

Pückler-Gymnasium
Hegelstraße 1-4
03050 Cottbus

Autoren: Frieda Böttcher & Antonia Skorna
Bio-LK 11
Frau Knappe
Schuljahr 2011/2012

Langzeitbeobachtung in einem aquatischen Ökosystem bei Cottbus

Die Weisen erfreuen sich am Wasser. - Konfuzius



Es ist unmöglich, zweimal in denselben Fluss zu springen. Auch wenn wir in dieselben Flüsse steigen, fließt immer anderes Wasser herbei. - Heraklit

Inhaltsverzeichnis

1	Gliederung eines Fließgewässers	Seite 4
2	Zum Priorgraben	
2.1	Allgemeines	Seite 4-5
2.2	Entstehung des Priorgrabens	Seite 5
2.3	Anthropogene Einflüsse der Vergangenheit	Seite 6
2.4	Heutige Nutzungen	Seite 6
2.5	Notwendigkeit der Renaturierung	Seite 6-7
3	Die Messstelle	
3.1	Charakterisierung	Seite 7
3.2	Eigene Messwerte	Seite 8-10
3.3	Umbaumaßnahmen	Seite 11-12
3.4	Fisch Kontrollen im gesamten Priorgraben und speziell im Hirschen-Wehr	Seite 12-15
4	Beobachtete Tier- und Pflanzenarten	
4.1	Zusammenfassung aller Tiere und Pflanzen	Seite 16
4.2	Die Stockente	Seite 17-19
4.3	Die Sumpfdotterblume	Seite 20-22
5	Veränderung biotischer Umweltfaktoren in Abhängigkeit abiotischer	
5.1	Definition	Seite 22
5.2	Das Wasser	
5.2.1	Eigenschaften des Wassers	Seite 22-24
5.2.2	Wasser als abiotischer Faktor	Seite 24-25
5.3	Strömung	Seite 25-26
5.4	Wassertemperatur	Seite 26-28
5.5	Licht	Seite 28
5.6	Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxidgehalt	Seite 29
6	Nahrungsbeziehungen und Bezug zum Stoffkreislauf	
6.1	Allgemeiner Stoffkreislauf	Seite 29-30
6.2	Kohlenstoffkreislauf	Seite 30
6.3	Sauerstoffkreislauf	Seite 30
6.4	Stickstoffkreislauf	Seite 31
7	Energiefluss	Seite 31-32
8	Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung	Seite 32
9	Die Wasseranalyse	
9.1	Messergebnisse	Seite 32-33
9.2	Bedeutung der Wasser-Leitparameter	
9.2.1	Der pH-Wert	Seite 33
9.2.2	Der Ammonium- und Ammoniakgehalt	Seite 33-34
9.2.3	Der Nitritgehalt	Seite 34
9.2.4	Der Nitratgehalt	Seite 34
9.2.5	Der Phosphatgehalt	Seite 34
9.2.6	Die Wasserhärte	Seite 35
9.3	Auswertung	Seite 35
10	Natürliche Selbstreinigung	Seite 35-36

11 Gewässergüteklassen zur Feststellung des Belastungszustandes eines Fließgewässers	
11.1 Allgemein	Seite 36-37
11.2 Physikalisch-chemische Untersuchungen	Seite 37
11.3 Biologische Methoden	Seite 37-39
12 Anhang	Seite 40-45
13 Quellen	Seite 46-47
14 Selbstständigkeitserklärung	Seite 48

1. Gliederung eines Fließgewässers

Bekanntlich hat ein Fließgewässer eine Quelle und eine Mündung. Der Bereich zwischen Quelle und Mündung wird in drei große Abschnitte geteilt: Ober-, Mittel- und Unterlauf. Ebenfalls können diese auch durch vorkommende Leitfischarten eingegliedert werden. Der Oberlauf wird auch als Rhithral (Bachbereich) bezeichnet. Dieser wird noch einmal in die obere Forellenregion, die untere Forellenregion und die Äschenregion unterteilt. Hier finden sich Fische wie die Forelle und die Äsche wieder. Im Potamal, dem Mittel- und Unterlauf sind Barben und Brachsen beheimatet. Die jahreszeitlichen Wassertemperaturschwankungen im Unterlauf betragen zwischen Sommer und Winter ungefähr 20 K, wobei das Quellwasser nur geringe Schwankungen von ca. 5 K aufweist. Auch die Unterschiede der Fließgeschwindigkeiten sind zwischen Ober- und Unterlauf deutlich sichtbar. Im Oberlauf werden Geschwindigkeiten bis zu 100 cm/s, im Unterlauf nur 1/10 der Fließgeschwindigkeiten erreicht. Die Unterteilung in die Freiwasserzone (Pelagial) lässt sich bei Fließgewässern nur selten vornehmen, da die meisten Fließgewässer nicht tief genug sind, um eine Freiwasserzone zu bilden. Zudem ist aufgrund der geringen Tiefe der Prozess der Fotosynthese möglich. Wie auch bei einem stehenden aquatischen Ökosystem spielt die Bodenzone (Benthal) eine wichtige Rolle. Sie lässt sich in die Uferzone (Lithoral), die durch Einträge erheblich die Wasserqualität und das Erscheinungsbild beeinflusst, und in die Tiefenregion (Profundal), welche die Flusssohle darstellt, gliedern.

2. Zum Priorgraben

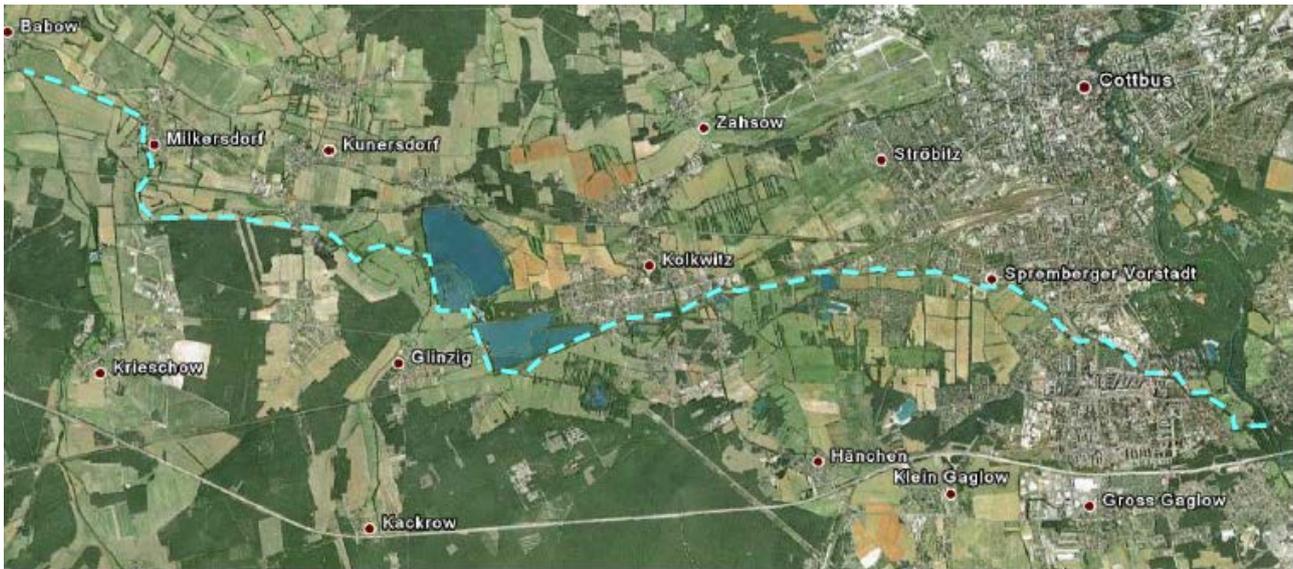
2.1. Allgemeines

Der 20 km lange Priorgraben erstreckt sich von Madlow, als Abzweig der Spree, über Sachsendorf, Ströbitz, Kolkwitz, Glinzig, Limberg, Kunersdorf, Milkersdorf und Babow und mündet dort in das Greifenhainer Fließ, das wiederum hinter Naundorf in den Südumfluter der Spree mündet. Sein durchschnittliches Gefälle beträgt ca. 0,1 ‰.

50% seines Wassers stammen heute aus der Spree, dazu kommen Niederschlagswasser aus dem Moorgraben und Grundwasser des Tagebau Welzow Süd aus dem Koselmühlenfließ.

Da es sich bei dem Priorgraben um ein von Menschenhand angelegtes Fließgewässer handelt, wie auch später noch genauer beschrieben wird, ist es schwer ihn in Unter-, Mittel- und Oberlauf einzuteilen, da er zusätzlich noch mit vielen Gebäuden wie z.B. Mühlen durchsetzt ist. Man kann aber sagen, dass sich der Unterlauf etwa von der Mündung bis zur Abzweigung des Koselmühlenfließ' bei Limberg, die Mittellauf bis Kolkwitz und der Oberlauf bis nach Madlow erstreckt. Sein Einzugsgebiet beträgt ca. 158 km² (Anhang Abb.1).

Die Ufer sind oftmals von Altbäumen (Erle, Esche...) bewachsen, die einen Großteil des Gewässers beschatten und in deren unterspülten Wurzelbereichen sich Unterwasserhöhlen bilden, die von den Fischen als Unterstände genutzt werden. Das Gewässer ist an den meisten Stellen durch eine sandig-kiesige Sohle geprägt, an den Wehren und Stauanlagen durch Schlammanlagerungen.



Gesamtverlauf des Priorgrabens

[¹]

„Aus fischökologischer Sicht kann angenommen werden, dass der Einzugsbereich der Spree im Untersuchungsgebiet vor deren Ausbau zur Barbenregion gehört hat und auch im Priorgraben eine dementsprechende Artenzusammensetzung existierte.“² Im Mittelalter sollen ca. 34 Fischarten in der Spree heimisch gewesen sein, dazu gesellten sich im weiteren Verlauf sieben neue. Heute kann man die Spree aufgrund verschiedener Baumaßnahmen und Querbauwerke, in diesem Teil als Bleiregion bezeichnen (Anhang Abb.1). Das s.g. Fisch-Monitoring, das diese Ergebnisse lieferte erfolgte in den Jahren 1998/99, 2006 und 2008, dazu später.

2.2. Entstehung des Priorgrabens (prierow= Durchstich)

Der Priorgraben ist kein natürlicher Wasserlauf. Er wurde zur Bewässerung und zur Versorgung der Fischereiteiche angelegt.

Am 29. Juli 1495 wurde der Stadt Cottbus die Anlegung eines Kanals zur Teichbewässerung durch Kurfürst Johann Cicero gestattet. In der Urkunde wurde festgelegt, dass der Kanal oberhalb der Großen Madlower Mühle aus der Spree abzweigen, die Stadt ihn mit Dämmen versehen und er zur Bewässerung bereits bestehender und auch zukünftiger Teiche dienen soll, zudem musste gewährleistet werden, dass der dem Kurfürst gehörenden Madlower Mühle das Wasser nicht ausgehen sollte.

Am Anfang des 16. Jahrhunderts begann der Bau des Priorgrabens und dauerte über mehrere Jahre an. Der Graben ist im Durchschnitt etwa 1m tief und wurde mit den damals üblichen Werkzeugen, d.h. Spaten und Schaufel, per Hand ausgehoben, der überschüssige Sand wurde zum Aufschütten der Dämme genutzt oder in Karren und Tragen abtransportiert.

Der Priorgraben zweigt in Madlow 72 m über NN aus der Spree ab, fließt über die Sachsendorfer Wiesen, Ströbitz, Kolkwitz, den Greifenhainer Fließ und diente zur Be- und Entwässerung der Priorhutungen (Hutung= als Weide genutzter Wald), Wasserversorgung der städtischen Bevölkerung, später auch der Glinziger und Dahlitzer Fischereiteiche.

¹ Wasser-und Bodenverband Oberland Calau, Renaturierung des Priorgrabens Gutachten und Konzeptionelle Untersuchungen zur Vorbereitung und Begleitung, S.4

² Wasser-und Bodenverband Oberland Calau, Untersuchung der Funktionstüchtigkeit der Fischwanderhilfen an den Wehr-Standorten Hirschteich,[...], Endbericht S.12

2.3. Anthropogene Einflüsse der Vergangenheit

Um 1550 wurden die Fischereiteiche in Dahlitz und Glinzig gebaut. Das notwendige Wasser wurde dem Priorgraben entnommen.

Auch vom 17. - 19. Jahrhundert hatte sich die Aufgabe des Priorgrabens nicht verändert, er diente immer noch zur Wasserversorgung der Teiche und zur Entwässerung der Priorhutungen. Zudem wurde der Graben zu einem wichtigen Standortfaktor für den Fabrikbau im 19. Jahrhundert. So erwarb Gustav Eduard Gebhardt 1839 die Baugenehmigung für eine Tuchfabrik auf dem Steinteichgrundstück. Es entstand eine Ölmühle (Steinteichmühle), die später zu einer Mahlmühle umgebaut wurde. Weitere Mühlen wie z.B. Thieles Mühle und Hirschens Mühle entstanden. So soll der Priorgraben in der damaligen Zeit 7 Mühlen zwischen Madlow und Limberg angetrieben haben. Den Textilfabriken entlang des Priorgrabens war jedoch, aufgrund der in Cottbus entstehenden Großindustrie, keine große Lebensdauer zu Eigen, daher wurden sie zu Mühlen umgebaut, die die Existenz der dort ansässigen Bevölkerung sicherten.

Später wurde der Graben ausgebaut und an vielen Stellen begradigt, um das Grubenwasser des Lausitzer Bergbaus abzuleiten, besonders der Unterlauf ist davon auch immer noch betroffen. Zudem wurden an vielen Stellen Stauanlagen eingebaut, die den Lauf zergliederten.

2.4. Nutzungen

Bereits vor 100 Jahren wurde der Priorgraben durch die Uferbesitzer befischt. Gefangen wurden unter anderem „Barsch, Quappe, Karpfen, Schleie, Rotfeder, Plötze, Blei und Hecht“³. Auch heute findet man des öfteren Angler, die ihr Glück versuchen.

Im städtischen Bereich wird der Priorgraben oftmals als Erholungsort genutzt. Viele Gärten und auch Wohnhäuser befinden sich entlang der Ufer. Im weiteren Verlauf prägen landwirtschaftliche Nutzflächen, Weiden aber auch Waldstücke die angrenzenden Flächen. Der Priorgraben wird weder für die Schiff- noch für die Kahnfahrt genutzt. Dennoch wichtig ist auch heute noch die Wasserversorgung der Glinziger und Papitzer Fischereiteiche.

2.5. Notwendigkeit der Renaturierung

Das vorrangige Ziel ist die Wiederherstellung der Durchlässigkeit auf der gesamten Fließstrecke und der ökologischen Strukturen.

Durch die Stilllegung des Tagebaus sind heute Maßnahmen der Renaturierung nötig. So wird der bis zu 15m verbreiterte Graben an vielen Stellen auf seine ursprüngliche Breite zurückgesetzt, da die Ableitung des Grubenwassers nun nicht mehr nötig ist und sich der Querschnitt als überdimensioniert erweist, die dadurch folgenden höheren Wasserstände wirken sich positiv auf die Grundwasserstände aus. Zudem sollen die Fische die Möglichkeit haben, den gesamten Graben zu durchwandern. Dieses konnte durch die Querbauwerke aber nicht gewährleistet werden. Deswegen werden sie nun umgebaut, ersetzt oder entfernt.

Die Umsetzung des Projekts wurde durch den „Wasser- und Bodenverband Oberland Calau“ verwirklicht. Zunächst wurde der Schlamm, der sich in den Jahren bis auf 1m Höhe angesammelt hatte, aus dem Flussbett und zum Teil an den Stauanlagen (ehemalige Mühlen) entfernt. Bühnen aus Holz und Sand wurden zu Verdünnung des Grabens eingebaut. So wurde der Lauf des Grabens

³ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Untersuchung der Funktionstüchtigkeit der Fischwanderhilfen an den Wehr-Standorten Hirschteich,[...], Endbericht S. 12

durch die kleinen Schlängelungen wieder natürlicher, obwohl er sein Bett nicht verlässt. Außerdem wurden Sandbänke errichtet, Kies für den Untergrund gestreut und Ruhebereiche geschaffen, sodass Lebensraum für verschiedene Fische entstanden ist. In den Stauanlagen wurden Öffnungen für größere Fische geschaffen, zudem wurden Sohlgleiten angelegt. Ziel der Arbeiten ist, Barschen, Plötzen, Zander, Hechten und Forellen die Wanderung durch den Graben zu ermöglichen, aber auch Muscheln, Krebsen, Eintagsfliegen und anderen Insekten einen Lebensraum zu schaffen. Aber auch die Ufer wurden bereits und werden neu strukturiert und bepflanzt. Auf jedes Projekt wurden die Maßnahmen speziell angepasst.



Fäll- und Rodungsarbeiten [4]



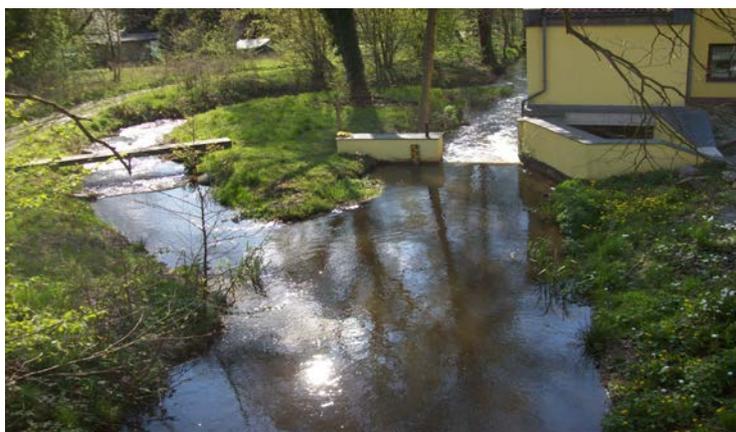
Gewässerberäumung [5]

Weitere Bilder befinden sich im Anhang (siehe Abb.2-7).

3. Die Messstelle

3.1. Charakterisierung

Die Messstelle „Hirschen-Wehr“ befindet sich in Kolkwitz an der gleichnamigen Mühle, neben dem großen und kleinen Hirschen-Teich. Die Messungen wurden einmal wöchentlich (jeden Donnerstag) im Zeitraum vom 23.02.12 bis zum 10.05.12, jeweils in der Zeit von 16.⁰⁰-17.⁰⁰ Uhr, durchgeführt. Dabei wurden die Außentemperatur, Wassertemperatur an der Oberfläche und in Bodennähe, Luftfeuchtigkeit, Fließgeschwindigkeit und Lichtverhältnisse erfasst.



