

► Chemie am Bach

Stimmt die Chemie im Bach?

Welche chemischen Parameter kommen in Frage?

Wie ziehe ich Wasserproben für Laboranalysen?

Um die Gewässergüte eines Baches zu bestimmen, müssen im Feldversuch einige chemische Parameter bestimmt werden.

Anhand sogenannter Schnelltests werden ausgewählte chemische Parameter direkt am Bach bestimmt und die wichtigsten Kriterien für eine professionelle Probenahme und einer weiteren Wasseranalyse im Labor erarbeitet.



Ort

Bach

Schulstufe

ab der 9. Schulstufe

Gruppengröße

Klassengröße

Zeitdauer

1 Schulstunde

Lernziele

- Ein Bewusstsein für die chemischen Zusammenhänge, die in einem Bach ablaufen entwickeln
- Schnelltests zur Bestimmung chemischer Wassergüteparameter durchführen können
- Eine sorgfältige Entnahme von Wasserproben zur späteren Untersuchung im Chemielabor erlernen

Sachinformation

Die Chemie eines Fließgewässers definiert sich über einige wenige sogenannte physikalisch-chemische Parameter, die leicht zu ermitteln sind und wesentliche Ergebnisse über den Zustand eines Gewässers liefern. Man nennt das Ermitteln der Parameter auch eine physikalisch-chemische Ist-Zustands-Analyse. Diese ist eine sinnvolle Ergänzung zu anderen Gewässeruntersuchungen wie zB die ökomorphologische und biologische Untersuchung, um einen ganzheitlichen Überblick über den Zustand eines Fließgewässers zu bekommen.

An dieser Stelle sei darauf hin gewiesen, dass die Bestimmung der Gewässergüte, also des „Ökologischen Zustandes“ eines Gewässers, nicht mit der Bestimmung der „Trinkwasserqualität“ eines Gewässers verwechselt werden sollte. Ein Gewässer kann zwar Trinkwasserqualität aufweisen, dies ist aber in keinem Fall zwingend notwendig, damit der Zustand eines Gewässers als „Ökologisch sehr gut“ bezeichnet werden kann. In der Literatur findet man vorrangig die Grenzwerte für „Trinkwasserqualitätsbestimmungen“, wir beschreiben im Folgenden aber die Bestimmung des „Ökologischen Zustandes eines Gewässers“, daher können die hier angegebenen Grenzwerte von „Trinkwasserqualitätswerten“ abweichen.

Untersucht werden physikalisch-chemische Parameter wie Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Gesamthärte, Ammonium-/Ammoniak-Gleichgewicht, Nitrit- und Nitratgehalt, Phosphatgehalt, Sauerstoffgehalt bzw. -sättigung und BSB₅ (biochemischer Sauerstoffbedarf/5 Tage) so wie CSB (chemischer Sauerstoffbedarf).

Zusätzlich können, wenn die Vermutung besteht, dass eine Verunreinigung vorliegt, Tenside, Öle und Schwermetalle untersucht werden.

Der „Ist-Zustand“ eines Baches bedeutet:

- Welche Eigenschaften hat das Wasser?
- Wie gut ist die Wasserqualität zum Messzeitpunkt?

Die Ermittlung der Werte der Bachchemie ist nur eine Momentaufnahme des Wasserzustandes! Aus dieser Momentaufnahme können dann aber Rückschlüsse gezogen werden auf die Umwelteinflüsse,

die auf den Bach einwirken oder sogar Vorhersagen getroffen werden, wie es zB den Bachbewohnern in näherer Zukunft ergehen wird.

Messung Vor-Ort

Die folgenden Parameter können sehr einfach mit günstigen Papierteststreifen gemessen werden: pH-Wert, Gesamthärte, Nitrit-/Nitratgehalt, Phosphatgehalt und Ammonium/Ammoniak Gleichgewicht. Wenn der Verdacht einer Verunreinigung besteht, kann auch mit Öltteststreifen eine Belastung festgestellt werden.

Und natürlich kann mit einem einfachen Thermometer die Temperatur gemessen werden.

Messung im Labor

Für manche Parameter, die aber für die Gesamtanalyse eines Gewässers wichtig sind, muss man vor Ort erst einmal nur Wasserproben ziehen.

Der Sauerstoffgehalt und der BSB₅ sowie gegebenenfalls eine Analyse auf Tenside und Schwermetalle im Wasser werden dann im Labor bestimmt.

Tipp: Man verwendet am besten dunkle 250 ml Gasfläschchen (Schutz vor Sonneneinstrahlung), die man in einer Kühltasche transportiert.

Um diese Parameter bestimmen zu können, kommen allerdings schon aufwendigere chemische Analysemethoden zum Einsatz. Voraussetzungen zur selbstständigen Bestimmung im Schullabor sind da schon dementsprechende Glas-, Heiz- und Kühlapparaturen sowie entsprechende Chemikalien und genügend Zeit.

Für eine einmalige Analyse zB im Zuge eines Wasserprojektes empfiehlt es sich, eines der vielen Labore, die solche Wasseranalysen zu günstigen Preisen anbieten, zu beauftragen.

Tipp: Hygieneinstitut der KF-Uni Graz oder die örtliche Kläranlage.

