BAFU

Christian Koch, Geograph dipl.

Sektionschef Sektion Datenbearbeitung und Information, Abteilung Hydrologie, BAFU



Aletschgletscher (VS)



Rheinfall (SH)



Grotten von Vallorbe (VD)



Genfersee (Satellitenbild Landsat)



Arve (GE)



Rhone und Arve (GE)

Einleitung

Wir freuen uns sehr, euch dieses neue Dossier zur Hydrologie vorzustellen. Wir möchten euch damit zeigen, wie vielfältig und bereichernd hydrologische Beobachtungen für den Unterricht sein können. Die Protokolle (Arbeitsanleitungen) sind einfach und haben sich mehrfach bewährt. Die GLOBE Landeskoordination steht euch für alle eure Fragen und für weitere Informationen gerne zur Verfügung.

Der erste Teil dieses Dossiers dient als Informationsquelle für die Lehrkräfte oder für Schülerinnen und Schüler der Oberstufe. Es ist eine Orientierungshilfe über die verschiedenen Gebiete, welche in der Hydrologie untersucht werden, und informiert über die wichtigsten Faktoren, welche den Wasserkreislauf beeinflussen.

Der zweite Teil beinhaltet Protokolle, welche sich an die Lehrkräfte und an die Schülerinnen und Schüler richten. Am Anfang jedes Protokolls beschreibt ein kurzer Paragraf die Wichtigkeit des zu untersuchenden Parameters und den Zusammenhang zwischen dem Parameter und den damit verbundenen Phänomenen, vor allem die möglichen Wechselwirkungen mit den Lebewesen.

Die hydrologischen Messungen eignen sich grundsätzlich für jede Schulstufe. Die Grundkenntnisse wie Temperatur, Sichttiefe und Leitfähigkeit sind eher für die Primarklassen gedacht, pH-Wert und Alkalität eher für die Sekundarklassen und die Messungen des gelösten Sauerstoffs und Nitratgehalts für die Gymnasialklassen.

Herzlich danken möchten wir den Herren M. Spreafico, Abteilungschef und M. C. Koch, Sektionschef Datenbearbeitung und Information in der Abteilung Hydrologie des BAFU Bundesamt für Umwelt. Das Projekt GLOBE Hydrologie schätzt ihren Beitrag für die Hydrologie in der Schweiz sehr.

Diese Art von Zusammenarbeit zwischen Bildungswesen und Forschung geht genau in die Richtung des internationalen Schulprogramms von GLOBE.

Landeskoordination GLOBE Schweiz, Juni 2007

Was ist Hydrologie?

Dreiviertel der Erdoberfläche wird von Wasser bedeckt. Doch nur 1% dieser grossen Wassermenge ist für die Bedürfnisse der Menschen verfügbar. Das restliche Wasser ist entweder zu salzig, befindet sich in unerreichbaren unterirdischen Reservoirs oder ist in den Polarkappen gefroren. Hydrologie befasst sich mit der Verteilung und dem Austausch der verschiedenen Wassermassen untereinander, mit den Schwankungen von Parametern wie die Temperatur oder mit ihrer mineralischen Zusammensetzung, die sich im Laufe der Zeit und mit ihrer Verschiebung verändert.

Die Temperatur, die Transparenz, der gelöste Sauerstoff- und Mineralsalzgehalt des Wassers sind wichtige Parameter für die Hydrologie und variieren je nach Ort und Jahreszeit. Es sind wichtige Indikatoren für den Austausch zwischen der Hydrosphäre und anderen physischen Räumen der Erde wie die Atmosphäre (Gasaustausch, Niederschlag) oder die Lithosphäre (Erosion, gelöste Mineralien), aber auch für den Austausch und die Verteilung der von der Erde empfangenen Solarenergie (Gulf Stream, El Nino, Klimaveränderung). Diese verschiedenen Phänomene zu verstehen ist eines der Ziele der Hydrologie.

Hydrologische Messungen in Seen und Flüssen

Seen, Teiche oder gestaute Wasser sind Wasserreservoirs, die meistens von einem oder mehreren Zuflussgewässern, mit variablen Wassermengen und aus dem Einzugsgebiet kommend, gefüllt werden. Das angesammelte Wasser wird durch ein Abflussgewässer entleert, hier mit einer regelmässigeren Abflussmenge. Ein See hat deshalb einen Regulatoreffekt auf die Abflussmenge und die mineralische Zusammensetzung des Wassers. Je nach Grösse und Volumen des Sees verweilt das zugeflossene Wasser mehr oder weniger lang, bevor es den See verlässt. Im Genfersee zum Beispiel bleibt das Wasser 12 Jahre stehen bevor es den See über die Rhone wieder verlässt.

Die Zusammensetzung des Wassers eines Sees unterliegt nur langsamen und schwachen Schwankungen. Im Gegenteil dazu unterliegen zufließenden Gewässer manchmal schnellen und heftigen Schwankungen. Sie hängen mit den meteorologischen Ereignissen im Einzugsgebiet zusammen. Die Wasserzusammensetzung der Zuflussgewässer eines Sees variiert je nach Wassermenge und wird durch Erosion und die geologische Bodenbeschaffenheit ihres Laufes beeinträchtigt.

Im Laufe der Wochen und Jahreszeiten wird der untersuchte See oder Fluss wechselhafte und vielseitige Aspekte zeigen, was die Schülerinnen und Schüler vielleicht erstaunen und ihre Neugierde wecken wird. Um den Ursprung dieser beobachteten Phänomene zu erklären wird der Einbezug der Fächer wie Geografie, Naturwissenschaften und Mathematik hilfreich sein und wird die Gestaltung des Unterrichts noch vielseitiger und spannender machen. Das Zusammenführen der verschiedenen Fachkenntnisse, die mit diesen Gebieten zusammenhängen, wird durch das Erlebte im Feld noch verstärkt!

Welche Faktoren beeinflussen die hydrologischen Parameter?

Wenn ihr einen Wasserlauf in eurer Nähe über die Jahreszeiten hinweg beobachtet, werdet ihr feststellen, wie vielseitig und wechselhaft er sein kann. Warum ist das Wasser manchmal hell und klar, dann plötzlich bräunlich und trüb? In welchen Perioden ist das Wasserbett fast ausgetrocknet, und wann kann man erhöhte Wassermengen feststellen? Warum sterben manchmal massenhaft Fische und andere Wasserorganismen in den Hitzeperioden des Sommers?

Um diese Fragen zu beantworten müssen wir wissen, dass die Wasserqualität eines Wasserlaufs von verschiedenen meteorologischen und klimatischen Ereignissen, aber auch durch menschliche Aktivitäten entlang des Einzugsgebiets, beeinflusst wird.

Das Wasser kann unterschiedlichen Ursprungs sein: Schmelzwasser im Frühling, ausgedehnte und regelmässige Niederschläge, lokale Gewitter oder Grundwasser. Gereinigtes Wasser aus Wolken wie Regen oder Schnee beginnt in den Boden zu sickern.

Im Kontakt mit Land und Gestein vollzieht das Wasser einen langen und chemischen Erosionsvorgang. Die Zusammensetzung des Wassers kann Felsen und Mineralien langsam auflösen. So lädt sich das Wasser zunehmend mit mineralischen Elementen auf. Kalk oder Nitrat zum Beispiel, die als Dünger in der Landwirtschaft verwendet werden, sind die Mineralien, die sich im Wasser sehr schnell lösen. Je nach geologischer Bodenbeschaffenheit sind gewisse Mineralien im Wasser vorhanden und andere nicht. In einigen Gebieten findet man salzige Quellen, da das Gestein salzhaltig ist.

Die Infiltration des Wassers in den Boden geschieht langsam. Bei starken Regenfällen oder während der Schneeschmelze im Frühling kann der durchtränkte Boden das anfallende Wasser nicht mehr absorbieren. Der Wasserüberschuss fliesst direkt in die Fliessgewässer und bewirkt dadurch Hochwasser. Die grosse Strömung reisst Erd- und Sandmassen von den Ufern und vom Flussbett. Das Wasser trübt sich und nimmt eine bräunliche Farbe an. Es handelt sich hier um ein mechanisches Erosionsphänomen. Die Kraft der Strömung wirkt auf das Gelände.

Mit der Zeit hinterlassen diese verschiedenen Phänomene markante Spuren auf das Relief einer Region. Sie schaffen Täler und Höhlen und legen Sedimente ab, die Ebenen fruchtbar machen.

Sollte sich die Tendenz der Klimaerwärmung fortsetzen, so werden wir mit der Zeit noch heftigere meteorologische Ereignisse beobachten. Hochwasser und Trockenheit würden intensiver und die Erosion aktiver sein. In den Bergen ist die Gletscherschmelze bereits beträchtlich. Die meisten Gletscher sind ganz klar am schrumpfen und die gespeicherte Wassermenge wird immer kleiner. Was wird wohl in einigen Jahrzehnten sein?

Im Hochgebirge wird zudem beobachtet, dass der Boden, der dem Permafrost unterliegen sollte, im Sommer auftaut. Dieses Phänomen ist besonders gefährlich. Es löst Erdrutsche aus, die für die Bevölkerung der Bergtäler bedrohlich sind. In der Schweiz kennen wir solche Ereignisse (z.B. Visp, Gondo). Die Beobachtung der hydrologischen Schwankungen erlaubt es, diese Hypothesen zu überprüfen.

Hydrologie als wissenschaftliche Untersuchung

Die Hydrologie versucht, die Wechselwirkungen zwischen dem Wasser und den anderen physischen Räumen der Erde zu bestimmen und verstehen.

Die Ergebnisse von hydrologischen Untersuchungen können für verschiedene andere Bereiche nützlich, zum Beispiel:

- Bewirtschaftung von Trinkwasserreserven
- Suche nach neuen Wasserquellen
- Vorbeugung von Hochwasser
- Vorbeugung von Überschwemmungen
- Voraussage von Trockenheitsperioden
- Schutz vor Erosion
- Kontrolle der Seepiegel
- Bewässerung der Kulturen

Analyse der hydrologischen Umgebung

Die Intensität von Hochwasser und Überschwemmungen oder die Länge der Trockenheitsperioden hängen stark von den klimatischen Bedingungen ab, welche das Eintreten von Regen und Schnee bestimmen.

Eine markante und andauernde Veränderung dieser Phänomene kann als Zeichen einer Klimaänderung gewertet werden.

Mit der Teilnahme an diesem Projekt werdet ihr selber feststellen können, wie die hydrologischen Systeme in ihrer Nähe auf die verschiedenen meteorologischen und klimatischen Ereignisse reagieren. ihr nehmt an einer Erhebung von wertvollen Informationen teil, die helfen werden, die Hypothese der Klimaänderung zu verifizieren.

Hydrologie in der Schweiz

In der Schweiz stammen die ältesten bekannten Messungen von Hoch- und Tiefwasser der Seen aus dem 16. Jahrhundert. Auf der Mauer des Kornhauses in Rorschach befindet sich eine Tafel mit der Marke des Höchststandes des Bodensees, erhoben im Jahre 1511 und 1566. 1808 beginnt die regelmässige Beobachtung des Rheinpegels in Basel, und 1863 gründet die Schweizerische Gesellschaft für Naturwissenschaften eine Hydrometrische Kommission, eine Vorgängerin des Hydrologischen Dienstes des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Die regelmässige Publikation von hydrologischen Daten beginnt 1917 mit der Herausgabe des ersten Jahrbuches der Hydrologie der Schweiz. Die Beobachtung und die Bewirtschaftung von Wasserreserven sind also ein alter Brauch, denn wichtige Tätigkeiten wie die Rheinschifffahrt und die Vorhersage von Überschwemmungen hängen davon ab.

Nationale und internationale Netzwerke

Im 1972 wurde das erste nationale Wasserbeobachtungsnetz NADUF gegründet. Das NADUF arbeitet eng mit anderen Programmen wie z.B. dem NAQUA (unterirdische Gewässer) und dem NABO (Boden) sowie dem NABEL (Luft) zusammen.

Mit dem Projekt «Nationale Daueruntersuchung der schweizerischen Fliessgewässer», NADUF, werden Grundlagen zur Beurteilung des gegenwärtigen Zustandes der Fliessgewässer wie auch von mittel- und langfristigen Veränderungen geliefert. Zudem werden Daten als Basis zur Erforschung von Prozessen und Stoffkreisläufen in Gewässern erhoben. Das Messnetz dient ebenfalls als Basisinfrastruktur für ergänzende Projekte in den Bereichen Wissenschaft und Vollzug. Beteiligt sind das BAFU, die EAWAG und die WSL. Für mehr Informationen: www.naduf.ch

Im Bildungsbereich bildet GLOBE ein weltweites Netzwerk für Messungen und Wissenstransfer, das laufend Beziehungen mit verschiedenen, bereits bestehenden wissenschaftlichen Programmen knüpft.

Hydrologische Messungen mit GLOBE

Das Programm von GLOBE bietet viele Möglichkeiten, das Thema der Hydrologie im Unterricht einfließen zu lassen. Folgende Protokolle sind erhältlich:

- Messung der Temperatur des Wassers
- Messung der Transparenz des Wassers (Sichttiefe)
- Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers
- Messung des Säuregehalts des Wassers (pH-Wert)
- Messung der Alkalität (Härte) des Wassers
- Messung des gelösten Sauerstoffgehalts
- Messung des Nitratgehalts

Diese Datenblätter sind auch in englisch als PDF unter www.globe.gov oder in französisch erhältlich unter: www.globe-swiss.ch

Der hydrologische Kreislauf

Die Hydrosphäre

Vom Weltraum aus gesehen bietet uns die Erde ein einzigartiges Bild: Wasser in zwei verschiedenen Formen, flüssig und fest, bedeckt ungefähr 75% der Oberfläche. Seit 3,8 Milliarden Jahren fließt Wasser, fast solange wie es unseren Planeten gibt. Das Wasser, wesentliches Element für Nahrung und Entwicklung aller Lebewesen, gibt der Erde eine einzigartige Stellung in unserem Sonnensystem. Im flüssigen Zustand ist Wasser Quelle des Lebens!

Die Hydrosphäre bildet eines der drei physischen Systeme der Erde. Wasser gibt es in verschiedenen Formen: flüssig in Ozeanen, Fließ- und Grundgewässern, fest im Eis der Polarkappen und der Gletscher oder als Gas in der Atmosphäre, wo Wasserdampf Wolken bildet und Niederschläge verursacht. Die Hydrosphäre und die anderen Systeme der Erde (Lithosphäre und Atmosphäre) haben ständige und komplexe Beziehungen zueinander. Ein reger Materien- und Energieaustausch findet statt, welcher grundlegend ist für die Trinkwasserreserve, die Fruchtbarkeit des Bodens und die klimatische Regulierung.

Hydrologie ist die Wissenschaft, die das Verhalten und die Entwicklung der Wassermassen auf der Erde erforscht. Sie versucht, Phänomene und physische und chemische Mechanismen, die in der Hydrosphäre auftreten, zu bestimmen, um ein globales Bild der Wasserzirkulation auf Planetenebene zu erhalten. Mit der Hydrologie können wir die Rolle der Ozeane in den klimatischen Phänomenen besser verstehen. Sie zeigt uns auch, wie empfindlich der Lebensraum Wasser gegenüber Verschmutzung ist und wie bedrohlich eine verschwenderische Nutzung der Trink- und Süßwasserreserven ist.

Der hydrologische Kreislauf erklärt uns den Weg des Wassers, wie die Wassermoleküle von der Erdoberfläche in die Atmosphäre und wieder zurück auf die Erde gelangen. In diesem gigantischen System, angetrieben durch Sonnenenergie, wird permanent Wasser zwischen den Ozeanen, der Atmosphäre und dem Boden ausgetauscht.

Untersuchungen haben gezeigt, dass ungefähr 90% der Feuchtigkeit in der Atmosphäre von Ozeanen, Meeren und anderen Oberflächengewässern (Seen, Flüsse, Bäche) stammen. Durch die Verdampfung gelangt das Wasser vom flüssigen direkt in den gasförmigen Zustand. Ein kleiner Teil des atmosphärischen Wasserdampfes entsteht durch das Phänomen der Sublimierung, wo Eis und Schnee ohne zu schmelzen direkt zu Wasserdampf werden.

Die restlichen 10% der Feuchtigkeit entstehen durch pflanzliche Transpiration. Pflanzen nehmen mit ihren Wurzeln Wasser auf, um Nährstoffe an die Blätter weiterzuleiten. In den Blättern verdampft ein Teil des Wassers und gelangt so in die Atmosphäre. Diese verschiedenen Quellen und die Gasemissionen aus Vulkanen bilden die Gesamtheit des Wasserdampfes in der Atmosphäre.

Das in der unteren Atmosphäre verdampfte Wasser wird durch aufsteigende Luftströme in die obere Atmosphäre transportiert und erkaltet langsam. Dabei kondensiert der Dampf zu kleinen Tropfen und Kristallen. Sie bilden sich zu verschiedensten Wolkenarten oder führen zu Niederschlägen wie Wasser, Schnee oder Hagel. Mit diesem Mechanismus gelangt das verdampfte Wasser von der Atmosphäre wieder auf die Erde zurück.

Nach Niederschlägen kann das Wasser auf dem Boden verschiedene Wege gehen. Ein Teil verdampft wieder, ein anderer Teil rinnt auf der Erdoberfläche oder versickert im Boden. Das Wasser bildet Feuchtigkeit in der Erde oder fließt ins Grundwasser, um dann wieder

in Bäche und Flüsse abzufließen. Am Ende des Kreislaufes gelangt das Wasser in den Ozean oder in ein anderes Oberflächengewässer, um dort von neuem in einen Kreislauf zu gelangen.

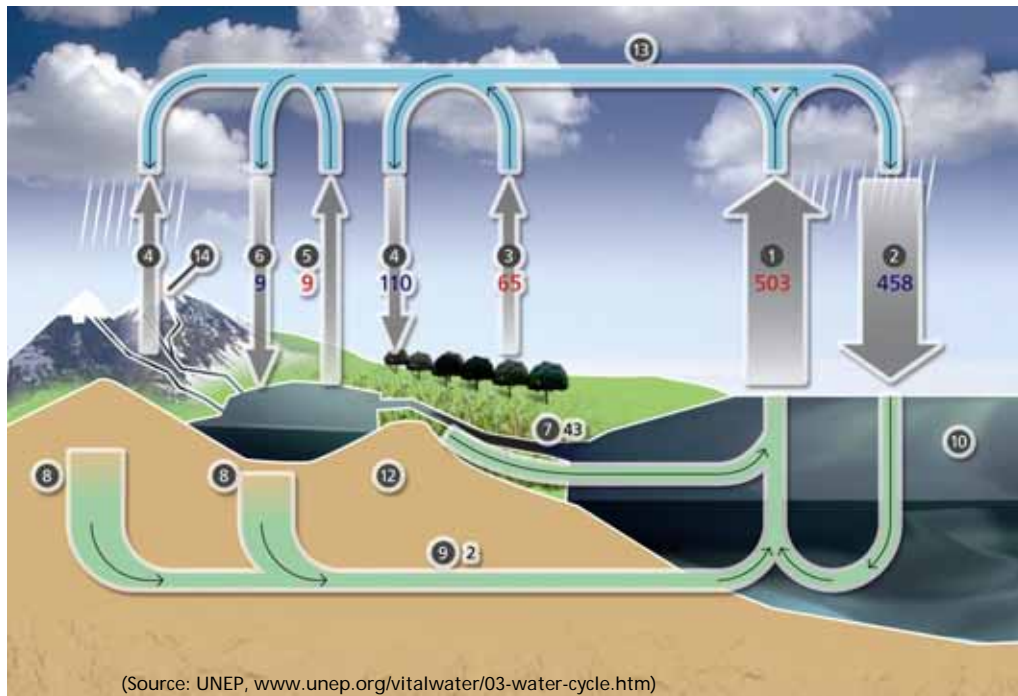
In diesem Kreislauf kann Wasser für die Bedürfnisse der Menschen und anderer Lebewesen gefasst werden.

Wenn der gesamte Wasserdampf in der Atmosphäre die Erdoberfläche mit einer flüssigen Schicht bedecken würde, so wäre diese Schicht nur 2,5 Zentimeter dünn. Auf ein Jahr gesehen würde die Menge des verdampften Wassers eine Schicht von 97 cm darstellen.

Ein Wassermolekül durchläuft den hydrologischen Kreislauf im festen, flüssigen oder gasförmigen Zustand. So kann sich ein im Atlantischen Ozean verdampftes Molekül in den Höhen des Juras niederschlagen, in den Kalkuntergrund sickern und jahrelang im Grundwasser am Fusse des Juras verweilen, bevor es über eine Quelle wie die Venoge oder Aubonne in den Genfersee gelangt. Verdampft es wieder, bildet es im Sommer eine der zahlreichen Cumulus-Wolke, die abends über dem Genferseegebiet in einem Gewitter platzen. In flüssiger Form kann es wiederum von den Wurzeln einer Maispflanze in der Ebene der Orbe absorbiert werden. Über ihre Blätter verdampft es und fällt als Regen in den Neuenburgersee, von wo es schlussendlich über den Rhein ins Nordmeer gelangt. Die Meeresströmungen werden das Molekül bis in den Arktischen Ozean treiben, um dort im Polareis zu gefrieren, bevor es, Jahrhundert um Jahrhundert, seine unermüdliche Reise wieder aufnimmt.

Wasserkreislauf

Zirkulation und Verteilung der Wassermassen zwischen den verschiedenen Bereichen der Hydrosphäre



Wasserkirkulation in der Hydrosphäre

- 1 Ozeanische Verdampfung
- 2 Ozeanische Niederschläge
- 3 Pflanzliche Transpiration
- 4 Kontinentale Niederschläge
- 5 Lokale Verdampfung (Seen und Fließgewässer)
- 6 Lokale Niederschläge
- 7 Oberirdischer Abfluss, Wasserlauf
- 8 Infiltration in den Boden
- 9 Unterirdischer Abfluss

Wasserverteilung in der Hydrosphäre

- 10 Ozeane
- 11 Oberflächengewässer, Seen
- 12 Grundflächengewässer, Grundwasser
- 13 Atmosphärischer Wasserdampf, Wolken
- 14 Schnee, Gletscher, Polareis

Werte in 1000 km³ pro Jahr

(Source: UNEP, www.unep.org/vitalwater/03-water-cycle.htm)

Das Wasser im Laufe der Jahreszeiten

Temperatur, Wassertransparenz (Sichttiefe) und andere chemische Parameter – hydrologische Beobachtungen im Laufe der Jahreszeiten

Hydrologie ist eine komplexe Wissenschaft. Sie vereint zahlreiche und vielfältige Parameter wie meteorologische und klimatische Bedingungen, die geografische Lage oder die Geologie des Untergrunds. Die verschiedenen Parameter, die zu beobachten sind, hängen deshalb stark von den klimatischen und lokalen geologischen Bedingungen ab und können sehr schnell variieren. Bevor Sie ihre hydrologischen Beobachtungen beginnen, ist es wichtig, den Messstandort genau auszusuchen und möglichst viele Daten über das untersuchte Einzugsgebiet zu sammeln. Im Teil mit den Protokollen finden Sie für jeden Parameter eine kurze Einleitung mit den wichtigsten, direkten Einflussfaktoren auf den Parameter. Es ist wichtig, diese zu kennen.

Man kann die Hydrologie als lange Kette bezeichnen. Am Anfang steht die Wasserzufuhr durch Niederschläge, am Ende der Rückfluss des Wassers in den Ozean. Dazwischen wird das Wasser verteilt und mehr oder weniger lang in den verschiedenen Räumen (Teile?) der Hydrosphäre gelagert: in den Wolken, im Schnee oder im Eis, in den Seen und Flüssen und im Grundwasser.

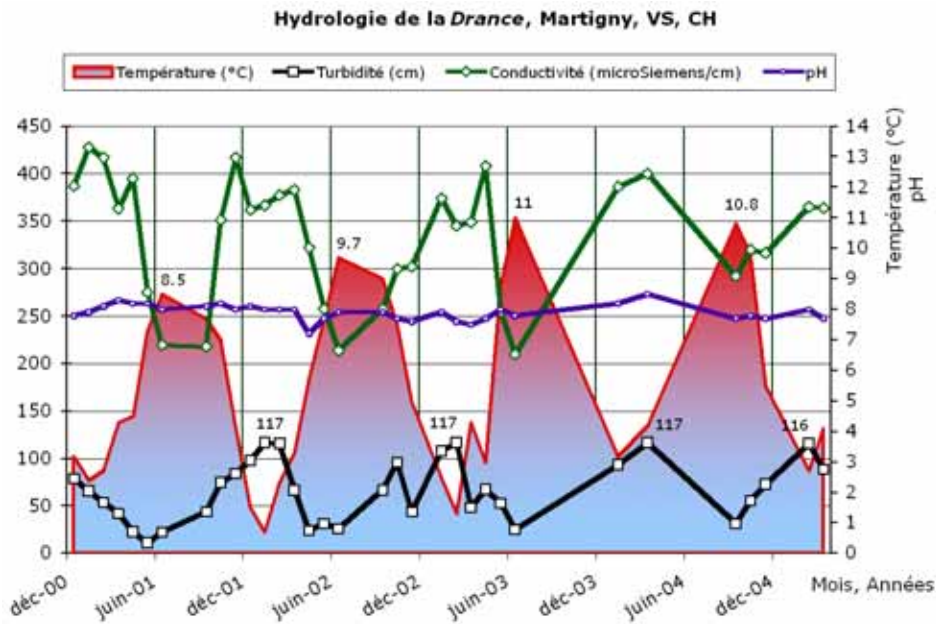
Die im Sommer und Winter vorherrschende meteorologische Situation in der Schweiz führt zu langen und trockenen Schönwetterperioden. Es ist relativ **trocken**, es gibt nur selten Niederschlag oder die Wasseroberfläche ist von der Kälte gefroren.

Die **Grundwasserreserven** werden angezapft und die Wasserläufe führen nur wenig Wasser. Wie kann man zeigen, dass das Wasser, das in diesen Zeiten abfließt, einen unterirdischen Ursprung hat? Und welcher andere Parameter hängt ebenfalls von der Stärke der Strömung ab?

Im Gegensatz dazu werden der Frühling und der Herbst von der Schneeschmelze und von Zeiten ununterbrochener Niederschläge geprägt. Die Wasserläufe schwellen durch die massive Wasserzufuhr an und bewirken saisonale Hochwasser. In diesem Moment ist die Kraft der Strömung so stark, dass viele feste, mineralische Partikel von Boden und Flussbett (Sand, Schlamm, Kies) gerissen werden. Das Wasser trübt sich und nimmt eine bräunliche oder gräuliche Farbe an, die für das Phänomen der **Erosion** charakteristisch ist. Welches ist die markanteste Eigenschaft von Wasser aus Schmelz- oder Regenwasser? Mit welchem Messwert kann das Phänomen der Erosion aufgezeigt werden? Und wie entwickelt sich die Wassertemperatur im Laufe der verschiedenen Jahreszeiten? Hat sie Einfluss auf andere Parameter?

Die hydrologischen Untersuchungen können unabhängig von meteorologischen und klimatischen Messungen vorgenommen werden, aber es empfiehlt sich, auf den Einfluss der Jahreszeiten auf den Wasserkreislauf und auf das Thema der Erosion einzugehen.

Die Reihe hydrologischer Beobachtungen können auch Inhalt oder Diskussionsgrundlage für den Unterricht in Geografie, Physik oder Chemie sein oder als Einführung in praktische naturwissenschaftliche Übungen dienen.



Beispiel hydrologischer Untersuchungen über 4 Jahre, durchgeführt von einer Klasse aus Martigny im Wallis.

Und die Klimaentwicklung?

«Bald keine Gletscher mehr in der Schweiz?» – so titelte das Schweizer Fernsehen Februar 2006 eine Nachricht. Die ETH Zürich unternahm 2005 Messungen auf 91 Gletscher der Schweiz, die ergaben, dass die Mehrheit dieser Gletscher weiter am Schrumpfen sind. Die Studie zeigt, dass die Eismassen vor allem wegen den schwachen winterlichen Niederschlägen zurückgehen.

Parallel dazu zeigt eine Studie von Forschern der Universität Leipzig, die im September 2003 in der Zeitschrift *Nature* veröffentlicht wurde, dass die jährlichen Hochwasser von grossen europäischen Strömen weder häufiger noch heftiger sind als früher. Dieses Ergebnis basiert auf der Untersuchung der jährlichen Hochwasser der Elbe seit 1021 und der Oder seit 1269!

Zurzeit sind die Auswirkungen der Klimaänderung in der Hydrosphäre noch nicht deutlich erkennbar. Aber wie es das Beispiel der Gletscherschmelze zeigt, sind gewisse Veränderungen im Gange. Sicher ist, dass Veränderungen in den hydrologischen Systemen nicht ohne Konsequenzen für die Gesellschaft und die Umwelt sein werden.

www.tsr.ch/tsr/index.html?siteSect=200003&sid=6449621
www.scnat.ch/f/Media_Corner/Pressemitteilungen/Archiv/

Mudelsee M, Börngen M, Tetzlaff G, Grünwald U (2003): No upward trends in the occurrence of extreme floods in central Europe. *Nature* 425:166–169.
www.uni-leipzig.de/~meteo/MUDELSEE/publ/pdf/flood.pdf

Die Klimaveränderung kann folgende Auswirkungen haben:

Täglich erreichen uns Nachrichten über immer heftigere Wirbelstürme, schmelzende Gletscher und Polarkappen, katastrophale Trockenheit und Überschwemmungen. Diese Ereignisse schockieren uns und lassen uns annehmen, dass sich das globale Klima zunehmend erwärmt. Heute scheinen die hydrologischen Systeme noch nicht allzu sehr gestört zu sein. Dennoch wird eine tiefe und konstante Veränderung der Verteilung der Wassermassen zwischen den verschiedenen Räumen der Hydrosphäre beobachtet. Deutlich erkennbar ist es bereits beim Schmelzen von Eis und Auftauen des Permafrosts, die Ursache von Erdbeben und plötzlich anschwellenden Wildbächen sind. Langfristig erwartet man einen Anstieg der Ozeanspiegel um mehrere Meter, eine Zunahme der Bewölkung und eine Sättigung des Bodens mit Wasser. Die Konsequenzen dieser neuen Wasserverteilung werden für die Wasserressourcen - lebenswichtig für die Weltbevölkerung und die Landwirtschaft - schwerwiegend sein. Deshalb ist Überwachung der hydrologischen Systeme in Zukunft von entscheidender Wichtigkeit für die Bewirtschaftung der Wasserressourcen.

Obschon die hydrologischen Systeme auf globaler Ebene von der Klimaänderung vielleicht noch nicht betroffen sind, lassen sich auf lokaler Ebene aber möglicherweise Veränderungen beobachten. Solche Anzeichen können nur durch regelmässige und langfristi

Hydrologische Untersuchungen im Schulunterricht

Die Annäherung an die Wissenschaft im GLOBE Programm

Einstieg ins naturwissenschaftliche Denken und Arbeiten

Die Annäherung an die Wissenschaft im GLOBE Programm beruht ausschliesslich auf der Auseinandersetzung der Schülerinnen und Schüler mit dem untersuchten Thema. Es ist eine Annäherung über die Sinne, das Auge und das Tasten. Die Schülerinnen und Schüler können das untersuchte Phänomen direkt beobachten und berühren. Es erlaubt ihnen, ein eigenes Bewusstsein und eine eigene Fragestellung über den Ursprung der betrachteten Ereignisse zu entwickeln. Nach dieser Bewusstseinsbildung wird der Schülerinnen und Schüler eine ganze Serie an Hypothesen zur Beantwortung seiner Fragen aufstellen wollen. Diese Hypothesen werden sie mit der Realität vergleichen und Messungen durchführen, um schlussendlich eine glaubwürdige Erklärung für diese Naturphänomene zu finden.

Die Schülerinnen und Schüler können so ihr Wissen selber aktiv vergrössern, im Gegensatz zum klassischen Schulunterricht, wo sie weniger Beteiligungsmöglichkeiten haben. Der eingeleitete Prozess erlaubt es ihnen, ihre Kenntnisse selber aufzubauen, und das in einer Art und Weise, die viel wirksamer und beständiger ist als über das Lernen mit Schulbüchern. Der Lehrer liefert die Ressourcen und zeigt den Schülerinnen und Schülern, welche Mittel und zusätzlichen nützlichen Dokumente sie für ihren Wissensaufbau brauchen können.

Wissenschaftliche Konzepte

Erd- und Weltraumwissenschaften

- Wasser gibt es auf der ganzen Erde.
- Man kann Wasser in all seinen Aggregatzuständen beobachten: gasförmig, flüssig, fest, sowie die verschiedenen Wechsel des Aggregatzustands.
- Wasser ist ein Lösungsmittel, es löst und transportiert Gas, Mineralien und Sedimente, es trägt aktiv zur Erosion bei.
- Das Wasser bindet und verteilt Sonnenenergie rund um die Erde.
- Die Atmosphäre, das Wasser in seinen verschiedenen Formen, das Gestein und die Böden stehen in permanenter Wechselwirkung zueinander.
- Alle chemischen und physischen Parameter des Lebensraums Wasser sind messbare Grössen, die je nach Wetter und Messstandort (im Weltraum) variieren.

Wissenschaft des Lebens

- Wasser ist ein Lebensraum.
- Die Lebewesen können nur in einer Umgebung überleben, die all ihre lebenswichtigen Bedürfnisse decken kann.
- Der Zugang zu lebenswichtigen Ressourcen ist ein Grundbedürfnis.
- Auf der Erde gibt es sehr unterschiedliche Umgebungen. Sie beherbergen Gruppen von Organismen, die sehr vielfältig und den lokalen Gegebenheiten angepasst sind.
- Die Lebewesen überleben in einer sich ständig verändernden Umgebung.
- Der Mensch beeinflusst und verändert seine natürliche Umgebung.

Auswahl des Messstandortes für die Wasseruntersuchungen

Wie wird ein Messstandort ausgewählt?

Im Idealfall sollte sich ein Messstandort in der Nähe der Schule befinden. Sucht einen Ort aus, der gut erreichbar ist und an welchem ihr die verschiedenen Messungen (Wassertemperatur, Transparenz, pH, gelöster Sauerstoff, Alkalität, elektrische Leitfähigkeit, Nitrate und Bioindikation) leicht durchführen könnt. Wählt nach Möglichkeit ein stehendes Gewässer oder einen Wasserlauf, die interessante Besonderheiten aufweisen. Interessant sind in folgender Reihenfolge:

1. Fluss oder Bach
2. Natürlicher oder künstlich angelegter See
3. Weiher/Teich
4. Entwässerungs- oder Bewässerungskanal
(es sollten keine anderen Gewässer in der Nähe sein)

Die Wasserproben müssen immer am gleichen Ort entnommen werden. Diesen Ort nennen wir den Probeentnahmeort.

Wenn ihr die Untersuchungen in einem Fließgewässer (lotisch) durchführen wollt, so wählt den Probeentnahmeort eher bei einer Schwelle aus (das Ansteigen des Flussgrundes bewirkt eine Beschleunigung des Wassers und Turbulenzen) als bei ziehendem oder stehendem Wasser. Wenn ihr ein stehendes Gewässer wie einen See oder eine angesammelte Wasserreserve (lentisch) ausgesucht habt, positioniert euren Probeentnahmeort beim Abfluss oder in der Mitte der Wasserfläche, aber möglichst nicht in der Nähe der Mündung. Ideal sind eine Brücke oder eine Mole.

Für die Untersuchung der Makroinvertebraten (Bioindikation) sammelt Organismen in der Nähe des Probeentnahmeortes. Die vorhandenen Organismen hängen von den lokalen Siedlungsbedingungen ab. Deshalb hilft euch das Protokoll «Bioindikation», den idealen Messstandort zu finden.





Bestimmung der Geografischen Lage

SchülerInnenblatt

GLOBE verlangt bei der Angabe der geografischen Lage WGS84 Koordinaten (dezimal).
Diese können folgendermassen bestimmt werden:
Bestimmung der CH-Landeskoordinaten eines Standortes, anschliessend Umrechnung.

Es stehen uns drei Methoden zur Wahl:

1. Bestimmung der CH-Landeskoordinaten mit der Landeskarte 1:25 000.
Die CH Koordinaten werden als 6-stellige Zahl angegeben, ohne Einheiten.
In der Schweiz werden die Breitengrade dem Norden (nördlich des Aequators) und die Längengrade oder Meridiane dem Osten (östlich des Greenwich Null-Meridians, der durch England zieht) zugeteilt.
Ein Beispiel: Die CH-Koordinaten des Münsters der Stadt Bern lauten
 $x = 600\ 952$ (östliche Länge), $y = 189\ 569$ nördliche Breite
2. Bestimmung von ellipsoidischen WGS84-Koordinaten mit einem GPS-Gerät (Global Positioning System), anschliessende Umrechnung in dezimale WGS84-Koordinaten auf der Internetseite der Swisstopo/Navref.
3. Im Internet: Suche auf der Seite www.swissinfo.org (SwissinfoGeo).
Klicke auf den gewünschten Standort (oder gib die Adresse ein),
lies die 6-stellige Zahl ab (CH-Landeskoordinaten).

Dann: UMRECHNUNG DER KOORDINATEN in dezimale WGS84-Koordinaten:
<http://www.swisstopo.ch/de/online/calculation/navref/>
Höhe über Meer direkt aus der Karte ablesen und in die Datenbank eingeben.

METHODE 1

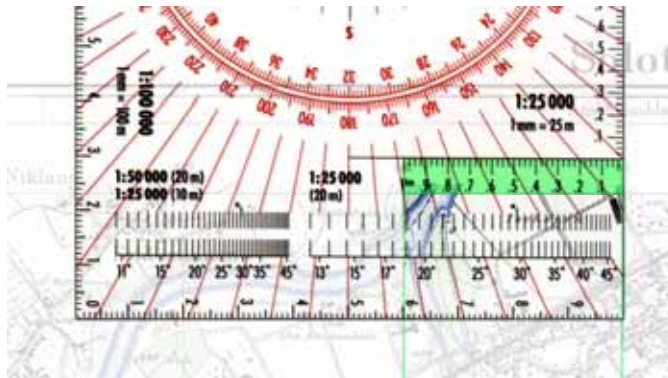
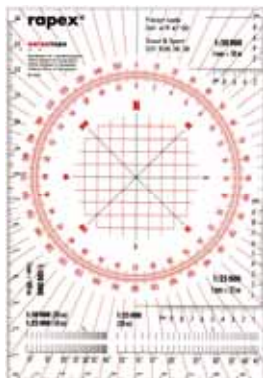
Koordinaten bestimmen mit Landeskarte 1:25 000

Benötigtes Material

- ☐ Landeskarte 1:25 000 deiner Umgebung
- ☐ Massstab oder Rapex zur exakten Bestimmung der 6-stelligen Koordinatenzahl
- ☐ eventuell Taschenrechner
- ☐ Bleistift, Unterlage

Vorgehen

1. Bestimme auf der 1:25 000er Karte die Koordinaten für Länge und Breite des Messstandortes, an dem du deine Beobachtungen und Erhebungen planst.
Nimm den Massstab (4cm in der Karte entsprechen also der Zahl 1000!) oder am besten den Rapex, um die letzten 3 Zahlen der 6-stelligen Koordinatenzahl zu bestimmen. Die ersten 3 Zahlen kannst du am Rand der Karte ablesen, am Ort, wo die betreffenden Meridiane durchgehen.
2. Bestimme aus der Karte mit Hilfe der Höhenlinien die Höhe über Meer.
3. Notiere den Namen deines Standortes (Flurnamen oder Ortschaft), Länge, Breite und Höhe über Meer.



RAPEX
KOORDINATEN-, WINKEL-
UND NEIGUNGSMESSE

BESTELLUNG UNTER:
WWW.SWISSTOPO.CH
ODER:
**ERHÄLTICH IN DEN MEISTEN
BUCHHANDLUNGEN**

METHODE 2**Koordinaten bestimmen mit dem GPS (Global Positioning System)**

Ein GPS-Empfänger ist ein tragbares Gerät, das Daten direkt von Satelliten in der Erdumlaufbahn empfängt. Mit Hilfe dieses GPS-Empfängers kann praktisch an jedem Punkt der Erde ein Standort (geographische Länge und Breite) bis auf 100m genau bestimmt werden. Bildet man den Durchschnitt aus mehreren Messungen, so lässt sich diese Genauigkeit sogar bis auf 30m erhöhen.

**Benötigtes Material**

- ☐ GPS-Empfänger
- ☐ eventuell Taschenrechner
- ☐ Bleistift, Unterlage

Vorgehen

1. Wähle den Standort, an dem du deine Messungen durchführen willst oder bereits gemacht hast. Beachte, dass der GPS-Empfang nicht durch Baumkronen oder Gebäude behindert wird. Stelle das Gerät so ein, dass WGS84-Koordinaten ausgegeben werden.
2. Stelle den Empfänger ein, halte ihn auf Augenhöhe und auf Distanz zu deinem Körper.
3. Beobachte den Bildschirm und warte, bis die Signale von mindestens 4 Satelliten empfangen werden (Falls keine Meldung erscheint, ist der Empfang gestört oder nicht gewährleistet. Lies dazu den Abschnitt «Hilfe bei Problemen mit dem GPS-Empfänger» in der GLOBE Anleitung GPS nach). Diese Einstellung kann ein paar Minuten dauern.
4. Lies ab und notiere Länge, Breite und Höhe (m.ü.M).
5. Wiederhole diese Messung 5-mal, im Abstand von je einer Minute. Verändere dabei deinen Standort nicht mehr als einen Meter. Notiere alle Ergebnisse.
6. Schalte den Empfänger aus.
7. Dann wandelst du die Breiten- und Längenangaben in Dezimalbrüche (4 Dezimalen) um.
Beispiel: $39^{\circ}59.98'$ $\rightarrow 59.98' : 60 = 0.9997^{\circ}$ also 39.9997°
Oder Du rechnest die Koordinaten auf <http://www.swisstopo.ch/de/online/calculation/navref/> um.
8. Berechne den Durchschnitt der 5 Messungen.
9. Gib diesen Wert ein.

Die Höhenangaben mittelst du direkt.

Vergewissere dich durch einen Blick auf einen Globus oder in eine örtliche Landkarte, ob das Ergebnis sinnvoll ist.

METHODE 3**Bestimmung der CH-Landeskoordinaten eines Standortes m Internet**

Suche auf der Seite www.swissinfo.org (SwissinfoGeo).
Klicke auf den gewünschten Standort oder gib die Adresse ein,
lies die 6-stellige Zahl ab (CH-Landeskoordinaten).

Dann: UMRECHNUNG DER KOORDINATEN in dezimale WGS84-Koordinaten:

<http://www.swisstopo.ch/de/online/calculation/navref/>

Höhe über Meer direkt aus der Karte ablesen und in die Datenbank eingeben.

[illegible]

Datenblatt Standortbeschreibung Hydrologie

(*zwingende Angaben)



Name der Schule:

Adresse der Schule:

Namen der Beobachtenden (Klasse oder Gruppe):

*Datum der Messungen:

Jahr:

Monat:

Tag:

*Name des Messstandortes:

☐ Neuer Ort ☐ Aktualisierung
***Lage, Koordinaten:**Datenquelle: ☐ GPS ☐ Geographische Karte

Notiere den Mittelwert der 5 Messungen (siehe Anleitung)

Breite: _____ Grad ☐ N oder ☐ SLänge: _____ Grad ☐ O oder ☐ W

Höhe: _____ Meter über Meer

Klassifizierung des Probengewässers

*Name des Gewässers:

Notiere den Namen, der auf der Landkarte steht. Wenn es keinen Namen hat, beschreibe bitte das Gewässer, woher oder wohin es fließt.

Beispiele:

Bach ohne Namen, Zufluss der Rhone

Bach ohne Namen, Abfluss des Marais Rouge

*Art des Wassers

☐ Salz (>25 ppt)☐ Brackwasser (2–25 ppt)☐ Süß (<2 ppt)



Quelle des Gewässers

Fliessgewässer

☐ Bach ☐ Fluss ☐ Andere

Ungefähre Breite des Fliessgewässers: _____ Meter

Stehendes Gewässer

☐ Bucht ☐ See ☐ Teich ☐ Becken ☐ Graben ☐ Mündung ☐ Andere

Grösse des stehenden Gewässers

☐ < 50 x 100m ☐ 50 x 100m ☐ > 50 x 100m

Ungefähre Fläche des stehenden Wassers: _____ km²

Ort der Probeentnahme

☐ Ausfluss ☐ Damm ☐ Brücke ☐ Boot ☐ Einfluss ☐ Pier

Geologische Klassifizierung

Ist der Grund sichtbar?

☐ Ja ☐ Nein

Material des Kanals/Damms: (alles Zutreffende ankreuzen)

☐ Erde ☐ Steine ☐ Beton ☐ Bewachsener Damm

Gestein: (alles Zutreffende ankreuzen)

☐ Granit ☐ Kalk ☐ vulkanisch ☐ gemischte Ablagerungen ☐ unbekannt

Süsswasserhabitate

☐ Felsiger Grund ☐ bewachsene Ufer

☐ matschiger Grund ☐ sandiger Grund

☐ VVegetation unter Wasser ☐ Äste

Informationen Testbestecke/Messgeräte

Testbesteck für gelösten Sauerstoff

Marke: ☐ LaMotte ☐ Hach ☐ anderes Modell – Name: _____

Testbesteck *Alkalität*

Marke: ☐ LaMotte ☐ Hach ☐ anderes Modell – Name: _____

Testbesteck *Nitrat*

Marke: ☐ LaMotte ☐ Hach ☐ anderes Modell – Name: _____

Allgemeine Beschreibung des Messstandortes und Kommentare: (Metadata)

Datenblatt geographische Koordinaten per GPS

Name der Schule:

Adresse der Schule:

Namen der Beobachtenden, Klasse oder Gruppe:

Datum der Messungen:

Jahr:

Monat:

Tag:

Name des Messstandortes:

Bezeichnung des Messstandortes: (kreuze den entsprechenden Ort an)

- ☐ Schule ☐ pflanzliche Oberfläche
☐ Atmosphäre ☐ Phänologie
☐ Hydrologie ☐ Andere
☐ Boden

Name des Messstandortes:

Name der Schule:

Adresse der Schule:

Erhebung der Lage

Lest keine Daten ab, solange der GPS-Empfänger nicht definitiv am richtigen Platz ist.