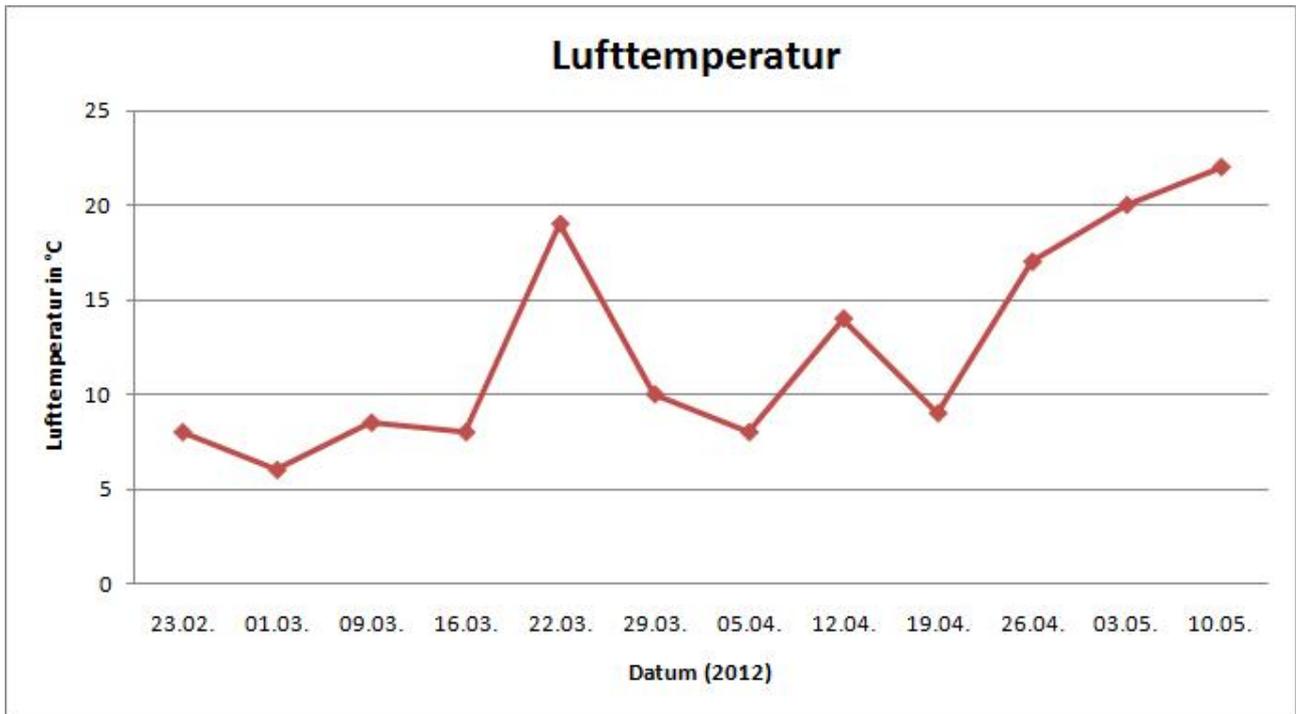
Hirschen-Wehr [6]

⁴ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau; „Renaturierung des Priorgrabens 1. BA“ Fotodokumentation S. 4

⁵ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau; „Renaturierung des Priorgrabens 1. BA“ Fotodokumentation S. 7

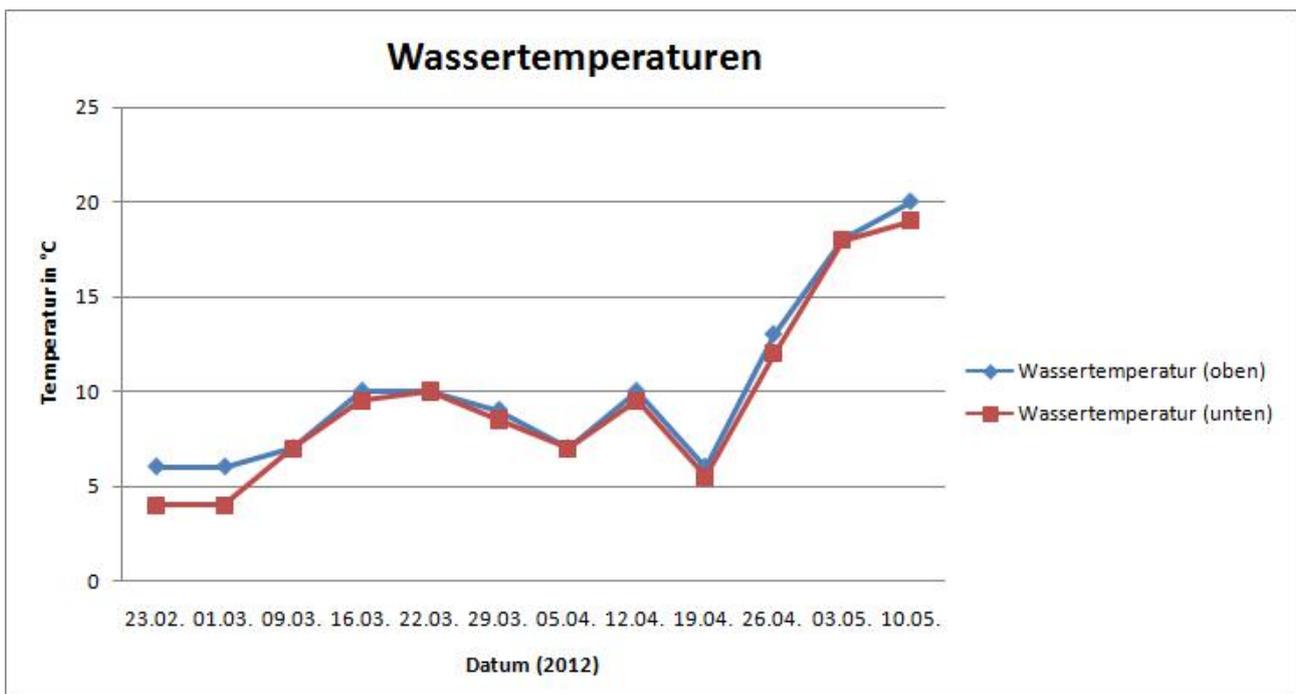
⁶ Foto: Privat (Frieda Böttcher)

3.2. Messwerte



Auswertung

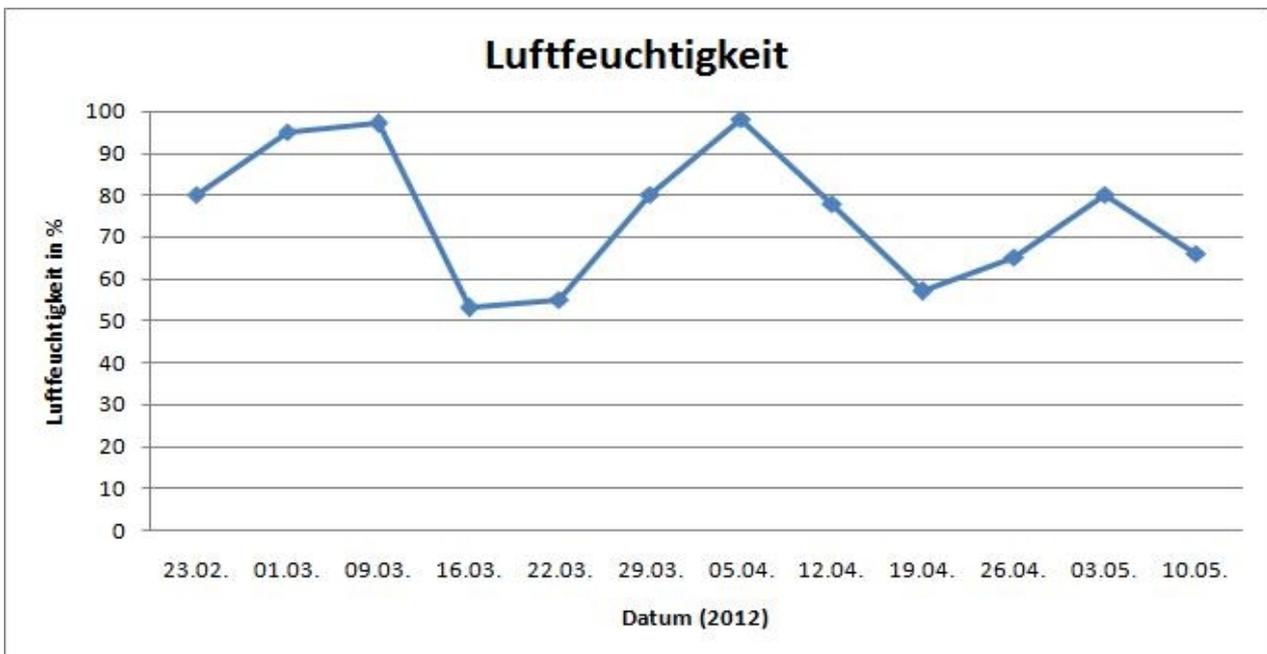
Vom 23.02. bis zum 16.03. bewegen sich die Messwerte der Lufttemperatur im Bereich von 6-8,5°C. Am 22.03. erreicht die Temperatur einen Höhepunkt (19°C) und sinkt in den nächsten zwei Wochen bis zum 05.04. auf 8°C ab. Es folgt erneut ein Höhepunkt am 12.04. mit 14°C, darauffolgend am 19.04. 9°C. Bis zum 26.04. (17°C) steigt die Temperatur relativ schnell, vom 26.04. bis zum 10.05. (28°C) relativ konstant. Der Temperaturdurchschnittswert in der gemessenen Zeitspanne beträgt ca. 13°C.



Auswertung

Zu Beginn der Messungen liegen vom 23.02. bis zum 01.03. konstante Messwerte vor, die Wassertemperatur oben betrug 6°C, die unten 4°C (teilweise noch Eis an den Uferrändern). In den zwei Wochen vom 16.03 bis zum 22.03. betrug die Wassertemperatur oben 10°C, die unten zuerst 9,5°C und schließlich am 22.03. ebenfalls 10°C. In den folgenden zwei Wochen sanken die Temperaturen auf 7°C (05.04.) in der vorhergehenden Woche (29.03.) bestand eine Temperaturdifferenz von 0,5°C zwischen oben (9°C) und unten (8,5°C). Am 12.04. erreichten die Temperaturen einen erneuten Höhepunkt von 10°C (oben) und 9,5°C (unten) am 19.04. einen Tiefpunkt mit 6°C (oben) und 5,5°C (unten). Vom 19.04. bis zum 03.05. stiegen die Temperaturen relativ konstant bis auf 18°C. Am 26.04. bestand eine Temperaturdifferenz von 1°C (oben 13°C, unten 12°C). Bis zum 10.05. stiegen die Temperaturen nur um 2°C (oben (20°C)) bzw. °C (unten (19°C)). Die größte Temperaturdifferenz, die gemessen wurde, lag bei 2°C (23.02 und 01.03.), die kleinste bei 0°C (09.03, 22.03., 05.04. und 03.05.). der Durchschnittswert der oberen Wassertemperatur beträgt ca. 10,2°C, der der unteren 9,5°C.

Vergleicht man die beiden Wassertemperaturen an sich, so sieht man, dass sie sich, den Anfang ausgenommen gleich sind bzw. um wenige Grade unterscheiden. Die Schwankungen sind gleich, dennoch schwankt die untere zumeist etwas „hinterher“. Die geringen Schwankungen entstehen dadurch, dass das Wasser zuerst an der Oberfläche erwärmt wird, durch die Strömung (und das Wehr in der Nähe) wird das Wasser schneller durchmischt und es erfolgt ein Ausgleich der oberen und unteren Temperaturen. Die geringe Wassertiefe sorgt auch dafür, dass sich das Wasser schneller erwärmt als z.B. an 2m tiefen Stellen eines Sees. Sieht man sich nun das Diagramm der Lufttemperatur und der Wassertemperaturen zusammen an, so sieht man nochmals die Abhängigkeit der Wassertemperatur bzw. ihrer Schwankungen von denen der Lufttemperatur. Würde man beide Diagramme übereinander legen, wären die Kurvenverläufe und Schwankungen gleich. Auch kann man z.B. am 16.03. beobachten, dass die Lufttemperatur (8°C) 2°C weniger als die Wassertemperatur an der Oberfläche (10°C) beträgt. Dieses Phänomen lässt sich durch die große Wärmespeicherkapazität des Wassers erklären. Das Wasser erwärmt sich nur langsam (23.02. und 01.03.) und gibt die Wärme dafür auch nur langsam wieder ab.



Auswertung

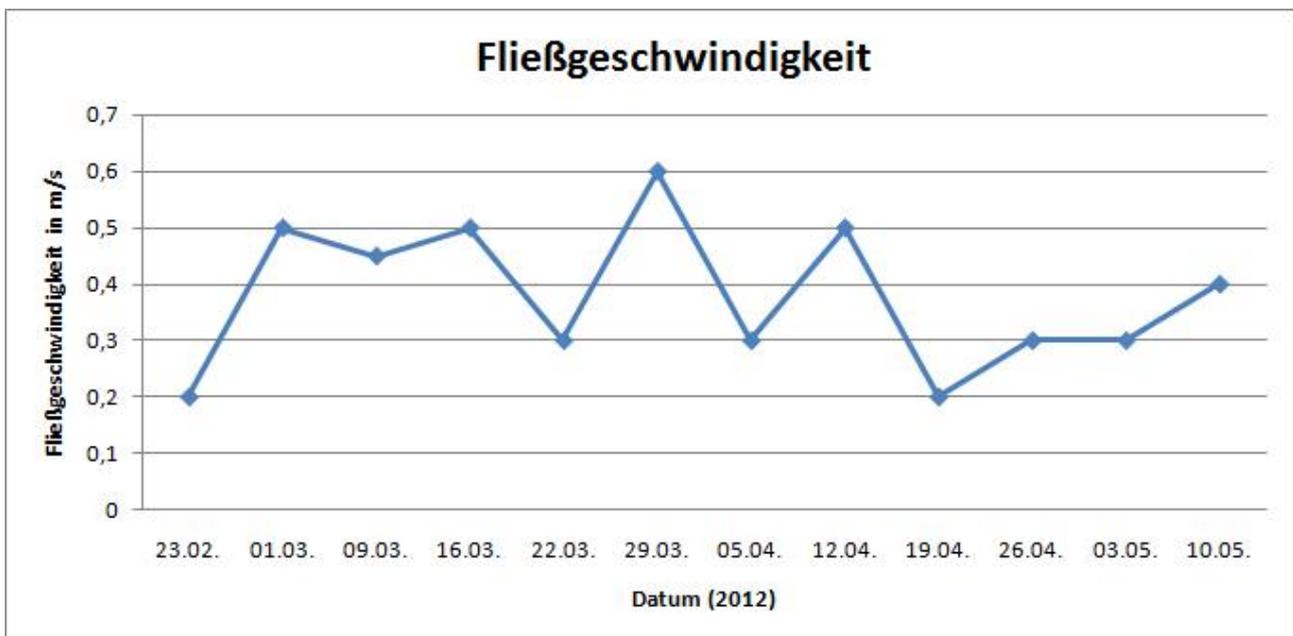
Am 23.02. betrug die Luftfeuchte 80% und stieg vom 01.03. (95%) bis zum 09.03. auf 97%. In der darauf folgenden Woche sank sie auf 53% und stieg bis zum 22.03. auf 55% und von da an beinahe konstant bis zum 05.04. auf 98%. Von dort sank sie bis zum 19.04. auf 57% und stieg wiederum bis zum 03.05. auf 80%. Am 10.05. betrug sie 76%. Der durchschnittliche Wert liegt bei ca. 70,42%. Die Luftfeuchte unterschreitet in der Messzeit den Wert von 53% nicht, dieses liegt vermutlich daran, dass die Messung direkt an einem Gewässer, dem Priorgaben, durchgeführt wurde und daher eine höhere Luftfeuchte herrscht. Außerdem steht die Luftfeuchte in Zusammenhang mit den Witterungsverhältnissen bzw. Lichtverhältnissen.



[7]

Auswertung

Vergleich man die Lichtverhältnisse bzw. Witterungsverhältnisse mit den Werten der Luftfeuchtigkeit, so sieht man, dass die Luftfeuchte stark von der Witterung abhängig ist. An den Tagen, an denen leichter Regen fiel, sind die Werte für die Luftfeuchte wesentlich höher als an den Tagen, an denen der Himmel nur leicht bewölkt oder sonnig war.



⁷ Wettersymbole: www.wetter.com, Ort Kolkwitz

3.3. Umbaumaßnahmen

Im Rahmen der Renaturierungsmaßnahmen wurde im Jahr 2004 die Durchgangsfähigkeit des Hirschen-Wehrs durch eine Umgehungsrinne mit Sohlgleite wiederhergestellt. Die freie, ans Ufer angrenzende Fläche und der „Trampelpfad“ wurden für die Herstellung einer solchen genutzt. Der Pfad wurde umgeleitet. In der Tabelle sind die Ausgangsdaten für die Bemessung der Sohlgleite dargestellt, im Anhang befindet sich die Entwurfsplanung):

Parameter		Einheit	gewählter Wert
			Sohlgleite B.
Mindestabfluss	Q_{\min}	m ³ /s	0,10
Höhendifferenz in der Gleite	H	m	0,70
Höhenunterschied d. Schwellen	Δh	m	0,10
Anzahl der erf. Schwellen	$H/\Delta h$	1	6+1
Länge der Sohlschwelle	l_{ges}	m	17,50
Beckenlänge	$l_{\text{b,}}$	m	2,50
Böschungsneigung	1 : n	1	2,00
Wassertiefe im Becken i.M.	$h_{\text{m,min}}$	m	0,40
Überfallhöhe bei Q_{\min}	$h_{\text{ü,min}}$	m	0,29
Überfallhöhe bei Q_{\max}	$h_{\text{ü,max}} (+h_{\text{ü,min}})$	m	0,19
Überfallbeiwert	μ	1	0,70
<i>abgerundete Steine</i>	0,6 - 0,8		
Abminderungsbeiwert	σ	1	1,00

[⁸]



Ausgangssituation

[⁹]



Einbau der Sohlgleite

[¹⁰]

⁸ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Vorhaben: Sanierung Hirschen-Teich in Kolkwitz; Entwurfsplanung Teil : Technische Berechnungen (S. 7)

⁹ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Fotodokumentation Sanierung Hirschen Teich in Kolkwitz

¹⁰ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Fotodokumentation Sanierung Hirschen Teich in Kolkwitz



Fertigstellung

[¹¹]



Heutige Situation

[¹²]

Im angrenzenden, ebenfalls durch den Priorgraben gespeisten Hirschen-Teich wurden zeitgleich Renaturierungsmaßnahmen durchgeführt, so erfolgten z.B. die Entschlammung und der Bau einer Insel. Im Vorfeld wurden verschiedene Messungen durchgeführt, z.B. wurden Bodenproben entnommen, aber auch das Wasser wurde geprüft um die Betonaggressivität zu ermitteln.

