

Seminararbeit

aus dem Fach

Biologie

Wissenschaftspropädeutisches Seminar: ökologische Untersuchungen an der Ebersberger Weiherkette

Thema: Untersuchungen an einer ökologisch auffälligen Stelle der
Ebersberger Weiherkette

Verfasser: Elisabeth Hilger

Kursleiter: StRin Weidner

Abgabetermin: 04.11.14

Abgabe am:

Punktzahl für die schriftliche Arbeit (verdreifacht):

Punktzahl für die mündliche Prüfung (einfach):

Summe durch vier geteilt und Ergebnis gerundet ergibt

Gesamtpunktzahl (einfache Wertung): in Worten:

Gesamtnote (einfache Wertung): in Worten:

.....
(Unterschrift des Kursleiters)

Inhalt

1	Einleitung	4
2	Hauptteil	6
2.1	Beschreibung der Messstellen	6
2.2	Beschreibung der Methode	8
2.2.1	Multimeter	8
2.2.2	BSB5-Wert Bestimmung.....	9
2.2.3	Chemischer Index und Chemischer Parameter.....	10
2.3	Ergebnisse	12
2.3.1	Sauerstoffgehalt.....	12
2.3.2	pH-Wert	14
2.3.3	Leitfähigkeit.....	15
2.3.4	Temperatur	16
2.3.5	BSB5-Reihen.....	17
2.3.6	Chemische Parameter und Chemischer Index.....	22
2.3.7	Nachweisreaktionen	27
2.3.8	Kläranlage.....	32
2.4	Diskussion	34
2.4.1	PH-Wert.....	34
2.4.2	Leitfähigkeit.....	34
2.4.3	Sauerstoffgehalt.....	34
2.4.4	Wassertemperaturen.....	36
2.4.5	BSB5-Reihen.....	36
2.4.6	Chemische Parameter	39
2.4.7	Chemischer Index.....	41
2.4.8	Nachweisreaktionen	41
2.4.9	Kläranlage.....	42

2.5	Fehlerdiskussion.....	44
2.6	Zusammenfassung	45
2.7	Anhang	Fehler! Textmarke nicht definiert.
2.8	Abbildungsverzeichnis	Fehler! Textmarke nicht definiert.
2.9	Literaturverzeichnis	47
2.10	Ehrenwörtliche Erklärung	49
2.11	Danksagung.....	50
3	Schluss.....	51

1 Einleitung

Als nach dem Hochwasser im Jahr 2013 große Teile der Spree mit rot-braunen Schlamm überzogen waren, war die Aufregung groß: Durch die Ablagerung starben viele Pflanzen und Tiere, wie die grüne Flussjungfer oder Bachflohkrebse, in kürzester Zeit. Da sich der braune Schlamm auf den Pflanzen und am Boden lebenden Tieren absetzt, sterben diese ab, sodass größeren Tieren wie Karpfen die Nahrungsgrundlage fehlt. Folglich verhungern auch diese Tiere. Durch die anschließenden Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass es sich bei dem rot-braunen Schlamm um Eisenhydroxid aus dem alten Braunkohletagebau handelt. Als im Spreegebiet zu DDR-Zeit Braunkohle zwischen 1960 und 1970 gefördert wurde, hat man das Grundwasser in den Gruben abgesenkt. In der Folge wurden in den Gruben Eisenvorkommen freigelegt. Diese oxidierten in der feuchten, kohlehaltigen Luft zum Eisenhydroxid. Nach Stilllegung des Braunkohleabbaus stieg das Grundwasser wieder an und schwemmte nach und nach das Eisenhydroxid an die Oberfläche und anschließend in die Spree. Das Hochwasser 2013 hat diesen Prozess zusätzlich verstärkt. In der Spree setzte sich das rotbraune Eisenhydroxid auf den Pflanzen ab und führte zu deren Absterben und in der Folge zum Absterben vieler anderer Organismen aufgrund der fehlenden Nahrung im Wasser. [10] Mittlerweile wurden große Absatzbecken angelegt, in denen sich der Schlamm absetzen kann, der anschließend ausgebaggert wird. Dies bekämpft aber nicht die Ursache des Eisenhydroxids, sodass die Spree auch weiterhin mit dieser Belastung zu kämpfen haben wird. [3]



Abb. 1: Kahnfährmann auf der rotbraun verfärbten Spree
(Bildquelle: www.pnn.de, 16.02.13)

Als Anfang 2013 das wissenschaftspropädeutische-Seminar rund um die Ebersberger Weiherkette von Frau Weidner, die eine Lehrerin am Gymnasium Grafing ist und die dieses Seminar leitet, vorgestellt wurde, fielen mir sofort einige Bilder der ökologisch auffälligen Stelle auf. Frau Weidner hat die Stellen mit Schülern des vorangegangenen Seminars Ende 2012 zufällig am Auslauf des Egglburger Sees entdeckt. Sofort war meine Neugier geweckt und ich wollte herausfinden, um welche Art von Schlamm es sich handelt und worin seine Ursachen liegen. Ähnlich wie in der Spree, waren in der ökologisch auffälligen Stelle der Weiherkette kaum Organismen vorhanden und der rot-

braune Schlamm war im gesamten Wasser der zu untersuchenden Stelle zu finden. Die Ursache für dieses Phänomen herauszufinden, reizte mich. Da diese ökologisch auffällige Stelle aber erst Ende 2012 gefunden worden war, stand außer einer von der Stadt Ebersberg in Auftrag gegebene Laboruntersuchung kein weiteres Vorwissen zur Verfügung. Ich entschied ich mich bewusst für diese Aufgabe, obwohl am Anfang weder Vorgehensweise noch das zu erwartende Ziel in irgendeiner Weise einzuschätzen waren und möglicherweise gar kein Ergebnis zustande kommen könnte.

Gemeinsam mit der Seminarleitung wurde nach und nach ein Konzept zur Analyse der ökologisch auffälligen Stelle entwickelt, um das Ziel, die Erforschung der Ursachen und der Konsequenzen des rotbraunen Schlamms, zu erreichen. Da diese arbeitsintensive Aufgabe nicht von einem Schüler alleine erfüllt werden konnte, wurden die Untersuchungen in einer Zusammenarbeit zwischen der Autorin dieser Arbeit und der Schülerin Anna-Maria Riedmaier durchgeführt. Die beiden Arbeiten können sich also überschneiden. Von September 2013 bis Anfang 2014 wurde ein erstes vorläufiges Konzept zur Untersuchung des ökologisch auffälligen Stelle entwickelt, von Januar 2014 bis Juli 2014 wurden dann regelmäßig Messungen und Untersuchungen durchgeführt. Bis Oktober 2014 wurden einzelne verschiedenen Aspekte noch genauer untersucht, sodass insgesamt drei Monate theoretisch und anschließend 10 Monate vertieft praktisch an diesem Thema gearbeitet worden ist. Das genaue Vorgehen bei der Analyse der ökologisch auffälligen Stelle wird auf den folgenden Seiten detailliert dargestellt und erläutert.