Wartet mindestens eine Minute zwischen zwei Messungen.

Erhebt die Messungen, die auf dem Bildschirm des GPS erscheinen.

Versuch	Breite Dezimalgrade N/S	Länge Dezimalgrade N/S	Höhe Meter	Stunde H:M:S TU	Anzahl Satelliten	Meldung (zutreffendes ankreuzen falls vorhanden)
1						<input type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/> 3D
2						<input type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/> 3D
3						<input type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/> 3D
4						<input type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/> 3D
5						<input type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/> 3D

			< Mittelwert
--	--	--	--------------

Informationen zum GPS-Empfänger

Marke des Gerätes:

Modell-Nummer:



Messungen Wassertemperatur

Warum wird die Wassertemperatur gemessen?

Die Temperatur zu erfassen ist sehr einfach. Es ist ein wichtiger Messwert, welcher den Wissenschaftlern erlaubt, andere hydrologische Messwerte wie gelöster Sauerstoff, pH-Wert und el. Leitfähigkeit besser zu verstehen. Die Temperatur hat einen Einfluss auf das Vorkommen und die Vielfalt des Lebens im Wasser. Kalte Seen im Winter haben nur wenig Pflanzenbewuchs, aber die Wärme des Frühlings, dann des Sommers, erweckt die Pflanzen zu neuem Leben. Die Temperatur steigt und das nährstoffreiche Wasser vom Grund sich mit den höheren Schichten vermischt. Diese Umschichtung und der Temperaturanstieg im Frühling haben zur Folge, dass die mikroskopischen Pflanzen und Tiere im Wasser rasch wachsen. Viele Fische und andere Wassertiere laichen in dieser Jahreszeit, weil aufgrund der erhöhten Wassertemperatur genug Nahrung vorhanden ist. Seichte Seen stellen eine Ausnahme in diesem Kreislauf, weil sie sich das ganze Jahr über durchmischen.

Die Wassertemperatur ist auch aus anderen Gründen wichtig: ist es zu warm, kann es für einige Arten wie die Forelle oder den Lachs, die kaltes und sauerstoffreiches Wasser brauchen, tödlich sein. Je wärmer das Wasser ist, desto weniger gelösten Sauerstoff enthält es.

Schliesslich ist es wichtig, die Wassertemperatur zu kennen, wenn man die verschiedenen Klimaszenarien auf lokaler und globaler Ebene verstehen will. Die Wassertemperatur verändert sich nicht mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Lufttemperatur: sie kühlt langsamer ab. Folglich hat das Wasser eine höhere thermische Kapazität als diejenige der Luft.

Die Prozesse der Verdampfung und der Kondensation des Wassers spielen ebenfalls eine Rolle im Temperaturwechsel der Luft.



Quelle: Jan Smolik, 1996, TEREZA, Zentrum für Umwelterziehung, Tschechien

Protokoll Wassertemperatur

Aufgabe

Messung der Wassertemperatur am Messstandort.

Dauer des Versuchs

10 Minuten, Eichung: 5 Minuten

Häufigkeit der Messungen

Wöchentlich,
Eichung alle drei Monate

Überblick

Die Schülerinnen und Schüler benützen ein Alkohol-Thermometer, um die Wassertemperatur zu messen.

Material und Dokumente

- ☐ Datenblatt Hydrologie
- ☐ Feldanleitung für Messungen der Wassertemperatur
- ☐ Thermometer mit Alkohol (eventuell elektronisch)
- ☐ Latex-Handschuhe
- ☐ Stoppuhr oder Uhr
- ☐ genügend lange Schnur, um das Thermometer ins Wasser zu tauchen

Für die Kalibrierung braucht man zudem:

- ☐ Laboranleitung Eichung Alkoholthermometer
- ☐ Thermometer mit Alkohol
- ☐ 400ml zerstampftes Eis
- ☐ destilliertes Wasser
- ☐ 500 ml-Becherglas oder -Behälter

Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler lernen so:

- mit einem Thermometer umzugehen
- die Gründe zu erforschen, warum sich die Temperatur eines Gewässers verändert
- die Ergebnisse ihrer Versuche mit anderen GLOBE-Schulen auszutauschen
- mit anderen GLOBE-Schulen des gleichen oder eines anderen Landes zusammenzuarbeiten
- ihre Beobachtungen zu teilen, indem sie ihre Daten ins GLOBE-Archiv eingeben

Erforderliche Kenntnisse

- Benützung eines Thermometers zur Temperaturmessung
- Fragen aufstellen, die man auch zu beantworten kann
- wissenschaftliche Versuche vorbereiten und durchführen
- mathematische Kenntnisse anwenden, um die Daten zu analysieren
- Beschreibungen und Erklärungen liefern und diese begründen können
- alternative Erklärungen (andere Möglichkeiten) erkennen und analysieren
- Vorgehensweise und Erklärungen übermitteln

Erforderliche Schulstufe

Für alle Stufen geeignet

Vorbereitung, Voraussetzungen

Keine



Feldanleitung für die Messung der Wassertemperatur

Aufgabe

Messung der Wassertemperatur am Messstandort.

Benötigtes Material

- ☐ Datenblatt Hydrologie
- ☐ Thermometer mit Alkohol (an Schnur oder Gummiband angebunden)
- ☐ Uhr
- ☐ Schutzhandschuhe
- ☐ Stifte oder Kugelschreiber

Am Messstandort

1. Vervollständigt das Datenblatt mit Eurem Namen, dem Datum und dem Namen des Ortes.
2. Zieht die Schutzhandschuhe an. Wickelt das Gummiband um das Handgelenk, damit das Thermometer nicht verloren geht oder auf den Boden fällt.
3. Kontrolliert, dass die Flüssigkeitssäule eures Thermometers keine Luftblasen enthält. Wenn sich die Flüssigkeit trennt, benachrichtigt die Lehrperson.
4. Taucht die Spitze des Thermometers 10 cm in die Wasserprobe. Lasst das Thermometer drei Minuten im Wasser.
5. Lest die Temperatur ab, ohne die Spitze des Thermometers aus dem Wasser zu nehmen!
6. Taucht das Thermometer nochmals für eine Minute ins Wasser.
7. Lest erneut die Temperatur ab. Wenn sich die Temperatur nicht verändert hat, fährt mit Punkt 10 weiter. Wenn sich die Temperatur seit dem ersten Ablesen verändert hat, beginnt wieder beim Punkt 8, bis die Temperatur unverändert bleibt.
8. Notiert die gemessene Temperatur im Datenblatt Hydrologie.
9. Wiederholt die Messung mit zwei anderen Gruppen und neuen Wasserproben.
10. Berechnet den Mittelwert dieser drei Messungen.
11. Alle gemessenen Temperaturen dürfen nicht mehr als 1.0°C vom Mittelwert abweichen. Ist dies der Fall, wiederholt die Messung.

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Informationen für die Lehrkräfte

Im Voraus

Vergewissert euch, dass das Thermometer in den letzten 3 Monaten kalibriert wurde und richtig misst.

Ergänzende Protokolle

Parallel zu diesem Protokoll zeigen die Protokolle Lufttemperatur und Bodentemperatur beispielhaft auf, wie verschiedene Substanzen Wärme transferieren und zurückhalten. Es trägt zum Verständnis bei, wie Energie transferiert und im Innern des Systems Erde gespeichert wird.

Lernziele

Mit der Messung der Wassertemperatur können die Lehrkräfte die Grundlagen für exaktes und präzises Arbeiten einführen. Die Daten sind **exakt**, wenn der Mittelwert der Probe (von den Schülerinnen und Schülern beobachtet) dem realen Mittelwert entspricht.

Die Daten sind **präzise**, wenn die Beobachtungswerte der Schülerinnen und Schüler sehr nahe beieinander liegen. Die Ergebnisse können exakt sein, aber an Präzision mangeln, wenn die Beobachtungswerte der Schülerinnen und Schüler zu weit auseinander liegen. Zum Schluss können die Ergebnisse präzise aber trotzdem nicht exakt sein, wenn die Beobachtungswerte der Schülerinnen und Schüler sehr nahe beieinander liegen, der errechnete Mittelwert aber nicht dem realen Mittelwert entspricht.

Das von GLOBE entwickelte Protokoll Wassertemperatur ist so konzipiert, dass die von den Schülerinnen und Schülern gelieferten Daten sowohl exakt als auch präzise sein müssen.

Es wird von den Schülerinnen und Schülern verlangt, dass sie mindestens drei Messungen machen und davon den Mittelwert berechnen. **Wenn die Beobachtungswerte mehr als 1°C vom Mittelwert abweichen, werden die Messungen nochmals gemacht, um präzisere Daten zu haben.**

Vorgehen beim Messen

Weil das Messen der Wassertemperatur einfach ist, verfolgen die Schülerinnen und Schüler manchmal das Protokoll nicht. Fehlerquellen können sein:

- das Thermometer bleibt nicht genug lange im Wasser, damit es sich stabilisiert;
- das Thermometer wird aus dem Wasser gezogen und die angezeigte Temperatur verändert sich, bevor sie abgelesen wird;
- das Thermometer ist beim Ablesen nicht auf Augenhöhe.

Die Wassertemperatur wird **vor** jedem anderen Messwert erhoben, ausgenommen demjenigen der Transparenz.

Es ist wichtig, die Wassertemperatur so schnell wie möglich nach der Probeentnahme zu messen, denn die Temperatur des Wassers verändert sich nach der Entnahme sehr schnell. Die Temperatur sollte so gelesen werden, dass die Spitze des Thermometers im Wasser bleibt.

Sobald das Thermometer aus dem Wasser ist, kann sich die Temperaturanzeige rasch ändern, vor allem wenn die Lufttemperatur von derjenigen des Wassers stark abweicht, oder wenn es Wind hat. Der Wind kann eine rasche Verdampfung bewirken, was wiederum die Temperatur sinken lässt.

Die Temperatur muss jede Woche am gleichen Ort gemessen werden. Auf einer kleinen Wasserfläche kann es mehrere Grad Unterschied geben (Zonen, die mehr oder weniger besonnt oder tief sind).

Es kann vorkommen, dass sich in der Alkoholsäule Blasen bilden, vor allem wenn das Thermometer nicht senkrecht versorgt wurde. Die Schülerinnen und Schüler müssen das Thermometer prüfen und jede Anomalie melden.

Die Luftblasen können beseitigt werden, indem das Thermometer am Ende gehalten und geschüttelt wird.

Tipps und Tricks

Benutzt die Anleitung des Herstellers zur Eichung des Thermometers, um die Genauigkeit jedes neuen Thermometers zu überprüfen. Andere Möglichkeit: Das Thermometer wird in eine Eis-Wassermischung (Eiswürfel in Wasser geben) gehalten, der angezeigte Wert sollte in diesem Fall 0 Grad sein.

Benachrichtigt den Hersteller, wenn die angezeigten Temperaturen nicht korrekt sind..

Unterhalt des Materials

1. Vergewissert euch vor jeder Anwendung, dass weder die Schnur noch das Gummiband abgenutzt sind.
2. Bewahren Sie das Thermometer senkrecht in einem Becherglas oder anderem Gefäß auf, damit sich keine Luftblasen in der Alkoholsäule bilden.
3. Vergewissern Sie sich, dass es keine Luftblasen in der Alkoholsäule hat.

Einige Vertiefungsfragen

- Welchen Einfluss hat ein brusker Temperaturwechsel der Luft auf die Temperatur des Wassers?
- Sind Temperaturen, die in der Nähe von grossen Wasserflächen gemessen werden, anders als Temperaturen, die fern von jeglicher Wasserfläche gemessen werden?
- Gibt es einen Unterschied zwischen der Temperatur des Wassers und der Luft im Winter? Und im Sommer?

Prüfung der Ergebnisse**Sind die Ergebnisse beweiskräftig?**

Charakteristisch für die Wassertemperatur sind die starken saisonalen Schwankungen. Zeichnen Sie eine Grafik der Schwankungen der Wassertemperatur auf einer zeitlichen Achse, um einen Überblick über diese Schwankungen zu erhalten. «Ausreisser»-Daten sollten so einfach zu identifizieren sein.

Ein Ausreisser hat einen wesentlich anderen Wert als Daten kurz zuvor oder danach.

Machen Sie ebenfalls eine Grafik mit der Wasser- und der Lufttemperatur.

Da die Wassertemperatur weniger schnell schwankt als diejenige der Luft, sollte zwischen der Veränderung der Temperatur des Wassers und der Luft eine Verzögerung (von einigen Tagen bis einigen Wochen) feststellbar sein. Die Bandbreite der Wassertemperaturen wird auch kleiner sein als die der Lufttemperaturen.

Kann die Wassertemperatur unter 0°C sinken? Viele Schülerinnen und Schüler glauben einen Fehler gemacht zu haben, wenn sie eine Temperatur unter null erhalten. 0,0°C ist ja der Gefrierpunkt von destilliertem Wasser. Aber: Wasser mit gelösten Salzen gefriert bei einer tieferen Temperatur.

Inwiefern sind diese Daten für Wissenschaftler nützlich?

Die Wassertemperatur wird manchmal als unabhängige Variabel bezeichnet, denn die meisten Eigenschaften des Wassers und alle damit verbundenen chemischen Reaktionen hängen von dieser Variabel ab. Der gelöste Sauerstoffgehalt hängt zum Grossteil von der Temperatur ab. Eine Grafik mit der Wassertemperatur und dem gelösten Sauerstoff zeigt deutlich, dass bei Abnahme der Wassertemperatur die Löslichkeit des Sauerstoffes zunimmt.

Sprunghafte Veränderungen der Wassertemperatur sind selten: Wasser hat eine höhere thermische Kapazität und wird deshalb langsam wärmer oder kälter.

Untersucht alle ungewöhnlichen Schwankungen der Wassertemperatur in Bezug auf die erwarteten saisonalen Schwankungen. Diskutiert am Untersuchungsort den Wasserlauf des unter-suchten Gewässers auf. Staumauern stromaufwärts, Fabriken oder grosse Schmelz-wassermassen können die Temperatur sprunghaft verändern.

Projektbeispiel

PROJEKT 1

Eine Hypothese formulieren

Die Schülerinnen und Schüler einer Schulklasse in der Tschechischen Republik untersuchen Temperaturverläufe und stellen die monatlichen Mittelwertstemperaturen von mehreren Gewässern ihres Landes grafisch dar. Sie stellen eine interessante Tendenz in den Daten des Untersuchungsorts SWS-01, die von der Schule Zakladni Skola Bystrice Nad Perstěnem erhoben wurden. Unter den Bemerkungen (Metadaten) des Ortes lesen sie, dass es sich um den Fluss Bystrice handelt.

Ihre Grafik (Grafik HY-TE-2) zeigt, dass die monatliche Mittelwertstemperatur der Sommermonate (Juni, Juli, August) zwischen 1997 und 2001 jährlich steigt.

Die Schülerinnen und Schüler stellen folgende Hypothese auf:

Die Erhöhung der Wassertemperatur ist auf die Erhöhung der Lufttemperatur zurückzuführen.

Sammeln und analysieren der Daten

Die Schülerinnen und Schüler zeichnen eine Grafik, die die Mittelwertstemperatur der Luft und die Temperatur des Wassers an der Oberfläche darstellt (Grafik HY-TE-3).

Die Lufttemperatur steigt während den Sommermonaten der gleichen Periode klar an, ausgenommen im Juli 2000, wo sowohl die Luft- als auch die Wassertemperatur tiefer sind.

Die Schülerinnen und Schüler ziehen folglich den Schluss daraus, dass die Erhöhung der sommerlichen Lufttemperatur die Erhöhung der Wassertemperatur dieses Wasserlaufs bewirkt hat.

Ihre Hypothese ist richtig.

Bemerkung: In der Grafik HY-TE-3 ist die Skala der Wassertemperatur links in der Grafik, die Skala der Lufttemperatur rechts. Die Skalen sind nicht gleich. Es kann nützlich sein, die Daten zu sammeln und sie auf einer gleichen Skala (siehe Grafik HY-TE-4 als Beispiel) darzustellen, um die Werte und nicht nur die Tendenz besser zu vergleichen.

Ergebnisse kommunizieren

Die Schülerinnen und Schüler präsentieren der ganzen Klasse ihre Resultate und diskutieren anschliessend darüber. Sie werden sich die Frage stellen:

Gilt diese Tendenz für alle umliegenden Orten?

PROJEKT 2

Eine Hypothese formulieren

Die Schülerinnen und Schüler, die sich bereits mit dem vorhergehenden Projekt befasst haben, wollen ihre Untersuchungen weiterführen. Sie wollen herausfinden, ob sich die Tendenzen des Flusses Bystrice in anderen umliegenden Gebieten bestätigen lassen. In anderen Worten: Handelt es sich hier um ein lokales oder ein weit verbreitetes Phänomen?

Sie stellen die folgende Hypothese auf: Kann eine gleiche Erhöhung der Wasser- und der Lufttemperatur in umliegenden Orten beobachtet werden.

Sammeln und analysieren der Daten

Die Schülerinnen und Schüler konsultieren auf dem GLOBE-Server die Daten von Oberflächengewässern in ihrem Land. Sie stellen fest, dass folgende vier Schulen am meisten Daten über Oberflächengewässer gesammelt haben: die *Zakladni Skola – Ekolog. Praktikum* in *Jicin*; die *Zakladni Skola, Bystrice Nad Perstejnem* in *Bystrice*; die *Zakladni Skola Banov* in *Banov* und die *Zakladni Skola, Postoloprty* in *Postoloprty*.

Sie haben bereits die Daten für den Fluss *Bystrice* angeschaut.

Die drei anderen Oberflächengewässer sind der Fluss *Cidlina* in *Jicin*, das Reservoir *Ordejev* in *Banov* und der Fluss *Ohre* in *Postoloprty*. (**Bemerkung:** um den Namen und eine Beschreibung dieser Gewässer zu erhalten ist es nützlich, die Informationen/Metadaten über diese Orte nachzulesen!)

Die Schülerinnen und Schüler machen zuerst eine Grafik mit den gemessenen Wassertemperaturen von allen Schulen. Die drei neuen Orte sind in den Grafiken HY-TE-5 bis HY-TE-7 erfasst.

Die Nummer des Ortes von zwei Schulen, die *Zakladni Skola Banov* und die *Zakladni Skola Jicin*, hat von SWS-01 auf eine neue Ortsnummer mit dem dazugehörenden Namen des Gewässers (Fluss *Cidlina* und Reservoir *Ordejev*) geändert. Darum ist mehr als ein Ort auf der Grafik vorhanden.

Im Sommer beobachten die Schülerinnen und Schüler nichts Aussergewöhnliches in der Temperatur der Flüsse *Cidlina* und *Ohre*. Ein leichter Temperaturanstieg der Luft ist in *Banov* zu verzeichnen, der aber nicht so bedeutend ist wie derjenige in *Bystrice Nad Perstejnem*. Die gleiche Beobachtung gilt für die Wassertemperatur.

Seit dem Sommer 1999 wurde die Wassertemperatur nicht mehr erhoben. Folglich ist es schwierig, eine Tendenz für die Periode 1997–2001 zu definieren.

Die Schülerinnen und Schüler stellen fest, dass sich eine Erhöhung der Luft- und Wassertemperatur, wie sie in *Bystrice Nad Persejnem* registriert wurde, nur an zwei von den drei anderen Orten wiederholt hat. Sie ziehen den Schluss, dass ihre Hypothese nicht gültig ist.

Ergebnisse kommunizieren

Die Schülerinnen und Schüler fassen die Ergebnisse beider Projekte zusammen und schreiben einen Bericht für ihre Klasse. *Sie stellen diesen Bericht auf den GLOBE-Server unter der Rubrik Untersuchungen von Schülerinnen und Schülern.*

Überlegungen für weitere Untersuchungen

Was ist mit der Wassertemperatur an diesen Orten nach 2001?

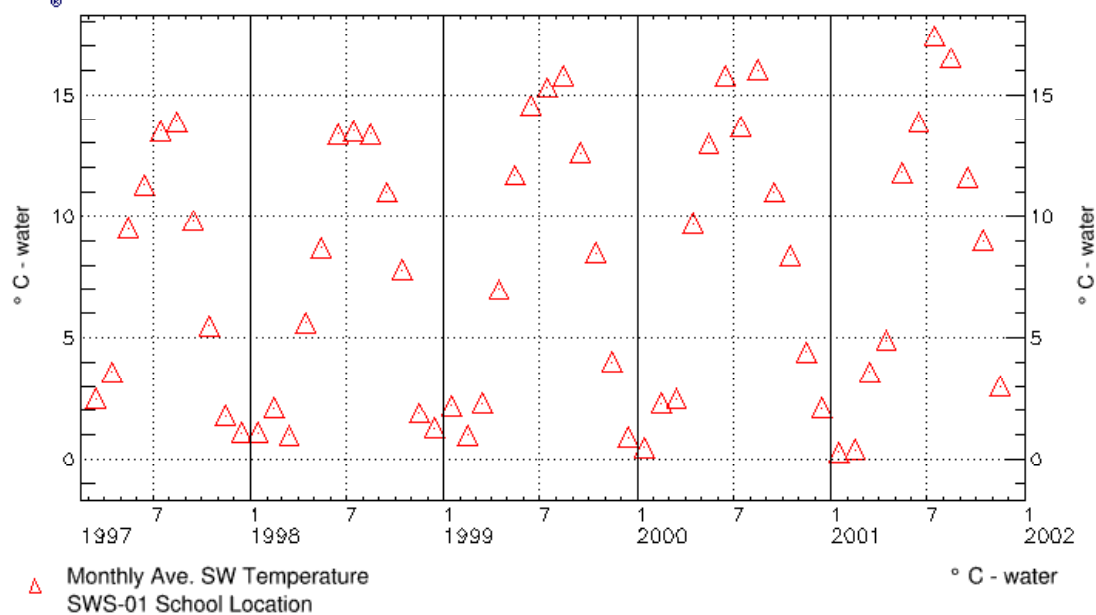
Zeigt die an einem Ort gemessene Temperatur eine Tendenz nach oben oder nach unten?

In welchem Verhältnis kann sich die Wassertemperatur erhöhen, ohne dass der gelöste Sauerstoffgehalt dramatisch tief wird? Ist eines dieser Gewässer bedroht?

Grafik HY-TE-2



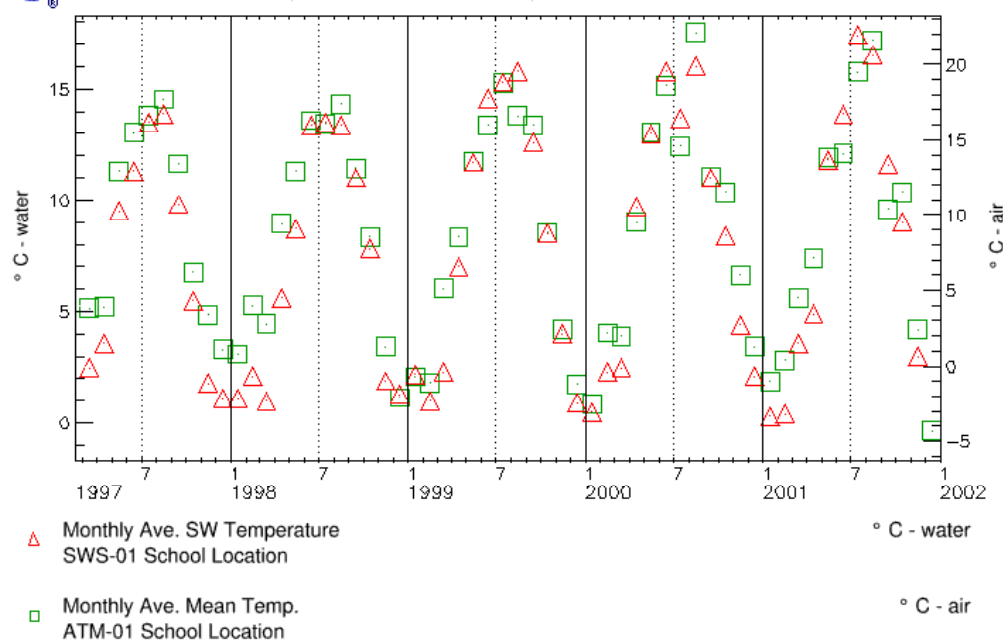
Zakladni Skola-Bystrice Nad Perstejnem, CZ



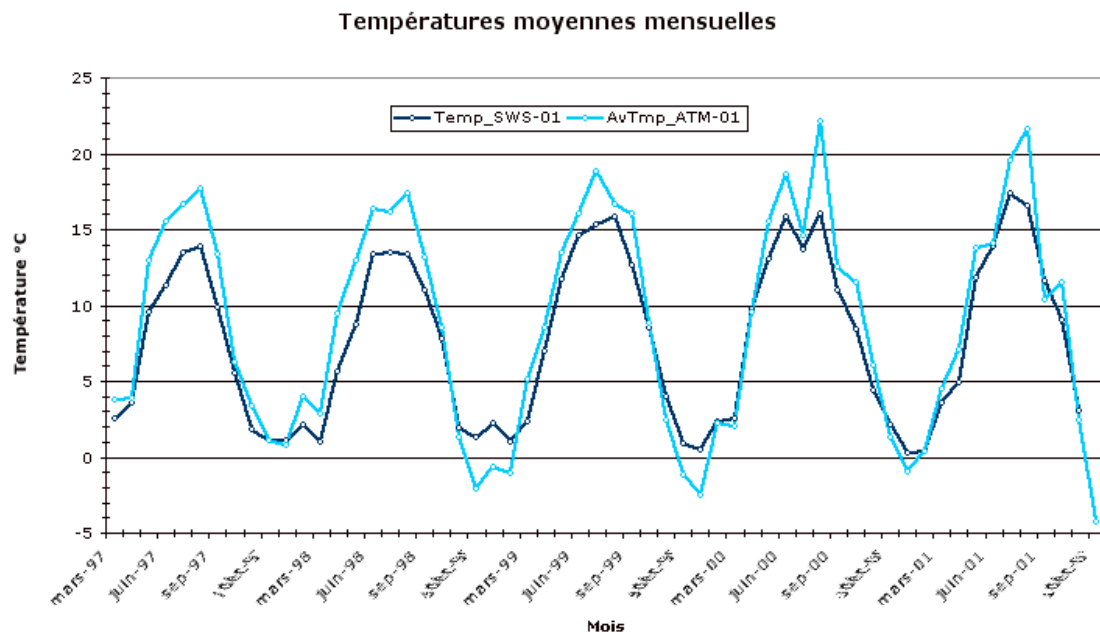
Grafik HY-TE-3



Zakladni Skola-Bystrice Nad Perstejnem, CZ



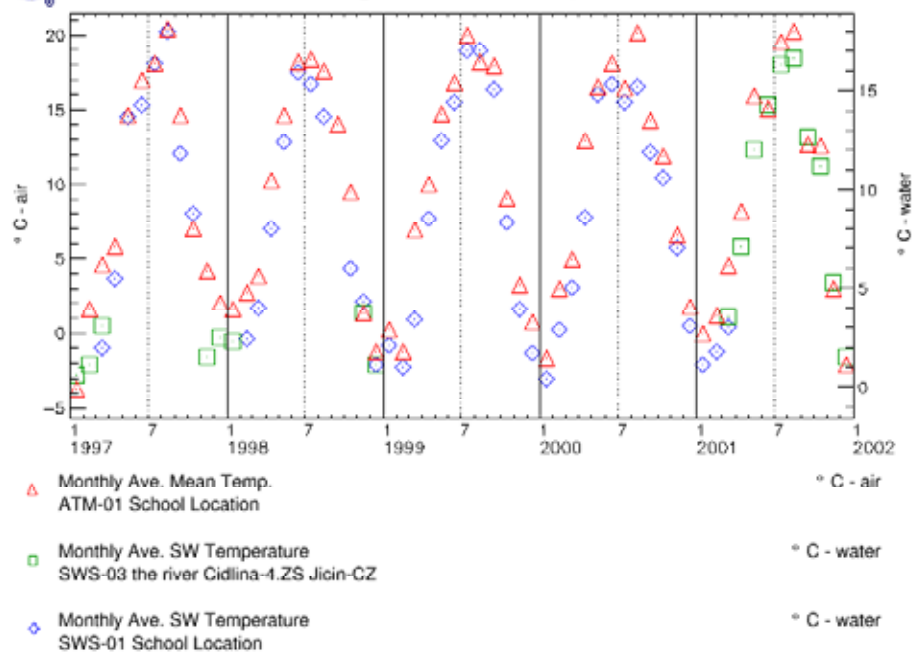
Grafik HY-EC-4



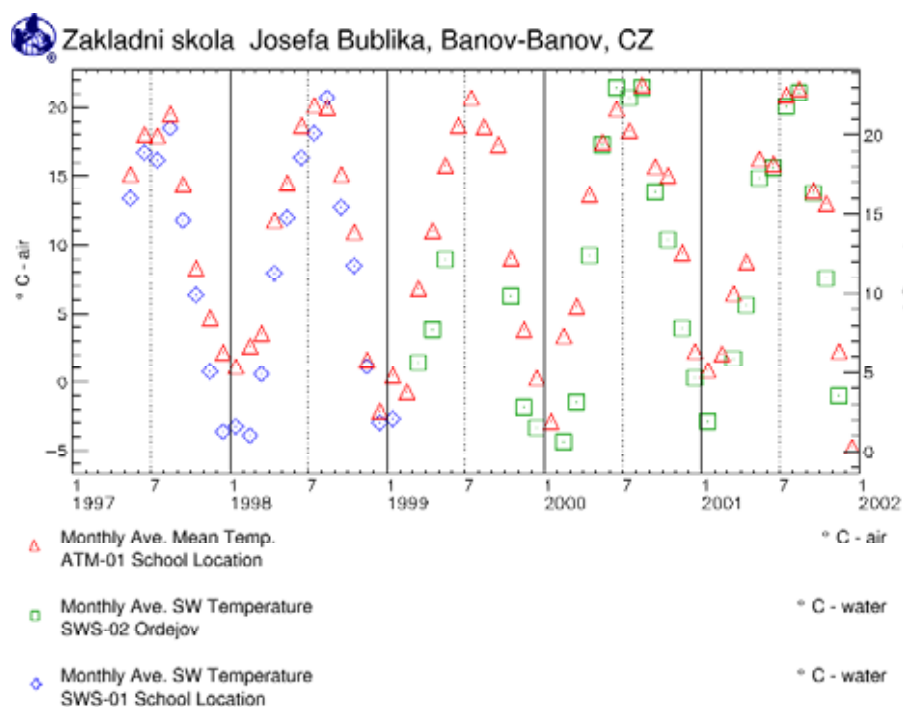
Grafik HY-EC-5



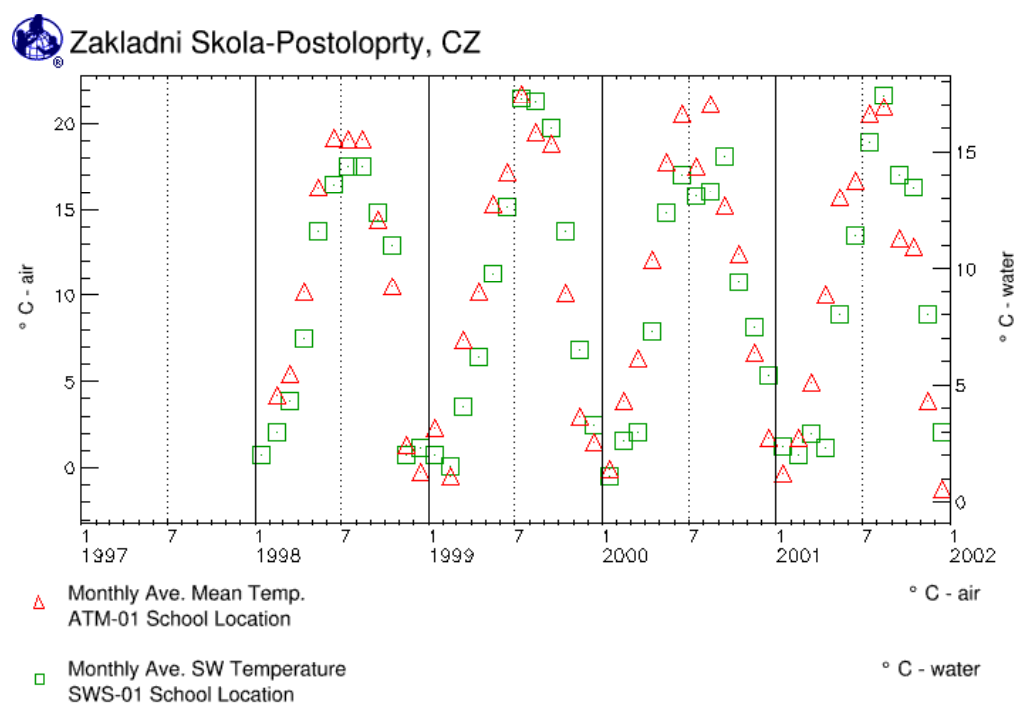
4. Zakladni Skola - Ekolog. Praktikum-Jicin, CZ



Grafik HY-EC-6



Grafik HY-EC-7





Messungen Wassertransparenz (Sichttiefe)

Warum wird die Wassertransparenz gemessen?

Wie klar und rein ist das Wasser? Das ist eine wichtige Frage, wenn wir Wasser trinken wollen. Es ist eine umso wichtigere Frage für die Pflanzen und Tiere, die im Wasser leben. Ungelöste Feststoffe im Wasser spielen eine ähnliche Rolle wie der Staub in der Atmosphäre. Sie reduzieren die Tiefe, bis wohin das Licht dringen kann. Die Sonne liefert die nötige Energie für die Fotosynthese (Prozess zum Wachstum der Pflanzen, in welchem sie Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor und andere Nährsubstanzen absorbieren und dann Sauerstoff ausstossen). Die Eindringtiefe des Sonnenlichts bestimmt, bis zu welcher Tiefe und in welchem Umfang Wasserpflanzen wachsen können.

Die Transparenz nimmt ab, wenn Moleküle und Feststoffe das Licht absorbieren oder verteilen. Dunkle oder schwarze Substanzen absorbieren die meisten Wellenlängen des Lichtes, während weisse oder leichte Substanzen die Wellenlängen des Lichtes reflektieren. Kleine Feststoffe (mit Durchmesser kleiner als $1\mu\text{m}$) können das Licht zerstreuen.

Was mit dem Licht geschieht, das in ein Gewässer strahlt, hängt von der Menge, der Zusammensetzung und der Grösse der gelösten und ungelösten Substanzen ab. Seen mit «hartem» Wasser enthalten viele ungelöste Kalkpartikel (CaCO_3) und werden deshalb eher blau-grünes Licht zerstreuen. Seen mit organischen Substanzen werden eher eine grünliche oder gelbliche Farbe haben. Flüsse mit grossen Mengen an Ablagerungen haben oft die Farbe der Ablagerungen (zum Beispiel braun).

Die Ablagerungen können von natürlicher oder menschlicher Herkunft sein. Böden mit einer geringen Vegetationsschicht (wie Landwirtschaftsböden oder abgeholzte Böden) erzeugen wegen der Anfälligkeit auf Erosion viele Ablagerungen. Das Vorkommen von gefärbtem organischen Material kann in situ (also im Gewässer selbst) entstehen, zum Beispiel durch gelöstes Gestein oder Sediment, durch Lebewesen oder pflanzliches Material (Algen, Laub, Wasserpflanzen).

GLOBE schlägt zwei Techniken zur Messung der Sichttiefe vor. Wenn euer Untersuchungs-ort an einem tiefen und stehenden Gewässer liegt (nicht fliessend wie ein Bach), benützt die **Secchi-Scheibe**. Wenn ihr ein Fliessgewässer mit geringer Tiefe gewählt haben, müsst ihr eine **Sichttiefen-Messröhre** verwenden. Diese zwei Messgeräte sind miteinander verwandt, haben aber einige Unterschiede. Beide messen die Transparenz. ihr könnt aber Messungen an zwei verschiedenen Orten durchführen, die eine mit der Secchi-Scheibe, die andere mit dem Sichttiefen-Messröhre, die Ergebnisse sind aber nicht vergleichbar.

Die Secchi-Scheibe misst eine Wassersäule. Die Penetration des Lichtes kann je nach Tiefe in dieser Wassersäule variieren. Das ganze von der Secchi-Scheibe reflektierte Licht dringt von der Oberfläche her ins Wasser. Die Sichttiefen-Messröhre hingegen misst die Transparenz einer Wasserprobe, die gerade unter der Oberfläche entnommen wurde. Das Licht kann sowohl von der Seite wie von oben ins Sichttiefen-Messröhre dringen. Weil die Probenahme unterschiedlich ist (eine Wassersäule bei der Secchi-Scheibe, eine Entnahme an der Oberfläche beim Sichttiefen-Messröhre) und die Messgeräte keine gleichwertige Lichtpenetration erlauben, sind die beiden Messungen nicht direkt vergleichbar, wie es die Abbildungen HY-TR-1 und HY-TR-2 illustrieren.

Protokoll Sichttiefe (Wassertransparenz)

Aufgabe

Bestimmung der Sichttiefe mit Hilfe der Secchi-Scheibe (stehende und tiefe Gewässer) oder der Sichttiefen-Messröhre (Fliessgewässer mit geringer Tiefe) am Messstandort.

Dauer des Versuchs

10 Minuten

Häufigkeit der Messungen

Wöchentlich

Überblick

Die Schülerinnen und Schüler messen die Wassertransparenz mit Hilfe der Secchi-Scheibe (stehende und tiefe Gewässer) oder der Sichttiefen-Messröhre (Fliessgewässer mit geringer Tiefe). Die Transparenz wird gemessen, indem die Secchi-Scheibe eingetaucht wird bis sie nicht mehr sichtbar ist und dann wieder hochgezogen wird, bis sie wieder erscheint. In Fliessgewässer mit geringer Tiefe wird eine Wasserprobe mit einem Eimer entnommen und dann in die Sichttiefen-Messröhre gegossen, bis der Boden der Messröhre nicht mehr sichtbar ist. Die Schülerinnen und Schüler notieren die Länge der eingetauchten Schnur oder die Tiefe des Wassers in der Messröhre. Die Wassertiefe hängt sowohl bei der Secchi-Scheibe als auch bei der Sichttiefen-Messröhre von der Menge der gefärbten ungelösten Substanzen im Wasser ab.

Material und Dokumente

- ☐ Datenblatt Hydrologie
- ☐ Feldanleitung Messung Sichttiefe
- ☐ Feldanleitung Wolkenbedeckung
- ☐ Latex-Handschuhe
- ☐ eine Stoppuhr oder eine Uhr
- ☐ Für die Messungen mit der Secchi-Scheibe:
 - ☐ Secchi-Scheibe
 - ☐ Messband, einige Wäscheklammern (fakultativ)
- ☐ Für die Messungen mit der Sichttiefen-Messröhre:
 - ☐ Sichttiefen-Messröhre
 - ☐ Tasse fürs Umschütten des Wassers ins Messröhre

Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler lernen so:

- den Umgang mit einer Secchi-Scheibe oder einer Sichttief-Messröhre.
- die Gründe zu erforschen, warum sich die Transparenz eines Gewässers verändert.
- die Ergebnisse ihrer Versuche mit anderen GLOBE-Schulen auszutauschen.
- mit anderen GLOBE-Schulen des gleichen oder eines anderen Landes zusammenzuarbeiten.
- ihre Beobachtungen zu teilen, indem sie ihre Daten ins GLOBE-Archiv eingeben.

Erforderliche Kenntnisse

- Benützung einer Secchi-Scheibe oder einer Sichttief-Messröhre
- Fragen aufstellen, die man auch beantworten kann
- Wissenschaftliche Versuche einrichten und durchführen.
- Mathematische Kenntnisse anwenden, um die Daten zu analysieren
- Beschreibungen und Erklärungen liefern und diese begründen können
- Alternative Erklärungen (andere Möglichkeiten) erkennen und analysieren
- Vorgehensweise und Erklärungen übermitteln

Erforderliche Schulstufe

Alle Stufen

Vorbereitung

Secchi-Scheibe und Sichttiefen-Messröhre können entweder gekauft oder selber angefertigt werden.

Vorbedingungen

Bevor die Schülerinnen und Schüler mit ihren ersten Messungen beginnen, ist eine kurze Anweisung über die Benützung der Secchi-Scheibe oder der Sichttiefen-Messröhre nötig. Erprobt zuerst das Protokoll, bevor ihr die Messungen vornehmt.

Abbildung HY-TR-1:
Transparenzmessung in Fließgewässer mit geringer Tiefe

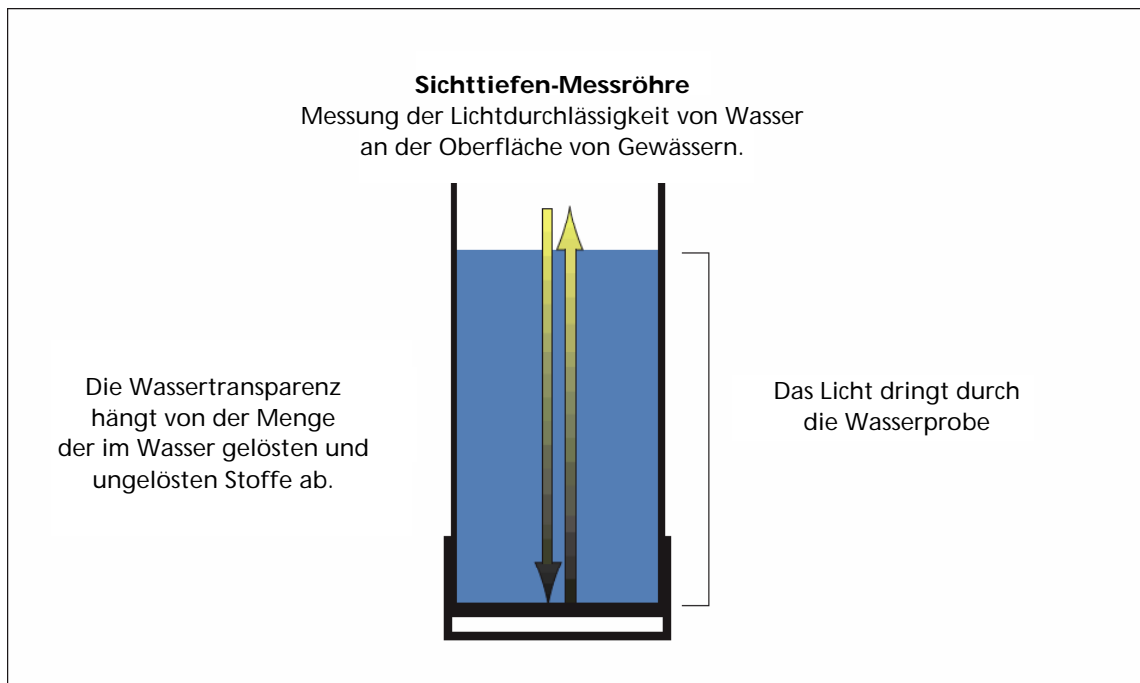
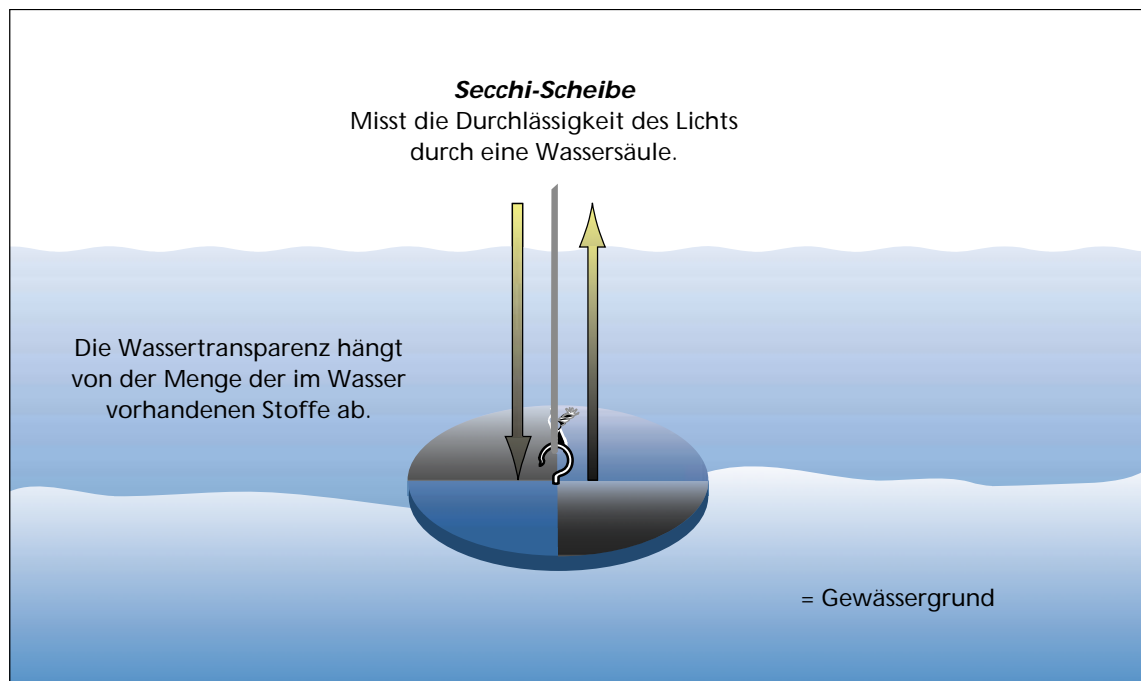


Abbildung HY-TR-2:
Transparenzmessung in tiefen und stehenden Gewässer



Feldanleitung für die Messung der Sichttiefe



Aufgabe

Messung der Sichttiefe (Transparenz) des Wassers am Messstandort.