3.4. Fisch Kontrollen im gesamten Priorgraben und speziell im Hirschen-Wehr

In den Jahren 1998/99 wurden im Einzugsbereich 24 Arten und im gesamten Priorgraben 17, darunter Plötze, Hecht, Barsch, Regenbogenforelle (eher selten)...etc. (siehe Tabelle) gesichtet

Tab. 1: Artnachweise und Abundanzen der Fische im Priorgraben (NAKONZ 1998)

Befischungsstrecke	Anzahl / Fischart																gesamt	
	Aa	Pf	Ab	Lc	Gg	Abj	LI	El	Cc	Gc	Rr	Om	Se	Tt	Alb	Sl		An
Mündung - Babow (1. Wehr)	4	51	2	15	4		15	13	1	3	99			9		2		218
Babow - Brücke Krieschow-Vorwerk (2. Wehr)	8	89	1	4		1		9	1	19	107			3	1	1		244
Brücke Krieschow-Vorwerk - Feldmühle (3. Wehr)	1	87	15	28	1		2	22	1	21	197			3	1	2		359
Feldmühle - HSpL Klein Limberg		10	15	1				6		13	130		1			1		177
HSpL Klein Limberg - 150m uh Straße n. Klein Limberg		23	39	8				12		38	225				4			349
Plattenbrücke Klein Limberg - HSpL Rtg. Unterteich		13			6		9	4		73	113						1	219
HSpL Rtg. Unterteich - Glinzig-Oberteich	2	42	147	1	9	21	24	45		4	1191	1	1	4	2	1	15	1510
Glinzig-Oberteich - Südbahnhof Kolkwitz	1	40	58	3	5	2	30	22	6	1	273	1	1	1	5		3	450
Summe [n]	16	335	275	58	25	24	80	133	9	172	2335	2	3	20	13	7	19	3526
Relative Häufigkeit [%]	0,5	9,5	7,8	1,6	0,7	0,7	2,3	3,8	0,3	4,9	66,2	0,1	0,1	0,6	0,4	0,2	0,5	100,0

Aal (*Anguilla anguilla* = Aa); Barsch (*Perca fluviatilis* = Pf); Blei (*Abramis brama* = Ab); Döbel (*Leuciscus cephalus* = Lc); Gründling (*Gobio gobio* = Gg); Güster (*Abramis bjoerkna* = Abj); Hasel (*Leuciscus leuciscus* = LI); Hecht (*Esox lucius* = HI); Karpfen (*Cyprinus carpio* = Cc); Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus* = Gc); Plötze (*Rutilus rutilus* = Rr); Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss* = Or); Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus* = Se); Schleie (*Tinca tinca* = Tt); Ukelei (*Alburnus alburnus* = Alb); Zander (*Sander lucioperca* = Sl); Zwergwels (*Ameiurus nebulosus* = An)

[¹³]

¹¹ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Fotodokumentation Sanierung Hirschens Teich in Kolkwitz

¹² Foto: Frieda Böttcher

¹³ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Untersuchung der Funktionstüchtigkeit der Fischwanderhilfen an den Wehr-Standorten Hirschteich, Endbericht S. 12

Im Jahr 2006 wurden 14 Fischarten nachgewiesen, darunter zum ersten Mal die Äsche. Andere Arten waren z.B. Gründling, Plötze, Zwergwels und Barsch. Bachneunauge, Rotfeder, Regenbogenforellen und weitere konnten nicht nachgewiesen werden.

2008 (Anhang Abb. 8 und 9) wurden Kontrollen zur Durchgängigkeit der Baumaßnahmen vom 24.04. bis 28.05., täglich zwischen 9.⁰⁰ und 15.⁰⁰ Uhr, am Hirschen-Wehr und anderen Messstellen wie z.B. dem Wehr Babow durchgeführt. Die Reusen wurden im Oberwasser der Fischtreppe angelegt, im Hirschen-Wehr wurde aufgrund der niedrigen Wasserhöhe eine kleinere Größe verwendet. Die Gefangenen Fische wurden bestimmt, vermessen und gewogen und anschließend 100-200m unterhalb der Messstelle ausgesetzt. Zusätzlich wurde die Wassertemperatur, der Sauerstoffgehalt, der pH-Wert, die Oberwasserpegel und die Leitfähigkeit des Wassers ermittelt. Außerdem erfolgten Fließgeschwindigkeitsmessungen, um mögliche bauliche Fehler festzustellen. Die Aufstiegskontrollen am Wehr Hirschen-Teich ergaben 361 Individuen aus sieben verschiedenen Arten. Barsch und Zwergwels dominierten.

Tab. 12: Aufstiegszahlen der Fischarten am Wehr Hirschteich Kolkwitz (24.04.-28.05.2008)

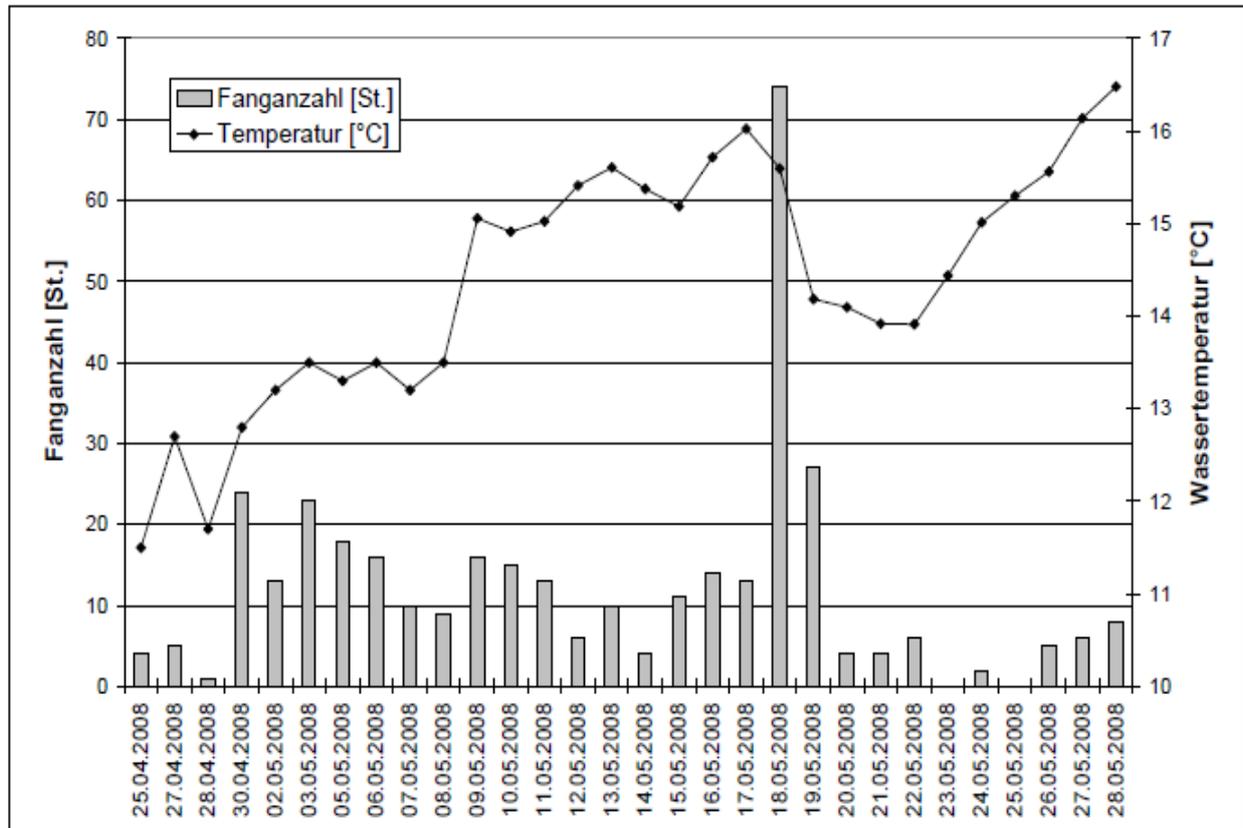
Datum	Aal	Barsch	Gründling	Plötze	Rotfeder	Sonnenbarsch	Zwergwels	Gesamtergebnis
25.04.2008		3					1	4
27.04.2008			1				4	5
28.04.2008							1	1
30.04.2008		1					23	24
02.05.2008							13	13
03.05.2008		2	3				18	23
05.05.2008		1		1			16	18
06.05.2008		1		1			14	16
07.05.2008							10	10
08.05.2008		1				1	7	9
09.05.2008		1					15	16
10.05.2008							15	15
11.05.2008					2		11	13
12.05.2008			1				5	6
13.05.2008		1					9	10
14.05.2008							4	4
15.05.2008		1					10	11
16.05.2008							14	14
17.05.2008							13	13
18.05.2008			1				73	74
19.05.2008							27	27
20.05.2008		1					3	4
21.05.2008							4	4
22.05.2008		1					5	6
23.05.2008								0
24.05.2008							2	2
25.05.2008								0
26.05.2008							5	5
27.05.2008	1	1		1			3	6
28.05.2008	1	1		1			5	8
Gesamtergebnis	2	16	6	4	2	1	330	361

[¹⁴]

¹⁴ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Untersuchung der Funktionstüchtigkeit der Fischwanderhilfen an den

„Ein Zusammenhang der Aufstiegszahlen zur Wassertemperatur war kaum erkennbar (vgl. Abb. 18). Wie in Abbildung 18 ersichtlich, lag der Beginn der Untersuchungen in der Phase des für Fließgewässer typischen Frühjahrstemperatursprungs und hätte somit temperaturabhängige Wanderungsaktivitäten liefern müssen.“¹⁵

Abb. 18: Aufstiegszahlen in Bezug zur Wassertemperatur am Wehr Hirschteich (24.04.-28.05.2008)



[¹⁶]

„Im Untersuchungszeitraum betragen die Sauerstoffkonzentrationen 5,3...10,4 mg/l (im Mittel 7,6 mg/l), die pH-Werte 5,1...7,6 (im Mittel 6,8) und die Leitfähigkeitswerte 732...888 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ (im Mittel 804 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$). Sauerstoffgehalt und pH-Wert wiesen auch an diesem Standort stärkere Schwankungen auf. Beide Parameter erreichten zeitweise fischphysiologisch kritische Werte von $< 6,0$ mg/l (Sauerstoff) bzw. < 6 (pH-Wert). Der Leitfähigkeitswert war erneut relativ hoch. Eine Pegeldifferenz zwischen Oberwasser und Unterwasser konnte nicht erfasst werden, da das Unterwasser über keinen Messpunkt verfügt. Der Oberpegel schwankte im Untersuchungszeitraum zwischen 4,86 und 4,90 m (im Mittel 4,88 m).“¹⁷

In der Auswertung der Bestandserfassungen dominierten Barsch und Plötze. Rheophile (strömungsliebende) Arten, wie Grünling, Döbel und Hasel wurden vermehrt nachgewiesen. Die Anzahl der gefangenen Jungfische deutet auf eine direkte Vermehrung im Priorgraben.

Wehr-Standorten Hirschteich,[...], Endbericht S. 24

¹⁵ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Untersuchung der Funktionstüchtigkeit der Fischwanderhilfen an den Wehr-Standorten Hirschteich,[...], Endbericht S. 24

¹⁶ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Untersuchung der Funktionstüchtigkeit der Fischwanderhilfen an den Wehr-Standorten Hirschteich,[...], Endbericht S. 25

¹⁷ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Untersuchung der Funktionstüchtigkeit der Fischwanderhilfen an den Wehr-Standorten Hirschteich,[...], Endbericht S. 26

„Die partiell verbesserte ökologische Durchgängigkeit des Priorgrabens scheint sich somit bereits positiv auf die gewässertypischen (rheophilen) Fischarten auszuwirken.“¹⁸

Barsch und Plötze dominierten auch bei den Aufstiegskontrollen, außer im Wehr Hirschen-Teich (Zwergwels) und Rohrdurchlass I (Gründling). Bachneunauge, Giebel, Schmerle...erwiesen sich als fehlend (wenige Individuen im Koselmühlenfließ nachgewiesen). Gesamt kann gesagt werden, dass nur wenige Individuen rheophiler Arten nachgewiesen werden konnten. Diese Defizite sind jedoch durch die unterschiedlichen Laich- und Wanderungszeiten erklärbar. Besonders ist der Nachweis der Barbe, des Moderlieschens und des Welses, aber auch des allochthonen (gebietsfremden) Sonnenbarschs.

Bei der Auswertung der baulichen Maßnahmen wurden am Wehr Hirschen-Teich Probleme bei der geringen Wassertiefe (< 50cm) der Umgehungsrinne festgestellt, da insbesondere große Fische flache Stellen meiden, dieses könnte Wanderungsaktivitäten beeinflussen. Das Wehr Hirschen-Teich wurde als „**bedingt funktionstüchtig**“ (d.h. „eine Passierbarkeit ist prinzipiell gegeben, es existieren aber Einschränkungen infolge der FWH-Lage am Hindernis; der hydraulischen Bedingungen; falscher Dimensionierungen; zeitlicher, wasserstands- oder abflussbezogener Abhängigkeiten; fehlender Betreuung o. ä.“¹⁹) und **Bewertungsstufe „mäßig“** (d.h. „Technische Parameter: Abweichung von den Grenz-Werten um bis zu 25 %; Biologische Parameter: Geringfügige Defizite biologischer Parameter; Funktionsfähigkeit: Geringfügige Einschränkungen von Auffindbarkeit und / oder Passierbarkeit“²⁰) eingestuft, da, wie oben beschrieben, die Gefahr einer Größenselektion besteht, die Passierbarkeit für Mikroorganismen jedoch durch die naturnahe Gestaltung problemlos gegeben sein sollte.

„Mittelfristig kann für die bestehende Anlage gleichfalls eine positive ökologische Wirkung auf die Fischfauna bestätigt werden, da einerseits den rheophilen Arten weitere Laichhabitats im Oberwasser erschlossen werden und andererseits auch die passierenden präadulten Fische nach Eintritt ihrer Geschlechtsreife zur allgemeinen Verbesserung der Reproduktion im jeweiligen Oberwasser beitragen können.“²¹

Tab. 26: Zusammengefasste Ergebnisse der Aufstiegskontrollen im Priorgraben (24.04.-28.05.2008)

	Sohlrampe Babow	Beckenpass Milkersdorf	Beckenpass Polythanwehr	Umgehungsgerinne Hirschteich	RDL Cottbus
Fischartenzahl	7	9	13	7	10
Individuenzahl	186	70	330	361	121
Kontrolltage	10	34	28	34	34
Kleinste Längen	6 cm	8 cm	5 cm	5 cm	7 (10) cm
Größte Längen (ohne Aal)	27 cm	24 (40) cm	38 (40) cm	23 cm	40 cm
Funktion	mäßig	unbefriedigend	unbefriedigend	mäßig	eingeschränkt
Hauptdefizite	Tiefe Gefälleabbau	Dimension Leitströmung	Dimension Leitströmung	Dotation Tiefe Gefälleabbau	Strömung Substrat

[²²]

Im Jahr 2012 wurden seit langer Zeit wieder Bachneunaugen entdeckt. Diese Fische stehen auf der Roten Liste gefährdeter Arten. Der Nachweis solcher Fische im Priorgraben spricht für den Nutzen der Renaturierungsmaßnahmen.

¹⁸ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Untersuchung der Funktionstüchtigkeit der Fischwanderhilfen an den Wehr-Standorten Hirschteich, [...], Endbericht S. 43

¹⁹ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Untersuchung der Funktionstüchtigkeit der Fischwanderhilfen an den Wehr-Standorten Hirschteich, [...], Endbericht S. 49

²⁰ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Untersuchung der Funktionstüchtigkeit der Fischwanderhilfen an den Wehr-Standorten Hirschteich, [...], Endbericht S. 49

²¹ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Untersuchung der Funktionstüchtigkeit der Fischwanderhilfen an den Wehr-Standorten Hirschteich, [...], Endbericht S. 53

²² Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Untersuchung der Funktionstüchtigkeit der Fischwanderhilfen an den Wehr-Standorten Hirschteich, [...], Endbericht S. 59

4. Beobachtete Tier- und Pflanzenarten

4.1. Zusammenfassung aller Tiere und Pflanzen

Tiere	Pflanzen
Hummel	Sumpfdotterblume
Stockente	Schöllkraut
Fischreiher	Löwenzahn
Amsel	Große Brennnessel
Wasserläufer	Großer Sauerampfer
Nebelkrähe	Gemeiner Huflattich
Eichelhäher	Wald-Primel
Siebenpunkt-Marienkäfer	Wasser-Schwertlilie
Schnake	Kriechender Hahnenfuß
Graugans	Gewöhnliche Teichbinse
Fledermaus	Efeu-Gundermann
Tagpfauenauge	Gemeine Quecke
Gemeine Schmeißfliege	Pfennigkraut
Schwarzgraue Wegameise	Efeu
Spitzhornschnecke	Weißbirke
Wolfspinne	Trauerweide
Weberknecht	Erle
Listspinne	Rotbuche
Blaumeise	Esche
Kohlmeise	Giersch
Eintagsfliege (Art nicht feststellbar)	Esskastanie
kleine Fische (Art nicht feststellbar)	Schwarz-Erle
Kleinkrebse	Feldehrenpreis
Blaulügel-Prachtlibelle	Vogelwicke
Ringeltaube	Gemeiner Wurmfarne
Hauskatze	Ackerschachtelhalm

Die Große Brennnessel, das Schöllkraut, der Löwenzahn, der Giersch und die gemeine Quecke sind ausgesprochene Stickstoffzeiger. Die Erde des Ufers ist folglich reich an Stickstoff. Huflattich und Löwenzahn als Kalkanzeiger weisen auf einen hohen Kalkgehalt des Bodens, Brennnessel, Löwenzahn und Kriechender Hahnenfuß auf einen feuchten und verdichteten und Kriechender Hahnenfuß und Huflattich auf einen staunassen Boden.

