



Abschlussarbeit zum Projekt „Lehnitzsee“ und der Havel

**Im Rahmen der Projektinitiative des Landkreises
OHV „Schülernetzwerk zur nachhaltigen Ent-
wicklung der Havellandschaft“**

Ricardo Stock

2011

Gliederung

	Seite
1. Die Projektinitiative des Landkreises OHV „Schülernetzwerk zur nachhaltigen Entwicklung der Havellandschaft“	3
1.1 Das Pilotprojekt und seine Zielstellung	3
2. Untersuchungsgewässer	4
2.1 Lehnitzsee - Ein See mit historischer Vergangenheit	4
2.2 Havel - Ein Fluss zwischen wirtschaftlicher Nutzung und Naturschutz	5-6
3. Probenahme aus Oberflächengewässern	7
4. Probenahmeorte	8
4.1 Lehnitzsee	9
4.2 Havel	10
5. Methoden der chemischen Untersuchungen	11
6. Ausgewählte Parameter und ihre Bedeutung für das Ökosystem Anlage: Hilfstabelle – Orientierungswerte für Güteklassen von Gewässern	12-14
7. Messergebnisse der chemischen Untersuchungen	15
7.1 Auswertung der Ergebnisse für den Lehnitzsee (2010)	15-17
7.2 Auswertung der Ergebnisse für die Havel	18-22
8. Auswertung der mikrobiologischen Untersuchung des Lehnitzsees	23-25
9. Limnologische Untersuchung der Havel	26
9.1 Grundlagen der Limnologie	26-28
9.2 Ergebnisse Anlage: Feldprotokolle, Fundprotokolle der gefundenen Organismen, Berechnung des Saprobienindex, Ermittlung der biologischen Gewässergüte	28
9.3 Interpretation der limnologischen Untersuchung	29
10. Beurteilung des ökologischen Zustandes	30
10.1 Lehnitzsee	30
10.2 Havel	31
11. Bewertung des Projektes	32
11.1 Empfehlung	32
11.2 Persönliches Fazit	33-34
 Quellen/Bemerkungen	 35
 1. Die Projektinitiative des Landkreises OHV „Schülernetzwerk zur nachhaltigen Entwicklung der Havellandschaft“	

1.1 Das Pilotprojekt und seine Zielstellung

Im Rahmen der Projektinitiative der Agenda 21 des Landkreises Oberhavel 2008 „Schülernetzwerk zur nachhaltigen Entwicklung der Havellandschaft“ wird vom Georg-Mendheim-Oberstufenzentrum und von der Waldgrundschule Oranienburg in Zusammenarbeit mit dem Landkreis ein vorbereitendes Pilotprojekt durchgeführt.

Schirmherr der Projektinitiative ist die Agenda 21, welche Teil einer weltweiten Initiative für den Umweltschutz und nachhaltiger Entwicklung ist. Die Agenda in Oranienburg gründete sich 1996 und hält seit jeher monatliche Sitzungen zum Thema Umwelt ab.

Durch die Einbeziehung von Schülern verschiedener Altersgruppen kann die Herangehensweise zur Bearbeitung der Projektaufgaben vielfältig sein. Neben der Erfassung der chemischen Parameter und der Beschreibung des ökologischen Potentials im Havelabschnitt von älteren Schülern, kann die Havellandschaft durch Videos, Aufsätze oder Gedichte dargestellt oder künstlerisch beschrieben werden. Das Georg-Mendheim-Oberstufenzentrum in Oranienburg unterstützt die Projektinitiative der Agenda 21 durch die Arbeiten der schulinternen Projektgruppe „Lehnitzsee“, die von drei bis sechs Berufsfachschülern des Bildungsganges „Staatlich geprüfter umweltschutztechnischer Assistent“ gebildet wird. Die vorliegende Abschlussarbeit stellt einen Zwischenbericht zu den Untersuchungen dar und wird durch nachfolgende Berufsfachschüler in den nächsten Jahren weitergeführt.

An der Projektinitiative beteiligen sich folgende Schulen:

Grundschule „Waldschule“, Oranienburg
Georg-Mendheim-Oberstufenzentrum, Oranienburg
3-Seen-Grundschule, Fürstenberg/Havel
Naturparkhaus, Menz
Grundschule „Am Weinberg“, Liebenwalde
Grundschule „Havelschule“, Oranienburg
„J.-Clermont-Schule“ Sachsenhausen, Oranienburg
„Marie-Curie-Gymnasium“, Hohen Neuendorf
Int.-kopp.-Ges. „Regine Hildebrandt“, Birkenwerder
„A.-Puschkin-Gymnasium“, Hennigsdorf

Zielstellung des Projekts ist es durch chemisch-biologische Untersuchungen der Havel, Erkenntnisse und Erfahrungen der verschiedenen Schulen zu sammeln, um im Rahmen der Umweltbildung die schrittweise Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie an der Havel zu unterstützen sowie die Nachhaltigkeit der verschiedenen Entwicklungsprozesse innerhalb des Landschaftsraums zu verfolgen. In der Pilotphase werden in enger Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden und Einrichtungen unter Einbeziehung der Schüler verschiedener Altersgruppen, chemische Parameter zur Bestimmung des Gewässerzustandes erfasst und die biologische Vielfalt entlang des Flusses untersucht. Die Schüler werden dabei zu verschiedenen Veranstaltungen eingeladen, wo sie ihre Ergebnisse präsentieren und örtliche Initiativen für nachhaltige Veränderungen anregen. Durch die Projektinitiative wird das Umweltinteresse der Schüler gefördert und ihre heimatliche Verbundenheit zur Havellandschaft gestärkt. Des Weiteren sollen die Schüler als Team an der Verwirklichung eines Zieles arbeiten und sich gemeinsam für umweltrelevante Projekte einsetzen.

2. Untersuchungsgewässer

2.1 Lehnitzsee – Ein See mit historischer Vergangenheit

Der Lehnitzsee ist ein sogenannter Möränensee, welcher sich im brandenburgischen Oranienburg befindet. Er ist in der Eiszeit durch die Bewegung von Moränen, die sich in den weichen Untergrund gruben und dadurch Einschnitte bildeten, entstanden. Am Ende der Eiszeit liefen diese Zungenbecken voll Wasser. Der See erstreckt sich über 2,3 Kilometer in Nord-Süd-Richtung, bei einer Breite zwischen 250 und 400 Metern. Insgesamt beträgt die Fläche des Lehnitzsees 80 Hektar. Ursprünglich wurde der Lehnitzsee vom Stintgraben gespeist und über das Lehnitzfließ in die Havel entwässert. Er gilt somit als einer der bedeuteten Flussbestandteile der Oberen Havel. Im Jahre 1885 wurde der Lehnitzgraben von der Firma Gustav Ebell & Co. zu einem schiffbaren Kanal ausgebaut. Die Verkehrspolitiker planten die Anbindung der expandierenden Berliner Wirtschaft an den Seeschiffverkehrsverkehr auf der Ostsee. Zwischen 1906 und 1912 entstand der Großschiffahrtsweg von Berlin nach Stettin und der Lehnitzsee wurde Bestandteil dieser Wasserstraße. Die Schleuse am Lehnitzsee wurde im Jahre 1940 fertiggestellt und verbindet den Lehnitzsee mit dem Oder-Havel-Kanal.

Über viele Jahrhunderte betrieb man rund um den Lehnitzsee vorwiegend Landwirtschaft sowie Fischhandel und Handwerk. Mit dem Ausbau des Kanals kam Anfang des 20. Jahrhunderts der wirtschaftliche Aufschwung, der vor allem auf die günstige Lage zu den schiffbaren Wasserstraßen zurückzuführen ist. Von nun an blühte der Handel und Oranienburg lag an einer der bedeutenden Wasserstraßen Deutschlands. In den 1880er Jahren begann erstmals das organisierte Baden am Lehnitzsee, worauf 1883 das Seebad Lehnitz eröffnet wurde. Der Lehnitzsee galt von nun an als beliebter Erholungs- und Ausflugsort. Zahlreiche Ausflugs- und Hotelrestaurants sowie Gaststätten lockten viele Passagierschiffe an, die Seerundfahrten anboten. Im Zuge des 2. Weltkrieges verschwanden viele Sportvereine, die sich einst ansiedelten. Während des Krieges wurden oft Häftlinge des Konzentrationslagers in Sachsenhausen dazu benutzt, um den Lehnitzsee erneut attraktiv herzustellen. Sie zupften Unkraut am Ufer des Sees und fertigten neue Rad- und Gehwege an.

Heute ist der Lehnitzsee wieder ein beliebtes Ausflugsziel und lädt als Landschaftsgebiet nicht nur Wassersportler sondern auch Natur-, Rad- und Wanderfreunde für einen Rundgang ein. Ein idealer Stopp für jeden Besucher stellt das alte Cafe Dietrich dar, welches neben kulinarischen Speisen auch den Bootsverleih anbietet. Durch regelmäßige behördliche Überprüfungen der Wasserqualität ist der Lehnitzsee auch wieder als Badesee zugelassen. Der Fischbestand ist heute wieder stabil, da im Rahmen eines Großprojektes mehrere Fischarten in den See eingesetzt wurden.

(Fotos: Natalie Witzke)

2.2 Havel – Ein Fluss zwischen wirtschaftlicher Nutzung und Naturschutz

Die Havel entspringt in [Mecklenburg-Vorpommern](#), durchfließt [Brandenburg](#) und [Berlin](#) und mündet in [Sachsen-Anhalt](#) in die [Elbe](#). Dabei überwindet sie lediglich 41 Meter Höhenunterschied. Die direkte Entfernung von der [Quelle](#) bis zur [Mündung](#) beträgt nur 69 Kilometer. Dennoch ist sie der längste rechtsseitige [Nebenfluss](#) der Elbe. Mit durchschnittlich 108 m³ pro Sekunde (108 m³/s) hat die Havel nach [Moldau](#) (150 m³/s) und [Saale](#) (115 m³/s) die drittgrößte Wassermenge unter den Nebenflüssen der Elbe. 285 der

insgesamt 325 Flusskilometer verlaufen in Brandenburg. Der größte Teil des Flusslaufs ist schiffbar. Fast im gesamten Verlauf regulieren [Wehre](#) und [Schleusen](#) die Wassertiefe und Wasserführung. Trotz des Ausbaus zur Wasserstraße hat die Havel dank der zahlreichen natürlichen Seen, durch die sie fließt, ein beachtliches Speichervermögen und hält ihren Wasserstand auch bei längeren Trockenperioden. Gefährlich hohe Wasserstände sind selten und werden meist im Havelunterlauf von Elbhochwässern ausgelöst. Etliche Seitenkanäle verkürzen den Wasserweg für die Binnenschifffahrt.

Größter Nebenfluss der Havel ist die [Spree](#), die an ihrer Mündung mehr als doppelt so viel Wasser wie die Havel selbst führt (38 m³/s gegenüber 15 m³/s) und diese zudem auch in der Länge übertrifft (380 km).

Die geschützte Untere Havelniederung bildet zusammen mit den angrenzenden [Luchlandschaften Rhinluch](#), [Havelländisches Luch](#), Dossebruch und Jäglitzniederung das größte zusammenhängende Binnen-Feuchtgebiet des westlichen [Mitteleuropas](#). Basierend auf dieser Naturnähe wurde 2005 damit begonnen, die [Renaturierung](#) der Havel in die Wege zu leiten. Akteure sind der Bund, die Länder [Brandenburg](#) und [Sachsen-Anhalt](#) sowie der [Naturschutzbund](#) (NABU). Innerhalb der nächsten Jahrzehnte soll das Gewässer die ursprüngliche Gestalt (weitläufige Auen, kurvigerer Flussverlauf, weitgehender Verzicht auf Uferbefestigungen) wiedererhalten. Profitieren werden seltene Vogelarten, aber auch Fischotter, Biber und Flussneunaugen.

Wasserstraßenrechtlich wird die Havel eingeteilt in die [Obere Havel-Wasserstraße](#) vom Useriner See bis zur Spreemündung und die [Untere Havel-Wasserstraße](#) von der Spreemündung bis zur Mündung der Havel in die Elbe.