2 Hauptteil

2.1 Beschreibung der Messstellen

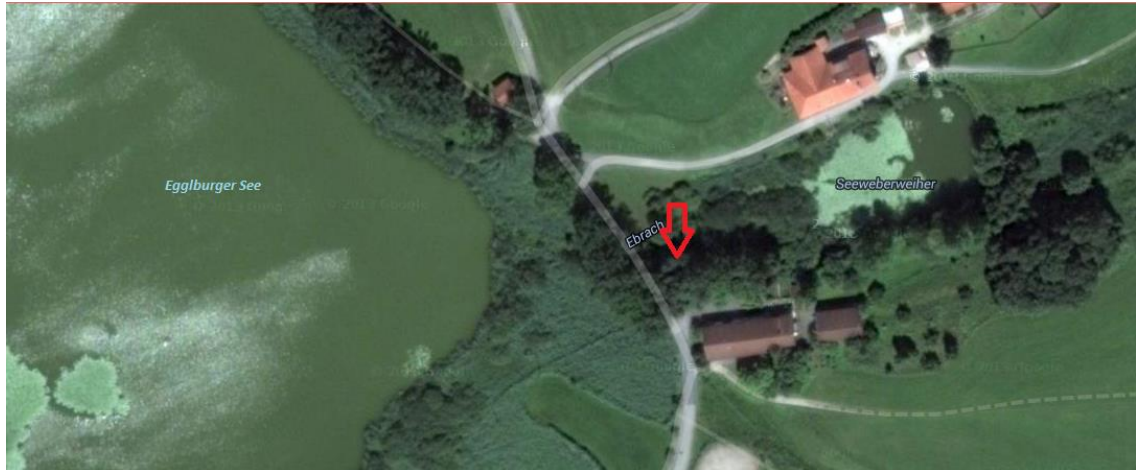


Abb. 2: Luftbild Eglburger See/ Seeweber Weiher, Google Earth-Aufnahme vom 26.07.14
(Bildquelle: Google)

Die ökologisch auffällige Stelle liegt südlich vom Auslauf des Eglburger Sees, der Teil der Ebersberger Weiherkette ist, vor dem Seeweber Weiher. Das Gewässer befindet sich in einer Senke vor einem Hang und ca. zwei Meter unterhalb des Wasserspiegels des Eglburger Sees. Oberhalb des Hangs, der von vielen Bäumen gesäumt ist, steht ein Haus.

Die zu untersuchende Stelle besitzt eine L-Form. Im Januar 2014 hatte die auffällige Stelle folgende Maße: ca. vier Meter Länge, ca. einen Meter Breite und ca. 20 Zentimeter Tiefe. Die Maße veränderten sich im Laufe der Monate immer wieder, abhängig von Wasserstand, Fließgeschwindigkeit und Wetter, sodass es zu Abweichungen bei den Maßen von bis zu 20 cm kam.

Zur Messung der physikalischen Parameter wurden zu Beginn des Jahres 2014 drei Messstellen ausgewählt: Die Messstelle 1 liegt am östlichsten von den drei Messstellen, neben Messstelle 2, am Ende des Knicks. Diese Stelle ist meist mit einer dünnen Schicht des rot-braunem Schlammes bedeckt. Hier fließt kaum Wasser, der Wasserstand ist eher niedrig und es ist um diese Stelle herum sehr sumpfig. Interessant schien an dieser Stelle, wie sich der rot-braune Schlamm bei geringer Fließgeschwindigkeit entwickelt. Mitte Juli 14 trocknete Messstelle 1 aus, sodass dort ab diesem Zeitpunkt keine Messungen mehr durchgeführt werden konnten.

An der Messstelle 2, die direkt im Knick liegt, tritt das Wasser aus dem Boden hervor, wobei hier in den letzten Monaten immer weniger rotbrauner Schlamm als an Messstelle 3 zu sehen war. Diese Stelle wurde ausgewählt, um zu untersuchen, wie hoch Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt des austretenden Wassers sind, um Rückschlüsse auf die Ursachen des rotbraunen

Schlammes ziehen zu können. Es wurde nämlich angenommen, dass sich im aus dem Boden tretenden Wasser die optimalen Bedingungen zur Entwicklung der Organismen finden. Die Messstelle 3 liegt kurz vor der Mündung in den Auslauf des Egglburger Sees. An dieser Stelle waren stets die höchste Fließgeschwindigkeit des Wassers und der meiste Schlamm vorzufinden. Diese Stelle war wichtig, da hier festgestellt werden konnte, unter welchen Bedingungen der Schlamm am besten gedeiht. Da hier im Vergleich zu den anderen Messstellen die meisten rotbraunen Ausflockungen zu finden waren, ist davon auszugehen, dass sich an dieser Messstelle bessere Überlebensbedingungen finden.

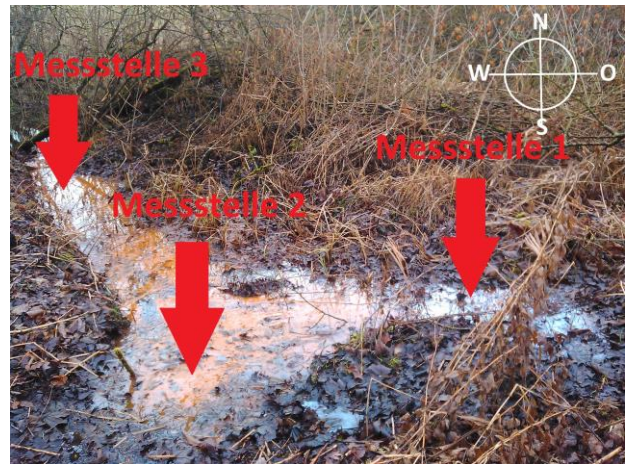


Abb. 3: ökologisch auffällige Stelle, Handyaufnahme vom 19.01.14 (Bildquelle: Elisabeth Hilger)

2.2 Beschreibung der Methode

2.2.1 Multimeter



Abb. 4: Multimeterkoffer mit Sonden, Handyaufnahme vom 23.09.14 (Bildquelle: Barbara Sigl)

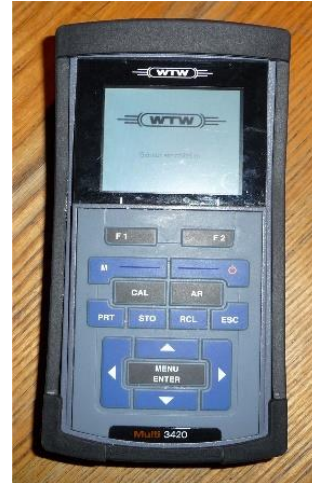


Abb. 5: Handmessgerät, Handyaufnahme vom 23.09.14 (Bildquelle: Barbara Sigl)

Zur Bestimmung des Sauerstoffgehalts, der Leitfähigkeit und des pH-Werts wurde ein Multimeter-Messkoffer verwendet. In diesem befinden sich neben dem Handmessgerät jeweils eine Sonde für Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit und pH-Wert. Bei einer Messung können maximal zwei Sonden gleichzeitig mit dem Messgerät verbunden werden, da nur zwei Anschlüsse vorhanden sind. Wichtig ist, dass die Sonden während des Messverfahrens ausreichend tief im zu messenden Wasser sind und die Sauerstoffsonde während der Messung bewegt wird.

Neben der Temperatur werden im Display der pH-Wert, die Leitfähigkeit in „ $\mu\text{s}/\text{cm}$ “ und der Sauerstoffgehalt in „mbar“, „%“ und „mg/l“ angegeben. Die pH-Sonde muss außerhalb der Messungen luftdicht in einer Kaliumchlorid-Lösung aufbewahrt werden, da sonst die Glasmembran der Sonde zerstört wird. Dieser Koffer war für diese Arbeit sehr wichtig und wurde im Laufe der Monate oft verwendet, da die physikalischen Parameter von Grund auf ohne Vergleichswerte oder ähnliches erarbeitet werden mussten. Außerdem wurde beim BSB5-Wert der Sauerstoffgehalt mit Hilfe dieses Koffers gemessen.

2.2.2 BSB5-Wert Bestimmung

Des Weiteren wurde die Methode des soeben angesprochenen BSB5-Wertes behandelt. Der Wert gibt die Menge an Sauerstoff an, die Organismen im Wasser bei 20°C und unter Verdunkelung innerhalb von fünf Tagen verbrauchen.

Bei der BSB5-Wert Bestimmung wird Wasser aus der zu untersuchenden entnommen und in Karlsruher Flaschen gefüllt. Anschließend wird ein Magnetrührstäbchen (Rührfisch) in die Flasche gegeben und der Sauerstoffgehalt gemessen. Die Flasche wird luftdicht verschlossen und wird beschriftet mit: Ansatz, Verdünnung und (bei



Abb. 6, Karlsruher Flaschen, Handy-aufnahme vom 10.07.14 (Bildquelle: Elisabeth Hilger)

Die Flasche wird luftdicht verschlossen und wird beschriftet mit: Ansatz, Verdünnung und (bei Doppelbestimmungen) mit 1 oder 2. Um zu verhindern, dass Sauerstoff aus der Luft in die Karlsruher Flasche gelangt, und dadurch das Ergebnis verfälscht, gibt man etwas Wasser in den überstehenden Rand, sodass bei Unterdruck in der Flasche zuerst Wasser und keine Luft angezogen wird. Die Flaschen werden auf einer Magnetrührplatte in einem verdunkelten Wärmeschrank gestellt, der konstant eine Temperatur von 20°C hat. Durch die Verdunkelung wird sichergestellt, dass autotrophe Organismen keinen Sauerstoff mehr produzieren, sondern (wie heterotrophe Organismen) Sauerstoff zehren. (Autotrophe Organismen sind Lebewesen, die ihre Nahrung selbst z.B. durch Photosynthese herstellen können). Nach fünf Tagen misst man den Sauerstoffgehalt wieder und berechnet die Differenz von dem Sauerstoffgehalt vorher und nachher. Diese Differenz wird als BSB5-Wert bezeichnet. Ein niedriger BSB5-Wert ist ein Indikator für gute Wasserqualität; je höher der BSB5-Wert ist, desto schlechter ist die Gewässergüte, das heißt umso mehr Organismen sind im Wasser enthalten. Liegt eine verdünnte Probe vor, multipliziert man die Differenz des Sauerstoffgehalts mit dem Nenner der Verdünnung und zieht anschließend den Leerwert des Verdünnungsmediums ab. Dafür muss also immer eine Probe des als Verdünnungsmittel eingesetzten Wassers mit angesetzt werden, weil dessen BSB5-Wert als Leerwert dient. Um Fehler zu vermeiden, werden immer Doppelbestimmungen angesetzt (d.h. zwei Karlsruher Flaschen mit gleichem Ansatz/ Verdünnung) sodass mit dem Mittelwert der Differenzen gearbeitet wird. Insgesamt ist der BSB5-Wert ein wichtiger Richtwert zur Beurteilung der Wasserqualität. Speziell bei dieser Arbeit ist der BSB5-Wert ein wichtiges Hilfsmittel, um festzustellen, ob und wie viele lebende Organismen im Wasser enthalten sind. [5]

2.2.3 Chemischer Index und Chemischer Parameter

Indexzahl	Gewässergüte	Beurteilung
100 – 83	I	unbelastet
82 – 74	I – II	gering belastet
73 – 56	II	mäßig belastet
55 – 45	II – III	kritisch belastet
44 – 27	III	stark verschmutzt
26 – 18	III – IV	sehr stark verschmutzt
17 - 0	IV	verödet

Abb. 7: Beurteilung der Gewässergüte anhand des CI (Quelle: www.hschockor.de, am 26.07.14)

Der Chemische Index, kurz CI, ist eine Messgröße, die sich aus verschiedenen Parametern zusammensetzt und zur Beurteilung der Wasserqualität dient. Den Chemischen Index erhält man, wenn man die Werte von Wassertemperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt (im Wasser), Nitrat, Ammonium, Phosphat, BSB5-Wert und Leitfähigkeit sammelt, anhand entsprechender Tabellen den jeweiligen Subindex (dimensionslose Zahl zwischen 0 und 100) abliest [J] und diesen Subindex mit den vorgegebenen Exponenten potenziert. Abschließend multipliziert man diese Werte und erhält dann einen Wert zwischen 0 und 100. [5]

Eine hohe Bewertungszahl weist auf einen guten chemischen Gütezustand hin, eine niedrige Bewertungszahl weist auf einen schlechteren chemischen Gütezustand des Wassers hin. (siehe Abb.7) Schlecht bedeutet in diesem Falle ein Belastung des Wassers durch entweder eine zu hohe Temperatur, zu viele Organismen (hoher BSB5-Wert), viele gelöste Salze (Leitfähigkeit), saures oder basisches Milieu (pH-Wert) oder eine zu hohe Ionenkonzentration (Ammonium-, Nitrat- oder Phosphat-Ionenkonzentration). Der Chemische Index ermöglicht auch eine Aussage über die Gewässergüteklasse, wobei auch hier gilt:

Je höher der Index, desto besser die Gewässergüte. [6]

Zusätzlich wurde auch mit den chemischen Parametern gearbeitet, wobei man sich auf die wichtigsten Ionen zu Beurteilung des Gewässerzustandes (Ammonium-, Nitrat- und Phosphat-Ionen) beschränkte.

Ammonium-Ionen können von Organismen im Wasser unmittelbar und sehr gut aufgenommen werden und werden dann verstoffwechselt. Eine zu hohe Ammonium-Ionen-Konzentration kann zu einem kurzfristigen, extremen Algenwachstum führen.

Beim Absterben der Algen und bei der anschließenden Zersetzung der toten Biomasse unter Sauerstoffverbrauch kann es zum „Umkippen“ des Gewässers kommen.

Nitrat steht den Organismen im Wasser direkt zu Verfügung, wenn auch etwas schlechter, als das oben angesprochene Ammonium. Ist der Nitratgehalt zu hoch, fördert dies das Pflanzen- und Algenwachstum. Im Extremfall kann dies zum Umkippen des Gewässers unter Ausbildung eines Fäulnismilieus während der aeroben Zersetzung der vielen toten Biomasse führen.