Die Flechte als Beispiel für eine Symbiose (Pilz und Alge) wurde auf der Holzbrücke festgestellt. (Bilder Anhang Abb. 10-12)

4.2. Die Stockente

(Charakterisierung anhand dreier Quellen)



Stockenten (v.l. Ente und Erpel) ^[23]

Quelle	Das große Naturlexikon Tiere von Jana Horáčková und Kollektiv, „Edition DÖRFLER“ im NEBEL VERLAG GmbH, Utting 2002 (S. 74)	Zugvögel, Text von Dr. Vladimír Bejček, illustriert von Pavel Dvorský, 1988 Artia-Verlag, Prag (S.48/49)	http://de.wikipedia.org/wiki/Stockente
Lat. Name	Anas platyrhynchos L.	Anas platyrhynchos	Anas platyrhynchos
Familie		Entenvögel (Anatidae)	Entenvögel (Anatidae)
Verbreitung	ganz Europa, als Strand- oder Strichvogel	fast die gesamte nördliche Halbkugel	auf der ganzen Nordhalbkugel, von Europa über Asien bis nach Nordamerika
Biotop	stehende Gewässer, Flüsse, Städte	fließende und stehende Gewässer aller Art, städtische Populationen	auf Seen, in Teichen, Binnengewässern, Bergseen, auch in kleinen Wald- und Wiesengräben
Größe	♂ 57cm, ♀ 49cm		bis zu 58 Zentimeter lang, Flügelspannweite bis zu 95 Zentimeter
Ruf	♂ pfeifendes „Fihb“ oder „Räb räb“, ♀ „Quakquakquakquak“	♂ verschiedene gedämpfte und heisere Laute, ♀ „Quakquakquak“	♂ „rääb-räb-räb-räb“ ♀ „wak wak wak“ „wäk wäk wäk“
Kennzeichen (♂)	auffallender Geschlechtsdimorphismus, Ruhekleid des Männchen ähnelt dem des Weibchen	metallisch grüner Kopf und weißer Halsring	Prachtkleid grau mit brauner Brust, bräunlichem Rücken und schwarzen Ober- und Unterschwanzdecken Kopf metallisch grün mit

²³ <http://www.jagd-weilheim.de/media/images/pics/stockente.jpg>

			weißem Halstring, Schnabel grün-gelb metallisch blaues, weiß gesäumtes Band, der Flügelspiegel
Kennzeichen (♀)		braun mit dunklen Flecken, blauer Spiegel schwarz-weiß umrahmt	braun-grau gesprenkelte Färbung (→gute Tarnung) blauer Flügelspiegel, der dem des Männchens entspricht
Nahrungssuche	vor allem nach Eintritt der Dämmerung		tauchen keine längeren Strecken, gründeln mit senkrecht aus dem Wasser ragendem Bürzel suchen unter ihnen liegenden Gewässerboden nach Essbarem bis zu einer Tiefe von etwa einem halben Meter ab
Nahrung	Samen, Trieben, Gras, Insekten, Würmer, Futter von Wasseroberfläche z.B. Wasserlinsen	Kleintiere, Pflanzen, Samen	Sämereien, Früchte, grüne Wasser-, Ufer- und Landpflanzen, auch Weichtiere, Larven, kleine Krebse, Kaulquappen, Laich, kleine Fische, Frösche, Würmer und Schnecken
Winterquartier	Population aus dem hohen Norden sind Zugvögel → überwintern in Mittel- und Westeuropa oder im Mittelmeergebiet	Äthiopien, Kenia, Uganda, Nordafrika, Arabische Halbinsel, Vorderasien, England (Wildenten aus Finnland, Skandinavien, Russland, den Niederlanden, Deutschland, Polen und Island), in Europa nur teilweise Zugvogel	Vertreter (Ost- und Nordeuropa) – Zugvögel, wandern ab Oktober Vertreter (West- und Südeuropa) – Standvögel Vertreter (Mitteleuropa) – kürzere Wanderungen
Zugzeit	Rückkehr zu den Niststätten Ende Februar bis Anfang März in Paaren	Februar bis März und August bis November, Rückkehr in Paaren zu den Brutstätten	
Wanderform		überwiegend Teilzieher	
Balz	Frühjahr, Partner umschwimmen einander, Männchen neigt Schnabel und plustert das Gefieder auf, macht zuckende Bewegungen mit dem		Hintereinander- und Nebeneinanderherschwimme n jährliche Partnersuche (Januar bis Februar), gemeinsame Nistplatzsuche

	Schwanz, nickt mit dem Kopf und taucht den Schnabel ins Wasser		an Uferböschung
Nestbau	Nestbau erfolgt allein durch das Weibchen, Nest auf Boden liegend (auch auf Bäumen, mgl. weite Entfernung vom Wasser, Bestandteile: Laub, Halme, kleine Zweige (Aufpolsterung), bedeckt mit Daunenfedern	Nest überwiegend in der Ebene (in der Nähe warmer Gewässer und genügend Nahrung)	einfache, flache Mulde, die vom Weibchen in das Gras oder den feuchten Untergrund gedrückt wird
Brutareal		fast die gesamte nördliche Hemisphäre	
Brutzeit	22-26 Tage	März bis April	
Eierablage	9-13 Eier, Eiergröße: 50-65,0mm x 37,0-45,8mm		Weibchen brüten einmal im Jahr ein Gelege von 7 bis 16 Eiern 25 bis 28 Tage lang aus
Brutpflege	sobald die geschlüpften Jungen trocken sind führt sie die Mutter aufs Wasser		Prägung – Küken laufen demjenigen nach, den sie zuerst erblicken (Mutter) entscheidender Bestandteil des Fortpflanzungszyklus
Flug		keine Formation, Fluggeschwindigkeit bis 100km/h	maximal 110 Kilometer pro Stunde
Einfluss durch den Mensch		Jagt durch den Menschen wegen des Fleisches (v.a. Während des Herbstzuges), Züchtung von Fleisch- und Eier liefernder Hausrassen	

Eigene Beobachtung:

Am 16.03.12 wurde am Ende der Umgehungsrinne ein Stockentenpärchen beobachtet. Übereinstimmungen im Punkt Biotop bestehen mit allen drei Quellen, überall ist der Lebensraum „fließende Gewässer“ bzw. „Wald- und Wiesengraben“ angegeben. Die Größe der beiden Vögel wurde aufgrund der Entfernung auf ca. 40-50cm geschätzt, dieses stimmt in etwa mit der ersten und dritten Quelle überein (in der zweiten keine Angabe). Das Weibchen wies ein braunes Gefieder, mit einem blauen Streifen am Flügel auf (Übereinstimmung mit 2. und 3. Quelle, 1. keine Angabe), der Erpel grau-braunes mit einem grün schillernden Kopf mit weißem Halsring und ebenfalls einem blauen Streifen auf dem Flügel (Übereinstimmung mit allen drei Quellen, 3. ist jedoch die genaueste/detailreichste). Weiterhin konnte beobachtet werden, wie die Stockenten zwischen den Wasserlilien gründelten (3. Quelle).

4.3. Die Sumpfdotterblume (Charakterisierung anhand dreier Quellen)



Sumpfdotterblume Priorgraben [24]

Quelle	Was blüht denn da? Wildwachsende Blütenpflanzen Mitteleuropas, D. Aichele/M. Golte- Bechtle, Franckh-Kosmos Verlag (S. 182/183)	Wegweiser durch die Natur Die Tiere und Pflanzen Mitteleuropas, (S. 60)	http://www.naturlexikon.com/Texte/MZ/002/00175-Sumpfdotterblume/MZ00175-Sumpfdotterblume.html
Lat. Name	<i>Cáltha páustris</i>	<i>Caltha palustris</i>	<i>Caltha palustris</i> L.
Familie	Hahnenfußgewächse (Ranunculáceae)		Hahnenfußgewächse (Ranunculaceae)
Verbreitung	in Mitteleuropa häufig, im Tiefland selten	Mitteleuropa	bis auf einige Gebiete in Südeuropa, in ganz Europa, im nördlichen Asien und Nordamerika heimisch
Standort	nasse Wiesen, Gräben, Ufer, Quellfluren, Riedgrasbestände, Bruch- und Auwälder, liebt nährstoffreiche, grundwasserfeuchte Böden, erträgt auch gelegentlich Überflutung	Feuchte Wiesen, Bäche, Gräben, sumpfige Erlenbruchwälder	Bachränder und Auenwälder, auch Quellflure, Bauchauen und Sumpfgelände; bevorzugt nährstoffreiche oder grundwasserfeuchte, humose Lehm- und Tonböden; Zeigerpflanze für Feuchtigkeit
Blüten	5 große, dottergelbe Kelchblätter, Durchmesser bis 4cm, fettiger Glanz der Blüte,	Dottergelb/goldgelb, 5-7 gleiche Kronblätter, enthält bis zu 100 Staubblätter, weiblicher Blütenteil	5-zipflig, 5 dottergelben Hüllblätter sind an Unterseite leicht gekerbt und etwas grünlich gefärbt;

²⁴ Foto: Privat Frieda Böttcher

	sonder reichlich Nektar ab	bestehend aus 5-8 mit einem kurzen Griffel versehenen Fruchtknoten, Besuch durch zahlreiche Insekten wegen des Blütenstaubs und Nektars	Staubblätter stehen eng an den 3 – 8 Fruchtknoten; Blüten Ø fast 4 cm
Samen	können auf dem Wasser schwimmen und so verbreitet werden	Entstehung mehrsamiger Balgfrüchte nach der Befruchtung	knapp 3 mm lang, aufgrund Luftkammern schwimmfähig, auch durch Wasservögel verbreitet
Blütezeit	März-Juni	März-Juni	zwischen Ende März bis Juni
Sprossachse	hohl, liegend bis aufsteigend		lange, bogige bis aufrechte Sprossachse (saftig und innen hohl)
Blätter	nierenförmig, fein gekerbt, langstielig, obere sitzend und mit deutlichen, krautigen Scheiden, rinnige Blattstiele	grundständige Blätter herzförmig, lang gestielt, dunkelgrün und glänzend	große herz- bis nierenförmige, stumpfe und langgestielte, dunkelgrüne Blätter (bis zu 20 cm wechselständig angeordnet)
Wuchshöhe	15-50cm	20-60cm	15 – 50 cm, je nach Standortbedingungen
Lebensdauer	ausdauernde Pflanze		ausdauernde, mehrjährige Pflanze
Giftigkeit	schwach giftig, daher keine Verwendung im Wildsalat bzw. der Knospen als Kapernersatz		schwach giftig; früher als Kapernersatz verwendet; heute Einsatz in der Homöopathie bei Hautbeschwerden oder Menstruationsstörungen
Geschmack	scharf, aufgrund des Protoanemoningehaltes		
Weiteres	mehrere, schwer unterscheidbare Unterarten		steht in einigen Bundesländern bereits unter Naturschutz; Verzehr des Krautes löst schnell Erbrechen, Durchfall und Magenbeschwerden aus

Eigene Beobachtungen:

Am 12. Mai wurde eine Sumpfdotterblume am Rand der Umgehungsrinne des Priorgrabens am Hirschen-Wehr beobachtet (siehe Bild Seite 20). Die Pflanze ist ca. 40 cm hoch (Übereinstimmung mit allen drei Quellen). Die 17 dottergelben Blüten weisen jeweils fünf gleichgroße Kronblätter auf (Übereinstimmung mit allen drei Quellen). Die Blüten selbst sind im Durchschnitt ca. 3-4 cm breit

(Quelle 1 und 3). Die Sprossachse ist dick und fleischig, wurde jedoch nicht auf einen im Inneren liegenden Hohlraum untersucht. Die Blätter sind dunkelgrün gefärbt (Quelle 2 und 3), nieren- bzw. herzförmig (alle drei Quellen) und besitzen eine langen Stiel (alle drei Quellen).

5. Veränderungen biotischer Umweltfaktoren in Abhängigkeit abiotischer

5.1. Definition

„Biotische Umweltfaktoren sind alle Einwirkungen auf einen Organismus, die von anderen Lebewesen ausgehen. Sie können innerhalb einer Art (intraspezifisch) und zwischen verschiedenen Arten (interspezifisch) auftreten.“²⁵

„Abiotische Umweltfaktoren sind Faktoren der nicht lebenden Umwelt, die auf ein Lebewesen einwirken, z.B. Klima- und Bodenfaktoren. Sie beeinflussen den Stoff- und Energiewechsel, die Entwicklungsvorgänge sowie die Verhaltensreaktionen von Organismen.“²⁶

Für eine Gewässer besonders bedeutsame abiotische Umweltfaktoren sind: Strömung (Fließgeschwindigkeit), Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt des Wassers, aber auch Licht & pH-Wert beeinflussen die biotischen Umweltfaktoren.

5.2. Das Wasser

5.2.1. Eigenschaften des Wassers

70% unseres Planeten ist mit Wasser bedeckt. Ohne Wasser würde es kein Leben geben – es ist Lebensraum, Quellmittel, Transportmittel, Lösemittel, aber es hält auch den Turgor (Zellinnenwanddruck) aufrecht, reguliert die Temperatur und ist an vielen biochemischen Reaktionen beteiligt. Folgendes beleuchtet die chemischen Eigenschaften des Wassers und die Bedeutung für Ökosysteme.

Völlig reines Wasser ist auch im chemischen Labor nur sehr schwer herzustellen. In der Natur kommt es nirgends vor, denn es enthält immer gelöste Stoffe. In den Niederschlägen ist neben gelöstem Sauerstoff (O₂), Kohlenstoffdioxid (CO₂) enthalten, sowie geringe Mengen Ammonium-Nitrat und Ammonium-Nitrit (NH₄ NO₃, NH₄ NO₂) und Spuren von Natrium-Chlorid (NaCl). Fast reines Wasser enthält man durch zweifache Destillation. Es zeigt in 5 m dicker Schicht eine rein himmelblaue Farbe.

Das Wasser ist in reinstem Zustand eine klare-, farblose-, geruch- und geschmackslose Flüssigkeit. Durch den Schmelz- und Siedepunkt des Wassers bei 1013 mbar ist die Celsius-Temperaturskala festgelegt. Seine größte Dichte hat es bei 4°C (Anomalie des Wassers).

Temperatur [°C]	Dichte [g/ml]
0 (Eis)	0,91680
0 (Wasser)	0,99982
4	1,00000
5	0,99999
10	0,99973
18	0,99862

²⁵ http://artikel.schuelerlexikon.de/Biologie/Biotische_Umweltfaktoren.htm

²⁶ http://artikel.schuelerlexikon.de/Biologie/Abiotische_Umweltfaktoren.htm

20	0,99823
25	0,99707

Diese so genannte Dichteanomalie des Wassers hat wichtige Folgen für alle Ökosysteme:

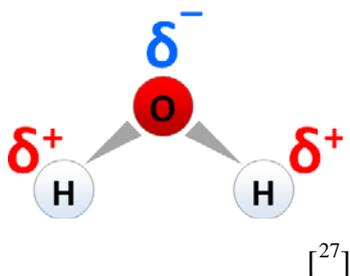
- ⤴ Eis ist leichter und schwimmt auf Wasser. Die Gewässer frieren von oben her zu, während in größeren Tiefen des ganzen Winter über eine stabile Wasserschicht von 4°C liegt, welche das Überleben der Wassertiere sichert.
- ⤴ Beim Gefrieren dehnt sich Wasser um $\frac{1}{11}$ seines Volumens aus. Felsen und Gesteine werden gesprengt, wenn das in feine Ritzen eingedrungene Wasser im Winter gefriert. Das ist ungeheuer wichtig für die Bodenneubildung und Bodendurchlüftung.

Die meisten der ungewöhnlichen Eigenschaften des Wassers lassen sich auf seine molekulare Struktur zurückführen.

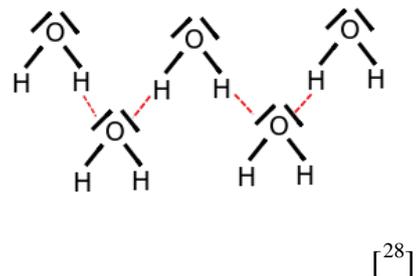
Im Wassermolekül stehen die beiden Wasserstoffatome in einem Winkel von 105 °C zueinander. Da das Sauerstoffatom aufgrund seiner stärker wirksamen Kernkräfte des Bindungselektronenpaare stärker anziehen kann als die beiden Wasserstoffatome, bilden sich dort, zusammen mit den beiden freien Elektronenpaaren, negative Ladungsschwerpunkte (-), während sich an den Wasserstoffatomen positive Ladungsschwerpunkte (+) ausbilden.

Das Wassermolekül ist wegen dieser unterschiedlichen Ladungsverteilung polar, es ist ein Dipol mit tetraedrischer Raumstruktur. Die beiden Wasserstoffatome, sowie die beiden freien Elektronenpaare sind jeweils in die Ecken eines Tetraeders gerichtet.

Dipolcharakter des Wassermoleküls:



Wasserstoffbrückenbindungen:



Aus dem Dipolcharakter ergeben sich eine Reihe äußerst wichtiger Funktionen des Wassers in der Natur:

- ⤴ Die Wassermoleküle können, unter Ausbildung von Wasserstoff-Brückenbindungen, Molekül-Aggregate bilden (Cluster).
- ⤴ Je tiefer die Temperatur, desto größer ist die Zahl der Wassermoleküle pro Cluster. 4°C kaltes Wasser ist deshalb nur dichter, sondern auch weniger leicht beweglich als 20°C warmes Wasser.
- ⤴ Die polaren Moleküle des Wassers können die positiv und negativ geladenen Teilchen (Kationen und Anionen) von Salzen, Säuren und Basen umhüllen (Hydrathülle) und in Lösung bringen. Bodensalze werden auf diese Weise immer von Oberflächenwasser gelöst und verfrachtet.
- ⤴ Indem sich Wassermoleküle an polare Gruppen anderer Moleküle anlagern, können sie auch

²⁷ <http://www.bs-wiki.de/mediawiki/images/Wasser-Dipol.png>

²⁸ <http://upload.wikimedia.org/wikibooks/de/thumb/6/66/Wasserstoffbr%C3%BCckenbindung.svg/319px-Wasserstoffbr%C3%BCckenbindung.svg.png>

Stoffe in Lösung bringen, welche nicht aus Ionen aufgebaut sind (z.B. Zucker u.a.). Das ist von großer Wichtigkeit für den interzellulären Transport.

- ▲ Unpolare Moleküle wie die von Sauerstoff (O₂) und Stickstoff (N₂) werden von Wassermolekülen polarisiert. Sie werden dadurch selbst zu schwachen Dipolen und können sich in Wasser lösen.

Zahl der H₂O-Moleküle pro Aggregat (Cluster) in Abhängigkeit von der Wassertemperatur

Temperatur	10°C	20°C	30°C	40°C
H ₂ O-Moleküle pro Cluster	49	38	30	24

Von großer Bedeutung für das Leben im Wasser ist die Löslichkeit von Sauerstoff, aber auch Kohlenstoffdioxid. Die Löslichkeit beider Gase im Wasser ist druck- und temperaturabhängig und kann daher bestimmte Sättigungswerte nicht überschreiten.

Gas-Sättigungswerte [mg/l] in Wasser unter Normaldruckbedingungen

Gas	0°C	10°C	20°C	30°C
O ₂	14,1	10,9	8,8	7,5
CO ₂	1,0	0,7	0,6	0,4
N ₂	22,4	17,5	14,2	11,9

5.2.2. Das Wasser als abiotischer Umweltfaktor

Im Zuge der Evolution haben sich die Lebewesen an ihren Lebensraum angepasst, so auch die Wasserlebewesen. Fische verfügen über Kiemen um den lebensnotwendigen Sauerstoff direkt aus dem Wasser filtern zu können und nicht wie einige im Wasser lebende Säuger (z.B. Wale) an die Oberfläche schwimmen müssen um zu atmen. Auch verfügen sie über Flossen, mit den denen sie sich im Wasser fortbewegen, eine stromlinienförmige Körperform verringert dabei den Wasserwiderstand. Die mit Schleimhaut bedeckten Schuppen tragen ebenfalls zur Reibungsverminderung bei, auch schützen sie den Fisch vor Angriffen der Räuber und Krankheitserregern. Die Färbung der Fische wird durch die in der Lederhaut (unter den Schuppen) bestimmt, in der sich Farbzellen befinden. So sind die Fische an ihre Umwelt angepasst. Die Fische unserer Breiten z.B. Karpfen und Hecht sind mit Braun- und Grüntönen gut in ihrer Umgebung vor Räubern und als Räuber gut getarnt. Es gibt jedoch auch einige Fischarten, die keine Schuppen, dafür aber eine dicke Schleimhaut besitzen.

Süßwasser- (und auch Salzwasserfische) haben sich speziell an die Konzentration, der sie umgebenden Flüssigkeiten, angepasst. Da der osmotische Wert der Körper- bzw. Zellflüssigkeit von Süßwasserfischen größer ist als der der Umgebung (die Umgebung ist hypotonisch, d.h. geringer konzentriert als das Innere des Fisches), wird eine Osmoregulation notwendig, da ständig Wasser in den Fisch „strömt“. Dieser muss nun sparsam mit den Salzen umgehen, daher besitzen Süßwasserfische leistungsfähige Einrichtungen zur Wasserausscheidung, z.B. in Form von verdünntem Harn, indem sie auf diese Weise die Salze zurückgewinnen. Dennoch erfolgt zusätzlich ein aktiver Transport von Na⁺ und Cl⁻ in das Körperinnere.