Das „[Verkehrsprojekte Deutsche Einheit Nr. 17](#)“ sieht auf der Strecke Wolfsburg-Magdeburg-Berlin den Ausbau von 280 km Wasserweg vor. Die gesamte Strecke soll auf 4 m Tiefe und je nach Uferprofil auf 42–55 m (in Kurven bis zu 72 m) Wasserspiegelbreite ausgebaggert werden. Damit soll ermöglicht werden, dass hier [Schubverbände](#) von 180 m Länge, 11,40 m Breite und 2,80 m Abladetiefe, entsprechend [Binnenwasserstraßenklassifizierung](#) Vb, fahren können. Die Havel wird von diesen Ausbaumaßnahmen in ihrem mittleren Bereich von der Mündung des [Havel-](#) und des [Sacrow-Paretzer Kanals](#) bei [Paretz](#) bis zum [Silokanal](#) in [Brandenburg an der Havel](#) betroffen sein. Gegenwärtig sind entsprechend der Binnenschifffahrtsstraßen-Ordnung, Kapitel 22 Untere Havel-Wasserstraße und Havelkanal, für den Bereich von km 20,00 bis km 66,70 (ab der Spreemündung) Größen der Fahrzeuge und Verbände (Schubverbände und gekuppelte Fahrzeuge) von 125 m Länge und 9 m Breite bzw. 156 m Länge und 8,25 m Breite zugelassen.

Die Havel wurde für 2004/2005 als dritter Fluss zu Deutschlands [Flusslandschaft des Jahres](#) gewählt. Die Preisverleihung sollte unter anderem auch als Protest gegen den geplanten Havelausbau verstanden werden, der die Flusslandschaft erheblich beschädigen würde. Seit 1992 setzt sich ein „Aktionsbündnis gegen den Havelausbau“ aus über 30 Organisationen für den Erhalt der natürlichen Vielfalt und Schönheit des Flusses ein.

Nach den Probenahmen werden die Wasserproben auf schnellstem Wege ins Labor gebracht und dort entsprechend weiterverarbeitet. Werden die Proben erst am Folgetag untersucht, so sind sie im Kühlschrank zu lagern. Bei längeren Abständen sind sie im Tiefkühlfach einzufrieren. Bei der nächsten Untersuchung sind sie dann auf Zimmertemperatur erneut aufzutauen.

(Fotos: Heike Schmidt (o.), Ricardo Stock)

4. Probenahmeorte

*Messstellen für den **Lehnitzsee** und der **Havel***

- 1 Lehnitzseesteg
- 2 Cafe Dietrich
- 3 Saarlandstraße-Brücke
- 4 „Blaues Wunder“

(Fotos: Messstelle am Lehnitzseesteg, Natalie Witzke)

4.1 Lehnitzsee

Lehnitzseesteg

Die Messstelle am Lehnitzseesteg zeichnet sich durch einen etwa zehn Meter langen Steg aus, mit dem man ein Stück in das Innere des Gewässers gelangen kann. Die Proben sind dementsprechend aus fließender Welle entnehmbar, ein Vorteil, den wir bei anderen Messstellen nicht haben. Der Standort ist ein günstiger Probenahmeort, da er, wie schon erwähnt, in das Seeinnere führt und durch seine beidseitige Uferbepflanzung, hauptsächlich durch Schilf, einen Rückzugsort für Fische und Wasservögel darstellt. Das Ufer ist natürlich erhalten worden, ohne einzwängende Betonplatten. Insgesamt ist der Lehnitzseesteg ein sehr ruhiger Standort, auf dem häufig auch Angler anzutreffen sind. Im Winter ist der Steg für eine Probenahme ebenfalls von großem Vorteil, da man sich am Ende des Steges entfernt vom Ufer befindet. Dort ist die Wahrscheinlichkeit höher eine offene Stelle im Eis zu finden als direkt am Ufer. In den zwei Jahren, wo meine Projektgruppe hier Proben entnahm, fiel uns nie ein verschmutzter Steg auf. Dennoch ist zu sagen, dass gerade im Sommer ein Algenbefall des Sees an dieser Stelle gut zu erkennen ist.

Cafe Dietrich

Das Cafe Dietrich ist ein Restaurant direkt am Lehnitzsee, welches neben kulinarischen Spezialitäten auch den Bootsverleih anbietet. Es liegt etwa einhundert Meter vom Lehnitzseesteg entfernt und ist im Verhältnis zum Steg ein durchaus unruhiger Standort. Ganzjährig kommen Besucher in das Restaurant. Dazu ist vor allem der Bootsverleih im Sommer eine Störung für die örtliche Tier- und Pflanzenwelt. Dadurch, dass das Restaurant auch eine Terrasse auf dem Wasser besitzt, fehlt eine Uferbepflanzung gänzlich und direkt am Restaurant befindet sich außerdem noch ein Anlegeplatz für kleine bis mittelgroße Boote, der ca. zwanzig Meter in den See hinein ragt. Hier ist verstärkt mit Verschmutzungen des Wassers durch Öle und Treibstoffe der Motorboote zu rechnen. Gerade im Sommer, wenn das Gewässer generell mit der Sauerstoffknappheit zu kämpfen hat, sind auf der Oberfläche oft Ölteppiche zu erkennen. Des Weiteren ist zu erwähnen, dass sich etwa fünfzig Meter neben dem Restaurant eine beliebte Badestelle des Sees befindet, die auf eine fäkale Verunreinigung des Wassers hindeuten kann. Inwiefern sich diese Tatsachen in den chemischen Untersuchungen bemerkbar machen, werden Sie in dem Kapitel „Messergebnisse der chemischen Untersuchungen“ erfahren.

(Fotos: Natalie Witzke)

4.2 Havel

Saarlandstraße-Brücke

Unsere erste limnologische Untersuchung der Havel führten wir an der Saarlandstraße-Brücke durch. Der Probenahmeort ist gekennzeichnet durch eine stark befahrende Brücke. Der Flussabschnitt selbst ist naturnah gestaltet. Kleingärten und ein Waldstück bestimmen die Umgebung des Probenahmeortes.

Wie man anhand des Bildes sehen kann, ist das Ufer ohne einzwängende Betonplatten beschaffen. Es ist reich mit Uferpflanzen wie Schilf bewachsen. Der Gewässerboden ist durch Sand und verschiedenen Steinen ein idealer Lebensraum für Wasserorganismen. Unter den Steinen konnten wir dann die Organismen gut auswendig machen, die sich dort anhefteten. Fische konnten wir leider nicht sichten. Dafür waren verschiedene Stockenten, Blesshühner und sogar ein Nutria anwesend, was auf ein ausreichendes Nahrungsangebot schließen lässt.

Während unserer Untersuchung auf Wasserorganismen erfolgte kein Schiffverkehr. Größere Umweltverschmutzungen konnten wir nicht feststellen. Zu erwähnen ist jedoch, dass am Ufer Grillkohle zurückblieb und es etwas mit Müll verschmutzt war.

„Blaues Wunder“

Das „Blaue Wunder“ ist vielen ein Begriff, DIE Brücke in Dresden. Oranienburg hat auch ein „Blaues Wunder“, auch eine Brücke, allerdings viel kleiner als die Dresdner. Nach der Restaurierung Anfang des 21. Jahrhunderts hat sich die Fußgängerbrücke 2008 zu einem wirklichen Kleinod gemausert. Andreas Werner, ein Berliner Künstler, oder besser Grafikdesigner, der sich in Oranienburg auch schon mit der Königin Luise von Preußen verewigt hat, hat 2008 die Brückenpfeiler mit Oranienburger Motiven verschönert.

An dieser Stelle befinden sich in der Nähe ein Bootsanlegeplatz sowie ein Fußgängerweg und ein Sportplatz. Es ist an diesem Probenahmeort viel aktiver gewesen als bei dem ersten. Unter der Brücke fehlt die Uferbepflanzung und das Flussbett ist durch Kies und Schotter geprägt.

Auch hier sichteten wir keine Fische, jedoch sehr viele Stockenten. Besonders auffällig war, dass die Steine leicht mit Faulschlamm bedeckt waren. Schon auf den ersten Blick wussten wir, dass wir hier weniger finden werden.

(Fotos: Ricardo Stock)

5. Methoden der chemischen Untersuchung

Titration

Die Titrimetrie ist eine Methode zur quantitativen chemischen Analyse. Somit ist das Ziel dieser Methode die Beantwortung der Frage, wie viel von einem gesuchten Stoff in einer Probensubstanz enthalten ist. Das Analysenprinzip der Titrimetrie besteht in der auf der Messung des Volumens einer Reagenzlösung bekannter Konzentration (Maßlösung). Von der Maßlösung wird so viel der Analysenlösung (Probelösung) zugesetzt, wie für die chemische Umsetzung der eingesetzten Probesubstanz gerade erforderlich ist (Äquivalenzpunkt). Aus der Konzentration der Maßlösung und dem Volumen, das zum Erreichen des Äquivalenzpunktes (theoretischer Endpunkt) benötigt wird, lässt sich dann die Menge des gesuchten Stoffes berechnen. Titrimetrische Bestimmungen können nur sinnvoll durchgeführt werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die der Titration zugrunde liegende chemische Reaktion muss schnell, quantitativ und eindeutig so ablaufen, wie die Reaktionsgleichung angibt.
- Es muss möglich sein, eine Reagenzlösung definierter Konzentration herzustellen oder die Konzentration der Lösung exakt zu bestimmen.
- Der Endpunkt der Titration muss deutlich zu erkennen sein. Er soll mit dem Äquivalenzpunkt zusammenfallen oder zumindest sehr nahe kommen.

Nephelometrie

Die Nephelometrie ist ein optisches Analyseverfahren, mit dem sich die Konzentration feinverteilter, kolloidaler Teilchen in Flüssigkeiten oder Gasen quantitativ bestimmen lässt. Wird eine Suspension kleiner Partikel in einen Lichtstrahl verbracht, so wird ein Teil des eingetretenen Lichtes absorbiert, ein Teil wird seitlich zum eintretenden Strahl gestreut (die seitliche Streuung basiert auf dem Tyndall-Effekt).

Photometrie

Die Photometrie ist eine Methode, bei der die Konzentration von fein verteilten oder gelösten Stoffen durch Lichtmessung ermittelt wird. Viele Stoffe verursachen eine Verfärbung der Probe, nachdem Reagenzien zugefügt wurden. Diese Verfärbung ist umso stärker je mehr ein Stoff enthalten ist. Der Lichtstrahl (Wellenlänge für jeden Stoff individuell einzustellen) geht durch die mit Reagenzien versetzte Probe und wird dabei schwächer. Je konzentrierter ein Stoff in der Probe ist desto schwächer wird der Lichtstrahl, desto mehr Licht hat der Stoff absorbiert. Am Detektor wird der eintreffende Lichtstrahl gemessen und angezeigt. So kann die Konzentration eines Stoffes gemessen werden.

Komplexometrie

Die bekannteste Bestimmungsmethode für die Gesamthärte ist die komplexometrische Titration mit einer wässrigen Lösung des Dinatriumsalzes der Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) mit bekannter Konzentration. EDTA bildet mit den Härtebildnern Ca^{2+} und Mg^{2+} lösliche, stabile Chelatkomplexe. Üblicherweise ist der Indikator mit dem Puffer zusammen

als so genannte „Indikator-Puffer-Tabletten“ erhältlich. Der Indikator, wenn mit einem Gelbfarbstoff maskiert, bildet mit den Ca^{2+} und Mg^{2+} einen rot gefärbten Komplex. Sind diese Ionen am Ende der Titration vom EDTA gebunden, liegt das Eriochromschwarz-T frei vor und ist grün gefärbt. Die Gesamthärte berechnet sich aus den verbrauchten ml EDTA-Lösung.

6. Ausgewählte Parameter und ihre Bedeutung für das Ökosystem

pH-Wert

Der pH-Wert liegt in Gewässern natürlicherweise zwischen 6,5 und 8,5, also dicht um den neutralen Bereich. In nährstoffbelasteten Gewässern sind oft höhere pH-Werte zu finden, das heißt, das Säuren-Basen-Gleichgewicht ist durch Eutrophierung gestört. Der pH-Wert beeinflusst direkt oder indirekt viele chemische, physikalische und biologische Prozesse im Gewässer und macht bestimmte Substanzen auch giftwirkend (z. B. hohe Konzentration an Aluminium, das auch Phosphor an sich bindet). Toxisch wirken Werte unter 4 oder über 10 für Fische, für Kleinstlebewesen sind Werte unter 5,5 bereits bedrohlich. Ein erhöhter pH-Wert, sprich eine Gewässerversauerung, be- oder verhindert bestimmte Stoffwechselfvorgänge sowie die Selbstreinigung des Gewässers. Folgen eines erhöhten sauren pH-Wertes sind die Auflösung der kalkhaltigen Schalen von Muscheln, Schnecken und Krebstieren sowie der Zusammenbruch der Primärproduktion, da Phosphor und Kohlendioxid fehlen. Eine Ursache für die pH-Wert-Schwankungen ist z. B. der globale saure Regen.