Chemische Parameter

Der pH-Wert

Dies ist der wichtigste Parameter. Er gibt an, ob das Wasser zu sauer (pH-Wert unter 7,5) oder zu basisch (über 8,5) ist und ob dadurch für Fische und Pflanzen lebensfeindliche Bedingungen

im Wasser entstehen können. Die pH-Wertskala reicht von pH 1 „super sauer“ bis zu pH 14 „höchst basisch“. Natürliche Gewässer enthalten Calcium und stehen in Kontakt mit dem Kohlendioxid der Atmosphäre. Beide Stoffe sind dafür verantwortlich, dass sich in unbelasteten Gewässern pH-Werte um 8,2 bis 8,3 einstellen, also nicht wie man erwarten würde um den Neutralpunkt pH 7. pH-Werte außerhalb dieser pH-Wertgrenzen entstehen durch ungünstige Umwelteinflüsse oder den Eingriff des Menschen in die Gewässer (Landwirtschaft, Verkehr, Industrie, Abfälle). Der pH-Wert ist eine wichtige erste Alarmgröße. Einige Stoffe lösen sich bei unterschiedlichen pH-Werten unterschiedlich gut, man nennt den pH-Wert daher auch eine Kenngröße.

Der pH-Wert des Bachwassers sollte zwischen 7,5 und 8,5 liegen, darf also nur in einem sehr geringen Bereich des Möglichen schwanken.

Gesamthärte

Die Gesamthärte ist die Summe aus permanenter und temporärer (= Karbonathärte) Härte.

Die permanente Härte ist die Bezeichnung für die Menge der im Wasser gelösten Magnesium- und Kalzium-Ionen. Diese werden auch als Härtebildner bezeichnet. Dies sind vor allem gelöste Ionen wie CaCl_2 oder MgCl_2 .

Die temporäre Härte bildet die vorhandene Konzentration an Calciumhydrogencarbonat. Wie bei der Erklärung des pH-Wertes schon erwähnt, ist immer ein Teil des Luftkohlendioxids in einem Gewässer gelöst. Ein Maß für diese Konzentration bildet der manchmal separat angegebene Wasserparameter **Karbonathärte**. Eine genügend hohe Karbonathärte in einem Gewässer kann den pH-Wert des Wassers stabilisieren und einer Erhöhung sowie einer Erniedrigung des pH-Wertes erfolgreich entgegenwirken, man nennt das „abpuffern“. Gewässer mit einer ausreichend hohen Karbonathärte werden auch als „gut gepufferte Wasser“ bezeichnet.

Die Gesamthärte wie auch die Karbonathärte eines Wassers wird in der Einheit $^\circ\text{dH}$ (deutsche Härtegrade) oder auch in mmol/l (Millimol pro Liter) angegeben. Natürliche Süßwässer besitzen eine Gesamthärte zwischen 5 und 20 $^\circ\text{dH}$. Die Karbonathärte sollte zwischen 5 und 12 $^\circ\text{dH}$ liegen.

Generell werden die Gesamthärtebereiche wie folgt eingeteilt, wobei hier 1 $^\circ\text{dH}$ der Menge an Ionen pro Liter entsprechen, die in 10 mg Calciumoxid (CaO) enthalten sind.

$^\circ\text{dH}$	Härtebereich
< 7	weiches Wasser
7-14	mittelhartes Wasser
14-21	hartes Wasser
> 21	sehr hartes Wasser

Tab. 1: Richtwerte für Einteilung der Härtebereiche

Zu bestimmende Ionen

Werden feste Salze wie Ammonium, Phosphate, Nitrate, Nitrite im Wasser gelöst, liegen sie in Form der geladenen Teile aus der sie zusammengesetzt sind, also als Ionen, vor. Die Konzentration dieser Ionen kann dann gemessen werden und damit auf die Konzentration ihrer festen Ausgangsstoffe zurückgerechnet werden. Zur Verwirrung: Es werden in der Literatur immer wieder für bestimmte Stoffe unterschiedliche Richtwerte angegeben, einmal für die enthaltenen Ionen, ein andermal für den Feststoff. In dieser Publikation werden Richtwerte für die gelösten Stoffe angegeben, die auch auf den beschriebene Schnelltests zu finden sind.

Die wichtigsten sind:

- NH_4^+ Ammonium-Ion
- NO_2^- Nitrit-Ion
- NO_3^- Nitrat-Ion
- PO_4^{3-} Phosphat-Ion

Stickstoffkreislauf - elementarer Stickstoff, Ammonium, Nitrit, Nitrat, Ammoniak

Stickstoff (N_2), und viele seiner Verbindungen, ist ein grundlegender Teil des Lebenszyklus.

Der Stickstoffkreislauf ist jener permanent stattfindende Prozess, bei dem einerseits atmosphärischer Stickstoff N_2 (78 % des Luftgemisches) sowie in organischen Ausscheidungen und abgestorbenen Pflanzen gebundener Stickstoff (zB Ammoniak NH_3 , Ammonium-Ion NH_4^+) von Bakterien, Pilzen, Symbionten in andere Stickstoffverbindungen umgewandelt werden, die dann von Pflanzen wieder als Nährstoffe aufgenommen werden können. Andererseits beschreibt der Stickstoffkreislauf wieder den Rückweg aus Stickstoffverbindungen in elementaren Stickstoff.

Besonders ist dieser Kreislauf, weil elementarer Stickstoff „inert“ ist, d. h. er reagiert nicht oder nur durch Einwirken von sehr hoher Energie (zB Blitzschlag) mit einem Reaktionspartner (zB O₂). Die erwähnten Kleinstlebewesen sind aber spezialisiert darauf, dieses träge Element in Stickstoffverbindungen zu fixieren oder aus Exkrementen herauszulösen und in weitere Stickstoffverbindungen umzuwandeln, in den Boden oder ins Wasser einzutragen und so für Pflanzen aufnehmbar zu machen.

Dabei entstehen die wichtigsten Zwischenprodukte des Stickstoffkreislaufes: Nitrate NO₃⁻ und Nitrite NO₂⁻. Je nachdem ob nun bei den Umwandlungsprozessen Sauerstoff (O₂) vorhanden ist (aerobe) oder nicht (anaerob), entstehen unterschiedliche Produkte.

Ammonium(-lon) NH₄⁺ / Ammoniak(-lon) NH₃

Ammonium-Ionen sind Stickstoffverbindungen, die entstehen wenn die zuständigen Bakterien Pflanzenreste und Fischausscheidungen nur unvollständig abbauen können. Durch Düngemittel oder auch durch Oberflächenwasser können zusätzlich Ammoniak-Ionen (NH₃) eingetragen werden.

Gelangt Ammonium (NH₄⁺) ins Wasser, wandelt sich ein Teil davon in das problematische Ammoniak (NH₃) um. Wie viel umgewandelt wird, hängt von der Temperatur und dem pH-Wert des Wassers ab. Je mehr Ammoniak (NH₃) im Wasser ist, desto höher wird der pH-Wert, was in Folge zB zu Schädigungen

der Fischschleimhäute führen kann.

Die Tabelle 2 zeigt in Prozent wie viel Ammonium (NH₄⁺) bei einer bestimmten Wassertemperatur und einem bestimmten pH-Wert zu Ammoniak (NH₃) umgewandelt wird. Ab einer bestimmten Konzentration an NH₃ im Wasser wird es für die Lebewesen giftig, das nennt man die toxische Konzentration. Aus dieser Umwandlungsrate und der toxischen Konzentration in mg/l kann der maximale ungefährliche Eintrag in g/l an Ammonium (NH₄⁺) in ein Gewässer errechnet werden.

pH-Wert	10 °C		20 °C	
	Umwandlungsrate zu NH ₃ %	Toxische Konz. [mg/l]	Umwandlungsrate zu NH ₃ %	Toxische Konz. [mg/l]
6,0	0,02	391,00	0,04	183,00
6,5	0,06	124,00	0,13	58,00
7,0	0,19	39,20	0,40	18,40
7,5	0,59	12,40	1,24	5,86
8,0	1,83	3,93	3,82	1,90
8,5	5,56	1,31	11,20	0,65
9,0	15,70	0,46	28,40	0,26
9,5	37,10	0,20	55,70	0,13

Tab. 2: Umwandlungsrate in Prozent von NH₄⁺ zu NH₃ bei 10 bzw. 20 °C sowie Grenzwerte für Forellen

Beispiel: Bei einem neutralen pH Wert von 7 und einer Wassertemperatur von 10 °C werden 0,19 % des eingetragenen NH₄⁺ in NH₃ umgewandelt (bei

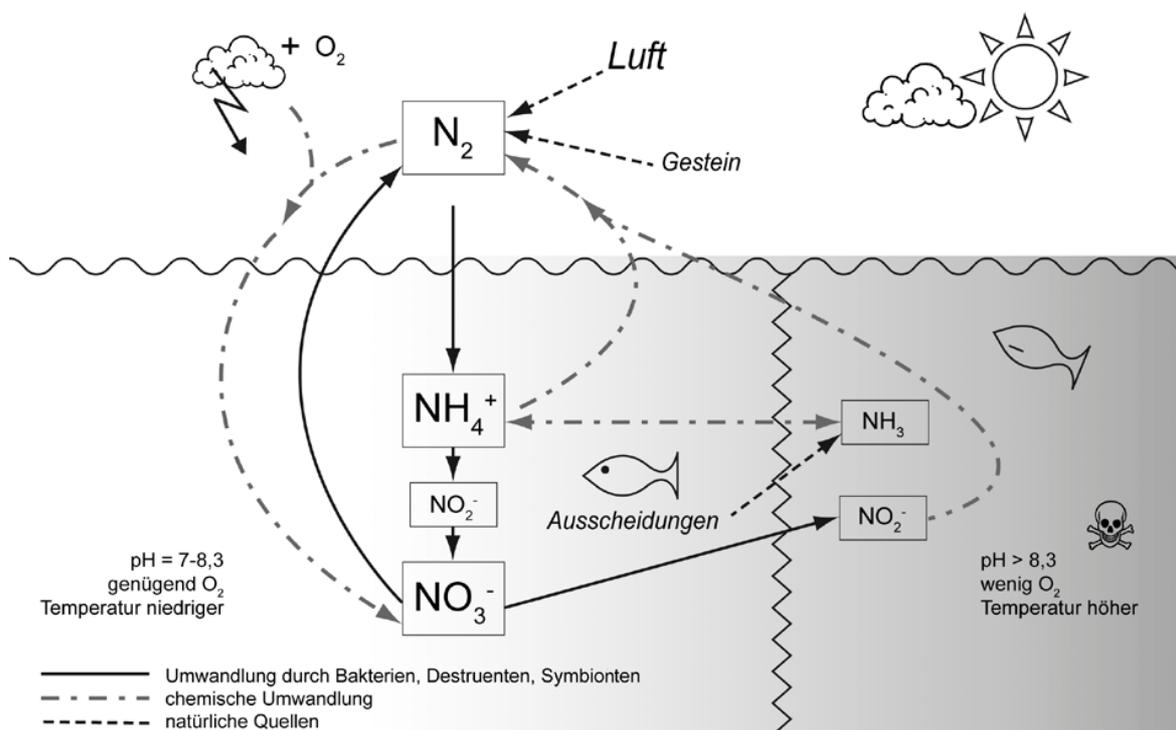


Abb. 1: Stickstoffkreislauf

1 kg also 19 g). Die toxische Konzentration an NH_3 beträgt bei diesen Bedingungen 39,20 mg/l, ist mehr im Wasser, kommt es zu Verätzungen der Kiemen der Fische.

Daraus kann man dann errechnen, dass bei 10 °C und pH 7 max. 2,06 g/l Ammonium (NH_4^+) ins Wasser gelangen darf, bevor es zu Vergiftungserscheinungen durch Ammoniak kommt.

Die maximale Menge muss daher für unterschiedliche Temperaturen und pH-Werte immer neu ausgerechnet werden.

Nitrit(-lon) NO_2^-

Der durch Bakterien verursachte natürlichen Abbau (Oxidation) von Ammonium-Ionen (NH_4^+ , Bestandteil von natürlichen Ausscheidungen und Düngemitteln) zu Nitrat-Ionen (NO_3^-) läuft über ein Zwischenprodukt, den problematischen Nitrit-Ionen (NO_2^-). Diese entstehen außerdem durch andere Bakterien in einer Folgereaktion aus bereits entstandenen Nitrat-Ionen (NO_3^-), wenn kein Sauerstoff vorhanden ist (anaerobe Bedingungen). Wenn dieses Nitrit nun zB durch einen starken Regenfall von Ackerböden in Gewässer eingeschwemmt wird oder durch Einleiten von ammoniumhaltigen Abwässern in die Trinkwasserversorgung gelangen, können gravierende Vergiftungen entstehen. Nitrit-Ionen sind vor allem für Säuglinge in den ersten 6 Lebensmonaten gefährlich. Diese haben noch ein anderes Hämoglobinprotein, das ist der Teil des roten Blutkörperchens, der den Sauerstoff bindet. Bei Aufnahme von Nitrit-Ionen über die Nahrung oder Wasser blockiert NO_2^- die Andockstellen, an denen normalerweise die Sauerstoffmoleküle hängen. Durch die Sauerstoffunterversorgung der Körperzellen kommt es zur so genannten Blausucht. Es droht der Erstickungstod. Aus demselben Grund sind Nitrite auch ein starkes Fischgift.

„LD 50“ gibt die letale Dosis an, bei der 50 % der Tiere nach einem festgelegten Zeitraum sterben:

LD 50 (4 Tage) für ...	mg/l
Forellen 100 g Lebendgewicht	0,2-0,4
Forellenintensivzucht (signifikante Sterblichkeit)	0,15
Grenzwert Salmoniden	0,1
Grenzwert Cypriniden	0,03
Wels	> 0,001

Tab. 3: LD 50 für verschiedene Fischarten, hier für den Zeitraum von 4 Tagen

Nitrat(-lon) NO_3^-

Nitrate sind wie Ammonium und Nitrite Stickstoffsalze, die gelöst im Wasser als NO_3^- vorliegen. NO_3^- sind nicht direkt giftig, allerdings wie Phosphat-Ionen ein Algennährstoff. Wenn die dafür zuständigen Bakterien es nicht mehr schaffen, das natürliche Nitrat abzubauen oder durch Oberflächenwasser zu viel Nitrat aus der Gewässerumgebung eingeschwemmt wird (zB Dünger von Feldern), kommt es zu einem verstärkten Algenwachstum und zu Sauerstoffmangel im Wasser. Beim Abbau (der Oxidation) von Stickstoff zu Nitrat ist Nitrit ein Zwischenprodukt. Daher können Nitrat und Nitrit mit derselben Farbreaktion nachgewiesen werden und es können beide Werte auf einem Schnelltest gemessen werden.

Für Fischwasser allgemein gilt ein Nitrat-Richtwert von < 200 mg/l

Störe: kritischer Wert ca. 300 mg/l
 Aal: kritischer Wert 400 mg/l
 Karpfen: kurzzeitig bis 1000 mg/l

Phosphat(-lon) PO_4^{3-}

Phosphate sind nicht direkt gefährlich für den Menschen, aber sie regen das Pflanzen- und Algenwachstum an, diese verbrauchen dann zu viel Sauerstoff, sodass manche Tiere nicht mehr in dem Wasser überleben können!

Bei erhöhtem Phosphat-Ionengehalt muss erst eine genauere Analyse im Labor durchgeführt werden, um eine eventuell bestehende Gefahr abschätzen zu können.

Der Phosphatwert ist leider oft verfälscht. Speziell Wasserpflanzen können enorm schnell und viele Phosphat-Ionen aus dem Wasser aufnehmen und speichern, dem Wasser also entziehen. Somit ist vielleicht zu viel Phosphat vorhanden, aber nicht mit der einfachen Methode nachweisbar. Bei einem erhöhten Schnelltestwert sollten Pflanzenproben mit in ein Labor genommen werden und genauer auf erhöhten Phosphationengehalt untersucht werden.

Der Grenzwert in offenen Gewässern für Phosphat liegt bei 0,03 mg/l.

Schwermetalle

Dies sind eine Gruppe von Stoffen, die im Körper nicht abgebaut und daher eingelagert werden,

also giftig für den Menschen sind. Sie gelangen über die Nahrungskette in den Körper (zB Speisefische). Der Begriff Schwermetall umfasst eine große Anzahl von Stoffen. Zu den problematischsten in Fließgewässern zählen: Blei, Quecksilber, Cadmium, Kupfer und Arsen, das eigentlich ein Halbmetall ist.

Schwermetalle sind nicht so einfach mit Schnelltests zu messen. Bei Verdacht auf Schwermetalle (dies ist nach den Gegebenheiten der Umgebung zu beurteilen: sind zB Industrieanlagen oder eine Mülldeponie in der Nähe) sollten Wasserproben gezogen werden. Der genaue Gehalt kann erst im Labor bestimmt werden.

Tenside

Tenside sind waschaktive Substanzen wie sie in Seifen, Spülmitteln, Waschmitteln oder Putzmitteln enthalten sind. Aber auch überall wo Öl und Wasser, die sich ja eigentlich nicht mischen lassen, vermischt werden, werden Tenside zugesetzt. Nachdem erkannt wurde, dass Tenside nicht nur die Oberflächenspannung des Wassers, die Gesamthärte sowie den pH-Wert eines Gewässers beeinflussen, sondern auch fischtöxische Wirkungen zeigten, wurden viele Tenside vom Markt genommen. Strengere Regelungen bezüglich der maximalen Mengen in Produkten und die Entwicklung vieler neuer natürlich abbaubarer Tenside hat die Problematik für die Gewässer entschärft. Es gibt heute fast nur noch Tenside, die einfach durch Bakterien abgebaut werden können.

Wenn ein Bach an einer oder mehreren Stellen Schaumbildung aufweist, könnte dies ein Hinweis auf Verschmutzung durch Tenside sein.

Öl

Öl kann aus den unterschiedlichsten Quellen in ein Gewässer gelangen und ist immer problematisch. Pflanzliche Öle sind zwar etwas leichter biologisch abbaubar als Mineralöle, dennoch bilden beide den gleichen Ölfilm an der Wasseroberfläche. Dieser Film kann unterschiedlichste negative Auswirkungen auf den Gesamtzustand eines Gewässers haben, beginnend bei der verstärkten Reflexion des einstrahlenden Sonnenlichtes bis hin zum Artensterben durch verklebte Kiemen von Fischen oder Flügeln von andern Tieren und Insekten.

Man erkennt bei einer massiven Verschmutzung

durch Öl oft einen feinen Schlierenschleier oder eine schimmernde Schicht an ruhigeren Stellen an der Wasseroberfläche. Hier kann Öltestpapier für eine rasche Erstbeurteilung zum Einsatz kommen. Öltestpapier ist aber nur ein Indikatorpapier zum Nachweis von Kohlenwasserstoffen wie Petroleum, Benzin, Heiz-, Schmier-, Mineral- und Erdöl in Wasser.

Sauerstoff und Temperatur

BSB und CSB

Der BSB (biochemischer Sauerstoffbedarf) bezeichnet die Sauerstoffmenge, die beim biologischen Abbau organischer Inhaltstoffe einer Wasserprobe verbraucht wird. Das bedeutet: Die Kleinstlebewesen und Bakterien (Destruenten), die im Wasser leben und für den Abbau von Ausscheidungen, toten Lebewesen, Pflanzen- und Tierreste und so weiter zuständig sind, verbrauchen dabei natürlich Sauerstoff. Den Verbrauch dieses Sauerstoffes im Wasser kann man messen. Über die Messung des BSB werden daher „biologisch abbaubare organische Wasserinhaltsstoffe“ erfasst.

Der CSB-Wert (chemischer Sauerstoffbedarf) hingegen beschreibt den theoretisch benötigten Sauerstoff, wenn alle oxidierbaren Verbindungen zu CO₂ und Wasser zersetzt würden. Darunter fallen natürlich auch Substanzen, die Destruenten nicht abbauen können (Mineralöle, oxidierbare Metalle bzw. Metallsalze, Halogenkohlenwasserstoffe). Daher ist der CSB-Wert immer etwas höher als der BSB-Wert.

Die Güte eines Gewässers ist immer abhängig von ihrer „Selbstreinigungskraft“. Ein Gewässer kann nur eine begrenzte Menge an Schadstoffen aufnehmen und in unschädliche umwandeln, daher ist die Bestimmung der beiden Werte sehr wichtig.

Sauerstoffsättigung

Dies ist die Konzentration von gelöstem Sauerstoff im Wasser. Je höher die Temperatur des Gewässers ist und je mehr andere Substanzen im Wasser gelöst sind (zB Salze, andere gelöste Gase, aber auch Verunreinigungen wie Tenside, Öle ...), desto weniger Sauerstoff kann im Wasser gelöst bleiben. Die meisten Wasserorganismen benötigen aber eine Mindestkonzentration an gelöstem Sau-

erstoff im Wasser zum Leben. Daher können nur bestimmte Arten in bestimmten Wasserbedingungen leben.

Je niedriger die Temperatur, desto höher die natürliche Sauerstoffsättigung des Wassers: zB beträgt der natürliche Sättigungswert bei 0 °C 14,6 mg O₂/l und sinkt bei 20 °C auf 9,1 mg O₂/l. Die fischkritische Konzentration wird bei Werten kleiner als 4 mg O₂/l erreicht.

Fische passen sich grundsätzlich einer bestimmten Wassertemperatur an. Es gibt kalt- und warmangepasste Fische derselben Art. Steigt jetzt aus irgendeinem Grund die Temperatur des angestammten Wassers an, können jene Fische, die an ein kühleres Wasser (15 °C) angepasst sind, diese Temperaturschwankungen besser aushalten als Fische, die an wärmere Gewässer (25 °C) angepasst sind. Wobei ein Fisch, der durchschnittlich 25 °C gewohnt ist, insgesamt höhere Temperaturen aushalten kann, aber eben eine geringere Temperaturspanne. Beispiel: Ein Karpfen, der an 15 °C kühles Wasser angepasst ist, kann bis zu 35 °C aushalten, das ist eine Spanne von 20 °C. Wobei ein an 25 °C angepasster Karpfen sogar 35,8 °C aushalten kann, aber eben nur eine Spanne von 10,8 °C.