Bei den Insekten gibt es andere interessante Anpassungen, wie z.B. beim Wasserläufer. Dieser lebt nicht im sondern eher auf dem Wasser. Über seine sechs Beine verteilt er sein Gewicht gleichmäßig auf der Wasseroberfläche. Kleine Härchen an diesen verhindern, dass er nass wird und halten ihn

über dem Wasser. Das letzte Beinpaar ist für die Bewegungssteuerung, das mittlere für den „Antrieb“ und das erste für den Fang von Nahrung zuständig. Würde man ein wenig Spülmittel ins Wasser geben, würde der Wasserläufer untergehen und ertrinken, da die Oberflächenspannung des Wassers, die er nutzt, gebrochen wäre.

Auch Vögel, die auf dem Wasser leben, wie die bereits oben genannte Stockente, besitzen Schwimmhäute zwischen den Zehen um sich durchs Wasser paddeln zu können, sowie breite Körper, die für den notwendigen Auftrieb sorgen. Lange Hälse wie z.B. bei Schwan und Graugans erleichtern die Nahrungssuche unter Wasser. Eine Drüse am Unterteil des Schwanzes sondert ein Sekret ab, das die Vögel mit dem Schnabel über ihr dichtes Gefieder verteilen und es einölen und somit wasserabweisend machen.

Pflanzen haben sich an ihren Standort und speziell an die Nähe zu Wasser angepasst. Generell lässt sich sagen, dass die meisten Pflanzen bestimmte Grundorgane wie Wurzel, Sprossachse und Blätter aufweisen, die jedoch an den jeweiligen Lebensraum angepasst sind (jedoch nicht Algen und Moose). Man unterscheidet diese in Hydrophyten, Hygrophyten, Mesophyten, Xerophyten und Sukkulente, d.h. Wasser-, Feuchtpflanzen, Pflanzen gemäßigter Standorte und Trockenpflanzen. Die in Gewässern vorkommenden Wasserpflanzen können sich sowohl komplett unter aber auch teils über Wasser befinden. So besitzen einige Arten (z.B. Seerosen) Schwimmblätter mit großen Interzellulären. Die Spaltöffnungen befinden sich, wenn vorhanden, auf der Blattoberseite. Die Unterwasserblätter sind zumeist feinzipflig und bestehen aus dünnwandigen Zellen. Kutikula und Spaltöffnungen fehlen ebenso wie z.B. Härchen. Meist nehmen sie über die gesamte Oberfläche Mineralstoffe in gelöster Form, sowie CO₂, für die Fotosynthese, auf.

5.3. Strömung

Die Strömung ist in den verschiedenen Abschnitten eines Fließgewässers unterschiedlich. So kann sie im Oberlauf bei starkem Gefälle einen deutlich höheren Wert annehmen als im Unterlauf. An Bereichen mit großer Strömung befinden sich nur Steine und Kiesel auf dem Grund, in Bereichen mit wenig Strömung können sich feinere Bestandteile absetzen, im Unterlauf Sand und Schlack.

Die Wasserpflanzen sind diesem Faktor durch ihre besondere Blattform angepasst. Um Verletzungen durch Abriss von Pflanzenteilen, oder Wegspülen der gesamten Pflanze durch starke Strömung zu verhindern, sind viele Pflanzen von schmalen, elastischem Bau, so bieten sie dem Wasser keine Angriffsfläche, zudem bilden sie starke, tief reichende Wurzeln, die für die nötige Verankerung sorgen. Auch die Fortpflanzung ist gewährleistet. Statt über Samen vermehren sich die meisten Wasserpflanzen ungeschlechtlich, indem sich abgetrennte Stücke der Sprossachse in z.B. Gehölzen verfangen und dort zu einer neuen Pflanze gedeihen. In strömungsschwachen Bereichen können die Pflanzen jedoch Blüten bilden (Seerosen...) und sich über Samen verbreiten.

Auch die Fauna hat sich auf unterschiedliche Weise den Strömungsverhältnissen angepasst. Die meisten Fische besitzen einen stromlinienförmigen (z.B. die Bachforelle) Körper, der den Wasserwiderstand verringert oder einen abgeplatteten (z.B. die Groppe), der den Aufenthalt am Grund ermöglicht. Viele Fische nutzen Ruhestellen im Uferbereich hinter Pflanzen und Steinen oder auf dem Grund. Trotz aller Anpassungen werden einige Tiere das Gewässer „herunter gespült“. Um diese Verdrängung wieder auszugleichen wandern die Fische zum Laichen in die oberen Regionen eines Fließgewässers oder in ein Nebengewässer und legen dort ihre Eier ab.

Aber auch die Mikroorganismen haben sich an ihre Umwelt angepasst. So verfügen einige ebenfalls wie Fische, über eine stromlinienförmige Körperform (z.B. Strudelwurm), andere (Schnecken)

kleben bzw. saugen sich durch ihre schleimbehaftete Sohle an Steinen oder Pflanzen fest. Köcherfliegen umgeben sich mit Ballast (kleine Steinchen), um das Körpergewicht zu erhöhen und somit ein „Wegrollen“ zu verhindern. Der Flohkrebs wiederum sucht sich Verstecke unter Steinen und Pflanzen, an denen die Strömung geringer ist. Allgemein kann man sagen, dass sich die meisten dieser Kleinstlebewesen in Nähe des Bodens oder Ufer bewegen, um nicht von der Strömung mitgerissen zu werden. Aber nicht nur der Aufenthaltsort, sondern auch die Nahrungsaufnahme wurde optimiert, so besitzen z.B. Kriebelmückenlarven aufgefächerte Fühler, die oberhalb der Mundöffnung sitzen und die Nahrung in diese führen.

5.4. Wassertemperatur

Allgemein kann man sagen, dass die Wassertemperaturen in Fließgewässern von der Quelle her abnehmen, d.h. an der Quelle sind die Wassertemperaturen am niedrigsten und steigen mit der Länge des Gewässers.

Dadurch, dass der Priorgraben jedoch ein relativ kurzes (20km) und flaches (\emptyset 0,5 – 1m) Fließgewässer ist, erwärmt sich das Wasser relativ schnell und gleicht sich der Außentemperatur an, z.B. am 03.05.12 (Außentemperatur: 20°C, Wassertemperatur oben und unten: 18°C), erreicht sie jedoch nicht. Eine Ausnahme findet man am 16.03.12 (Außentemperatur: 8°C, Wassertemperatur unten: 9,5°C, oben 10°C), dieses Phänomen entsteht durch die hohe Wärmespeicherkapazität des Wassers, denn Wasser nimmt Wärme nur langsam auf (23.02.12: 4°C Temperaturunterschied zwischen Wasser und Luft, 01.03.12: 2°C Temperaturunterschied, 09.03.12: 1,5°C Temperaturunterschied). So herrscht eine zeitliche Verzögerung der Temperaturschwankungen im Wasser und in der Luft.

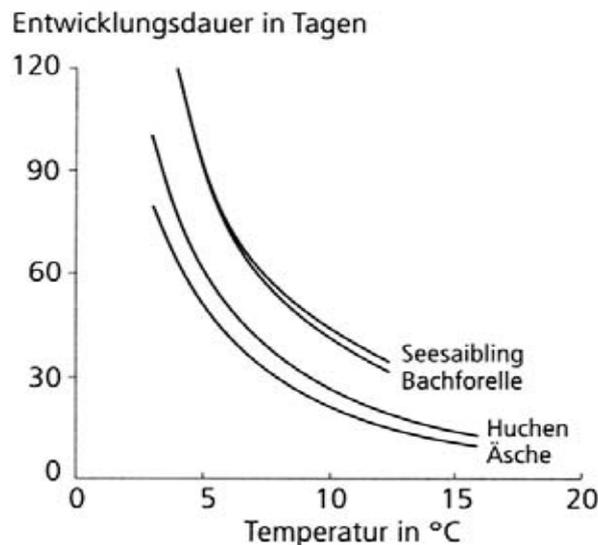
Die Wassertemperaturen schwanken jedoch nicht nur über das Jahr, sondern auch über den Tag, so sind sie am Morgen am niedrigsten und am Nachmittag am höchsten. Diese Temperaturen werden aber nicht nur durch die Außentemperatur und die Sonneneinstrahlung, sondern auch Zuflüsse, Gefälle (und daraus folgende Fließgeschwindigkeit), Uferbewuchs (Beschattung), ...etc. bestimmt.

Die Wassertemperatur hat eine starke Wirkung auf Fische. Diese ertragen deren Schwankungen in den Grenzen ihres Toleranzbereiches. Da sich die Wassertemperatur in Fließgewässern von der Quelle bis zur Mündung ändert, werden die unterschiedlichen Regionen von unterschiedlichen Arten bevorzugt besiedelt. So entstehen die s.g. Fischregionen (siehe Anhang: Gliederung eines Fließgewässers). Die Temperatur hat zudem Einfluss auf das Wachstum, aber auch auf das Wanderverhalten (z.B. zum Laichen) und den Zeitpunkt der Fortpflanzung, allgemein gesagt, auf die kompletten Lebensvorgänge.

In der Grafik erkennt man, dass sich die Entwicklungsdauer verschiedener Fischarten mit steigender Temperatur minimiert. Zwischen den Arten gibt es gewisse Unterschiede in der Dauer, die Kurvenverläufe an sich sind jedoch gleich. Dieses kann man mit der R-G-T-Regel (Reaktions-Geschwindigkeit-Temperatur-Regel) erklären, denn diese besagt, dass sich die Reaktionsgeschwindigkeit bei einer Temperaturerhöhung um 10K (Kelvin) verdoppelt bis verdreifacht. Die Entwicklungsdauer verkürzt sich folglich mit steigender Temperatur, dieses lässt sich jedoch nicht unendlich fortführen, denn bei einer Temperatur von 40°C (sehr unwahrscheinlich in einem Fließgewässer unserer Breiten) beginnt die Hitzedenaturierung der Eiweiße, dieses würde tödlich für die Fische enden. Die Zunahme der Stoffwechselaktivität kann sich jedoch negativ auswirken, wenn der Sauerstoffgehalt im Wasser gering ist, denn in warmen Wasser löst sich Sauerstoff schlechter als in kaltem, dieses kann nun zu Erstickungsanzeichen und im schlimmsten Fall zu Fischsterben führen, zudem müssen die Fische auch mehr Nahrung aufnehmen, da diese schneller verdaut wird, um den hohen Energieverbrauch zu decken, geschieht dieses nicht, werden

die angefressenen Fettreserven verzehrt.

Fische sind wechselwarme Tiere (Anhang Abb. 12), d.h. ihre Körpertemperatur entspricht der Außentemperatur, das ist sehr energiesparend, bei zu niedrigen/hohen Temperaturen erfolgt jedoch die Kälte-/Hitzestarre. Dieses geschieht auch im Winter, die Fische verharren an frostfreien Regionen, wenn die Temperaturen steigen, nimmt die Stoffwechselaktivität zu und sie lösen sich aus ihrer Starre. Viele Fische stellen die Nahrungsaufnahme in dieser Zeit ein, weshalb sie diese Phase auch nur für eine bestimmte Zeitspanne ertragen.



[²⁹]

Ähnlich wie bei den Tieren gilt auch für die Pflanzen die R-G-T-Regel. „Während die Temperatur bei geringer Beleuchtungsstärke praktisch ohne Einfluss ist, zeigt sich ihr Einfluss bei hoher Beleuchtung ganz deutlich. Dies deutet darauf hin, dass bei der Photosynthese lichtabhängige, photochemische Prozesse ablaufen, die temperaturunabhängig sind. Daneben laufen auch lichtunabhängige, biochemische Prozesse ab, die temperaturabhängig sind. Man spricht von der Licht- bzw. Dunkelreaktion der Photosynthese.“³⁰ Bei hoher Beleuchtung und hohen Temperaturen, die jedoch in den Toleranzbereichen der Pflanzen liegen, läuft die Photosynthese verstärkt ab. Dieses würde zu einem verstärkten Pflanzenwachstum führen. Wichtig ist die Wassertemperatur auch für die Keimung, denn erst ab einer bestimmten Temperatur gekoppelt mit günstigen Lichtverhältnissen kann sich die Jungpflanze entwickeln.

Um den Winter zu überstehen, haben Wasserpflanzen unterschiedliche Überlebensstrategien gebildet. Einige überwintern als wintergrüne Pflanzen, das hat den Vorteil, dass im Frühling keine neuen Assimilationsorgane gebildet werden müssen, die Pflanze hat somit die Möglichkeit sich leichter gegen die nun durch den Winter schwach gewordene Konkurrenz durchzusetzen. Andere Arten bilden wintergrüne Kurztriebe aus und überwintern damit auf dem Grund des Gewässers, auch sie haben nun einen Vorteil gegenüber den Pflanzen, die Rhizome zur Überwinterung bilden, die erst im Frühling beginnen auszutreiben. Aber auch mithilfe von Knollen oder Samen überwintern einige die kalte Jahreszeit.

Dennoch ist der Einfluss der Wassertemperatur auf Pflanzen wesentlich geringer als auf tierische Lebewesen.

²⁹ http://www.nid.bayern.de/hilfe/docs/Auswirkungen%20der%20Gew%C3%A4ssererw%C3%A4rmung-Literaturstudie%20LFU%20Bayern_Datum.pdf ; S.27

³⁰ <http://www.bio.vobs.at/botanik/b-photosynthese-2.htm>

Eine generelle Veränderung der Wassertemperaturen kann auch durch anthropogene Einflüsse entstehen wie z.B. durch Zuläufe (Abwasser, ...etc.; bei Priorgraben speziell das ehemals eingeleitet Grubenwasser) oder aber auch durch Rodung der Baumbestände an den Ufern, wodurch die Beschattung geringer und die Sonneneinstrahlung größer wird und sich folglich die Wassertemperatur erhöht. Dieses kann zur Verdrängung, aber auch zu einer Neuansiedlung von Pflanzen- und Tierarten in verschiedenen Bereichen führen.

5.5. Licht

Das Verhalten von Tieren orientiert sich oftmals an der Tageslänge, d.h. der Dauer des Lichteinflusses, daraus entstehen verschiedene Verhalten, wie z.B. Tag-, Nacht- und Dämmerungsaktivität. So ist z.B. die Nebelkrähe den ganzen Tag über zu beobachten, die Fledermaus hingegen erst in der Dämmerung.

Bemerkbar macht sich die jahreszeitliche Veränderung der Tageslänge durch die Rückkehr der Zugvögel, wie z.B. der Graugänse. Der Gesangsbeginn verschiedener Singvögel, wie z.B. der Amsel, Blau- und Kohlmeise, ist abhängig vom Licht. Die Amsel beginnt zuerst mit der Dämmerung, noch vor dem Sonnenaufgang. Ihr Gesang ist über den ganzen Tag zu hören.

Auch Fische weisen verschiedene Aktivitätszeiten auf, einige nehmen ihre Nahrung unter Lichteinfluss und wieder andere in der Dunkelheit zu sich. Das Licht hat Einfluss auf die Hormonausschüttung und regelt somit den Tagesrhythmus, aber auch Wachstum und Fortpflanzung. Zudem fühlen sich einige Fische von Lichtquellen angezogen, andere wiederum abgestoßen, dieses wird z.B. bei Fischtreppe genutzt (die Fische schwimmen in Richtung des Lichtes und überqueren die Fischtreppe).

Fische haben oftmals schlechte Augen und können ihre Umwelt nur bis auf wenige Meter klar wahrnehmen. Da die Sichtweite im Wasser jedoch geringer ist als auf dem Trockenen und das Wasser trüb ist und nur wenig Licht durchlässt, besitzen Fische andere Sinnesorgane (z.B. das Seitenliniensystem), mit denen sie ihre Umwelt wahrnehmen. Sie sind also nicht zwangsläufig auf das Licht angewiesen um „sehen“ zu können.

Aber auch andere Wasserlebewesen wie z.B. das Zooplankton wird durch das Licht beeinflusst. Diese Kleinstlebewesen bewegen sich in einem 24h-Rhythmus zwischen der Oberflächenschicht und tieferen Schichten des Wassers. In der Nacht kommt das Zooplankton an die Oberfläche um Nahrung aufzunehmen, dieses geschieht vermutlich aufgrund des Schutzes vor Räubern in der Dunkelheit. Doch schon das Licht das vom Mond ausgeht, führt dazu, dass nur wenig Zooplankton an der Oberfläche erscheint. Wenn nun jedoch weniger Zooplankton an die Oberfläche gelangt werden weniger Algen gefressen, das kann im schlimmsten Fall zur Eutrophierung und zum Kippen des Gewässers führen.

Das Licht ist besonders für die Pflanzen ein wichtiger Umweltfaktor. Licht ist notwendig für die Photosynthese, deren Restprodukt unter anderem Sauerstoff ist, der lebensnotwendig für tierische Lebewesen z.B. Fische etc. ist. Aufgrund des unterschiedlichen Lichteinflusses differenzierten sich Kurz- und Langtagspflanzen aber auch Schatten- und Sonnenblätter.

5.6. Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxidgehalt

Sauerstoff ist überlebensnotwendig für tierische Lebewesen, sowohl im Wasser als auch auf dem Land, Kohlenstoffdioxid einer der Ausgangsstoffe der Photosynthese bei Pflanzen. Die Löslichkeit beider Gase ist abhängig von der Wassertemperatur und dem herrschenden Druck. Die Löslichkeit sinkt mit steigender Temperatur. Dieses kann in den warmen Jahreszeiten zu Problem führen

6. Nahrungsbeziehungen und Bezug zum Stoffkreislauf

Kieselalgen	Fadenalgen	Sumpfdotterblume	Große Brennnessel	Rotbuche
Bakterien	Wasserfloh	Hummel	Tagpfauenaugenraupe	Blattlaus
Pantoffeltierchen	Mückenlarve	Blaumeise	Eichelhäher	Marienkäfer
Hüpferting	Listspinne	Habicht		Kohlmeise
Kleinkrebs	Amsel		Engerling	
Käferlarve	Katze	Fledermaus	Ringeltaube	
Rotfeder	Köcherfliegenlarve			
Hecht	kl. Fisch (nicht definiert)	Stockente		
Fischreiher	Fischadler			

Die meisten Arten des Nahrungsnetzes wurden beobachtet (siehe Beobachtete Tier- und Pflanzenarten), andere wurden ergänzt, um die einzelnen Ketten zu komplettieren.