Sauerstoff

Der Sauerstoffgehalt wird im Gewässer von verschiedenen physikalischen und biologischen Prozessen bestimmt. Zum einem wird der Sauerstoffgehalt im Wasser von dem Stoffaustausch zwischen Luft und Wasser beeinflusst. In diesem Zusammenhang spielen die Wassertemperatur und die Turbulenzen im Gewässer eine entscheidende Rolle. Zum anderen ist die Sauerstoffanreicherung durch die Photosyntheseleistung der Algen und Wasserpflanzen ein weiterer wichtiger Faktor. Sie findet in Abhängigkeit von der täglichen Sonneneinstrahlung statt. Neben der Anreicherung ist auch die Zehrung von Sauerstoff durch organischer Substanz durch Bakterien zu erwähnen. In den abwasserbelasteten Gewässern ist die Zehrung demzufolge sehr hoch, weil dort eine Menge an abbaubaren Material vorhanden ist. Aber auch die Fäulnisprozesse von Holz und toten Organismen sowie die Atmung der Bewohner verbrauchen Sauerstoff. Eine Beurteilung des Gewässers anhand des Sauerstoffgehaltes wäre unzureichend, da ein Gewässer Tagesschwankungen unterworfen ist und die Sauerstoffwerte z. B. mittags Extremwerte erreichen können. Gleiches gilt für die Sauerstoffsättigung eines Gewässers. Sauerstoff ist der entscheidende Überlebensfaktor in einem Gewässer, wobei sowohl eine Sauerstoffübersättigung als auch ein Sauerstoffmangel schädlich für den Organismus der Wasserlebewesen sein kann. Für Fische ist ein Sauerstoffgehalt von 2 mg/l bedrohlich, eine Forelle jedoch braucht mindestens ein Gehalt von 5mg/l. Nehmen die anaeroben Stoffwechselprozesse bei einem Sauerstoffmangel zu, so entstehen Toxine. Den Sauerstoffgehalt eines Gewässers können z.B. Abwässer (Belastung mit organischen Stoffen→Sauerstoffzehrung) und Eutrophierung (Algenwachstum durch Nährstoffbelastung) negativ beeinflussen.

Ammonium

Ammonium entsteht im Gewässer durch mikrobiellen Abbau von eingeleiteten stickstoffhaltigen Substanzen wie Proteine, Harnsäure oder Aminosäuren. Es ist jedoch auch Teil des natürlichen Kreislaufes, da es durch natürlich entstandene Biomasse ständig freigesetzt wird. Besonders problematisch ist die Störung des Dissoziationsgewichtes zwischen Ammonium und Ammoniak, welches sich durch steigendem pH-Wert und steigender Temperatur zugunsten des giftigen Ammoniaks verschiebt. Ammoniak ist ein Nervengift und tötet Fischbruten. Des Weiteren fördert es die Eutrophierung eines Gewässers

und reduziert den Sauerstoffgehalt durch Nitrifikation (Oxidation von 1mg Ammonium zu Nitrat verbraucht 4,57 mg Sauerstoff).

Ursachen für eine Ammoniumbelastung können Abwässer aus Kläranlagen und Kanalisationen sowie Gülle (Landwirtschaft, Dünger) und Industrieabwässer (besonders Düngemittelhersteller) sein.

Nitrit

Nitrit entsteht im Gewässer als kurzes Zwischenprodukt bei der Nitrifikation des Ammoniums zu Nitrat. Dabei wird es schnell weiter oxidiert und ist dadurch normalerweise nur in Spuren vorhanden. Bei einer ansteigenden Ammonium-Konzentration sowie erhöhtem pH-Wert und erhöhter Temperatur können die Nitritkonzentrationen jedoch ansteigen. Nitrit gilt als Gift für Fische. Durch Nitrit wird im Blut der rote Farbstoff Hämoglobin zu Methämoglobin oxidiert, welches den Sauerstofftransport im Blut unterbindet. Hierbei ist die zu erwähnen, dass die Giftigkeit von abiotischen Faktoren, aber auch von der Fischart, abhängig ist. Erhöhte Nitritkonzentration können durch Abwässer aus kommunalen Kläranlagen und Kanalisation, Industrieabwässer (vor allem Düngemittel), landwirtschaftliche Einträge und unvollständige Nitrifikation in Gewässern hervorgerufen werden.

Nitrat

Nitrat ist die höchste Oxidationsstufe des Stickstoffkreislaufes im Gewässer und spielt daher die mengenmäßig größte Rolle in der Stickstoffbilanz. Nitrat ist ein Nährstoff für Pflanzen und auch in höheren Konzentrationen nicht für Wasserorganismen schädlich. Zusammen mit Phosphor trägt Nitrat zur Eutrophierung von Gewässern bei. Die Folgen erhöhter Nitratbelastung sind verstärktes Pflanzenwachstum und somit Eutrophierungsgefahr, was wiederum die Nutzung des Gewässers als Trinkwassergewinnung einschränkt. Die Ursachen für eine Nitratbelastung sind auch hier den Abwässern aus Kanalisation oder Abwassereinleitungen, den Industrieabwässern sowie der Belastung von landwirtschaftlichen Flächen durch Düngemitteln oder Gülle, zuzuordnen.

Phosphat

Es kommt in Gewässern gelöst und partikulär in organischen und anorganischen Verbindungen vor. In natürlichen Gewässern ist Phosphat ebenfalls ein Spurenelement. Phosphatbelastungen treten durch das Einleiten von Abwässern auf, wobei die Belastung vornehmlich aus Fäkalien stammt. Des Weiteren können durch Industrieabwässer, landwirtschaftliche Einträge und Niederschläge erhöhte Phosphatkonzentrationen im Gewässer entstehen.

Chlorid

Die Hauptmengen Chlorid gelangen durch die Endlaugen des Kali-Bergbaus und der Düngemittel-Industrie ins Wasser. Aber auch fast alle anderen von Menschen produzierten Abwässer enthalten Chlorid: technische Abwässer aus der Industrie, Wasser aus Kläranlagen, aus der Landwirtschaft und aus Haushalten. Große Chlorid-Mengen werden dem Wasser (insbesondere dem Grundwasser) durch die Streusalzanwendung im Winter zugeführt.

Gesamthärte

Wasser enthält neben den gelösten Gasen auch gelöste Mineralien (Ionen). Eine wichtige Rolle spielen hierbei die im Wasser gelösten Magnesium- bzw. Calciumionen. Diese werden auch als Härtebildner bezeichnet. Die Konzentrationen der im Wasser gelösten Magnesium- und Calciumionen (z. B. in Form ihrer Chloride) bilden die Gesamthärte des Wassers. Die Gesamthärte eines Wassers ist ebenfalls ein wichtiger Bestandteil eines funktionierenden

Gewässerökosystems. Kein Fisch und keine Pflanze können in einem absolut reinen, ionenfreien Wasser überleben.

Die Härte eines Wassers wird in der Einheit °d.H. oder auch in mmol/l angegeben. Natürliche Süßwässer besitzen eine Gesamthärte zwischen 5 und 20°d.H. Die Gesamthärte ist die Summe aus permanenter und temporärer (= Karbonathärte) Härte.

Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit eines Wassers kann als das Maß des Salzgehaltes angesehen werden. Ionenarme Gewässer besitzen eine sehr geringe Leitfähigkeit, während z. B. Meerwasser eine sehr hohe Leitfähigkeit aufweist. Süßwasser wie auch Teichwasser sollte eine Leitfähigkeit zwischen 300 und 1200 µS/cm aufweisen. Hat es eine geringere Leitfähigkeit, kann es als ionenarm bezeichnet werden und wird bereits bei geringsten Beeinflussungen, z. B. mit einer drastischen Veränderung des pH-Wertes reagieren. Besitzt das Wasser einen Leitfähigkeitswert von über 1.200 µS/cm, so hat es bereits den Bereich eines Süßwassers verlassen.

Trübung

Die Trübung einer Flüssigkeit ist ein subjektiver optischer Eindruck. Die Trübung wird durch kleine Partikel in transparenten Festkörpern, in einer Flüssigkeit oder einem Gas verursacht, die eine vom Trägerstoff abweichende Brechzahl besitzen oder eine Absorption verursachen. Es handelt sich bei der Trübung nicht um eine physikalische Größe. Angegeben wird die Trübung in unserem Fall in NTU (Nephelometric Turbidity Unit) Messung bei 90° gemäß den Vorschriften der USA.

Typische Trübungswerte

Medium	Trübungswert (NTU)
Sauberstes Wasser	0,02
Trinkwasser	0,05–0,5
Abwasser	100–2000
Formazin	4000
Milch (1,5 % Fett)	50000

Kläranlagenablauf 0,5-10

(Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%BCbung>)

7. Messergebnisse der chemischen Untersuchungen

7.1 Auswertungen der Ergebnisse für den Lehnitzsee (2010-2011)

Messergebnisse für die Messstelle **Lehnitzseesteg** für das Jahr 2010

Datum	5.03.	10.05.	4.10.	Methode	Güteklasse
Wassertemperatur (°C)	5,10	17,40	13,90	elektrometrisch	-
Sauerstoffgehalt (mg/l) ¹	6,70	-	8,95	elektrometrisch	I-II
Sauerstoffsättigung (%) ¹	54,70	-	87,10	elektrometrisch	I-II
pH-Wert ¹	7,30	8,01	7,60	elektrometrisch	I-II
Gesamthärte ¹ (°dH) (mmol/l)	1,80	-	13,00 1,90	komplexometrisch	I
Karbonathärte (°dH) (mmol/l)	15,68 2,80	-	16,80 3,00	Neutralisation mit HCl	-
Nitrat (mg/l) ¹	0,90	0,00	13,10	photometrisch	I-IV
Nitrit (mg/l) ¹	0,03	0,00	0,055	photometrisch	I
Phosphat (mg/l) ¹	0,00	0,25	0,28	photometrisch	I-II
Ammonium (mg/l) ¹	0,20	0,00	0,14	photometrisch	I-II
Leitfähigkeit(µS/cm) ²	434	347	497	elektrometrisch	I-III
Eisen (mg/l) ¹	-	-	0,01	photometrisch	I

Messergebnisse für die Messstelle **Cafe Dietrich** für das Jahr 2010

Datum	4.10.	2.12.	Methode	Güteklasse
Wassertemperatur (°C)	13,60	5,50	elektrometrisch	-
Sauerstoffgehalt (mg/l) ¹	10,49	11,06	elektrometrisch	I
Sauerstoffsättigung (%) ¹	101,30	91,20	elektrometrisch	I
pH-Wert ¹	7,86	7,50	elektrometrisch	I-II
Gesamthärte ¹ (°dH) (mmol/l)	12,00 2,25	-	komplexometrisch	I
Karbonathärte (°dH) (mmol/l)	3,20	-	Neutralisation mit HCl	-
Nitrat (mg/l) ¹	4,70	5,90	photometrisch	II-III
Nitrit (mg/l) ¹	0,053	0,058	photometrisch	I
Phosphat (mg/l) ¹	0,32	-	photometrisch	II
Ammonium (mg/l) ¹	0,05	0,24	photometrisch	I-II
Leitfähigkeit(µS/cm) ²	496	342	elektrometrisch	I-III
Eisen (mg/l) ¹	0,03	-	photometrisch	I

Datum	19.10.	11.12.	9.01.11	Methode	Güteklasse
Wassertemperatur (°C)	9,80	1,70	2,30	elektrometrisch	-
Sauerstoffgehalt (mg/l) ¹	7,84	10,33	9,58	elektrometrisch	I-II
Sauerstoffsättigung	69,7	74,90	70,50	elektrometrisch	II

(%) ¹					
pH-Wert ¹	7,73	7,76	7,37	elektrometrisch	I-II
Gesamthärte ¹ (°dH) (mmol/l)	12,00 2,10	10,50 1,90	13,50 2,50	komplexometrisch	I
Karbonathärte (°dH) (mmol/l)	2,80	2,60	3,25	Neutralisation mit HCl	-
Nitrat (mg/l) ¹	n.n.	n.n.	n.n.	photometrisch	-
Nitrit (mg/l) ¹	0,03	0,03	0,03	photometrisch	I
Phosphat (mg/l) ¹	0,20	-	-	photometrisch	II
Ammonium (mg/l) ¹	0,20	0,10	0,30	photometrisch	II
Leitfähigkeit (µS/cm) ²	487	554	547	elektrometrisch	II-III

Messergebnisse für die Messstelle *Wasserweg* für das Jahr 2010-2011

¹ Einordnung nach beiliegender Hilfstabelle Nr. 1

² Einordnung nach im „Ökologische Bewertung von Fließgewässern“ Band 64 S.46
(hier gibt es fünf Kategorien der Einteilung)

Die Messwerte für die Messstelle *Wasserweg* wurden mir freundlicher Weise von Heike Schmidt überliefert!