Benötigtes Material

- ☐ Feldanleitung Messung der Sichttiefe
- ☐ Eimer mit Seil für die Wasserentnahme
- ☐ Schutzhandschuhe
- ☐ grosser Becher, um die Messröhre zu füllen
- ☐ Sichttiefen-Messröhre oder Secchi-Scheibe
- ☐ Stifte oder Kugelschreiber
- ☐ Feldanleitung Wolkenbedeckung

Am Messstandort

Messung mit der Messröhre

1. Vervollständigt euer Datenblatt Hydrologie mit euren Namen, dem Datum und dem Namen des Ortes.
2. Vervollständigt den Teil „Wolkenbedeckung“ unter Anleitung der Feldanleitung zur Bestimmung des Bedeckungsgrades (Wolken).
3. Zieht die Schutzhandschuhe an.
4. Entnehmt eine Probe aus der Wasseroberfläche mit Hilfe des Eimers, den ihr an das Seil angebunden habt.
5. Haltet die Messröhre senkrecht, mit dem Rücken zur Sonne, damit die Messröhre am Schatten liegt.
6. Füllt die Röhre langsam mit Hilfe des Bechers auf. Haltet das Auge nahe an die Rohröffnung und beobachtet den Boden der Röhre. Hört mit Wassereinfüllen auf sobald das schwarz-weiße Muster am Boden der Röhre nicht mehr sichtbar ist.
7. Dreht die Röhre und beobachtet, ob der Farbwechsel von weiss und schwarz noch zu sehen ist.
8. Notiert auf dem Datenblatt Hydrologie den Wasserstand in der Messröhre. Der Wert muss auf den Zentimeter genau angegeben werden. Bemerkung: Ist die Röhre voll und das Muster sichtbar, gebt als Tiefe >120 cm fest.
9. Schüttet den Inhalt der Röhre in den Eimer und rührt die Probe um.
10. Wiederholt die Messung mit zwei neuen Gruppen und braucht die gleiche Wasserprobe (Vergleich der Ergebnisse).

Messung mit der Secchi-Scheibe:

1. Um genau ablesen zu können, solltet ihr die Messung stets im Schatten und mit dem Rücken zur Sonne durchführen. Falls kein Schatten vorhanden ist, könnt ihr euch mit einem Schirm oder einem grossen Stück Karton behelfen.
2. Verschiedene Menschen sehen die Secchi-Scheibe bzw. den Boden der Messröhre bei unterschiedlicher Tiefe. Daher sollte, soweit es möglich ist, die Bestimmung der Sichttiefe jeweils von drei SchülerInnen durchgeführt werden. Diese drei Einzelwerte werden an den Datenserver geschickt.
3. Senkt die Scheibe langsam ins Wasser ab, bis ihr diese gerade nicht mehr sehen könnt. Falls möglich, haltet die Schnur an der Wasseroberfläche zwischen den Fingern oder markiert die Stelle mit einer Stecknadel. Falls ihr die Schnur nicht direkt an der Wasseroberfläche markieren könnt, markiert das Seil in einem Abstand von der Oberfläche, der vorher bestimmt wurde.
4. Zieht dann die Secchi-Scheibe hoch bis zu dem Augenblick, da ihr die Scheibe wieder sehen könnt. Zwischen den Punkten „nicht mehr sehen“ und „wieder sehen“ sollten nur einige Zentimeter liegen. Markiert die Wasseroberfläche (oder den bekannten Abstand von der Wasseroberfläche) an der Schnur, sobald die Scheibe wieder sichtbar ist. Die Schnur hat nun zwei Markierungen.
5. Tragt diese beiden Messwerte (Abstände von der Wasseroberfläche zur Secchi-Scheibe) mit 1 cm Genauigkeit in das Datenblatt ein.

6. Falls sich die beiden Werte um mehr als 10 cm unterscheiden, wiederholt die Messungen und trägt die neu bestimmten Werte ins Datenblatt ein.
7. Stellt mit Hilfe des SchülerInnenblattes «Wolkenbeobachtung» die Wolkendichte fest und trägt diese mit ins Datenblatt ein. Bestimmt die Abstände zwischen den Markierungen der einzelnen Beobachter und der Wasseroberfläche. Notiert diese Werte auf dem Datenblatt. Falls die Markierungen an der Wasseroberfläche durchgeführt wurden, gebt als Abstand den Wert 0 ein.
8. Übermittelt die gemessenen Tiefen, die Wolkendichte und den Abstand zwischen Beobachter und Wasseroberfläche an den Datenserver. Bemerkung: Gebt nicht Mittelwerte, sondern die Datensätze der einzelnen Beobachter ein.

HERSTELLUNG EINER SECCHI-SCHEIBE

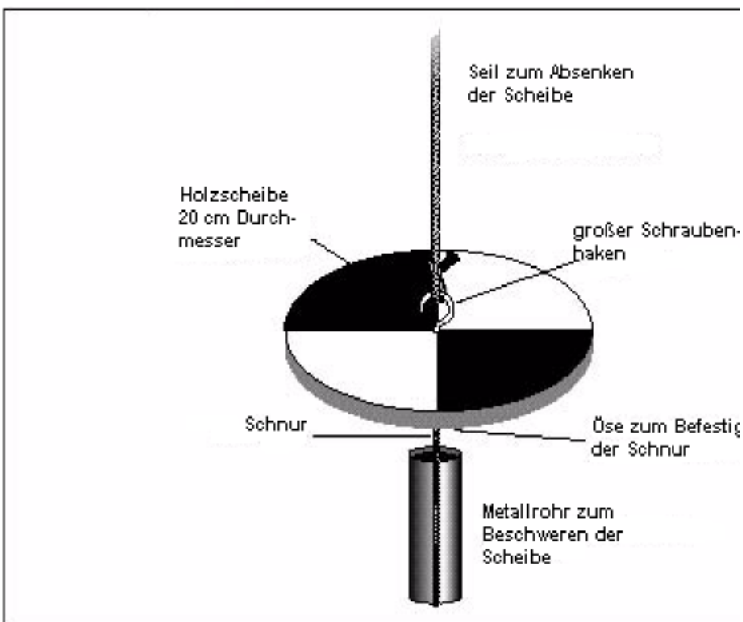
Benötigtes Material-Arbeitsschritte

1. Teilt die Oberfläche der Holzscheibe mit Hilfe eines Bleistiftes in vier Quadranten (2 senkrecht aufeinander stehende Linien).
2. Streicht zwei gegenüberliegende Quadranten schwarz, die anderen beiden weiss.
3. Schraubt jeweils einen Haken auf jeder Seite der Scheibe in den Mittelpunkt. Befestigt ein mindestens 5m langes Seil am Haken, der sich an der Oberseite befindet.
4. Bindet ein kurzes Stück Schnur an den Haken der Unterseite und steckt es durch das Metallrohr. Macht einen grossen Knoten am Ende des Rohrs, um es zu befestigen.
5. Haltet das Seil, das an der Oberseite befestigt ist, fest und verwendet den Meterstab, um den Abstand zur Scheibe zu bestimmen. Nehmt einen schwarzen, wasserfesten Filzstift, um alle 10 cm eine Marke zu setzen. Markiert alle 50 cm mit blau und jeden Meter mit rot.
6. Fertig ist die Secchi-Scheibe.

Material:

- ca. 5 m Seil (je nach Wassertiefe)
- wasserfeste Farbe (Latex): schwarz und weiss
- Bohrer
- Metallrohr: 15 cm, ϕ 2.5 - 3 cm
- Holzscheibe: 2.5 cm dick, ϕ 20 cm
- 2 Hakenschrauben
- 15 cm Schnur
- kleine Tube Holzkleber oder Sekundenkleber
- wasserfeste Filzstifte (rot, blau, schwarz)
- Meterstab

Abb. HYD-P-1: Bau der Secchi-Scheibe

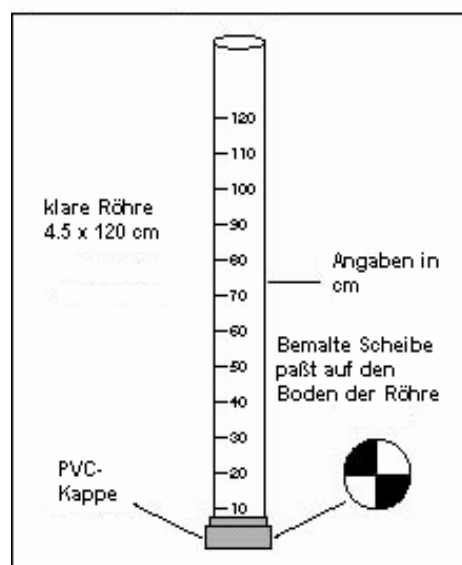


BAU EINES SICHTTIEFEN-MESSROHRS

Benötigtes Material

- ☐ klare Plastikröhre, ca. 1m lang (bei geringer Wassertrübung auch länger), Durchmesser ~ 4.5 cm
- ☐ weisse Kappe, mit der die Röhre dicht verschlossen werden kann
- ☐ schwarzen, wasserfesten Filzstift
- ☐ Meterstab

1. Befestigt eine weisse PVC Kappe am einen Ende der klaren Plastikröhre. Die Kappe sollte dicht sitzen, damit das Wasser nicht auslaufen kann.
2. Schneidet eine Scheibe, die den Durchmesser der Plastikröhre besitzt aus Holz, Plastik oder Pappe aus.
3. Teilt die Scheibe in vier Quadranten auf und streicht diese abwechselnd schwarz und weiss. Versiegelt die Scheibe durch Überziehen mit einer Klebefolie oder Klarlack.
4. Klebt die Scheibe mit der Bemalung nach oben (zur Öffnung zeigend) auf den verschlossenen Boden der Röhre.
5. Bringt mit einem wasserfesten Filzstift eine Messskala auf der Röhre an. Der Nullpunkt liegt in Höhe der Scheibe.



Beilage zur Sichttiefe: Wolkenbedeckung**Aufgabe**

Bestimmung des Bedeckungsgrades des Himmels (Wolken und Kondensstreifen von Flugzeugspuren).

Benötigtes Material

- ☐ Feldanleitung Bestimmung Wolkenbedeckung
- ☐ Stifte, Kugelschreiber oder Fische Ozone

Am Messstandort

1. Vervollständigt das Datenblatt Hydrologie mit euren Namen, dem Datum und dem Namen des Ortes.
2. Beobachtet den Himmel in alle Richtungen.
3. Bestimmt den Grad der Wolkenbedeckung des Himmels.
4. Notiert den Bedeckungsgrad, der am besten zur beobachteten Situation passt.
5. Notiert den Bedeckungsgrad durch Kondensstreifen, der am besten zur beobachteten Situation passt.

Klassifizierung der Wolkenbedeckung	Klassifizierung der Kondensstreifen von Flugzeugen
Wolkenfrei Der Himmel unbedeckt und wolkenlos.	Keine Streifen Es sind keine Streifen sichtbar.
Vereinzelt Es hat einige Wolken, sie bedecken aber weniger als 10 % des Himmels.	0–10 % Streifen sind sichtbar, verdecken aber weniger als (10 %) des Himmels.
Gering Die Wolken bedecken zwischen 10 % und 25 % des Himmels.	10–25 % Streifen bedecken zwischen 10 % und 25 % des Himmels.
Zerstreut Die Wolken bedecken zwischen 25 % und 50 % des Himmels.	25–50 % Streifen bedecken zwischen 25 % und 50 % des Himmels.
Aufgebrochen Die Wolken bedecken 50 % bis 90 % des Himmels.	> 50 % Streifen bedecken mehr als 50 % des Himmels.
Geschlossen Mehr als 90 % des Himmels sind mit Wolken bedeckt.	
Verdunkelte Wolkendecke Weder die Wolken noch die Kondensstreifen der Flugzeugspuren sind sichtbar, denn mehr als 25 % des Himmels ist nicht sichtbar.	

6. Ist der Himmel verdunkelt, notiert, was euch daran hindert, den Himmel zu erkennen. Folgende Ursachen sind möglich. Notiert alle, die ihr beobachten könnt.

- | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Nebel | <input type="checkbox"/> Rauch | <input type="checkbox"/> Dunst | <input type="checkbox"/> Vulkanasche | <input type="checkbox"/> Staub |
| <input type="checkbox"/> Sand | <input type="checkbox"/> Nieselregen | <input type="checkbox"/> Starker Regen | <input type="checkbox"/> Starker Schneefall | <input type="checkbox"/> Gewehter Schnee |

Informationen für die Lehrkräfte

Ergänzende Protokolle

Die Protokolle zu Klima/Atmosphäre liefern ergänzende Informationen, die helfen sollen zu verstehen, warum atmosphärische Daten wie Niederschlag und Temperatur für die Interpretation der Daten der Wassertransparenz wichtig sein können.

Die Transparenz kann sich rasch verändern, wenn durch Niederschlag oder Schmelzwasser verschiedene Materialien ins Wasser gelangen. Die Schneeschmelze tritt dann ein, wenn die Lufttemperatur genügend ansteigt, um den Schnee zum Schmelzen zu bringen.

Die Protokolle für die Bodenuntersuchungen liefern Erklärungen, warum saisonale Veränderungen im Bereich des Bodens Auswirkungen auf die Wassertransparenz haben können. Zum Beispiel kann Erosion als Folge von landwirtschaftlichen Arbeiten die Transparenz des Wassers beeinträchtigen. Veränderungen des Bodens, wie zum Beispiel das Umgraben der Erde, können die Erosion beschleunigen. Es ist nützlich, die Zusammensetzung des Bodens oberhalb (stromaufwärts) eures Untersuchungsorts zu kennen, damit ihr eure Transparenzdaten besser interpretieren könnt.

Pädagogische Aktivitäten

Das Protokoll Sichttiefe kann zeigen, wie verschiedene Variablen Messungen beeinflussen können. Die Studierenden können die Schwankungen in den Messdaten, die darauf zurückzuführen sind, dass sie an der Sonne, am Schatten, mit Sonnenbrillen, mit unterschiedlicher Zeitspanne bis zur Erhebung etc. gemacht wurden, grafisch darstellen. Solche Erfahrungen zeigen den Studierenden, dass es wichtig ist, genau nach den Protokollen zu arbeiten, und sie helfen euch, Variablen zu identifizieren, die einen Einfluss auf die Wasser-Transparenz haben.

Vorgehen beim Messen

Das Protokoll Sichttiefe setzt eine Beobachtung der Wolkenbedeckung voraus.

Messungen der Transparenz müssen am Schatten vorgenommen werden.

Das blendende Sonnenlicht auf dem Wasser oder die Sichtunterschiede, die zwischen Messungen bei bewölktem oder bei sonnigem Wetter bestehen, können die Messungen beeinflussen. Um die Daten zu standardisieren, werden alle Messungen am Schatten gemacht.

Protokoll der Secchi-Scheibe

1. Das Protokoll Sichttiefe Secchi-Scheibe zeigt die Wichtigkeit von drei Parametern:
2. Die Entfernung zwischen der Wasseroberfläche und der Tiefe, in der die Scheibe verschwindet.
3. Die Entfernung zwischen der Wasseroberfläche und der Tiefe, in der die Scheibe wieder erscheint.
4. Die Entfernung zwischen dem Beobachtenden und der Wasseroberfläche.
Wenn ihr die Messungen an der Wasseroberfläche vornehmt, schreibt für die letzte Messung «0». Die Entfernung zwischen dem Beobachtenden und der Wasseroberfläche dient den Wissenschaftlern zur besseren Interpretation und zum besseren Vergleich der Messdaten zwischen den verschiedenen Messstandorten.

Wenn die Secchi-Scheibe am Grund eures Gewässers immer noch sichtbar ist, schreibt die Tiefe des Wassers an dieser Stelle auf und setzt das Zeichen «größer als» (zum Beispiel > 30 m).

Beschriftet das Seil der Secchi-Scheibe nicht mit Gradmessern, um die Tiefe direkt vom Seil ablesen zu können. Oft ziehen sich nasse Seile in die Länge.

Benutzt einen Massstab und markiert anschliessend die Messung auf dem Seil.

Unterhalt des Materials

1. Spült die Sichttiefen-Messröhre oder die Secchi-Scheibe nach der Benützung mit klarem Wasser aus, lasst sie abtropfen und vollständig trocknen.
2. Bevor ihr die Röhre versorgt, verschliesst das offene Ende zum besseren Schutz mit einem PVC-Zapfen.
3. Lagert den Massstab nicht in der Röhre. Die Feuchtigkeit kann den Stab verziehen und den Lack abblättern.

Einige Vertiefungsfragen

- Verändert sich die Transparenz des Wassers durch das Einwirken von anderen Parametern wie Niederschlag, die Wassertemperatur, die Stärke und die Richtung des Windes, die Jahreszeiten und die Bodenbeschaffenheit?
- Wie können Veränderungen des Bodens in der Nähe eures Messstandortes (zum Beispiel Waldbrand oder totale Rodung) die Transparenz an eurem Ort beeinflussen?

Prüfung der Ergebnisse**Sind die Ergebnisse beweiskräftig?**

Als erstes sollte sich ein Forscher beim Betrachten von Daten immer fragen: scheinen meine Messdaten korrekt zu sein und machen sie Sinn? Diese Frage ist im Falle der Messdaten zur Transparenz nicht einfach zu beantworten. Als allgemeine Richtlinie gilt, dass die meisten der natürlichen Gewässer einen Transparenzwert zwischen einem und mehreren Metern haben. Ein tiefer Wert unter einem Meter wäre an einer hoch produktiven (mit starker Bildung von mikroskopischen Algen) Wasserstelle möglich. Ein tiefer Wert kann auch auf eine hohe Konzentration an ungelösten Feststoffen hinweisen. Extrem helle Seen, Küstenwasser und Zonen nahe an Korallenriffen können Transparenzwerte bis zu 30–40m haben.

Transparenzwerte können sich sogar an der immer gleichen Wasserstelle als sehr variabel zeigen. Ungelöste Feststoffe verschiedenster Herkunft wirken auf die Transparenz. Einige dieser Substanzen beinhalten Erde, Algen oder andere Planktonorganismen, zerfallendes Laub und verschiedene Schadstoffe. Die Transparenz kann sich auch im Laufe der Zeit verändern. Zum Beispiel kann ein heftiger Wolkenbruch die Transparenz eines Baches, eines Flusses oder eines Beckens innert Minuten durch trübes Abfließen drastisch vermindern. Ein plötzlicher Temperaturanstieg im Frühling kann einen grossen Zufluss an Schmelzwasser bewirken, der die Transparenz erhöhen würde.

Da die Transparenz des Wassers spezifisch für einen Ort gilt, kann die Korrektheit der Messdaten nur überprüft werden, wenn Wasserproben über mehrere Jahre am gleichen Ort untersucht werden.

Die Messdaten der Abbildung HY-TR-3 scheinen korrekt zu sein, da die Spitzen dieser Werte eine Tendenz auf der zeitlichen Skala zeigen. Die hohe Anzahl logischer Spitzenwerte weisen auf diese Tendenz hin. In der Abbildung HY-TR-4 wird ersichtlich, dass die Genauigkeit der Daten wegen den unregelmässigen Spitzenwerten zweifelhaft ist. Eine logischere Datenangabe könnte effektiv eine Tendenz aufzeigen.

Wie dem auch sei, diese Messdaten können auch vollständig korrekt sein, auch ohne klare Tendenz, denn diese Unregelmässigkeit kann auch durch die Verkettung von oben genannten Faktoren verursacht worden sein.

Inwiefern sind diese Daten für Wissenschaftler nützlich?

Transparenzmessungen können gute Indikatoren für die biologische Produktivität eines Gewässers sein. Typischerweise wird ein produktiver See wegen seinen vielen Lebewesen (vor allem Algen) tiefe Transparenzwerte haben. Wenn die Secchi-Tiefe unter 1m ist, können kleine Veränderungen in der Nährstoffzufuhr die Produktivität massgebend beeinflussen und folglich auch die Transparenz. In hoch produktiven Seen kann der Sauerstoff bei warmem Wetter rasch ausgehen und so ein massives Fischsterben auslösen. Die Tiefe, bis zu welcher das Licht ins Wasser dringt, bestimmt die Tiefe, bis zu welcher verwurzelte Pflanzen wachsen können.

Die jährlichen Tendenzen in den Transparenzdaten können für Untersuchungen über den Jahreszyklus in einem gleichen Gewässer verwendet werden. Die Messdaten in der Abbildung HY-TR-3, die in einer Mündung eines Reservoirs in der Tschechischen Republik entnommen wurden, illustrieren klar diese Tendenz. Die Transparenz nimmt offensichtlich während den Wintermonaten zu, während den Sommermonaten nimmt sie ab.

Eine mögliche Erklärung ist der wichtige Einfluss von Algen auf die Transparenz dieses Gewässers. In den Sommermonaten hat es sehr viele Algen, welche die Transparenz vermindern. Im Winter ist das Sonnenlicht schwächer und kalte Temperaturen bewirken eine tiefe Algenproduktion, was wiederum die Transparenz erhöht.

Die saisonalen Niederschlagstendenzen sollten auch in den Transparenzdaten ersichtlich sein.

Projektbeispiel

Eine Hypothese formulieren

Ein/e SchülerIn beschliesst, die saisonalen Schwankungen in den Transparenz-Messdaten von GLOBE zu untersuchen. Er/sie sucht zuerst nach GLOBE-Schulen, die Daten zur Transparenz erhoben haben. Um genügend Anhaltspunkte für eine gültige Schlussfolgerung zu haben, interessiert er sich nur für Schulen, die mindestens 30 Transparenzmessungen vorgenommen haben. Er/sie findet eine interessante Tendenz in den Messdaten der Schulen Crescent Elk in Kalifornien. Der Messstandort, die Bucht Elk, weist während den Sommermonaten höhere Transparenzwerte als in den Wintermonaten auf.

Dieser Student stellt fest, dass diese Tendenz gegenteilig ist zu dem, was wir erwarten würden, wenn das Algenwachstum die Transparenz am meisten beeinflussen würde.

Der/die Studierende erinnert sich gelesen zu haben, dass in den Wintermonaten an der Westküste der USA die Regenzeit vorherrscht. Da vermehrte Regenfälle oft eine Zunahme der Abflüsse bewirken, stellt er die Hypothese auf, dass die Transparenzwerte in der Bucht Elk während der Regenzeit weniger hoch sind als in der Trockenzeit.

Sammeln und analysieren der Daten

Über die Webseite von GLOBE kann der/die Studierende die Messdaten, die mit dem Sichttiefen-Messröhre durchgeführt wurden, und die Niederschlagsdaten von Juli 1998 bis Juli 2001 in der Bucht Elk zusammentragen. In dieser Grafik wird sichtbar, dass eine Korrelation zwischen diesen beiden Datenmengen besteht. Siehe Abbildung HY-TR-5. Danach lädt er die monatlichen Mittelwerte der Niederschläge und der Messungen mit dem Sichttiefen-Messröhre dieses Ortes herunter (Tabelle HA-TR-1).

Er zeichnet die Daten auf zwei verschiedenen Achsen mit Hilfe einer Grafik-Software auf. Daraus ergibt sich, dass es effektiv eine Korrelation zwischen den Niederschlags- und Transparenzdaten von Crescent Elk gibt (Abbildung HY-TR-6). Die Korrelation ist am besten in den Daten zwischen den Sommermonaten 1998 und den Wintermonaten 1999 sichtbar.

Die Grafik der Transparenz ist umgekehrt proportional zu den Niederschlägen in dieser Periode. In anderen Worten nimmt die Transparenz mit Zunahme der Niederschlagsmenge ab. Es hat einige Spitzenwerte ohne grossen Zusammenhang in den Transparenz-Messdaten, was nicht so erstaunlich ist. Die Transparenz wird nebst den Niederschlägen durch weitere Faktoren beeinflusst. Die Niederschläge waren im Jahre 2000 an diesem Ort unregelmässiger. Es ist keine klare saisonale Tendenz wie in anderen Jahren erkennbar. Man sieht dies auch in den Transparenzdaten für diese Periode. Basierend auf diesen Erkenntnissen zieht er/sie den Schluss, dass seine/ihre erste Hypothese mit den Daten teilweise verifiziert wurde. Für den Ort in der Bucht Elk wird ersichtlich, dass die Niederschläge eine Wirkung auf die Transparenz haben, wobei es auch andere Faktoren gibt, welche die Transparenz beeinflussen.

Tabelle HY-TR-1

Monat	Mittelwert Niederschläge mm	Mittelwert Transparenz Röhre cm
Juli – 98	0.0	125
Aug – 98	0.0	125
Sept – 98	0.0	125
Okt – 98	88.3	101
Nov – 98	431.4	
Dez – 98	265.0	101
Jan – 99	188.4	96
Feb – 99	390.1	102
März – 99	103.6	90
April – 99	62.3	119
Mai – 99	72.5	104
Juni – 99	4.5	113
Juli – 99	1.0	110
Aug – 99	11.5	115
Sept – 99	4.0	77
Okt – 99	43.0	115
Nov – 99	137.0	99
Dez – 99	143.4	86
Jan – 00	470.5	92
Feb – 00	316.7	83
Marz – 00	306.3	94
April – 00	452.0	105
Mai – 00	451.2	85
Juni – 01		125

Weitere Arbeiten

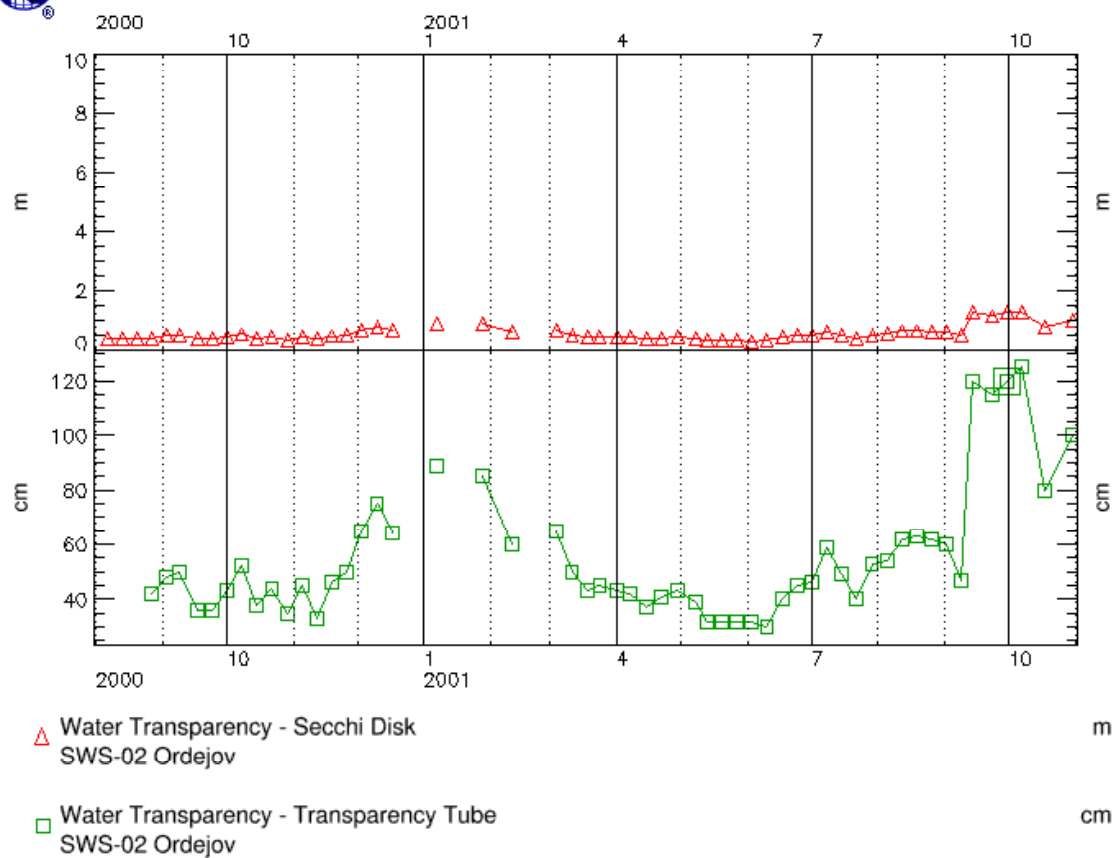
Er/sie möchte nun die Schule von Crescent Elk kontaktieren und mit ihnen über seine Hypothese diskutieren. Die Schule sollte in der Lage sein, Angaben über die anderen Faktoren zu machen, welche die Wassertransparenz in der Bucht beeinflussen.

Er/sie ist neugierig geworden und will Daten von anderen Schulen untersuchen um zu sehen, ob ihre Transparenzgrafiken Ähnlichkeiten oder Unterschiede aufweisen.

Grafik HY-TR-3



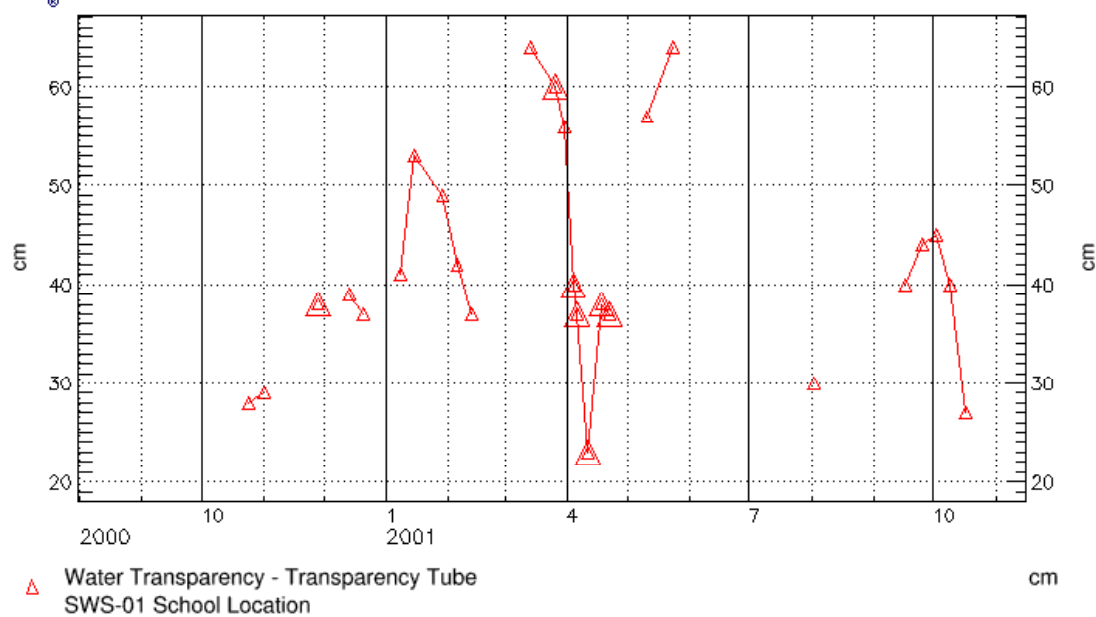
Zakladni skola Josefa Bublka, Banov, Banov, CZ



Grafik HY-TR-4



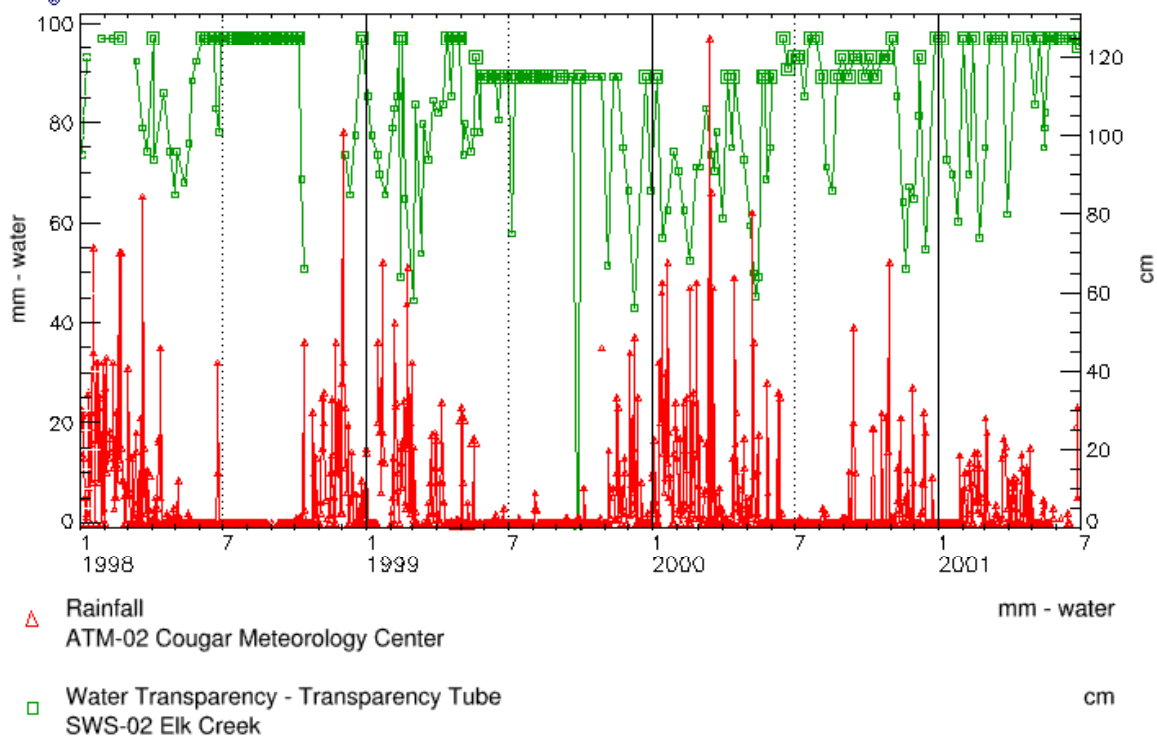
Gymnazium Dr. A. Hrdlicky-Humpolec, CZ



Grafik HY-TR-5

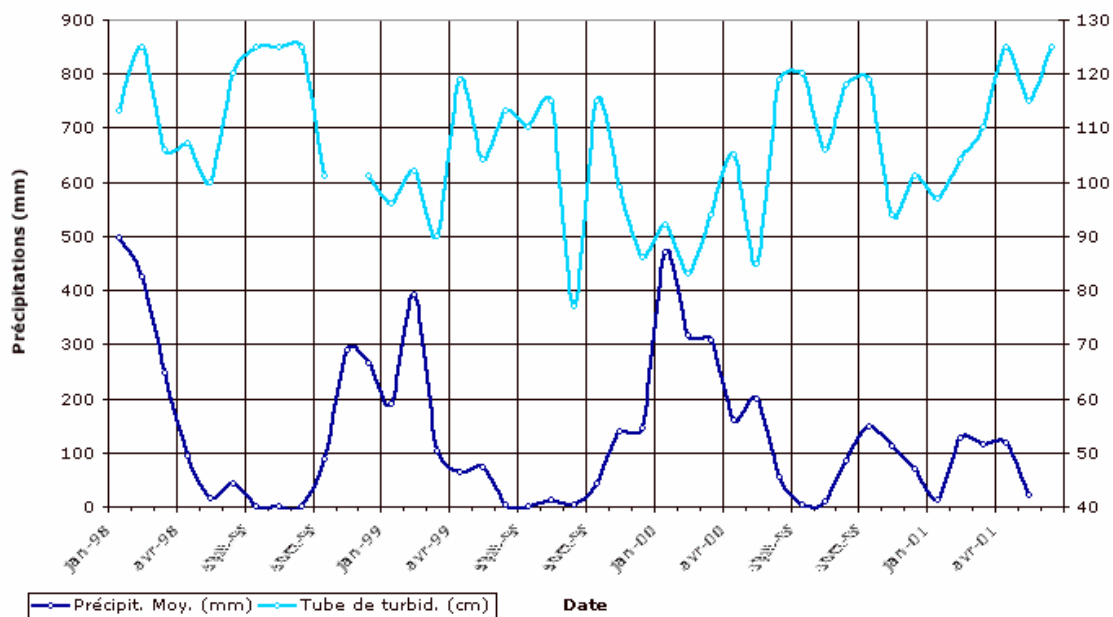


Crescent Elk School-Crescent City, CA, US



Grafik HY-TR-6

Crescent Elk (Moyennes mensuelles)





Messungen elektrische Leitfähigkeit des Wassers

Warum messen wir die elektrische Leitfähigkeit?

Habt ihr schon einmal Wasser in einer Schüssel verdampfen lassen?
Was blieb nach der Verdampfung vom Wasser übrig?

Süßwasser transportiert viele natürliche Verunreinigungen, aber auch gelöste Salze oder Mineralien, die wir nicht immer sehen oder riechen können. Wenn Wasser mit Gestein oder Boden in Kontakt kommt, lösen sich gewisse Mineralien. In einem stehenden Gewässer können sich andere Verunreinigungen als Folge von Infiltrationen oder schmutzigem Abwasser auflösen. Wasser mit einem hohen Gehalt an gelösten Salzen kann für die Bewässerung von genutzten Feldern schädlich sein.

Die Gesamtheit im Wasser gelöster Feststoffe (TDS) ist die Menge der Verunreinigungen, die von gelösten Salzen und Mineralien im Wasser stammen. Die TDS misst sich in Gewichtsteile pro Million (ppm). Es zeigt an, wie viele Gewichtsteile Verunreinigungen pro einer Million Gewichtsteile Wasser im Verhältnis zur Masse vorhanden sind. Für den Gebrauch im Haushalt sollte das Wasser eine TDS von weniger als 500 ppm haben, obschon Wasser mit höherer TDS nicht gefährlich ist. Wasser für die Landwirtschaft muss eine TDS unter 1200 ppm haben, damit die empfindlichen Pflanzen nicht beeinträchtigt werden. Die Industrie, im speziellen die Elektronikindustrie, braucht reines Wasser.

Die TDS des Wassers wird indirekt gemessen. Eine der Möglichkeiten, die Menge der Verunreinigungen im Wasser zu messen, ist es, die elektrische Leitfähigkeit zu bestimmen. Reines Wasser leitet schlecht.

Wenn gewisse Feststoffe (dies ist der Fall bei Salzen) im Wasser gelöst sind, zersetzen sie sich und bilden Ionen. Ionen sind Träger von elektrischer Ladung (positive oder negative).

Je mehr das Wasser mit Ionen geladen ist, desto mehr wird das Wasser elektrisch leitend sein.

Der Leitfähigkeitsmesser misst, wieviel Strom in einem Zentimeter Wasser geleitet wird. Wenn ihr das Gerät genau anschaut, werdet ihr sehen, dass der Abstand zwischen den Elektroden 1 cm ist. Man misst die Leitfähigkeit in microSiemens pro cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Es ist die gleiche Einheit wie ein mikro mho (mho).

Um die Leitfähigkeit einer Wasserprobe (in $\mu\text{S}/\text{cm}$) in Konzentration der gelösten Feststoffmenge umzurechnen (in ppm), muss die Leitfähigkeit mit einem Faktor multipliziert werden. Dieser Wert verändert sich je nach chemischer Zusammensetzung der gelösten Feststoffe und kann zwischen 0,54 und 0,96 liegen. Zucker, zum Beispiel, beeinträchtigt die Leitfähigkeit nicht, da er bei der Auflösung keine Ionen bildet. Wenn man den genauen Faktor nicht kennt, wird häufig der Wert 0,67 verwendet.

$$\text{TDS (ppm)} = \text{Leitfähigkeit } (\mu\text{S}/\text{cm}) \times 0,67$$

Die Konzentration der gelösten Feststoffmenge eines Trinkwassers wird bei einer Leitfähigkeit von 750 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ungefähr 550 ppm betragen. Schnee aus abgelegenen Bergregionen besitzt eine Leitfähigkeit von ca. 5–30 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Protokoll Elektrische Leitfähigkeit des Wassers

Aufgabe

Messung der Leitfähigkeit einer Süßwasserprobe am Messstandort.

Dauer des Versuchs

10 Minuten

Häufigkeit der Messungen

Wöchentlich

Überblick

Die Schülerinnen und Schüler werden ein Leitfähigkeitsmessgerät kalibrieren und dieses für die Messung der elektrischen Leitfähigkeit benutzen.

Anhand der erhaltenen Messdaten werden die Schülerinnen und Schüler die Gesamtmenge im Wasser gelöster Feststoffe (TDS) berechnen.

Material und Dokumente

- ☐ Datenblatt Hydrologie
- ☐ Feldanleitung Messungen Elektrische Leitfähigkeit
- ☐ Leitfähigkeitsmessgerät
(Messgerät für die Bestimmung der Gesamtmenge im Wasser gelöster Feststoffe)
- ☐ Thermometer
- ☐ Destilliertes Wasser in einer sehr sauberen Spritzflasche
- ☐ weicher Lappen
- ☐ zwei 100 ml-Bechergläser
- ☐ Latex-Handschuhe
- ☐ 650 ml -Plastik-Wasserflasche

Für die Eichung braucht man zudem:

- ☐ Standardlösung
- ☐ kleiner Schraubenzieher
- ☐ Anleitung für die Kalibrierung (siehe unten)

Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler lernen so:

- den Umgang mit einem Leitfähigkeitsmesser
- die Gründe zu erforschen, warum die Leitfähigkeit eines Gewässers schwankt
- die Ergebnisse ihrer Versuche mit anderen GLOBE-Schulen auszutauschen und zu kommunizieren
- mit anderen GLOBE-Schulen des gleichen oder eines anderen Landes zusammenzuarbeiten
- ihre Beobachtungen zu teilen, indem sie ihre Daten ins GLOBE-Archiv eingeben.

Erforderliche Kenntnisse

- Richtiger Umgang mit einem Leitfähigkeits-Messgerät
- Fragen aufstellen, die man auch beantworten kann
- Wissenschaftlicher Versuche einrichten und durchführen.
- Mathematische Kenntnisse anwenden, um die Daten zu analysieren
- Beschreibungen und Erklärungen liefern und diese begründen können
- Alternative Erklärungen (andere Möglichkeiten) erkennen und analysieren
- Vorgehensweise und Erklärungen übermitteln

Erforderliche Schulstufe

Alle Stufen

Vorbedingungen

Keine

Tabelle HY-EC-1:

Umrechnungstabelle zwischen der Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
und Gesamtmenge der im Wasser gelösten Feststoffe (ppm),
mit Umrechnungsfaktor 0,67

Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$	TDS ppm	Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$	TDS ppm
0	0	1050	704
50	34	1100	737
100	67	1150	771
150	101	1200	804
200	134	1250	838
250	168	1300	871
300	201	1350	905
350	235	1400	938
400	268	1450	972
450	302	1500	1005
500	335	1550	1039
550	369	1600	1072
600	402	1650	1106
650	436	1700	1139
700	469	1750	1173
750	503	1800	1206
800	536	1850	1240
850	570	1900	1273
900	603	1950	1307
950	637	2000	1340
1000	670	> 2000	> 1340

Anleitung Kalibrierung des Messgerätes

Das Leitfähigkeitsmessgerät sollte vor jeder Messreihe kalibriert werden.
Vor dem Erstgebrauch und dann jeweils alle sechs Monate sollte die Temperaturkompensation des Gerätes überprüft werden.
Die Standardlösungen zur Kalibration sollten jährlich erneuert werden.

1. Die Standardlösung sollte stets fest verschlossen und gekühlt sein.
Ein Aufkleber auf der Flasche sollte Angaben über die Art der Lösung und das Herstellungs- oder Kaufdatum enthalten.
2. Entfernt die Schutzkappe vom Prüfgerät.
3. Füllt zwei saubere 100 ml Bechergläser mit gerade soviel Standardlösung, dass die Elektrode darin eintauchen kann. Anmerkung:
Auch andere Standardlösungen sind erhältlich und können verwendet werden. Kalibriert das Instrument entsprechend den vorgegebenen Werten für die verwendete Lösung.
4. Drückt den ON/OFF-Schalter, um das Gerät einzuschalten.
Spült die Elektrode (am unteren Ende) mit destilliertem Wasser aus einer Spritzflasche.
5. Spült nicht oberhalb der braunen Markierung.
Tupft die Elektrode mit einem Papiertuch vorsichtig trocken.
6. Taucht die Elektrode für ein bis zwei Sekunden in das erste Becherglas mit Standardlösung.
Nehmt die Elektrode aus dem ersten Becherglas heraus und taucht sie in das zweite Becherglas mit Standardlösung ohne die Elektrode zu spülen.
7. Rührt sie einige Sekunden lang vorsichtig um und wartet, bis sich die Anzeige stabilisiert.
8. Falls die Anzeige nicht den Wert der Standardlösung anzeigt, muss das Gerät kalibriert werden.
Benutzt einen kleinen Schraubenzieher und dreht die winzige, flache Schraube auf der Rückseite des Geräts bis die Anzeige den korrekten Wert anzeigt.
9. Schüttet die in den beiden Bechergläsern befindliche Standardlösung weg, nicht zurück in die Vorratsflasche!
10. Spült die Elektrode mit destilliertem Wasser und tupft sie trocken.
Spült die Bechergläser gründlich aus.
11. Drückt den ON/OFF-Knopf um das Prüfgerät auszustellen.
Befestigt die Schutzkappe.

Feldanleitung für die Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers



Aufgabe

Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers.

Benötigtes Material

- ☐ Datenblatt Hydrologie
- ☐ saugfähiges Papier oder Papiertaschentücher
- ☐ elektrischer Leitfähigkeitsmesser
- ☐ zwei 100ml-Becher
- ☐ Latex-Handschuhe
- ☐ Thermometer
- ☐ destilliertes Wasser in einer Spritzflasche
- ☐ 750ml-Plastik-Wasserflasche, sauber mit Verschluss (um Probe zu entnehmen)

Am Messstandort

1. Vervollständigt das Hydrologie-Datenblatt mit eurem Namen, dem Datum und dem Namen des Messstandortes.
2. Zieht die Handschuhe an.
3. Messt die Wassertemperatur mit dem Thermometer.
Wenn sie zwischen 20 und 30°C liegt, geht weiter zu Punkt 5.
4. Wenn die Temperatur unter 20°C oder über 30°C liegt, füllt die Flasche mit einer Wasserprobe und verschliessen sie.
Bringt die Flasche ins Klassenzimmer zurück.
Lasst die Temperatur sich zwischen 20 und 30°C stabilisieren und messt dann die Temperatur.
Geht zu Punkt 5 weiter.
5. Spült die Becher zweimal mit der Wasserprobe aus.
6. Füllt ca. 50 ml Wasser zum Untersuchen in jeden Becher.
7. Entfernt die Schutzkappe des Leitfähigkeitsmessers.
Drückt den ON/OFF-Schalter, um das Gerät einzuschalten.
8. Spült die Elektrode mit destilliertem Wasser ab.
Tupft die Elektrode mit einem weichen Papiertuch vorsichtig trocken, nicht abwischen oder reiben.
9. Taucht die Elektrode in die erste Wasserprobe.
Rührt einige Sekunden lang vorsichtig um, ohne den Rand oder den Boden des Bechers mit dem Messgerät zu berühren.
10. Nehmt das Gerät aus dem ersten Becher heraus, schüttelt das Wasser leicht ab, und taucht es direkt in die zweite Wasserprobe.
11. Lasst die Elektrode mindestens eine Minute eingetaucht.
Sobald sich der Wert der Anzeige stabilisiert hat, tragt das von der ersten Gruppe erhaltene Ergebnis auf der Datenblatt Hydrologie ein.
12. Führt die Messung mit zwei weiteren Gruppen durch.
Braucht dazu jedes Mal frische Wasserproben. ihr müsst das Messgerät nicht jedes Mal neu kalibrieren.
Notiert die Ergebnisse der Gruppen 2 und 3.
13. Berechnet den Mittelwert der drei Messungen.
14. Jede Messung darf nicht mehr als 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ vom Mittelwert abweichen.
Wenn ein Messwert zu sehr abweicht, fangt mit einer neuen Wasserprobe von vorne an und berechnet den neuen Mittelwert.
Wenn das Problem immer wieder auftaucht, besprecht die möglichen Ursachen mit der Lehrperson.
15. Spült die Elektrode mit destilliertem Wasser ab, tupft sie trocken und setzt die Schutzkappe auf. Spült und trocknet die Becher und die Spritzflasche.