6.1. Allgemeiner Stoffkreislauf

Im Ökosystem findet ein ständiger Stoffstrom statt. Dieser Austausch von Stoffen erfolgt in Form eines Kreislaufes. Die Gesamtmasse der organischen Stoffe in einem Ökosystem, die zu einem bestimmten Zeitpunkt im Ökosystem verfügbar sind, wird als Biomasse bezeichnet. Diese Biomasse fließt zwischen drei Gruppen von Organismen ab. Die erste Gruppe sind die Produzenten oder auch Erzeuger genannt. Diese stellen die Biomasse her. Es sind Organismen, die aus anorganischen Stoffen organische Stoffe aufbauen. Sie bilden folglich den Ausgangspunkt der Biomasse. Von den Produzenten wird die Biomasse an die Konsumenten weitergegeben. Diese Verbraucher wandeln die Biomasse, die sie erhalten, um. Aus körperfremden organischen Stoffen stellen diese Organismen körpereigene organische Stoffe her. Die Verbraucher unterteilen sich noch einmal in Primär-, Sekundär-, und Endkonsumenten. Die Primärkonsumenten umfassen alle Pflanzenfresser, Fleischfresser bilden die Gruppe von Sekundärkonsumenten. Die Endverbraucher

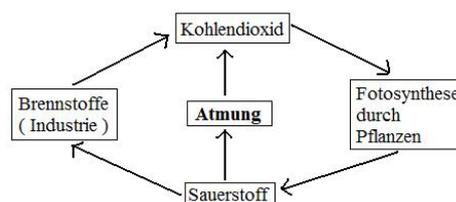
sind fleischfressende Organismen, die am Ende der Nahrungskette stehen. Die gesamte tote Biomasse, abgestorbene Pflanzenteile, Exkremente oder Tierkadaver werden von den Destruenten, den Zersettern, final verwertet. Zuerst zerkleinern die Saprophagen (Abfallfresser) das organische Material, wobei eine teilweise Humifizierung auftritt. Zu diesen Abfallfressern zählen z.B. Würmer, Schnecken, Asseln und Mistkäfer. Das Ende bilden die Mineralisierer oder Reduzenten genannt. Sie bauen das organische Material zu anorganischem Material ab. Die gesamte Biomasse wird dadurch remineralisiert. Dies geschieht hauptsächlich durch Bakterien und Pilze. Die Mineralstoffe werden an die Umwelt abgegeben. Die Produzenten nehmen diese Mineralstoffe wieder auf und nutzen sie für den Aufbau von neuer Biomasse. Dadurch wird der Kreislauf geschlossen. Auf diesem allgemeinen Prinzip basieren alle speziellen Stoffkreisläufe.

6.2. Kohlenstoffkreislauf

Kohlenstoff ist der Grundbaustein aller organischen Verbindungen und somit Grundlage der Ernährung aller Organismen. Er kommt in der Luft in Form von Kohlendioxid vor. Dieses macht 0,03% der Luft aus und wird von den Produzenten als Ausgangsstoff für den Aufbau von organischen Verbindungen wie Glucose benötigt. Die daraus entstehende Biomasse dient wie vorher im Text schon erwähnt, den Konsumenten und Destruenten als Nahrung. Die organischen Stoffe werden zur Energiegewinnung veratmet. Dabei wird Kohlendioxid (CO_2) freigesetzt und an die Luft abgegeben. Die tote Biomasse, die immer noch Kohlenstoff als organische Verbindungen enthält, wird von den Destruenten remineralisiert. Wodurch auch wieder Kohlendioxid durch Atmung abgegeben wird. Atmung betreiben alle drei Gruppen und somit schließt sich der Kreislauf. Ein für den Menschen wichtiger Zweig dieses Kreislaufes sind die fossilen Brennstoffe. Diese entstanden aus Jahrtausende alter, abgelagerter toter Biomasse, die in der heutigen Zeit als Energiequelle wie Kohle und Erdöl sowie als Grundlage für die Industrie von großer Bedeutung sind. Bei der Verbrennung dieser Brennstoffe wird auch CO_2 frei. Diese zusätzliche und unnatürliche hohe Belastung kann von den Produzenten nicht mehr ausreichend ausgeglichen werden. Dies ist eine Ursache, für den Treibhauseffekt, der zur globalen Erwärmung führt.

6.3. Sauerstoffkreislauf

Der Sauerstoffkreislauf ist mehr oder weniger direkt mit dem Kohlenstoffkreislauf verbunden. Sauerstoff ist Lebensgrundlage aller Organismen, da er für die Atmung benötigt wird. In der Luft sind 21% Sauerstoff enthalten. Dieser wird für die Atmung sowohl von den Produzenten, als auch von den Konsumenten und Destruenten aufgenommen. Bei der Atmung entsteht dann Wasser, das abgegeben wird. Dieses Wasser ist dann wiederum Ausgangsstoff für die Fotosynthese, wobei durch Fotolyse Sauerstoff entsteht oder freigesetzt wird und in der Luft zur erneuten Atmung vorliegt.

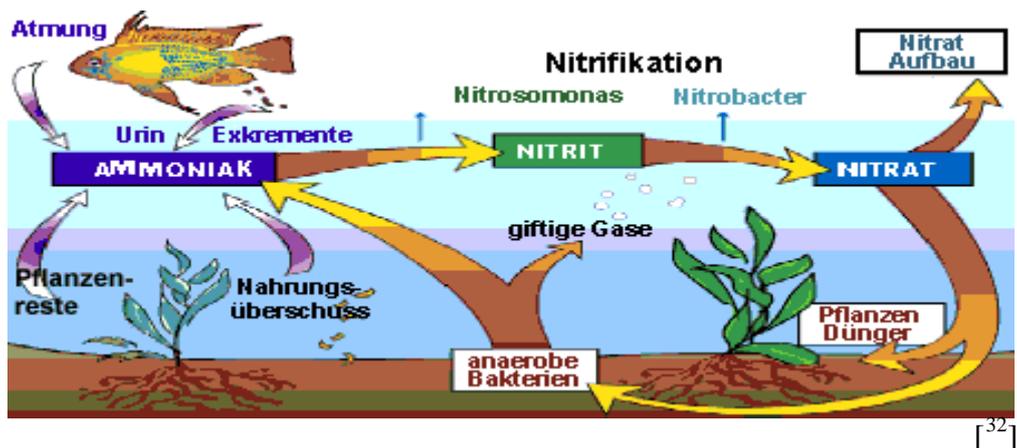


[31]

³¹ <http://www.frustfrei-lernen.de/images/biologie/kohlenstoffkreislauf-sauerstoffkreislauf.jpg>

6.4. Stickstoffkreislauf

Stickstoff bildet organische Verbindungen wie z.B. Eiweiße. Diese sind für viele Organismen als Energielieferant notwendig. Die organischen Stickstoffverbindungen werden von pflanzlichen Einzellern wie z.B. Phytoplankton assimiliert. Dazu nehmen sie Organismen Nitrate auf. Des Weiteren haben Cyanobakterien die Fähigkeit organische Stickstoffverbindungen zu bilden. Diese binden molekularen Sauerstoff aus der Atmosphäre, der in der Luft einen Anteil von 78% ausmacht. Allerdings sind die Stickstoffmoleküle nur für wenige Prokaryoten zugänglich. Die organischen Stickstoffverbindungen werden von Pflanzen und Tieren aufgenommen und nach deren Absterben wiederum dem Wasser zugeführt. Dabei zersetzen Bakterien und Pilze die Stickstoffverbindungen wie Harnstoff zuerst in Ammoniak, der dann durch das entstandene Wasser in Ammoniumionen und Hydroxidionen zerfällt. Dieser Vorgang wird als Ammonifikation bezeichnet. Die Ammoniumionen werden nun durch das Bakterium Nitrosomonas zu Nitriten oxidiert. Die Bakterien Nitrobacter setzen diesen Vorgang fort und oxidieren die Nitriten zu Nitrationen. Beide Vorgänge zusammen bilden die Nitrifikation. Für ihr stattfinden ist unbedingt Sauerstoff notwendig. Die gebildeten Nitrate können wiederum vom Phytoplankton aufgenommen werden und schließen den Kreis. Unter anaeroben Bedingungen wird das entstandene Nitrat wieder zu Nitrit und weiter zu Ammoniumionen reduziert. Diese Denitrifikation setzt auch Stickstoff frei, der an die Atmosphäre abgegeben wird.



[³²]

7. Energiefluss

Die Stoffkreisläufe dienen letztendlich dazu, die Lebewesen mit Energie zu versorgen, die ihre Lebensprozesse aufrecht erhalten. Der Energiefluss erfolgt über mehrere Trophieebenen, die mit den Beteiligten am allgemeinen Stoffkreislauf gleichzusetzen sind. Die erste Trophieebene nehmen die Produzenten ein. Sie nutzen die Sonnenenergie um energiereiche organische Stoffe aufzubauen. Dabei können sie gerade mal 5% der tatsächlichen Sonnenenergie nutzen, um sie in chemische Energie umzuwandeln. Die Produzenten geben die Energie nach eigenen Atmungsverlusten an die zweite Trophieebene weiter. Die Konsumenten erster Ordnung können rund 10% der chemischen Energie der Produzenten nutzen zum Aufbau körpereigener organischer Stoffe und zur Atmung. Circa 10% der Energie der zweiten Trophieebene werden nun an die Sekundärkonsumenten der dritten Trophieebene weitergegeben. Diese wiederum geben nur 10% ihrer Energie an die Endkonsumenten der vierten Trophieebene weiter. Die Destruenten werden keiner konkreten

³² <http://www.biokurs.de/skripten/bilder/nitritep.gif>

Trophieebene zugewiesen, da sie die Energie aus allen Trophieebenen beziehen. Von Stufe zu Stufe treten Energieverluste von jeweils 90% auf. Diese Verluste setzen sich aus Atmungs- und Wärmeverlusten, Aufnahmeverlusten und Ausscheidungsverlusten zusammen. Atmungs- und Wärmeverluste stellen dabei den größten Teil dar. Sie betreffen alle Stufen und können im Energiefluss des Ökosystems nicht mehr genutzt werden. Aufnahmeverluste stellen die Biomasse dar, die von den Organismen der nächsten Trophieebene nicht aufgenommen werden konnte wie z.B. Dornen und Knochen. Unverdauliche und nicht wieder verwertbare Biomasse wird ausgeschieden und ist in der nächsten Trophieebene als Ausscheidungsverlust nicht mehr nutzbar. Die Energie der beiden letzten Verlustarten kann von den Destruenten noch genutzt werden. Nach der vollständigen Remineralisierung ist die gesamte Energie für das Ökosystem entwertet. Deshalb existiert ein Energiefluss und kein Kreislauf. Die neue Energie wird aus der Sonnenenergie wieder von den Pflanzen nutzbar gemacht. Dies ist die wichtige Rolle, die die Pflanzen einnehmen.

8. Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung

Datum	19.04.12	25.04.12	09.04.12
Beobachtungen (Anhang Abb. 13 und 14)	Pantoffeltierchen Pflanzenreste Fadenwürmer	Kieselalgen (Zooplankton) Fadenwürmer	Grünalgen (Zooplankton) Fadenalgen (Zooplankton) Hüpferling Wasserfloh Kleiner Raubwasserfloh Flohkrebs evtl. Brunnendrahtwurm (schlecht identifizierbar)

Im Anhang (Folie) befinden sich die Untersuchungsergebnisse des Makrozoobenthos (ausgewählte Arten: Schnecken, Muscheln, Eintagsfliegen, Libellen, Steinfliegen, Wanzen, Käfer und Köcherfliegen) des Priorgrabens im Bereich Kunersdorf bis zur Mündung ins Greifenhainer Fließ, um einen Überblick bzw. Eindruck der Artenvielfalt zu schaffen.

9. Die Wasseranalyse

9.1. Messergebnisse

Datum	19.04.12	09.04.12 (abgestandenes Wasser von vor 1 Woche)	09.04.12 (frisches Wasser)
ph-Wert	6,5	7,5	5,5
Ammoniumgehalt in mg/l	0,2	0,2	0,2
Nitritgehalt in mg/l	0	≤ 0,02	0,1
Nitratgehalt in mg/l	10	0	0
Phosphatgehalt in mg/l	≤ 0,02	0	0
Wasserhärte in mol/m ³	>3,6 (≅ 10°d)	>2,7 (≅ 6,5°d)	>3,6 (≅ 10°d)

9.2. Bedeutung der Wasser-Leitparameter

9.2.1. Der pH-Wert

Zur Ermittlung des pH-Wertes wird die Konzentration der Wasserstoff-Ionen (H^+) gemessen. Überwiegen die H^+ -Ionen den OH^- -Ionen (Hydroxid-Ionen), ist das Wasser sauer (pH-Wert 0: stark sauer), herrscht ein Gleichgewicht ist das Wasser neutral (pH-Wert 7), überwiegen die OH^- -Ionen, ist das Wasser basisch bzw. alkalisch (pH-Wert 14: stark basisch).

Der pH-Wert ist ein abiotischer Umweltfaktor. Die Lebewesen haben, auf ihn bezogen, einen bestimmten Toleranzbereich und ertragen Schwankungen in gewissen Grenzen, z.B. kann die Forelle im Bereich von 5,5 bis 9,4 pH ihre Lebensvorgänge ausführen. Dennoch können „klein“ erscheinende Veränderungen große Ausmaße hinter sich ziehen.

In den meisten Gewässern herrscht ein pH-Wert von ca. 6,5-8,0 (schwach sauer bis schwach basisch). Es gibt jedoch ausnahmen z.B. Gewässer mit kalkhaltigen Böden sind eher basisch, andere dagegen wie z.B. Moorbäche eher sauer. Probleme entstehen jedoch erst dann, wenn es zu starken Schwankungen der Werte kommt. Niedrige pH-Werte (sauer) können die Auflösung kalkhaltiger Schalen von Muscheln, Krebsen und Schnecken bewirken.

Der pH-Wert kann durch sauren Regen (Erhöhung der H^+ -Konzentration) oder auch Eutrophierung (=künstliche Ansiedlung von Nährstoffen, d.h. Phosphate aus z.B. Waschmitteln und Nitrate aus z.B. Jauche, dieses hat eine starke Vermehrung von Plankton und Algen zur Folge, die abgestorbenen Tier- und Pflanzenteile, d.h. die Biomasse sinkt auf den Grund des Gewässers, dort sorgen Bakterien unter hohem Sauerstoffverbrauch für die Zersetzung, dieses kann im Extremfall zur Bildung von Faulschlamm und anaeroben Verhältnissen (ohne Luft/Sauerstoff) führen, das hat nun das s.g. „Umkippen“ (Störung der Selbstreinigung des Gewässers durch fehlenden Sauerstoff zum Abbau der Biomasse) zur Folge, wodurch es z.B. zum Fischsterben und zur Bildung von Fäulnisgasen kommen kann) beeinflusst bzw. geändert werden. Maßnahmen dazu sind die Reduzierung schädlicher Stoffe in unseren Gebrauchsgegenständen (z.B. waschen mit Waschnüssen), Verhinderung der Einleitung von Abfall, Müll, Giftstoffen,...in die Gewässer und allgemein Nutzung biologisch abbaubarer Produkte wie z.B. Papiereinkaufstüten...etc.

pH-Wert-Tabelle:

pH-Wert	0 – 2	2 – 4	4 – 6	7	8 – 10	10 – 12	12 – 14
Eigenschaft	stark sauer	sauer	schwach sauer	neutral	schwach alkalisch	alkalisch	stark alkalisch

9.2.2. Der Ammonium- (NH_4^+) und Ammoniakgehalt (NH_3)

Ammonium und Ammoniak treten nebeneinander in Gewässern auf. Bei Ammonium handelt es sich um eine im Wasser lösliche Stickstoffverbindung, die z.B. von Fischen über die Kiemen ausgeschieden wird, aber auch bei der Zersetzung der Biomasse durch Bakterien freigesetzt wird. Ammonium ist ungiftig im Gegensatz zu Ammoniak (stechend riechendes, farbloses, wasserlösliches Gas), das bereits schon in kleinen Mengen giftig auf Fische wirkt. Der Ammonium- und Ammoniakgehalt ist jedoch abhängig vom pH-Wert. Wichtig ist das Verhältnis, denn bei der Erhöhung des pH-Wertes erhöht sich die Ammoniakkonzentration, die der Ammonium-Ionen sinkt. So liegt bei pH-Werten $> 10,5$ die Ammoniumkonzentration fast bei null. Bei einem Wert bis 8,0 liegt kaum Ammoniak vor. Bei einem hohen pH-Wert ist die Möglichkeit des Fischsterbens durch die toxische Wirkung des Ammoniaks sehr hoch. Dennoch wirkt sich auch überschüssiges

Ammonium gefährlich aus. Ammonium ist ein Pflanzennährstoff und führt in großen Mengen zum vermehrten Wachstum von z.B. Mikroalgen, durch die folgenden Assimilationsprozesse wird viel Sauerstoff freigesetzt, dieses kann zu einer Übersättigung führen.

9.2.3. Der Nitritgehalt (NO_2)

Nitrit ist, wie auch Ammonium, eine wasserlösliche Stickstoffverbindung, die durch den unvollständigen Abbau von Nährstoffen durch Mikroorganismen entsteht, zudem kann es auch durch Regenwasser oder andere Stoffe, die in das Gewässer eingeleitet werden, in das Wasser gelangen. Nitrit-Ionen sind Zwischenprodukte des Stickstoffkreislaufes, bei dem Ammoniak in Ammonium, danach in Nitrit und als Letztes in Nitrat umgewandelt wird (Nitrifikation), dieses geschieht durch Bakterien. Weist ein Gewässer Nitrat-Ionen auf, kann man folgern, dass zu wenig stickstoffabbauende Mikroorganismen im Wasser vorhanden sind. Schon ab $0,2\text{mg/l}$ Nitrat im Wasser führt es zu einer Fischvergiftung, denn es reichert sich im Blut der Fische an und verhindert dort die Aufnahme des Sauerstoffes, indem er das Eisen des Blutfarbstoffes Hämoglobin oxidiert. Folglich kommt es zur Unterversorgung und die Fische zeigen Erstickungserscheinungen. Eine andere Gefahr liegt darin, dass sich bei einem niedrigen pH-Wert (unter 6,0) aus Nitrit (Nitrit=Anion) salpetrige Säure bildet (HNO_2), durch die hohe Toxizität führt dieses zu Fischsterben. Ein erhöhter Nitritgehalt ist folglich ein Anzeiger für eine gestörte Gewässerbiologie.

9.2.4. Der Nitratgehalt (NO_3)

Nitrat ist eine im Wasser lösliche Stickstoffverbindung. Nitrate sind die Hauptnährstoffe von Pflanzen, ein erhöhter Nitratgehalt im Wasser kann ein vermehrtes Algenwachstum (ab $30\text{-}50\text{ mg/l}$) zur Folge haben, wodurch es wiederum zum „umkippen“ des Gewässers kommen kann. Die Gefahr ist in fließenden Gewässern jedoch geringer, als in stehenden. Nitrat kann durch unvollständigen Abbau durch Mikroorganismen entstehen, aber auch durch Zuläufe etc. in das Gewässer eingeleitet werden.