Ich werde nun im Folgenden die Messergebnisse aller Messstellen zusammenfassen und auswerten.

Die **Wassertemperatur** an allen drei Messstellen zeigen alle jahreszeitübliche, unauffällige Werte. So betrug diese im Frühling 5,10°C, im Herbst 9,80°C bis 13,90°C und im Dezember 1,70°C bis 5,50°C, wobei es hier am Cafe Dietrich deutlich wärmer zu sein schien als am Wasserweg. Im Januar 2011 betrug die Wassertemperatur winterliche 1,70°C. Eine deutliche Erwärmung des Wassers konnte somit nicht festgestellt werden.

Die Werte des **Sauerstoffgehalts** jedoch wiesen lokale Unterschiede auf. Am Lehnitzseesteg betrug dieser zwischen 6,70 (März) und 8,95 mg/l, was laut der Hilfstabelle den Güteklassen I und II zuzuordnen ist. Am Cafe Dietrich ermittelten wir äußerst positive Werte, sie waren mit 10,49 bis 11,06 mg/l ausschließlich der Güteklasse I zuzuordnen. Die Messstelle am Wasserweg zeigte die deutlichsten Schwankungen auf. So waren dort im Oktober 7,84 mg/l (Güteklasse II) gemessen worden, im Dezember 2010 und Januar 2011 dagegen ließ sich mit durchschnittlich 10 mg/l ein sehr guter Sauerstoffgehalt ermitteln. Anhand dieser Werte könnte man im Allgemeinen zunächst von einer guten bis sehr guten Sauerstoffversorgung des Lehnitzsees sprechen.

Im Verhältnis zu den Sauerstoffgehalten stehen die jeweiligen **Sauerstoffsättigungen** in Prozent des Wassers an den verschiedenen Messstellen. Wie ich bereits erwähnte, stellten wir im März am Lehnitzseesteg einen geringeren Sauerstoffgehalt fest. Auch die Sauerstoffsättigung von 55% zeigt, dass wir hier den niedrigsten Sauerstoff von allen Untersuchungen erfassten. Im Oktober des gleichen Jahres wurde jedoch ein der Güteklasse I zuzuordnenden Wert von 87,10% ermittelt. Das Wasser am Cafe Dietrich zeigte aus allen Untersuchungen die höchsten Sättigungen an Sauerstoff. Im Oktober 2010 betrug dieser sogar 101,30%, das heißt, es war sogar mit Sauerstoff übersättigt. Solche Übersättigungen können Folgen starken Regenfalles sein. Die Sättigungen am Wasserweg sind als Einzige durchweg der Güteklasse II zuzuordnen. Insgesamt kann man sagen, dass sowohl der Gehalt als auch die

Sättigung an Sauerstoff bei all unseren Untersuchungen als sehr gut bis gut zu bewerten sind und der Lehnitzsee unseren Ergebnissen nach an keinem Sauerstoffmangel leidet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass wir nicht aus jedem Monat Vergleichswerte besitzen, um diese Aussage zweifelsfrei treffen zu können.

Der **pH-Wert** an den verschiedenen Messstellen bewegte sich im guten bis sehr guten Bereich und schließt ein gestörtes Säure-Base-Gleichgewicht des Lehnitzsees aus.

Die Werte der **Gesamthärte** liegen ebenfalls in dem Bereich der Güteklasse I. Dies bedeutet, dass der Gehalt von Magnesium- und Kalziumionen für das Ökosystem und deren Bewohner ausreichend ist.

Die Stickstoffparameter **Ammonium, Nitrat und Nitrit** sind wichtige Parameter, um feststellen zu können, wie gut die Wasserqualität eines Gewässers ist. Hier sind zwischen den einzelnen Parameter deutliche Unterschiede zu erkennen. Während die Nitritwerte bei allen Untersuchungen der Güteklasse I zuzuordnen waren, zeigte sich bei den Ammoniumwerten eine leichte Erhöhung, insbesondere an dem Wasserweg. Bei allen Messstellen sind die Ammoniumwerte jedoch trotzdem in der Güteklasse II einzuordnen und daher stellen sie zunächst keine Besorgnis dar. Besorgniserregend sind dagegen die Nitratwerte. Diese lagen am Lehnitzseesteg und Cafe Dietrich im Oktober und Dezember 2010 sehr hoch. Es ist hervorzuheben, dass im März des gleichen Jahres noch Werte ermittelt worden sind, die der Güteklasse I entsprechen. Die Überprüfung des Nitratgehalts ist daher in Zukunft für die Untersuchung des Lehnitzsees von großer Bedeutung, um festzustellen zu können, ob es sich um eine kurzzeitige Erhöhung handelte oder ob es auf eine übermäßige Belastung durch Abwässer oder Düngemittel zurückzuführen ist. Anhand der Nitratwerte ist davon auszugehen, dass der Lehnitzsee einer Eutrophierungsgefahr unterliegt.

Die Eutrophierungsgefahr lässt sich derzeit durch unsere ermittelten **Phosphatwerte** noch nicht bestätigt, sollten aber weiterhin beobachtet werden. Noch bewegen sich die Werte bei allen Messstellen im guten bis sehr guten Bereich.

Die **Leitfähigkeit** von 347-554 $\mu\text{S}/\text{cm}$ des Wassers liegt im ausreichenden Bereich, das heißt im Bereich der Güteklasse II bis III. Süßwasser sollte eine Leitfähigkeit zwischen 300 und 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aufweisen. Der Lehnitzsee ist also weder ionenarm noch versalzt.

Die **Eisenwerte**, die wir leider nur zweimal erfassten, liegen ebenfalls im sehr guten Güteklassebereich.

Zusammenfassend kann man sagen, dass nahezu alle Parameter der Güteklasse I-II entsprachen. Allerdings sind die Nitratwerte und die Leitfähigkeit den Güteklassen III-IV zuzuordnen.

7.2 Auswertung der Ergebnisse für die Havel				
Parameter	Datum der Wasserentnahme	Datum der Untersuchung	Lagerung	M
KMnO ₄	24.10.2010	25.10.2010	Kanister	7,89
CSB	30.08.2010	01.11.2010	-18 °C	1
CSB	13.09.2010	01.11.2010	-18 °C	
CSB	31.10.2010	01.11.2010	Kanister	2
NH ₄ ⁺	30.08.2010	01.11.2010	-18 °C	0,0
NH ₄ ⁺	13.09.2010	01.11.2010	-18 °C	0,0
NH ₄ ⁺	31.10.2010	01.11.2010	Kanister	0,1

NO ₃ ⁻	30.08.2010	01.11.2010	-18 °C	nach
NO ₃ ⁻	13.09.2010	01.11.2010	-18 °C	nach
NO ₃ ⁻	31.10.2010	01.11.2010	Kanister	nach
NO ₂ ⁻	30.08.2010	01.11.2010	-18 °C	0,0
NO ₂ ⁻	13.09.2010	01.11.2010	-18 °C	0,0
NO ₂ ⁻	31.10.2010	01.11.2010	Kanister	0,0
Cl ⁻	30.08.2010	01.11.2010	-18 °C	42,5 (A Verb
Cl ⁻	13.09.2010	01.11.2010	-18 °C	46,5 (A Verb
Cl ⁻	31.10.2010	01.11.2010	-18 °C	35,5 (A Verb
PO ₄ ³⁻	14.11.2010	15.11.2010	Kanister	1
Karbonathärte	30.08.2010	01.11.2010	-18 °C	nach
Karbonathärte	13.09.2010	01.11.2010	-18 °C	10,08 mmol Verbra 3,6ml
Karbonathärte	31.10.2010	01.11.2010	-18 °C	8,96 ° mmol Verbra ml)
Gesamthärte	30.08.2010	01.11.2010	-18 °C	15,68 mm (E Verb
Gesamthärte	13.09.2010	01.11.2010	-18 °C	10,6 m (E Verb
Gesamthärte	31.10.2010	01.11.2010	-18 °C	12,8 n (E Verb
Trübung	14.11.2010	15.11.2010		0,0

* Messwerte übernommen von Natalie, da ich sie von Johannes nicht erhalten habe

** die Messwerte beruhen auf 50ml anstatt 100ml Probe und mussten daher verdoppelt werden

Anmerkung: Bei den Wasserproben vom 24.10., 31.10. und 14.11.2010 handelt es sich um Havelwasser, entnommen von Frau Schmidt an der Saarlandstraße-Brücke.

weitere Messparameter, die wir direkt vor Ort erfassten:

<i>Parameter</i>	<i>30.08.2010 (Ufer)</i>	<i>13.09.2010(Ufer)</i>
Sauerstoffgehalt in mg/l ¹	4,70	8,20
Sauerstoffsättigung in % ¹	78,60	82,80
Wassertemperatur in °C	17,80	16,10
Druck in hPa	1004	-
Leitfähigkeit in µS ²	498	522
pH-Wert ¹	7,64	7,35

¹ Einordnung nach beiliegender Hilfstabelle Nr. 1

² Einordnung nach im „Ökologische Bewertung von Fließgewässern“ Band 64 S.46
(hier gibt es fünf Kategorien der Einteilung)

Weitere Messparameter für den 24.10., 31.10. und 14.11.2010 können nicht angegeben werden, da vor Ort solche Messungen nicht stattgefunden haben.

Zusammenfassung der chemischen Ergebnisse aller Tage

<i>Parameter</i>	<i>Messergebnisse (von 30.08.-31.10.2010)</i>	<i>Güteklasse</i>	<i>Belastung mit organischen Stoffen</i>
KMnO ₄ (O ₂ -Gehalt) ¹	7,89 mg/l	I	unbelastet bis sehr gering belastet
NO ₃ ⁻²	nicht nachweisbar	-	-
NO ₂ ⁻²	0,01 – 0,02 mg/l	I	unbelastet bis sehr gering belastet
NH ₄ ^{+ 2}	0,03 - 0,10 mg/l	I	unbelastet bis sehr gering belastet
Cl ^{- 2}	35,45 - 46,09 mg/l	I	unbelastet bis sehr gering belastet
CSB ³	19 - 24 mg/l	III	stark verschmutzt
Gesamthärte ²	1,9 – 2,4 mmol/l	I	unbelastet bis sehr gering belastet
PO ₄ ^{3- 2}	11 mg/l	-	zweifelhaft
pH-Wert ²	7,35 – 7,64	I	unbelastet bis sehr gering belastet
Sauerstoffsättigung ²	78,60 – 82,80 %	II	mäßig belastet
Leitfähigkeit ⁴	498 – 522 µS/cm	II-III	mäßig belastet/mäßig
Sauerstoffgehalt in mg/l ² (30.08.2010)	4,70	II-III	mäßig belastet bis stark verschmutzt
Sauerstoffgehalt in mg/l ² (13.09.2010)	8,20	I	unbelastet bis sehr gering belastet
Trübung in NTU ⁵	0,6	I	unbelastet bis sehr gering belastet

¹ Einordnung anhand des Permanganat-Indexes nach Windaus

² Einordnung nach beiliegender Hilfstabelle Nr. 1

³ Einordnung nach Prof. Dr. Ullrich Strottmesters Buch „Biotechnologie zur Umweltentlastung“ S.91, Teubner Verlag, Wiesbaden 2003

⁴ Einordnung nach im „Ökologische Bewertung von Fließgewässern“ Band 64 S.46 (hier gibt es fünf Kategorien der Einteilung)

⁵ Einordnung nach Tabelle (s. „Begründung der Parameterwahl“ Abschnitt: Trübung)

Ich entschied mich dazu alle Tage zusammenzufassen, um einen Gesamtüberblick über die chemische Beschaffenheit des Havelwassers zu geben. Dazu stellte ich eine Übersicht über unsere zwei Untersuchstage sowie die Tage, an denen Frau Schmidt die Wasserproben nahm, auf. Des Weiteren ähnelten sich die Messwerte zum größten Teil sehr, weshalb sich eine Gesamtübersicht dieser Art gut anbot.

Zunächst lässt sich erkennen, dass der Gehalt der meisten Parameter der Güteklasse I entspricht. Jedoch sind auch einige Schwankungen bei den Parametern festzustellen.