Auch Phosphat-Ionen sind im Wasser direkt für Lebewesen verfügbar und werden sehr schnell gebunden, vor allem von Algen. Hohe Phosphatgehalte werden häufig durch landwirtschaftliche Düngung verursacht und führen – ähnlich wie beim Ammonium und Nitrat – zum Umkippen des Gewässers (Phosphatfalle).

Messung der Ionen

Die oben genannten Ionen wurden mit Hilfe eines Photometers sowie verschiedenen Puffern und Reagenzien gemessen. Dabei wird die zu untersuchende Wasserprobe in eine Küvette gegeben und nach einer für die jeweiligen Ionen spezifischen Anleitung mit den Puffern und Reagenzien versetzt. Für jedes Ion müssen nämlich andere Reagenzien mit verschiedenen Wartezeiten zugegeben werden, was aber in der Anleitung des Photometers genau nachgelesen werden kann. Um nun die Konzentration der Ionen zu bestimmen, wird im Photometer Licht einer bestimmten Wellenlänge durch die Küvette mit wässriger Messlösung gesendet. Die Ionen in der Lösung absorbieren einen Teil des Lichts, das durchgehende Licht hingegen wird in einer lichtempfindlichen Zelle (Detektor) gemessen und in ein elektrisches Signal umgewandelt. Abhängig von der Absorptionskonstante ϵ des Moleküls und der Küvettdichte kann anschließend die Konzentration der zu untersuchenden Ionen berechnet werden.

2.3 Ergebnisse

Von Mitte Januar bis Ende Juli wurden regelmäßig die physikalischen Parameter an den drei Messstellen mit dem Multimeter-Messkoffer bestimmt. Für Messstelle 1 fehlen die physikalischen Parameter am 22.7.14, da zu diesem Zeitpunkt diese Messstelle ausgetrocknet war.

2.3.1 Sauerstoffgehalt

Für den Sauerstoffgehalt im Verlauf dieser Monate ergeben sich folgende Tabellen:

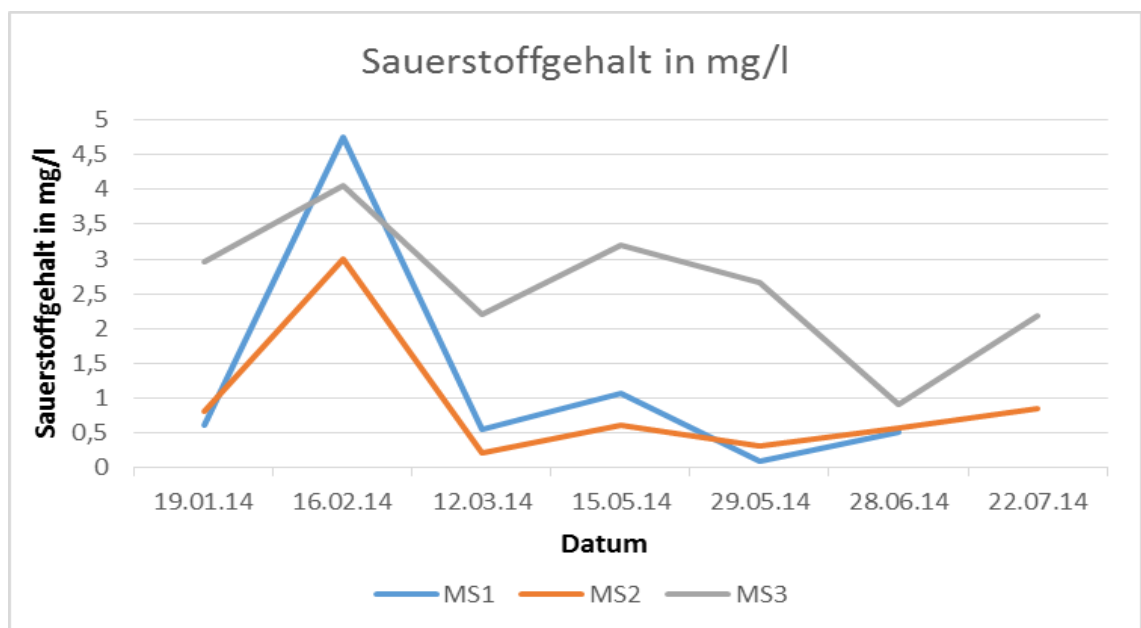


Abb. 8: Sauerstoffgehalt in mg/l im Jahresverlauf, Exceldatei vom 07.10.14, Bildquelle: Elisabeth Hilger

Das obige Diagramm zeigt den Sauerstoffgehalt in mg/l an den Messstellen 1, 2 und 3 vom 19.01.14 bis 22.07.14. Der blaue Graph stellt dabei Messstelle 1, der orange Graph Messstelle 2 und der graue Graph Messstelle 3 dar.

Der Graph von Messstelle 1 (blau) schwankt etwa zwischen 0,5 und 1 mg/l und der Graph von Messstelle 2 (orange) zwischen 0,2 und 0,9 mg/l (mit Ausnahme der zweiten Messung am 10.02.14). Der Sauerstoffgehalt an diesen beiden Messstellen ist also annähernd gleich.

Der Graph von Messstelle 3 (grau) weist hingegen deutlich die größten Differenzen von 0,9 bis 4,06 auf und der Sauerstoffgehalt liegt außer am 16.02.14 immer über den von Messstelle 1 und 2. Auffällig bei allen drei Graphen ist der Ausschlag des Sauerstoffgehalts am 16.02.14, der bei der ersten Messstelle 4,75 mg/l, bei der zweiten Messstelle 3 mg/l und bei der dritten Messstelle 4,06 mg/l beträgt. Somit ist an

diesem Messtag der Sauerstoffgehalt an der ersten Messstelle höher als an der dritten Messstelle.

Im Folgenden wird der Sauerstoffgehalt der drei Messstellen in % und mbar nochmals graphisch dargestellt.