9.2.5. Der Phosphatgehalt

Phosphat ist ein wichtiger Nährstoff sowohl für die Pflanzen als auch Tiere im Gewässer. Pflanzen nehmen dieses in gelöster Form über das Wasser und Fische z.B. über ihre Nahrung auf. Nachdem Absterben, wird das Phosphat wieder frei und kann z.B. von Mikroalgen aufgenommen werden. Ein geringer Anstieg des Phosphatgehaltes kann jedoch ein verstärktes Algenwachstum (ab 1 mg/l) und somit die s.g. „Algenblüte“ bzw. „Eutrophierung“ auslösen und somit für ein Ungleichgewicht der Gewässerbiologie sorgen. Dennoch kann es passieren, dass bei übermäßigem Algenwachstum keine Phosphate im Wasser nachgewiesen werden können. Das liegt daran, dass die Algen das Phosphat einlagern, das Problem liegt jedoch darin, dass, wenn sie absterben, das Phosphat frei wird und ein neues Algenwachstum ausgelöst werden kann. Phosphate können aus Zuläufen (phosphatbelastetes Wasser) oder auch über phosphathaltige Steine in die Gewässer gelangen.

9.2.6 Die Wasserhärte

Im Wasser sind neben den Stickstoffverbindungen etc. auch gelöste Mineralien (Ionen), wie z.B. Calcium- und Magnesium-Ionen enthalten. Deren Konzentration wird als Wasserhärte bzw. Gesamthärte als Wasser bezeichnet, man nennt sie daher auch Härtebildner. Kein Lebewesen kann in einem reinen, d.h. Ionen-freien Gewässer überleben.

Härtegradtabelle

Wasserhärte (in °d)	0 – 4	4 – 8	8 – 12	12 – 18	18 – 30	>30
Klassifizierung	sehr weich	weich	mittelhart	ziemlich hart	hart	sehr hart

9.3. Auswertung

pH-Wert

Das Wasser weist einen schwach sauren (Ausnahme das abgestandene Wasser) pH-Wert auf (5,5 und 6,5 pH).

Ammoniumgehalt

Der Ammoniumgehalt liegt konstant bei 0,2 mg/l, da der pH-Wert unter 8 pH liegt, ist die Gefahr eines Fischsterbens durch giftiges Ammoniak unwahrscheinlich. Eine Gefahr könnte durch einen Ammoniumüberschuss entstehen (Übersättigung an Sauerstoff).

Nitritgehalt

Der Nitritgehalt sollte sich nicht erhöhen, da es sonst ab 0,2 mg/l zur Fischvergiftung, aber auch zur Bildung salpetriger Säure aufgrund des pH-Wertes, der unter 6 pH liegt (5,5 pH).

Nitratgehalt

Bei der ersten Messung wurde ein hoher Nitratgehalt (10mg/l) gemessen (evtl. Messfehler). Die Gefahr einer Algenblüte wäre folglich sehr groß. Bei der zweiten Messung betrug er 0 mg/l, die Gefahr würde nicht mehr bestehen.

Phosphatgehalt

Der Phosphatgehalt bewegt sich im Bereich $\leq 0,2$ mg/l bis 0 mg/l, ein vermehrtes Algenwachstum ist auszuschließen, allerdings kann es, wie oben schon beschrieben sein, dass die Algen das Phosphat eingelagert haben, und der Wert daher so gering ist.

Wasserhärte

Das Wasser ist (Ausnahme abgestandenes Wasser) mittelhart.

10. Natürliche Selbstreinigung

Im Allgemeinen sind alle Gewässer mehr oder weniger verschmutzt. Meistens handelt es sich um organische, abbaubare Stoffe. Einerseits sind es Abfallprodukte von Lebewesen oder abgestorbene pflanzliche oder tierische Reste, die auch als Detritus bezeichnet werden. Andererseits gehört dazu aber auch pflanzliches- oder tierisches Plankton, welches sich bei guten Bedingungen, besonders in nährstoffreichen Gewässern, massenhaft vermehrt. Wenn diese Organismen absterben und zu Boden gesunken sind, werden sie von Muscheln, Schnecken, Insektenlarven und Würmern gefressen,

welche den Anfang von Detritusnahrungsketten bilden („Destruenten-Saprophagen-Nahrungskette, Nahrungskette eines Ökosystems“, an der Destruenten (fast ausschließlich Bakterien und Pilze) und Saprophagen (Tiere, die sich von toter organischer Substanz ernähren) beteiligt sind. Nahrungsgrundlage in diesem System ist das in der Nahrungskette der Pflanzenfresser nicht ausgenutzte organische Material, also absterbendes Pflanzenmaterial, Kot, Leichen usw. Die Energieausnutzung in der D. ist sehr hoch, da im Gegensatz zur Phytophagennahrungskette der eigene Abfall in die Nahrungskette einbezogen wird (Rezyklierung). Dies ist auf die besondere physiologische Leistungsfähigkeit von Mikroorganismen zurückzuführen.“³³). Der größte Teil des Planktons stirbt jedoch erst gegen Ende des Sommers und wird von Bakterien und Pilzen (Destruenten) unter Sauerstoffverbrauch in den Tiefen des Gewässers mineralisiert. Reicht der vorhandene Sauerstoff nicht aus, so wird der Abbau von anderen Bakterien durchgeführt, welche keinen Sauerstoff benötigen. Der Abbau ohne Sauerstoff macht jedoch Fäulnisstoffe, wie Schwefelwasserstoff (H₂S) und Methan (CH₄) frei und führt zur verstärkten Faulschlammabildung am Boden des Gewässers. All diese Abbauprozesse führen dazu, dass organische Stoffe, welche als Verschmutzung im Wasser schweben, vollständig abgebaut werden, sodass das Wasser wieder klar wird. Diese Prozesse werden als Selbstreinigung bezeichnet, sind aber nur dann möglich, wenn die Verschmutzung nicht zu stark ist. Vorteilhaft am Selbstreinigungsprozess ist die langfristige Umwandlung der Schadstoffe in Dünger und der daraus resultierenden lebenden Biomasse (z.B. Phytoplankton – Produzent, Enten und Fische – Konsumenten). Außerdem werden Stickstoff, Kohlenstoffdioxid und Ammoniak ausgegast. Da Lebewesen wie die Detritusfresser und die Destruenten für die Selbstreinigung der Gewässer verantwortlich sind, werden sie in ihrer Abhängigkeit stark eingeschränkt oder sterben ab, wenn Substanzen wie Schwermetallsalze oder andere Stoffe mit Giftwirkung in das Wasser gelangen. Das Gleichgewicht und die Selbstregulationsfähigkeit kann jedoch durch verschiedene Einflüsse gestört werden. Meist sind sie menschlichen Ursprungs und haben katastrophale Folgen für das gesamte Ökosystem. Der Selbstreinigungsprozess steht ebenso in einem engen Zusammenhang mit der Fließgewässergüteklassifikation. Durch die Bestimmung s.g. Indikatororganismen kann die Masse des abbaubaren organischen Materials bestimmt werden und klassifiziert werden.

11. Gewässergüteklassen zur Feststellung des Belastungszustandes eines Fließgewässers

11.1. Allgemein

Je nach Herkunft, geologischem Untergrund, mit dem es in Kontakt gekommen ist und Art der Ausbreitung, enthält das Wasser immer verschiedene Inhaltsstoffe.

Die im Trinkwasser maximal möglichen Grenzwerte gelöster Stoffe wurden durch die Trinkwasser-Verordnung von 2001 verbindlich festgelegt. Da wegen der Gefährdung der Grundwasserreserven bei der Wasserversorgung immer mehr auf Oberflächenwasser zurückgegriffen werden muss, ist die Reinhaltung aller natürlichen Gewässer eine sehr wichtige Aufgabe. Die Gewässerverschmutzung stellt aber auch eine Störung der natürlichen Gleichgewichte dar. Daher müssen alle Gewässer regelmäßig auf den Grad ihrer Verschmutzung hin untersucht werden. Die Verschmutzung kann in Form von organischen, biologisch abbaubaren Schwebstoffen, oder von Mineralsalzen herrühren, die in hoher Konzentration vorliegen. In manchen Fällen können es auch von außen in das Wasser eingeleitete Schadstoffe sein, die nicht Bestandteile des natürlichen Stoffkreislaufs sind.

Für Wasseruntersuchungen werden sowohl physikalisch-chemische-, als auch biologische Messmethoden angewendet.

³³ <http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/biok/2990>

Die Grundlage zur biologischen Gewässergütebestimmung legten die Wissenschaftler Richard Kolkwitz und Maximilian Marsson im Jahr 1902. Sie entwickelten das Saprobiensystem, ein Verzeichnis von Tier- und Pflanzenarten (Bioindikatoren), das einen bestimmten Grad organischer Gewässerbelastung (Saprobität) anzeigen sollte. „Saprobien sind in verunreinigten Gewässern lebende Organismen wie Protozoen, Bakterien und Pilze. Sie bauen das organische Material im Wasser allmählich ab (Mineralisierung) und bewirken so eine biologische Selbstreinigung der Gewässer.“ Mit Hilfe von ca. 500 Tier- und 300 Pflanzenarten (ohne Fische) wurde das System in Stufen eingeteilt, die Vorläufer der heutigen Güteklassen. (Nach dem Botaniker Kolkwitz ist ebenfalls eine Pflanzenart, die *Kolkwitzia amabilis*, benannt worden. Ein Zierstrauch, der in den Breiten Mitteleuropas zu Hause ist und auch auf unserem Schulhof einen Platz hat.)

11.2. Physikalisch-chemische Untersuchungen

Hierbei wird das Wasser u.a. auf den Gehalt an Sauerstoff untersucht, denn dieser spielt im Stoffkreislauf eine Schlüsselrolle und ist ein wichtiger Anzeiger für den Allgemeinzustand eines Gewässers. Beim Abbau organischer Stoffe durch Bakterien (Destruenten) wird Sauerstoff verbraucht. Dabei bildet sich Phosphat, Nitrat, Sulfat und Kohlenstoffdioxid. Als Bezugswert hat man die Menge Sauerstoff festgesetzt, welche Bakterien brauchen, um innerhalb von 5 Tagen, die Abwasserverschmutzungsmenge, welche ein Stadtbewohner pro Tag verursacht, abzubauen. Dieser Wert wird als Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB₅) bezeichnet und auf 54g Sauerstoff gesetzt. Der BSB₅-Wert zeigt also indirekt die Menge an biologisch abbaubaren Verunreinigungen im Wasser an.

Nitrate und Phosphate werden auch als Nährsalze oder Nährstoffe bezeichnet und kommen in allen Gewässern in verschieden hoher Konzentration vor. Sie sind wichtig für das Pflanzen- bzw. Phytoplanktonwachstum eines Gewässers. Hohe Konzentrationen sind meistens verbunden mit großem Sauerstoffverbrauch und Folge eines hohen Gehalts an abgebautem organischem Material, oder deuten auf hohe Einträge durch belastetes Oberflächenwasser und andere Belastungsursachen hin.

11.3. Biologische Methoden

Die unterschiedlichen Stoffbelastungen, z.B. durch Einleitung von ungeklärten Abwässern, ermöglichen es nur bestimmten Pflanzen- und Tierarten zu überleben und sich fortzupflanzen, andere sterben aus. Unterschiedlich verschmutzte und belastete Gewässer zeigen demnach ganz unterschiedliche, aber charakteristische Tier- und Pflanzenarten auf. Diese nennt man Zeigerorganismen oder Bioindikatoren. Auch mit Hilfe der Zeigerorganismen kann man Gewässer in Güteklassen einteilen.

„Die Beschreibung der 4 Güteklassen durch die Landesarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) sieht folgendermaßen aus:

Güteklasse I (oligosaprob): Gewässerabschnitte mit reinem, stets annähernd sauerstoffgesättigtem und nährsalzarmen Wasser, geringer Bakterienanteil, mäßig dicht besiedelt, Laichgewässer von Edelfischen.

Zeigerorganismen: Steinfliegenlarve
Eintagsfliegenlarve
Köcherfliegenlarve

Strudelwurm
Kieselalgen

Güteklasse I-II (oligo-betamesoaprob): Gewässerabschnitte mit geringer anorganischer oder organischer Nährstoffzufuhr ohne nennenswerte Sauerstoffzehrung, dicht und meist in großer Artenvielfalt besiedelt.

Güteklasse II (betamesoaprob): Gewässerabschnitte mit mäßiger Verunreinigung und guter Sauerstoffversorgung, sehr große Artenvielfalt und Individuendichte von Algen, Schnecken, Kleinkrebsen, Insektenlarven, Wasserpflanzenbestände bedecken größere Flächen.

Zeigerorganismen: Köcherfliegenlarve
Bachflohkrebs
Eintagsfliegenlarve
Posthornschncke
Kleine Deckelschncke

Güteklasse II-III (beta-alphamesoaprob): Gewässerabschnitte, deren Belastung mit organischen Sauerstoff zehrenden Stoffen einen kritischen Zustand bewirkt, Fischsterben infolge Sauerstoffmangels möglich, Rückgang der Artenzahl der Makroorganismen, gewisse Arten neigen zu Massenentwicklung, Algen bilden häufig größere flächendeckende Bestände.

Güteklasse III (alphamesoaprob): Gewässerabschnitte mit starker organischer, Sauerstoff zehrender Verschmutzung und meist niedrigem Sauerstoffgehalt; örtlich Faulschlammablagerungen; flächendeckende Kolonien von fadenförmigen Abwasserbakterien und festsitzenden Wimperntieren übertreffen das Vorkommen von Algen und höheren Pflanzen, nur wenige, gegen Sauerstoffmangel unempfindliche tierische Makroorganismen wie Egel und Wasserasseln kommen bisweilen massenhaft vor, mit periodischem Fischsterben ist zu rechnen.

Zeigerorganismen: Wasserassel
Rollegel
Süßwasserschwämme

Güteklasse III-IV (alpha-mesopolyaprob): Gewässerabschnitte mit weitgehend eingeschränkten Lebensbedingungen durch sehr starke Verschmutzung mit organischen, Sauerstoff zehrenden Stoffen, oft durch toxische Einflüsse verstärkt, zeitweilig totaler Sauerstoffschwund, Trübung durch Abwasserschwebstoffe, ausgedehnte Faulschlammablagerungen, durch rote Zuckmückenlarven oder Schlammröhrenwürmer dicht besiedelt, Rückgang fadenförmiger Abwasserbakterien, Fische nicht auf Dauer und dann nur örtlich begrenzt anzutreffen.

Güteklasse IV (polysaprob): Gewässerabschnitte mit übermäßiger Verschmutzung durch organische, Sauerstoff zehrende Abwässer, Fäulnisprozesse herrschen vor, Sauerstoff über lange Zeit in sehr niedrigen Konzentrationen vorhanden oder gänzlich fehlend, Besiedlung vorwiegend durch Schwefelbakterien, Geißeltierchen und frei lebende Wimpertierchen, Fische fehlen, bei starker toxischer Belastung biologische Verödung.³⁴

Zeigerorganismen: Schlammröhrenwurm
Geißeltierchen
Rattenschwanzlarven
Fädige Bakterienkolonien
Wimperntierchen

³⁴

Ökologie – Materialien für den Sekundarbereich II · Biologie [Schroedel] S. 114

Richtwerte für eine Gütebestimmung eines Fließgewässers

Güteklasse	Saprobien-index	O2-Minimum in mg/l	BSB2 in mg/l (BSB5)	KMnO4-Verbrauch in mg/l	Ammoniumgehalt in mg/l	Nitritgehalt in mg/l	Nitratgehalt in mg/l	Phosphatgehalt in mg/l	Grad der Belastung
I	1,0-1,5	> 8	0,5 (1)	< 20	< 0,1	< 0,02	≤ 1,0	≤ 0,05	unbelastet bis sehr gering belastet
I-II	1,5-1,8	> 8	0,5-1,0 (1-2)	bis 30	um 0,1	um 0,1	≤ 1,5	≤ 0,08	gering belastet
II	1,8-2,3	> 6	1,0-2,5 (2-6)	bis 40	< 0,3	um 0,2	≤ 2,5	≤ 0,15	mäßig belastet
II-III	2,3-2,7	> 4	2,5-4,0 (5-10)	bis 60	< 1,0	um 0,5	≤ 5,0	≤ 0,30	kritisch belastet
III	3,2-3,5	> 2	4,0-7,0 (7-13)	bis 80	> 2,0	≤ 10	≥ 10,0	≤ 0,60	stark verschmutzt
III-IV	3,2-3,5	< 2	7,0-10,0 (10-20)	> 80	> 4,0	≤ 20,0	≥ 20,0	≤ 1,20	sehr stark verschmutzt
IV	3,5-4,0	< 2	> 10,0 (> 15)	> 80	um 10	< 20	≥ 20,0	> 1,20	übermäßig verschmutzt

*** Werte unser Wasseranalysen

[³⁵]

„Erst wenn man die Werte untereinander in Beziehung setzt, unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen, kann man zur Beurteilung eines Gewässers gelangen. Erst die Einbeziehung der Wasserorganismen lässt dagegen eine Einschätzung zurückliegender Belastungen zu.“³⁶

Insgesamt gesehen ist der Priorgraben ein gering belastetes Gewässer und fällt somit in die Güteklasse I-II (oligo-betamesoaprob). Lediglich der Nitratwert vom 19.04.2012 ist auffällig hoch. Mit 10 mg/l gehört es in die Güteklasse III der stark verschmutzten Gewässer. Durch die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen kommt es zu diesem hohen Nitratwert, der sich nach 20 Tagen schon auf 0mg/l eingeppegelt hat. Auch unter dem Mikroskop beobachtete Algenarten, die jedoch schwer zu identifizieren sind, weisen auf ein sauberes Gewässer hin (Anhang Abb. 15).