[illegible]

Allgemeine Informationen

Vorgehen beim Messen

Es gibt mehrere Hersteller und Modelle von Leitfähigkeitsmessgeräten. Einige messen die Leitfähigkeit in Stufen/Abschnitten von $10\mu\text{S}/\text{cm}$, andere in Stufen von $1,0\mu\text{S}/\text{cm}$. Wenn ihr ein Modell habt, das die Leitfähigkeit in Stufen von $10\mu\text{S}/\text{cm}$ misst, so müsst ihr es im Vergleich zur Standardlösung so genau wie möglich kalibrieren. Jedes Leitfähigkeitsmessgerät muss vor der Analyse einer Wasserprobe kalibriert werden. Die Kalibrierung könnt ihr im Schulzimmer, kurz bevor ihr an den Messstandort geht, vornehmen oder dann direkt am Messstandort selber. Einige Leitfähigkeitsmessgeräte geben eine automatische Temperaturkorrektur (ATC) an. Das Team Hydrologie von GLOBE hat aber festgestellt, dass diese automatische Temperaturkorrektur meistens nicht verlässlich ist. Darum sollten alle Wasserproben für die Untersuchungen Raumtemperatur (zwischen 20° und 30°C) haben, auch wenn der Hersteller angibt, dass das Gerät die Korrektur automatisch macht. Bei der Messung der Leitfähigkeit ist es wichtig, die genaue Temperatur zu kennen. Wenn ihr die Temperatur der Lösung bei der Messung kennt, werdet ihr allfällige Fehler einfacher eruieren können, die mit grösster Wahrscheinlichkeit eher auf das Messgerät und nicht auf wirklich Veränderungen der Gesamtmenge der gelösten Feststoffe zurückzuführen sind. Liegt die Temperatur am Messstandort nicht zwischen 20° und 30°C , müsst ihr entweder:

1. warten, bis die Wassertemperatur im Becherglas oder in einem anderen Behälter steigt, während die Schülerinnen und Schüler andere Messungen vor Ort durchführen, oder
2. die Wasserprobe in einer Flasche ins Schulzimmer nehmen.
Sobald das Wasser eine Temperatur zwischen 20° und 30°C erreicht hat, könnt ihr die elektrische Leitfähigkeit messen.

Taucht das Gerät nie ganz ins Wasser ein, sondern nur soweit, wie es die Gebrauchsanweisung angibt.

Qualitätskontrolle

Die Kalibrierung des Leitfähigkeitsmessers muss im Schulzimmer oder im Labor gemacht werden bevor man sich an den Messstandort begibt. Die Temperatur des Standards muss gegen die 25°C liegen.

Praktische Tipps

Es kann nützlich sein, einige Reservebatterien für das Messgerät bei sich zu haben. Die meisten Geräte werden mit kleinen, flachen Batterien (Typ Uhrenbatterien) betrieben.

UNTERHALT DES MATERIALS

Leitfähigkeitsmessgeräte

1. Bewahrt die Geräte nie in destilliertem Wasser; setzt ihm nach dem Gebrauch die Schutzkappe wieder auf.
2. Die Elektroden müssen nach Gebrauch sorgfältig mit destilliertem Wasser abgespült werden, damit sich keine Mineralienablagerungen ansammeln.
3. Die Elektroden müssen regelmässig mit Alkohol gereinigt werden.

Standardlösung

1. Bewahrt die Lösung in einem hermetisch verschlossenen Behälter im Kühlschrank auf. Ein luftdichter Verschluss mit Isolierband vermindert die Verdampfung.
2. Schreibt auf die Flasche das Datum des Kaufs an. Eine Lösung muss nach einem Jahr fortgeworfen werden.
3. Schüttet eine bereits verwendete Lösung nie in die Flasche zurück.

Einige Vertiefungsfragen

1. Denkt daran, dass die Leitfähigkeit an eurem Messstandort nach starkem Regenfall sich verändern wird. Wird sie zunehmen, oder abnehmen? Warum?
2. Meint ihr, dass die Leitfähigkeit in einem Hochgebirgsgewässer, in welches frisch geschmolzener Schnee fließt, höher oder tiefer ist als in einem See in tieferen Lagen?
3. Erklärt, warum TDS-reichhaltiges Wasser für genutzte Felder schädlich ist.

Prüfung der Ergebnisse**Sind die Ergebnisse beweiskräftig?**

Ein Leitfähigkeitsmessgerät misst die Leitfähigkeit zwischen 0 und 1990,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Bei Wasser, das eine Leitfähigkeit von über 1990,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hat, kann die Gesamtmenge im Wasser gelöster Feststoffe mit Hilfe des Salinitätsprotokolls gemessen werden.

Meistens steigt die Leitfähigkeit von Süßwasser, je weiter der Ort der Probeentnahme von der Quelle entfernt liegt. Die meisten Messgeräte zeigen die Leitfähigkeit in Abschnitten von 10,0 an und haben eine Fehlermarge von $\pm 40,0 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Die Leitfähigkeit kann je nach Wassertyp und Messstandort signifikant variieren.

Es ist deshalb wichtig, die anderen, bereits erfassten Messwerte an die folgenden Messstandort mitzunehmen. Stellt eure Ergebnisse grafisch dar und werft ein Augenmerk auf die zu- oder abnehmenden Veränderungen. Beachtet vor allem diejenigen Werte, die fragwürdig scheinen. Konsultiert eure anderen Daten oder die Ergebnisse eines anderen Protokolls, zum Beispiel dasjenige der Niederschläge, und seht nach, ob diese Werte die Folge anderer natürlicher Faktoren sind.

Inwiefern sind diese Daten für Wissenschaftler nützlich?

Wissenschaftler brauchen Daten von Leitfähigkeitsmessungen, um die Qualität des Wassers zu bestimmen. Eine hohe Leitfähigkeit kann bedeuten, dass das Wasser einen schlechten Geschmack hat oder dass es zu salzig ist für die Bewässerung von Nutzpflanzen.

Die meisten Berichte zur Wasserqualität von Gemeinden basieren auf Messungen der Leitfähigkeit oder des TDS. Sie wollen damit zeigen, dass sich ihr Trinkwasser im erlaubten Bereich befindet. Die Wissenschaftler beobachten auch die Schwankungen der Ergebnisse. Schwankungen kann man vor allem in Gewässern beobachten, in welche im Frühling direkt Schmelzwasser fließt, in Gewässern mit vielen Feststoffen aus der Bodenoberfläche oder in Gewässern in Regionen mit ausgeprägten Regenzeiten.

Die Wissenschaftler brauchen die saisonalen Daten auch für die Vorhersage von Problemen im Bereich Wasserqualität, die in Zukunft aufkommen könnten.

Projektbeispiel**Eine Hypothese formulieren**

Eine Schülerin will Nachforschungen über die elektrische Leitfähigkeit erstellen.

Sie stellt die Hypothese auf, dass jährliche und saisonale Schwankungen aus den Leitfähigkeitsdaten der GLOBE Wasseruntersuchungen ersichtlich sein sollten.

Sammeln und analysieren der Daten

Sie sucht zuerst in der GLOBE-Datenbank nach Schulen, die Leitfähigkeitsmessungen durchgeführt haben. Sie scheidet alle Schulen aus, die keine regelmässigen Messungen über 12 Monate hinweg durchgeführt haben. Nach der Datenerhebung von mehreren Schulen, die den GLOBE-Server nutzen, stellt die Schülerin fest, dass es interessante Abweichungen in den vom Chemischen Institut Dr Flad in Stuttgart, Deutschland (siehe Grafik HY-EC-1) gelieferten Daten gibt. Die Schule nimmt die Messungen in einem Süßwassersee, dem Feuersee, vor. Die Schülerin stellt fest, dass an diesem Messstandort die Leitfähigkeit während den Wintermonaten höher ist als während den Sommermonaten. Sie setzt ihre Untersuchungen fort. Sie lädt die monatlichen Mittelwerte der Leitfähigkeit, die vom Chemischen Institut Dr Flad stammen, von der GLOBE-Website herunter. Diese Daten sind in der Tabelle HY-EC-2 festgehalten.

Tabelle HY-EC-2

Datum	Leitfähigkeit μS/cm	Datum	Leitfähigkeit μS/cm
Sept – 98	527	April – 00	654
Okt – 98	519	Mai – 00	706
Nov – 98	789	Juni – 00	669
Dez – 98	545	Juli – 00	613
Jan – 99	754	Sept – 00	681
Feb – 99	617	Okt – 00	785
März – 99	675	Nov – 00	878
April – 99	677	Dez – 00	907
Mai – 99	737	Jan – 01	859
Juni – 99	692	Feb – 01	701
Juli – 99	665	März – 01	755
Sept – 99	689	April – 01	746
Okt – 99	790	Mai – 01	697
Nov – 99	840	Juni – 01	712
Dez – 99	760	Juli – 01	640
Jan – 00	730	Sept – 01	560
Feb – 00	639	Okt – 01	752
März – 00	624	Nov – 01	820
		Dez – 01	842

Danach überträgt die Schülerin diese Daten in einer Grafik und verbindet die Punkte mit-einander (siehe Grafik HY-EC-3). Die gleiche allgemeine Tendenz erscheint, obschon in einer weniger offensichtlichen Weise wie in der Grafik HY-EC-1. Die Schülerin beschliesst also, eher die saisonalen als die monatlichen Abweichungen zu beobachten.

Sie teilt das Jahr in vier Jahreszeiten ein: Winter von Dezember bis Februar, Frühling von März bis Mai, Sommer von Juni bis August und Herbst von September bis November. Sie berechnet die mittlere Leitfähigkeit für alle Jahreszeiten. Die Resultate sind in der Tabelle HY-EC-3 notiert.

Tabelle HY-EC-3

Jahreszeit	Mittelwert Leitfähigkeit
Herbst – 1998	612
Winter – 1999	639
Frühling – 1999	696
Sommer – 1999	679
Herbst – 1999	773
Winter – 2000	710
Frühling – 2000	661
Sommer – 2000	641
Herbst – 2000	781
Winter – 2001	822
Frühling – 2001	733
Sommer – 2001	676
Herbst – 2001	805

So kann sie die Jahresschwankungen besser beobachten. Die Schülerin unterstreicht, dass für keines der Jahre Resultate vom Monat August zur Verfügung stehen, so dass sich der Mittelwert des Sommers nur aus den Monaten Juni und Juli ergibt. Schlussendlich beschliesst sie, die Daten anders zu bündeln. Diesmal berechnet sie den Mittelwert der Leitfähigkeit der einzelnen Monat der vier untersuchten Jahre (siehe Tabelle HY-EC-6) und hält die Resultate in einer Grafik fest (siehe Grafik HY-EC-6).

Auch hier kann sie eine jährliche Schwankung feststellen. Die Mittelwerte von November, Dezember und Januar sind um einiges höher als diejenigen der anderen Monate. Die Schülerin sieht ein, dass sie vielleicht nicht die besten Monate für eine gute Wiedergabe der Jahreszeiten gewählt hat. Vielleicht hätte sie die Periode von November bis Januar als Winter bezeichnen sollen. Trotzdem ist die Schülerin überzeugt, dass sie einen Ort gefunden hat, wo jährliche Schwankungen zu beobachten sind.

Tabelle HY-EC-5

	1998	1999	2000	2001	Moyenne
Jan		754	730	859	781
Feb		617	639	701	652
März		675	624	755	685
April		677	654	746	692
Mai		737	706	697	713
Juni		692	669	712	691
Juli		665	613	640	639
Aug					
Sept	527	689	681	560	614
Okt	519	790	785	752	712
Nov	789	840	878	820	832
Dez	545	760	907	842	764

Überlegungen für weitere Untersuchungen

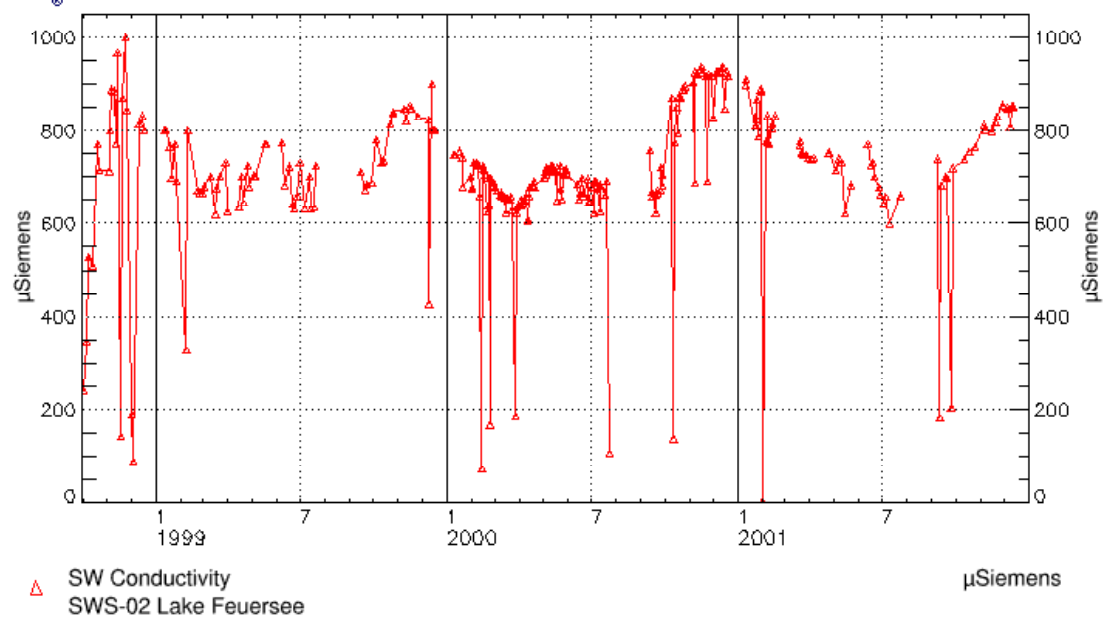
Wenn die Schülerin ihre Untersuchungen weiterführen möchte, kann sie diese Schule anfragen, ob sie die Ursache für diesen Zyklus erklären können.

Sie kann auch die saisonalen Schwankungen anderer Messdaten anschauen, zum Beispiel derjenigen der Niederschläge, um zu sehen, ob es einen Zusammenhang zwischen diesen beiden gibt. Sie kann diese Untersuchung auch neu auflegen und die saisonalen und monatlichen Tendenzen der Leitfähigkeit an anderen Messstandorten beobachten.

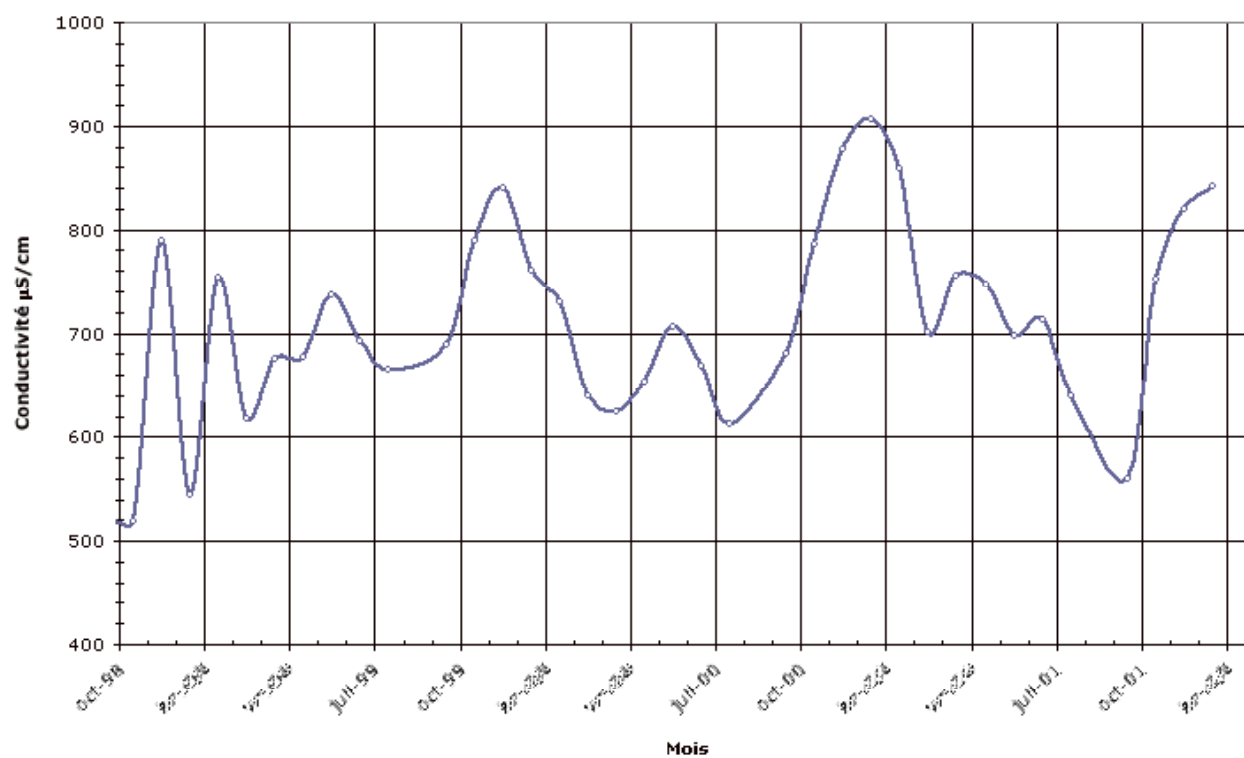
Grafik HY-EC-1

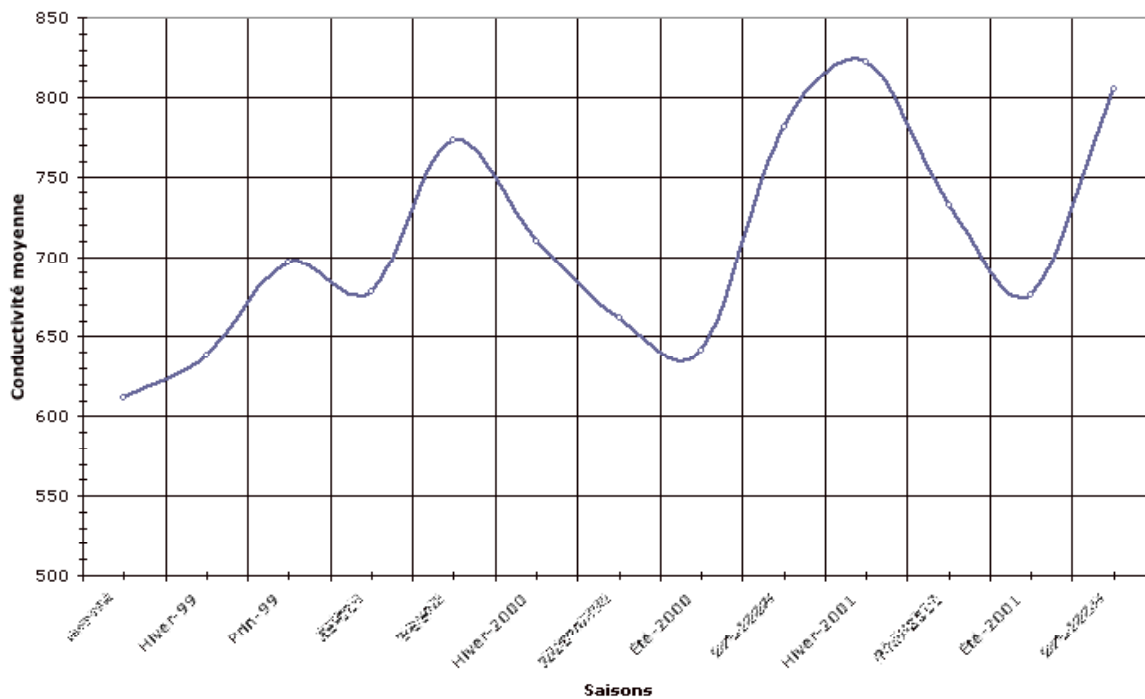
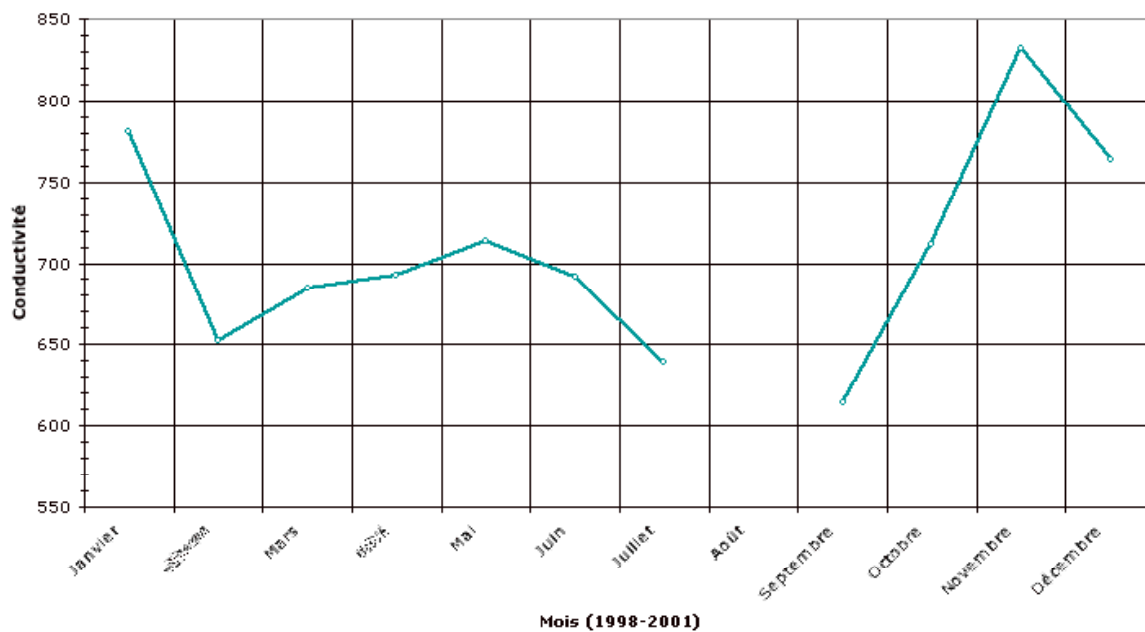


Chemisches Institut Dr. Flad-Stuttgart, DE



Grafik HY-EC-3



Grafik HY-EC-4**Grafik HY-EC-5****Moyennes mensuelles Conductivité**



Universalindikator pH 0-14

pH-Indicator strips non-bleeding.
Dip in - read while still moist. Immerse in weakly-buffered solutions until there is no further colour change (1-10 min).

Bandelettes indicatrices de pH ne déteignant pas
immerger - lire à l'état humide. En présence de solutions faiblement tamponnées, immerger jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de modification de couleur (1 à 10 min).

Indicadores del pH en varillas (no destiñen)
sumergir - leer en húmedo. En soluciones débilmente amortiguadas sumergir hasta que ya no haya cambio de color (1-10 minutos).

Merck KGaA, 64271 Darmstadt, Germany. Tel. (0 61 51) 7 20

7	8	9	10	11	12	13	14



Messungen Säuregehalt, pH des Wassers

Warum messen wir den pH-Wert?

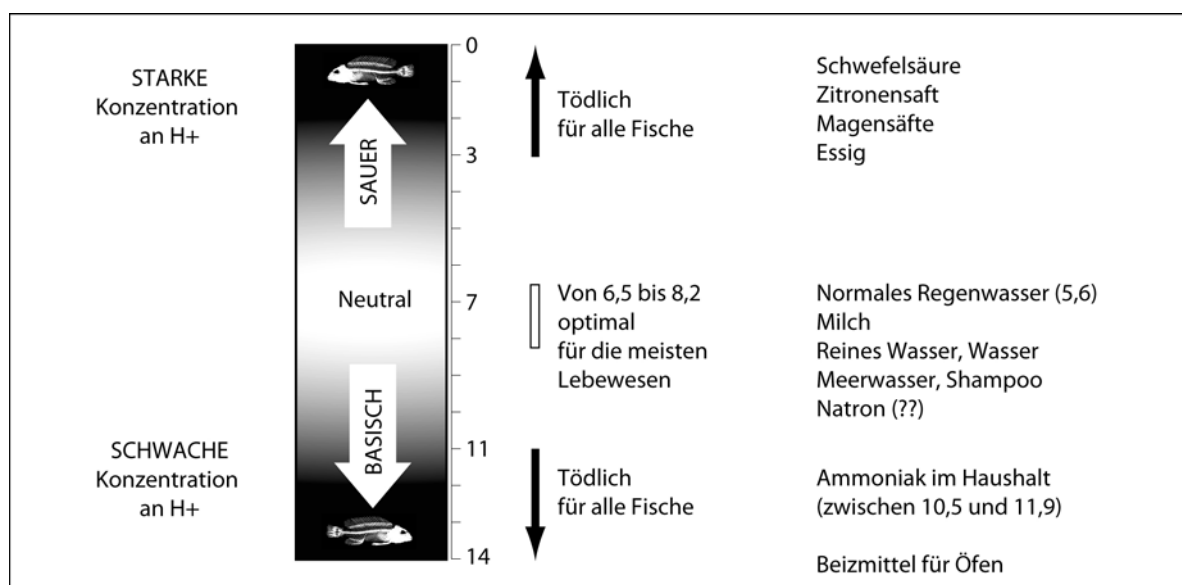
pH ist ein Mass für den Säuregehalt des Wassers. Die pH-Skala (von 0,0 bis 14,0 pH-Einheiten) misst logarithmisch die Konzentration an hydrogenen Ionen. Bei einer Lösung mit einem pH-Wert über 7 besteht ein Übermass an Base, bei einem pH-Wert unter 7 ein Überschuss an Säure. Ein pH-Wert von 7 ist neutral. Eine Einheitsänderung des pH-Wertes um eine Einheit stellt eine 10fache Veränderung der Konzentration an hydrogenen Ionen dar. Somit hat Wasser mit einem pH-Wert von 4,0 einen 10 Mal höheren Säuregehalt als Wasser mit einem pH-Wert von 5,0, Wasser mit einem pH-Wert von 3,0 einen hundertfachen Säuregehalt eines Wassers mit einem pH-Wert von 5,0. Darum kann eine leichte Veränderung des pH-Wertes grosse Auswirkungen auf die Wasserqualität haben. Die meisten Seen und Flüsse haben einen pH-Wert zwischen 6,5 und 8,5. Reines Wasser ohne Kontakt mit Luft hat einen neutralen pH-Wert von 7,0. Wasser mit Verunreinigungen kann auch einen pH-Wert von 7,0 aufweisen, wenn die Säure mit der Base im Gleichgewicht ist.

Die Ozeane sind gut gepuffert und ihr pH-Wert liegt konstant bei ungefähr 8,2.

In einigen Gebieten mit bestimmten Arten von Mineralien (wie Sulfiden) kann man auch natürlich versauertes Wasser finden. Auch durch Bergbau können versauernde Mineralien ins Wasser gelangen. Natürlich basische Gewässer findet man in Gebieten, wo die Erde Mineralien wie Kalzite oder Kalkstein enthält. Säuren und Basen gelangen auch als Folgen menschlicher Aktivitäten in die Wassermassen.

Der pH-Wert des Wassers beeinflusst die meisten chemischen und biologischen Prozesse. Er hat einen starken Einfluss darauf, was im Wasser leben kann: alle Wasserorganismen haben eine Bandbreite des pH-Wertes, auf die sie abgestimmt sind. Salamander, Frösche und andere Amphibien und zahlreiche wirbellose Tiere sind besonders empfindlich gegenüber extremen pH-Werten. In Gewässern mit pH-Werten unterhalb 4,0 oder über 10,0 sind kaum Insekten, Amphibien und Fische zu finden. Die Darstellung HY-pH-1 zeigt die pH-Werte von einigen geläufigen Substanzen und die tödliche Grenze für Fische.

Abbildung HY-pH-1



Protokoll pH des Wassers

Aufgabe

Messung des pH-Wertes des Wassers.

Überblick

Die Schülerinnen und Schüler benützen einen pH-Meter oder pH-Papier zur Messung des pH-Wertes des Wassers. Den pH-Meter müsst ihr vor Gebrauch mit Pufferlösungen, die einen pH-Wert von 4,7 und 10 haben, kalibrieren.

Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler lernen so:

- den Umgang mit einem pH-Meter oder mit pH-Papier
- die Unterschiede zwischen den pH-Werten sauer, basisch und neutral zu verstehen.
- die Gründe zu erforschen, warum der pH-Wert sich in einem Gewässer verändern kann.
- die Ergebnisse ihrer Versuche mit anderen GLOBE-Schulen auszutauschen
- mit anderen GLOBE-Schulen des gleichen oder eines anderen Landes zusammenzuarbeiten
- ihre Beobachtungen zu teilen, indem sie diese dem GLOBE-Archiv übermitteln.

Erforderliche Kenntnisse

- Verwendung eines pH-Papierstreifens oder eines pH-Meters
- Fragen aufstellen, die man auch beantworten kann
- Wissenschaftliche Versuche einrichten und durchführen.
- Mathematische Kenntnisse anwenden, um die Daten zu analysieren
- Beschreibungen und Erklärungen liefern und diese begründen können
- Alternativen Erklärungen (andere Möglichkeiten) erkennen und analysieren
- Vorgehensweise und Erklärungen übermitteln

Dauer

10 Minuten

Erforderliche Schulstufe

Alle

Häufigkeit der Messungen

1-mal pro Woche

Material und Dokumente

Zur Messung mit dem pH-Papier:

- ☐ Hydrologie-Datenblatt
- ☐ Gebrauchsanweisung des pH-Papiers (elektrische Leitfähigkeit über 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
ODER Gebrauchsanweisung des pH-Papiers (elektrische Leitfähigkeit unter 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
- ☐ pH-Papier
- ☐ ein 50ml- oder 100ml-Becherglas

Zur Messung mit dem pH-Meter:

- ☐ Hydrologie-Datenblatt
- ☐ pH-Meter
- ☐ destilliertes Wasser
- ☐ Haushaltspapier oder wattiertes Tuch
- ☐ Pufferlösungen mit den pH-Werten 7,0, 4,0 und 10,0
- ☐ 100ml-Becherglas

Vorbereitung

Die Instrumente müssen vor jedem Gebrauch geeicht werden.

Feldanleitung für die Messung des pH (Säuregehalt) des Wassers



Aufgabe

Messung des pH-Wertes (Säuregehalt) des Wassers mit Hilfe eines pH-Meters.

Benötigtes Material

- ☐ Feldanleitung pH-Messung
- ☐ Spritzflasche mit destilliertem Wasser
- ☐ Schutzhandschuhe
- ☐ elektronischer pH-Meter
- ☐ 100ml Becher
- ☐ Stifte oder Kugelschreiber
- ☐ 25ml Pufferlösung mit pH 4,0 in einem Fläschchen mit Zapfen mit pH 4,0 beschriftet
- ☐ 25ml Pufferlösung mit pH 7,0 in einem Fläschchen mit Zapfen mit pH 7,0 beschriftet
- ☐ 25ml Pufferlösung mit pH 10,0 in einem Fläschchen mit Zapfen mit pH 10,0 beschriftet

Bemerkung: die Fläschchen müssen eine genügend grosse Öffnung haben, um den pH-Meter hineintauchen zu können.

Am Messstandort

1. Vervollständigt euer Datenblatt Hydrologie mit euren Namen, dem Datum und dem Namen des Messstandortes.
2. Zieht die Handschuhe an.
3. Nehmt den Schutzdeckel des pH-Meters ab.
4. Spült die Elektrode des pH-Meters mit destilliertem Wasser ab. Tupft den pH-Meter sorgfältig mit dem saugfähigen Papier ab.
Bemerkung: Gerät nicht trocken reiben, Elektrode nicht mit den Fingern berühren!
5. Spült und trocknet die Elektrode noch einmal ab.
6. Kalibriert den pH-Meter gemäss den Anleitungen des Herstellers.
7. Spült den Becher drei Mal mit destilliertem Wasser ab.
8. Schüttet 50ml Wasser, das ihr untersuchen wollt, in den Becher.
9. Taucht die Elektrode in dieses Wasser.
10. Rührt die Flüssigkeit mit dem pH-Meter vorsichtig um, ohne den Rand oder den Boden des Bechers zu berühren.
Wartet, bis der angezeigte Wert stabil ist.
11. Notiert den Wert der ersten Messung auf das Datenblatt.
12. Wiederholt die Messung ab Punkt 7 zwei Mal, jeweils mit einer frischen Wasserprobe.
Notieret die Resultate auf dem Blatt.
13. Spült die Elektrode mit destilliertem Wasser ab, trocknet sie ab, schaltet das Gerät aus und schliesst den Deckel.
14. Berechnet den pH-Mittelwert.
15. Kontrolliert, dass die Messwerte nicht mehr als 0,2pH-Einheiten vom Mittelwert abweichen. Sind die Werte in Ordnung, notieret den Mittelwert auf dem Blatt.
Weichen die Messwerte zu sehr vom Mittelwert ab, wiederholt den Versuch.
Besteht das Problem weiterhin, benachrichtigt euren Lehrer.

[illegible]

Informationen für die Lehrkräfte

Zum Thema elektrische Leitfähigkeit

Die Genauigkeit des pH-Papiers und des pH-Meters hängt von der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers ab. Die Leitfähigkeit muss mindestens $200\mu\text{S/cm}$ betragen, damit das Papier und der pH-Meter einwandfrei funktionieren. Die Ozeane und Brackwasser haben Leitfähigkeitswerte weit über $200\mu\text{S/cm}$.

Wenn Sie unsicher sind, ob die Wasserprobe, die Sie an ihrem Messstandort entnommen haben, einen genügend hohen Leitfähigkeitswert für die pH-Messung (mit Papier oder pH-Meter) hat, müssen Sie zuerst die Leitfähigkeit messen, bevor Sie den pH-Wert ermitteln können. Sobald Sie die Leitfähigkeit des Wassers kennen, wenden Sie die adäquate Vorgehensweise an. Es gibt vier verschiedene Vorgehensweisen:

- Mit dem pH-Papier für Wasser mit elektrischer Leitfähigkeit über $200\mu\text{S/cm}$.
- Mit dem pH-Papier für Wasser mit elektrischer Leitfähigkeit unter $200\mu\text{S/cm}$.
- Mit einem pH-Meter für Wasser mit elektrischer Leitfähigkeit über $200\mu\text{S/cm}$.
- Mit einem pH-Meter für Wasser mit elektrischer Leitfähigkeit unter $200\mu\text{S/cm}$.

Wenn Sie die Leitfähigkeit nicht messen können und Sie den pH-Wert trotzdem ermitteln möchten, kann es sein, dass die Messdaten an Präzision verlieren.

Es wird deshalb sehr empfohlen, zuerst die elektrische Leitfähigkeit zu messen.

Wenn die Transparenz des Wassers schwach ist (mit vielen gelösten Feststoffen), ist es wahrscheinlich, dass die Leitfähigkeit über $200\mu\text{S/cm}$ ist.

Wenn Ihr Messstandort nahe an der Quelle liegt (zum Beispiel Schmelzwasser oder wenn Sie sich in hoher Lage befinden), können Sie ein bisschen Salz hinzufügen, so wie es in der Vorgehensweise des pH-Papiers oder des pH-Meters (Leitfähigkeit unter $200\mu\text{S/cm}$) beschrieben ist.

Vorbereitung

Junge Schülerinnen und Schüler können vielleicht mit dem Verständnis der Säuren- und Basenkonzepte Mühe bekunden. Sie kennen jedoch den sauren Geschmack des Zitronensafts oder des Essigs und den basischen Geschmack der Milch und der Seife. Sie können die pädagogischen Aktivitäten des pH-Spiels anwenden, um das pH-Prinzip zu verstehen. Um präzise Daten zum pH-Wert im Süßwasser zu erhalten, muss zuerst die elektrische Leitfähigkeit gemessen werden. Bitten Sie ihre Schülerinnen und Schüler, nochmals das Protokoll elektrische Leitfähigkeit zu lesen. Einige pH-Meter müssen vor dem Gebrauch vorbereitet werden.

Vorgehensweise für die Messungen

Welche Vorgehensweise Sie anwenden werden, hängt von der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers ab und ob Sie den pH-Meter oder das pH-Papier verwenden.

Wenn Sie sicher sind, dass das Wasser an ihrem Messstandort eine genügend hohe Leitfähigkeit hat, müssen Sie sie nicht zuerst messen. Wenn Sie unsicher sind, messen Sie die Leitfähigkeit vor der Messung des pH-Wertes.

Vielleicht müssen Sie eine Wasserprobe mit ins Labor nehmen, damit sich die Wassertemperatur zwischen 10°C und 20°C einpendelt (siehe Protokoll Elektrische Leitfähigkeit).

pH-Papier oder pH-Meter benutzen?

Bei GLOBE gibt es zwei Methoden, um den pH-Wert zu messen.

Vor- und Nachteile der beiden Methoden:

Papier pH

Vorteile

- Einfache Handhabung für junge Schülerinnen und Schüler
- Keine Eichung nötig

Nachteile

- Nicht so präzise wie ein pH-Meter (bis zu 0,5 pH-Einheiten präzise)
- keine thermische Kompensation.

Wenn Sie pH-Papier kaufen, um Daten für GLOBE zu sammeln, achten Sie auf eine gute Qualität.

pH-Meter

Vorteile

- Präzision bis zu 0,5 pH-Einheiten
 - thermische Kompensation möglich
- Verwenden Sie nicht ein pH-Meter mit einer 1-Punkt-Eichung

Nachteile

- muss vor jedem Gebrauch mit einer Pufferlösung geeicht werden.
- kostet mehr als das pH-Papier
- Wirksamkeit kann mit der Zeit abnehmen

Die besten Geräte können auf zwei Punkte genau geeicht werden und sind mit einem automatischen Temperatursystem ausgestattet. Die Pufferlösungen können in flüssiger Form oder als Pulver bestellt werden. Die flüssigen Lösungen sind teurer und sind weniger lang haltbar, sind aber in der Handhabung praktischer als die Pufferlösungen aus Pulver, die noch angerührt werden müssen.

Die meisten pH-Meter werden mit flachen Batterien wie diejenige der Uhren betrieben. Obschon die Batterien eine lange Lebensdauer haben (wenn das Gerät ausgeschaltet ist), ist es sinnvoll, immer Reservebatterien zur Hand zu haben.

Eichung des pH-Meters

Ihr pH-Meter muss vor jedem Gebrauch geeicht werden. Wenn Sie den pH-Wert am Messstandort ermitteln, muss der pH-Meter auch dort geeicht werden. Wenn Sie den pH-Wert im Labor messen, eichen Sie den pH-Meter dort vor der Messung. Die Vorgehensweise der Eichung variiert je nach Hersteller. Sie müssen die Gebrauchsanleitung des Herstellers genau lesen. Geben Sie NIE pH-Messdaten ein, die mit einem nicht geeichten Gerät erhoben wurden.

Für die richtige Einstellung der Elektrode, folgen Sie den Anleitungen des Herstellers. Die Elektroden der meisten pH-Meter müssen vor jedem Gebrauch mindestens 30 Minuten ins Wasser getaucht werden.

Eichung des pH-Papiers

Das pH-Papier muss nicht geeicht werden. Um sicher zu sein, dass die Messungen korrekt sind, können Sie die Messwerte des pH-Papiers mit denjenigen eines geeichten pH-Meters (wenn Sie einen besitzen) vergleichen. Wenn Sie keinen pH-Meter haben, testen Sie eine bekannte Norm (zum Beispiel eine pH-Pufferlösung oder ein temperiertes Cola) mit einem pH-Teststreifen.

Hier einige bekannte Werte:

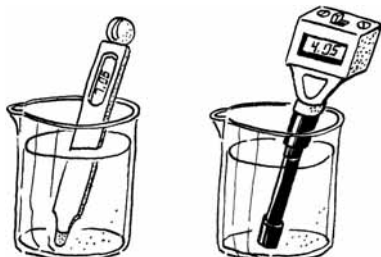
Coca-Cola:	2,5
RC-Cola:	2,5
Mr. Pibb:	2,8
Pepsi-Cola:	2,5
Sprite:	3,2

Ergänzende Protokolle

Boden und Atmosphäre: Die GLOBE-Schülerinnen und Schüler erheben den pH-Wert des Wassers, der Niederschläge und des Bodens. Für die Schülerinnen und Schüler ist es interessant und für die Wissenschaftler aufschlussreich, diese drei Datenerhebungen zu vergleichen.

Hydrologie: Um die erhobenen pH-Werte besser zu verstehen, kann es nützlich sein, die Alkalität zu messen. Alkalität ist ein Mass der Widerstandskraft des Wassers gegen die Erniedrigung des pH-Wertes, wenn dem Wasser Säure zugeführt wird.

Es kann hilfreich sein, den Typ des Bodens oder des Gesteins und die Erdoberfläche Ihrer Gegend zu kennen.



Source: Jan Smolik, 1996, TEREZA, Zentrum für Umwelterziehung, Tschechien

Sicherheitsvorkehrungen

Die Schülerinnen und Schüler sollten Handschuhe tragen, da das Wasser schädliche Substanzen wie Bakterien oder Industrieabfälle enthalten kann.

UNTERHALT DES MATERIALS

pH-Papier

Das pH-Papier sollte in seiner Schachtel an einem trockenen Ort versorgt werden. Es darf nicht in einer zu warmen oder feuchten Umgebung aufbewahrt werden. Werfen Sie es fort, wenn es nass oder feucht ist.

pH-Meter

1. Die pH-Meter verlangen eine gewissenhafte Pflege, um die Präzision und Lebensdauer zu schonen.
2. Konsultieren Sie das Handbuch für die Anweisungen zu Unterhalt und Aufbewahrung ihres Geräts.
3. Stellen Sie sicher, dass der pH-Meter gemäss Herstelleranweisungen verpackt wird und bewahren Sie das Gerät nie im Wasser auf.
4. Schalten Sie es ab, wenn Sie es nicht mehr benutzen.
5. Setzen Sie die Schutzkappe nach Gebrauch wieder auf, um die Elektrode zu schützen.
6. Tauchen Sie das Gerät bei der Messung nicht vollständig ins Wasser. Nur das Ende mit der Elektrode darf ins Wasser reichen.
7. Lassen Sie das Gerät nicht fallen und hantieren Sie mit Vorsicht. Bewahren Sie das Gerät an einem sicheren Ort auf.
8. Wenn die Eichung nicht stabil ist, ist der pH-Meter vielleicht beschädigt.

Einige pH-Meter funktionieren nach einem «Schlag» (gemäss Herstelleranweisungen) wieder. Nützt dies nicht oder es ist nicht möglich, dem pH-Meter einen «Schlag» zu geben, so muss er ersetzt werden.

Pufferlösungen für pH

1. Vorbereitete und unbenutzte Pufferlösungen können Sie ein Jahr lang aufbewahren, wenn sie nicht verunreinigt sind. Bewahren Sie sie in gut verschlossenen Flaschen auf.
2. Pufferlösungen aus Pulver werden mit Wasser angerührt und können danach bis zu einem Monat in einer gut verschlossenen Flasche aufbewahrt werden.

Das pH-Spiel

Zweck

Die Schüler sollen über den Säure- und Laugencharakter von Flüssigkeiten und Stoffen aus dem Umfeld ihrer Schule informiert werden, um ihnen zu verdeutlichen was der pH-Wert über den Zustand der Umwelt aussagt.

Überblick

Das pH-Spiel soll Schüler für die Sammlung und Messung von pH-Werten im Wasser, in der Erde, in Pflanzen und anderen natürlichen Stoffen von verschiedenen Orten begeistern. Die Schüler sollen Stoffgemische herstellen, mit dem Ziel, so viele verschiedene pH-Messungen wie möglich zu sammeln.

Erforderliche Schulstufe

Alle Schüler

Zeitbedarf

Eine Schulstunde für die Vorbereitung

Eine Schulstunde für das eigentliche Spiel

Lernziele

- Messwerte nehmen
- Analysen durchführen
- Ergebnisse deuten
- Die Zusammenhänge in der Natur verstehen

Hilfsmittel

Für jedes Team (je 4 Schüler):

- 20 pH-Messstreifen
- 3 bis 5 kleine Behälter
- Papier und Stift um die Ergebnisse zu registrieren
- Aufkleber, um die Ergebnisse auf die Ergebnistafel
- zu übertragen

Für die ganze Klasse

- eine Ergebnistafel für alle Teams
(eine Reihe von pH-Werten von 2 bis 9 für jedes Team)
- Schaubild mit Regeln
- zusätzliche pH-Streifen
- Vorbereitung

Der Lehrer sollte verschiedene saure und alkalische Mischungen/Lösungen aus natürlichen und prozessiertem Material bestellen. Diese Lösungen sollten beschriftet sein mit Inhalten und einem Buchstaben, jedoch nicht mit ihrer alkalischen oder sauren Charakteristik.

Saure Lösungen entstehen z. B. mit fermentiertem Gras, Zitronensaft, schwarzem Kaffee, Essig, Orangensaft und anderen Fruchtsäften.

Alkalische Lösungen könnten Salzwasser, Shampoo, Backpulver, Chlorbleiche, Haushaltsammoniak, Backofenreiniger enthalten.

Lokale Bodenproben in Wasser sollten ebenso wie lokale Wasserproben getestet werden. Man kann ebenso Lösungen mit Material aus der Umgebung der Schule herstellen (z. B. Öltropfen, die aus einem Fahrzeug tropfen, Flüssigkeiten aus einer weggeworfenen Flasche etc.).

Voraussetzungen

keine



Quelle: Jan Smolik, 1996, TEREZA, Zentrum für Umwelterziehung, Tschechien

Weiterführende Fragen (mit Schülerinnen und Schülern diskutieren)

- Welche Veränderungen in eurem hydrographischen Einzugsgebiet können einen Einfluss auf die pH-Messungen haben, die ihr an eurem Messstandort gemacht habt?
- Welche Unterschiede gibt es zwischen den Messdaten eures Standortes und den Daten von anderen Standorten im gleichen hydrologischen Einzugsgebiet?
- Welche Fauna und Flora würde in dem Wasser mit dem pH-Wert eurer Messungen gedeihen?
- Gibt es Tiere und Pflanzen, die darin nicht überleben würden?
- Wie tragen die Messdaten zur Alkalität zum besseren Verständnis der pH-Messdaten bei?
- Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem pH-Wert des entnommenen Wassers und pH-Wert des Bodens und der Niederschläge, den ihr in der Umgebung eurer Schule erhoben habt?

Feldanleitungen für die Messung mittels pH-Papier und pH-Meter

VERWENDUNG DES PH-PAPIERS

Elektrische Leitfähigkeit über 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Aufgabe

Messung des pH-Wertes eurer Wasserprobe mit einem pH-Papier.

Benötigtes Material

- ☐ Hydrologie-Datenblatt
- ☐ Latex-Handschuhe
- ☐ pH-Papier
- ☐ Kugelschreiber oder Bleistift
- ☐ 100 ml-Becherglas

Wie vorgehen?

1. Füllt den oberen Teil des Hydrologie-Datenblattes aus.
2. Kreuzt im Teil «pH» des Datenblattes das Feld «pH-Papier» an.
3. Zieht die Latex-Handschuhe an.
4. Spült das Becherglas dreimal mit dem Probewasser.
5. Füllt das Becherglas ungefähr zur Hälfte mit der Wasserprobe.
6. Folgt den Anleitungen, die ihr mit dem pH-Papier erhalten habt, für das Testen des pH-Wertes der Wasserprobe.
7. Übertragt den pH-Wert ins Datenblatt unter Beobachter 1.
8. Wiederholt die Schritte 4 bis 6 mit neuen Wasserproben und neuen Papierstreifen. Übertragt die Werte ins Datenblatt unter Beobachter 2 und Beobachter 3.
9. Berechnet den Mittelwert dieser drei Messungen.
10. Kontrolliert, dass jeder Messwert mehr oder weniger 1,0 pH-Einheit zum Mittelwert liegt. Wenn eine Messung mehr als 1,0 pH-Einheit vom Mittelwert abweicht, wiederholt diese. Wenn ihr dann immer noch «Ausreisser» habt, besprecht das Problem mit eurem Lehrer.
11. Werft das benützte pH-Papier und die Handschuhe weg. Spült das Becherglas mit destilliertem Wasser aus.

VERWENDUNG DES PH-PAPIERS**Elektrische Leitfähigkeit unter 200µS/cm****Aufgabe**

Benützung des pH-Papiers zur Messung des pH-Wertes einer Süßwasserprobe mit einer elektrischen Leitfähigkeit unter 200µS/cm.

Benötigtes Material

- ☐ Hydrologie-Datenblatt
- ☐ Haushaltspapier oder sauberes wattiertes Tuch
- ☐ Protokoll Elektrische Leitfähigkeit
- ☐ Latex-Handschuhe
- ☐ kleine Pinzette
- ☐ pH-Papier
- ☐ Salzkristalle* oder Tafelsalz
- ☐ Stab oder Löffel zum Umrühren
- ☐ Leitfähigkeitstester
- ☐ Thermometer
- ☐ zwei 100ml-Bechergläser oder -Behälter
- ☐ Kugelschreiber oder Bleistift

Wie vorgehen?

1. Füllt den oberen Teil des Hydrologie-Datenblattes aus. Kreuzt im Teil «pH» des Datenblattes das Feld «pH-Papier» an.
2. Zieht die Latex-Handschuhe an.
3. Spült die Pinzette in der Wasserprobe und trocknet sie mit dem Haushaltspapier ab.
4. Spült die Bechergläser oder Behälter drei Mal mit dem Probewasser.
5. Schüttet ca. 50ml Probewasser in ein Becherglas oder Behälter.
6. Gebt mit der Pinzette ein Salzkristall in die Wasserprobe. (Wenn ihr keine Salzkristalle habt, schüttet eine kleine Prise Tafelsalz in die Wasserprobe).
7. Rührt langsam mit dem Stab oder Löffel um.
8. Messt die Leitfähigkeit dieser behandelten Wasserprobe mit Hilfe des Protokolls Elektrische Leitfähigkeit.
 - a. Wenn die Leitfähigkeit mindestens 200µS/cm beträgt, übertragt den Wert auf das Datenblatt. Geht weiter zu Punkt 9.
 - b. Wenn die Leitfähigkeit immer noch weniger als 200µS/cm beträgt, geht zurück zu Punkt 6 und wiederholt diesen Schritt, bis ihr einen Wert von mindestens 200µS/cm erhaltet. Übertragt den Leitfähigkeitswert auf das Datenblatt.
9. Folgt den mitgelieferten Anweisungen und testet den pH-Wert.
10. Übertragt den pH-Wert auf das Datenblatt unter Beobachter 1.
11. Wiederholt die Schritte 3 bis 9 mit neuen Wasserproben und neuen Papierstreifen. Übertragt die Werte ins Datenblatt unter Beobachter 2 und Beobachter 3.
12. Berechnet den Mittelwert dieser drei Messungen.
13. Kontrolliert, dass jeder Messwert nicht mehr als 1,0 pH-Einheit vom Mittelwert abweicht. Wenn eine Messung mehr als 1,0 pH-Einheit vom Mittelwert abweicht, wiederholt diese. Wenn ihr dann immer noch «Ausreisser» habt, besprecht das Problem mit eurem Lehrer.
14. Werft das benützte pH-Papier und die Handschuhe weg. Spült das Becherglas mit destilliertem Wasser aus.

*Notiz zu den Salzkristallen: Kristalle mit einem Durchmesser von 0,5 bis 2,0mm sind in der Anwendung viel praktischer als fein gemahlenes Tafelsalz, wie es in einigen Ländern verwendet wird. In Nordamerika werden die grössten Salzkristalle oft unter dem allgemeinen Namen «Meersalz» verkauft.

Fragen und Antworten (F.A.Q.)

1. Warum sind die Farben auf dem pH-Papier nicht eindeutig?
Die Leitfähigkeit des Wassers, das ihr getestet haben, ist zu tief (Protokoll Elektrische Leitfähigkeit).
Das pH-Papier benötigt bei Wasser mit einer Leitfähigkeit unter $400\mu\text{S}/\text{cm}$ länger um zu reagieren.
Wenn das Wasser eine Leitfähigkeit unter $300\mu\text{S}/\text{cm}$ hat, funktionieren gewisse pH-Papiere nicht richtig.
Das Problem kann auch vom Papier herführen, wenn es zu alt ist oder nicht korrekt aufbewahrt wurde.
2. Was soll ich tun, wenn der pH-Wert zwischen zwei Farben liegt?
Nehmt den Wert, der am nächsten liegt. Darum beauftragen wir immer 3 Schülerinnen und Schüler, dieses Experiment durchzuführen. Der Mittelwert der drei Messungen ergibt einen präziseren Wert.

VERWENDUNG DES PH-METERS**Elektrische Leitfähigkeit über 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$** **Aufgabe**

Messung des pH-Wertes eurer Wasserprobe mit einem pH-Meter.

Benötigtes Material

- ☐ Hydrologie-Datenblatt
 - ☐ pH-Meter
 - ☐ 100ml-Becherglas
 - ☐ 25 ml Pufferlösung mit pH 7,0 in einem verschliessbaren Behälter, darauf eine Etikette mit der Aufschrift «pH 7,0».
 - ☐ 25ml Pufferlösung mit pH 4,0 in einem verschliessbaren Behälter, darauf eine Etikette mit der Aufschrift «pH 4,0».
 - ☐ 25 ml Pufferlösung mit pH 10,0 in einem verschliessbaren Behälter, darauf eine Etikette mit der Aufschrift «pH 10,0».
- N.B.: Die Behälter müssen eine genügend grosse Öffnung haben, um das pH-Meter darin tauchen zu können.
- ☐ destilliertes Wasser in einem Abwaschfläschchen
 - ☐ Haushaltspapier oder sauberes, wattiertes Tuch
 - ☐ Kugelschreiber oder Bleistift

Wie vorgehen?

1. Füllt den oberen Teil des Datenblattes Hydrologie aus. Kreuzt das Feld «pH-Meter» an.
2. Zieht die Latex-Handschuhe an.
3. Entfernt die Schutzkappe der Elektrode (Glaskappe auf dem pH-Meter).
4. Spült die Elektrode und die Zone darum mit destilliertem Wasser aus dem Abwaschfläschchen. Trocknet das pH-Meter mit dem Haushaltspapier oder dem wattierten Tuch ab.
N.B.: Reibt und berührt die Elektrode niemals mit den Fingern.
5. Spült die Elektrode nochmals mit destilliertem Wasser ab und trocknet sie wieder ab.
6. Eich den pH-Meter gemäss Herstelleranweisungen.
7. Spült das Becherglas drei Mal mit dem Probewasser.
8. Füllt 50ml Probewasser in das Becherglas.
9. Taucht den Teil des pH-Meters mit der Elektrode ins Wasser.
10. Rührt ein Mal mit dem pH-Meter um. Achtet darauf, dass das Gerät weder den Boden noch den Rand des Becherglases berührt. Wartet eine Minute.
Wenn die Werte auf der Anzeige noch nicht stabil sind, wartet noch eine Minute.
11. Überträgt den pH-Wert ins Datenblatt unter Beobachter 1.
12. Wiederholt die Schritte 3 bis 10 zweimal, jeweils mit neuen Wasserproben.
Der pH-Meter muss nicht wieder geeicht werden.
Überträgt die Werte der Leitfähigkeit und des pHs auf das Datenblatt unter Beobachter 2 und Beobachter 3.
13. Kontrolliert, dass jeder Messwert nicht mehr als 0,2 pH-Einheit vom Mittelwert abweicht. Wenn sich alle Werte in dieser Bandbreite befinden, tragt den Mittelwert auf dem Datenblatt ein. Wenn ihr einen «Ausreisser» habt, wiederholt die Messungen.
14. Berechnet den Mittelwert dieser drei Messungen und tragt diesen auf dem Datenblatt ein.
15. Spült die Elektrode mit destilliertem Wasser ab und trocknen sie.
Schaltet das pH-Meter aus. Setzt die Schutzkappe auf die Elektrode.
16. Wenn eure Ergebnisse mehr als 0,2 pH-Einheiten voneinander abweichen, besprecht das Problem mit eurem Lehrer.

VERWENDUNG DES PH-METERS**Elektrische Leitfähigkeit unter 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$** **Aufgabe**

Benützung des pH-Meters zur Messung des pH-Wertes einer Süsswasserprobe mit einer elektrischen Leitfähigkeit unter 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Benötigtes Material

- ☐ Datenblatt Hydrologie
- ☐ Protokoll Elektrische Leitfähigkeit
- ☐ pH-Meter
- ☐ Leitfähigkeitstester
- ☐ 2 x 100 ml Bechergläser
- ☐ 25ml Pufferlösung mit pH 7,0 in einem verschliessbaren Behälter, darauf eine Etikette mit der Aufschrift «pH 7,0».
- ☐ 25ml Pufferlösung mit pH 4,0 in einem verschliessbaren Behälter, darauf eine Etikette mit der Aufschrift «pH 4,0».
- ☐ 25ml Pufferlösung mit pH 10,0 in einem verschliessbaren Behälter, darauf eine Etikette mit der Aufschrift «pH 10,0».
- N.B.: Die Behälter müssen eine genügend grosse Öffnung haben, um das pH-Meter darin tauchen zu können.
- ☐ Kugelschreiber oder Bleistift
- ☐ eine Standardlösung für das Testen der elektrischen Leitfähigkeit
- ☐ destilliertes Wasser in einem Abwaschfläschchen
- ☐ Haushaltspapier oder sauberes wattiertes Tuch
- ☐ Latex-Handschuhe
- ☐ Salzkristalle* oder Tafelsalz
- ☐ kleine Pinzette
- ☐ Stab oder Löffel zum Umrühren
- ☐ Thermometer

Wie vorgehen?

1. Füllt den oberen Teil des Datenblattes Hydrologie aus. Kreuzt das Feld «pH-Meter» an.
2. Zieht die Latex-Handschuhe an.
3. Spült die Pinzette in der Wasserprobe und trocknet sie mit dem Haushaltspapier oder Tuch ab.
4. Spült die beiden Bechergläser oder Behälter drei Mal mit dem Probewasser.
5. Füllt 100ml Probewasser in das Becherglas oder den Behälter.
6. Gebt mit der Pinzette ein Salzkristall in die Wasserprobe. Wenn ihr keine Salzkristalle habt, gebt eine Prise Tafelsalz dazu.
7. Rührt langsam mit dem Stab oder Löffel um.
8. Messt die Leitfähigkeit dieser behandelten Wasserprobe mit Hilfe des Protokolls Elektrische Leitfähigkeit.
 - a. Wenn die Leitfähigkeit mindestens 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ beträgt, überträgt den Wert auf das Datenblatt Hydrologie. Geht weiter zu Punkt 9.
 - b. Wenn die Leitfähigkeit immer noch weniger als 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ beträgt, geht zurück zu Punkt 6 und wiederholt diesen Schritt, bis ihr einen Wert von mindestens 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ erhaltet. Überträgt den Leitfähigkeitswert auf das Datenblatt.
9. Entfernt die Schutzkappe der Elektrode (Glaskappe auf dem pH-Meter).
10. Spült die Elektrode und die Zone darum mit destilliertem Wasser aus dem Abwaschfläschchen. Trocknet das pH-Meter mit dem Haushaltspapier oder dem wattierten Tuch ab.

N.B.: Reibt und berührt die Elektrode niemals mit den Fingern.
11. Spült die Elektrode nochmals mit destilliertem Wasser ab und trocknet sie wieder ab.
12. Eicht das pH-Meter gemäss Herstelleranweisungen.
13. Taucht den Teil des pH-Meters mit der Elektrode ins Wasser.
14. Rührt ein Mal mit dem pH-Meter um. Achtet darauf, dass das Gerät weder den Boden noch den Rand des Becherglases berührt. Wartet eine Minute. Wenn die Werte auf der Anzeige noch nicht stabil sind, wartet noch eine Minute.
15. Überträgt den pH-Wert ins Datenblatt unter Beobachter 1.

16. Wiederholt die Schritte 3 bis 14 mit neuen Wasserproben. Ihr müsst den pH-Meter nicht jedes Mal neu eichen. Übertrag die Werte der Leitfähigkeit und pH ins Datenblatt unter Beobachter 2 und Beobachter 3.
17. Kontrolliert, dass jeder Messwert nicht mehr als 0,2 pH-Einheit vom Mittelwert abweicht. Wenn sich alle Werte in dieser Bandbreite befinden, tragt den Mittelwert auf dem Datenblatt ein. Wenn ihr einen «Ausreisser» habt, wiederholt die Messungen.
18. Berechnet den Mittelwert dieser drei Messungen und tragt diesen im Datenblatt ein.
19. Spült die Elektrode mit destilliertem Wasser ab und trocknet sie.
Schaltet das pH-Meter aus. Setzt die Schutzkappe auf die Elektrode.
20. Wenn eure Ergebnisse nicht mehr oder weniger als 0,2 pH-Einheiten voneinander abweichen, besprecht das Problem mit eurem Lehrer.

Notiz zu den Salzkristallen: Kristalle mit einem Durchmesser von 0,5 bis 2,0mm sind in der Anwendung viel praktischer als fein gemahlenes Tafelsalz, wie es in einigen Ländern verwendet wird. In Nordamerika werden die grössten Salzkristalle oft unter dem allgemeinen Namen «Meersalz» verkauft.

Fragen und Antworten (F.A.Q.)

1. Was kann die Präzision der von meinem pH-Meter gelieferten Daten beeinflussen?
Das pH-Meter funktioniert nicht korrekt, wenn die elektrische Leitfähigkeit unter $100\mu\text{S}/\text{cm}$ ist (siehe Protokoll Elektrische Leitfähigkeit).
— Das pH-Meter muss vor jedem Gebrauch geeicht werden.
— Vielleicht müssen die Batterien ausgetauscht werden.
2. Beeinflusst die Temperatur des Wassers den pH-Wert?
Eine Veränderung der Wassertemperatur kann effektiv den pH-Wert eures Wassers beeinflussen. Da wir den laufenden pH-Wert erfahren wollen, muss keine Berichtigung vorgenommen werden.
Die Wassertemperatur kann sich auch auf die Leistungsfähigkeit des pH-Meters auswirken. Die Elektrode ist so konzipiert, dass die Empfindlichkeit auf die Temperatur gleich Null ist, wenn der pH-Wert 7,0 beträgt. Je mehr der pH von diesem Wert abweicht, desto mehr beeinflusst die Wassertemperatur die Präzision des pH-Meters. Es gibt pH-Meter mit automatischer Temperaturkompensation (ATC).
Wenn der pH-Wert unter oder über 7,0 geht, korrigiert die Elektrode die Wassertemperatur mit einem Faktor von $0,003\text{ pH-Einheiten}/^{\circ}\text{C}/\text{pH}$ abweichend vom pH 7,0.
3. Hat eine hohe Konzentration an Salzen Auswirkungen auf den pH-Wert?
Die Salzkonzentration kann sich auf den pH-Wert auswirken.
Mit Zunahme der Konzentration an Salzen steigt auch der pH-Wert. Die Zunahme ist nicht linear, kann aber in Mündungen, wo der Salzgehalt je nach Gezeiten schwankt, von Bedeutung sein. Es kann nützlich sein, die Daten zum Salzgehalt und zur Leitfähigkeit beizuziehen, um die Abweichungen zwischen den verschiedenen pH-Messungen zu verstehen.
4. Warum können Messungen in Wasser mit geringer Leitfähigkeit unpräzise sein?
Misst man die Konzentration an Wasserstoffionen, so misst man eigentlich deren Potenzial. Die anderen Ionen müssen vorhanden sein, um bei der Messung eine minimale Intensität zu gewährleisten (Teilchenbewegung). Ist die Konzentration zu schwach, reagiert das pH-Meter zu langsam. Wenn das Driften zu sehr träge wird, bleibt das pH-Meter auf einem falschen Messwert stehen (zu hoher pH-Wert).

Misst man die Konzentration an Wasserstoffionen, so misst man eigentlich deren Potenzial. Die anderen Ionen müssen vorhanden sein, um bei der Messung eine minimale Intensität zu gewährleisten (Teilchenbewegung). Ist die Konzentration zu schwach, reagiert das pH-Meter zu langsam. Wenn das Driften zu sehr träge wird, bleibt das pH-Meter auf einem falschen Messwert stehen (zu hoher pH-Wert).

Prüfung der Ergebnisse

Sind die Ergebnisse realistisch?

Die pH-Werte an eurem Messstandort hängen von der Geologie, vom Boden, von der Vegetation in ihrem hydrologischen Einzugsgebiet sowie von anderen beeinflussenden Faktoren am Standort ab. Die Herkunft der Luftmassen kann Auswirkungen auf den pH-Wert des Wassers haben. Viele Wasserstandorte sind leicht sauer, mit Werten zwischen 5,0 und 7,0.

Andere Zonen mit Kalkablagerungen oder anderen Gesteinsformen aus Kalziumkarbonat sind basischer, mit Werten zwischen 7,0 und 9,0. Die Ozeane sind gut gepuffert und ihr pH-Wert ist ziemlich konstant bei 8,2.

Wenn man die pH-Messdaten in der GLOBE-Datenbank untersucht, muss man immer vor Augen halten, welche Hilfsmittel die Schülerinnen und Schüler benutzt haben. Primarschulen, die pH-Papier verwenden, scheinen schwankendere pH-Daten vorzuweisen. Ihre Messdaten können um eine halbe bis eine ganze Einheit von einer Woche zur anderen abweichen, weil das Papier nur in 0,5-Einheiten misst.

Was suchen die Wissenschaftler in diesen Daten?

Weil die meisten Lebewesen empfindlich auf pH-Schwankungen im Wasser reagieren, überwachen die Wissenschaftler vor allem die abnormen Zu- oder Abnahmen des pH-Wertes am gleichen Messstandort. Der pH-Wert schwankt normalerweise nicht sehr stark, obschon man je nach Saison, bei Veränderungen der Temperatur, der Niederschlagskonfiguration oder der Erdoberfläche Tendenzen beobachten kann.

Die Alkalität dient als Puffer gegen die sauren Niederschläge in einer Wassermasse. Eine plötzliche Erniedrigung des pH-Wertes muss mit einer abnehmenden Alkalität zusammenhängen.

Ist die Alkalität eines Gewässers hoch, so sinkt der pH-Wert weniger stark, wenn Säurehaltiges (zum Beispiel saurer Regen) zufließt.

Projektbeispiel

Eine Hypothese formulieren

Ein Schüler oder eine Schülerin untersucht die pH-Werte von Fliessgewässern und Seen in Europa. Er weiss, dass die Mehrheit des Säuregehalts in diesen Gewässern vom sauren Regen stammt. Es ist aber zufällig, wann im Jahr saurer Regen auftritt, weil er von den saisonalen Niederschlagsmengen und der Richtung der wichtigsten Winde abhängt. Er stellt die Hypothese auf, dass die Tendenz über ein Jahr anhand von pH-Messdaten von verschiedenen Standorten in Europa untersucht werden kann.

Sammeln und analysieren der Daten

Seine/ihre erste Aufgabe umfasst das Finden einer Zone, die saurem Regen ausgesetzt sein könnte. Nach Untersuchungen stellt der Schüler fest, dass der Nord-Westen Europas dem sauren Regen auf diesem Kontinent am meisten ausgesetzt ist. Es ist sehr wahrscheinlich, dass das Wasser der Seen und Fliessgewässer in dieser Zone ziemlich sauer ist.

Als Erstes studiert er/sie die Europa-Karte von GLOBE. Er fertigt Karten an und notiert die monatlichen Mittelwert des pHs dieser Region seit 2001 (Abbildung HY-pH-1). Er/sie bemerkt, dass gewisse Schulen in Skandinavien Jahresschwankungen der pH-Werte vorweisen. Danach untersucht er/sie jede skandinavische Schule einzeln und macht für jede eine GLOBE-Grafik. Er wählt die vier Schulen mit den grössten pH-Schwankungen aus. Die Schulen sind: Husbyskolan von Kista (Schweden); St. Eriks Gymnasium von Stockholm (Schweden); Sem skole (13 bis 16 Jahre) von Sem (Norwegen) und Vang barne-og ungdomsskule (6 bis 16 Jahre) von Valdres (Norwegen). Die Grafiken dieser Schulen für die Jahre 1999 – 2002 sind in der Abbildung HY-pH-2 festgehalten. Daraus ist ersichtlich, dass die pH-Werte an jedem Ort im Sommer höher und im Winter tiefer sind.

Der Schüler/die Schülerin will diese Ergebnisse genauer untersuchen und überträgt diese Daten in eine Tabelle (Tabelle HY-pH-1, Spalten 1 bis 5). Anschliessend berechnet er/sie den jährlichen pH-Mittelwert für jede Schule. Dann fügt er eine neue Spalte (Tabelle HY-pH-1, letzte Spalte) für jede Schule ein, die einen Wert aufweist, der vom errechneten Mittelwert abweicht:

$$\text{Abweichung} = \text{gemessener pH} - \text{Mittelwert pH}$$

Der Schüler/die Schülerin kann dann die Anzahl positiver und negativer Abweichungen für jeden Monat zählen und in der Tabelle HY-pH-2 eintragen. So sieht der Schüler, dass es in den Monaten Dezember bis März häufiger negative als positive Abweichungen gibt.

Die negativen Abweichungen liegen unter dem Mittelwert, die positiven darüber. So war der pH-Wert in den Monaten Dezember bis März im Allgemeinen unterdurchschnittlich. In den Monaten Mai bis Oktober gab es mehr positive Abweichungen, das heisst, die pH-Werte waren überdurchschnittlich. Die Monate April bis November weisen quasi keine Abweichungen auf.

Er/sie schliesst daraus, dass in Skandinavien die pH-Werte in den kalten Monaten unter den Mittelwert sinken und im Sommer über den Mittelwert steigen. Seine/ihre Hypothese war also korrekt: Bei den GLOBE-Schulen in Nordeuropa können Jahresschwankungen der pH-Werte festgestellt werden.

Vertiefung der Untersuchung

Der Schüler/die Schülerin will diesen Fall vertiefter untersuchen und bestimmen, ob seine/ihre Schlüsse mit den pH-Messdaten und der Zusammensetzung von Regen und Niederschlägen erklärt werden können.



Messungen Alkalität des Wassers

Warum wird die Alkalität des Wassers gemessen?

Die Alkalität und der pH-Wert sind zwei wichtige Charakteristika des Wassers: sie hängen zusammen, sind aber verschieden. Alkalität ist das Mass des Säureaufnahmevermögens des Wassers, der pH gibt den Säuregehalt des Wassers an (siehe Unterlagen zum pH). Der pH-Wert ist ein grundlegender Parameter zur Bestimmung der Wasserqualität. Pflanzen und Tiere haben spezifische Bedürfnisse bezüglich pH; plötzliche Wechsel oder extreme pH-Werte sind für sie schädlich. Wie verändert sich der pH-Wert des Wassers, wenn man Säure hinzufügt? Das Ergebnis hängt von der Alkalität des Wassers und von der hinzugefügten Säurenmenge ab.

Man misst die Alkalität mit der Menge der Kalziumcarbonate (CaCO_3) im Wasser. Auch andere Substanzen können die Alkalität verändern. Die Messeinheiten sind: Partikel pro Million (ppm) oder Milligramm pro Liter (mg/l). Diese Masseinheiten sind gleichwertig: 1ppm = 1mg/l.

Stellen wir uns eine sehr basische Wasserprobe vor. Wenn wir Säure hinzufügen, neutralisiert die Alkalität die Säure. Dieses Phänomen benötigt Alkalität. Es wird also weniger Alkalität im Wasser übrig bleiben. Je mehr Säure wir hinzufügen, desto tiefer wird die Alkalität. Wenn die Alkalität sehr tief ist, bedeutet die Zufuhr von Säure eine Erniedrigung des pH-Werts.

Ist die Alkalität des Wassers hoch, so spricht man von einer Pufferlösung. Sein pH-Wert sinkt nicht oder nur wenig, wenn Säure hinzugefügt wird (Regen oder Schmelzwasser). Die Alkalität stammt aus gelöstem Gestein – vor allem Kalkstein (CaCO_3) — und aus den Böden. Sie imprägniert das Wasser auf natürliche Weise im Kontakt mit dem Gestein und dem Boden. Wasser löst CaCO_3 und schwemmt es in Flüsse und Seen. In Gebieten mit kalkreichen Böden finden wir Seen und Flüsse mit tendenziell hoher Alkalität, im Gegensatz zu Gebieten mit kohlenstoffarmem Gestein.

Wenn Wasser eine Alkalität unter 100mg CaCO_3 hat, spricht man von einer geringen Pufferfähigkeit. In solchen Systemen ist das Gleichgewicht fragil: starke Niederschläge oder Schmelzwasser fügen oft genügend Säure bei, um den pH-Wert zu senken. Solche Veränderungen können für Pflanzen und Tiere in diesem Gewässer gefährlich sein, vor allem in gewissen Perioden des Jahres (zum Beispiel wenn die Fische aus den Eiern und die Insekten aus den Larven am Schlüpfen sind).

Protokoll Alkalität des Wassers

Aufgabe

Messung der Alkalität einer Wasserprobe am Messstandort.

Dauer des Versuchs

15 Minuten, Qualitätskontrolle: 20 Minuten.

Häufigkeit der Messungen

Wöchentlich

Qualitätskontrolle: alle 6 Monate.

Überblick

Die Schülerinnen und Schüler benützen ein Test-Set, um die Alkalität der an ihrem Messstandort entnommenen Wasserprobe zu messen.

Das Vorgehen hängt von den Anweisungen des Test-Sets ab.

Material und Dokumente

- ☐ Test-Set zur Messung der Alkalität
- ☐ Hydrologie-Datenblatt
- ☐ Feldanleitung zur Vorbereitung einer Alkalitätslösung (Natronlauge, fakultativ)
- ☐ Feldanleitung zur Messung der Alkalität
- ☐ Destilliertes Wasser in einer Spritzflasche
- ☐ Latex-Handschuhe
- ☐ Schutzbrillen

Für die Qualitätskontrolle braucht es zudem:

- ☐ UStandardlösung zur vergleichenden Messung der Alkalität

Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler lernen so:

- den Umgang mit einem Test-Set zur Messung der Alkalität
- die Gründe zu erforschen, warum sich die Alkalität eines Gewässers verändert
- die Ergebnisse ihrer Versuche mit anderen GLOBE-Schulen auszutauschen und zu kommunizieren
- mit anderen GLOBE-Schulen des gleichen oder eines anderen Landes zusammenzuarbeiten
- ihre Beobachtungen zu teilen, indem sie ihre Daten ins GLOBE-Archiv eingeben.

Erforderliche Kenntnisse

- Chemischer Test für die Messung der Alkalität anwenden
- Wissenschaftliche Versuche einrichten und durchführen.
- Mathematische Kenntnisse anwenden, um die Daten zu analysieren
- Beschreibungen und Erklärungen liefern und diese begründen können
- Alternative Erklärungen (andere Möglichkeiten) erkennen und analysieren
- Vorgehensweise und Erklärungen übermitteln

Erforderliche Schulstufe

Alle Stufen



Feldanleitung für die Messung der Alkalität (Pufferkapazität)

Aufgabe

Messung der Alkalität (Härte) des Wassers.

Benötigtes Material

- ☐ Datenblatt Hydrologie
- ☐ Spritzflasche mit destilliertem Wasser
- ☐ Schutzhandschuhe
- ☐ Schutzbrille
- ☐ Test-Set für die Analyse der Alkalität
- ☐ Stifte oder Kugelschreiber

Am Messstandort

1. Vervollständigt euer Datenblatt Hydrologie mit euren Namen, dem Datum und dem Namen des Ortes.
2. Zieht die Schutzhandschuhe und die Schutzbrille an.
3. Messt die Alkalität gemäss Anleitungen des Herstellers des Test-Sets.
4. Notiert den Wert auf dem Datenblatt Hydrologie.
5. Wiederholt die Messung zwei Mal mit einer frischen Wasserprobe.
6. Notiert die Messwerte der Prüfenden 2 und 3.
7. Berechnet den Mittelwert der drei Messungen.
8. Prüft, dass sich alle Messwerte im tolerierten Intervall befinden (vom Hersteller definiert).
9. Wenn eine Messung zu sehr abweicht, verwirft diese und berechnet den Mittelwert der beiden anderen Messungen.
10. Wenn sich die beiden anderen Werte innerhalb der tolerierten Marge befinden, notiert sie auf dem Datenblatt.
11. Wenn mehr als zwei Messwerte abweichen, beginnt die Untersuchung nochmals von Punkt 3 an.

Wichtiges im Voraus

Es ist wichtig, auf die Sicherheitsvorkehrungen bei der Handhabung von chemischen Tests hinzuweisen!

[illegible]

Informationen für die Lehrkräfte

Vorbereitung

Denken Sie daran, eine Qualitätskontrolle der Test-Sets durchzuführen, falls dies in den letzten 6 Monaten nicht gemacht wurde.

Vorgehensweise

Die Methoden der Test-Sets basieren darauf, dass ein pH-Farbindikator zur Probe hinzugefügt wird. Dann wird mit Säure tröpfchenweise titriert, bis ein Farbumschlag erfolgt. Um Messungen von Qualität zu erhalten, müssen die Schülerinnen und Schüler einige Vorschriften beachten:

1. Vergewissern Sie sich, dass die Schülerinnen und Schüler die Anleitungen vor dem Experiment gelesen und verstanden haben.
2. Nehmen Sie die Messungen sehr sorgfältig vor. Platzieren Sie das Reagenzglas auf Augenhöhe, um das Volumen ablesen zu können. Stützen Sie sich auf den unteren Teil des Punktalglases (konkave Oberfläche des Wassers).
3. Wenn Sie eine Titrier-Pipette (Tropfenzähler) verwenden, vergewissern Sie sich, dass die Messungen korrekt vorgenommen werden und dass die Schülerinnen und Schüler mit den verwendeten Einheiten vertraut sind. Die meisten Test-Sets enthalten Anleitungen.
4. Achten Sie darauf, dass die Pipette senkrecht gehalten wird, damit alle Tropfen gleich gross sind.
5. Während der Qualitätskontrolle und dem Experiment sollten Sie genau die Farbnuance, welche die richtige Alkalität angibt, notieren. In vielen Test-Sets zeigt eine Zwischenfarbe während dem Farbumschlag die richtige Alkalität an, und nicht die Schlussfarbe. Dies ist zum Beispiel im Test-Set von La Motte der Fall. Benützen Sie hier die Titrier-Pipette oder notieren Sie die Anzahl der hinzugefügten Tropfen, wenn Sie denken, dass nun der Farbumschlag erfolgen könnte. So erreichen Sie einen exakten Messwert, der dem richtigen Farbumschlag entspricht. Mit Test-Sets, bei denen die Farbe während der Titration nur einmal umschlägt, müssen Sie einen weiteren Tropfen hinzufügen um zu prüfen, ob sich die Farbe noch weiter verändert. Wenn dies nicht der Fall ist, ist die Anzahl Tropfen korrekt, die Sie zuerst notiert hatten. Halten Sie sich bitte an die Anleitung Ihres Herstellers.

Qualitätskontrolle

Sie haben zwei Möglichkeiten:

1. Sie bereiten ihren eigenen Standard mit Hilfe einer Anleitung zur Herstellung einer Standardlösung (Natronlauge) vor.
2. Sie kaufen eine fertige Standardlösung. Notieren Sie den Typ des Standards auf dem Hydrologie Datenblatt.

Die Alkalität des Standards mit Natronlauge beträgt ungefähr 84 mg/l.

Es ist die Summe der Alkalität der Natronlauge alleine (70 mg/l) und des destillierten Wassers (14 mg/l oder weniger).

$70 \text{ mg/l} + 14 \text{ mg/l} = 84 \text{ mg/l}$.

Die Reinheit des destillierten Wassers hängt stark von der Region ab; darum ist seine Alkalität nicht fix. Leider geben die meisten Tests für Wasserproben mit geringer Alkalität (unter 30 mg/l) keine exakten Messungen an.

Darum ist es schwierig, die Alkalität ihres destillierten Wassers, demzufolge ihres Standards, zu bestimmen. Um diese Ungenauigkeit auszugleichen, müsste die Alkalität ihres Natron-Standards 84 mg/l \pm 10 mg/l sein. Wenn Sie eine Alkalität unter 74 mg/l oder über 94 mg/l in ihrer Natron-Lösung messen, bereiten Sie einen frischen Standard zu und achten Sie auf korrekte Gewichte und Auflösungen. Wenn die Abweichungen wieder 10 mg/l überschreiten, müssen Sie vielleicht die Reagenzien des Test-Sets ersetzen. Die fertig hergestellten Alkalitäts-Standards sind genau gemessen. In der Qualitätskontrolle müsste sich das Endresultat folgendermassen ergeben: genaue Messung ihres Standards plus oder minus die maximal für ihr Test-Set erlaubte Abweichung.

Präzision der Alkalität-Tests

Die verschiedenen erhältlichen Tests sind nicht alle gleich präzise. Die Tabelle zeigt die maximal erlaubten Abweichungen zweier geläufiger Testmethoden.

La Motte	8 mg/l
Hach	6.8 mg/l (minimaler Toleranzbereich, 0–10 mg/l)
	17 mg/l (maximaler Toleranzbereich, 0–50 mg/l)

Wenn ihr Test-Set hier nicht aufgeführt ist und Sie nicht sicher sind, welches die erlaubte Abweichung ist, nehmen Sie mit der Landeskoordination ihres Landes Kontakt auf und teilen Sie den Namen des Herstellers und des Modells mit.

Sicherheitsvorkehrungen

- Die Schülerinnen und Schüler müssen Handschuhe und Schutzbrillen tragen, wenn sie mit Chemikalien und Wasser arbeiten, da das Wasser schädliche Substanzen wie Bakterien oder Industrieabfälle enthalten kann.
- Es muss vorab bei der zuständigen Gemeindebehörde abgeklärt werden, wie und wo die verwendeten Substanzen entsorgt werden können.

Praktische Hinweise

Die Alkalität hängt direkt mit dem pH zusammen: Alkalireiche Gewässer widerstehen einer Säurezufuhr besser und sind weniger anfällig auf pH-Schwankungen.

Deshalb ist es wichtig, exakte pH-Messwerte zu haben, um sie mit den Ergebnissen der Alkalitätsmessungen vergleichen zu können. Gewisse Parameter der Atmosphäre wie Niederschläge und die Temperatur können die Interpretation ihrer Messdaten beeinflussen. Starke Regenfälle oder Schmelzwasser verursachen einen Zufluss an Süßwasser ins System, worauf die Alkalität des Wassers sinkt.

Zusätzliche Geologiekenntnisse – insbesondere über ihre regionstypischen Bodentypen – können für die Interpretation ihrer Ergebnisse hilfreich sein.

Praktischer Tipp

- Benützen ihre Schülerinnen und Schüler mehrere Test-Sets?
 - Markieren Sie jeden Bestandteil des Sets mit einem farbigen Punkt.
 - Nehmen Sie für jedes Set eine andere Farbe.
- So finden die Bestandteile immer wieder ihren Platz im richtigen Set.

Unterhalt des Materials

1. Bewahren Sie die Test-Sets an einem trockenen Ort, vor Wärme geschützt auf.
2. Achten Sie darauf, dass alle chemischen Produkte hermetisch verschlossen sind.
3. Lagern Sie die chemischen Produkte an einem trockenen Ort, ohne extreme Temperaturen. Die Substanzen können bis zu einem Jahr aufbewahrt werden, wenn sie nicht verunreinigt sind.
4. Bewahren Sie den Alkalitäts-Standard nach Öffnen im Kühlschrank auf (nach einem Jahr wegwerfen).
5. Entfernen Sie die Spitze der Titrier-Pipette, damit das Kautschuk-Teilchen nicht im Zylinder stecken bleibt.

Einige Vertiefungsfragen

- Welcher Zusammenhang besteht zwischen den Schwankungen des pHs und der Alkalität an ihrem Messstandort?
- Welchen Einfluss können die Gesteinsarten und die Böden auf die Alkalität ihres hydrographischen Einzugsgebiets haben?
- Welches sind ihrer Meinung nach die in ihrer Umgebung beobachteten Faktoren, welche Alkalitätsschwankungen verursachen könnten?
- Verändert sich die Alkalität an ihrem Messstandort regelmässig in den verschiedenen Jahreszeiten?
Ist dies auch an anderen Messstandorten feststellbar?

Prüfung der Ergebnisse**Sind die Ergebnisse realistisch?**

Die Alkalitäts-Messdaten können zwischen 0 ppm und mehr als 500 ppm variieren, wobei die meisten Wasserstellen eine Alkalität zwischen 40 und 300 ppm haben. Wenn Sie erstaunliche Messdaten erhalten, liegt die Erklärung oft in den Eigenschaften des Ortes. Die Schülerinnen und Schüler sollten sich Gedanken machen und ihre Untersuchungen weiterführen, wenn die Alkalität über mehrere Monate um Null herum liegt und plötzlich auf 300 ppm steigt. Andere Standorte erleben grosse natürliche Schwankungen der Alkalität, die auf Niederschläge, Schmelzwasser und andere ins System intervenierende Faktoren zurückzuführen sind.

Inwiefern sind diese Daten für Wissenschaftler nützlich?

Die Wissenschaftler interessieren sich für die Widerstandskraft des Wassers, wenn Säure zugegeben wird. Alkaliarme Gewässer sind allfälliger auf Veränderungen: bereits eine geringe Säurezufuhr könnte den pH in einen gefährlichen Bereich sinken lassen. Die Wissenschaftler recherchieren auch über Gebiete mit grossen Alkalitätsschwankungen, denn solche Orte können grosse Mengen an Säurezufuhr besser ausgleichen. Auch wenn ein Gewässer ein grosses Säureaufnahmevermögen hat, mit der Zeit wird die Säure die Alkalität neutralisieren und der pH-Wert wird sinken.

Projektbeispiel

Eine Hypothese formulieren

Eine Schülerin untersucht die Messwerte der Alkalität einer Wasserstelle, die von einer Klasse der Schule Crescent Elk in Kalifornien gesammelt wurden. Der hydrologische Standort SWS-02 ist die kleine Süßwasserbucht Elk Creek. Obschon es mehrere Abweichungen in den Messungen gibt, stellt die Schülerin fest, dass die Alkalitätswerte im Sommer höher und im Winter tiefer sind. Sie weiss, dass Niederschläge die Alkalität beeinflussen können und beschliesst deshalb, die Messwerte der Niederschläge und der Alkalität gemeinsam auf einer Grafik darzustellen (siehe Grafik HY-AL-1). Daraus ist klar ersichtlich, dass die Niederschläge vor allem von November bis März sehr hoch sind, im Juli und August sind sie am tiefsten. Die Schülerin formuliert die folgende Hypothese: in Elk Creek ist die Alkalität bei schwachem Niederschlag höher, bei starkem Niederschlag ist sie tiefer.

Sammeln der Daten

Sie untersucht die Daten der einzelnen Tage und stellt fest, dass drei Punkte besonders tief sind. Am 15. August 1997 ergab die Messung 1 mg/l, am 15. und 18. September 1998 hingegen 9 mg/L. Diese Messwerte liegen wesentlich unter den restlichen Messwerten, aber die Schülerin will die Untersuchung weiter führen. Sie hofft, dass alle Daten korrekt sind.

Um die Relationen hervorzuheben, will sie die stark abweichenden Daten in der Grafik herausnehmen. Sie erstellt eine neue Grafik mit den monatlichen Mittelwerten der Niederschläge und der mittleren Alkalität der letzten fünf Jahre (1997–2001, siehe Grafik HY-AL-2). Danach holt sie die monatlichen Messdaten (Total Niederschläge, Anzahl Regentage, Mittelwert Alkalität, Anzahl Tage, an denen die Alkalität gemessen wurde) aus der GLOBE-Datenbank und fügt sie in eine Tabelle ein.

Analysieren der Daten

Die Schülerin bemerkt, dass die Niederschläge nicht an allen Tagen für jeden Monat gemessen wurden. Sie denkt, dass es sinnvoller ist, die Mittelwerte der Niederschläge pro Tag zu untersuchen als das Total der Niederschläge pro Monat. Sie nimmt an, dass die Tage, an welchen nicht gemessen wurde, ungefähr die gleiche Niederschlagsmenge wie im Rest des Monats haben. Die Schülerin errechnet diesen Mittelwert indem sie die totale Niederschlagsmenge (in mm) durch die Anzahl Tage teilt.

Beispiel:

Die totale Niederschlagsmenge für April 1997 war 113.4 mm.

Die Messungen wurden an 30 Tagen vorgenommen, deshalb ergibt die durchschnittliche Niederschlagsmenge 3.8 mm/t (Millimeter pro Tag), da $113.4 / 30 = 3.78$.

Anschließend scheidet die Schülerin die Monate ohne Messungen für Niederschläge oder Alkalität aus. Für 6 von 60 Monaten gibt es keine Alkalitätsmessungen, für 3 von 60 Monaten keine für die Niederschläge. Zudem wurden im Oktober 2000 überhaupt keine Daten erhoben. Es bleiben also 50 Monate, die sie untersuchen muss.

Die Schülerin ordnet die Daten nach den Niederschlägen, wie in der Grafik (HY-AL-1). Sie errechnet die Mittelwerte für Niederschlag und Alkalität in Gruppen von 10 Monaten. Die 10 Monate mit den ausgiebigsten Niederschlägen sind November (1-mal), Dezember (2-mal), Januar (3-mal), Februar (3-mal) und März (1-mal).

Der Mittelwert der Niederschläge beträgt für diese Monate 12,7 mm/t.

Die Alkalität hingegen variiert zwischen 55 und 72 mg/l, der Mittelwert beträgt 66 mg/l.

Während die Niederschlagsmengen für die drei Gruppen der 10 folgenden Monate (5.5, 3.3. dann 1.4 mm/t) sinkt, schwankt die mittlere Alkalität: 74, 76 und 78 mg/l.

In den Monaten mit den tiefsten Niederschlagsmengen (0.1 mm/t), variiert die Alkalität zwischen 66 und 99 mg/l, mit einem Mittelwert von 86 mg/l. Diese «trockenen» Monate sind Juni (1-mal), Juli (3-mal), August (4-mal) und September (2-mal).

So hat die Schülerin überprüft, dass die Alkalität durchschnittlich in den «trockenen» Monaten höher ist als in den Monaten mit starken Niederschlägen.

Darauf nimmt sie wieder die gleichen Daten und ordnet sie nach ihrer Alkalität. Sie errechnet wiederum die Mittelwerte über 10 Monate, wie in der Grafik HY-AL-2 dargestellt. Diese neuen Berechnungen bestätigen die Tendenz: bei einer mittleren Alkalität von 94, 81, 75, 70 und 61 mg/l sind die Mittelwerte der Niederschläge 1.6, 2.7, 3.5, 6.5 und 8.7 mm/t. Im Allgemeinen ergeben sich die höchsten Alkalitätswerte von Juni bis September (die Monate Juni und April sind zwar je einmal erwähnt).

Die monatlichen Mittelwerte der Niederschläge, mit eingenommen die 10 höchsten Messwerte, variieren zwischen 0 und 4.4 mm/j.

Von den 10 tiefsten Alkalitätswerten wurden acht zwischen November und März, zwei im Mai und im August (zwei Monate mit geringem Niederschlag) gemessen.

Die monatlichen Mittelwerte der Niederschläge variieren zwischen 0 (minimaler Wert) und 16.9 mm/t (maximaler Wert).

Die Schülerin findet, dass sie genügend Informationen gesammelt hat, um ihre Hypothese zu stützen. Sie druckt ihre Grafiken und Tabellen aus, schreibt einen Rapport über ihre Ergebnisse und publiziert alles auf der Web-Site von GLOBE, unter der Rubrik Resultats des expériences.

Überlegungen für weitere Untersuchungen

Die Schülerin muss noch andere Faktoren berücksichtigen:

Inwiefern ist diese Wasserstelle von Schmelzwasser betroffen?

Welche Rolle spielen die Schneefälle in der gesamten Niederschlagsmenge in dieser Zone?

Wie stark verändert das Schmelzwasser im Frühling die Alkalität während den Monaten mit geringem Niederschlag?

Während dem ganzen Jahr hat dieser Messstandort eine eher schwache Alkalität (weniger als 100 mg/l CaCO_3).

Würde ein Standort mit höherer Alkalität auch so vielen Veränderungen unterliegen?

Und wie würde es bei einem Standort mit saisonalen Niederschlägen aussehen?

Grafik HY-AL-1

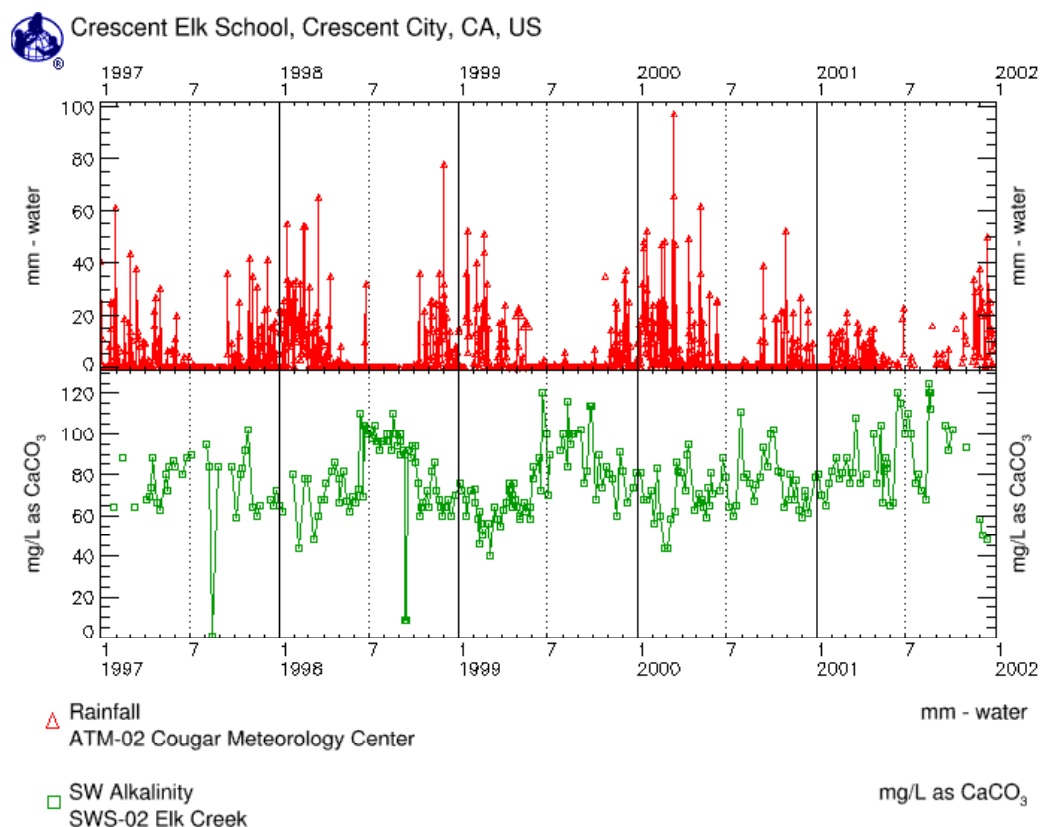


Tabelle HY-AL-1:**Monatliche Mittelwerte der Niederschläge, 1997–2001, in absteigender Reihenfolge**

Monat	Mittelwert Nieder- schläge pro Tag (mm/Tag)	Mittelwert Nieder- schläge über 10 Monate	Mittelwert Alkalität mg/l de CaCO ₃	Mittelwert Alkalität über 10 Monate	Monat	Mittelwert Nieder- schläge pro Tag (mm/Tag)	Mittelwert Nieder- schläge über 10 Monate	Mittelwert Alkalität mg/l CaCO ₃	Mittelwert Alkalität über 10 Monate
Dez – 01	16.9	12.7	52	66	Mai – 99	2.3	1.4	62	76
Jan – 98	16.0		69		Dez – 00	2.2		68	
Feb – 98	15.8		67		Avr – 99	1.9		69	
Jan – 00	15.2		72		Juin – 00	1.8		78	
Feb – 99	13.9		59		Okt – 99	1.5		79	
Feb – 00	10.9		61		Juin – 98	1.4		91	
Nov – 98	10.7		71		Juni – 97	1.4		84	
März – 00	10.2		69		Mai – 01	0.8		82	
Jan – 99	9.0		70		Mai – 98	0.4		71	
Dez – 98	8.8		66		Jan – 01	0.4		73	
März – 98	7.7	5.5	59	74	Aoû – 99	0.4	0.1	99	86
Mai – 00	6.4		69		Aoû – 00	0.3		75	
Nov – 97	6.4		63		Juni – 99	0.2		90	
April – 00	5.3		80		Sep – 99	0.1		98	
Nov – 99	5.3		77		Juil – 00	0.1		75	
Dez – 99	4.9		76		Juil – 99	0.0		84	
Okt – 00	4.9		82		Aoû – 97	0.0		66	
Dez – 97	4.7		68		Juil – 98	0.0		98	
Feb – 01	4.5		82		Aoû – 98	0.0		99	
März – 01	4.4		86		Sep – 98	0.0		76	
März – 99	4.3	3.3	55	79					
April – 01	3.9		90						
April – 97	3.8		73						
Nov – 00	3.7		71						
Okt – 97	3.5		83						
Okt – 98	3.2		74						
April – 98	3.1		78						
Sep – 00	2.8		89						
Sep – 01	2.4		98						
Mai – 97	2.3		77						

Grafik HY-AL-2



Crescent Elk School, Crescent City, CA, US

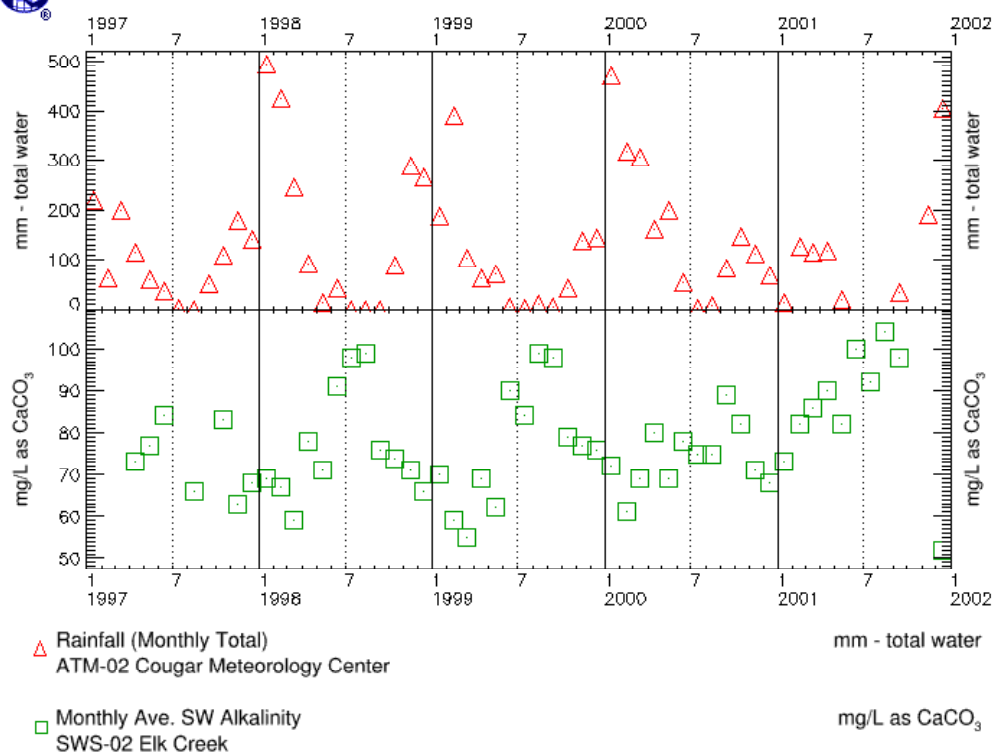


Tabelle HY-AL-2:**Monatliche Mittelwerte der Alkalität, 1997–2001, in absteigender Reihenfolge**

Monat	Mittelwert Nieder- schläge pro Tag (mm/Tag)	Mittelwert Nieder- schläge über 10 Monate	Mittelwert Alkalität mg/l CaCO ₃	Mittelwert Alkalität über 10 Monate	Monat	Mittelwert Nieder- schläge pro Tag (mm/Tag)	Mittelwert Nieder- schläge über 10 Monate	Mittelwert Alkalität mg/l CaCO ₃	Mittelwert Alkalität über 10 Monate
Aug – 99	0.4	1.6	99	94	Nov – 98	10.7	6.5	71	70
Aug – 98	0.0		99		Nov – 00	3.7		71	
Sep – 01	2.4		98		Mai – 98	0.4		71	
Sep – 99	0.1		98		Jan – 99	9.0		70	
Juli – 98	0.0		98		Jan – 98	16.0		69	
Juni – 98	1.4		91		März – 00	10.2		69	
April – 01	3.9		90		Mai – 00	6.4		69	
Juni – 99	0.2		90		April – 99	1.9		69	
Sep – 00	2.8		89		Dez – 97	4.7		68	
März – 01	4.4		86		Dez – 00	2.2		68	
Juni – 97	1.4	2.7	84	81	Feb – 98	15.8	8.7	67	61
Juli – 99	0.0		84		Dez – 98	8.8		66	
Okt – 97	3.5		83		Aug – 97	0.0		66	
Okt – 00	4.9		82		Nov – 97	6.4		63	
Feb – 01	4.5		82		Mai – 99	2.3		62	
Mai – 01	0.8		82		Feb – 00	10.9		61	
April – 00	5.3		80		Feb – 99	13.9		59	
Okt – 99	1.5		79		März – 98	7.7		59	
April – 98	3.1		78		März – 99	4.3		55	
Juni – 00	1.8		78		Dez – 01	16.9		52	
Nov – 99	5.3	3.3	77	75					
Mai – 97	2.3		77						
Dez – 99	4.9		76						
Sep – 98	0.0		76						
Aug – 00	0.3		75						
Juli – 00	0.1		75						
Okt – 98	3.2		74						
April – 97	3.8		73						
Jan – 01	0.4		73						
Jan – 00	15.2		72						



Messungen gelöster Sauerstoffgehalt des Wassers

Warum wird der gelöste Sauerstoffgehalt des Wassers gemessen?

Das GLOBE Protokoll Gelöster Sauerstoff misst den gelösten Sauerstoffgehalt (O_2) im Wasser. Es wird nicht der im Wassermolekül gebundene Sauerstoff gemessen (H_2O). Die SchülerInnen verwechseln oft den Sauerstoff, der Teil des Wassermoleküls ist (das «O» des H_2O), und den gelösten Sauerstoff (O_2).

Wassertiere brauchen wie die Landtiere Sauerstoffmoleküle zum Atmen. Nur ist in der Atmosphäre viel mehr Sauerstoff für die Atmung der Tiere verfügbar als im Wasser. Ungefähr 20 % der Luftmoleküle sind molekularer Sauerstoff. Im Wasser hingegen zählt man auf einer Million Wassermoleküle nur fünf oder sechs Sauerstoffmoleküle. Der gelöste Sauerstoffgehalt des Wassers ist entscheidend für alle Lebewesen. Einige Wassertiere wie der Lachs oder die Larve der Eintagesfliege brauchen einen höheren Sauerstoffgehalt als andere Tiere (zum Beispiel Katzenfisch oder Bluteigel).

Der gelöste Sauerstoffgehalt, der im Wasser vorhanden ist (unter besonderen Bedingungen), kann also mit der Löslichkeit von gelöstem Sauerstoff gleichgestellt werden. Die Wassertemperatur, der atmosphärische Druck und die Salinität sind Faktoren, die auf die Löslichkeit von gelöstem Sauerstoff wirken.

Kaltes Wasser löst mehr Sauerstoff als warmes Wasser. Bei einer Temperatur von $25^\circ C$ liegt die Löslichkeit von Sauerstoff bei 8.3 mg/l , bei $4^\circ C$ beträgt sie 13.1 mg/l . Bei einem Anstieg der Wassertemperatur gibt das Wasser eine gewisse Menge Sauerstoff an die Luft ab. In höheren Lagen enthält das Wasser weniger gelösten Sauerstoff, weil der Druck geringer ist. Die Löslichkeit von gelöstem Sauerstoff sinkt zudem wenn die Salinität zunimmt.

Bei der Fotosynthese reichern die Pflanzen das Wasser mit gelöstem Sauerstoff an, entweder durch Diffusion oder durch Durchmischung des Wassers mit der Luft. Eine ebensolche Durchmischung geschieht bei Wellen, Schwellen und Wasserfällen. Der gelöste Sauerstoffgehalt wird auch durch die Lebewesen im Wasser beeinflusst. So wie die Fotosynthese der Pflanzen auf der Erde die Luft mit Sauerstoff anreichert, so reichert die Fotosynthese der Wasserpflanzen das Wasser mit gelöstem Sauerstoff an. Das Wasser kann auch übersättigt sein, das heisst, dass der gelöste Sauerstoffpegel höher ist als die Löslichkeit des Wassers. Der Überschuss an gelöstem Sauerstoff wird schlussendlich an die Luft abgegeben oder durchs Atmen abtransportiert.

Die Lebewesen im Wasser produzieren nur einen kleinen Teil des gesamten organischen Materials des Systems. Das organische Material in den Wasser-Ökosystemen ist grösstenteils nicht vollständig abbaubar. Es wird im Allgemeinen als Detritus (Überreste) bezeichnet. Das organische Material kann in situ entstehen oder über das umliegende Land (aus menschlichen oder natürlichen Quellen) ins Wasser gelangen. Der Zyklus des organischen Kohlenstoffs zwischen den belebten und den unbelebten Elementen wird Kohlenstoff-Zyklus genannt.

Organisches Material entsteht bei der Fotosynthese und wird bei der Atmung verbraucht. Für die Atmung brauchen die Lebewesen (Fische, Bakterien etc.) gelösten Sauerstoff.

Protokoll gelöster Sauerstoff

Aufgabe

Messung des gelösten Sauerstoffgehalts des Wassers.

Dauer des Versuchs

20 Minuten

Qualitätskontrolle: 20 Minuten

Häufigkeit der Messungen

Wöchentlich

Qualitätskontrolle Test Sets: alle 6 Monate

Überblick

Die Schülerinnen und Schüler benützen ein Test-Set, um den gelösten Sauerstoff in der an ihrem Messstandort entnommenen Wasserprobe zu messen.

Das Vorgehen hängt von den Anweisungen des Test-Sets ab.

Material und Dokumente

- ☐ Test-Set für die Messung des gelösten Sauerstoffs
- ☐ Hydrologie-Datenblatt
- ☐ Feldanleitung zur Messung des gelösten Sauerstoffs
- ☐ Destilliertes Wasser in einer Spritzflasche
- ☐ Verschlussbares Fläschchen (mit Korken) für die Abfälle
- ☐ Latex-Handschuhe
- ☐ Schutzbrillen

Für die Qualitätskontrolle braucht es zudem:

- ☐ 100 ml-Messzylinder
- ☐ verschliessbares 250 ml-Fläschchen aus Polyethylen
- ☐ Uhr
- ☐ Thermometer
- ☐ Tabelle für die Löslichkeit des Sauerstoffs
- ☐ Tabelle für die Korrektur der Höhe

Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler lernen so:

- den Umgang mit einem Test-Set zur Messung des gelösten Sauerstoffs
- die Gründe zu erforschen, warum der gelöste Sauerstoffgehalt in einem Gewässers schwankt
- die Ergebnisse ihrer Versuche mit anderen GLOBE-Schulen auszutauschen und zu kommunizieren
- mit anderen GLOBE-Schulen des gleichen oder eines anderen Landes zusammenzuarbeiten
- ihre Beobachtungen zu teilen, indem sie ihre Daten ins GLOBE-Archiv eingeben.

Erforderliche Kenntnisse

- Chemischer Test für die Messung des gelösten Sauerstoffgehalts anwenden
- Herausfinden, welche Fragen auftauchen könnten
- Wissenschaftliche Versuche installieren und durchführen.
- Mathematische Kenntnisse anwenden, um die Daten zu analysieren
- Beschreibungen und Erklärungen liefern und diese begründen können
- Alternativen Erklärungen (andere Möglichkeiten) erkennen und analysieren
- Vorgehensweise und Erklärungen kommunizieren

Erforderliche Schulstufe

Mittel- und Sekundarstufe (7., 8., 9. Klasse, Gymnasium)

Wichtiges im Voraus

Es ist wichtig, auf die Sicherheitsvorkehrungen bei der Handhabung von chemischen Tests hinzuweisen!



Feldanleitung für die Messung des gelösten Sauerstoffs

Aufgabe

Messung des gelösten Sauerstoffgehalts des Wassers am Messstandort.

Benötigtes Material

- ☐ Hydrologie-Datenblatt
- ☐ Destilliertes Wasser in Spritzflasche
- ☐ Schutzhandschuhe
- ☐ Schutzbrille
- ☐ Test-Set für die Analyse von Sauerstoff
- ☐ Stifte oder Kugelschreiber
- ☐ Plastikflasche mit Verschluss (für die chemischen Rückstände)

Am Messstandort

1. Vervollständigt euer Datenblätter Wasseruntersuchungen mit euren Namen, dem Datum und dem Namen des Ortes.
2. Zieht die Schutzhandschuhe und die Schutzbrille an.
3. Spült eure Hände und das Probenfläschchen drei Mal mit dem zu untersuchenden Wasser aus.
4. Schraubt den Deckel auf das leere Probenfläschchen.
5. Taucht das Fläschchen in das zu untersuchende Wasser ein.
6. Öffnet den Deckel und stellt das Fläschchen dabei unter Wasser, füllt das Fläschchen mit Wasser. Klopft sanft aufs Fläschchen, um Luftblasen zu entfernen.
7. Schraubt den Deckel unter Wasser zu.
8. Nehmt das verschlossene Fläschchen aus dem Wasser.
Dreht es auf den Kopf und überprüft, dass es keine Luftblasen mehr darin hat.
Falls doch, wiederholt den Füllvorgang.
9. Nehmt die Messung des Sauerstoffs vor und haltet euch dabei an die Anleitungen des Herstellers des Test-Sets.
10. Die erste Gruppe notiert ihren Messwert des Sauerstoffgehalts auf dem Hydrologie-Datenblatt.
11. Nehmt die Messungen mit zwei anderen Gruppen vor und benützt dabei jedes Mal neue Wasserproben.
12. Die Gruppen 2 und 3 notieren ihre Messwerte auf dem Hydrologie-Datenblatt.
13. Berechnet den Mittelwert der drei Messungen.
14. Jeder Messwert darf nicht mehr als 1 mg/L vom Mittelwert abweichen.
Wenn ein Wert zu sehr abweicht, berechnet den neuen Mittelwert nur der beiden anderen Messwerte.
Wenn diese beiden Messwerte nicht mehr als 1mg/l vom neu berechneten Mittelwert entfernt liegen, notiert diesen Mittelwert.
15. Füllt die Reste der chemischen Reagenzien in die Plastikflasche ein. Spült das Material des Test-Sets mit destilliertem Wasser ab.

Qualitätskontrolle gelöster Sauerstoff

Findet im Labor statt.

Aufgabe

Genauigkeit der Messungen überprüfen, die mit dem Test-Set für gelösten Sauerstoff vorgenommen wurden. Vergleich der Messungen mit theoretischen Werten aus Tabellen. Üben, mit dem Test-Set für gelösten Sauerstoff richtig umzugehen.

Benötigtes Material

- ☐ Test-Set für gelösten Sauerstoff
- ☐ Laborheft
- ☐ Destilliertes Wasser
- ☐ 100ml-Messzylinder
- ☐ verschliessbares 250 ml-Fläschchen aus Polyethylen
- ☐ Latex-Handschuhe
- ☐ Schutzbrille
- ☐ Uhr
- ☐ Thermometer
- ☐ Stifte oder Kugelschreiber
- ☐ Plastikflasche mit Verschluss (für die chemischen Rückstände)

Vorgehen

1. Spült die 250ml-Flasche zweimal mit destilliertem Wasser aus.
2. Gebt 100ml destilliertes Wasser in die 250ml-Flasche.
3. Verschliesst die Flasche und schüttelt 5 Minuten kräftig.
Dies ergibt die Referenz-Lösung, die für das Überprüfen des Test-Sets verwendet wird (mit 100 % Sauerstoff gesättigtes Wasser).
4. Öffnet die Flasche und misst die Temperatur (siehe Feldanleitung Messung Wassertemperatur). Achtet darauf, dass die Spitze des Thermometers nicht den Boden oder die Wand der Flasche berührt.
5. Tragt die Temperatur der Referenz-Lösung in euer Laborheft ein.
6. Füllt die vorgesehene Flasche für die Probeentnahme mit der frisch zubereiteten Standard-Lösung. Schliesst dreht es um. Es darf keine Luftblasen darin haben.
NB: Bei der Qualitätskontrolle muss die Flasche für die Probeentnahme nicht ins Wasser getaucht werden.
7. Zieht die Schutzhandschuhe – und Brille an.
8. Messt den gelösten Sauerstoffgehalt und folgt dabei den Anweisungen des Test-Sets. Notierte euer Resultat.
9. Übertragt den Messwert des gelösten Sauerstoffs der Standardlösung (in mg/l) in das Laborheft.
10. Sucht in der Tabelle zur Löslichkeit des Sauerstoffs die Temperatur heraus, welche der gemessenen Temperatur der Wasserprobe entspricht (siehe Tabelle HY-DO-1).
11. Notiert die theoretische Löslichkeit, die der Wassertemperatur entspricht.
12. Bestimmt und notiert die Höhe eures Messstandortes in der Tabelle mit den Kalibrationsfaktoren Höhe/Druck (siehe Tabelle HY-DO-2).
13. Übertragt den Kalibrationsfaktor, welcher der Höhe eures Labors entspricht.
14. Um den gelösten Sauerstoffgehalt der Lösung zu erhalten (theoretischer Wert), müsst ihr die Löslichkeit des Sauerstoffs aus der Tabelle mit dem Kalibrationsfaktor multiplizieren.
15. Vergleicht den Messwert der Standard-Lösung (mit dem Test-Set gemessen) mit dem Wert, der mit den Daten der Tabelle errechnet wurde.
16. Wenn der selber erhobene Messwert nicht mehr als 1mg/l vom errechneten und somit theoretischen Wert abweicht, tragt ihr den Wert des gelösten Sauerstoffs in den Laborheft ein. Wenn er zu sehr abweicht, beginnt ihr das Kontroll-Vorgehen nochmals bei Punkt 1.
17. Wenn die Messwerte immer noch abweichen, übertragt ihr den Messwert trotzdem und benachrichtigt eure Lehrperson, dass das Test-Set nicht einwandfrei funktioniert.
18. Füllt die Reste der chemischen Reagenzien in die Plastikflasche ein.
19. Spült das Material des Test-Sets mit destilliertem Wasser ab.

Häufig gestellte Frage

Warum entspricht der gemessene Wert des gelösten Sauerstoffs nicht dem errechneten Wert?

Es gibt zwei Gründe, weshalb die Zahlen nicht übereinstimmen könnten.

Ihr habt vielleicht die Gebrauchsanleitungen nicht genau befolgt.

Oder Ihr habt beim Messvorgehen kleine Fehler gemacht.

Hier einige Tipps, um dieses Problem zu beheben:

1. Achtet darauf, dass es in der Probeentnahmeflasche oder in der Reagenz-Spritze (einige Test-Sets benutzen Spritzen) keine Luftblasen hat.
2. Dreht die Flasche um und ihr werdet sehen, ob es noch Luftblasen hat.
3. Messt genau. Wenn ihr Tropfen aus einer Flasche beifügen, haltet die Flasche senkrecht, damit alle Tropfen gleich gross sind.
4. Lasst den Niederschlag sich vollständig setzen. Wenn ihr die Flasche zu stark schüttelt, kann der Niederschlag mehr als 10 Minuten dauern.
5. Übertrag die Messwerte genau. Die Anleitung verlangt, dass die Tropfen gezählt werden. Beauftrag zwei weitere Personen, mitzuzählen. Lest vor dem Messen in der Anleitung, wie die Messkala der Spritze abgelesen werden muss.
6. Der zweite Grund für die Abweichung der beiden Werte könnte auf die Chemikalien in ihrem Test-Set zurückzuführen sein. In diesem Fall solltet ihr neue Chemikalien organisieren.



Anhang

Tabelle HY-D01:

Löslichkeit von Sauerstoff bei 1013 Millibar Luftdruck

Temp.	Löslichkeit	Temp.	Löslichkeit	Temp.	Löslichkeit
°C	mg/l	°C	mg/l	°C	mg/l
0	14.6	16	9.9	32	7.3
1	14.2	17	9.7	33	7.2
2	13.8	18	9.5	34	7.1
3	13.5	19	9.3	35	7.0
4	13.1	20	9.1	36	6.8
5	12.8	21	8.9	37	6.7
6	12.5	22	8.7	38	6.6
7	12.1	23	8.6	39	6.5
8	11.9	24	8.4	40	6.4
9	11.6	25	8.3	41	6.3
10	11.3	26	8.1	42	6.2
11	11.0	27	8.0	43	6.1
12	10.8	28	7.8	44	6.0
13	10.5	29	7.7	45	5.9
14	10.3	30	7.6	46	5.8
15	10.1	31	7.4	47	5.7

Tabelle HY-D02:

Kalibrationsfaktoren bei verschiedenen Höhen und Druckwerten

Druck	Höhe	Faktor	Druck	Höhe	Faktor
mbar	m.ü.M.	Korrektur %	mbar	m.ü.M.	Korrektur %
1023	-84	1.01	841	1544	0.83
1013	0	1.00	831	1643	0.82
1003	85	0.99	821	1743	0.81
993	170	0.98	811	1843	0.80
988	256	0.97	800	1945	0.79
973	343	0.96	790	2047	0.78
963	431	0.95	780	2151	0.77
952	519	0.94	770	2256	0.76
942	608	0.93	760	2362	0.75
932	698	0.92	750	2469	0.74
1922	789	0.91	740	2577	0.73
1912	880	0.90	730	2687	0.72
902	972	0.89	719	2797	0.71
892	1066	0.88	709	2909	0.70
882	1160	0.87	699	3203	0.69
871	1254	0.86	689	3137	0.68

Informationen für die Lehrkräfte

Ergänzende Protokolle

Machen Sie eine Qualitätskontrolle, wenn die letzte mehr als 6 Monate zurück liegt.

Wassertemperatur: Die Löslichkeit von Sauerstoff hängt von der Wassertemperatur ab.

Es ist deshalb wichtig, die Temperaturdaten zu sammeln, parallel zur Messung des gelösten Sauerstoffs.

Atmosphärische Messungen wie diejenigen für Wolkendecke, Niederschlag oder Lufttemperatur können für die Analyse der Daten des gelösten Sauerstoffs interessant sein.

Die Zunahme der Wolkenbedeckung kann zum Beispiel einen Rückgang der Photosynthese während des Tages bewirken.

Pflanzendecke des Bodens: Bei den hydrologischen Messungen ist es nützlich, die Bodenbeschaffenheit des Einzugsgebiets zu kennen. Die Pflanzendecke des Bodens kann die Menge an organischem Material im Wasser beeinflussen.

Vorgehensweise

Die Test-Sets zur Bestimmung des gelösten Sauerstoffs beinhalten Chemikalien zur Fixierung und zum Test der Probe. Die Fixierung wird mit einer Chemikalie durchgeführt, die mit dem gelösten Sauerstoff einen Niederschlag bildet. Danach fügt man eine weitere Substanz zu, die die Lösung färbt. Beim Testen fügt man tropfenweise solange eine Titrationslösung zu, bis die Lösung entfärbt ist. Die Menge an gelöstem Sauerstoff wird über das Volumen der verbrauchten Titrationslösung berechnet.

Der gelöste Sauerstoffgehalt des Wassers kann sich nach der Entnahme der Wasserprobe rasch verändern. Es ist wichtig, diesen Versuch sofort nach der Entnahme durchzuführen.

Die Wasserprobe muss für die Untersuchung am Messstandort direkt «fixiert» werden (siehe Anleitungen des Test-Sets). Wenn die Wasserprobe fixiert ist, kann der Versuch in der Schule weitergeführt werden.

Je nach Anleitungen des Test-Sets muss folgende Technik angewendet werden:

1. Achten Sie darauf, dass es in der Flasche mit dem Testwasser keine Luftblasen gibt. Drehen Sie die Flasche um und kontrollieren Sie, ob es Blasen hat.
2. Halten Sie die Flaschen und die Tropfenzähler senkrecht, wenn Sie die Reagenz-Tropfen in die Wasserprobe träufeln, damit alle Tropfen die gleiche Grösse haben.
3. Wenn in der Anleitung steht, dass die Schülerinnen und Schüler «mischen» müssen, so müssen sie die Flasche schliessen und von links nach rechts schütteln, damit sich die Chemikalien langsam vermischen können.
4. Der Niederschlag ist gesetzt, wenn eine deutliche Linie zwischen der hellen Flüssigkeit an der Oberfläche und der zweiten Lösung am Boden erscheint (2 Phasen). In Salz- und Brackwasser braucht der Niederschlag eine gewisse Zeit (mehr als 15 Minuten) um zu scheiden. Warten Sie ab, bis Sie eine deutliche Linie zwischen der klaren Flüssigkeit und der gesetzten Lösung im unteren Teil der Flasche erkennen.
5. Achten Sie darauf, dass es beim Auffüllen der Dosierspritze keine Luftblasen gibt.
6. Wenn Sie gemäss Anleitungen ein „helles Gelb“ titrieren müssen, legen Sie ein weisses Blatt Papier vor die Flasche und setzen Sie die Titration fort bis die Flüssigkeit fast klar ist. Fügen Sie dann die Stärke bei.
7. Es ist nicht nötig, einen Höhenausgleich vorzunehmen, wenn Sie den exakten gelösten Sauerstoffgehalt in der Wasserprobe ihres Untersuchungsorts messen. Der Höhenausgleich muss nur bei der Qualitätskontrolle gemacht werden.

Qualitätskontrolle

Bei der Qualitätskontrolle vergleichen die Schülerinnen und Schüler den gemessenen gelösten Sauerstoff in ihrem Standard mit dem gesättigten Wert der Tabelle. Sie erfahren so, ob ihr Test-Set und ihre Vorgehensweise richtig sind. Für die Herstellung eines gesättigten Standards sättigen die Schülerinnen und Schüler destilliertes Wasser, das sie in einer halb vollen Flasche fünf Minuten lang schütteln. Die Löslichkeit nimmt ab, wenn die Temperatur und die Salinität steigen und der atmosphärische Druck sinkt. Deshalb kontrollieren wir diese Variablen in unserem Standard mit gesättigtem Sauerstoff, indem wir destilliertes Wasser verwenden und die Temperatur des Wassers und die Höhe kalibrieren (ein indirekter Messwert des atmosphärischen Drucks). Sie müssen die Höhe des Ortes kennen, wo die Qualitätskontrolle durchgeführt wird (zum Beispiel die Höhe ihrer Schule). Die Tabelle HY-DO-2 zeigt die Kalibrationsfaktoren bei verschiedenen Druckwerten und Höhen. Die geschüttelte Lösung kann direkt in die Probeentnahmeflasche geschüttet werden. Die Flasche muss voll sein. Sie müssen dem entnommenen Wasser keinen Sauerstoff beifügen, da dieses Wasser bereits mit Sauerstoff gesättigt ist. Wenn die Probeentnahmeflasche gefüllt ist, folgen Sie den Anleitungen des Test-Sets für die Messung des gelösten Sauerstoffgehalts.

Sicherheitsvorkehrungen

- Die Schülerinnen und Schüler müssen Handschuhe und Schutzbrillen tragen, wenn sie mit Chemikalien und Wasser arbeiten, da das Wasser schädliche Substanzen wie Bakterien oder Industrieabfälle enthalten kann.
- Es muss vorab bei der zuständigen Gemeindebehörde abgeklärt werden, wie und wo die verwendeten Substanzen entsorgt werden können.

Praktische Tipps

Markieren Sie jedes Teil des gleichen Test-Sets mit der gleichen Farbe oder mit Nagellack. So verhindern Sie, dass die Chemikalien und die Dosierspritzen mit denjenigen eines anderen Sets vertauscht werden.

Einteilung der Zeit und der Schülerinnen und Schüler

Wenn die Zeit nicht reicht, dass alle Schülerinnen und Schüler den gelösten Sauerstoff der drei verschiedenen Wasserproben vor Ort untersuchen, beauftragen Sie mindestens einen Schülerinnen und Schüler, alle Messungen vorzunehmen.

Danach können die Schülerinnen und Schüler das gleiche entnommene Wasser, nach Fixierung, für die Messungen im Schulzimmer oder im Labor verwenden.

Unterhalt des Materials

1. Verschliessen Sie die Chemikalien sofort nach Verwendung gut zu.
2. Spülen Sie die Entnahmeflasche und das Titrationsglas nach der Verwendung mit destilliertem Wasser aus.
3. Werfen Sie die Chemikalien, die sich noch im Tropfenzähler und in den Spritzen befinden, weg. Die übrig gebliebenen Chemikalien dürfen nicht in ihren ursprünglichen Behälter zurück geschüttet werden, da sie verunreinigt sein können.
4. Spülen Sie die Spritze nicht mit destilliertem Wasser ab, wenn sie nicht verunreinigt wurde. Destilliertes Wasser hinterlässt oft Wassertropfen in der Spritze, die nur schwer zu entfernen sind.
5. Entfernen Sie den Kolben der Spritze, damit das Ende aus Kautschuk nicht im Rohr stecken bleibt. Versorgen Sie die Spritze.

Einige Vertiefungsfragen

- Wie kann eine Veränderung des gelösten Sauerstoffgehalts die Lebewesen einer Wassermasse beeinflussen?
- Wie kann die Erwärmung oder die Abkühlung der Atmosphäre den Sauerstoffgehalt des Wassers beeinflussen?
- Wie kann die Pflanzendecke des Bodens rund um den Untersuchungsort den gelösten Sauerstoffgehalt beeinflussen?

Prüfung der Ergebnisse

Sind die Ergebnisse realistisch?

Der gelöste Sauerstoffgehalt, den ihr messt, hängt vom Ort ab, wo ihr das Wasser entnommen habt. Gelöster Wasserstoff wird dem Wasser (Wasserlauf oder Wasserfall) durch Durchlüftung, Diffusion oder bei der Fotosynthese der Wasserpflanzen beigelegt. Gelöster Sauerstoff wird für die Atmung gebraucht. Der maximale gelöste Sauerstoffgehalt des Wassers (gesättigte Lösung) hängt von der Höhe des Ortes (atmosphärischer Druck), der Temperatur und der Salinität eurer Wasserprobe ab.

Der gelöste Sauerstoffgehalt in natürlichen Gewässern kann zwischen 0,0 mg/l und ungefähr 16,0 mg/l variieren. Destilliertes Wasser von 0,0°C hat auf Meereshöhe eine Löslichkeit von 14,6 mg/l.

Warme und stagnierende Gewässer können einen Sauerstoffgehalt von ungefähr 4 oder 5 mg/l haben. Kalte und bewegte Gewässer können einen gelösten Sauerstoffgehalt von ungefähr 13 oder 14 mg/l haben. Es gibt auch höhere Werte, die durch die Fotosynthese der Pflanzen entstehen. Tiefere Werte wiederum ergeben sich durch die Atmung.

Weil der gelöste Sauerstoffgehalt von der Temperatur des Wassers und anderen variablen Parametern wie die Atmung und die Fotosynthese abhängt, ist es nützlich saisonalen Tendenzen zu suchen.

Stellt die Messdaten des gelösten Sauerstoffs und der Wassertemperatur eines Jahres grafisch dar. Sucht nach Ähnlichkeiten zwischen den verschiedenen Jahreszeiten.

Der gelöste Sauerstoffgehalt muss immer zur gleichen Zeit an jedem Tag der Woche gemessen werden. Der Sauerstoffpegel verändert sich im Laufe des Tages, weil das Wasser wärmer wird und die Fotosynthese zunimmt. Daten, die an unterschiedlichen Tageszeiten erhoben wurden, zeigen saisonale Tendenzen, die viel schwieriger zu analysieren sind.

Wenn ihr die Daten grafisch darstellt, werdet ihr nicht nur saisonale Tendenzen erkennen, sondern auch Fehler eruieren können, wie zum Beispiel falsch gesetzte Dezimal-Kommas.

In der Grafik HY-DO-1 ist der gelöste Sauerstoffgehalt am 7. Februar 1999 sehr tief: 3 mg/l. Dies ist kein normaler Wert für eine solche Wassermasse in dieser Jahreszeit.

Wir erwarteten einen Wert von ungefähr 11 bis 13 mg/l. Wenn ihr solchen Werten begegnen, kontaktiert die Schule und bittet diese, die Datenblätter zu kontrollieren, ob es sich hier wirklich um den gemessenen Wert handelt.

Nachdem ihr einige Proben zusammengetragen habt, solltet ihr den ungefähren Wert des gelösten Sauerstoffs in eurer Wassermasse kennen. Wenn ihr einen erstaunlichen Wert erhaltet (höher oder tiefer als der erwartete Wert, obschon sie die Wassertemperatur und die gesammelten Werte mehrerer Wochen berücksichtigt haben), nehmt die Messungen mit einer frischen Wasserprobe und einer gereinigten Probeentnahmeflasche nochmals vor. Erhaltet ihr immer noch die gleichen Ergebnisse, notiert in den Meta-Daten, dass ihr euch der ungewöhnlichen Werte an dem besagten Tag bewusst seid, diese aber korrekt sind.

Welche Informationen liefern die Daten?

Die meisten Lebewesen können bei einem Pegel an gelöstem Sauerstoff unter 3,3 mg/l nicht leben. Einige sehr empfindliche Organismen können sogar bei einem Pegel unter 7,5 mg/l nicht leben. Es wird besorgniserregend, wenn der Sauerstoffpegel fällt und einen tiefen Stand (das heisst unterhalb 5 mg/L) erreicht. Übermässig viele Nährstoffe (Dünger, verbrauchtes Wasser mit viel organischem Material) in einer Wassermasse können eine Überpopulation der Vegetation und Algen herbeiführen und eine Verschlechterung des Wassers bewirken.

Auch Bakterien, welche organisches Material (abgestorbenes Pflanzenmaterial usw.) zersetzen, atmen und verbrauchen Sauerstoff. Es ist interessant, nebst der Untersuchung des gelösten Sauerstoffgehalts des Wasser, den praktisch gemessenen Gehalt mit einem geschätzten und theoretischen Sättigungswert (siehe Tabelle!) zu vergleichen. Dies kann uns die Produktivität der Wassermasse anzeigen. In einer Wassermasse produzieren Pflanzen mit der Fotosynthese Sauerstoff. Die Werte des gelösten Sauerstoffs variieren im Laufe des Tages. Die höchsten Werte werden am frühen Nachmittag, die tiefsten Werte in der Nacht (wenn die Atmung nicht durch die Fotosynthese kompensiert wird)

verzeichnet. An gewissen Zeiten des Tages (meistens am frühen Nachmittag) können einige Wassermassen einen gelösten Sauerstoffpegel über der Sättigungsgrenze haben, weil die Fotosynthese mehr Sauerstoff produziert als mit der Atmung verbraucht wird. Das Licht dringt schlecht in sehr trübes Wasser. Diese Wassermassen sind deshalb wenig produktiv und zeichnen sich durch einen niedrigen gelösten Sauerstoffgehalt aus.

Die Seiten «Globe Visualisations» der Web-Site schlagen Sättigungswerte für gelösten Sauerstoff an eurem Standort vor. Ihr könnt diese Werte mit euren reellen Messungen vergleichen.

Projektbeispiel

Eine Hypothese formulieren

Eine Schülerin, die sich für gelösten Sauerstoff interessiert, untersucht die Grafik zum gelösten Sauerstoff des Untersuchungsorts der Oberschule Reynolds jr. Dieser Ort wird auch «die gedeckte Brücke» genannt. Sie stellt fest, dass die Werte des gelösten Sauerstoffs von Ende Dezember 2000 bis Januar 2001 tiefer sind als in den vorhergehenden Wintern. In dieser Periode lagen die Werte während einem Monat zwischen 7 und 10 mg/l. In den drei vorhergehenden Wintern lagen die Werte konstant zwischen 11 und 15 mg/l. Die tiefen Werte entsprechen denjenigen, die in den warmen Perioden erhoben wurden.

Sie geht vom Prinzip aus, dass der Gehalt an gesättigtem gelöstem Sauerstoff mit der Temperatur zusammenhängt. Sie formuliert die folgende Hypothese: Die Wassertemperatur ist in dieser Periode abnormal warm. Die erhöhte Wassertemperatur ist deshalb verantwortlich für das Abfallen des gelösten Sauerstoffgehalts. Sie nimmt mit der Schule Kontakt auf und erfährt, dass dieser Wasserlauf der Shenango River ist.

Sammeln und analysieren der Daten

Zuerst stellt sie die monatlichen Mittelwerte des gemessenen gelösten Sauerstoffs und der Temperatur grafisch dar.

Der ungewöhnlich tiefe gelöste Sauerstoffgehalt des Januar 2001 ist noch auffälliger, wenn man die Monatsmittelwerte betrachtet. Die Zunahme der Wassertemperatur und das Abfallen des gelösten Sauerstoffgehalts scheinen jedoch keinen Zusammenhang zu haben. Das Wasser ist ungefähr 3°C.

Wenn die Wassertemperatur normal ist, müssten die gelösten Sauerstoffgehalte auch erhöht sein. Dies bedeutet, dass das Defizit an gelöstem Sauerstoff, das heisst die Differenz zwischen den theoretischen und berechneten Sättigungswerten und den effektiv beobachteten Werten, aus irgendwelchen Gründen abnormal hoch ist.

Nach Untersuchung der Datenreihen schliesst Schülerin folgendes daraus: die Werte des gelösten Sauerstoffs sind im Januar 2001 tiefer als im Januar 1998, 1999 und 2000. Die Wassertemperatur und der gesättigte, gelöste Sauerstoffgehalt sind ungefähr die gleichen. Das Sinken des gesättigten Sauerstoffgehalts hängt nicht mit der Veränderung der Wassertemperatur zusammen.

Ihre Hypothese, wonach eine höhere Wassertemperatur ein Sinken des gelösten Sauerstoffgehalts bewirkt, ist somit verworfen. Es ist absolut normal, dass Hypothesen verworfen werden. Wissenschaftler machen das immer wieder. Die Erkenntnis, dass eine Hypothese ungültig ist, erlaubt es oft, Ersatzlösungen zu finden, die zu einem besseren Verständnis des gestellten Problems beitragen.

Überlegungen für weitere Untersuchungen

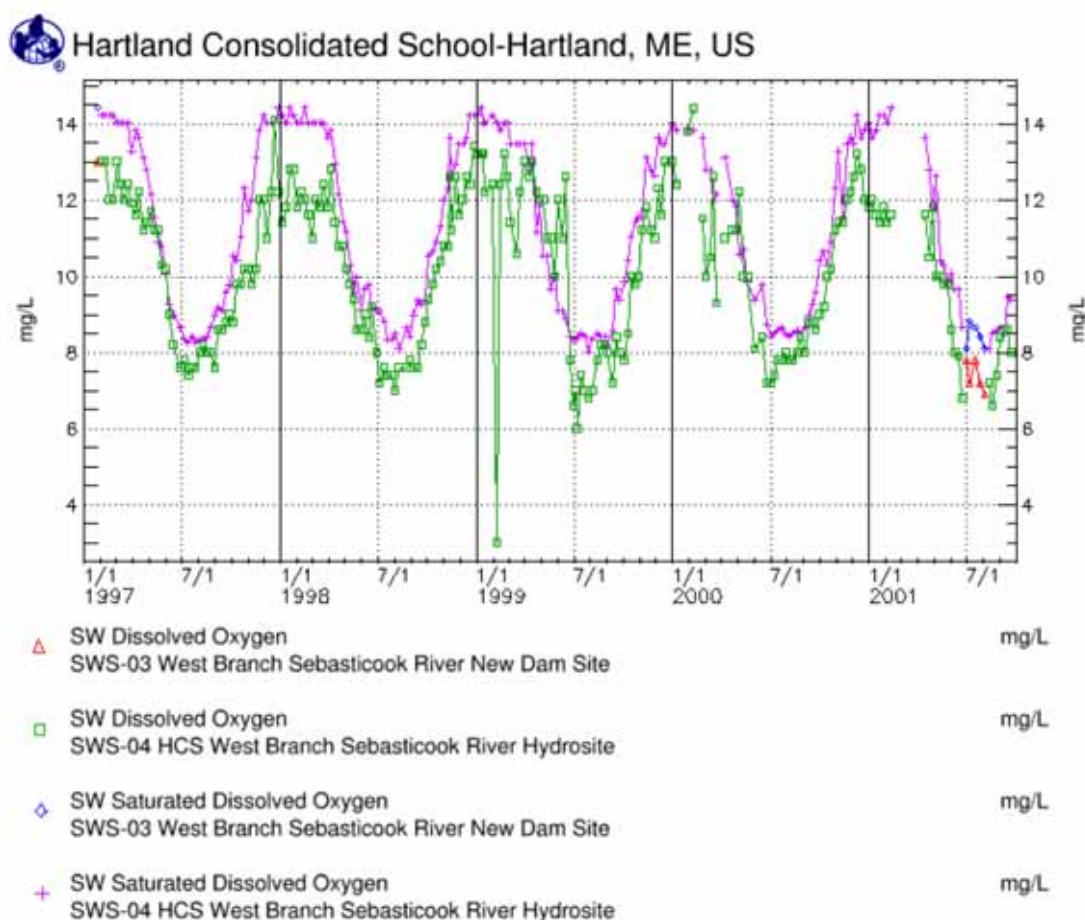
Diese Daten sagen nichts über den Grund aus, warum der gelöste Sauerstoffgehalt des Winter 2001 viel schwächer war als in den drei vorhergehenden Winter.

Die Schülerin stellte allerdings fest, dass der Winter 2000-2001 viel länger schien als die anderen Winter, hat sich aber nicht gefragt, warum dies den gelösten Sauerstoffgehalt am Ende des Winters beeinflussen konnte.

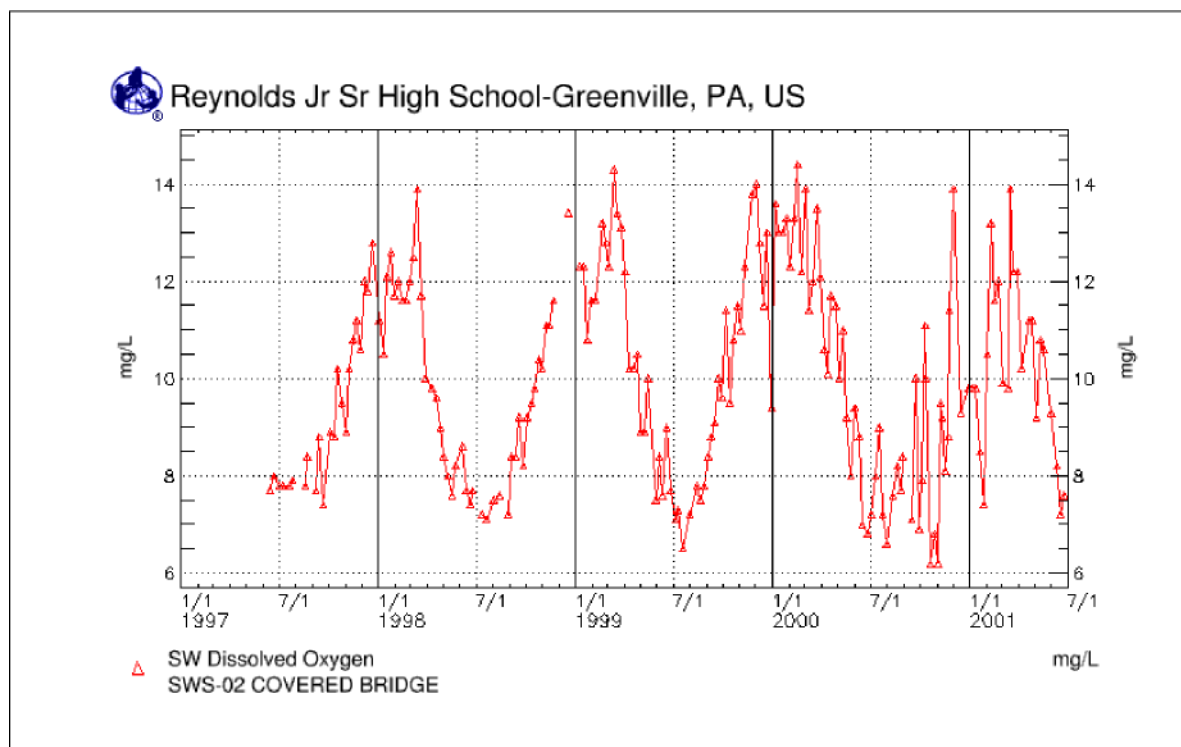
Ausserdem hat sie bemerkt, dass im Sommer 2000 die Daten zum gelösten Sauerstoff variabler schienen als diejenigen in anderen Jahren. Vielleicht hat im Fluss eine Veränderung statt gefunden, wie zum Beispiel das vermehrte Vorhandensein von Bakterien, die mit dem Abbau des organischen Materials in Zusammenhange gebracht werden können. Diese Bakterien verbrauchen effektiv viel gelösten Sauerstoff.

Es könnte recherchiert werden, ob äussere Veränderungen am Wasserstandort stattgefunden haben.

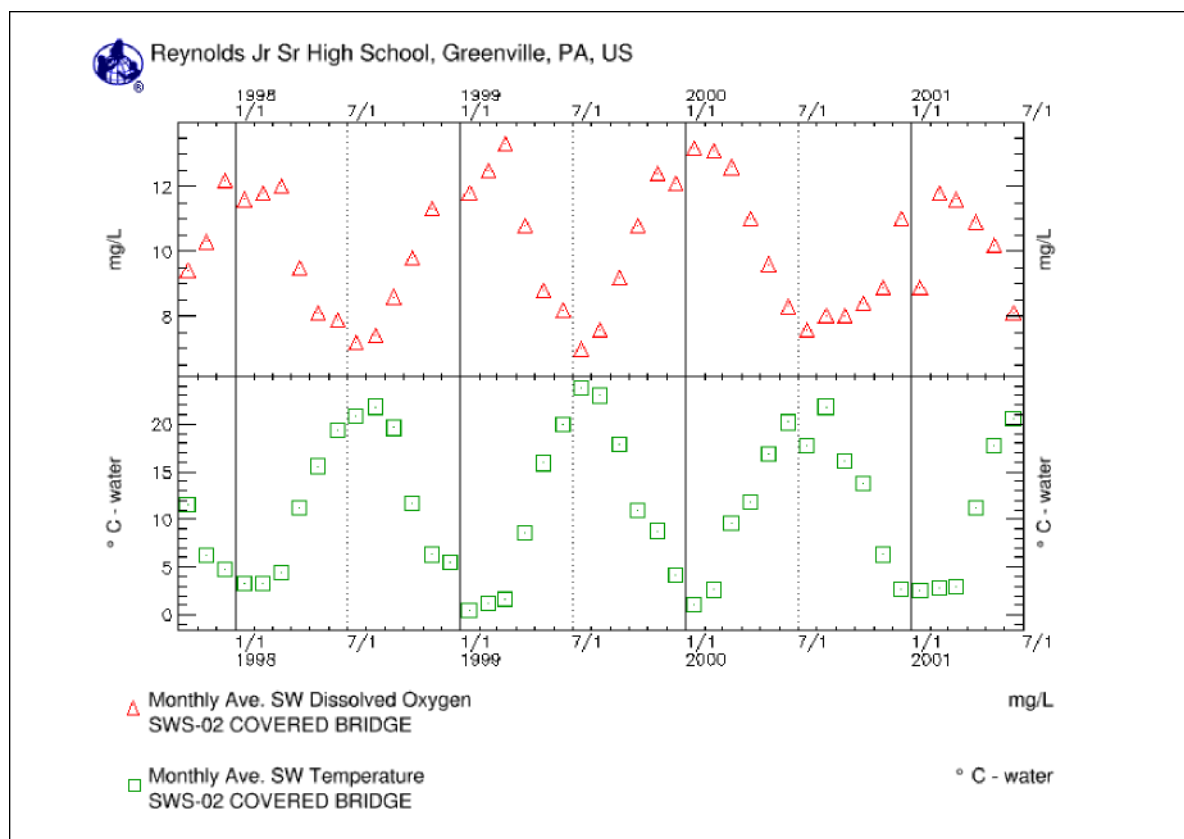
Grafik HY-DO-1

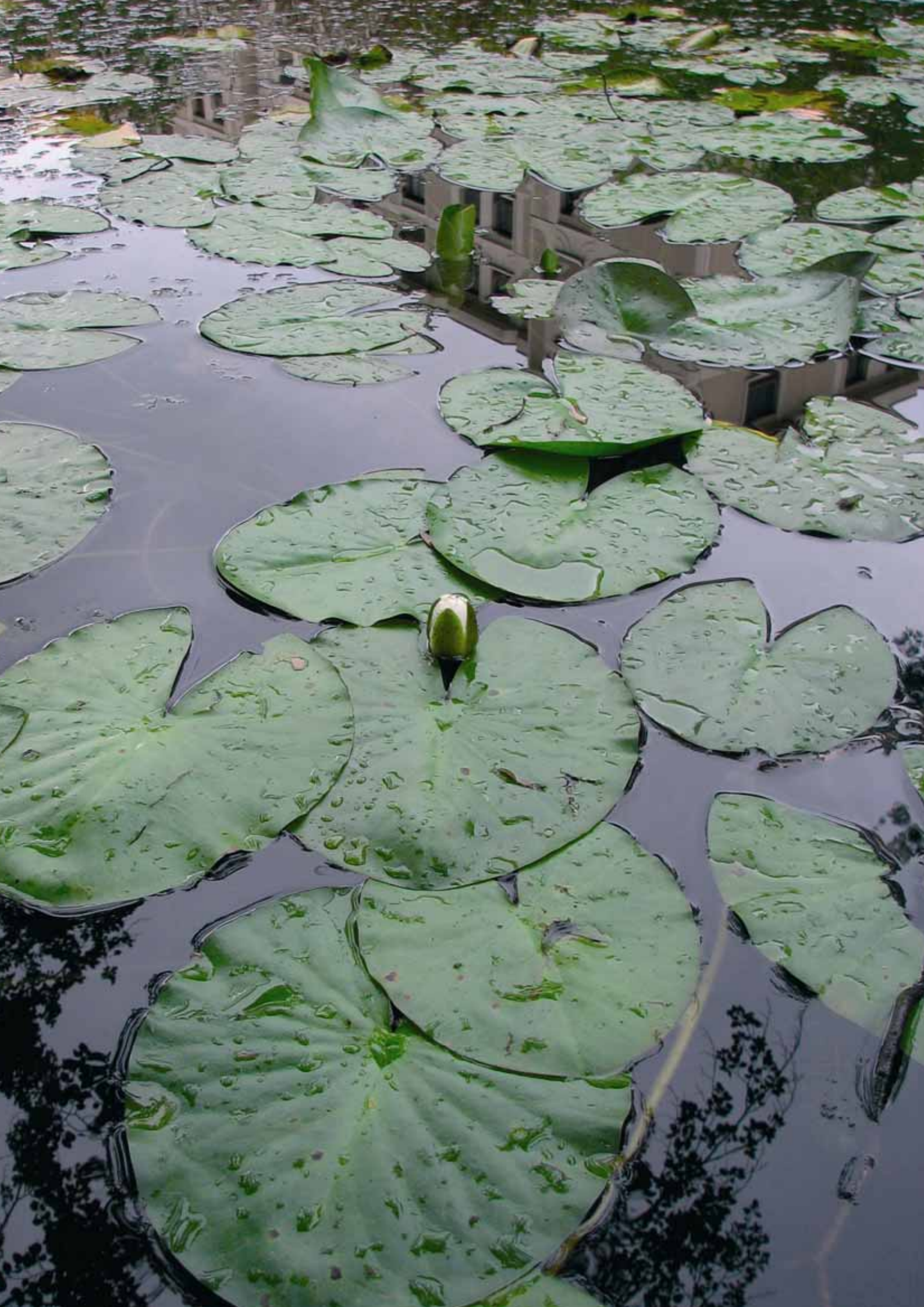


Grafik HY-DO-2



Grafik HY-DO-3





Messungen Nitratgehalt des Wassers

Warum wird der Nitratgehalt des Wassers gemessen?

Stickstoff tritt im Wasser in verschiedenen chemischen Formen auf: als gelöster molekularer Stickstoff (N_2), als organische Verbindungen (gelöst oder partikulär) oder als anorganische Verbindungen wie Ammonium (NH_4^+), Nitrit (NO_2^-) und Nitrat (NO_3^-). Das Nitrat ist die wichtigste anorganische Form des Stickstoffs, denn es ist ein essentieller Nährstoff für Wachstum und Fortpflanzung zahlreicher Algen und anderer Wasserpflanzen. In der Regel findet man das Nitrit nur in Wasser mit niedrigem gelöstem Sauerstoffgehalt. Man nennt dies hypoxisch.

Die Wissenschaftler bezeichnen den Stickstoff oft als «begrenzenden Nährstoff». Die Pflanzen absorbieren den auch in geringen Mengen im Wasser vorhandenen Stickstoff und können dann nicht mehr wachsen und sich fortpflanzen. Der Stickstoff «begrenzt» also die Menge der Pflanzen im Wasser. Die meisten Pflanzen, die Stickstoff verbrauchen, sind mikroskopische Algen (Phytoplankton). Wenn man dem Wasser Stickstoff zufügt, können sich die Pflanzen schneller verbreiten.

Stickstoff, der in Form von Nitraten in natürlichen Gewässern gefunden wird, gelangt auf natürliche Weise von der Atmosphäre (Regen, Schnee, Nebel oder Staub), vom Grundwasser und vom versickernden Wasser dorthin. Die Verrottung organischer Materialien im Boden oder Sedimenten begünstigt auch die Bildung von Nitrat. Menschliche Aktivitäten können in grossem Masse dazu beisteuern, dass der Nitratgehalt von Gewässern verändert wird.

Gelangt ein begrenzender Nährstoff wie Stickstoff übermässig in einen See oder Wasserlauf, wird das Wasser fruchtbar und ein starkes Wachstum von Algen und anderen Pflanzen wird begünstigt. Diesen Prozess der Anreicherung des Wassers nennen wir Eutrophierung. Das übermässige Wachstum von Pflanzen kann Geschmacks- und Geruchsprobleme in Seen und Trinkwasser hervorrufen, kann einen negativen Einfluss auf den Menschen, die das Wasser trinken, und auf Fische und andere Lebewesen im Wasser haben.

Auch wenn Pflanzen und Algen dem Wasser wichtigen Sauerstoff bringen, kann ein übermässiges Wachstum den Lichtpegel im Wasser verringern. Wenn Pflanzen absterben und sich zersetzen, vermehren sich die Bakterien und verbrauchen den gelösten Sauerstoff im Wasser. Die Menge an verfügbarem gelöstem Sauerstoff im Wasser kann sinken, was wiederum für Fische und andere Wassertiere schädlich ist.

Protokoll Nitratgehalt

Aufgabe

Messung des Nitratgehalts (N-NO_3^-) im Wasser.

Überblick

Die Schülerinnen und Schüler benützen das richtige Material, um den Nitratgehalt an ihrem Messstandort zu messen. Das genaue Vorgehen hängt von der Gebrauchsanweisung des benutzten Materials ab.

Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler lernen so:

- den Umgang mit dem speziellen Test-Besteck für die Analyse
- die Gründe zu erforschen, warum sich Nitrate in einem Gewässer befinden
- die Ergebnisse ihrer Versuche anderen GLOBE-Schulen zu übermitteln
- mit anderen GLOBE-Schulen des gleichen oder eines anderen Landes zusammenzuarbeiten
- ihre Beobachtungen zu teilen, indem sie ihre Daten ins GLOBE-Archiv eingeben.

Dauer des Versuchs

20 Minuten für den Nitrat-Test,
Qualitätskontrolle: 20 Minuten

Erforderliche Schulstufe

Mittel und fortgeschritten

Häufigkeit der Messungen

Wöchentlich

Qualitätskontrolle

alle 6 Monate

Material und Dokumente

(Vorsicht: Benützt bei Salz- und Brackwasser das richtige Test-Besteck!)

- ☐ Feldanleitung Nitratmessung
- ☐ Anleitung Qualitätskontrolle
- ☐ Datenblatt Hydrologie
- ☐ Stopp-Uhr oder Uhr
- ☐ Latex-Handschuhe
- ☐ Schutzbrillen
- ☐ Schutzmaske (bei Verwendung von Reagenzien aus Pulver)
- ☐ Destilliertes Wasser

Für die Qualitätskontrolle braucht es zudem:

- ☐ Anleitung Qualitätskontrolle
- ☐ Anleitung zur Vorbereitung der Nitrat-Eichlösung 2 ppm.
- ☐ Anleitung Herstellung Nitrat-Standardlösung (1000 mg/l Nitrat-Stickstoff)

Voraussetzungen

- Kurze Besprechung, welches der Unterschied zwischen Nitrat, Nitrit und Nitrat-Stickstoff ist.
- Kurze Besprechung der Sicherheitsvorkehrungen, die bei der Anwendung von Chemikalien getroffen werden müssen.



Feldanleitung für die Messung des Nitratgehalts

Aufgabe

Messung des Nitratgehalts ihrer Wasserprobe.

Benötigtes Material

- ☐ Hydrologie-Datenblatt
- ☐ Test-Besteck für die Messung des Nitratgehalts
- ☐ Stopp-Uhr oder Uhr
- ☐ Latex-Handschuhe
- ☐ Schutzbrillen
- ☐ Schutzmaske (bei Verwendung von Reagenzien aus Pulver)
- ☐ Destilliertes Wasser
- ☐ Behälter für die chemischen Abfälle Am Messstandort

Am Messstandort

1. Vervollständigt den oberen Teil des Hydrologie-Datenblattes. Notiert im Teil «Nitrat» den Namen des Herstellers und des Modells eures Test-Bestecks.
2. Zieht die Schutzhandschuhe und Schutzbrillen an.
3. Folgt den Anleitungen des Test-Bestecks für die Messung des Nitrat-Stickstoffs. Ihr müsst die kleine Test-Skala (0–1mg/l) verwenden, ausser vorhergehende Tests hätten ergeben, dass das Wasser an eurem Standort normalerweise mehr als 1mg/l Nitrat-Stickstoff enthält.
4. Wenn ihr Reagenzien aus Pulver verwendet, zieht vor dem Öffnen eine Schutzmaske an. Wenn in der Anleitung steht, dass ihr die Probe schütteln müsst, messt die angegebene Zeit mit einer Stopp-Uhr.
In eurem Test-Besteck findet ihr auf einer Tabelle die Farbe, die eurer Wasserprobe entspricht. Schreibt die entsprechende Farbe als Nitrat-Stickstoff ppm auf. Lasst mindestens drei Schülerinnen und Schüler den Farbvergleich durchführen. Notiert die Angaben jeder Schülerinnen- und Schülergruppe und tragt diese auf dem Datenblatt ein.
5. Bildet den Mittelwert der drei Messungen.
6. Versichert euch, dass die Werte nicht mehr als 0,1ppm (oder 1,0ppm bei einer grossen Test-Skala) vom Mittelwert entfernt liegen.
Wenn sie nicht abweichen, notiert den Mittelwert auf dem Datenblatt.
Wenn die Werte zu sehr abweichen, müsst ihr die Farben nochmals ablesen (Bemerkung: Falls mehr als 5 Minuten vergangen sind, macht ein erneutes Ablesen keinen Sinn.).
Berechnet den neuen Mittelwert. Liegen die Werte vom Mittelwert noch immer weit gestreut, diskutieret die möglichen Fehlerquellen mit eurem Lehrer.

Fragen und Antworten (F.A.Q.)

1. Ist es möglich, dass der Nitrat-Messwert 0 ist?

Ja. Ein Wert von 0 ppm weist darauf hin, dass der Nitratgehalt im Wasser (wenn es hat) unter der Wahrnehmungslimite (im Allgemeinen 0,1 ppm N-NO₃⁻) eures Test-Bestecks ist. Viele Gewässer können fast während dem ganzen Jahr 0 ppm N-NO₃⁻ enthalten.

2. Was geschieht, wenn mein Wasser nicht rosa ist und sich während dem Test die Farbe verändert?

Ihr könnt sehr wahrscheinlich nicht dieses Test-Besteck benutzen. Fragt das Hydrologie-Team der Universität Arizona, ob sie eine Probe eures Wassers haben möchten.

3. Ist es normal, dass die Nitrat-Werte innerhalb einer kurzen Zeitspanne stark schwanken?

Ja. Nach Niederschlägen fließt Wasser über nitrathaltigen Boden ab und kann bis in einen Fluss, einen See oder in eine Mündung gelangen und so den Nitratgehalt erhöhen. Nach einem Gewitter oder der Schneeschmelze kann der Gehalt wieder sinken.

Qualitätskontrolle Nitrat

Aufgabe

Genauigkeit des Test-Bestecks zur Bestimmung des Nitratgehalts überprüfen.

Benötigtes Material

- ☐ Test-Besteck zur Bestimmung des Nitratgehalts
- ☐ Schutzbrille
- ☐ Destilliertes Wasser
- ☐ 2 ppm Nitrat-Standard/Eichlösung
- ☐ Latex-Handschuhe
- ☐ Schutzmaske (bei Verwendung von Reagenzien aus Pulver)
- ☐ Stopp-Uhr oder Uhr
- ☐ Behälter für die chemischen Abfälle

Im Labor

1. Zieht die Schutzhandschuhe und Schutzbrillen an.
2. Folgt den Anleitungen des Test-Bestecks für die Bestimmung des Nitrat-Stickstoffs in der Eichlösung von 2 ppm. Wenn euer Test-Besteck eine kleine (0–1 mg/l) und eine grosse (0–10) Test-Skala beinhaltet, verwendet für die Eichung die Angaben zur grossen Skala. Verwendet die Standardlösung (als Testlösung) dort wo eine «Wasserprobe» (anstelle einer Freilandprobe) verlangt wird.
Wenn ihr Reagenzien aus Pulver verwendet, zieht vor dem Öffnen eine Schutzmaske an. Wenn in der Anleitung steht, dass ihr die Probe schütteln müsst, misst die angegebene Zeitdauer mit einer Stopp-Uhr.
3. In eurem Test-Besteck findet ihr auf einer Tabelle die Farbe, die eurer Wasserprobe entspricht. Notiert die entsprechende Farbe als Nitrat-Stickstoff ppm auf einem Blatt. Wenn ihr unsicher seid, welche Farbe am besten entspricht, fragt andere Schülerinnen und Schüler.
4. Führt die Schritte 2 und 3 noch zweimal durch. Ihr erhaltet ein Total von drei Nitratstickstoff-Messwerten.
5. Berechnet den Mittelwert dieser drei Messungen.
6. Wenn euer Messwert ± 1 ppm (grosse Skala) von der Eichlösung abweicht, führt die Messungen nochmals durch.
Weichen die Werte immer noch ab, diskutiert über mögliche Fehlerquellen mit eurem Lehrer.
7. Leert die verwendeten Chemikalien in einen geeignete Behälter, bevor ihr sie wegwerft.
Spült das Material aus Glas mit destilliertem Wasser ab.
Schliessen Sie alle Chemikalien hermetisch ab.

Zubereitung der Nitrat-Standardlösung 1000ppm

LABORANLEITUNG MUTTERLÖSUNG

Aufgabe

Herstellen der Nitrat-Stickstoff Mutterlösung 1000ppm für die Qualitätskontrolle unter Verwendung von Kaliumnitrat KNO_3 .

Benötigtes Material

- ☐ Kaliumnitrat (KNO_3)
- ☐ 500 ml-Flasche oder -Becherglas mit Verschluss
- ☐ destilliertes Wasser
- ☐ Waage
- ☐ Trockenschrank
- ☐ Chloroform (fakultativ)
- ☐ 500ml-Messzylinder
- ☐ Schutzbrille
- ☐ Latex-Handschuhe

Im Labor

1. Zieht die Schutzbrille und die Handschuhe an.
2. Trocknet das KNO_3 (Kaliumnitrat) für 24 Stunden bei 105°C im Trockenschrank.
3. Messt 3,6 g KNO_3 ab.
4. Löst diese 3,6g KNO_3 in 100ml destilliertem Wasser auf.
5. Gebt diese Lösung in einen 500ml-Messzylinder und füllt diesen mit destilliertem Wasser bis zur 500ml-Marke auf.
6. Rührt die Lösung vorsichtig (nicht schütteln).
7. Bewahrt diese Lösung in einer 500ml-Flasche auf. Beschriftet die Flasche mit Inhalt (Nitrat-Stickstoff Lösung 1000mg/l) und Datum.
8. Die Mutterlösung kann für sechs Monate mit Chloroform (CHCl_3) konserviert werden. Um eine Nitrat-Mutterlösung zu konservieren, fügt ihr 1ml CHCl_3 zu 500ml Mutterlösung bei.

Bemerkung: Um den Nitrat-Stickstoff (N-NO_3^-) zu berechnen, muss man die molekulare Zusammensetzung von KNO_3 berücksichtigen (das Verhältnis der Molekulargewichte von N zu NO_3 ist 0,138) : $7200 \text{ mg/ KNO}_3 \times 0,138 = 1000 \text{ mg/l Nitratstickstoff-Lösung (ca.)}$.

Zubereitung der Nitrat-Standard/Eichlösung 2ppm

LABORANLEITUNG OPTION 1

Aufgabe

Herstellen der Nitrat-Stickstoff Standardlösung 2ppm für die Qualitätskontrolle unter Verwendung von 5ml Nitrat-Stickstoff Mutterlösung.

Benötigtes Material

- ☐ Nitrat-Stickstoff-Mutterlösung (1000ppm)
- ☐ 100ml-Messzylinder
- ☐ Rührstab (fakultativ)
- ☐ 500ml-Becherglas oder Kännchen
- ☐ destilliertes Wasser
- ☐ 500ml-Messzylinder
- ☐ 250ml-Flasche oder Behälter mit Verschluss
- ☐ Schutzbrille
- ☐ Latex-Handschuhe

Im Labor

1. Zieht die Schutzbrille und die Handschuhe an.
2. Spült einen 100ml-Messzylinder und ein 100 ml Becherglas mit destilliertem Wasser aus. Trocknet ihn ab.
3. Entnimmt wenn mit einer Pipette 5ml der Mutterlösung (1000ppm) und gebt sie in den 100ml-Messzylinder. Verdünnt diese 5ml mit destilliertem Wasser, bis ihr 50ml erhaltet (10-fache Verdünnung).
4. Schüttet die Flüssigkeit in ein 100 ml Becherglas und mischt sie mit einem sauberen Rührstab oder durch Umrühren. Schreibt es als Nitrat-Stickstoff Standardlösung 100ppm an.
5. Spült den 100ml-Messzylinder mit destilliertem Wasser aus.
6. Entnimmt 10ml der Nitrat-Stickstoff Standardlösung 100ppm mit Hilfe des 100ml-Messzylinders. Schüttet diese in den 500ml-Messzylinder. Schüttet dann 490ml destilliertes Wasser mit in den 500ml-Messzylinder (50-fache Verdünnung).
7. Rührt die Lösung vorsichtig um. Schüttet das ganze in ein verschliessbares Fläschchen und schreibt es mit Nitrat-Stickstoff Standard/Eichlösung 2,0ppm.

LABORANLEITUNG OPTION 2

Aufgabe

Herstellen der Nitrat-Stickstoff-Standardlösung 2 ppm für die Qualitätskontrolle unter Verwendung von 1ml Nitrat-Stickstoff-Mutterlösung.

Benötigtes Material

- ☐ Nitrat-Stickstoff Mutterlösung (1000 ppm)
- ☐ Pipette
- ☐ 100 ml-Becherglas (oder grösseres)
- ☐ destilliertes Wasser
- ☐ 500 ml-Becherglas oder -Kännchen
- ☐ Waage
- ☐ 250 ml-Flasche oder -Behälter mit Verschluss
- ☐ Schutzbrille
- ☐ Latex-Handschuhe

Im Labor

1. Zieht die Schutzbrille und die Handschuhe an.
2. Spült ein 100 ml-Becherglas und ein 500 ml-Reagenzglas mit destilliertem Wasser aus. Trocknet sie ab.
3. Wiegt das 100 ml-Becherglas ab und lässt es auf der Waage.
4. Gebt mit einer Pipette 1 g der Nitrat-Stickstoff-Lösung (1000 ppm) in das Becherglas auf der Waage.
5. Nehmt das Becherglas von der Waage weg und füllt es bis zur 100 ml-Marke mit destilliertem Wasser auf. Schreibt es als Nitrat-Stickstoff Standardlösung 10 ppm an.
6. Wiegt den 500 ml-Messzylinder ab und lässt ihn auf der Waage.
7. Entnimmt 40 g der Standardlösung 10 ppm und schüttet diese in den 500 ml-Messzylinder. Fügt mit einer sauberen Pipette die letzten Gramme der Standardlösung zu, damit diese nicht 40 g überschreitet.
8. Füllt destilliertes Wasser bis zur 200 g-Marke (Nitrat Standardlösung 10 ppm + destilliertes Wasser) in den Messzylinder. Fügt mit einer sauberen Pipette die letzten Gramme Wasser bei, damit diese nicht 200 g überschreiten.
9. Schüttelt die Lösung. Schüttet alles in eine verschliessbare Flasche und schreibt es als Nitrat-Stickstoff-Standardlösung 2,0 ppm an.
10. Spült das Material aus Glas und die Pipette vor dem Versorgen mit destilliertem Wasser aus.

Informationen für die Lehrkräfte

Das Chemie-Besteck für die Messung des Nitrats verstehen

Im Gegensatz zum Nitrit (NO_2^-) ist es schwierig, das Nitrat (NO_3^-) direkt zu messen.

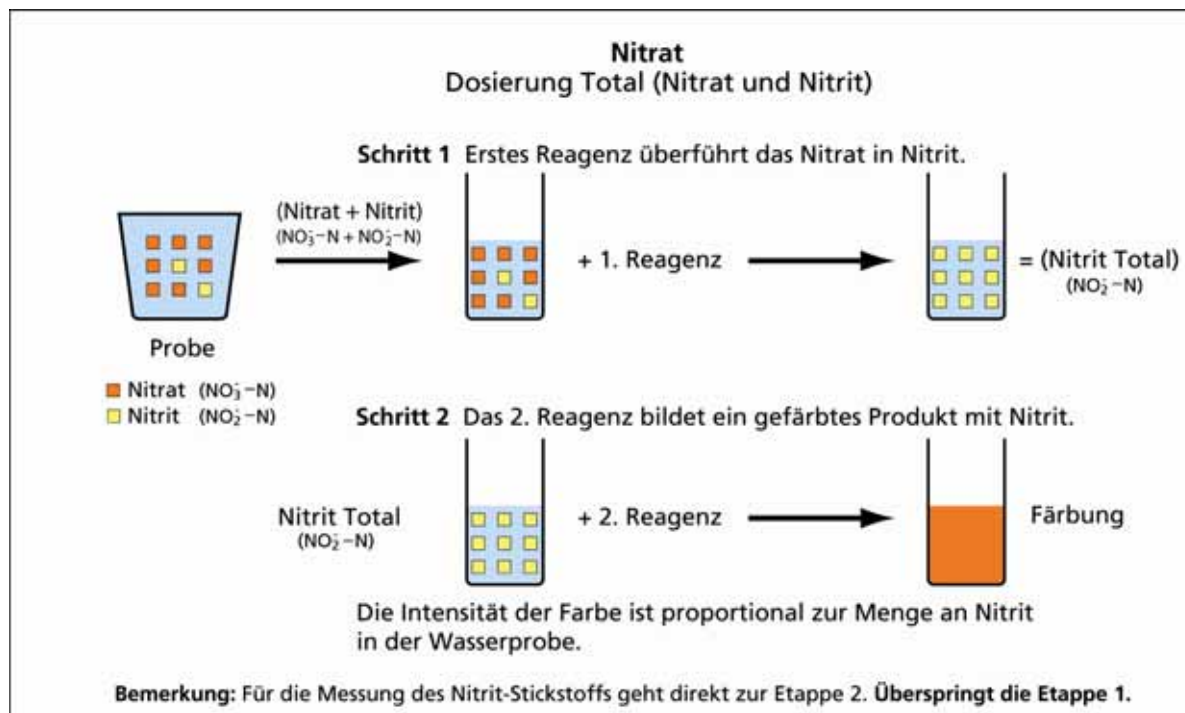
Für die Messung des Nitrats (NO_3^-) wandelt das verwendete Besteck das Nitrat (NO_3^-) in der Wasserprobe in Nitrit (NO_2^-) um. Wie in der Anleitung des Bestecks beschrieben ist, wird der Wasserprobe ein Reagenz wie Kadmium zugefügt. Das Nitrat im Wasser wird in Nitrit überführt.

Anschliessend wird eine zweite Substanz in die Wasserprobe gegeben, die mit dem Nitrit reagiert und eine Farbreaktion bewirkt. Die Intensität der Farbe ist proportional zur Menge an Nitrat in der Wasserprobe.

Der Messwert gibt die kombinierte Konzentration von Nitrit (wenn es hat) und Nitrat an (Nitrat, NO_3^- , wurde ja bekanntlich in Nitrit, NO_2^- , umgewandelt). Wenn das Wasser an eurem Messstandort einen sehr niedrigen gelösten Sauerstoffgehalt hat, empfehlen wir euch, den Nitritgehalt (NO_2^-) zu messen. In den meisten Gewässern ist aber meistens nur wenig Nitrit zu finden. Gebt für die Nitritmessung nicht die erste Substanz wie Kadmium bei, sondern nur die zweite, welche mit dem Nitrit (NO_2^-) reagiert und eine Farbreaktion auslöst. Die Gebrauchsanweisungen des Bestecks erläutern dieses Vorgehen. Siehe Grafik 1. Die chemische Reaktion, welche das Nitrat in Nitrit überführt, wird Oxydoreduktion genannt. Solche Reaktionen sind sehr geläufig und ziehen eine Verschiebung der Elektronen von einem Molekül zum anderen mit sich. Oft steht in den Anleitungen des Bestecks, dass es auf einer Methode der Reduktion mit Kadmium beruht.

Dies bedeutet, dass das Kadmium die Elektronen des Nitrats (NO_3^-) verschoben hat, um das Nitrit (NO_2^-) zu bilden.

Schéma HY-NI-1



Das Forschungsteam Hydrologie hat das Besteck getestet, welches Kadmium oder Zink als Reduktionselement verwendet. Das Besteck mit Kadmium hat eine feinere Auflösung zwischen 0,1 und 0,2 ppm; das heisst, dass ihr einen Messwert mit einer Genauigkeit von $\pm 0,2$ ppm erhalten werdet. Das Besteck mit Zink bietet eine breitere Auflösung von 0,25 ppm. Kadmium hingegen ist Krebs fördernd und ist in eurer Schule vielleicht weder empfohlen noch erlaubt. Das Besteck ist so konzipiert, dass man dem Kadmium und Zink möglichst wenig ausgesetzt ist. Überprüft zuerst die Regeln eurer Schule, bevor ihr es bestellt. Wir hoffen auf die Entwicklung eines Bestecks, das andere Chemikalien verwendet.

GLOBE definiert die Nitrat-Konzentrationen als die Menge des Elementar-Stickstoffs, das in Form von Nitrat gebunden ist. Die Konzentrationen werden in Milligramm pro Liter Nitrat-Stickstoff (N-NO₃⁻) angegeben.

Die Milligramme pro Liter (mg/L) entsprechen den Partikeln pro Million (ppm).

Eine Konzentration wird zum Beispiel folgendermassen ausgedrückt: 14g Stickstoff pro Mol NO₃⁻ und nicht pro Gramm NO₃⁻ (dies wären 62 g pro Mol NO₃⁻). Es kann nützlich sein, das Periodensystem der Elemente nochmals anzuschauen. Stickstoff wiegt 14g, NO₃⁻ 62g (O = 16g). Das verwendete Besteck wird zur Messung von Nitrat-Stickstoff verwendet.

Wir möchten von euch die Messwerte des Nitrats in Form von Nitrat-Stickstoff haben.

Zum Üben könnt ihr den Nitrat-Stickstoff (mg/l) in Nitrat (mg/l) umrechnen.

Ihr müsst hierzu nur den N-Stickstoff-Messwert mit 4,4 multiplizieren. Diese Zahl entspricht dem Verhältnis zwischen dem Gewicht der Nitratmoleküle und den Stickstoffmolekülen (62g/14g). Als Beispiel: Nehmen wir einen Messwert von 10mg/l N- NO₃⁻, den wir mit 4,4 multiplizieren. Wir erhalten 44mg/l NO₃⁻.

Vorgehen beim Messen

- Die meisten natürlichen Gewässer haben einen Gehalt unter 1,0mg/l Nitrat-Stickstoff. An gewissen Orten kann die Konzentration über 10mg/l liegen. Wenn euer Messbesteck eine kleine (0–1ppm) und eine grosse (1–10ppm) Test-Skala beinhaltet, werdet ihr sehr wahrscheinlich nur die kleine benutzen. Wenn euch der vorliegende Nitratgehalt verunsichert, verwendet zuerst die kleine Skala. Die Schülerinnen und Schüler müssen auf dem Rapport die verwendete Skala notieren. Werte über 10ppm N- NO₃⁻ müssen nicht beachtet werden, ausser eine Schule verzeichnet Werte, die ständig über diesem Gehalt liegen.
- Wenn in der Anleitung steht, dass die Probe geschüttelt werden muss, so haltet euch genau an die angegebene Dauer. Stoppt die Zeit mit einer Uhr. Sorgt dafür, dass ein Schüler schüttelt und einer die Zeit misst.
- Schreibt keine Werte auf, wenn keine Tests zur Bestimmung des Nitratgehalts im Wasser vorgenommen wurden. Ein Wert von 0,0ppm sagt aus, dass das Wasser getestet wurde und dass kein Nitrat gefunden wurde.
- Wenn die Messwerte des gelösten Sauerstoffs (zum Beispiel unter 3,0mg/l) schwach und der Nitratstickstoff-Gehalt (N- NO₃⁻) hoch sind, könnt ihr erwägen, den Nitritstickstoff-Gehalt (N- NO₂⁻) zusätzlich zu messen.
- Wenn es an eurem Messstandort Brack- oder Salzwasser hat, müsst ihr sicher gehen, dass euer Messbesteck solches Wasser messen kann. Lest die Anleitungen diesbezüglich genau durch.

Qualitätskontrolle

Für die Qualitätskontrolle kann eine Standardmutterlösung Nitrat-Stickstoff gekauft werden (am sichersten), oder ihr stellt sie selber her (Laboranleitung Mutterlösung). Ihr könnt eine wässrige Standardlösung oder eine trockene Mutterlösung verwenden. Die benötigte Standardlösung muss eine starke Konzentration an N-NO_3^- (1000ppm) haben. Die Laboranleitungen 1 und 2 erklären euch, wie die Standardlösung bis zu einem Wert von 2 ppm verdünnt werden kann. Von da an könnt ihr die Konzentration des N-NO_3^- in der Standardlösung messen und eure Ergebnisse mit dem erwarteten Wert der Standardlösung 2ppm vergleichen. Die Anleitung zur Herstellung der Standard/Eichlösung Nitrat (im Labor) schlägt zwei Optionen zur Zubereitung der Standardlösung Nitrat-Stickstoff 2ppm vor. Option 2 verwendet weniger Mutterlösung und verursacht somit weniger Abfälle, aber sie verlangt mehr Geschicklichkeit in der Zubereitung.

Wenn ihr die Qualitätskontrolle mit der Standardlösung 2ppm abgeschlossen habt, werft den Rest der Standardlösung 2ppm und 100ppm weg.

Bei jeder Qualitätskontrolle muss eine neue Nitrat-Standard/Eichlösung zubereitet werden.

Ergänzende Protokolle

Hydrologie: Die Schülerinnen und Schüler können die Beziehungen zwischen der Transparenz, der Temperatur und dem gelösten Sauerstoff einerseits und der Nitratmenge im Wasser andererseits erforschen. **Bodendecke/Biologie:** die Untersuchung der Bodendeckentypen an der Wasserscheide kann für die Beschreibung der Charakteristika ihrer Wassermasse hilfreich sein.

Atmosphäre: Die Niederschlagsmenge beeinflusst die Wassermenge, die über den Boden abfließt und Nährstoffe mitschwemmt.

Sicherheitsvorkehrungen

1. Ihr solltet bei der Handhabung der Chemikalien und der Wasserprobe Handschuhe und eine Schutzbrille.
2. Fragt eure Lehrperson oder die Schulleitung, was ihr mit den chemischen Abfällen machen müsst.

Unterhalt des Materials

- Alle Chemikalien müssen hermetisch verschlossen sein und fern von jeglicher Wärmequelle aufbewahrt werden. Nach einem Jahr müssen Sie neue Chemikalien kaufen.
- Das ganze Material aus Glas muss vor dem Versorgen mit destilliertem Wasser ausgespült werden.

Einige Vertiefungsfragen

- Warum könnte es ein saisonales Schema der Nitratdaten geben?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Nitratgehalt an eurem Messstandort und dem Bodendeckentyp auf der Höhe der Wasserscheide?
- Hat die Temperatur einen Einfluss auf den Nitratgehalt des Wassers?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Bodentypen auf der Höhe der Wasserscheide und der Nitratmenge in einem Gewässer?

Prüfung der Ergebnisse

Sind die Ergebnisse beweiskräftig?

Die Nitratwerte liegen meistens zwischen 0,0 und 10 ppm. Es ist möglich einen Messwert von 0,0 ppm zu erhalten: dieser Wert muss aufgeschrieben werden. Es kommt öfters vor, dass mehrmals ein Wert von 0,0 ppm gemessen wird (siehe Grafik HY-NI-2). Es können auch Werte über 10,0 ppm gemessen werden. Es kann aber möglich sein, dass die Web-Site diese Werte wegen den Charakteristika der Qualitätskontrolle nicht annehmen wird. Überprüft nochmals die Werte über 10,0 ppm um sicher zu gehen, dass sie richtig sind.

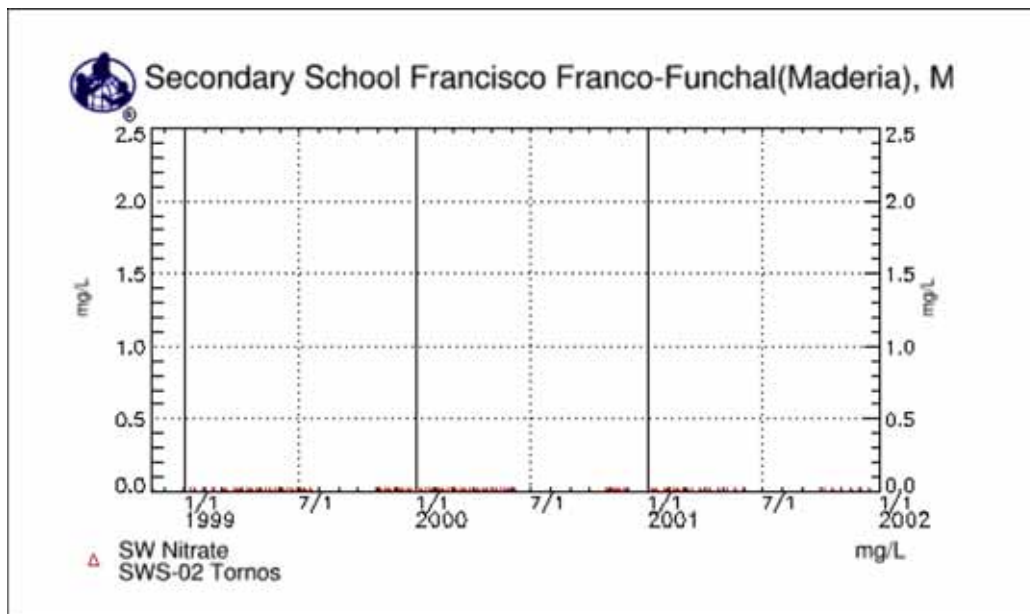
Was suchen die WissenschaftlerInnen in diesen Daten?

Der Nitratgehalt kann die Ökologie der Wassermassen und den Verbrauch für die Menschen beeinflussen. Die Wissenschaftler verfolgen den Nitratgehalt im Trinkwasser für die Gesundheit der Bevölkerung sehr genau.

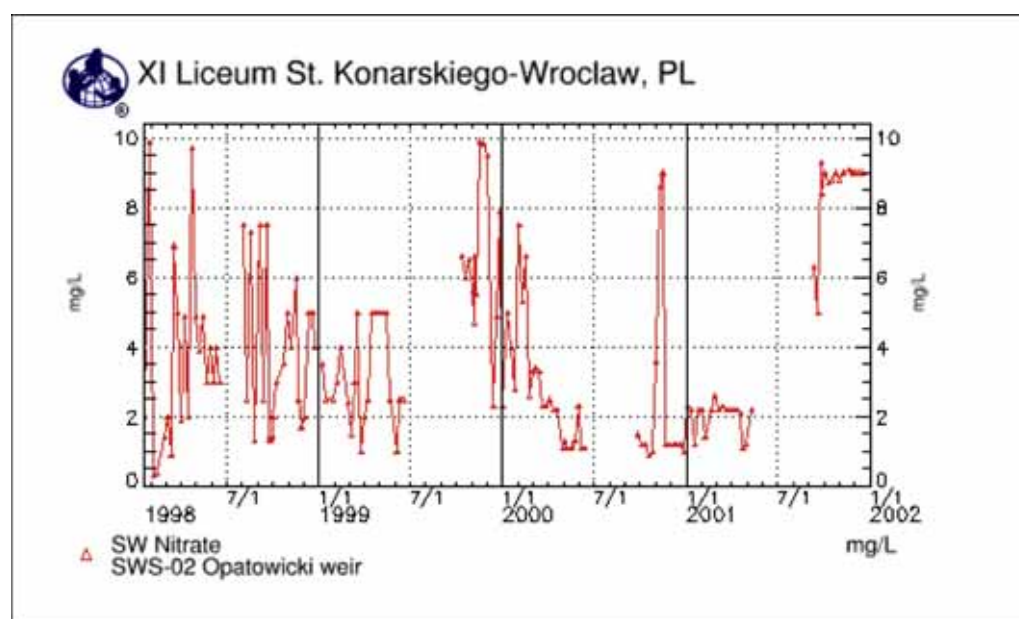
Der maximale erlaubte Nitratgehalt im Trinkwasser variiert von Land zu Land. Die Wissenschaftler und Ressourcenplaner überwachen auch die Gewässer, weil erhöhte Nitratwerte zu einer Eutrophierung der Wassermasse führen können. Schlussendlich können erhöhte Nitratgehalte ein Sinken des Sauerstoffgehalts bewirken. Dieses Phänomen kann für die Wasserfauna schädlich sein und den Tod von Fischen mit sich ziehen. Phosphat ist eine geläufige Ursache der Eutrophierung der Wassermassen, vor allem der Süßwasserseen und Teiche.

Die Standorte haben oft saisonale Schwankungen (siehe Grafik HY-NI-3). Die Wissenschaftler beobachten regelmässig die Atmosphäre, die Bodendecke, die Bodendaten und die menschlichen Aktivitäten, um einen Zusammenhang zwischen diesen Untersuchungsergebnissen und den saisonalen Nitratmengen herzustellen.

Grafik HY-NI-2



Grafik HY-NI-3



Examples of Student Research Investigation

Investigation #1

monthly average for all years shown in the last column to the right.

The students use the spreadsheet program to plot the monthly data using a different symbol

Projektbeispiel

ARBEIT 1

Eine Hypothese formulieren

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen die Nitratdaten, die im Fluss Warta vom Complex of Schools C.K. Norwida von Czeszochowa (Polen) während drei Jahren erhoben wurden. Einige Schülerinnen und Schüler glauben, einen Jahreszyklus zu erkennen: die höchsten Werte sind mitten im Jahr, die tiefsten im Winter.

Nicht alle Schülerinnen und Schüler sind davon überzeugt, denn die Daten scheinen nicht in regelmässigen Intervallen erhoben worden zu sein. Sie sind hingegen alle mit folgender Hypothese einverstanden: es gibt einen Jahreszyklus des Nitratgehalts im Fluss Warta.

	N-NO ₃ ⁻ ppm	Niederschlag mm
Januar	2.2	33.0
Februar	1.7	30.5
März	2.6	30.5
April	5.6	38.1
Mai	7.1	68.6
Juni	6.8	81.3
Juli	7.1	86.4
August	6.6	76.2
September	3.9	48.3
Oktober	3.9	40.6
November	3.7	40.6
Dezember	4.3	38.1

Sammeln und analysieren der Daten

Die Schülerinnen und Schüler beginnen damit, die monatlichen Mittelwerte des Nitrat-Stickstoffs vom GLOBE-Server zu holen (Grafik 3, unten). Ein Jahreszyklus wird daraus ersichtlich. Sie entwerfen auf der Web-Site eine Tabelle mit den Daten der Grafik und laden die monatlichen Mittelwerte des Nitrat-Stickstoffs herunter.

Sie übertragen die Daten in eine Tabelle, wo jede Zeile einem Monat des Jahres und jede Spalte einem Jahr entspricht (siehe Tabelle 1). In der letzten Spalte notieren Sie den Mittelwert aller Jahre.

Die Schülerinnen und Schüler übertragen die Monatsdaten in eine Grafik und verwenden dabei für jedes Jahr ein unterschiedliches Symbol. Zudem zeigt eine Kurve an, wo der Mittelwert liegt (Grafik 5). Jetzt ist es viel einfacher, einen Jahreszyklus zu erkennen. Der tiefste Mittelwert des Nitrat-Stickstoffs wurde zwischen Januar und März (2 ppm) und der höchste zwischen Mai und August (7 ppm) gemessen. Man misst Zwischenwerte (4 ppm) zwischen September und Dezember. Ausser im Juni und November liegt der Nitratwert jedes Jahr bei ± 2 ppm N-NO₃⁻ vom Mittelwert entfernt.

Ergebnisse kommunizieren

Die Schülerinnen und Schüler schreiben einen Bericht und stellen ihre Ergebnisse der Klasse vor.

Weitere Untersuchungen

Dieser Standort weist beim Nitrat-Stickstoff einen Zyklus auf, die Schülerinnen und Schüler wissen aber nicht warum. Sie beschliessen Daten über die Niederschläge in dieser Gegend zu sammeln, um die regenreichsten Monate zu eruieren. Stimmen diese mit den Monaten mit den höchsten Nitratwerten überein?

ARBEIT 2

Eine Hypothese formulieren

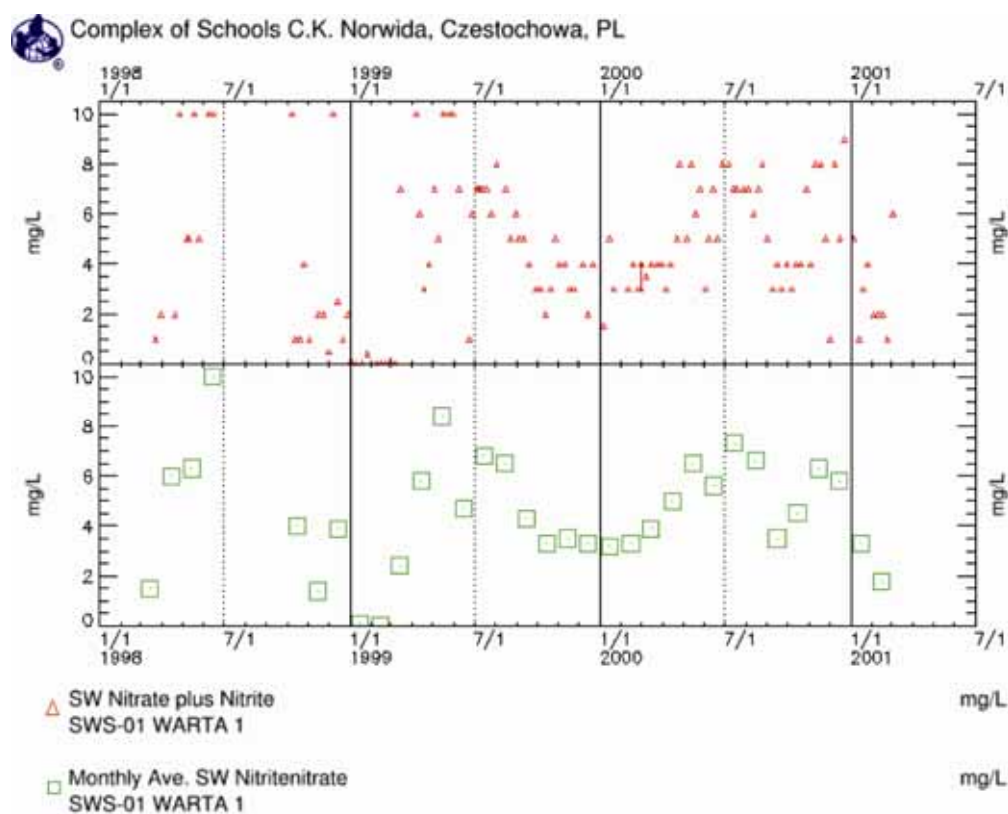
Eine Schülerinnen- und Schülergruppe hat den Nitrat-Stickstoff-Gehalt im Fluss Warta, erhoben vom Complex of Schools C.K. Norwida von Czeszochowa (Polen), untersucht. Sie haben schon festgestellt, dass die monatlichen Mittelwerte des Nitrat-Stickstoffs einen Jahrszyklus haben, in welchem die höchsten Werte zwischen Mai und August und die tiefsten Werte zwischen Januar und März liegen. Sie sind der Meinung, dass es einen Zusammenhang gibt zwischen dem Nitrat-Stickstoffgehalt und der Wassermenge, die nach Niederschlägen am Boden abfließt. Ihre Hypothese ist die folgende: der mittlere Nitratgehalt ist in regenreichen Monaten erhöht.

Average Monthly Nitrate at Warta River

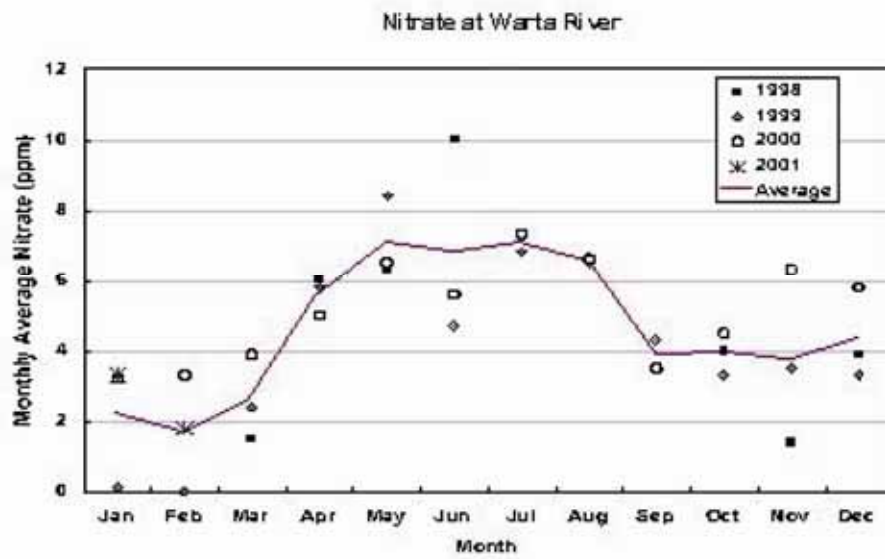
ppm

Month	1998	1999	2000	2001	Average
Januar		0.1	3.2	3.3	2.2
Februar		0.0	3.3	1.8	1.7
März	1.5	2.4	3.9		2.6
April	6.0	5.8	5.0		5.6
Mai	6.3	8.4	6.5		7.1
Juni	10.0	4.7	5.6		6.8
Juli		6.8	7.3		7.1
August		6.5	6.6		6.6
September		4.3	3.5		3.9
Oktober	4.0	3.3	4.5		3.9
November	1.4	3.5	6.3		3.7
Dezember	3.9	3.3	5.8		4.3

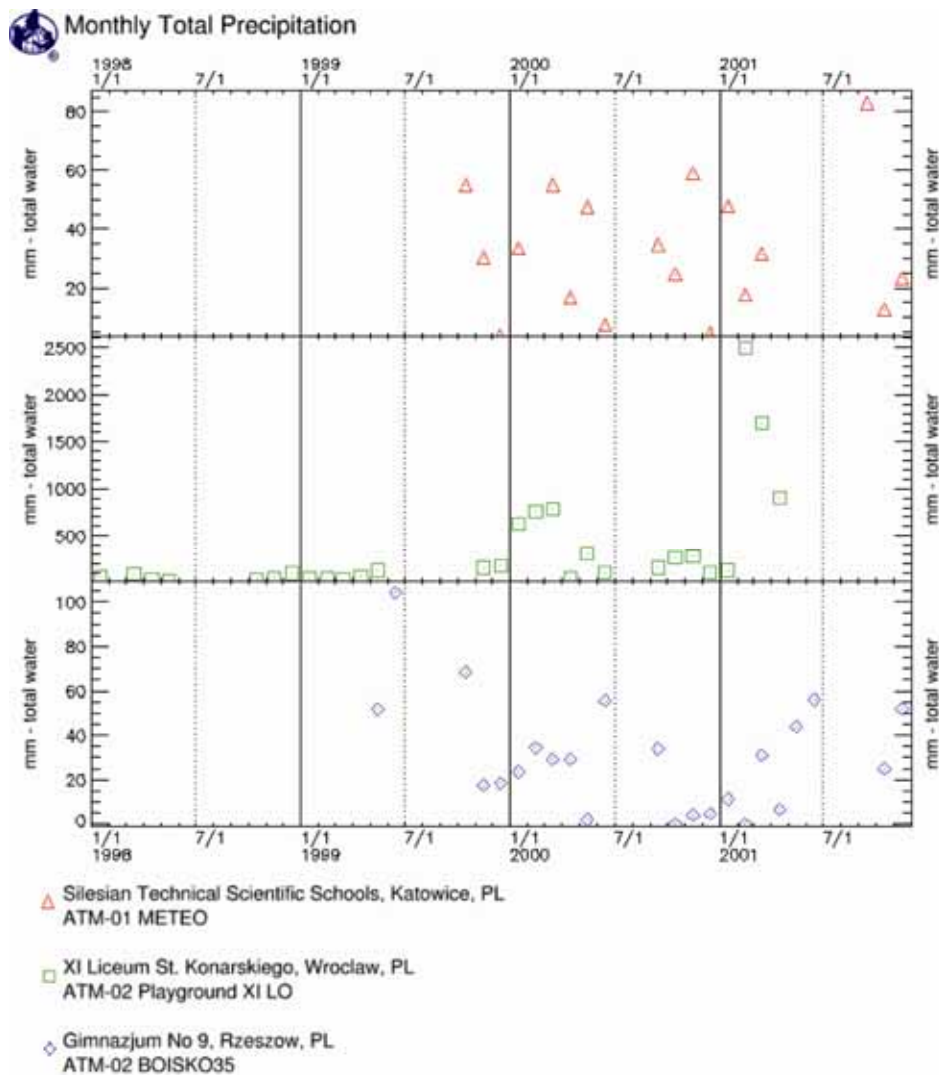
Grafik HY-NI-4



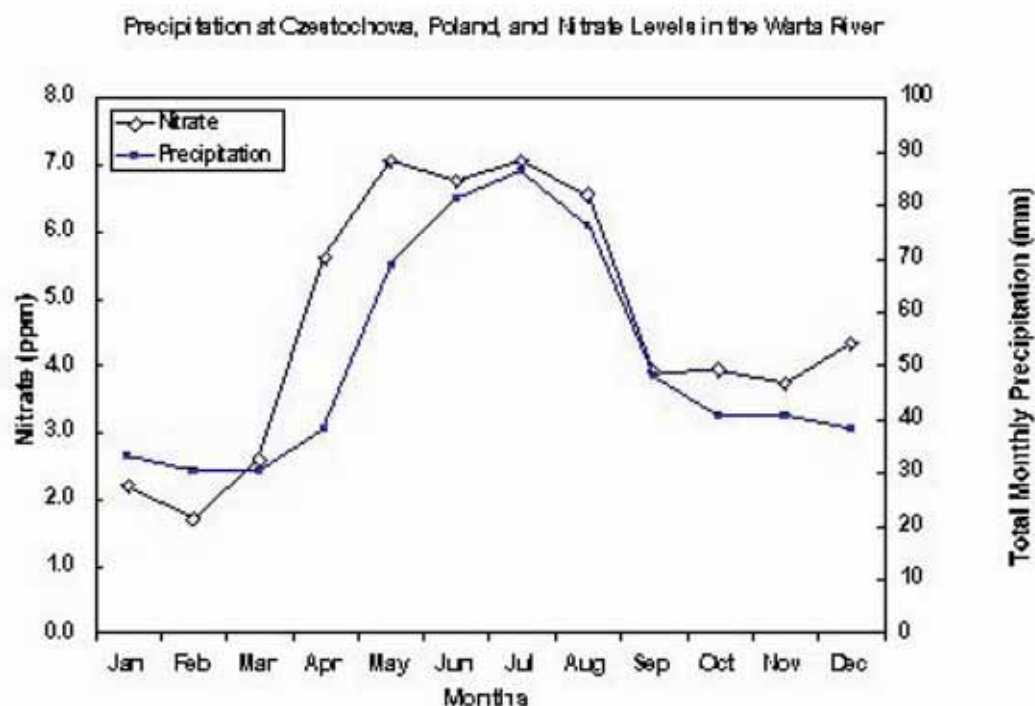
Grafik HY-NI-5



Grafik HY-NI-6



Grafik HY-NI-7



Sammeln und nalysieren der Daten

Ihre erste Aufgabe besteht darin, Daten über den Niederschlag in dieser Region zu finden. Die Schule in Polen hat über viele Jahre sehr gute Daten über die Oberflächengewässer angelegt, die Schülerinnen und Schüler haben aber keine atmosphärischen Daten gesammelt. Die Schülerinnen und Schüler haben zuerst auf dem GLOBE-Server die Nachbarsschulen gesucht. Es hat keine andere Schule in Czeŝochowa, aber in benachbarten Städten gibt es mehrere GLOBE-Schulen (XI Liceum St Konarskiego in Wrocław, Silesian Technical Scientific Schools in Katowice und Gimnazjum N°9 in Rzeszów), welche Daten über die Niederschläge erhoben haben.

Die Schülerinnen und Schüler nehmen die monatlichen Niederschlagsdaten der drei Schulen auf. Siehe Grafik 6. Sie können keine gemeinsame Tendenz an den drei Orten feststellen. Obschon die Daten von Rzeszów die Tendenz, die sie suchten (starke Niederschläge im Sommer), bestätigen, haben die Schülerinnen und Schüler nicht von allen Monaten Daten zur Verfügung.

Die Daten von Wrocław zeigen, dass es in den Wintermonaten von 2000 und 2001 starke Niederschläge gab. Die Daten von Katowice weisen hingegen auf keine Tendenz hin; zudem gibt es von den Sommermonaten überhaupt keine Daten.

Die Schülerinnen und Schüler beschliessen also, auf dem Internet nach Informationen über Czeŝochowa zu suchen. Sie finden eine Web-Site, welche die klimatischen Mittelwerte von mehreren Städten aufgenommen hat: so gelangen sie zu den monatlichen Mittelwerten der Niederschläge in Czeŝochowa. Diese Daten wurden zwar nicht in der gleichen Periode wie die Nitrat-Stickstoff-Daten (1997 – 2001) erhoben, dafür gibt es aber einen monatlichen Mittelwert der Niederschläge über eine längere Zeit (Dauer unbekannt).

Sie notieren diese Werte neben den Nitrat-Stickstoff-Daten in eine Tabelle. Von Mai bis und mit August werden die höchsten Nitrat-Stickstoff-Mittelwerte und die heftigsten Niederschläge registriert. Die drei Monate mit den tiefsten Nitrat-Stickstoff-Mengen (Januar bis März) weisen auch die tiefsten Niederschlagsmittelwerte auf. Sie schliessen daraus, dass ihre Hypothese korrekt ist: der mittlere Nitratgehalt ist in den regenreichsten Monaten am höchsten.

Diskussion und weitere Untersuchungen

Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten eine letzte Grafik, in welcher sie die monatlichen, Mittelwerte der Niederschläge, die Mittelwerte des Nitrat-Stickstoff-Gehalts über drei Jahre und die Zeit festhalten. Siehe Grafik 7. Ein Schüler stellt die Frage, warum der Nitratgehalt bereits im April zu steigen beginnt, bevor eigentlich die Niederschläge zunehmen.

Die Schülerinnen und Schüler sehen verschiedene Möglichkeiten und unterhalten sich darüber, welche Informationen sie noch brauchen würden, um diese Möglichkeiten zu überprüfen.

Es könnte sein, dass die Schneeschmelze im April anfängt; sie wäre also für das Auswaschen des Nitrats verantwortlich. (Die Schülerinnen und Schüler müssten die Schneeschicht stromaufwärts von ihrem Messstandort untersuchen und ein Temperaturregister konsultieren, um den Beginn der Schneeschmelze zu erfahren).

Von 1998 – 2000 hat es im April vielleicht mehr geregnet als in anderen Jahren, in welchen auch Niederschlagsdaten erhoben wurden. (Die Schülerinnen und Schüler müssten Daten ausschliesslich aus dieser Zeitspanne suchen, um diese Hypothese zu überprüfen).

Die Bauern beginnen mit dem Düngen der Felder vielleicht bereits im April.

(Die Schülerinnen und Schüler müssten den Beginn des Düngens stromaufwärts und die Zusammensetzung des Düngers bestimmen).

Ergebnisse kommunizieren

Die Schülerinnen und Schüler schreiben einen Bericht und stellen ihre Ergebnisse der Klasse vor. Sie übermitteln ihren Bericht an GLOBE.

Datenblatt Hydrologie

Name der Schule:

Name des Messstandortes:

HY-

Schülerinnen und Schülergruppe:

Zeitpunkt der Messungen

Jahr:

Monat:

Tag:

Lokalzeit (h/min) :

Zeit (UT):

Zustand des Wasserlaufes (kreuze eines an)

☐ normal ☐ ansteigend, anschwellend ☐ trocken ☐ gefroren ☐ unzugänglich

Lichtdurchlässigkeit:

Wolkenbedeckung (kreuze eines an)

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> wolkenfrei | <input type="checkbox"/> aufgebrochen (50–90%) |
| <input type="checkbox"/> vereinzelt (<10%) | <input type="checkbox"/> geschlossen (>90%) |
| <input type="checkbox"/> gering (10–24%) | <input type="checkbox"/> verdunkelte Wolkendecke |
| <input type="checkbox"/> zerstreut (25–49%) | |



MESSUNGEN MIT DER SECCHI-SCHEIBE (stehende und tiefe Gewässer):

Vervollständigen Sie die folgenden Daten je nach angewandeter Methode, Secchi-Scheibe oder Messröhre.

1 Erster Secchi-Scheiben-Test::

Entfernung vom Beobachter 1 bis wo die Scheibe verschwindet _____ Meter

Entfernung vom Beobachter 1 bis wo die Scheibe wieder erscheint _____ Meter

Entfernung vom Beobachter 1 bis zur Wasseroberfläche _____ Meter

☐ Die Secchi-Scheibe hat den Grund erreicht und ist noch immer sichtbar. Überprüfen Sie dies ein weiteres Mal und geben Sie bitte die Tiefe des Gewässers an dieser Stelle an _____ Meter

2 Zweiter Secchi-Scheiben Test:

Entfernung vom Beobachter 2 bis wo die Scheibe verschwindet _____ Meter

Entfernung vom Beobachter 2 bis wo die Scheibe wieder erscheint _____ Meter

Entfernung vom Beobachter 2 bis zur Wasseroberfläche _____ Meter

☐ Die Secchi-Scheibe hat den Grund erreicht und ist noch immer sichtbar. Überprüfen Sie dies ein weiteres Mal und geben Sie bitte die Tiefe des Gewässers an dieser Stelle an: _____ Meter

3 Dritter Secchi-Scheiben Test:

Entfernung vom Beobachter 3 bis wo die Scheibe verschwindet _____ Meter

Entfernung vom Beobachter 3 bis wo die Scheibe wieder erscheint _____ Meter

Entfernung vom Beobachter 3 bis zur Wasseroberfläche _____ Meter

☐ Die Secchi-Scheibe hat den Grund erreicht und ist noch immer sichtbar. Überprüfen Sie dies ein weiteres Mal und geben Sie bitte die Tiefe des Gewässers an dieser Stelle an _____ Meter

MESSUNGEN MIT DER MESSRÖHRE (Fließgewässer mit geringer Tiefe)

Anmerkung: Geben Sie den Wasserstand in der Röhre an, bei dem das schwarz-weiße Muster am Boden der Röhre nicht mehr sichtbar ist. Ist die Röhre voll und das Muster sichtbar, geben Sie die Länge der Röhre ein..

Test 1: _____ cm Sichttiefe ist grösser als die Länge der Messröhre? ☐ Ja ☐ Nein

Test 2: _____ cm Sichttiefe ist grösser als die Länge der Messröhre? ☐ Ja ☐ Nein

Test 3: _____ cm Sichttiefe ist grösser als die Länge der Messröhre? ☐ Ja ☐ Nein



Wassertemperatur

Name Beobachter/in:	Temperatur °C:	Mittelwert:
1.		°C
2.		
3.		



Gelöster Sauerstoff

Name Beobachter/in:	Gelöster Sauerstoff mg/l:	Mittelwert:
1.		mg/l
2.		
3.		



Leitfähigkeit

Temperatur des getesteten Wassers: _____ °C

Name Beobachter/in:	Leitfähigkeit µS/cm:	Mittelwert:
1.		µS/cm
2.		
3.		

Eingesetzte Standardlösung der Leitfähigkeit _____ µS/cm



pH des Wassers

Gemessen mit: ☐ pH-Papier ☐ pH-Meter

Name Beobachter/in:	Leitfähigkeit wenn Salzzugabe pH:	Mittelwert:
1.		pH
2.		
3.		

Eingesetzte Pufferlösungen: ☐ pH 4 ☐ pH 7 ☐ pH 10 (alle eingesetzten Puffer ankreuzen)



Alkalität

Für Messbestecke, die die Alkalität direkt angeben

Name Beobachter/in:	Alkalität mg/l CaCO_3 :	Mittelwert:
1.		mg/l CaCO_3
2.		
3.		

Alkalität: für Messbestecke mit Umrechnung (Beispiel: Merck)

Name Beobachter/in:	mmol/l:	Umrechnungs- faktor	Alkalität mg/l CaCO_3 :
1.		x	=
2.		x	=
3.		x	=

Mittelwert: _____ mg/l CaCO_3



Total Nitratstickstoff und Nitritstickstoff ($\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NO}_2^- - \text{N}$)

Name Beobachter/in:	Mittelwert Nitratstickstoff + Nitritstickstoff $\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NO}_2^- - \text{N}$:	Total Nitrat + Nitrit $\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NO}_2^- - \text{N}$:
1.		mg/l $\text{NO}_x - \text{N}$
2.		
3.		

Nitrit ($\text{NO}_2^- - \text{N}$): freiwillig

Name Beobachter/in:	Mittelwert Nitritstickstoff $\text{NO}_2^- - \text{N}$:	Total Nitrit $\text{NO}_2^- - \text{N}$:
1.		mg/l $\text{NO}_2 - \text{N}$
2.		
3.		

Anhang

Glossar

Abundanz

Durchschnittliche Individuenzahl einer Pflanzen- oder Tierart in einer bestimmten Flächen- oder Raumeinheit

Artenabundanz

Relative Anzahl der Individuen einer Art gegenüber der Gesamtheit einer Biozönose.

Aerosole

Flüssige oder feste Partikel (mikrometrische Dimension), die in der Luft schweben oder in ihr verteilt sind. Die Dimension, die Form und die Dispersionsart dieser Partikel bestimmen über die Unterscheidung zwischen Rauch, Nebel, Dunst oder Staub. Die Partikel haben meistens einen Durchmesser unter dem Mikron (0,001mm).

alkalisch

Bezeichnet chemische Körper, die OH-Ionen freigeben, wenn sie in Lösung gehen.

Alkalität

Fähigkeit einer Lösung, quantitativ auf die Hydrogenionen zu reagieren.

basisch

Beschreibt Substanzen, die einen alkalischen Charakter haben. Bezeichnet chemische Körper, welche OH-Ionen freigeben, wenn sie in Lösung im Wasser gegeben werden. Beschreibt eine Materie, deren pH-Wert im Wasser über 7,0 ist. Wird von einer Substanz gesagt, welche sich mit Säuren zu Salzen formt und mit Fetten zu Seifen.

benthisch

Im Grund der Gewässer lebend.

Benthos

Es bezeichnet die Gesamtheit aller am Grund der Gewässer lebenden Tiere und Pflanzen. Diese Organismen können fix oder mobil sein: Schwimmer, Kriecher, Wühler.

Biodiversität

Gesamtheit aller Gene, Arten und Ökosysteme einer Region oder eines gegebenen natürlichen Raumes. Der Begriff Biodiversität stammt vom Zusammenschluss der Begriffe Diversität und biologisch.

Boden

Unterer Teil einer natürlichen oder künstlich angelegten Fahrrinne.

Brackwasser

Mischung aus Süß- und Meerwasser in unterschiedlichen Proportionen. Wasser mit proportional weniger Salz als im Meerwasser. Mischung aus Süß- und Salzwasser in der Mündung eines Flusses ins Meer (Folge der Gezeiten). Wasser mit einer Salinität unter derjenigen des Meeres (35 ‰ im Schnitt), aber zu hoher Salinität, um es trinken zu können.

Denitrifikation

Reduktion der Konzentration des gelösten Nitrats im Wasser, meistens unter Einwirkung von Bakterien. Reduktion durch Bakterien des Nitrats in Nitrit, dann in elementaren Stickstoff.

Dichte

Die Dichte, Formelzeichen: ρ (griechisch: rho), ist eine physikalische Eigenschaft eines Materials und wird gelegentlich auch spezifisches Gewicht genannt. Sie ist das Verhältnis der Masse m eines Körpers zu seinem Volumen V :

Für Feststoffe wird die Dichte üblicherweise in g/cm^3 bei 20°C angegeben und für gasförmige Stoffe üblicherweise in g/Liter bei 0°C und einem Luftdruck von 1013,25 Pa.

Eichung

Experimentelle Bestimmung der Beziehung zwischen der zu messenden Menge und der Angabe auf dem Messinstrument, dem Dispositiv oder dem Messvorgehen.

Einzugsgebiet

Gebiet, von welchem aus das Wasser an einen Ort fließt: Wasserlauf, See, künstlich angelegtes Werk, usw. Das Einzugsgebiet wird anhand eines vorgegebenen Ortes bestimmt, wie die Mündung eines Stroms, ein Fluss oder ein Staudamm (zum Beispiel Einzugsgebiet der Rhône).

Elektrode

Endstück eines elektronischen Messgeräts, das in eine Flüssigkeit getaucht wird, um die elektrischen Eigenschaften zu bestimmen (pH-Elektrode, Sauerstoff-Elektrode oder Elektrode des Leitfähigkeitsmessers).

Equitabilität

Verteilung der Anzahl Individuen pro Art (pro Taxon).

Eutrophierung

Sich entwickelnder Prozess, natürlich oder provoziert, der ein Ökosystem (speziell Seen) immer mehr mit Nährsalzen (Nitrat, Phosphat) versorgt. Somit wird das Ökosystem immer reicher an Lebewesen und organischem Material. Anreicherung des Wassers, süßes oder salziges, mit Nährstoffen, speziell mit Zusammensetzungen aus Stickstoff und Phosphor, welche das Wachstum der Algen und weiter entwickelter Wasserpflanzen beschleunigen. Prozess der Anhäufung von organischem Material in stehenden Gewässern, verursacht durch die rasche Vermehrung und die Zersetzung von nicht vollendeten Pflanzen, was den Sauerstoffgehalt von tiefen Gewässern senkt. Dieser natürliche Prozess wird durch das Zuführen von Nährstoffen, die aus menschlichen Aktivitäten entstehen, beschleunigt.

Fliessgewässer

Wasser der Ströme, Flüsse, Bäche, Wildbach, im Gegensatz zu stehenden Gewässern wie Seen, Teiche, Tümpel.

Fluss

Natürliche Wassermasse, die in kontinuierlicher oder diskontinuierlicher Weise abfließt, in einem gut definierten Verlaufe bis in den Ozean, ins Meer, in einen See, in eine Boden-Erniedrigung, in ein Sumpfgebiet oder in einen anderen Wasserlauf.

Fotosynthese

Biosynthese bedingt durch das Licht, welches gewissen Organismen erlaubt, organische Substanzen zu produzieren. Synthese von organischem Material anhand von Kohlendioxyd und Wasser, mit Licht durch Lebewesen, welche fotochemisch reagierende Pigmente verwenden.

Furt

Wenig tiefe Stelle eines Wasserlaufes, welche von Fahrzeugen oder Fussgängern überquert werden kann.

gelöster Stoff

Substanz, die in einem Lösungsmittel gelöst ist. Substanz, die sich eine einer anderen löst.

gelöster Sauerstoff

Sauerstoffmenge in einer Lösung, welche für die Atmung der Wasserlebewesen zur Verfügung steht. Die Löslichkeit von Sauerstoff nimmt in warmen Gewässern ab.

Genauigkeit

Qualität von Daten, welche konform sind mit den Charakteristika der Phänomene, die sie darstellen.

gesättigte Lösung

Lösung, welche bei einer vorgegebenen Temperatur so viele gelöste Stoffe enthält, dass sie diese lösen kann, wenn es einen Überfluss dieser gelösten Stoffe hat.

Grube

Kleine aber relativ tiefe Formation in einem Wasserlauf, welche ruhendes Wasser enthält.

Härte (des Wassers)

Mehr oder weniger hoher Gehalt an Kationen (Kalzium und Magnesium) des Wassers. Härte wird in CaCO_3 Milligramm pro Liter ausgedrückt. Sie ist auf Kalzium- und Magnesiumionen zurückzuführen. Die Wasserhärte wird durch die Gesamtmenge CaCO_3 (und Magnesium) in ppm. Sehr hartes Wasser erschwert das Schäumen von Seifen.

in situ

Vor Ort selber, an seinem gewöhnlichen Platz oder in üblicher Position.

Leitfähigkeit

Messung erlaubt es, die Gesamtmineralisation von Wasserproben zu bestimmen. Bei Wasseruntersuchungen wird sie oft «elektrische Leitfähigkeit» bezeichnet und kann als Gradmesser für die Konzentration der vorhandenen Ionen in der Probe verwendet werden.

Leitfähigkeitsmessgerät

Gerät, welches die Kapazität einer Flüssigkeit misst, Strom von einem Punkt zum anderen zu transportieren, unter der Wirkung einer Differenz des elektrischen Potentials.

lentisch

Bezeichnet alles was charakteristisch ist für Süßwasser mit langsamer oder ohne Zirkulation (Seen, Teich, Kanal).

logarithmische Skala

Grafische Skala, bei welcher jede Skalaeinheit eine Zunahme oder Abnahme mit Faktor 10 bedeutet, gegenüber der vorhergehenden Einheit.

Löslichkeit

Relative Fähigkeit einer Substanz in Lösung zu gehen.

Lösung

Homogene Flüssigkeit, geformt durch die vollständige und gleichförmige Dispersion der Moleküle eines chemischen Körpers in einem Lösungsmittel.

Lösungsmittel

Substanz, meist flüssig, die eine andere Substanz lösen kann.

lotisch

Eigenschaft von fließenden Gewässern. Gilt nur für Süßwasser.
Bezeichnet die Erscheinungsform von Fließgewässern.

lotisches Ökosystem

Süßwasser-Ökosystem, wo das Wasser fließend ist (Flüsse, Wildbäche, Quellen, Grundwasser).

Messgerät

Gerät für die elektronische Messung.

Mol

Ein Mol ist die Stoffmenge eines Systems, das aus ebensoviel Einzelteilchen (Atome, Moleküle, Ionen, Elektronen, Äquivalentteilchen, ...) besteht, wie Atome in 12 Gramm des Kohlenstoff-Nuklids ^{12}C enthalten sind. Bei Verwendung des Mol müssen die Teilchen genau spezifiziert sein.

Gemäss internationaler Definition ist das Mol eine Basiseinheit und bedeutet eine bestimmte Anzahl von Teilchen. Die Teilchenzahl pro Stoffmenge (Avogadro-Konstante) beträgt: [1] Ein Mol eines Stoffes enthält also ca. 602 Trilliarden Teilchen

molar

Bezüglich eines Molekül-Gramms oder Mol.

Molarität

Konzentration einer Lösung, ausgedrückt in Anzahl Mol eines gelösten Stoffes pro Liter Lösung.

Molekül

Kleinste Grundeinheit einer chemischen Verbindung, die sich an einer chemischen Reaktion beteiligen kann.

natürliches Wasser

Wasser wie es im natürlichen Zustand ist. Es enthält meistens feste, flüssige und gasförmige Stoffe in Lösung oder ungelöst.

neutral

Ist weder sauer noch alkalisch. Wird von einer Lösung gesagt, die einen pH-Wert nahe bei 7 hat.

Niederschlag

Chemische Reaktion, bei welcher Ionen in Lösung einen unlöslichen Festkörper bilden. Gesamte Wasserzufuhr, messbar, welche in all seinen Formen herunterfällt, einschliesslich Tau, Regen, Nebel, Schnee, Hagel und Schneeregen; es wird meistens mit der Höhe des flüssigen Wassers auf einer horizontalen Fläche ausgedrückt, entsprechend einem Tag, einem Monat oder einem Jahr und wird demzufolge tägliche, monatliche oder jährliche Niederschlagsmenge genannt.

Nitrat

Salz der Salpetersäure.

Nitrit

Salz der salpetrigen Säure. Toxisch. Nitrite sind häufig sehr gut löslich und können zum Nitrat oxidiert und zu Ammoniak reduziert werden.

pH

Der pH wird für die Bemessung des Wassers, des Bodens, Nahrungsmitteln etc. verwendet.

pH-Meter

Gerät mit potentiometrischer Montage für die Messung des pH einer Lösung.

ppm (Partikel pro Million)

Millionstel Gewichtsanteil (Wasser, Luft, Boden). Entspricht dem mg/L.

Präzision

Qualität, welche den Fehlergrad eines Messergebnisses ausdrückt. Die Präzision kann bestimmt werden, im Falle einer einzigen Messung, durch die Bedienform und die benutzten Instrumente, durch die statistische Analyse einer Gesamtheit von Messungen oder durch die festgestellte Abweichung gegenüber einer bekannten Grösse.

Die Präzision bezieht sich immer auf einen quantitativen Wert im Vergleich zu einem realen Wert. Die Präzision nimmt in Gegenrichtung des Fehlers zu.

Produktivität

Man bezeichnet als Produktivität eine Biomasse, welche in einem determinierten Zeitraum (meistens ein Tag oder Jahr) auf einer determinierten Oberfläche entstanden ist. Lebende Materienmenge, welche von einer Population, einer Pflanzen- oder Tiergemeinschaft oder einer Biozönose über eine bestimmte Zeitperiode (meistens im Jahreszyklus) gebildet wurde.

Proton

Wasserstoff-Ion H^+ .

Pufferlösung

Ziemlich konzentrierte Lösung, deren pH-Wert trotz Säure- oder Basenzugabe oder Verdünnung konstant bleibt. Lösung, deren pH-Wert dank gewissen gelösten Salzen (Regulatoren des Säure-Basen-Gleichgewichts) stabil bleibt.

Reagenz

Substanz, die bei chemischen Operationen Reaktionen hervorruft und insbesondere dazu verwendet wird, um eine andere Substanz zu messen.

Rieseln, Rinnen

Abfluss durch Schwere auf der Bodenoberfläche, dem Hang des Geländes folgend, Meteor-Wasser, welches nicht infiltriert, verdampft oder auf der Bodenoberfläche gespeichert wurde. Abfluss des Regen- oder Schmelzwassers auf der Bodenoberfläche, was bei genügender Geschwindigkeit Feststoffe mitreisst und Erosionen verursacht.

Rieselquelle

Auf den Flüssen mit freiem Lauf, Durchgang mit einiger Tiefe in welchem die Zirkulation bequem war.

Salinität

Mass für die Konzentration von gelösten Salzen, hauptsächlich Natriumchlorid, in Brack- oder Salzwasser.

Salz

Verbindung, die aus der Aktion einer Säure auf eine Base entsteht. Säuren sind im engeren Sinne alle Verbindungen, die in der Lage sind, Protonen (H^+) an einen Reaktionspartner zu übertragen - sie können als Protonendonator fungieren.

In wässriger Lösung ist der Reaktionspartner im wesentlichen Wasser.

Es bilden sich Oxonium-Ionen (H_3O^+), der pH-Wert der Lösung wird damit gesenkt.

Säuren reagieren mit sogenannten Basen unter Bildung von Wasser und Salzen.

Eine Base ist somit das Gegenstück zu einer Säure und vermag diese zu neutralisieren.

Azidität

Saure Qualität eines Körpers, die mit dem pH ausgedrückt wird (Logarithmus der entgegengesetzt zur Konzentration). Saure Qualität eines Körpers, die man der Alkalität gegenüber stellt.

saurer Regen

Regenwasser, dessen pH-Wert unter 5 liegt, zurückzuführen auf abnormale Konzentrationen von sauren Substanzen. Die Substanzen im sauren Regen haben eine schädliche Wirkung auf Pflanzen, das Wasser und das Leben im Wasser.

Sie kann auch die Beschädigung von Gebäuden und Monumenten beschleunigen und unserer Gesundheit schaden. Die Säure des Regens ist hauptsächlich auf die Emissionen von dioxyde de soufre und einigen oxydes d'azotes, Gase, welche bei der Verbrennung von Kohle und Petrol entstehen (Giesserei- und Transportsektor).

See

Wassermasse mit grosser Ausdehnung im Landesinnern.

Siemens (mho)

Masseinheit der Leitfähigkeit, ausgedrückt in «ohm». «mho» ist ein Anagramm.

spezifische Wärme

Benötigte Wärmemenge, um die Temperatur eines Kilogramms einer Substanz um $1^\circ C$ zu erhöhen, ohne dass es einen Phasenwechsel gibt.

Die spezifische Wärme des Wassers ist $4120 \text{ J/kg}^\circ C$ und der Luft $1000 \text{ J/kg}^\circ C$.

stagnierend

Flüssigkeit, welche nicht abfließt, bleibt bewegungslos. Stehendes Wasser.

subtoxisches Wasser

Wasser, dessen für die Lebewesen verfügbarer Gehalt an gelöstem Sauerstoffgehalt unter 4 mg/L ist und deshalb für die Bedürfnisse der Lebewesen nicht mehr genügend ist.

Suspension

Lösung, welche sehr kleine feste und unlösliche Partikel enthält, welche sich nicht festsetzen können.

Taxa

Gesamtheit der Taxon (ein Taxon, mehrere Taxa).

Taxon

Bezeichnet man in der Biologie eine als systematische Einheit erkannte Gruppe von Lebewesen.

Titrand

Das Reagenz, das bei der Titration hinzugefügt wird.

Titration

Prozess zur Bestimmung der Menge eines bestimmten Bestandteils durch Zugabe eines flüssigen Reagenz von bekannter Stärke. Es wird das Volumen bestimmt, das erforderlich ist, um den Bestandteil durch eine bekannte Reaktion umzusetzen.

Topografie

Oberflächenstruktur eines Gebiets.

Transparenz des Wassers

Eigenschaft eines klaren, durchsichtigen, durch gelöstes oder ungelöstes Material nicht getrübten Wassers. Gegenteil der Trübung. Eigenschaft des Wassers, Lichtstrahlen durchzulassen, so dass versenkte Körper sogar bei grosser Tiefe genau erkannt werden können.

Trübe

Verminderung der Transparenz einer Flüssigkeit durch nicht gelöstes Material. Charakteristika eines Wassers, deren Transparenz wegen feinen ungelösten Partikeln natürlichen Ursprungs oder aus umweltschädlichen Substanzen vermindert ist.

ungelöste Feststoffe

Sehr kleine Partikel von unlöslichen Feststoffen, sie dekantieren nur sehr langsam oder gar nicht.

Volumenmasse

Bezeichnet die Masse pro Volumeneinheit (meistens in Gramm pro Kubikzentimeter g/cm^3 ausgedrückt).

Wasserdampf

Menge von Wassermolekülen in Gasform in einer Atmosphäre gebildet aus anderen Gasen.

Wasserkreislauf

Vollständiger Zyklus der unterlaufenen Phänomene des Wassers, vom atmosphärischen Wasserdampf bis zum flüssigen oder festen Zustand in Form von Niederschlägen, um auf oder unter der Erde bis zum Meer abzufließen, und schlussendlich zur Form des atmosphärischen Wasserdampfes durch Verdampfung oder Transpiration zurück zu kehren.

Wassermasse

Grosses Wasservolumen, charakterisiert durch eine spezifische Temperatur und Salinität oder durch die chemische Zusammensetzung.

Wasserqualität

Ausdruck für die Beschreibung die chemischen, physischen und biologischen Eigenschaften des Wassers, in Anbetracht seiner Verwendung.

Wasserscheide

Topografische Trennungslinie zwischen den Einzugsgebieten.

Literatur

Trompette R.,
La Terre, une planète singulière, Ed. Belin, 2003, ISBN 2-7011-3064-6

Cosandey C. (sous la direction de), 2003,
Les eaux courantes – Géographie et environnement, Ed. Belin, Coll. Sup – Géographie.

Bethemont J., 1977,
De l'eau et des hommes, Ed. Bordas.

Touchart L., 2003,
Hydrologie – Mers, fleuves et lacs, Ed. A. Colin, coll. Campus.

Lambert R., 1996,
Géographie du cycle de l'Eau. Toulouse, Ed. Presses Universitaires du Mirail.

Encyclopédie Larousse «Théma».
Chapitres «Eaux terrestres»; «Quelques grands fleuves du monde»; «Lacs et glaciers», Ed.
Larousse, Paris.

Links zur Hydrologie

Wasserqualität in der Schweiz

www.wasserqualitaet.ch

Nationale Daueruntersuchung der schweizerischen Fliessgewässer

www.naduf.ch

Der Wasserkreislauf

<http://www.unep.org/vitalwater/>

<http://www.vitalgraphics.net/>

<http://www.cchs.co.uk/subjects/geography/gcse/exercises/rivers/hydrological-cycle.htm>

Eidg. Forschungsanstalt EAWAG

<http://www.eawag.ch/>

Bundesamt für Umwelt

<http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/>

Grundwasser

http://www.trinkwasser.ch/dt/frameset.htm?nav_00.html~leftFrame

Nitrat

Aktion „Weniger Nitrat im Wasser“

<http://www.nitrate.ch/d/index.html>

Schnee und Gletscher

<http://glaciology.ethz.ch/swiss-glaciers/>

Museum, Exkursionen

Hydrologischer Atlas der Schweiz

http://hydrant.unibe.ch/hades/hades_dt.htm

http://hydrant.unibe.ch/hades/exku/ex_inhalt_05.htm



SMS und E-Mails mit Ökostrom aus Sonnen-, Wind- und Wasserenergie

Eure SMS und E-Mails werden bei Swisscom mit Ökostrom aus Sonnen-, Wind- und Wasserenergie übertragen. Swisscom ist der grösste Bezüger von «naturemade star»-Ökostrom aus Sonnen- und Windenergie in der Schweiz, führt intern Stromsparprojekte durch und baut mit ihren Lehrlingen Solaranlagen auf Swisscom-Gebäuden.

Ausserdem engagiert sich Swisscom für den Schweizerischen Nationalpark und mit dem WWF für den Schutz bedrohter Arten in der Schweiz.

Regelmässig führen wir mit Mitarbeiter/innen Naturschutzeinsätze durch.

Mehr zu den Umweltaktivitäten von Swisscom: www.swisscom.ch/umwelt



GLOBE



The GLOBE Program

GLOBE Global Learning and Observations to Benefit the Environment

*GLOBE vernetzt viele tausend Schulen aus aller Welt über das Internet.
Das Programm verknüpft Bildung und Forschung im Bereich Umwelt.
Bobachten, messen, Daten sammeln, ins Internet eingeben und vergleichen:
GLOBE ist ein Schulprojekt für alle Stufen.*

GLOBE Schweiz wird unterstützt von:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Bundesamt für Umwelt BAFU
Office fédéral de l'environnement OFEV
Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Uffizi federal d'ambient UFAM
Federal Office for the Environment FOEN



www.globe-swiss.ch