Im Folgenden werde ich die Messwerte der chemischen Untersuchung auswerten.

Durch **KMnO₄** lassen sich viele anorganische und organische Stoffe mehr oder weniger stark oxidieren. Der Verbrauch an KMnO₄ bei unserer Untersuchung zeigt somit an, welcher Verschmutzungsgrad das untersuchte Wasser aufweist. Anhand des Permanganat-Indexes, der die Masse an Sauerstoff angibt, welche aus dem Oxidationsmittel Kaliumpermanganat zur Oxidation der organischen Stoffe abgespalten wurde, kann man das Gewässer einer Güteklasse und somit seinem Verschmutzungsgrad zuordnen. Nach Windaus sind Gewässer mit einem Sauerstoffgehalt aus Kaliumpermanganat unter 10 mg/l der Güteklasse I zuzuordnen.

Auch die Stickstoffparameter **Ammonium, Nitrat und Nitrit** sind wichtige Parameter, um feststellen zu können, wie gut die Wasserqualität eines Gewässers ist. Auch hier stellten wir fest, dass die Werte der Güteklasse I entsprechen. Eine übermäßige Belastung durch Abwässer oder Düngemittel kann also nahezu ausgeschlossen werden. Hierbei ist jedoch zu erwähnen, dass wir die Nitratwerte nicht erfassen konnten. Dies ist wahrscheinlich darauf zurück zu führen, dass die Konzentrationen so gering waren, dass wir sie mit Hilfe des Photometers nicht erfassen konnten. In diesem Zusammenhang kann man sagen, dass die Havel keiner Eutrophierungsgefahr unterliegt.

Auch die ermittelten Werte für **Chlorid** liegen in dem Bereich der Güteklasse I. Dies ist ebenfalls erfreulich. So können Belastungen durch Abwässer von Industrie oder Kläranlagen ausgeschlossen werden. Im Winter wird der Chlorid-Gehalt der Havel wahrscheinlich etwas ansteigen, wenn der Einsatz mit Streusalz (NaCl) auf seinem Höhepunkt ist.

Als Kontrast zu den bisher sehr guten Werten gilt nun der ermittelte **CSB-Wert**. Der CSB-Wert (chemischer Sauerstoffverbrauch) wird aus der Menge an Sauerstoff ermittelt, der zur Oxidation organischer Substanzen verbraucht wird. Da die Werte von 19 – 24 mg/l relativ gering sind, besteht die Gefahr, dass z. B. die Nitrifikation unvollständig verläuft. Hierbei kann Nitrit nicht schnell genug oxidiert werden und sich im Wasser anreichern, was große Auswirkungen auf den Fischbestand haben kann. Momentan besteht diese Gefahr jedoch nicht, da wir eine geringe Nitritkonzentration ermittelt haben.

Die Werte der **Gesamthärte** liegen ebenfalls in dem Bereich der Güteklasse I. Dies bedeutet, dass der Gehalt von Magnesium- und Kalziumionen für das Ökosystem und deren Bewohner ausreichend ist.

Die **Phosphat**konzentration ist sehr hoch und äußerst zweifelhaft. Ein offensichtlicher Fehler in der Untersuchung macht eine Auswertung zu Phosphat nicht möglich.

Der **pH-Wert** zwischen 7,35 und 7,64 entspricht einem unbelasteten bis sehr gering belasteten Gewässer (Güteklasse I). Das Säuren-Basen-Gleichgewicht ist demzufolge nicht gestört und stellt somit keine lebensfeindlichen Bedingungen für Fische und Pflanzen sowie keine Eutrophierungsgefahr des Havelabschnitts dar.

Die **Sauerstoffsättigung** bewegt sich mit 78,6 und 82,8 % im mäßig belasteten Gewässer (Güteklasse II). Hierbei muss erwähnt werden, dass es sich um die Gesamtsättigung des Wassers an Sauerstoff handelt. Eine Abgrenzung zu den CSB-Werten muss erfolgen, da nicht der ganze gelöste Sauerstoff für chemische Prozesse geeignet ist beziehungsweise verwendet wird.

Den **Sauerstoffgehalt** in mg/l habe ich für beide Tage extra aufgelistet. Hier ist ein großer Unterschied zu verzeichnen. Am 30.08.2010 maßen wir einen Gehalt von 4,70 mg/l, was der Gewässergüteklasse II-III entspricht, am 13.09.2010 waren es 8,20 mg/l, was der Güteklasse I

zuzuordnen ist. Möglicherweise haben die starken Regenfälle am 13.09.2010 den Sauerstoffgehalt deutlich höher ausfallen lassen als am 30.08.2010, wo es trocken war.

Die **Leitfähigkeit** von 498-522 $\mu\text{S}/\text{cm}$ des Wassers liegt im ausreichenden Bereich, das heißt im Bereich der Güteklasse II bis III. Süßwasser sollte eine Leitfähigkeit zwischen 300 und 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aufweisen. Das Havelwasser ist also weder ionenarm noch versalzt.

Die **Trübung** von 0,6 NTU habe ich der Güteklasse I zugeordnet, da sie, nach oben genannter Quelle, nur knapp die Werte des Trinkwassers (0,05-0,5 NTU) überschreitet und erheblich weniger ausfällt als die Werte des Abwassers (100-2000 NTU). Als Abwasser ist hierbei das Wasser aus Kläranlagenabläufen gemeint.

Zusammenfassend kann man sagen, dass nahezu alle Werte der Güteklasse I entsprachen. Allerdings sind die CSB-Werte, die Leitfähigkeit und der Sauerstoffgehalt, gemessen am 30.08., den Güteklassen II und III zuzuordnen. Die Havel scheint demnach einen Sauerstoffmangel zu haben, ganz gleich ob für Organismen oder für chemische Prozesse. Dies kann jedoch je nach Jahreszeit und Witterung stark schwanken, weshalb ich die Havel zurzeit als nicht besorgniserregend betrachte.

Für die Untersuchung des Oberflächenwassers kann man neben den photometrischen, titrimetrischen und elektronischen Analysemethoden auch die Schnellvariante mit dem „Wasserkoffer“ (Foto rechts) wählen. Mit ihm sind alle grundlegenden Untersuchungen auch direkt vor Ort durchzuführen. (Chemikalien sind entsprechend zu sammeln und dann fachgerecht im Labor zu entsorgen!)

Auf dem linken Bild sind die Schüler der Projektgruppe aus der UA09 abgebildet, die gerade die aus den Untersuchungen ermittelten Messergebnisse in den Computer übertragen.

(Fotos: Heike Schmidt)

8. Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung des Lehnitzsees

In dem Unterrichtsfach Mikrobiologie führten wir die Untersuchung von verschiedenen Badeseen durch und ermittelten die Gesamtkeimzahl, die Anzahl von Hefe- und Schimmelpilzen sowie das Vorhandensein von Escherichia Coli (E.Coli) der Badeseen, unter

denen sich auch der Lehnitzsee befand. Die Ergebnisse dieses Projekts möchte ich nun zusätzlich für die Beurteilung des Zustandes des Lehnitzsees darstellen.

Zunächst möchte ich anhand der folgenden Tabelle die Durchführung der verschiedenen Untersuchungen grob aufzeigen. Die Probenentnahmen fanden am 01/02.09.10, 15/16.09.10 und am 29/30.09.10 statt. Teilweise wurden Doppelbestimmungen angefertigt.

<i>Aerobe Gesamtkeimzahl</i>	<i>Hefen u. Schimmelpilze</i>	<i>E.Coli</i>
<p>Plattengussverfahren (PGV):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 20ml PCA-Agar/Petrischale ● Verdünnungen mit Ringerlösungen anlegen (10^0, 10^{-1}, 10^{-2}) ● 1ml der verdünnten Probe auf Petrischale geben ● Agar mit ca. 48°C darüber gießen und in achtförmiger Bewegung mischen ● fest werden lassen ● bei ca. 22°C für einen Tag in den Brutschrank ● im Kühlschrank bis zur Auszählung lagern 	<p>Oberspatelverfahren (OSV):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 20ml YGC-Agar/Petrischale ● Verdünnungen mit Ringerlösungen anlegen (10^0, 10^{-1}, 10^{-2}) ● Agar in die Petrischalen gießen ● 0,5ml der verdünnten Probe auf Agar geben ● mit dem Drigalskispatel die Probe auf dem Agar ausstreichen ● bei ca. 30°C für 2-3 Tage in den Brutschrank ● im Kühlschrank bis zur Auswertung lagern 	<p>Oberspatelverfahren (OSV):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 20ml VRBD/Endo Agar pro Petrischale ● je 0,5ml Probe wie beim OSV auftragen ● den VRBD bei 30°C und den Endo-Agar bei 37°C in den Brutschrank ● dunkelrote Kolonien oder metallischer Glanz auf Kolonien → E.Coli Verdacht <ol style="list-style-type: none"> 1. jede verdächtige Kolonie auf einen PCA ausstreichen 2. bei 30°C 2-3 Tage inkubieren lassen 3. Bactident Schnelltest durchführen

Mikroorganismen

Die **Gesamtkeimzahl** ist eine unspezifische Größe aus der mikrobiologischen Untersuchung von Trinkwasser nach der Trinkwasserverordnung. Sie gibt an, wie viele Kolonien von Mikroorganismen sich auf einem für diesen Zweck normierten Agar-Nährboden im Verlauf von 48 Stunden bei einer geregelten Bebrütungstemperatur von 22 bzw. 37 °C bilden, wenn man 1 ml Wasserprobe auf oder in dem Nährboden verteilt.

Zu den **Schimmelpilzen** gehört beispielsweise "Aspergillus flavus". Er kann sogenannte Aflatoxine produzieren, die zu den stärksten Krebsgiften zählen, die man in der Natur entdeckt hat. Für ihr Wachstum benötigen sie vor allem Wärme, Feuchtigkeit und unbedingt Sauerstoff.

Hefen stellen ganz besondere Anforderungen an die Umgebung, in der sie leben und sich vermehren. Neben Nährstoffen benötigen sie ein Milieu, in dem Feuchtigkeit, Temperatur, Säuregrad und Sauerstoffgehalt stimmen müssen. Charakteristisch für Hefen ist, dass sie auch ohne Sauerstoff wachsen können.

Enterobakterien oder auch coliforme Keime, zu denen auch **Escherichia coli** gehört, sind u.a. Bestandteil der normalen Darmflora von Mensch und Tier. Sie werden mit den Fäkalien ausgeschieden, und dienen daher – insbesondere E.coli - bei der routinemäßigen Wasseruntersuchung als Indikatororganismen für eine fäkale Verunreinigung des Wassers. Coliforme Bakterien können darüber hinaus auch aus anderen unspezifischen nicht-fäkalen Quellen eingetragen werden. Bestimmte E.coli-Bakterien (z.B. EHEC-Bakterien), die beispielsweise ins Trinkwasser geraten, können schwerste Infektionen wie Harnwegsinfektionen oder Bauchfellentzündungen verursachen und sogar für Epidemien verantwortlich sein.

E. Coli

Ergebnisse

<i>Datum</i>	<i>Mikroorganismen</i>	<i>Lehnitzsee (Schmachtenhagen Badestrand)</i>	<i>Lehnitzsee Cafe Dietrich</i>
--------------	------------------------	--	-------------------------------------

02.09.2010	Gesamtkeimzahl GKZ	72 KbE/ml*	177 KbE/ml
15.09.2010		441 KbE/ml	409 KbE/ml

22.09.2010		150 KbE/ml	218 KbE/ml
02.09.2010	Hefe- und Schimmelpilze	16	28

15.09.2010		35	10
22.09.2010		3	1

02.09.2010	Enterobakterien	77	26
15.09.2010		307	48

22.09.2010		0	3
02.09.2010	Escherichia Coli (E.Coli)	x	-

15.09.2010		x	x
------------	--	---	---

* KbE/ml bedeutet kolonienbildende Einheiten pro Milliliter

Auswertung

Die Ergebnisse zeigen, dass der Lehnitzsee (Badestrand) in der unverdünnten Probe, die höchsten Werte aufweist. Zudem konnte dreimal ein E-Coli-Vorkommen nach weiteren Untersuchungen am Badestrand und am Cafe Dietrich bestätigt werden. Das sich dort Verunreinigungen und somit auch schädigende Keime bilden ist an der dieser Örtlichkeit auch sehr wahrscheinlich, da dieser Strand zur Sommerzeit sehr gut besucht war. Zudem wurde die Wasserprobe nahe des Ufers entnommen, wo wenig Wasserbewegung stattfand und somit kein großer Austausch mit frischem Wasser stattfand. Somit liegt die Vermutung nahe, dass es sich auch um fäkale Verunreinigung anderer Lebewesen handeln kann. Eine gesundheitliche Gefährdung lässt sich durch die Enterokokken und Escherichia coli nachweisen. Ob es sich tatsächlich um fakultativ pathogene, also krankheitserregende, E.Coli-Arten handelt, können wir im Labor nicht nachweisen.