³⁵ Ökologie – Materialien für den Sekundarbereich II · Biologie [Schroedel] S. 114

³⁶ Ökologie – Materialien für den Sekundarbereich II · Biologie [Schroedel] S. 114

12. Anhang

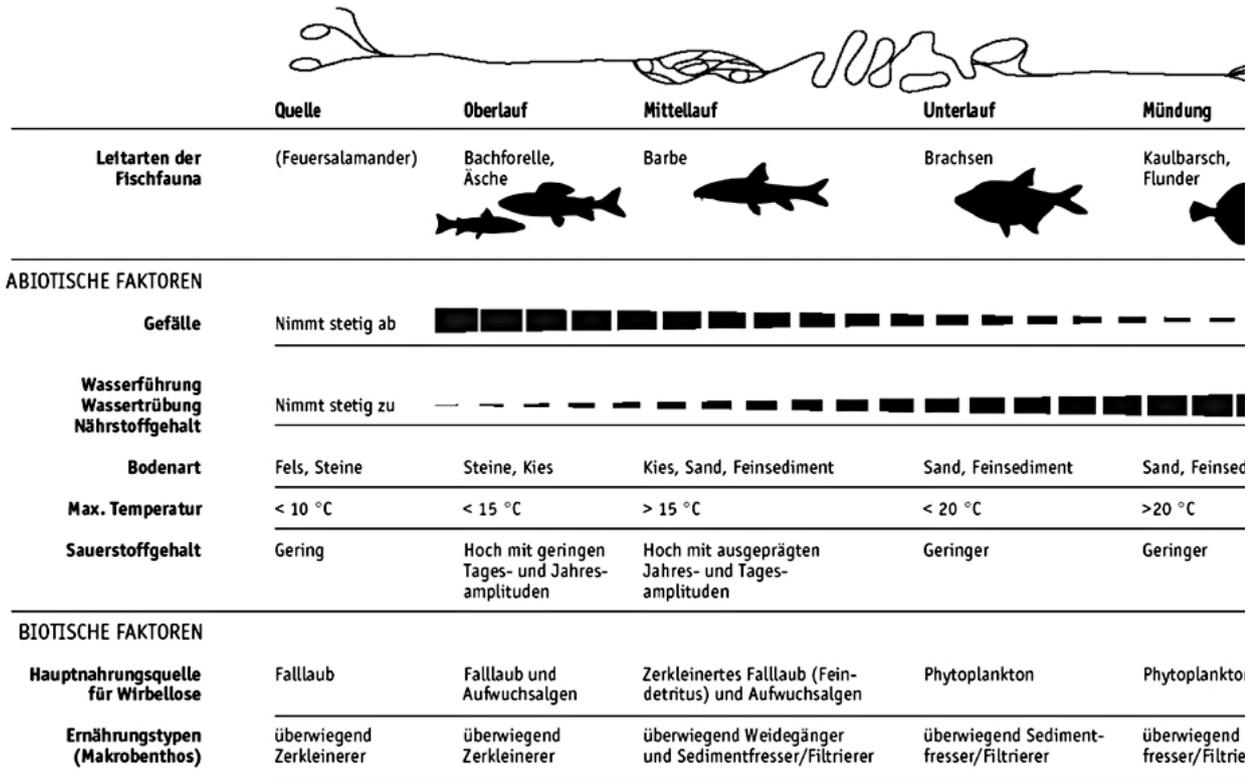


Abb.1 Gliederung eines Fließgewässers

[37]



Abb. 2 Einbau wechelseitiger Buhnen [38]



Abb. 3 Entschlammung [39]

37

http://www.waldwissen.net/wald/naturschutz/gewaesser/fva_wasserhandbuch_funktionen/fva_wasserhandbuch_funktionen_abb3_gross

38 Wasser- und Bodenverband Oberland Calau; „Renaturierung des Priorgrabens 1. BA“ Fotodokumentation S. 14

39 Wasser- und Bodenverband Oberland Calau; „Renaturierung des Priorgrabens 1. BA“ Fotodokumentation S. 16



Abb. 4 Umbau der Wehre (hier Babow) [40]



Abb. 5 Sohlgleite (Babow) [41]



Abb. 6 Böschungssicherung [42]



Abb. 7 Pflanzungen [43]

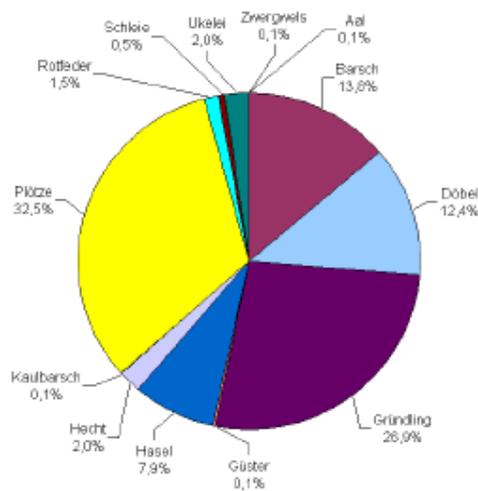


Abb. 8 Fischartenspektrum des Priorgrabens 2008 [44]

⁴⁰ Wasser-und Bodenverband Oberland Calau; „Renaturierung des Priorgrabens 1. BA“ Fotodokumentation S. 23

⁴¹ Wasser-und Bodenverband Oberland Calau; „Renaturierung des Priorgrabens 1. BA“ Fotodokumentation S. 26

⁴² Wasser-und Bodenverband Oberland Calau; „Renaturierung des Priorgrabens 1. BA“ Fotodokumentation S. 30

⁴³ Wasser-und Bodenverband Oberland Calau; „Renaturierung des Priorgrabens 1. BA“ Fotodokumentation S. 33

⁴⁴ Wasser-und Bodenverband Oberland Calau; PowerPointPresentation Funktionskontrollen Priorgraben 2006 S. 15

Tab. 5: Vorkommen der Fischarten in Spree und Priorgraben (historisch / aktuell)

Fischart (a = allochthon) (WF = LD-Wanderfisch)	Spree (+ hist.) (X akt.)	Verbreitung im Spree-System (OL – Oberlauf, ML – Mittellauf, UL – Unterlauf)	Prior- Graben (1998/99) (X 2006)	Prior- Graben (2006+ 2008)	Ökotyp Strömung	Ökotyp Laichsubstrat	Ökotyp Ernährung	BArtSchV / FFH	RL BRB (1998) ⁴⁵
Aal (WF)	+ X	OL - UL	+	+	eurytop	pelagophil	inverti / pisci		V
Äsche	+ X	OL - ML		+	rheophil - A	lithophil	invertivor		D
Aland	+ X	ML - UL			rheophil - B	phyto-lithophil	omnivor		3
Bachforelle	+ X	OL - ML	+	+	rheophil - A	lithophil	inverti / pisci		3
Bachneunauge	+ X	OL - UL	+		rheophil - A	lithophil	detritivor	+	2
Barbe	+ X	OL - UL		+	rheophil - A	lithophil	benthi / pisci	+	1
Barsch	+ X	OL - UL	+	+	eurytop	phyto-lithophil	inverti / pisci		**
Bitterling	+ X	ML - UL			limnophil	ostracophil	omnivor		2
Blei	+ X	OL - UL	+	+	eurytop	phyto-lithophil	benthivor		**
Döbel	+ X	OL - UL	+	+	rheophil - A	lithophil	omnivor		*
Dreistachliger Stichling	+ X	OL - UL	+		eurytop	ariadnophil	zooplanktivor		**
Elritze	+	OL - ML			rheophil - A	lithophil	invertivor		2
Flussneunauge (WF)	+	OL - UL			rheophil - A	lithophil	parasitär	+	1
Giebel (a)	X	ML - UL	+						*
Goldfisch (a)	X		+						
Graskarpfen (a)	X	ML - UL							
Gründling	+ X	OL - UL	+	+	rheophil - B	psammophil	zooplanktivor		**
Güster	+ X	ML - UL	+		eurytop	phytophil	zooplanktivor		**
Hasel	+ X	OL - UL	+	+	rheophil - A	phyto-lithophil	omnivor		3
Hecht	+ X	OL - UL	+	+	eurytop	phytophil	piscivor		**
Karusche	+ X	OL - UL			limnophil	phytophil	invertivor		*
Kaulbarsch	+ X	OL - UL	+	+	eurytop	phyto-lithophil	invertivor		**
Karpfen (a)	X	OL - UL	+						
Lachs (WF)	+	OL - UL			rheophil - B	lithophil	inverti / pisci	+	0
Marmorkarpfen (a)	X	ML - UL							
Meerforelle (WF)	+	OL - UL			rheophil - B	lithophil	inverti / pisci		1
Meerneunauge (WF)	+	UL			rheophil - B	lithophil	parasitär	+	1
Moderlieschen	+ X	ML - UL		+	limnophil	phytophil	planktivor		3
Plötze	+ X	OL - UL	+	+	eurytop	phyto-lithophil	omnivor		**
Quappe	+ X	ML - UL	hist.		rheophil - B	litho-pelagophil	inverti / pisci		2
Rapfen	+ X	ML - UL			rheophil - B	lithophil	piscivor	+	*
Regenbogenforelle (a)	X	OL - ML	+						
Rotfeder	+ X	OL - UL	+		limnophil	phytophil	omnivor		**
Schlammpeitzger	+ X	ML - UL			limnophil	phytophil	invertivor	+	3
Schleie	+ X	OL - UL	+	+	limnophil	phytophil	benthivor		**
Schmerle	+ X	OL - UL	+		rheophil - A	psammophil	invertivor		2
Silberkarpfen (a)	X	ML - UL							
Steinbeißer	+ X	OL - UL			rheophil - B	phytophil	invertivor	+	2
Stint	+ X	UL			eurytop	litho-pelagophil	planktivor		1
Stör (WF)	+	ML - UL			rheophil - B	lithophil (?)	benthivor	+	0
Ukelei	+ X	ML - UL	+	+	eurytop	phyto-lithophil	planktivor		*
Wels	+ X	OL - UL		+	eurytop	phytophil	piscivor		V
Zander	+ X	OL - UL	+		eurytop	phytophil	piscivor		V
Zusatz (WF)	+	UL			rheophil - A	lithophil	benthivor		1

Abb. 9 [45]

⁴⁵ Wasser- und Bodenverband Oberland Calau, Untersuchung der Funktionstüchtigkeit der Fischwanderhilfen an den



Abb. 10 Große Brennnessel [46]



Abb. 11 Flechte [47]



Abb. 11 Hufplattich [48]

Wehr-Standorten Hirschteich,[...], Endbericht S. 15

⁴⁶ Privat (Frieda Böttcher)

⁴⁷ Privat (Frieda Böttcher)

⁴⁸ Privat (Frieda Böttcher)

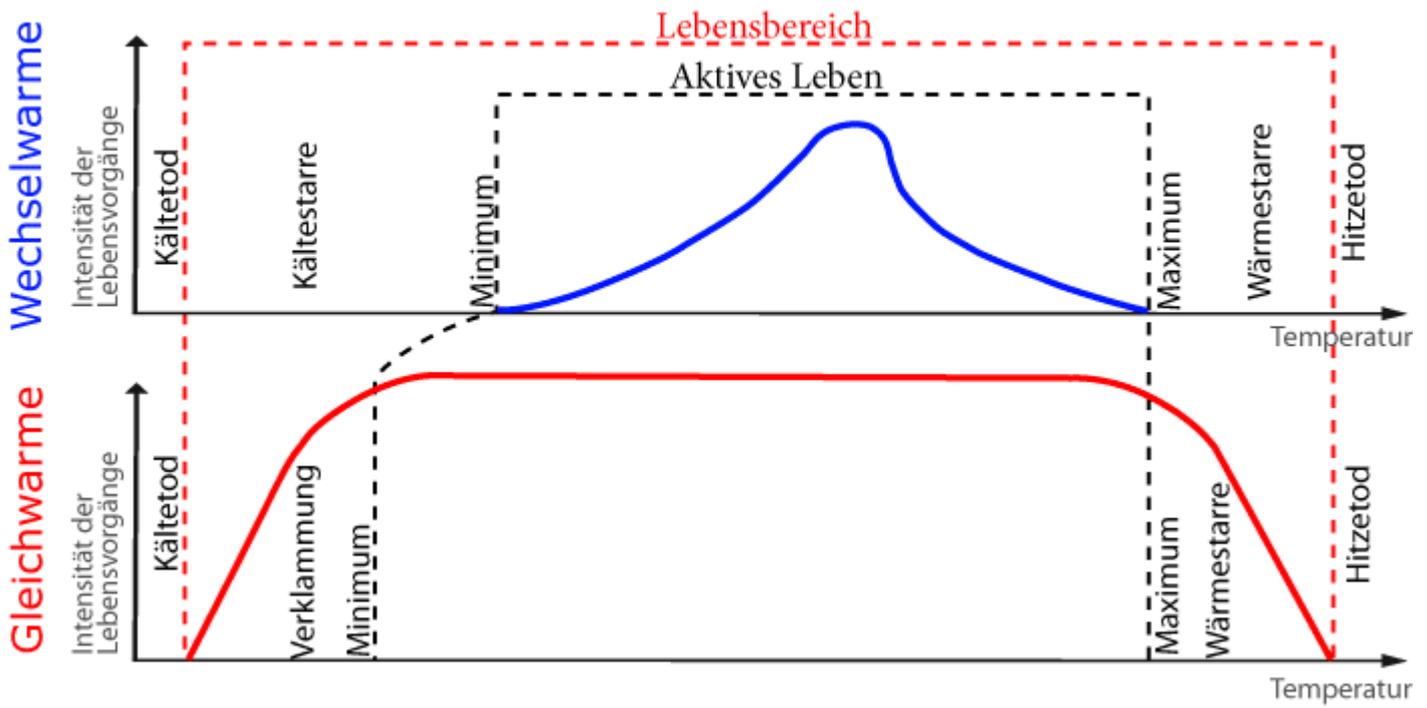


Abb. 12 Abhängigkeit gleichwarmer und wechselwarmer Tiere von der Temperatur [49]



Abb. 13 Pantoffeltierchen [50]



Abb. 14 Fadenwürmer [51]

⁴⁹ <http://www.philippauer.de/info/bio/wechselwarm-gleichwarm/temperatur-toleranzkurve.gif>

⁵⁰ Privat (Antonia Skorna)

⁵¹ Privat (Antonia Skorna)

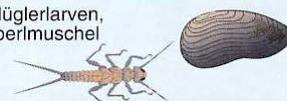
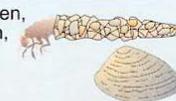
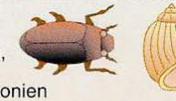
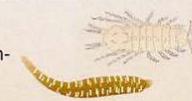
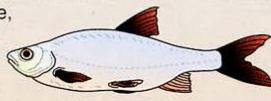
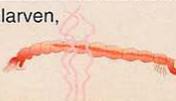
Güte- klasse	Grad der organischen Belastung	Chemische Parameter			wichtige Indikatororganismen	Fische
		BSB ₅ (mg/l)	N in NH ₄ ⁺ (mg/l)	O ₂ ⁻ Minima (mg/l)		
I	unbelastet bis sehr gering belastet	1	höchstens Spuren	> 8	Steinflüglerlarven, Flussperlmuschel 	Bachforelle 
I - II	gering belastet	1-2	um 0,1	> 8	Köcherflüglerlarven, Steinflüglerlarven, Strudelwürmer, Erbsenmuschel 	Äsche, Bachforelle 
II	mäßig belastet	2-6	< 0,3	> 6	Flussnapfschnecken, Eintagsflüglerlarven, Köcherflüglerlarven, Bachflohkrebse 	Barbe, Äsche, Hecht, Nase, Flussbarsch 
II - III	kritisch belastet	5-10	< 1	> 4	Egel, Schnecken, Moostierchen, Kleinkrebse, Grünalgenkolonien 	Aal, Karpfen, Schleie, Brachsen 
III	stark verschmutzt	7-13	0,5 bis mehrere mg/l	> 2	Wasserasseln, Rollegel, Wimpertierchen- kolonien, Schwämme 	Schleie, Plötze 
III - IV	sehr stark verschmutzt	10-20	mehrere mg/l	< 2	rote Zuckmückenlarven, Schlammröhren- würmer, Wimpertierchen 	
IV	übermäßig verschmutzt		mehrere mg/l	< 2	Schmutzpantoffel- tierchen, Schwefelbakterien, Geißeltierchen, Wimpertierchen 	

Abb. 15 Gewässergüteklassen

[52]

⁵² http://www.israng.ch/downloads/presentationen_pdf/oekologie.pdf ; S. 8

13. Quellen:

Internetquellen

http://www.schulnote.de/Ökosystem%20Fließgewässer_1336_hausaufgabe_referat.html
<http://files.schulbuchzentrum-online.de/onlineanhaenge/files/978-3-507-10914-8-2-1.pdf>
http://www.abiwissen.info/biologie_oekosysteme.html
<http://www.aquaristik-hilfe.de/chemie02.htm>
<http://www.lr-online.de/regionen/cottbus/Umleitungsstrecke-fuer-die-Spree;art1049,3291867>
<http://www.lr-online.de/regionen/luebben/Damit-auch-dicke-Fische-im-Priorgraben-wandern;art1058,3652053>
<http://www.naturschutzfonds.de/unsere-arbeit-fuer-die-natur/projektfoerderung/karte-foerderprojekte/cottbus/renaturierung-des-priorgrabens-cottbus.html>
<http://www.geodsz.com/deu/d/Eutrophierung>
<http://www.geodsz.com/deu/d/Umkippen>
http://m.schuelerlexikon.de/mobile_biologie/pH_Wert_als_abiotischer_Umweltfaktor.htm
http://www.bachpatenschaften.de/texte/31gewaesserguete_chemie.html
<http://www.buffa.de/wasserbedingungen.htm>
<http://nibis.ni.schule.de/~sts-hm/chemie/Downloads/Zur%20Bedeutung%20des%20pH-Werts.pdf>
<http://www.lavaris-lake.de/de/wasserparameter.html>
<http://www.hamburg.de/contentblob/135228/data/stickstoff.pdf>
<http://www.zbw-kleistschule.de/Guelpe/Chemie/mainframe.html>
<http://aquarienclub.de/wasserchemie/>
http://www.aquadisk-masuba.de/uploads/pics/Umrechnungstabelle-Wasserhaerte_02.gif
http://www.biu-hannover.de/wasser/leinewerkstatt/html/pflanzen_oberlauf.html
http://www.biu-hannover.de/wasser/leinewerkstatt/html/tiere_oberlauf_fische.html
<http://files.schulbuchzentrum-online.de/onlineanhaenge/files/978-3-507-10914-8-2-1.pdf>
<http://www.lerntippsammlung.de/-Oe-kosystem-Flie-ss-gew-ae-sser.html>
http://www.nid.bayern.de/hilfe/docs/Auswirkungen%20der%20Gew%C3%A4ssererw%C3%A4rmung-Literaturstudie%20LFU%20Bayern_Datum.pdf
http://www.schule.suedtirol.it/rg-bx/projekte/interne_proj/www.projektwasser1a%20neu/AnpassunganStr%C3%B6mung.htm
<http://www.tiere-online.de/fische/anatomie-und-physiologie/die-schuppen/>
<http://www.lawa.de/>
<http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/w/wasseruntersuchungen.htm>
<http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/b/bsb.htm>
http://wua-wien.at/home/index.php?option=com_content&task=view&id=490&Itemid=14
<http://www.verlustdernacht.de/fische.html>
<http://www.helldunkel.ch/inhalt.html>
<http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/biok/2990>
<http://www.renexus.de/artikel-3543-Selbstreinigung-eines-Fliessgewaessers.html>
<http://www.ahabc.de/focus/focus-12.html>
http://www.kifl.de/pdf/A_Flora.pdf
http://www.israng.ch/downloads/praesentationen_pdf/oekologie.pdf
http://m.schuelerlexikon.de/mobile_biologie/Stoffkreislauf_im_Oekosystem.htm
<http://hypersoil.uni-muenster.de/0/05/14.htm>
<http://hypersoil.uni-muenster.de/0/05/14.htm#Stickstoffkreislauf>
<http://hypersoil.uni-muenster.de/0/05/14.htm#Kohlenstoffkreislauf>
<http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/biok/3648>

Bücher

- ♣ 700 Jahre Kolkwitz, Geschichten einer Großgemeinde, Walter Bohg/Gerhard Zilz, Druckerei Schiemenz GmbH Cottbus (S. 27-29, 72-74)
- ♣ Ökologie – Materialien für den Sekundarbereich II · Biologie [Schroedel] S. 114

Sonstige Quellen

Material des Wasser- und Bodenverbands Oberland Calau

Michael Mucha

14. Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erklären wir, Frieda Böttcher und Antonia Skorna, dass wir die vorliegende Arbeit zum Thema „Langzeitbeobachtungen eines aquatischen Ökosystems bei Cottbus“ selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen Hilfsmittel als angegeben verwendet haben. Insbesondere versichern wir, dass wir alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht haben.

Ort, Datum:

Unterschrift:

Ort, Datum:

Unterschrift: