

Projektwoche Rahn-Gymnasium

29.04.2019 – 03.05.2019



Begleitheft:

Projektwoche „Wasser – Alles klar?“

Dieses Laborheft gehört: _____



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



StiL
STUDIERN
IN LEIPZIG



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

1. Beschreibung der Parameter.....	2
Physikalische Parameter.....	2
Chemische Parameter.....	3
Biologische Parameter.....	6
Gewässergüte.....	6
2. Probennahme.....	8
Beschreibung des Gewässers.....	8
chemischen und physikalischen Messwerte.....	11
3. Vorbereitung.....	12
Hypothese.....	12
Lagerung.....	12
4. Station 1: Ionenanalyse.....	13
Qualitative Nachweise.....	13
Calcium-Ionen (Ca^{2+}).....	13
Carbonat-Ionen CO_3^{2-}	14
Eisen-Ionen $\text{Fe}^{2+}/^{3+}$	15
Ammonium-Ionen NH_4^+	16
Sulfat-Ionen SO_4^{2-}	16
Phosphat-Ionen PO_4^{3-}	17
Quantitative Nachweise.....	19
Nitrat-Ionen NO_4^-	19
BSB ₅ -Wert.....	19
5. Station 2: Keimdichtebestimmung.....	22
6. Station 3: Mikroskopieren.....	24
Bestimmen und Zählen.....	24
Mikroskopische Zeichnung.....	25
7. Station 4: Härtegradbestimmung.....	26
8. Ergebnisse und Auswertung.....	27

1. Beschreibung der Parameter

Physikalische Parameter

Die Temperatur beeinflusst verschiedene physikalische, aber auch die chemischen und biochemischen Vorgänge im Fließgewässer erheblich. Vor allem hat sie Einfluss auf die Geschwindigkeit der Umsetzungen. So nehmen Abbauvorgänge im Gewässer mit steigender Temperatur exponentiell zu (Verdopplung bis Vervierfachung bei einer Temperatursteigerung von 10° C = RGT - Regel). Da der Großteil der Fauna im Fließgewässer wechselwarmer Natur ist, ist er in hohem Maße von der Temperatur abhängig. Da die Stoffwechselvorgänge der Organismen bei höherer Temperatur sehr aktiv werden, verbrauchen die Lebewesen dementsprechend viel Sauerstoff, was zu ausgeprägter Sauerstoffzehrung führen kann (siehe Parameter Sauerstoff). Für eine Temperaturerhöhung können Faktoren wie Stoffeinträge, mangelnde Beschattung durch fehlende Ufervegetation und eine verringerte Fließgeschwindigkeit durch Staumaßnahmen die Ursache sein.

Die elektrolytische Leitfähigkeit (Salzgehalt) wird von der Menge der gelösten Ionen im Wasser bestimmt und ist somit ein Indikator für den Gesamt-Salzgehalt. Es ist allerdings kein Rückschluss auf die Art der Ionen möglich. Der natürliche Salzgehalt ist u.a. von Geologie und den Böden des Gebietes abhängig. Salzbelastungen der Gewässer können aus häuslichen oder industriellen (z.B. Salzabbau) Abwässern und im Winter aus Einschwemmung von Streusalz stammen. Optimale Werte liegen bei 100 bis 300 Mikro-Siemens pro Zentimeter [mS/cm]; in Kalkbächen können allerdings naturgemäß schon 900 mS/cm erreicht werden.

Mit Fließgeschwindigkeit wird bei Gewässerläufen die durchschnittliche Geschwindigkeit bezeichnet, mit der sich das Wasser eines Fließgewässers durch sein Bett bewegt. In Flüssen variieren die Fließgeschwindigkeiten ungefähr zwischen 0,1 und 6 m/s.

Die Sichttiefe dient u.a. zur Abschätzung der Tiefe der Euphotischen Zone. Die Euphotische Zone ist die Tiefenzone, in der Photosynthese stattfindet. Man rechnet nach limnologischer Übereinkunft mit dem 2,5-fachen der Secchitiefe als Tiefe der Euphotischen Zone und nimmt in grober Schätzung an, dass dort nur mehr 1 % der Lichtintensität des Oberflächenniveaus vorherrscht.

Tatsächlich hängt die Sichttiefe nicht nur mit der Absorption des Lichtes zusammen, sondern sehr stark auch mit der Streuung an Trübstoffen. So kann während der sommerlichen Kalkfällung (milchige Trübung in Seen mit hartem Wasser) die Sichttiefe drastisch abnehmen, obwohl eine photometrische Helligkeitsmessung kaum eine Einbuße entsprechenden Ausmaßes in der Tiefe ergibt. Umgekehrt kann in klaren Moorwässern die Secchischeibe noch fast bis zur Tiefe der Euphotischen Zone sichtbar sein.

Einen ersten Eindruck der Gewässergüte des Fließgewässers erhält man bereits durch den Geruch und die Farbe des Wassers. Ein wichtiges Anzeichen sind Verfärbungen des Untergrundes und des Gesteins.

Unter aufgenommenen Steinen in Gewässern der Güteklasse I (unbelastetes oder gering belastetes Wasser) ist keine Bildung von schwarzen Flecken erkennbar. Im Gegensatz dazu findet man bei Gewässern der Güteklasse II (mäßig belastetes Wasser) an einigen ruhigen Stellen Steine mit engbegrenzten schwarzen Flecken bzw. schwarz gefärbtes Sediment in den tieferen Schichten des Baches. Unter fast allen Steinen sind in Gewässern der Güteklasse III (stark verschmutzt) große schwarze Flecken zu erkennen. Die Bodenschichten sind deutlich schwarz gefärbt, die o.g. Faulschlammablagerungen sind erkennbar. Gegenstände im Wasser sind von einer weißlich - grauen Masse überzogen, die durch den "echten Abwasserpilz" (*Leptomitus lacteus*) gebildet wird. In großen Bakterienkolonien tritt der Abwasserpilz in Gewässern der Güteklasse IV (sehr stark verschmutzt) auf, der nun eine gallertartige, süßlich riechende Masse mit langen Fäden bildet. Pflanzen, Tiere und Bodengrund sind vom Abwasserpilz befallen. Alle Steine weisen schwarze große Flecken auf. Der gesamte Untergrund ist mit einer dicken Schicht Faulschlamm überzogen. Beim Aufwühlen des Untergrundes kann man den typischen Geruch von Schwefelwasserstoff nach faulen Eiern erkennen.

Die Erkenntnisse dieser ersten Eindrücke stimmen in den meisten Fällen mit den Ergebnissen der Gewässeruntersuchungen überein.

Chemische Parameter

Der pH-Wert ist ein Maß für die Konzentration an Wasserstoff-Ionen (H^+). Bei einem pH-Wert von 7.0 herrscht ein Gleichgewichtszustand zwischen Wasserstoff- und Hydroxidionen und das Wasser reagiert neutral. Wird Säure im Wasser gelöst, überwiegen die H^+ -Ionen und der pH-Wert sinkt unter 7.0. Dabei zeigt eine Reduktion um 1.0 eine Verzehnfachung der H^+ -Konzentration an (negativer dekadischer Logarithmus). Wenn Basen im Wasser gelöst werden, steigen die Werte über 7.0. Die Skala umfasst 14 Einheiten.

Naturgemäß bewegt sich der pH-Wert im Gewässer meist zwischen 6.5 und 8.0, allerdings sind einige Gewässer schon von Natur aus sauer (Moorbäche) oder basisch (bei kalkhaltigem Untergrund). Erhöhte pH-Werte können infolge von Eutrophierung auftreten; Versauerung durch sauren Regen als Effekt von Luftverschmutzungen. Als kritisch können pH-Werte unter 5,0 oder über 9 gelten.

Neben Extremwerten können starke Schwankungen des pH-Wertes als gefährlich angesehen werden.

Der pH-Wert beeinflusst die Löslichkeit und die Beständigkeit der verschiedenen Stoffe und die Lebensfähigkeit der Wasserorganismen. Niedrige pH-Werte können beispielsweise dazu führen, dass sich die kalkhaltigen Schalen von Muscheln, Schnecken und Krebstieren auflösen. Eine große Rolle spielt er zum Beispiel für das Verhältnis zwischen Ammonium und Ammoniak, wie im Folgenden deutlich werden wird.

Ammonium und Ammoniak: Diese Parameter eignen sich sehr gut als Indikatoren für Gewässerverunreinigungen durch häusliche Abwässer und landwirtschaftliche Produktion. Bei Ammonium handelt es sich um einen ungiftigen Pflanzennährstoff. Ammoniak hingegen ist ein farbloses, stechend riechendes giftiges Gas. Beide Formen kommen im Wasser nebeneinander vor. Wichtig dabei ist an dieser Stelle der Bezug zum pH-Wert. Um den Neutralpunkt 7.0 liegt ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Ammonium und Ammoniak vor. Verschiebt sich der pH-Wert ins alkalische (basische) Milieu, so wird aus den Ammonium-Ionen das Ammoniak freigesetzt. In stark basischen Lösungen liegt freies Ammoniak vor, welches in höheren Konzentrationen für jegliches Leben im Gewässer tödlich ist.

Gemessen wird der Ammonium-Gehalt, der bis ca. 0,3 mg/l eine geringe Belastung anzeigt; Werte über 0,7 mg/l sind als kritisch anzusehen.

Nitrat stellt in sauberen Gewässern die quantitativ bedeutendste Stickstoffverbindung und damit einen wichtigen Pflanzen-Nährstoff dar. Während der Nitrifikation setzt sich Ammonium innerhalb des Stickstoffkreislaufes zu Nitrit und im weiteren Verlauf zu Nitrat um. Organisch belastete Abwässer und Einträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen (Stickstoffdüngung, Gülle) können zu Nitratbelastungen führen. Eine mäßige Belastung des Gewässers liegt bei einem Nitrat-Wert zwischen ca. 2,5 und 5,0 Milligramm pro Liter [mg/l] vor.

Calcium: Der Gehalt an Calcium im Wasser ist für die Wasserhärte und damit auch zum Beispiel für den Geschmack des Wassers ausschlaggebend. Wasser wird als hart bezeichnet, wenn es einen Gehalt von 2,5 – 3,8 Millimol (mmol) pro Liter an den genannten Stoffen aufweist, als sehr hart bei einem Gehalt von >3,8 mmol/l. Ein mmol Calcium pro Liter entspricht dabei etwa 56 mg Calcium. Gesundheitlich bedenklich ist hartes Wasser höchstwahrscheinlich nicht. Nur Wasserkocher und Waschmaschinen können bei sehr hohen Calcium-Konzentrationen Kalkablagerungen ($CaCO_3$) bilden und an Energieeffizienz einbüßen oder gar kaputtgehen. (Mehr dazu: Carbonat)

Carbonat: Carbonat CO_3^{2-} reagiert innerhalb einer Gleichgewichtsreaktion mit Wasser zu Hydrogencarbonat. In

Bezug auf die Wasserhärte ist die Konzentration des Anions Hydrogencarbonat (HCO_3^-) von spezieller Bedeutung. Man bezeichnet diese Konzentration als Carbonathärte, temporäre Härte oder vorübergehende Härte. Ein Wasser befindet sich im sogenannten Kalkkohlenäure-Gleichgewicht, wenn es gerade soviel Kohlenstoffdioxid, im Sprachgebrauch auch Kohlenäure genannt, enthält, dass es gerade keinen Kalk abscheidet aber auch keinen Kalk lösen kann. Wird einem solchen Wasser Kohlenstoffdioxid entzogen, bilden sich schwer lösliche Verbindungen wie Calcit und Dolomit als besonders schwer lösliches Mischcarbonat (Kesselstein, Seekreide). Das hängt von dem komplexen temperaturabhängigen Calciumcarbonat-Kohlenäure-Kohlenstoffdioxid-Gleichgewicht ab. Aufgrund der Temperaturabhängigkeit dieses Gleichgewichtssystems bilden sich auch Ablagerungen bei der Bereitung von Heißwasser (Warmwasseranlagen, Kaffeemaschinen, Kochtöpfe). In den Gewässern findet ein entsprechender Prozess als „biogene Entkalkung“ in Folge der Photosynthese von Wasserpflanzen und Planktonalgen statt. (vgl. chemie.de: Wasserhärte)

Eisen: Eisen kommt in vielen Regionen natürlich vor. In anderen Gegenden führt jedoch saures Grundwasser zum verstärkten Lösen von Eisen-Ionen aus den Gesteinen, aber auch aus den Wasserleitungen. Mancherorts nimmt die Eisenkonzentration auch durch Nitratabbauprozesse zu. Befindet sich Pyrit im Boden, können spezielle Bakterien diese Verbindung nutzen, um Nitrat abzubauen. Hohe Nitratinträge können in Gebieten mit Pyrit zu hohen Eisenkonzentrationen führen. Gleichzeitig wird die Nitratbelastung reduziert. Dadurch wird ein zu hoher Nitratintrag in das Grundwasser eventuell nicht bemerkt, bis das Pyrit aufgebraucht ist. Zu viel Eisen im Brunnenwasser kann das Wasser gelb/orange verfärben. Schön ist das nicht. Zudem kann Eisen Leitungen verstopfen und einen Nährboden für Bakterien bieten. Durch Ablagerungen von Eisen kann es auch zu Schäden an den Geräten kommen. Es kann durch eine auftretende "Brunnenverockerung" zu einer erheblichen Leistungsminderung bei der Wasserförderung von Brunnenanlagen kommen. Wenn das Wasser durch Kupferrohre geleitet wird, kann außerdem Lochfraß entstehen. Der menschliche Organismus braucht zwar Eisen, hier gilt aber wie immer: „Die Menge macht das Gift“. Zu viel Eisenaufnahme kann zu Vergiftungserscheinungen führen. (vgl. VSR Gewässerschutz: vsr-gewässerschutz.de)

Sulfat: Sulfate sind natürliche Schwefelverbindungen, die z. B. als Calciumsulfat (Gips) in der Erdkruste weit verbreitet sind. Sulfate gelangen aber auch durch Düngung, industrielle Abfälle und Abwässer insbesondere aus der chemischen Industrie ins Grundwasser. Ein hoher Sulfatgehalt im Trinkwasser kann in den Verteilungsnetzen und in der Trinkwasser-Installation korrosiv wirken. Der Grenzwert für Sulfat beträgt im Trinkwasser 250 mg/l. Überschreitungen des Grenzwertes können vor allem bei empfindlichen Menschen zu Magen-Darmstörungen führen und abführend (laxierend) wirken, dies wird vor allem bei Konzentrationen über 1.000 mg/l beschrieben. Bei der Überschreitung des Grenzwertes im Trinkwasser muss durch das Gesundheitsamt geprüft werden, ob eine Gefährdung der menschlichen Gesundheit zu besorgen ist. In Abhängigkeit davon werden die notwendigen Anordnungen getroffen.

Phosphat: Im Stoffkreislauf innerhalb des Gewässers wird Phosphat durch den Abbau organischer Substanz frei (tote Organismen, Pflanzenreste vor allem im Herbst). Im sauberen Wasser unter natürlichen bzw. naturnahen Bedingungen ist der Gehalt des Nährstoffs Phosphat sehr gering und stellt daher den begrenzenden Faktor für das Pflanzenwachstum dar. Damit nimmt dieser Parameter eine Schlüsselstellung in vielen Gewässern ein: Da die anderen nötigen Nährstoffe in der Regel ausreichend vorhanden sind, führt jede Erhöhung des Phosphatgehaltes sofort zu einer starken Förderung des Pflanzenwachstums. Verunreinigungen mit Phosphat (meistens aus der Landwirtschaft, industriellen- und Siedlungsabwässern) führen daher besonders schnell zur sogenannten Eutrophierung der Gewässer: Durch Überfrachtung mit Nährstoffen setzt ein übermäßiges Pflanzenwachstum mit starkem Sauerstoffverbrauch ein. Beim Absterben der Pflanzen müssen große Massen an organischem Material zersetzt werden und eine starke Sauerstoffzehrung tritt ein. Das Verhältnis von Ammonium und Ammoniak verschiebt sich zu Gunsten des Ammoniaks und bei völligem Fehlen an Sauerstoff kommt es zu der Produktion von hochgiftigem Schwefelwasserstoff, welcher sich im Wasser und den Sedimenten (Faulschlamm) ablagert. In diesem Stadium zeigt sich das Gewässer als ökologisch tot. Phosphat-Werte bis 0,1 mg/l sind noch gut; über 2,0 mg/l wird's kritisch.

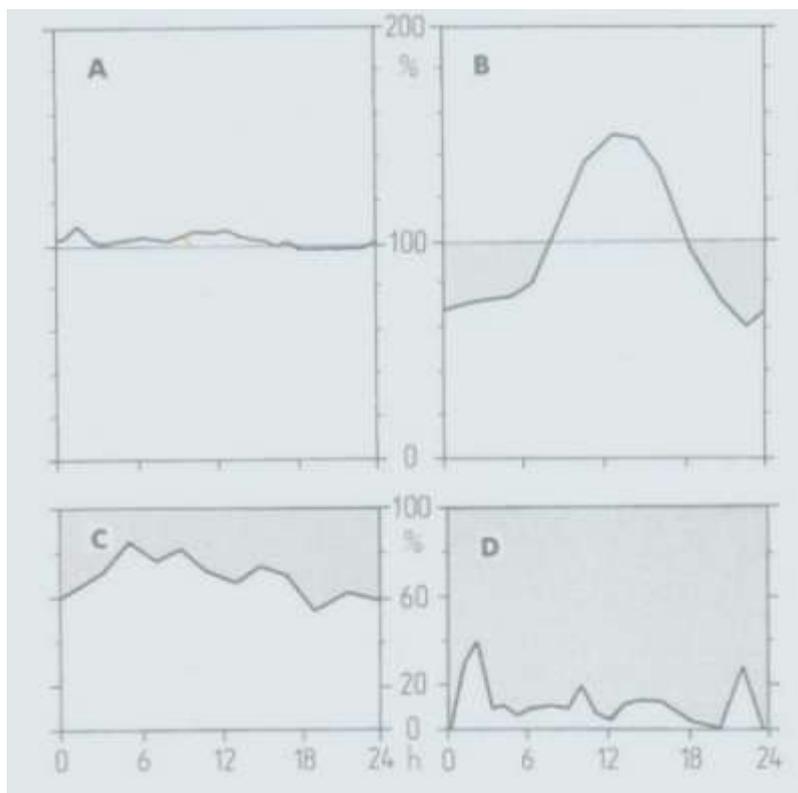
Wasserhärte: (siehe hierzu auch: Calcium und Carbonat) Wasserhärte ist ein Begriffssystem der angewandten Chemie, das sich aus den Bedürfnissen des Gebrauchs natürlichen Wassers mit seinen gelösten Inhaltsstoffen

entwickelt hat. Konkret wird mit Wasserhärte die Äquivalentkonzentration der im Wasser gelösten Ionen der Erdalkalimetalle, in speziellen Zusammenhängen aber auch deren anionischer Partner bezeichnet. Zu den „Härtebildnern“ zählen im Wesentlichen Calcium- und Magnesiumionen sowie in Spuren Strontium- und Bariumionen. Die gelösten Härtebildner können unlösliche Verbindungen bilden, vor allem Kalk und Kalkseifen. Diese Tendenz zur Bildung von unlöslichen Verbindungen ist der Grund für die Beachtung der gelösten Erdalkalien, die zur Entstehung des Begriffs- und Theoriesystems um die Wasserhärte geführt hat. (vgl. mitterteich.de: Wasserhärte)

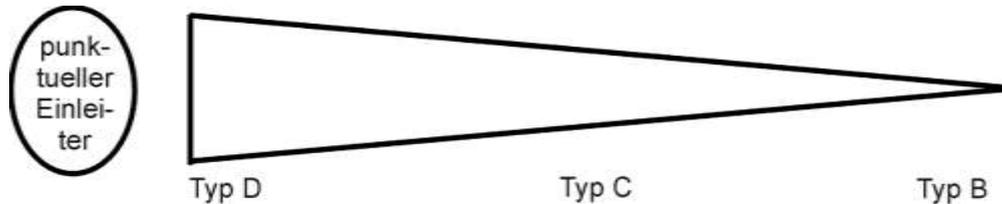
Sauerstoffgehalt/-sättigung: So wichtig wie das Wasser, in dem sich die Fauna bewegt, ist der Sauerstoff den sie für die Atmung benötigt. Er wird bei der Photosynthese der Wasserpflanzen frei und durch die Atmung der Konsumenten und den Abbau von organischem Material durch die Destruenten verbraucht. Wie aus den vorherigen Erläuterungen ersichtlich wurde, kann es durch anthropogene Einflüsse zu einer verstärkten Konzentration an organischem Material im Gewässer und im Folgenden zu einer Zunahme an sauerstoffzehrenden Prozessen kommen.

Bei Gewässeruntersuchungen wird neben der Sauerstoffkonzentration in mg/l häufig die *Sauerstoffsättigung* (in Prozent) angegeben. Diese berechnet sich prozentual aus dem Verhältnis des tatsächlich gemessenen Sauerstoffwertes zur theoretisch möglichen maximalen Konzentration gelösten Sauerstoffs bei der jeweiligen Wassertemperatur. Zum Beispiel wäre Wasser mit einer Temperatur von 8° C bei einem Gehalt von 11.5 mg/l mit Sauerstoff gesättigt. Werden 8 mg/l gemessen, so entspricht das einer Sättigung von ca. 70%.

Interessant ist die Sauerstoffsättigung im Tagesverlauf in den verschiedenen Verunreinigungsgraden, wie die folgende Abbildung demonstriert. Typ A zeigt ein unbelastetes Fließgewässer, Typ D eine starke Belastung.



Es zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Lokalität der Verschmutzung und der Sauerstoffzehrung.



Lokalisation der Fließgewässertypen in einer "Abwasserfahne"

Als Einzelwert aussagekräftiger als der stark schwankende Sauerstoffgehalt ist der *Biologische Sauerstoffbedarf* (*BSB₅*), der als entscheidender Parameter zur Beurteilung der Belastung des Gewässers mit organischen, sauerstoffzehrenden Substanzen gilt. Der BSB₅ gibt an, wieviel Sauerstoff beim Abbau der organischen Stoffe im Wasser innerhalb von 5 Tagen benötigt wurde.

Eine mäßige organische Belastung wird von BSB₅-Werten zwischen 3,0 und 5,0 mg/l angezeigt.

Biologische Parameter

Die *Keimdichte* ist die Anzahl der Mikroorganismen pro Volumeneinheit. Wird die Keimdichte von einer Wildprobe ermittelt, so ist dies zunächst eine relativ unspezifische Größe. Wird die Probe auf einen Nährmedium ausplattiert, so vermehren sich darauf jegliche Keime, ob diese dann pathogen und damit besorgniserregend sind oder nicht, kann man erst nach der Bestimmung der Mikroorganismen sagen. Generell gilt, dass nichts wirklich keimfrei ist, es sei denn, es wurde ausgiebig desinfiziert. Dies erschwert das Arbeiten mit Mikroorganismen extrem, da die Bedingungen so steril gestalten werden müssen, dass man sich später sicher ist, dass die nachgewiesenen Organismen auch aus der Probe stammen und nicht beispielsweise von der eigenen Haut. Für Gewässerproben gibt es für die Keimdichte keine allgemeinen Grenzwerte. Die Wahrscheinlichkeit auf pathogene Keime zu treffen, sinkt natürlich statistisch mit sinkender Keimdichte. Grenzwerte gibt es beispielsweise für bestimmte Bakterien wie *Escherichia coli*. Unser Trinkwasser wird täglich auf das Vorhandensein dieses Darmbakteriums geprüft. Schon kleine Mengen können zu Durchfallerkrankungen führen, deshalb darf in unserem Trinkwasser kein einziges *E. coli* Bakterium auffindbar sein. Im Oberflächenwasser kann dies jedoch durchaus aufgrund von landwirtschaftlichen Abwasser möglich sein.

Saprobienindex: Saprobien sind in verunreinigten Gewässern lebende Organismen wie Protozoen, Bakterien und Pilze. Sie bauen das organische Material im Wassers allmählich ab (Mineralisierung) und bewirken so eine biologische Selbstreinigung des Gewässers.

Das Saprobien-system ist eine biologische Gewässerklassifikation. Die Saprobien sind charakteristisch für einen bestimmten Grad der Gewässerbelastung mit biologisch leicht abbaubaren organischen Stoffen. Das klassische Saprobien-system nach Kolkwitz und Marsson teilt die Saprobien 4 verschiedenen Belastungsstufen von Gewässern zu. Aus der Besiedlung eines Gewässerabschnitts kann geschlossen werden, ob er...

- oligosaprob (nicht oder kaum belastet)
- β-mesosaprob (mäßig belastet)
- alpha-mesosaprob (stark verschmutzt) oder
- polysaprob (übermäßig verschmutzt) ist.

Das klassische Saprobien-system wurde später durch die Einführung von Zwischen- bzw. Übergangsstufen verfeinert. Das heute in Deutschland eingesetzte Saprobien-system weißt 8 Stufen der Gewässerbeschaffenheit auf. Als Bioindikatoren dienen u.a. wirbellose Tiere mit unterschiedlichen ökologischen Ansprüchen, die den Boden des Gewässers bewohnen. (vgl. Wagner 2006: ftp.gwdg.de)

Gewässergüte

Die Gewässergüte beschreibt die Qualität von Oberflächengewässern. Eine von kurzfristigen Einflüssen unabhängige Zustandsbeschreibung bietet die Einteilung nach dem Saprobien-System und dem BSB₅ Wert. Dabei werden anhand des biologischen Besiedlungsbildes für Fließgewässer 5 Güteklassen und 3 Zwischenstufen unterschieden, welche wie folgt charakterisiert werden:

Tabelle 1 Beschreibung der Güteklassen entsprechen Wagner, 2006: ftp.gwdg.de

	Bezeichnung	Saprobien- index	Sauerstoff- gehalt (in mg/L)	BSB ₅ (in mg/L)	Nitrat/ Ammonium (in mg/L)
Güteklasse I	Unbelastet/sehr gering belastet	1 – 1,5	12 - 8	1	0
Güteklasse I – II	Gering belastet	1,5 – 1,8	8 - 7	1 – 2	< 0,1
Güteklasse II	Mäßig belastet	1,8 – 2,3	7 - 6	2 – 6	0,1 - 0,3
Güteklasse II – III	Kritisch belastet	2,3 – 2,7	6 - 4	5 - 10	0,3 - 1
Güteklasse III	Stark verschmutzt	2,7 – 3,2	4 - 2	7 - 13	0,5 - 3
Güteklasse III – IV	Sehr stark verschmutzt	3,2 – 3,5	2 - 1	10 – 15	< 3
Güteklasse IV	Übermäßig verschmutzt	> 3,5	> 1	> 15	<<
Güteklasse V	Ökologisch zerstört	Nur noch bakterielle Fäulnisprozesse			

Hinweis: Über die Zeit sind verschiedene Möglichkeiten entstanden die Gewässergüte zu bestimmen. Es ist also bei Recherchen immer darauf zu achten, welche Parameter für die Gewässergüte herangezogen wurden.

Beachte weiterhin die Ausführungen unter Punkt 8.

2. Probennahme

Treffpunkt: ??

Beschreibung des Gewässers

Aufgabe: Fülle alle Punkte im Begleitheft zur eindeutigen Beschreibung des Gewässers aus. Beobachte genau. Beschreibe stichpunktartig aber eindeutig und nachvollziehbar.

Namen der Gruppenmitglieder:

Datum:

Uhrzeit:

Beschreibende Protokollierung

Umwelt

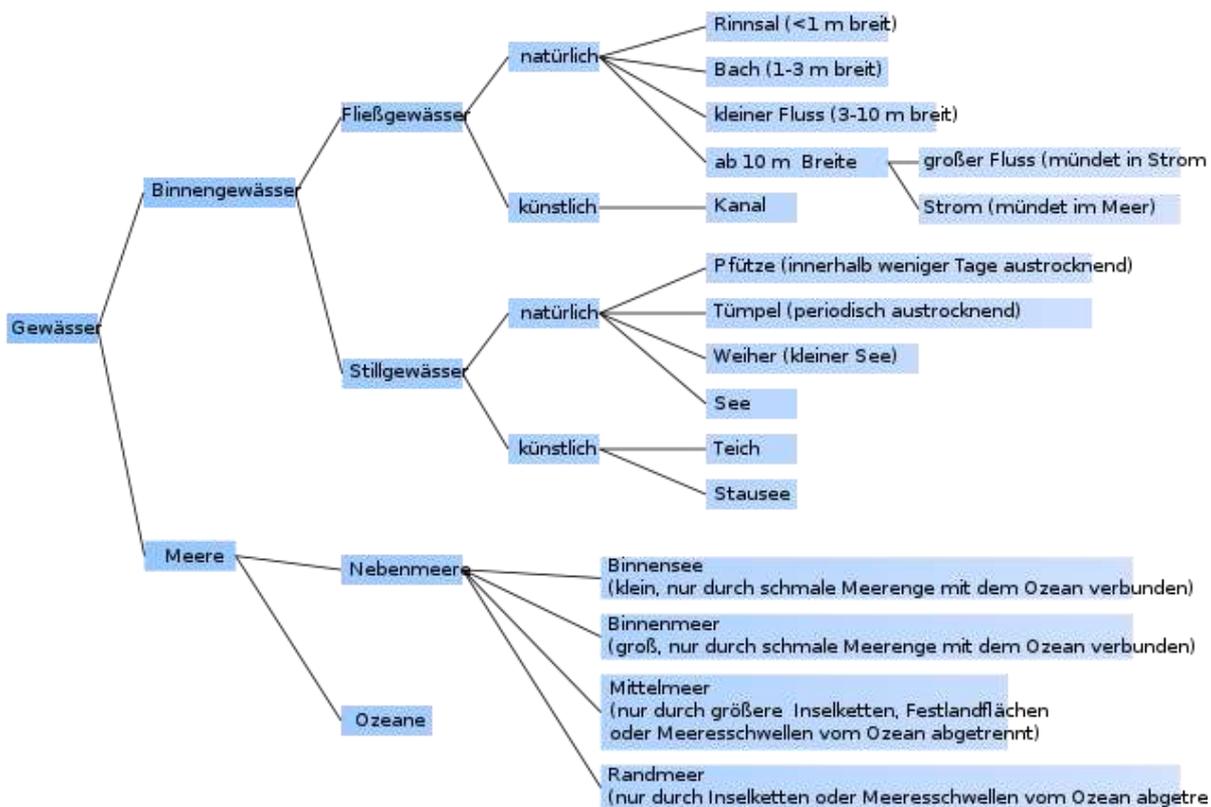
Lufttemperatur:

Bewölkung:

Wind:

Gewässer

Art des Gewässers (bitte markieren):



Einbettung in die Umgebung (Beschreibung der Landschaft, Besonderheiten):

Bestimme mit der geeigneten Literatur die Fauna und Flora im und am Gewässer:

Biologische Beschreibung

Pflanzen (inkl. Standort):

Tiere (inkl. Ort der Beobachtung, z.B. im Schilf, unter Wasser):

Fertige eine Skizze des Gewässers an. Wähle geeignete Piktogramme zur genauen Beschreibung des Gewässers. (z.B Pfeile für Fließrichtung, Sterne für Sträucher, etc.)

Skizze des Gewässers (mit Bewuchs, Zu- und Abläufen):

Legende:

chemischen und physikalischen Messwerte

Entnehme dem Gewässer eine Probe und erstelle drei unabhängige Messungen für jeden Messwert.
Berechne anschließend den Mittelwert der drei Messungen.

Parameter	Messwert 1	Messwert 2	Messwert 3	Mittelwert
Bemerkung				
Chemische Gewässeruntersuchung				
pH-Wert				
Sauerstoffgehalt				
Salzgehalt				
Physikalische Gewässeruntersuchung				
Temperatur				
Sichttiefe				
Wasserfarbe				
Fließgeschwindigkeit				

zusätzliche Analysen:

3. Vorbereitung

Hypothese

Formuliere eine Hypothese zum Zusammenhang zweier Parameter:

Schreibe eine kurze Begründung in Stichpunkten, wieso dieser Zusammenhang vermutet wird:

Lagerung

Zwei Proben wurden gesammelt und unterschiedlich eingelagert. Welche Auswirkung hat die unterschiedliche Lagerung? Welche Fehler könnten entstehen?

Parameter	dunkel und kühl gelagert	hell und warm gelagert
Temperatur		
pH-Wert		
Sauerstoffgehalt		
Salzgehalt		

4. Station 1: Ionenanalyse

Qualitative Nachweise

Hinweis: Fast alle qualitative Nachweise können optional durch quantitative Analysen mit Wassertest-Kits ergänzt werden. Frag dafür einfach bei Bedarf deinen Betreuer.

Das zu testende Wasser wird in den Nachweisen als „Probelösung“ bezeichnet. Gebt immer einen Teil des Wassers in ein Reagenzglas (etwa zwei Finger breit) und führt daran die Nachweise durch. Sind die beschriebenen Beobachtungen erkennbar, war der Nachweis positiv.

Calcium-Ionen (Ca^{2+})

Materialien:

- Reagenzglas mit Probelösung
- pH-Testpapier
- Bunsenbrenner
- Na_2CO_3 (Pulver) oder Ammoniumoxalat (Variante 1 und Variante 2)
- NH_3 , verdünnt

Durchführung:

Variante 1

Bitte testet zuerst den pH-Wert Eurer Probe. Ist die Probe sauer, gebt ein wenig NH_3 (verdünnt) hinzu, bis die Lösung neutral oder leicht alkalisch ist. Die Probenlösung wird vorsichtig über dem Bunsenbrenner erhitzt. Anschließend wird eine Spatelspitze Na_2CO_3 hinzugeben.

Beobachtung: _____

Reaktionsgleichung:

Variante 2

In ein Reagenzglas mit eurer Probenlösung wird eine Spatelspitze Ammoniumoxalat gegeben.

Beobachtung: _____

Reaktionsgleichung:

Dieser Versuch ist ein Beispiel für eine Umsetzungsreaktion, die zum Nachweis eines Stoffes angewendet werden kann. Fällungsreaktionen spielen eine wichtige Rolle beim qualitativen und auch quantitativen

Nachweis von Substanzen. Eine Verbindung zerfällt und einer der Zerfallsstoffe mit dem nachzuweisenden Stoff eine schwerlösliche Verbindung eingeht, die aus der Lösung ausfällt!

Carbonat-Ionen CO_3^{2-}

Materialien:

- Probelösung
- Bunsenbrenner
- Wasserbad
- $\text{Ba}(\text{OH})_2$ (Lösung)
- Uhrgläser

Durchführung:

Zur Probenvorbereitung werden 10 mL der zu analysierende Probe „aufkonzentriert“, in dem diese in einem Reagenzglas im Wasserbad erhitzt wird.

Gib auf das eine Uhrglas einen Tropfen $\text{Ba}(\text{OH})_2$ -Lösung und lege das Uhrglas kurz zur Seite. Ein Tropfen der „aufkonzentrierten“ Probe wird auf das zweite Uhrglas gegeben und vorsichtig mit einem Tropfen HCl (10%ig) versetzt und sofort mit dem zur Seite gelegten Uhrglas abdecken.

Beobachtung:

Reaktionsgleichungen:

Carbonat-Ionen werden ebenfalls durch eine Fällungsreaktion nachgewiesen.

Die Gesamthärte ist definiert als die Summe aller Erdalkali-Ionen; dies sind v.a. Calcium und Magnesium. In Lösung sind diese "gepaart" mit Chloriden, Sulfaten, Carbonaten und anderen Anionen. Die Carbonathärte hingegen umfasst nur die Carbonate dieser Ionen, in der Regel ist sie also niedriger als die Gesamthärte. Bei der Bestimmung der Carbonathärte gilt: $1^\circ\text{dH} = 10 \text{ mg/L CaO} = 7,14 \text{ mg/L Ca} = 17,86 \text{ mg/L CaCO}_3 = 28,92 \text{ mg/L Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Die Wasserhärte werdet ihr in Station 4 bestimmen.

Eisen-Ionen $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ **Variante 1 als Berliner Blau**

Materialien:

- Uhrglas mit Probelösung
- verdünnte Salzsäure
- $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

Durchführung:

Die Probelösung wird zuerst mit einem Tropfen verdünnter Salzsäure versetzt. Anschließend werden einige Körner $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ in die Probelösung gegeben.

Beobachtung:

Reaktionsgleichungen:

Variante 2 als Kunstblut

Materialien:

- Reagenzglas mit Probelösung
- verdünnte Salzsäure
- Kaliumthiocyanat (KSCN) in Wasser gelöst (eventuell selbst herstellen)

Die Probelösung wird mit verdünnter Salzsäure versetzt ($\text{pH} < 4$) und in dieser kann durch Zugabe der Thiocyanatlösung eventuell vorhandenes Eisen nachgewiesen werden.

Beobachtung:

Reaktionsgleichungen:

Der Versuch wird in der Spurenanalytik eingesetzt. Es sollte aus diesem Grund sehr vorsichtig und ohne Eisenspatel gearbeitet werden.

Habt Ihr im Unterricht bereits über Komplexverbindungen gesprochen?

Warum ist die Zuführung von Eisen (v.a. aber durch die Nahrung) so wichtig für den menschlichen Körper?

Ammonium-Ionen NH_4^+

Geruchsprobe:

Variante 1:

Materialien:

- Reagenzglas mit Probelösung
- 2 Uhrgläser
- Unitestpapier
- NaOH (konz, 10 molare Lösung)

Durchführung:

Einige Tropfen der Probelösung werden auf ein Uhrglas gegeben und NaOH hinzugegeben. Riecht vorsichtig an der Lösung, fächelt euch den Geruch bestenfalls etwas zu.

Was riecht Ihr?

Solltet Ihr den Geruch nicht wahrnehmen, nehmt das zweite Uhrglas und heftet an der Innenseite einen Streifen angefeuchtetes Indikatorpapier an. Wiederholt nun den Nachweis noch einmal und deckt das untere Uhrglas mit dem zweiten Uhrglas ab.

Variante 2:

- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lösung
- MgO

Funktioniert das nicht, gibt man einige Tropfen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lösung und anschließend MgO hinzu. Auch sehr geringe Mengen sind so am Geruch erkennbar.

Notiert Euch die Reaktionsgleichung! Welches Gas verursacht auch hier den Geruch?

Geruch: _____

Reaktionsgleichungen:

Ammoniak als Stoff wird nicht direkt nachgewiesen, sondern kann entweder über den charakteristischen Geruch wahrgenommen werden, oder indirekt über die Bildung von Hydroxid- Ionen nachgewiesen werden. Bei der Zugabe von Natriumhydroxid zu einem Ammoniumsalz entsteht Ammoniak. Das entstehende Ammoniak verflüchtigt sich und ist an seinem typischen, stechenden Geruch zu erkennen. Bzw. reagiert der Ammoniak mit dem Wasser des feuchten Indikatorpapiers zu Hydroxid- Ionen und Ammonium- Ionen. Die Hydroxid- Ionen führen zur Blaufärbung des Unitestpapiers.

Der Nachweis von Ammonium-Ionen deutet auf hygienisch bedenkliche Verunreinigungen hin (Gerbereien, Foto-, Kunststoff- u. Textilindustrie, häusliche, industrielle u. gewerbliche Abwässer, Gülle, Stallmist, Kompost). Der Trinkwassergrenzwert von Ammonium liegt bei $0,5 \text{ mg/L NH}_4^+$.

Sulfat-Ionen SO_4^{2-}

Materialien:

- Probelösung
- verd. Salzsäure
- Bariumchlorid-Lösung

Durchführung:

Die Probelösung wird mit einigen Tropfen der verdünnten Salzsäure angesäuert. Anschließend werden einige Tropfen der Bariumchlorid-Lösung hinzugegeben und beobachtet, was passiert.

Beobachtung: _____

Reaktionsgleichung:

Sulfat-Ionen werden ebenfalls durch eine Fällungsreaktion nachgewiesen.

Normale Wässer weisen einen Sulfatgehalt von bis zu 50 mg SO_4^{2-} /l auf. In bestimmten Gebieten (z. B. Braunkohlengebieten) kann der Sulfatgehalt wesentlich höher sein. Ebenso können verunreinigte Gewässer einen deutlich höheren Sulfatgehalt aufweisen. Der Sulfatgehalt hat im Wesentlichen seine Ursache in gelöstem Gips (Calciumsulfat). Sulfatreiches Wasser ist für Betonbauten schädlich. Wasser mit einem hohen Sulfatgehalt (größer 250 mg/l), insbesondere bedingt durch Natriumsulfat, wirkt abführend.

Phosphat-Ionen PO_4^{3-}

Materialien:

- Reagenzglas mit Probelösung
- konz. HNO_3 (!)
- Ammoniummolybdat

Durchführung:

Zur Probelösung werden zehn Tropfen Salpetersäure und eine Spatelspitze Ammoniummolybdat gegeben. Dann wird die Lösung in einem Wasserbad erwärmt.

Beobachtung: _____

Reaktionsgleichung:

Phosphat-Ionen werden ebenfalls durch eine Fällungsreaktion nachgewiesen.

Die Ursachen für erhöhte Phosphatkonzentrationen können z.B. in landwirtschaftlichem Gülle- sowie Kunstdüngeratrag oder auch infolge Waschmittel-Abwasserversickerung (z.B. durch defekte Kanalisationsabschnitte) begründet sein. Der Trinkwassergrenzwert für Phosphat lag bis 2003 bei 6,7 mg/L PO_4^{3-} .

Quantitative Nachweise

Nitrat-Ionen NO_3^-

Der Nitratgehalt eurer Wasserprobe lässt sich sehr einfach mit käuflich erworbenen Teststreifen bestimmen.

Durchführung:

1. Teststäbchen mit beiden Reaktionszonen 1 Sekunde in die vorbereitete Probe (15-25°C) eintauchen.
2. Überschüssige Flüssigkeit vom Stäbchen abschütteln.
3. Nach einer Minute Farbe der Reaktionszone bestmöglich einem Farbfeld des Etiketts zuordnen (Einheit: mg/l)



	Messung 1	Messung 2	Mittelwert
Nitratgehalt			

Dieser Teil kann erst am Donnerstag durchgeführt werden!

BSB₅-Wert

ERST FÜR DONNERSTAG

Den Sauerstoffgehalt hast du bereits bestimmt. Notiere zunächst noch einmal den Wert, den du während der Exkursion ermittelt hast:

Sauerstoffgehalt Exkursion:

Da sich der Sauerstoffgehalt einer Probe enorm schnell ändern kann und er abhängig ist von vielen anderen Parametern (Temperatur, Zeit, etc.) ist er kein charakteristischer Wert für ein Gewässer. Viel besser geeignet ist der biologische Sauerstoffbedarf innerhalb von 5 Tagen (BSB₅ Wert). Dieser Wert kann einfach bestimmt werden, indem der Sauerstoffgehalt einer Probe nach 5 Tagen Lagerung erneut gemessen wird. Der Sauerstoffgehalt wird hier einmal elektronisch und dann per nasschemischer Analyse gemessen.

Variante 1:

Vorbereitung:

- Wähle an der Kabelbox des Sensors die Einheit mg/L aus.
- Verbinde den Sensor mit dem LabQuest

Durchführung:

- Entferne die Sicherheitskappe.
- Tauche den Sensor so tief in die Probe, dass der metallische Knopf an der Seite des Sensors ebenfalls Kontakt mit der Probe hat.
- Reinige den Sensor nach jeder Messung mit Aqua dest.

Erstelle drei Messungen und ermittle den Mittelwert.

	Messwert 1	Messwert 2	Messwert 3	Mittelwert
Sauerstoffgehalt				

Um den Sauerstoffbedarf zu berechnen musst du nun den Anfangswert vom Wert nach 3 Tagen subtrahieren. Da der biologische Sauerstoffbedarf nach 3 Tagen (Montag bis Donnerstag) kein offizieller Messwert für Gewässer ist, musst du diesen Wert auf 5 Tagen hochrechnen.

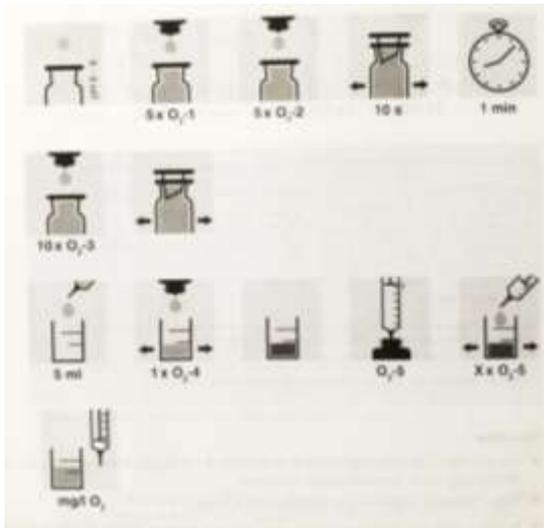
Berechnung:

Variante 2:

Gute digitale Messtechnik ist teuer. Wassertest-Kits greifen deshalb auf nasschemische Analyseverfahren zurück.

Ermittle mittels der Beschreibung im Test-Kit den Sauerstoffgehalt der Probe im klassischen Verfahren. Berechne mit einer zweiten Messung den Mittelwert.

Durchführung:



Sauerstoff-Reaktionsflasche mehrmals mit der vorbereiteten Probe spülen. Dabei darauf achten, dass die Durchmischungshilfe nicht herausfällt.		
Vorbereitete Probe		Bis zum Überlaufen luftblasenfrei in die Sauerstoff-Reaktionsflasche füllen.
Reagenz O ₂ -1	5 Tropfen ¹⁾	Zugeben.
Reagenz O ₂ -2	5 Tropfen ¹⁾	Zugeben, Flasche mit dem Schließstopfen luftblasenfrei verschließen und 10 Sekunden mischen.
Verschlossene Sauerstoff-Reaktionsflasche bei konstanter Temperatur 1 min stehen lassen.		
Reagenz O ₂ -3	10 Tropfen ^{1), 2)}	Zugeben, Flasche mit dem Schließstopfen luftblasenfrei verschließen und gut mischen. Probe-Reagenz-Mischung
Testglas mehrmals mit der Probe-Reagenz-Mischung spülen.		
Probe-Reagenz-Mischung	5 ml	Mit der Spritze in das Testglas geben.
Reagenz O ₂ -4	1 Tropfen ¹⁾	Zugeben und umschwenken. Die Lösung färbt sich je nach Sauerstoff-Gehalt violett bis blau .
<p>Titrierpipette lose auf die geöffnete Reagenzflasche O₂-5 aufsetzen. Stempel der Titrierpipette von der untersten Position aus langsam herausziehen, bis der untere Rand der schwarzen Stempeldichtung mit der Nullmarkierung der Skala übereinstimmt. (Dabei füllt sich nur das Tropfrohr mit Titrierlösung.)</p> <p>Titrierpipette herausnehmen und Spitze des Tropfrohrs kurz abstreifen. Dann die Titrierlösung langsam und unter Umschwenken zur Probe tropfen, bis sich diese vollständig entfärbt hat. Kurz vor dem Farbumschlag nach jedem Tropfen einige Sekunden warten.</p> <p>Am unteren Rand der schwarzen Stempeldichtung Messwert in mg/l O₂ auf der Skala der Titrierpipette ablesen.</p>		
¹⁾ Flasche während der Zugabe des Reagenzes senkrecht halten!		
²⁾ Bei sehr hohen Sauerstoff-Konzentrationen müssen zur vollständigen Lösung des Niederschlags 1 - 3 Tropfen Reagenz O ₂ -3 zusätzlich zugegeben werden.		

Ergebnis:

	Messwert 1	Messwert 2	Mittelwert
Sauerstoffgehalt			

Berechne den BSB₅-Wert wie in Variante 1:

Welche Fehler sind bei der Auswertung dieser Messergebnisse zu berücksichtigen?
(Unterschied: digitale vs. Klassische Messwerterfassung, Aufrechnen des Bedarfs auf 5 Tage)

5. Station 2: Keimdichtebestimmung

Aufgabe:

Bestimme als Gradmesser für die allgemeine bakterielle Verunreinigung mit Hilfe des Plattengussverfahrens die Gesamtkoloniezahl in 1 ml einer Wasserprobe! Das Vorgehen ist kompliziert. Lass dir deshalb vom Betreuer helfen!

Material:

- 2x 100ml Becherglas
- 3 Röhrchen mit Nähragar
- Wasserbad
- steriles Aqua dest. (ca. 10 ml)
- 3 Petrischalen
- 4 Eppendorferreaktionsgefäße
- 1 Rack
- Feinpipette mit Spitze

Durchführung:

1. Es werden zunächst Arbeitsfläche und Hände desinfiziert (oder Handschuhe benutzt).
2. Wasserprobe (Probenahme in sterilem Gefäß) 1:10, 1:100 und 1:1000 mit sterilem Aqua dest. verdünnen.

Verdünnungsreihe herstellen:

2 ml Eppendorferreaktionsgefäße verwenden; Mit der Feinpipette werden 1350 µl A. dest. vorlegen und dann jeweils mit 150 µl von vorhergehenden Verdünnung gemischt. Durchmischt wird mittels Anschnipsen.

3. benötigt werden jeweils 10 ml Nähragar; Nähragar wird vom Betreuer verflüssigt und auf 45 - 50 °C temperiert. (Achtung: der verflüssigte Agar ist **heiß**! Nutze immer eine Reagenzglasklammer.)
4. Petrischalen eindeutig auf der Außenseite des Bodens beschriften. (Gruppe, Datum, Verdünnung)
5. **je** 1 ml Wasser aus den drei Verdünnungsstufen in eine Petrischale mit der Feinpipette pipettieren und ein Röhrchen temperierten flüssigen Nähragar zugeben; Petrischalen vorsichtig achterförmig hin- und her bewegen
6. Agarplatten 24 h bei 20 °C und anschließend 24 h bei 37 °C auf den Deckel gedreht inkubieren.

Auswertung am Donnerstag:

Bestimme die Koloniezahl pro Liter des untersuchten Wassers! **ÖFFNE NIEMALS DIE PETRISCHALEN!** Zähle dazu die Anzahl der Kolonien in einer der Petrischalen (Entscheide zusammen mit deinem Betreuer welche günstig ist) und multipliziere die Anzahl der Kolonien mit der Verdünnung um auf einen Liter zu kommen.

Laut Trinkwasserverordnung wird als Koloniezahl die Zahl der mit 6- bis 8facher Lupenvergrößerung sichtbaren Kolonien definiert.

Rechnung und Ergebnis:

Hinweis: Für hygienisch unbedenkliches Trinkwasser dürfen pro ml maximal nur 100 Kolonie-bildende Einheiten (KBE) nachweisbar sein.

6. Station 3: Mikroskopieren

Aufgabe 1:

Bestimmen und Zählen

Entnahme mit einer Plastikpipette etwas Probenlösung vom Boden (möglichst viel Schwebstoffe enthaltend) und gebe davon einen Tropfen auf den Objektträger mit Hohlschliff.

Platziere dann den Objektträger unter dem Mikroskop. Achtung: Verwende nach Möglichkeit nur die 5-fache und 20-fache Vergrößerung, da bei 40-facher Vergrößerung das Objektiv mit der Probe „geflutet“ wird.

Fülle die untere Tabelle aus.

Wie viele Organismen bewegen sich aktiv, und wieviel schweben nur? Bestimme wenn möglich einige Arten (nutzt die Bestimmungsbücher). Wie viele einzelne Individuen könnt ihr davon und insgesamt zählen? Sind diese Organismen typisch für eine bestimmte Gewässergüte?

Phytoplankton

Tabelle 2 Übersicht der gefundenen Phytoplankton-Arten

Art	Anzahl	Bewegung	Gewässergüte
gesamt:	gesamt:		

Zooplankton

Tabelle 3 Übersicht der gefundenen Zooplankton-Arten

Art	Anzahl	Bewegung	Gewässergüte
gesamt:	gesamt:		

Aufgabe 2:

Mikroskopische Zeichnung

Zeichne 3 Organismen deiner Wahl (wenn möglich sollte die Art bekannt sein) und beschrifte diese.

Hinweis: Kriterien einer guten mikroskopischen Zeichnung (vgl. GSG Freiberg)

Anfertigung einer mikroskopischen Zeichnung:

- Zeichnung übersichtlich und groß anlegen (Platzeinteilung!)
- deutlich mit feinen und durchgängigen Linien zeichnen
- Sauberkeit beachten: (wenig radieren, nichts ausmalen)
- nur einen kleinen, gut auffindbaren typischen Ausschnitt des mikroskopischen Bildes zeichnen und Zufälligkeiten des Präparates (z.B.: Luftblasen) nicht mitzeichnen
- sachlich richtige Wiedergabe eines Objektes nach Form, Größen- und Lageverhältnissen sowie Gesamtzusammenhang
- Zeichnung muss während eigener Beobachtung entstehen (nicht aus dem Gedächtnis zeichnen)

Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung:

- Zeichnung möglichst rechts genau und sauber beschriften
- alle Beschriftungen mit Bleistift in Druckbuchstaben (dünner als Zeichnung!)
- Beschriftungslinien waagrecht mit Lineal ziehen (noch dünner als Beschriftung!)

Angaben zur Zeichnung (ordentliche Druckschrift + Bleistift):

- Name des Objektes – dtsh. (evtl. lat.); Schnittrichtung oder Totalpräparat
- Art der Präparation (z.B.: Abzugspräparat) oder Färbung
- Vergrößerung
- Name des Zeichners, Datum

7. Station 4: Härtegradbestimmung

Sie kann wie folgt bestimmt werden:

Materialien:

- Erlenmeyerkolben (300 ml)
- Bürette, Trichter
- Wasserprobe (100 ml)
- Indikatorpuffertablette
- Ammoniak
- Pasteur-Pipettierball mit 50ml Vollpipette
- EDTA (0,01 M; F=)

Durchführung:

Mit einem Messzylinder werden 100 ml des zu untersuchenden Wassers mit der Pasteur-Pipette in einem Erlenmeyerkolben gefüllt, mit der Indikatorpuffertablette und 1-1,5mL Ammoniak bis zur Rot-Färbung der Lösung versetzt. Diese Mischung wird anschließend mit einer 0,01 M EDTA von Rot nach Grün titriert. Der Verbrauch an EDTA bis zum Farbumschlag wird notiert.

Beobachtung: _____

Auswertung:

Über die Formel $n=c \cdot V$ könnt ihr die umgesetzte Stoffmenge an EDTA berechnen. Diese entspricht der Stoffmenge an vorhandenen Erdalkalimetall-Ionen. Nun muss nur noch die Konzentration der Ionen berechnet werden, indem ihr die Formel umstellt und die Werte der Erdalkalimetall-Ionen einsetzt. Zum Vergleich: 0,01mol/l entsprechen 5,62°dH (Grad deutscher Härte).

Berechnung:

Die Gesamthärte des Wassers setzt sich aus der temporären Härte (Carbonathärte) und der permanenten Härte (Nichtcarbonathärte) zusammen. Die Gesamthärte bezeichnet die Konzentration an Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} und Ba^{2+} -Ionen. Die letzten beiden sind wegen sehr geringer Konzentration weniger von Bedeutung.

In der Abhängigkeit vom pH-Wert und der Temperatur liegt ein Gleichgewicht zwischen Hydrogencarbonat-Ionen und Carbonat-Ionen, sowie gelöstem CO_2 vor.



Die permanente Härte wird durch die im Wasser gelösten Sulfate, Nitrate und Chloride verursacht. Man spricht auch von der bleibenden Härte, da sie permanent ist und nicht durch Erhitzen bzw. Kochen beseitigt werden kann.

Die Härtebildner (Ca^{2+} und Mg^{2+}) werden nach und nach aus Gesteinsschichten gelöst, durch die das Regenwasser ins Grundwasser fließt.

Weiches Wasser (0 - 4 °dH) findet sich in Gebieten mit Basalt- und Sandstein oder Granitböden. Ziemlich hartes Wasser mit 12 - 18 °dH oder höher entsteht bei Bodenformationen aus Kalk (CaCO_3), Gips ($\text{CaCO}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) oder Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

8. Ergebnisse und Auswertung

Trage hier alle deine Ergebnisse zusammen:

Hinweis: Deine Laborarbeit ist erst abgeschlossen, wenn diese Tabelle vollständig ist.

Physikalische Parameter	
Farbe	
Sichttiefe	
Fließgeschwindigkeit	
Salzgehalt	
Chemische Parameter	
Sauerstoffgehalt	
Calcium	
Carbonat	
Eisen	
Ammonium	
Sulfat	
Nitrat	
Wasserhärte	
Biologische Parameter	

Keimdichte	
Phytoplankton (insgesamt)	
Phytoplankton (Anzahl der verschiedenen Arten)	
Zooplankton (insgesamt)	
Zooplankton (Anzahl der verschiedenen Arten)	
BSB ₅ - Wert	

Notizen

Kreuze hier die vermutete Wassergüte an: (Beachte auch die Beschreibung unter Punkt 1.)

Stufe	Merkmal	Bezeichnung	Beschreibung	Trifft zu
Stufe I	Nährstoffarm	oligotrophe Seen <i>(unbelastet bis sehr gering belastet)</i>	Große Sichttiefe; geringes Algenwachstum; ganzjähriger hoher Sauerstoffgehalt bis zum Seegrund	
Stufe I - II		<i>(gering belastet)</i>		
Stufe II	Mittlere Nährstoffversorgung	mesotrophe Seen <i>(mäßig belastet)</i>	Mittlere Sichttiefe; mäßiges Algenwachstum; zeitweise Algenblüten möglich; geringe Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser und der Sprungschicht	
Stufe II - III		<i>(kritisch belastet)</i>		
Stufe III	Nährstoffreich	eutrophe Seen <i>(stark verschmutzt)</i>	Trüb; geringe Sichttiefe; starkes Algenwachstum mit regelmäßigen Algenblüten; häufiger extremer Sauerstoffmangel im Tiefenwasser	
Stufe III-IV		<i>(sehr stark verschmutzt)</i>		
Stufe IV	Hohe Nährstoffbelastung	polytrophe oder hypertrophe Seen <i>(übermäßig verschmutzt)</i>	Vom Menschen verursachter Zustand; übermäßig hoher Nährstoffanteil, massive Algenentwicklung oft mit Blaualgendominanz; Sichttiefe nur im Zentimeterbereich; übermäßig hohe Sauerstoffzehrung	