Eine Vergleichsmöglichkeit bietet auch das Gesundheitsamt für die Region Oberhavel für den 23.08.2010:

Parameter	Messwert	Richtwert	Grenzwert	Maßeinheit
Escherichia Coli	15	100	1800	Anz/100ml

Intestinale Enterokokken	15	100	700	Anz/100ml

bei einer Sichttiefe von 0,8 m und einer Wassertemperatur von 24,10 °C

(Quelle: <http://www.mugv.brandenburg.de>)

Eine Schließung des Sees ist nicht erforderlich. Alle Werte lagen unter den Grenzwerten, zudem war die Badesaison für den Zeitraum schon beendet.

Des Weiteren lagen beim Lehnitzsee Schmachtenhagen und Cafe Dietrich in etwa dieselben Gesamtkeimzahlen an denselben Probenahmetagen vor, was eventuell auf die gleichartigen Bedingungen vor Ort schließen lässt. Da es keine Grenzwerte für die Gesamtkeimzahl in Oberflächengewässern gibt, bietet sich ein Vergleich mit den Grenzwerten von bakteriellen Keimen für das Trinkwasser nach der deutschen Trinkwasserverordnung an. Die Grenzwerte für bakterielle Werte liegen hierbei bei 100 koloniebildenden Einheiten je Milliliter. Dieser Wert wurde am 2.09.2011 zunächst unterschritten, an den anderen Tagen lag er jedoch bis zu viermal so hoch.

PCA-Agar-Petrischale zur GKZ-Bestimmung

Die Hefe- und Schimmelpilzkonzentrationen sind ebenfalls keinem Grenzwert für Oberflächengewässer und Trinkwasser zuzuordnen. Sie sind jedoch in allen Proben mit 0 bis 35 Funden gering gewesen, sodass allergene oder toxische Wirkungen mit großer Wahrscheinlichkeit auszuschließen sind.

Insgesamt kann man anhand der mikrobiologischen Untersuchung davon ausgehen, dass der Lehnitzsee wahrscheinlich keine gesundheitsschädigenden Keime oder Pilze enthält. Allerdings muss diese These von weiteren Untersuchungen der Pilz- und E.Coli-Funde noch belegt werden.

Die Ergebnisse weichen leider sehr stark voneinander ab, sodass eine eindeutigere Beurteilung schwierig ist. Nichtsdestotrotz ist die ökologische Bewertung des Lehnitzsees auch aus der mikrobiologischen Sicht von großer Bedeutung und sollte auch in Zukunft von den Schülern mit aufgenommen werden.

(Fotos: E.Coli: <https://www.uni-hohenheim.de/staatsschule/7/09ba/ecoli/e-coli.jpg>
GKZ: http://karlsruhe.untersuchungsaeamter-bw.de/bilder/labor_6/l65_bild1.jpg)

9. Limnologische Untersuchung der Havel

9.1 Grundlagen der Limnologie

Limnologie: griechisch für *Binnengewässerkunde*, *Seenkunde*

Die Limnologie ist die Lehre von den Organismen der stehenden und fließenden Binnengewässer und ihren chemischen und physikalischen Verhältnissen. Sie ist als Teil der [Ökologie](#) zusammen mit der Meeresbiologie aus der Hydrobiologie hervorgegangen.

Die Seen gemäßigter Breiten unterliegen meist einem jahreszeitlichen Wechsel der Schichtungsverhältnisse, was für ihre Biologie und Chemie von entscheidender Bedeutung ist. Da das Dichtemaximum des Wassers oberhalb des Gefrierpunkts liegt, kann das Tiefenwasser in Seen nicht kälter als etwa 4 °C werden. Die oberflächliche Eisdecke schützt die tieferen Schichten vor dem Zufrieren. Im Frühjahr und Herbst ergibt sich eine thermisch bedingte Vertikalzirkulation, im Sommer und Winter ist eine stabile thermische Schichtung die Regel. Während der Sommerstagnation sind eine warme Oberschicht (Nährschicht), eine Schicht mit raschem Temperaturabfall (Sprungschicht) und das Tiefenwasser (Zehrschicht) zu unterscheiden. → siehe Grafik unten

Die Limnologie beschäftigt sich vor allem mit dem durch Lebewesen aufrechterhaltenen (biogenen) Stoff- und Energiehaushalt der Gewässer. Dazu muss die Menge der gelösten Substanzen gemessen und besonders die Artenzusammensetzung und die Besiedlungsdichte der Organismen analysiert werden, und zwar in ihrer räumlichen und zeitlichen Verteilung.

Am biogenen Stoffumsatz sind Organismen mit folgenden Leistungen beteiligt: *Produzenten* (Pflanzen) bauen durch die Photosynthese organische Substanz auf, die von [Konsumenten](#) (alle Tiere, parasitische Pflanzen) als Energiequelle genutzt wird. [Destruenten](#) (Bakterien) bauen tote organische Substanz ab.

Die Intensität der organischen Produktion der Seen bezeichnet man als *Trophie*; schwach produktive Gewässer nennt man *oligotroph*, hoch produktive *eutroph*. Im Gegensatz zum Festland sind im See die Algen die wichtigsten *Urproduzenten*. Blaualgen spielen im Sommer meist die entscheidende Rolle, Kieselalgen im Frühjahr und Herbst.

(Foto: <http://www.rrr.de/anja/klassenfahrt/pics/seeschicht.jpg>)

Anleitung zur biologischen Gewässergütebestimmung

Nach Festlegung der Probestelle werden mit einem Haushaltssieb an jeder Probestelle der Grund sowie die Oberfläche des Gewässers mehrmals durchsiebt. Hierbei ist es hilfreich, wenn die Probestelle frei von Wasserpflanzen und Steinen ist. Das gesiebte Material wird nun ausgewaschen, um es von Sand und Schlamm zu säubern und in eine weiße Schale überführt. Die im Sieb gefundenen Organismen werden nun mit einer Pinzette aufgelesen und gezählt. Des Weiteren ist das Aufsuchen von größeren Steinen von großer Bedeutung, da an ihnen meist viele Organismen haften. Die Organismen werden anschließend mit Hilfe des Bestimmungsschlüssels nach Gattung und Art bestimmt und wieder ausgesetzt. Die gewonnenen Daten werden in einer Tabelle protokolliert. Vor Ort erfolgt ebenfalls die Erfassung verschiedener Parameter (Sauerstoff, pH-Wert, Leitfähigkeit, Wassertemperatur u.a.).

Saprobienystem

Mit zunehmender Verschmutzung eines Gewässers durch biochemisch abbaubare Stoffe nimmt die Artenvielfalt von Lebewesen durch den sinkenden Sauerstoffgehalt ab. Ein unbelastetes Gewässer weist einen hohen Sauerstoffgehalt auf und verfügt über eine große Anzahl an aeroben Organismen. Ein stark organisch belastetes Gewässer hingegen beherbergt Organismen, welche in Verbindung mit Sauerstoff diese Stoffe abbauen, um dadurch das Gewässer zu reinigen. Man bezeichnet diesen Vorgang als Selbstreinigungsprozess eines Gewässers. Der hierbei entstehende Faulschlamm wiederum führt zu einer Sauerstoffabnahme und somit zur Dezimierung der Artenvielfalt. Das Vorkommen bestimmter Organismen ist daher für einen bestimmten Grad der Belastung eines Gewässers charakteristisch. Somit kann anhand der vorkommenden Organismen in einem Gewässer auf die Wasserqualität geschlossen werden, weshalb man solche Organismen auch als Indikatororganismen bezeichnet. Die Indikatororganismen wurden in verschiedenen Gruppen zu einem Saprobienystem zusammengefasst. Anhand der Häufigkeit des Vorkommens verschiedener Organismen (h), ihrer individuellen Saprobienwerte (s) und ihrer individuellen Gewichtungen (g) lässt sich ein Wert zur Bestimmung der Gewässergüte berechnen (siehe unten).

Saprobienindex

Die biologische Gewässergüte der Fließgewässer in der Bundesrepublik Deutschland werden bisher über ein mehrstufiges Beurteilungsfaktor klassifiziert, welches in erster Linie die Belastung mit organischen, unter Sauerstoffzehrung biologisch abbaubaren Wasserinhaltsstoffen berücksichtigt. Die Einteilung und Darstellung der Gewässergüte beruht dabei auf der Erfassung der für den Grad der Belastung besonders charakteristischen Organismen bzw. Organismenkombinationen, deren Auftreten und Häufigkeiten in die Berechnung als Bewertungsgrundlage einfließen.

Der Saprobienindex wird wie folgt berechnet:

$$\text{Saprobienindex} = \quad P_1 = h \cdot s \cdot G \quad P_2 = h \cdot G$$

Bewertung des Saprobienindex

Die biologische Gewässergüte kann gemäß folgender Tabelle bestimmt werden:

<i>Saprobienindex</i> <i>x</i>	1,0-1,4	1,5-2,2	2,3-2,6	2,7-3,1	3,2-4,0
-----------------------------------	---------	---------	---------	---------	---------

<i>Biologische Gewässergüte</i>	sehr gut (I)	gut (II)	mäßig (III)	unbefriedigend (IV)	schlecht (V)
---------------------------------	--------------	----------	-------------	---------------------	--------------

9.2 Ergebnisse der limnologischen Untersuchung

Zusammenfassung aller gefundenen Organismen beider Tage

<i>Bioindikator/Organismen</i>	<i>Häufigkeit</i>	<i>Saprobiewert</i>	<i>biolog. Gewässergüte</i>
Anabolia nervosa	7	2,0	gut
Eiförmige Schlammschnecke	7	2,3	mäßig
Fam. Baetidae	1	2,1	gut
Flohkrebs	25	2,0	gut
Quellen-Blasenschnecke	12	2,0	gut
Süßwasserschwämme	9	2,2	gut
Teichnapfschnecke	1	2,2	gut
Vielaugenstrudelwurm	2	1,1	sehr gut
Wandermuschel	1	2,2	gut
Wasserassel	1	2,8	unbefriedigend
Zweiäugiger Plattegel	1	2,6	mäßig

<i>Datum</i>	<i>30.08.2010</i>	<i>13.09.2010</i>	<i>arithmetischer Mittelwert der Klasse UA09</i>
<i>Saprobienindex</i>	2,00	1,94	2,16
<i>biolog. Gewässergüte</i>	gut	gut	gut
<i>Gesamtfund v. Organismen</i>	50	17	-

Auf dem linken Bild sieht man die Plastikschielle, in der wir die gefundenen Organismen kurzzeitig sammeln, um ihre Menge anschließend quantitativ zu erfassen. Rechts daneben untersucht UTA-Schüler Hannes mit dem Koffer für limnologische Untersuchungen seine Funde.

(Fotos: Heike Schmidt (r), Ricardo Stock)

9.3 Interpretation der limnologischen Untersuchung

Bei unserer limnologischen Untersuchung fanden wir hauptsächlich Organismen, die der guten (1,5-2,2) bzw. mäßigen (2,3-2,6) biologischen Gewässergüte entsprechen.

Die Ausnahme dabei bildeten der Vielaugenstrudelwurm mit einem Saprobiewert von 1,1 und die Wasserassel, mit einem Saprobiewert von 2,8. Vermutlich handelt es sich bei dem Vielaugenstrudelwurm um eine Verwechslung. Der Saprobiewert von 1,1 bedeutet, dass diese Art der Strudelwürmer empfindlich gegenüber Wasserverschmutzungen ist und ihr Organismus stark an einer sehr guten Wasserqualität gebunden ist. Jedoch kann man nicht völlig ausschließen, dass es sich um einen Vielaugenstrudelwurm handelte. Er könnte durch Schiffe und/oder deren Brauchwasser in den Havelabschnitt gelangt sein und dort für kurze Zeit überlebt haben. Eine weitere Möglichkeit wäre, dass sich der Organismus des Wurms an die Wasserqualität der Havel angepasst hat. Obwohl sie sich wirklich optisch ähneln, schließe ich diese Theorien aus und tendiere dazu, dass wir das Kleinstlebewesen falsch identifiziert haben. Auch wenn dies zweimal der Fall zu sein schien. Wahrscheinlich war eine Art der Strudelwürmer dem sehr ähnlich und aufgrund des Schlammes haben wir die präzisen Unterschiede der Arten nicht genau erkennen können.

Dass es sich bei unserem Fund um eine Wasserassel handelte ist durchaus realistisch zu betrachten. Ihr Saprobiewert weicht mit 2,8 nur gering von der mäßigen biologischen Gewässergüte ab. Ein solch feiner Unterschied spielt für den Organismus der Wasserassel keine bedeutende Rolle. Die Wasserassel ist dafür bekannt einen sehr ertragfähigen Organismus zu besitzen, der es der Assel erlaubt, sogar ohne Sauerstoff für einige Zeit weiter zu existieren.

Die häufigsten Organismen, die wir insgesamt gefunden haben, waren die Flohkrebse, die Quellenblasenschnecke und die Süßwasserschwämme. Damit ist je ein Vertreter der Krebse, Schnecken und die Süßwasserschwämme im Allgemeinen vorhanden, die alle samt der guten biologischen Gewässergüte zuzuordnen sind. Interessant ist hierbei, dass wir andere Vertreter dieser Familien nur vereinzelt angetroffen haben. Solche Verwandten sind z. B. die Teichnapfschnecke und die Wasserassel (Krebse), von denen wir jeweils nur ein Exemplar gefunden haben. Dies lässt darauf schließen, dass ihre nahen Verwandten sich in dem Lebensraum besser angepasst haben bzw. sie dort bessere Bedingungen vorfinden. Zu erwähnen ist auch, dass wir am 30.08.2010 fünfzig Organismen gefunden haben, am 13.09.2010 nur 17. Neben der unterschiedlichen Fließgeschwindigkeit und der Wetterlage (am 13.09. hat es stark geregnet) halte ich die unterschiedlichen Lebensräume verantwortlich dafür, dass wir an der Saarlandbrücke mehr Organismen gefunden haben. Dort besteht das Flussbett aus Sand und die Uferbepflanzung ist deutlich ausgeprägter als an der Stelle beim „Blauen Wunder“. Dort besteht das Flussbett hauptsächlich aus aufgeschüttetem Kies und

größeren Steinen, eine Uferbepflanzung fehlt nahezu. Besonders für Schneckenarten fällt somit ein wichtiger Faktor, die Bewachung durch Ufer- und Wasserpflanzen, weg, an denen sie sich anheften können. Diese Gegebenheiten ließen uns deutlich weniger Organismen auswendig machen.

Schlussfolgernd daraus kann man vermuten, dass die Organismen einen naturnahen Lebensraum einem von Menschen mit Kies aufgeschütteten Flussbereich bevorzugen, ganz gleich, welcher Gewässergüteklasse sie angehören. Von unseren insgesamt elf gefunden Organismen sind sieben der guten, zwei der mäßigen und jeweils einer der sehr guten und unbefriedigenden biologischen Wassergüte zuzuordnen.

10. Beurteilung des ökologischen Zustandes

10.1 Lehnitzsee

Beginnen möchte ich meine Beurteilung mit einem Vergleich des Landesumweltamtes Brandenburg, die auf ihrer Internetseite Steckbriefe über die Seen der EG-Wasserrahmenrichtlinie veröffentlichen. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der chemischen und biologischen Untersuchungen für den Lehnitzsee von 2009 zusammengefasst:

<i>Ökologischer Zustand</i>	3
<i>Chemischer Zustand</i>	2
<i>Gesamtzustand</i>	3

(Quelle: Auszug http://www.luis.brandenburg.de/presse/seen/82_Lehnitzsee.pdf)

Die eigentlichen, verbindlichen Umweltziele der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sind im Artikel 4 festgelegt, der zentralen Vorschrift der Richtlinie. Bei oberirdischen Gewässern gelten folgende Ziele:

- Guter ökologischer und chemischer Zustand in 15 Jahren (2015)
- Gutes ökologisches Potenzial und guter chemischer Zustand bei erheblich veränderten oder künstlichen Gewässern in 15 Jahren (2015)
- Verschlechterungsverbot

Diese Erfassung des Landesumweltamtes widerspricht zum Teil unserem Ergebnis, wobei zu erwähnen ist, dass hier der Zustand von 2009 dargestellt ist und diese Abschlussarbeit den Zustand des Sees von 2010 thematisiert. In unseren chemischen Untersuchungen ermittelten wir hauptsächlich Werte, die dem sehr guten bis guten ökologischen Zustand entsprachen. Ausnahme bildeten allerdings die Nitratwerte und die Leitfähigkeit, die den Güteklassen III-IV zuzuordnen waren und die damit den chemischen Zustand des Sees auf einen guten ökologischen Zustand abrunden. Somit erfüllt der Lehnitzsee den angestrebten guten chemischen Zustand der WRRL, den guten Gesamtzustand dagegen noch nicht. Bis 2015 werden daher noch Maßnahmen zu treffen sein müssen.

Eine aussagekräftige Auswertung der mikrobiologischen Untersuchung des Lehnitzsees war, wie bereits erwähnt, nicht möglich. Limnologische Untersuchungen erfolgten am Lehnitzsee nicht. Daher kann man keinen genauen Vergleich mit dem Ergebnis des Landesumweltamtes, die den ökologischen Zustand des Sees mit drei bewerteten, aufstellen.

Zusammenfassend lässt sich daraus ableiten, dass sich der Lehnitzsee in einem stabilen Zustand befindet. Aufgrund dieses zwar stabilen, aber dennoch schwankenden Zustandes, gilt der See als gefährdet. Jüngst zeigte sich, dass auch der Lehnitzsee vor Umweltkatastrophen nicht verschont bleibt. Gemeint ist die Havarie an der Biogasanlage in Schmachtenhagen am 1. Februar 2011. Damals waren durch ein Leck in einem der großen Restgärbehälter zwischen 1000 und 1500 Kubikmeter vergorene Gülle ausgetreten. Experten schließen zwar eine ökologische Katastrophe aus, jedoch sind die Folgen für die Natur nicht immer sofort absehbar. Es ist daher in Zukunft darauf zu achten, dass man den See weiterhin untersucht und dessen Zustand über Jahre hinweg dokumentiert, um ein Gefahrenpotential durch solche Unfälle rechtzeitig erkennen zu können.

10.2 Havel

Während die Ergebnisse der limnologischen Untersuchung eine gute (mäßig belastet) Gewässergüteklasse des Havelabschnitts ergab, sind die chemischen Ergebnisse zum größten Teil der sehr guten (unbelastet bis gering belastet) Gewässergüteklasse zuzuordnen. Dies bedeutet, dass die Voraussetzungen für chemische Prozesse im Wasser gegeben sind. Mit Ausnahme, wie bereits erwähnt, die Sauerstoffparameter und die Leitfähigkeit. Trotz der teilweise sehr guten chemischen Ergebnisse fanden wir hauptsächlich Organismen, die der guten Gewässergüteklasse zugeordnet sind. Doch gerade weil der Faktor Sauerstoff in den Untersuchungsgebieten etwas problematisch ist, finden wir keine Organismen der Güteklasse I, da diese konstant sehr gute Bedingungen benötigen, ohne drastischen Schwankungen ausgesetzt zu sein.

Zusammenfassend kann man sagen, dass wir trotz der zum größten Teil sehr guten Wasserqualität aus chemischer Sicht hauptsächlich Organismen der Güteklasse II antreffen, da diese mit den Schwankungen der verschiedenen Parameter gut zurechtkommen bzw. deren Organismus ertragfähiger ist.

In Zukunft sollen die Havel und die Spree zu einer gigantischen Wasserstraße ausgebaut werden. Tiefer und breiter sollten sie werden, damit sogenannte Großmotorgüterschiffe sie nutzen könnten - sie sind bis zu 110 Meter lang, 11,40 Meter breit und liegen bis zu 2,80 Meter tief im Wasser. Zudem sieht VdE 17 vor, dass auch in 185 Meter langen Schubverbänden gefahren werden kann - und zwar so, dass sich diese Schiffe auch zweispurig begegnen können. Dazu müssen die Wasserstraßen bis zu 4 Meter tief und zwischen 42 und 55 Meter breit sein. Alles in allem werden die Kosten auf 2,3 Milliarden Euro geschätzt. Man muss nicht erwähnen, welche Folgen das für die Havel haben würde. Uferbereiche werden zerstört und breiter gemacht. Ganz zu schweige von den seltenen und geschützten Tier- und Pflanzenarten, die von dem Ausbau erheblich gestört werden, bis sie möglicherweise unwiderruflich verschwinden. Dass für den Ausbau der Bund zuständig sei, wird auch in Oranienburg gern betont, trotzdem lässt der für „Infrastruktur und Raumordnung“ zuständige Minister Reinhold Dellmann keinen Zweifel daran, dass ihm die Sache am Herzen liegt, und schwärmt von den Gütermassen, die durchs Land strömen, wenn der Kanal erst fertig sei. Unterdessen hat die tatsächlich zuständige Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost den Planfeststellungsbeschluss für den Ausbau des Sacrow-Paretzer-Kanals an das Brandenburgische Landesumweltamt weitergeleitet - nachdem, wie es in der Behörde heißt, alle Kritiker gehört und die Bedenken „berücksichtigt“ worden seien. Dort wird nun, sagt der Abteilungsleiter Bodo Schwiegk, geprüft, ob der Plan in ökologischer Hinsicht in Ordnung gehe: Artenschutz, Trinkwasserqualität? „Das Ziel ist natürlich, dass es keine Verschlechterung gibt - oder wenigstens, dass die an anderer Stelle ausgeglichen wird.“

Glücklicherweise gibt es viele Organisationen, die einen solchen Eingriff in das Ökosystem verhindern sollen. Mit der Kampagne „Stoppt den Havelausfall“ konnten bereits wertvolle Uferlandschaften und über 1700 Bäume gerettet werden.

Abschließend möchte ich hinzufügen, dass ich selbst sehr überrascht bin, wie gut die Wasserqualität der Havel aus biologischer und chemischer Sicht ist. Trotz der intensiven Nutzung durch den Menschen wie der Schifffahrt, dem Angeln und möglicherweise auch Abwassereinleitungen scheint der Fluss gute Bedingungen für Lebewesen zu bieten. Gerade in der heutigen Zeit ist es erfreulich zu wissen, dass es auch einem von Menschen genutzten Geschenk der Natur gut „geht“. Inwiefern dies nach dem möglicherweise bevorstehenden Ausbau noch zutreffen wird, bleibt abzuwarten...

11. Bewertung des Projekts

11.1 Empfehlung

Das Projekt „Ökologische Bewertung des Lehnitzsees“ ist für Schüler geeignet, die am Ökosystem See bzw. Fluss interessiert sind und die erlernen wollen, wie man anhand bestimmter Parameter den Zustand eines Gewässers beurteilen kann.

Im folgenden Abschnitt erläutere ich, welche Voraussetzungen die Schüler aus meiner Sicht erfüllen müssten, wenn sie dieses Projekt wählen. Die Schüler sollten Spaß daran haben, die Wasserproben fachgerecht aus dem Gewässer zu entnehmen. Dabei ist es vor allem wichtig, dass die Schüler dies auch regelmäßig selbst tun, um möglichst gute Vergleichswerte am Ende des Projekts aufweisen zu können. Vorteilhaft wäre es, wenn man selbst in der Nähe der Schule beziehungsweise des Lehnitzsees wohnt. So kann man auch einmal nach der Schule die Proben entnehmen und sie zu Hause im Kühlschrank aufbewahren. Man sollte besonders darauf achten, wenn Projektmitglieder erkranken oder sie ihre zugetragenden Arbeiten nicht wahrnehmen. In diesem Fall sollte man ein Gespräch mit der betreuenden Lehrkraft suchen und die Angelegenheit klären, bevor es die Projektarbeit gefährdet. Des Weiteren sollten chemische Analysen im Labor mit Interesse und Genauigkeit ausgeübt und die Ergebnisse in übersichtlicher und verständlicher Form protokolliert werden. Die Arbeit am Projekt erfordert Zeit, die die Schüler versuchen sollten, aufzubringen. So ist das Projekt mit verschiedenen Veranstaltungen verbunden, die die Schüler möglichst besuchen sollten. Zum Einen, um ihr Projekt jederzeit präsentieren zu können, zum Anderen, um Erfahrungen und Wissen zu sammeln, die solche Veranstaltungen einem vermitteln. Es ist zu empfehlen, dass sich die Schüler langfristig mit den Terminen vertraut machen, um nicht unter Zeitnot, beispielsweise aufgrund anderer Schularbeiten, zu geraten. Neben der Tatsache, dass jeder Schüler für sich verantwortungsvoll und zuverlässig handeln sollte, sollte man stets bemüht sein, das Verhältnis der Gruppe zu stärken und mögliche Differenzen zu klären. Schließlich arbeitet man gemeinsam an einer langfristigen Arbeit, bei dessen Ergebnis die Arbeit von allen Beteiligten mit einfließen sollte. An den Projekttagen sollte man stets anwesend sein, denn diese dienen anfangs zur Beschaffung der Messergebnisse und schließlich zur Erarbeitung der Abschlussarbeit und sind somit von großer Bedeutung. Abschließend würde ich den Schülern empfehlen, mit den Projektmitgliedern aus anderen Klassen zusammenarbeiten, denn diese liefern ebenfalls Ideen, die man in das Projekt einfließen lassen kann.