Fischart (adult)	15 °C	25 °C
Karpfen	35,0	35,8
Schleie	30,2	33,0
Rotauge	28,5	34,5
Hecht	-	32,2
Flussbarsch	28,0	31,4
Bachforelle	26,0	28,3
Regenbogenforelle	28,6	29,5

Tab. 4: Letaltemperaturen je Fischart bei Erwärmung des Wassers

Hormone

Hormone steuern viele wichtige Prozesse im Körper und wirken im Gegensatz zu vielen Schadstoffen bereits in kleinsten Mengen.

Es gibt viele Chemikalien und Medikamente, die hormonaktive Wirkungen (die also die Wirkung eines Hormones im Körper vortäuschen) auf den tierischen und menschlichen Körper haben können. Diese Stoffe, wie zB die der Anti-Baby-Pille, gelan-

gen mit den täglichen Ausscheidungen in Kläranlagen. Dort werden sie nur teilweise abgebaut, der Rest gelangt in die Gewässer. Diese Stoffe können bei einigen Tierarten zu Veränderungen des Geschlechts und zur Unfruchtbarkeit führen.

Bei Untersuchungen an Fischen unterhalb von Kläranlagen konnten Verweiblichungseffekte beobachtet werden. So bildeten zB männliche Bachforellen in ihren Hoden Eizellen aus. Gegenteilige Phänomene zeigten Wellhornschnellen in Küstenbereichen auf der ganzen Welt, sowie rund 100 andere marine Arten. Deren Weibchen entwickelten einen Penis und werden fortpflanzungsunfähig. Die Ergebnisse der Untersuchungen von hormonwirksamen Stoffen im Tierreich sind weitgehend unumstritten. Ob und wie auch dem Menschen Gefahr droht, ist noch nicht eindeutig geklärt.

Einige der bekannten Schadstoffe in den Gewässern stammen zB aus Kunststoffen, die mit der Zeit aus dem Kunststoffmaterial ausgewaschen werden.

Darüber hinaus sind heute über 50 Chemikalien bekannt, die ähnlich wie Östrogen, das weibliche Geschlechtshormon, wirken.

Leider müssen erst einfachere Messmethoden entwickelt werden, die schnell eingesetzt werden können, um problematische Stoffe zu erkennen.

Richtwerte für Forellen und Karpfen

Zusammenfassend kann man für Forellen und Karpfen folgende Richtwerte für Temperatur, Sauerstoff und pH-Wert angeben:

Forelle	Temperatur [°C]	Sauerstoff [mg/l]	pH-Wert
kritischer unterer Bereich	≥ 0,1	≥ 4	≥ 5
eingeschr. unterer Bereich	8 ... 11	6 ... 6,9	5,5 ... 6,4
optimaler Bereich	12 ... 16	7 ... 30	6,5 ... 8
eingeschr. oberer Bereich	17 ... 18	31 ... 35	8,1 ... 8,8
kritischer oberer Bereich	≤ 25	≤ 40	≤ 9

Tab. 5: Richtwerte für Forellen (Bauer & Rapp, 2003)

Karpfen	Temperatur [°C]	Sauerstoff [mg/l]	pH-Wert
kritischer unterer Bereich	≥ 0,1	≥ 4	≥ 5
eingeschr. unterer Bereich	8 ... 11	6 ... 6,9	5,5 ... 6,4
optimaler Bereich	12 ... 16	7 ... 30	6,5 ... 8
eingeschr. oberer Bereich	17 ... 18	31 ... 35	8,1 ... 8,8
kritischer oberer Bereich	≤ 25	≤ 40	≤ 9

Tab. 6: Richtwerte für Karpfen (Schreckenbach et. al 1987, 2000)

Im optimalen Bereich finden die Fische optimale Umweltbedingungen. Im eingeschränkten unteren und oberen Bereich können sie sich kurzfristig ohne nachhaltige negative Auswirkungen aufhalten. In den kritischen Bereichen ist ein dauerhaftes Leben nicht möglich.

Zu den Schnelltests

Schnelltests sind sehr günstig und in jedem guten Chemiehändler erhältlich. Sie basieren alle auf Farbreaktionen, die in kleinen Feldern der Teststreifen stattfinden und reagieren bereits bei Berührung durch die Haut.

Es sollte daher bei der Erklärung der Verwendung darauf hingewiesen werden, dass die Teststreifen nur an den dafür vorgesehenen Seiten angefasst werden dürfen und die Testzeiten, die auf den Verpackungen stehen, möglichst genau eingehalten werden müssen. Es empfiehlt sich, die SchülerInnen die kurzen Anleitungen auf den Verpackungen lesen zu lassen.



Abb. 2: Schnelltests

Es besteht, mit Ausnahme des Phosphattests, bei keinem der beschriebenen Parameter eine Gefährdung für die Gesundheit der SchülerInnen, ein Verschlucken oder Augenkontakt sollte trotzdem vermieden werden.

Der Schnelltest für die Phosphatbestimmung enthält ein Fläschchen mit verdünnter Salzsäure. Diese kann bei Verschlucken oder Augenkontakt Verätzungen verursachen.

Es ist zu empfehlen, die Teststreifen im Bachufer mit den Auswertefeldern zu vergleichen. Da für die Auswertung immer die Verpackung der Testsets benötigt wird, empfiehlt es sich, diese zentral zu positionieren und die SchülerInnen nicht gleichzeitig mit denselben Teststreifen loszuschicken.

Entweder soll pro Gruppe je ein/e SchülerIn für einen Parameter verantwortlich sein oder es wird in Zweiergruppen gearbeitet und Parameter für Parameter gemessen.

Nicht mehrere Streifen von unterschiedlichen Parametern mitnehmen lassen - Verwechslungen sind wahrscheinlich!

Zur Probenahme

Die Probenahme sollte, wenn möglich, demonstriert und auf Fehlerquellen hingewiesen werden. Da es sich hierbei um einen scheinbar banalen Akt handelt, bedenken die SchülerInnen oft nicht, wie leicht Proben verfälscht/verunreinigt und somit wertlos gemacht werden können (Essensreste an den Fingern, Schutz an den Gummistiefeln, Handcremes ...). Anhand dieser Beispiele können Sauber-



Abb. 3: Messergebnis vergleichen

keit und Genauigkeit, die in einem chemischen Labor herrschen sollten, gut veranschaulicht werden.

Beim Ziehen von Wasserproben zur weiteren Untersuchung im Labor sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Probengefäße immer verschlossen transportieren, um keine Verunreinigungen zu verursachen.
- Vor allem wegen der Sauerstoffgehaltsbestimmung dunkle Glasgefäße verwenden.
- Die Probe kühlen (Kühltasche), wenn geht weniger als 5 °C Abweichung von der Gewässertemperatur.
- Wasser gegen die Fließrichtung ins Gefäß laufen lassen! Achtung, dass die Hände nicht dazwischen sind.
- Schwebstoffe vermeiden.
- Bei reiner Wasseranalyse Bodenschlamm-, Tier- Kieseintrag vermeiden.
- Wassermenge gering halten; 100-250 ml pro Probengefäß (Kühlung leichter).
- Besser mehrere kleine Gefäße verwenden und die Inhalte gegebenenfalls im Labor vereinen.
- Bei sichtbaren Verunreinigungen ist es zu empfehlen, bei der Probenahme Einweghandschuhe zu verwenden.

Die Probengefäße werden sorgfältig verschlossen und in Kühltaschen verstaut.

Um zu verhindern, dass ungewollte chemische Reaktion durch UV-Einstrahlung passieren, sollten nur dunkle Glasgefäße verwendet werden. Auch die Kühlung dient der Vermeidung von Messfehlern.



Abb. 4: Materialien für die Probenahme

Erhebung der Parameter am Bach

Der Bach sollte so gewählt werden, dass er leicht erreichbar ist, nicht zu viel Wasser führt und gut zugängliche Stellen aufweist. Gemeinde oder GrundstücksbesitzerIn informieren!

Allgemeine Ausrüstungsgegenstände

Gummistiefel, Wechselkleidung, Einweghandschuhe, Schnelltests (pH-Wert, Gesamthärte, Nitrit-/Nitrat, Phosphat, Ammonium und evtl. Öl), Probenahme-Gefäße, Kühltasche mit Kühlakku, Protokolle, Bleistifte, Textmarker, Klipboards

Tipp: Wenn am Bach oder Wasser gearbeitet wird, immer einen Bleistift verwenden, da dieser nicht verschmiert, wenn etwa das Protokoll nass wird.

Hinweise zur Messung

Es ist notwendig, dass im Protokoll die Messergebnisse ordentlich notiert werden, da viele der Messwerte die Basis für weitere Berechnungen bilden oder in Kombination miteinander erst aussagekräftig sind.

Da sich die zu messenden Parameter mit den **Wetterverhältnissen** an diesen und den vorhergehenden Tagen sehr stark ändern können, müssen die genauen Wetterbedingungen notiert oder - vor allem bei der Analyse von auffälligen Werten - nachgeprüft werden.

Das Notieren des **Messortes** ist ebenso wichtig, da die Qualität eines Fließgewässers so stark von seiner Umgebung abhängt, dass über einen ganzen Flusslauf keine einheitliche chemische Wassergüte erstellt werden kann. Die Ergebnisse gelten immer



Abb. 5: Erhebung am Bach

nur für einen definierten geologischen Bereich. Wenn die Qualität eines ganzen Gewässers beurteilt werden soll, muss verteilt über den ganzen Flusslauf immer wieder gemessen werden.

Es muss, wie schon erwähnt, immer auch die **Umgebung** mit in die Beurteilung einfließen. Gibt es daneben Felder, Wälder, ist viel verbaut, liegt Müll herum, sind Fremdgesteine im Bach (zB Zement, Ziegelsteine) ... Dazu empfiehlt es sich, die SchülerInnen ein kleines Stück (250 m) entlang des zu untersuchenden Bachabschnittes gehen zu lassen, um eventuelle Auffälligkeiten erfassen zu können.

Gegebenenfalls (starke Schaumbildung, Gerüche, Verfärbungen ...) muss der Messvorgang an die Verhältnisse angepasst und **Vorsichtsmaßnahmen** getroffen werden. Schutzmaßnahmen wären zB Schutzhandschuhe anziehen und vermeiden, dass Wasser auf die Haut gelangt.

Bei **auffälligen Ergebnissen** wird ein Messfehler durch Wiederholungsmessungen ausgeschlossen.



Abb.6: Bei starker Schaumbildung Schutzmaßnahmen setzen

Sollte der Messwert immer noch auffällig sein, werden die Standorte noch einmal genau auf sichtbare Merkmale untersucht (zB Gegenstände im Wasser, Schaumbildung an einzelnen Stellen, versteckte Zuflüsse, Umgebungsbedingungen wie Felder, Äcker, Kläranlagen, Bauwerke ...) und Wasserproben für eine weitere Untersuchung im Labor mitgenommen.

Didaktische Umsetzung

Die SchülerInnen werden an den Bach begleitet und vor Ort mit den Protokollen und der Handhabe der Schnelltests vertraut gemacht. Zum Einstieg ins Messen wird zuerst eine Sicht- und Geruchskontrolle durchgeführt. Anschließend werden die SchülerInnen in Gruppen eingeteilt. Nach Demonstration der „korrekten Probenahme“ durch die Lehrperson werden die SchülerInnen mit den Schnellteststreifen zum Messen an unterschiedliche Stellen in den Bach geschickt. Die Proben werden zur eventuellen Weiterverwendung für Untersuchungen im Labor gekühlt gelagert und mitgenommen.

Inhalte	Methoden
15 Minuten	
Hinführung zum Thema <i>Einführung in die Protokollführung und Durchführung einer Erstanalyse</i> 	<u>Material</u> Beilage „Feldversuch-Protokoll“, Klipboards, Bleistifte, Gummistiefel Die SchülerInnen werden an den Bach begleitet, mit Gummistiefel, Protokoll und Bleistift ausgerüstet und kurz in die Thematik „Chemie am Bach“ eingeführt. Die SchülerInnen sollen anfangs am Bachufer die Erstanalyse durchführen und alle Daten, die sie ohne Messungen feststellen können, in das Protokoll eintragen.
15 Minuten	
Erhebung chemischer Parameter mittels Schnelltests <i>Erste Einschätzung des Gewässerzustandes</i> 	<u>Material</u> Schnelltests zu den Parametern pH-Wert, Gesamthärte, Nitrit/ Nitrat, Phosphat, Ammonium und evtl. Öl, sowie Einweghandschuhe bei Bedarf Die SchülerInnen werden in Kleingruppen mit Protokoll und Teststreifen an unterschiedliche Stellen des Baches geschickt. Die erhaltenen Farbreaktionen werden mit den dazugehörigen Auswertefeldern verglichen, die Ergebnisse im Protokoll vermerkt.
10 Minuten	
Probenahme für weitere Untersuchungen im Labor <i>Weitere Einschätzung des Gewässerzustandes</i> 	<u>Material</u> je Gruppe ein Probenahmegefäß, Permanent-Marker, Kühلتasche Die Probenahme wird demonstriert und Hinweise zur sorgfältigen Entnahme von Wasserproben gegeben. Die SchülerInnen werden in Gruppen noch einmal in den Bach geschickt, um Proben zu ziehen. Diese werden beschriftet (Ort, Name der Gruppe) und in der Kühلتasche verstaut.

Inhalte	Methoden
Abschlussbesprechung 15 Minuten	
<p><i>Die Messergebnisse werden verglichen, Auffälligkeiten besprochen und mögliche Ursachen diskutiert.</i></p> 	<p><u>Material</u> Protokolle</p> <p>Die Ergebnisse der unterschiedlichen Parameter und Standorte werden verglichen und eventuelle Auffälligkeiten besprochen.</p> <p>Sollt es zu groben Unterschieden der Messergebnisse kommen, werden die jeweiligen Messungen wiederholt, um einen Messfehler auszuschließen.</p> <p>Den SchülerInnen wird die Problematik der Probenahme noch einmal verdeutlicht und die weitere Vorgehensweise erläutert, je nachdem ob weitere Untersuchungen im Schullabor durchgeführt werden oder ob die Wasserproben an ein externes Wasserlabor weitergegeben werden.</p>

Beilagen

- ▶ Feldversuch-Protokoll

Weiterführende Themen

- ▶ Protokollführung
- ▶ Messung chemischen Parameter im Feldversuch
- ▶ Ökomorphologische Gewässergütebestimmung
- ▶ Messung chemischer Parameter im Labor

Weiterführende Informationen

- **Links**
www.ubz-stmk.at
www.wasserland.steiermark.at
www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/wasser/oberfl_gewaesser/liessgew/bioguet
- **Aktionstag „Wasser“**
Wassertage können beim UBZ entweder in Form von Bacherkundungen oder als Projekttag mit dem Schwerpunkt „Wasserkreislauf“ gebucht werden. Bei speziellen Anfragen (Das Leben im Wassertropfen, Gewässerökologie, Fische sezieren, Krebsaquarium) werden qualifizierte ReferentInnen vermittelt.

Informationen bei: *Dipl.Päd.ⁱⁿ Mag.^a M. Krobath* | martina.krobath@ubz-stmk.at | 0316/835404-5



Noch Fragen zum Thema?

Mag.^a Denise Gaal
Projekt „Wasserland Steiermark“
Bereiche Physik und Chemie
Telefon: 0043-(0)316-835404
E-Mail: denise.gaal@ubz-stmk.at



www.ubz-stmk.at

Feldversuch-Protokoll

Daten

Name/Gruppe: _____

Name des Gewässers: _____

Datum/Uhrzeit: _____

Ort/GPS-Daten: _____

Wetterverhältnisse: _____

Sichtkontrolle

Geruch des Wassers normal ätzend faulig
 chlorig fischig _____

Farbe des Wassers klar trüb schäumend
 bräunlich gelblich grünlich

Sonstige, nicht natürliche Einflüsse: _____

Physikalische Parameter

Temperatur (°C): _____

Leitfähigkeit (µs/cm): _____

pH-Wert: _____

sauer (1-6) neutral (7) alkalisch (8-14)

Gesamthärte (°dH): _____ Phosphat (mg/l): _____

Nitrat/Nitrit (mg/l): _____ / _____ Ammonium (mg/l): _____

Messwiederholung:

Parameter: _____ Wert: _____

Begründung: _____