Nachdem ich selbst Teil des Projekts war, kann ich keine Verbesserungsvorschläge geben, die mit der Durchführung oder Betreuung des Projekts zusammenhängen. Die Probleme, die ich in meinem persönlichen Fazit erläutern werde, sind auf uns Schüler zurückzuführen. Ich würde jedoch empfehlen, auch am Lehnitzsee limnologische und/oder mikrobiologische Untersuchungen durchzuführen. So lassen sich am Ende des Projekts der Lehnitzsee und die Havel besser vergleichen. Des Weiteren sollte man den Schülern von Beginn an deutlich machen, dass die Havel ebenfalls ein zukünftiger Untersuchungsort sein wird und deren Ergebnisse ebenfalls Bestandteil der Abschlussarbeit sein werden. Dies verhindert, dass die

Schüler überfordert sind, wenn sie Analysen an zwei Gewässern durchführen müssen und sie sich aufgrund dessen nur noch auf ein Gewässer konzentrieren.

Empfehlenswerte Eigenschaften der Schüler in Kurzfassung:

verantwortungsvoll, interessiert, ehrgeizig, kreativ, pünktlich, pflichtbewusst, teamfähig, kontaktfreudig, zu eventueller Mehrarbeit bereit (auch nach der Schule), zuverlässig

11.2 Persönliches Fazit

Vor zwei Jahren wählte ich das Projekt „Lehnitzsee“, weil ich es interessant fand, ein Ökosystem über eine längere Zeit zu betreuen und dessen Zustand anhand von chemischen Untersuchungen festzustellen. Da diese Arbeit auch meinem zukünftigen Berufswunsch entspricht, war ich stets motiviert und interessiert daran, meine Arbeit so gut wie möglich wahrzunehmen.

Schon als Kind interessierte ich mich für die Natur. In den darauf folgenden Jahren erkannte ich zunehmend, wie wichtig es ist, unsere Natur zu schützen, ihre Probleme zu erkennen und diese als Gemeinschaft anzugehen. Das kontinuierliche Ermitteln von Messdaten von chemischen Parametern verdeutlichte mir, auch hinter der äußeren, vermeintlich ökologisch stabilen Fassade, zu schauen, denn oft sind es gerade die internen Stoffkreisläufe der Natur, die Aussage darüber geben, inwiefern sie geschädigt ist.

Den Ablauf dieses Projektes stellte ich mir so vor, dass wir als Gruppe regelmäßig Wasserproben entnehmen und sie untersuchen. So erhoffte ich mir am Ende des Projektes aufgrund unserer Statistiken, Aussagen über den Ist-Zustand, aber auch über die zukünftige Entwicklung des Gewässers machen zu können. Auch wünschte ich mir, dass es nicht nur eine „Schülerarbeit“ ist, sondern, dass wir auch eine niveauvolle Arbeit mit relevanten Ergebnissen ausüben. Die Erwartungen von diesem Projekt erfüllten sich für mich zum größten Teil.

Im Folgenden und letzten Abschnitt meiner Abschlussarbeit ziehe ich ein persönliches Fazit.

Beginnen möchte ich mit meinen positiven Erkenntnissen und Erfahrungen im Projekt. Für die Betreuung eines Projektes ist für mich am Wichtigsten, dass es auch das eigene Interesse widerspiegelt. Ansonsten läuft man Gefahr, sich der Arbeit nicht vollends hinzugeben und keine brauchbaren Ergebnisse den nachkommenden Auszubildenden, die dieses Projekt weiterführen sollen, zu hinterlegen. Dies war bei mir nicht der Fall. Schon nach den ersten Projekttagen merkte ich, dass mir das Projekt Spaß macht und dass ich mich in Zukunft dafür engagieren werde. Der Grundstein war damit für mich gelegt. Besonders hervorzuheben ist für mich der Aspekt, dass ich ein Gefühl der Außenarbeit gewonnen habe. Die Entnahme von Wasserproben selbst hat mir viele Erkenntnisse geliefert, denn die fachgerechte Durchführung von Probenahmen ist für die weitere Analyse im Labor von großer Bedeutung. Das selbstständige Arbeiten bei den Probenahmen sowie im Labor vermittelte mir eine gewisse Verantwortung, das Projekt fachgerecht durchzuführen. Natürlich realisierte man erst mit der Zeit, dass man tatsächlich eine wichtige Aufgabe zu erfüllen hat. Doch im Laufe des Projektes wuchs auch die Verantwortung, die man stetig für sich selbst und sein Projekt übernahm. Mit der Zeit verbesserte sich meine Arbeitsweise im Labor zunehmend. Ich achtete mehr denn je darauf, die Analysen mit größter Genauigkeit durchzuführen, was sich auch in den anderen Fächern meiner Ausbildung bemerkbar machte. Besonderer Dank gilt vor allem Frau Schmidt, die uns während des Projektes stets unterstützte und uns in die zu erledigenden Arbeiten einführte. Als Lehrerin stand sie uns bei Fragen und Problemen zur Seite, versuchte aber auch, dass wir Schüler uns im späteren Verlauf des Projektes, möglichst eigenständig, um die regelmäßigen Probenahmen und Untersuchungen kümmerten. Ich empfand dies weder als überfordernd noch vernachlässigend. Dass wir Schüler uns selbst um das Fortführen des

Projekt es kümmern sollten, ist eine wichtige Erfahrung und Vorbereitung für unseren weiteren Berufsweg.

Frau Schmidt war es auch, die uns zu verschiedenen Veranstaltungen, beispielsweise der Agenda 21, einlud und uns somit das Gefühl vermittelte, dass wir Schüler und unser Projekt ernst genommen werden, was mir persönlich viel bedeutete. Auch die Agenda 21 äußerte mehrmals ihren Dank, dass wir Schüler mit unseren Ergebnissen eine große Hilfe für deren Arbeit sein. Durch das Schülernetzwerk und den dazugehörigen Veranstaltungen gelang es uns, auch mit anderen Schülergruppen Kontakt aufzunehmen und einmal zu erfahren, wie deren Arbeit verlief und welche Ergebnisse sie für ihre Gewässer erhielten. Die Miteinbeziehung in Veranstaltungen und der Kontakt zu anderen Schülergruppen beziehungsweise der Agenda 21 ermöglichten zum Einen den Austausch untereinander, zum Anderen entwickelte sich ein Zusammengehörigkeitsgefühl, ein Gefühl, dass bei einer gemeinsamen Projektarbeit eine elementare Bedeutung hat.

Neben den positiven Erfahrungen, die ich während des Projektes sammeln konnte, gab es auch negative Aspekte, die ich nun schildern werde. Große Probleme, während der gesamten Projektzeit, stellten das Fehlen und das Desinteresse meiner Projektpartner dar. Waren wir am Anfang noch sechs Schüler, so dezimierte sich die Anzahl bald auf nur noch drei Schüler. Davon fehlten in regelmäßigen Abständen häufig bis zu zwei Projektbeteiligte. An ein kooperierendes Zusammenarbeiten war demnach nicht mehr zu denken. Dies führte nicht nur zu Spannungen innerhalb der Gruppe, sondern auch zwangsläufig zu unregelmäßigen Arbeiten an unserem Projekt. Leider gelang es uns nicht, wie wir es planten, monatlich Wasserproben zu entnehmen und sie zu untersuchen. Aus diesem Grund konnten wir keine aussagekräftigeren Statistiken zum Ende des Projektes aufstellen, was ich bedauere. Die wenigen Schüler, die anwesend waren und das Projekt ernst nahmen, trifft, meiner Meinung nach, nicht die alleinige Schuld. So interessant wie das Projekt auch war, so war es auch arbeits- und zeitintensiv. Zeit, die wir aufgrund anderer Schularbeiten, nicht immer hatten, die wir als Gruppe jedoch wesentlich besser hätten nutzen können. Ich für meinen Teil habe jederzeit Präsentationen für Veranstaltungen angefertigt, was mich auch viel Zeit außerhalb der Projekttag kostete. Zum größten Teil arbeiteten nur ein bis zwei Personen daran, projektbezogene Plakate oder Projektheften zu erstellen. Auf die anderen Gruppenmitglieder konnte man sich kaum verlassen. Nichtsdestotrotz zählt am Ende das Ergebnis und auch da bemühte ich mich zunehmend, auch durch selbstständiges Kontaktieren der Anglerverbände in Oranienburg, einen guten Abschluss des Projektes zu ermöglichen. Die Anglerverbände zeigten sich leider wenig kooperativ, sodass ich keinen Vergleich der chemischen Ergebnisse mit dem Fischbestand im Lehnitzsee aufstellen konnte.

Insgesamt kann ich trotz allem nur ein positives Resümee über die zweijährige Projektarbeit ziehen. Ich fühle mich in meiner Arbeit bestätigt und meine Erwartungen an das Ziel dieses Projektes haben sich zum größten Teil erfüllt. Besonders positiv empfinde ich das Erlangen von vielen Erkenntnissen, sei es aus fachlicher oder aus menschlicher Sicht. Ich erlangte das Wissen über die Entnahme und die Analyse von Wasserproben sowie die Fähigkeit, den Zustand eines Gewässers, anhand seiner chemischen Beschaffenheit, zu beurteilen. Dies war mir sehr wichtig, da ich in meinem zukünftigen Berufsweg weiterhin Ökosysteme untersuchen möchte. Des Weiteren habe ich für mich als Mensch gelernt, sich einer Aufgabe trotz Schwierigkeiten zu stellen und diese so gut wie möglich zu erfüllen. Ich habe viel über das Arbeiten im Team gelernt und weiß, wie ich in Zukunft mit gewissen Diskrepanzen umgehen werde.

(Foto: Paul, Kathleen, Franziska, Cindy, Ricardo und Johannes Projektgruppe „Lehnitzsee“, fotografiert von Heike Schmidt)

Quellen / Bemerkungen

Internet:

<http://www.wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/reisen/index,page=1179506.html>
(25.11.2010; 16:34 Uhr)

http://www.wwa-ke.bayern.de/fluesse_und_seen/gewaesserorganismen/egel.htm (21.11.2010;
15:55 Uhr)

<http://www.lavaris-lake.de/wasserparameter.html#gesamt> (22.10.2010, 11:19 Uhr)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%BCbung> (24.11.2010; 16:45 Uhr)

<http://maps.google.de/maps?hl=de&tab=wl> (13.02.2011; 10:15 Uhr) → Karte

<http://www.ernaehrungsvorsorge.de/de/private-vorsorge/empfehlungen-tipps/achtung-gefahr-schimmel-hefen-und-bakterien/> (22.02.2011; 7:50 Uhr)

<http://www.stopp-havelausbau.de/> (28.02.2011; 14:30 Uhr)

Literatur:

„Ökologische Bewertung von Fließgewässern“ Band 64
Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V. (VDG)
Auflage 4, 2008

Dokumentationen des Pilotprojektes der Projektinitiative der Agenda 21 des Landkreises
Oberhavel (2009-, 2010-Hefter)

Unterrichtsaufzeichnungen aus den Fächern: Instrumentelle Analyse, Mikrobiologie

Bilder:

siehe Internet-Quelle, Heike Schmidt, Natalie Witzke, Ricardo Stock

Danksagung:

Heike Schmidt
Agenda 21 (insbesondere Herrn Uhlack)
meinen Projektpartnern Cindy Möller und Johannes Wunsch sowie Natalie Witzke (Fotos)

Bemerkungen:

Ich möchte darauf hinweisen, dass ich in den Texten nicht immer auf genutzte Quellen verwiesen habe, da ich die Texte mit eigenem Stil und Wissen umgestaltete und das Textbild nicht stören wollte.

Hiermit erkläre ich meine eigenständige Arbeit an meiner Abschlussarbeit des Projekts.