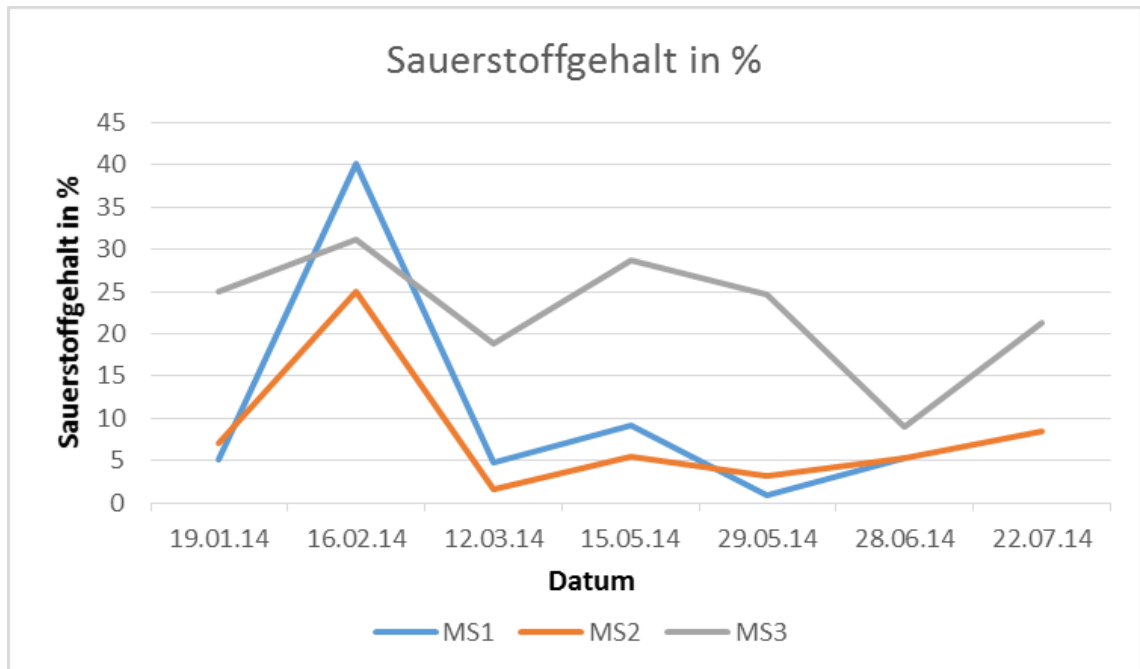


Abb. 9: Sauerstoffgehalt in % im Jahresverlauf, Exceldatei vom 07.10.14, Bildquelle: Elisabeth Hilger

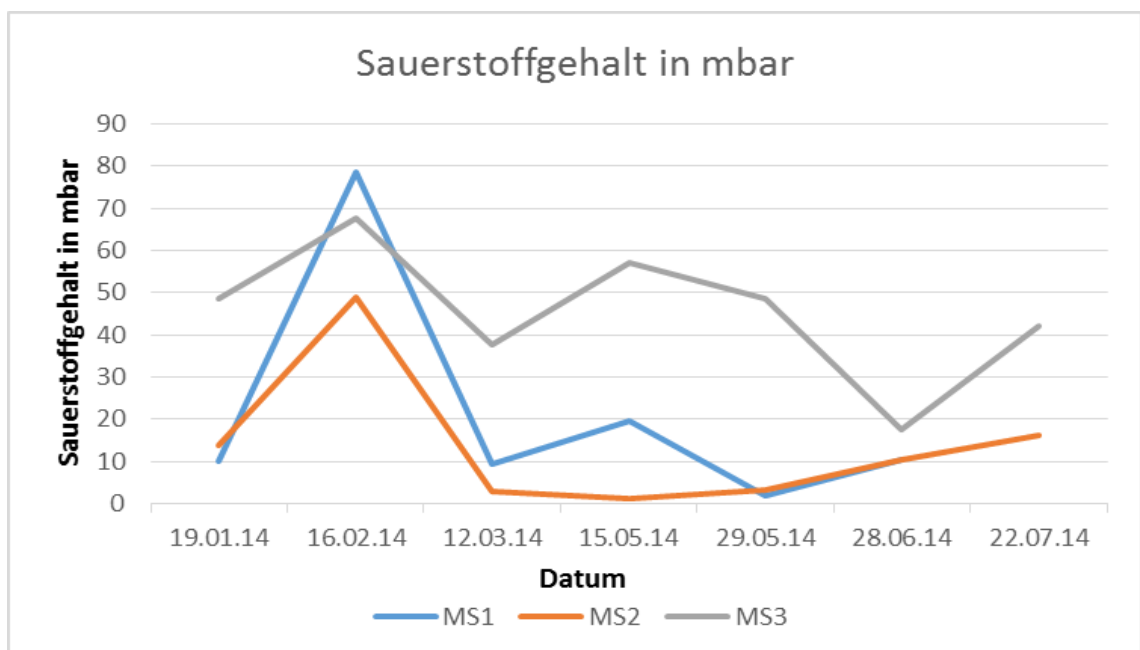


Abb. 10: Sauerstoffgehalt in mbar im Jahresverlauf, Exceldatei vom 07.10.14, Bildquelle: Elisabeth Hilger

2.3.2 pH-Wert

Neben dem Sauerstoffgehalt wurde auch der pH-Wert an den drei Messstellen vom 19.01.14 bis 22.07.14 gemessen und ist in folgendem Diagramm dokumentiert:

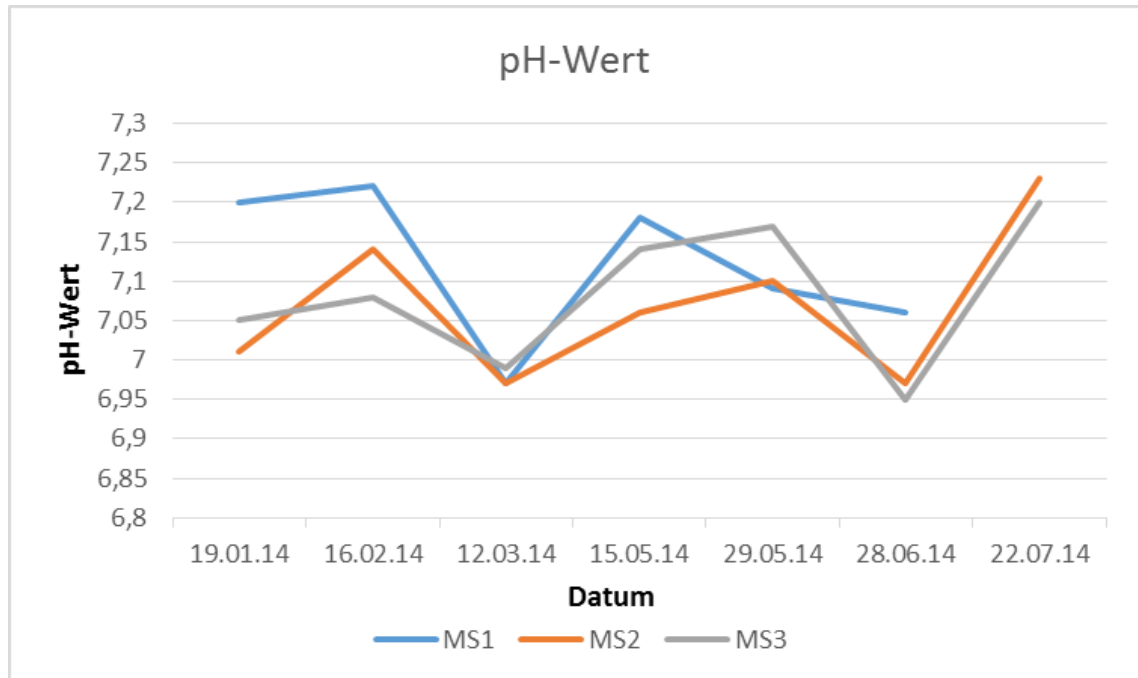


Abb. 11: pH-Wert im Jahresverlauf, Exceldatei vom 07.10.14, Bildquelle: Elisabeth Hilger

Der pH-Wert der durch den blauen Graphen dargestellten Messstelle 1 schwankte von Januar bis Ende Juni zwischen 7,2 und 6,97. Im Juli konnte kein pH-Wert gemessen werden, da zu diesem Zeitpunkt die Messstelle 1 fast komplett ausgetrocknet war. Der Graph der Messstelle 2 (orange) zeigt, dass hier ebenfalls der pH-Wert zwischen 6,97 und 7,2 schwankt. Auch bei Messstelle 3 (grau) schwankt der pH-Wert. Insgesamt sind sich die pH-Werte der unterschiedlichen Messstellen immer sehr ähnlich, auffällig sind die Schwankungen am 12.03.14 und 28.06.14, bei denen der pH-Wert aller Messstellen (Ausnahme Messstelle 1 am 28.06.14) unter 7,0 liegt. Insgesamt handelt es sich hier aber um minimale Schwankungen um 7,0, was auf ein neutrales Milieu schließen lässt.

2.3.3 Leitfähigkeit

Außerdem wurde auch die Leitfähigkeit bei den drei Messstellen bestimmt und im nachfolgenden Diagramm visualisiert.

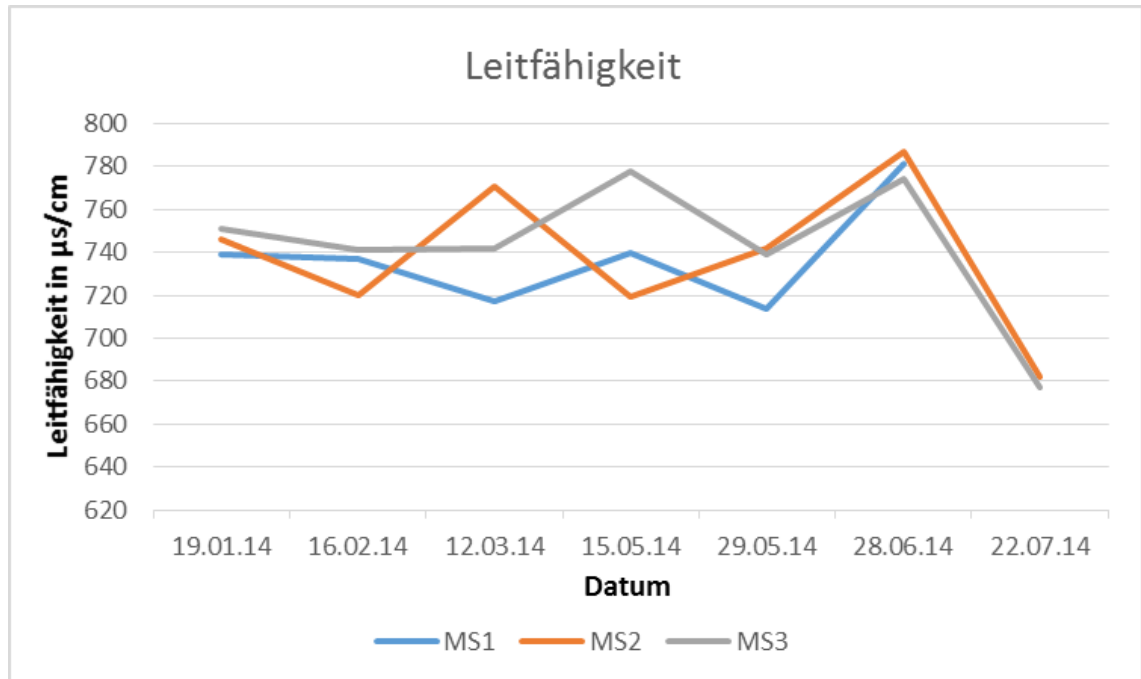


Abb. 12: Leitfähigkeit in $\mu\text{s/cm}$ im Jahresverlauf, Exceldatei vom 07.10.14, Bildquelle: Elisabeth Hilger

Die Leitfähigkeit schwankte von Januar bis Ende Juni bei allen drei Messstellen zwischen 677 und 781 $\mu\text{s/cm}$: Messstelle 1 hat dabei eine niedrigere Leitfähigkeit zwischen ca. 720 und 740 $\mu\text{s/cm}$, erst am 28.06.14 ist ein Ausschlag von 781 $\mu\text{s/cm}$ zu bemerken. Am 22.07.14 fehlt aufgrund der Austrocknung hier ebenfalls ein Wert. Die Messstelle 2 weist die größten Schwankungen von 719 bis 787 $\mu\text{s/cm}$ auf, bei Messstelle 3 variiert der pH-Wert von 739 bis 778 $\mu\text{s/cm}$. Auffällig ist die niedrige Leitfähigkeit von Messstelle 2 und 3 am 22.07.14 von 682, bzw. 677 $\mu\text{s/cm}$.

2.3.4 Temperatur

Neben den physikalischen Parametern wurden auch bei jeder Messung die Temperatur der jeweiligen Messstellen und die Außentemperatur bestimmt.

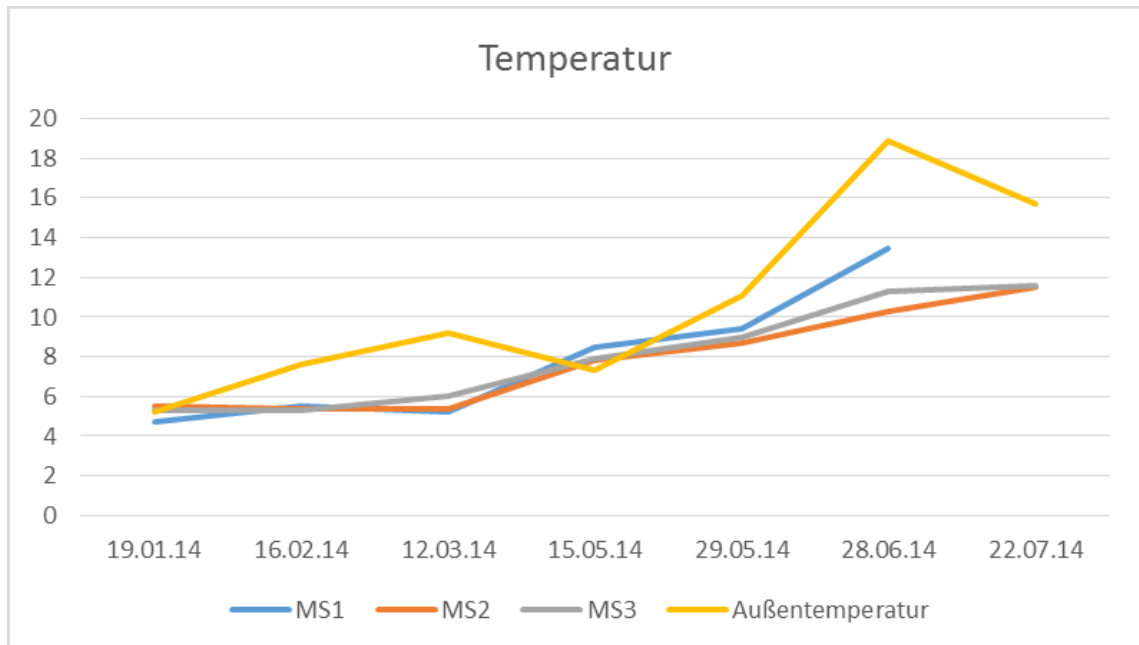


Abb. 13: Temperatur in °C im Jahresverlauf, Exceldatei vom 07.10.14, Bildquelle: Elisabeth Hilger

In Abbildung 13 man klar erkennen, dass die Temperaturen der verschiedenen Messstellen sich am jeweiligen Messtag kaum unterscheiden. Im Lauf der Monate von Januar bis Juli steigt dabei die Temperatur stetig von anfangs ca. 4,7°C auf bis zu 11,6°C. Auffällig ist auch, dass die Außentemperatur immer höher als die Wassertemperatur ist. Einzige Ausnahmen sind der 19.01.14, an dem die Außentemperatur (5,2°C) gleich der Wassertemperatur ist (ca. 5,1°C), und der 15.05.14, wobei hier die Außentemperatur (7,3°C) sogar niedriger als die Wassertemperatur ($\approx 8,1^\circ\text{C}$) ist.

2.3.5 BSB5-Reihen

Aufgrund des hohen Arbeitsaufwands und auf ausdrückliche Empfehlung der Seminarleitung wurden die BSB5-Reihen in Zusammenarbeit mit Anna-Maria Riedmaier erstellt und ausgewertet.

Insgesamt wurden vier BSB5-Reihen mit jeweils verschiedenen Ansätzen und Verdünnungen angesetzt, die mit folgenden Diagrammen näher erläutert werden.

Sämtliche Diagramme wurden vom Verfasser (Elisabeth Hilger) erstellt.

a.) Bei der ersten BSB5-Reihe wurde das Wasser aus der zu untersuchenden Stelle, das am 20.03.14 entnommen worden war, mit Leitungswasser verdünnt. Um den BSB5-Wert im Anschluss bestimmen zu können, musste auch das reine Leitungswasser angesetzt werden. Bei jedem Ansatz wurde mit Doppelbestimmungen gearbeitet und als endgültige Differenz wurde der Mittelwert beider Differenzen verwendet.

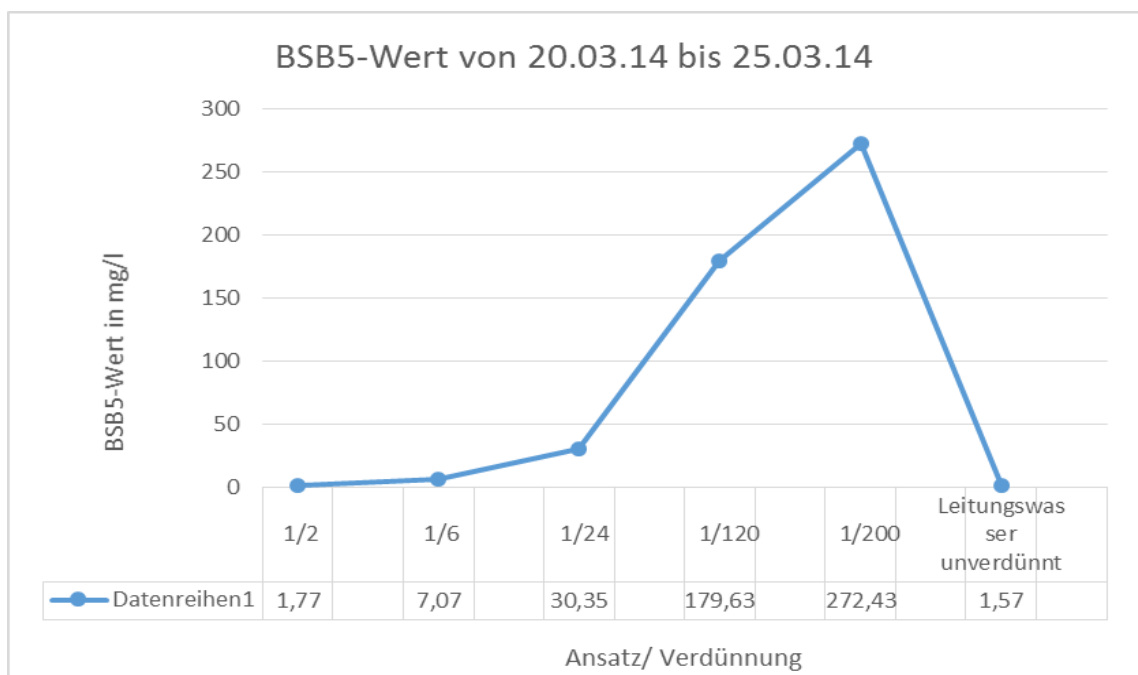


Abb. 14 : BSB5-Reihe vom 20.03.14 bis 25.03.14, Exceldatei vom 27.07.14

Das Diagramm Abb. 14 zeigt die BSB5-Werte der BSB5-Reihe vom 20.03.14 bis 25.03.14 mit den Verdünnungen 1:2, 1:6, 1:24, 1:120, 1:200 und reinem Leitungswasser. Hierbei ist klar zu erkennen, dass der BSB5-Wert mit einem kleiner werdenden Verdünnungsfaktor steigt.

Somit ist der Wert bei geringen Verdünnungen wie auch bei reinem Leitungswasser (1,57mg/l) eher klein, bei der stärksten Verdünnung (1:200) erreicht er den höchsten Wert (272,43).

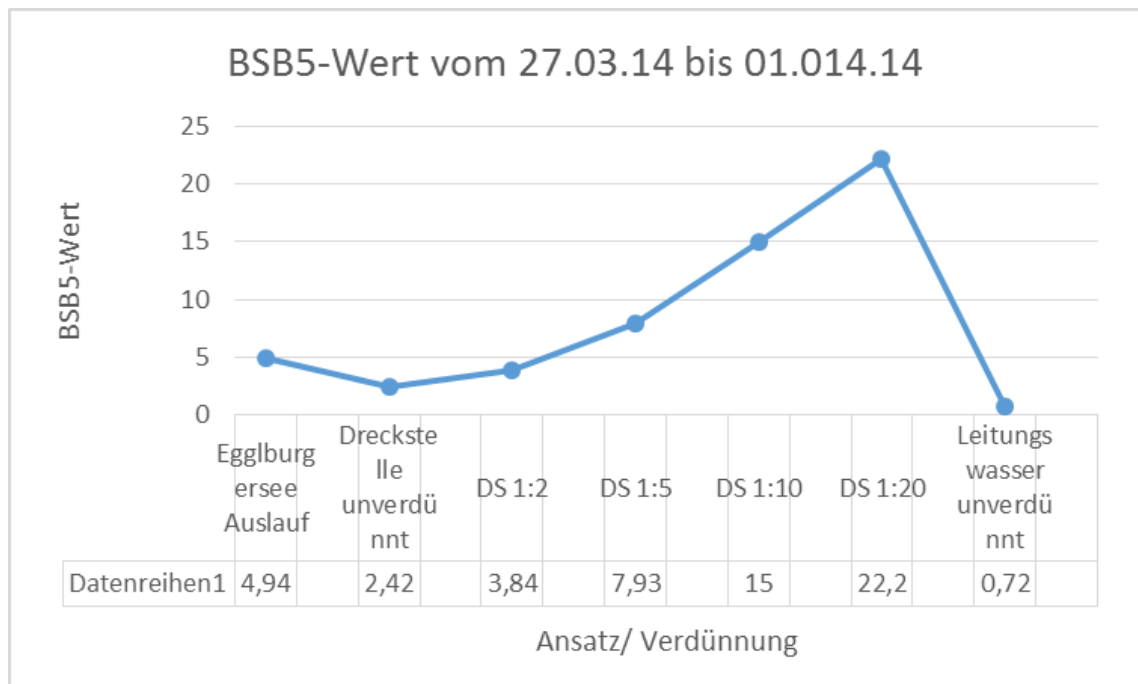


Abb. 15: BSB5-Reihe vom 27.03.14 bis 01.04.14, Exceldatei vom 27.07.14

b.) Abbildung 15 beschreibt die BSB5-Werte der Versuchsreihe vom 27.03.14 bis 01.04.14. Auch bei dieser Reihe wurde das Wasser an dem Tag, an dem die BSB5-Reihe angesetzt wurde, entnommen und es wurde mit Doppelbestimmungen gearbeitet. Als Abkürzung wurde die ökologisch auffällige Stelle im Diagramm mit „DS“ abgekürzt.

Hier wurde das Wasser der zu untersuchenden Stelle, wie bereits bei der ersten BSB5-Reihe, mit Leitungswasser im Verhältnis 1:2, 1:5, 1:10 und 1:20 verdünnt. Neben dem reinen Leitungswasser wurde auch Wasser aus dem Auslauf des Egglburger Sees und der auffälligen Stelle unverdünnt angesetzt. Man kann sehen, dass die unverdünnte Probe des Leitungswassers den niedrigsten BSB5-Wert von 0,72 aufweist. Der Wert des Egglburger Sees ist mit 4,94 mehr als doppelt so hoch, wie der BSB5-Wert der unverdünnten Versuchsstelle mit 2,42. Auch hier steigt der BSB5-Wert mit zunehmender Verdünnung an und erreicht bei der höchsten Verdünnung von 1:20 einen BSB5-Wert von 22,18.

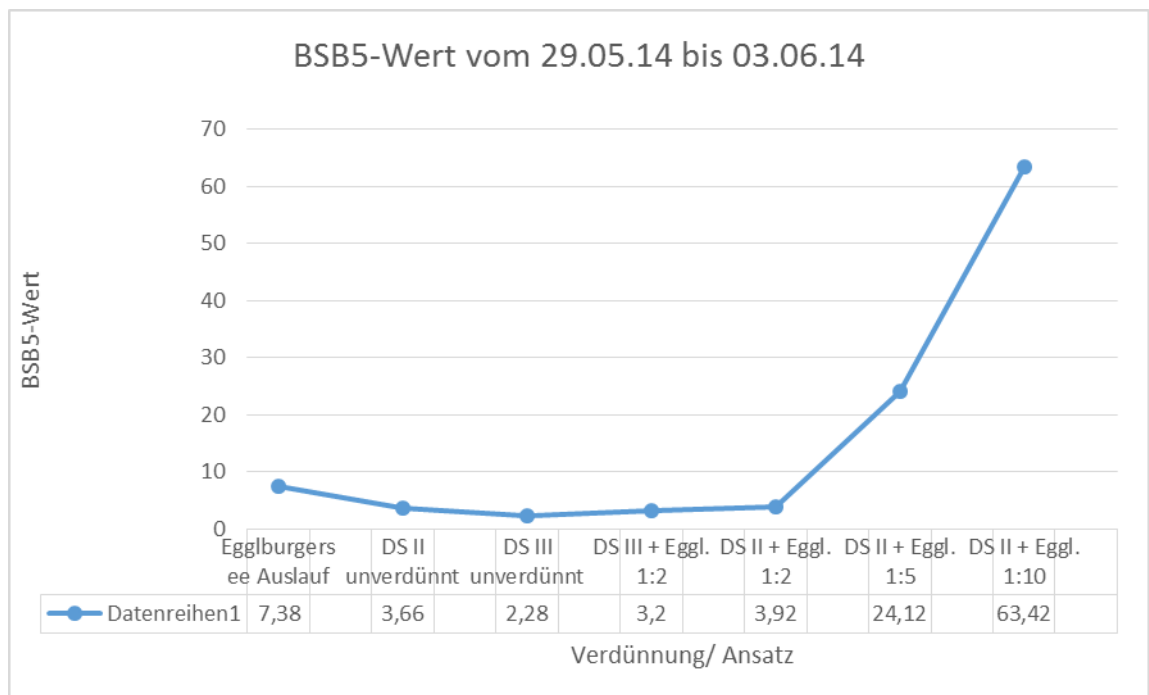


Abb. 16: BSB5-Reihe vom 29.05.14 bis 03.06.14, Exceldatei vom 27.07.14

c.) In der dritten BSB5-Reihe vom 29.05.14 bis 03.06.14 wurde das Wasser aus der Versuchsstelle wieder an dem Tag entnommen, an dem die BSB5-Reihe angesetzt wurde, und es wurde wieder mit Doppelbestimmungen gearbeitet. Zudem wurde Wasser bei der Versuchsstelle an zwei unterschiedlichen Stellen entnommen, nämlich an Messstelle 2 („DS II“) und 3 („DS III“). Im Unterschied zu den ersten beiden Versuchsreihen wurde das Wasser aus der ökologisch auffälligen Stelle mit Wasser aus dem Auslauf des Egglburger Sees im Verhältnis von 1:2, 1:5 und 1:10 verdünnt. Wasser aus der Messstelle 2 wurde unverdünnt und in den eben genannten Verdünnungen angesetzt; die Wasserprobe aus der Messstelle 3 wurde nur unverdünnt und im Verhältnis 1:2 mit Egglburger See-Wasser angesetzt. Um den BSB5-Wert ausrechnen zu können wurde unverdünntes Egglburger See-Wasser als Leerwert angesetzt.

Bei den unverdünnten Proben hat das Egglburger See-Wasser den höchsten BSB5-Wert mit 7,38 mg/l, „DS II“ nur einen halb so hohen Wert mit 3,66 mg/l. Hierbei fällt auch auf, dass das Wasser von der zweiten Messstelle - sowohl im Vergleich der unverdünnten Proben, als auch beim Vergleich der 1:2 verdünnten Ansätze - einen höheren BSB5-Wert als das Wasser von Messstelle 3 hat. Betrachtet man nur die Werte aus den Ansätzen mit „DS II“ ist mit stärkerer Verdünnung, ist ein exponentieller Anstieg des BSB5-Werts von 3,66 mg/l auf 63,42 mg/l zu erkennen.

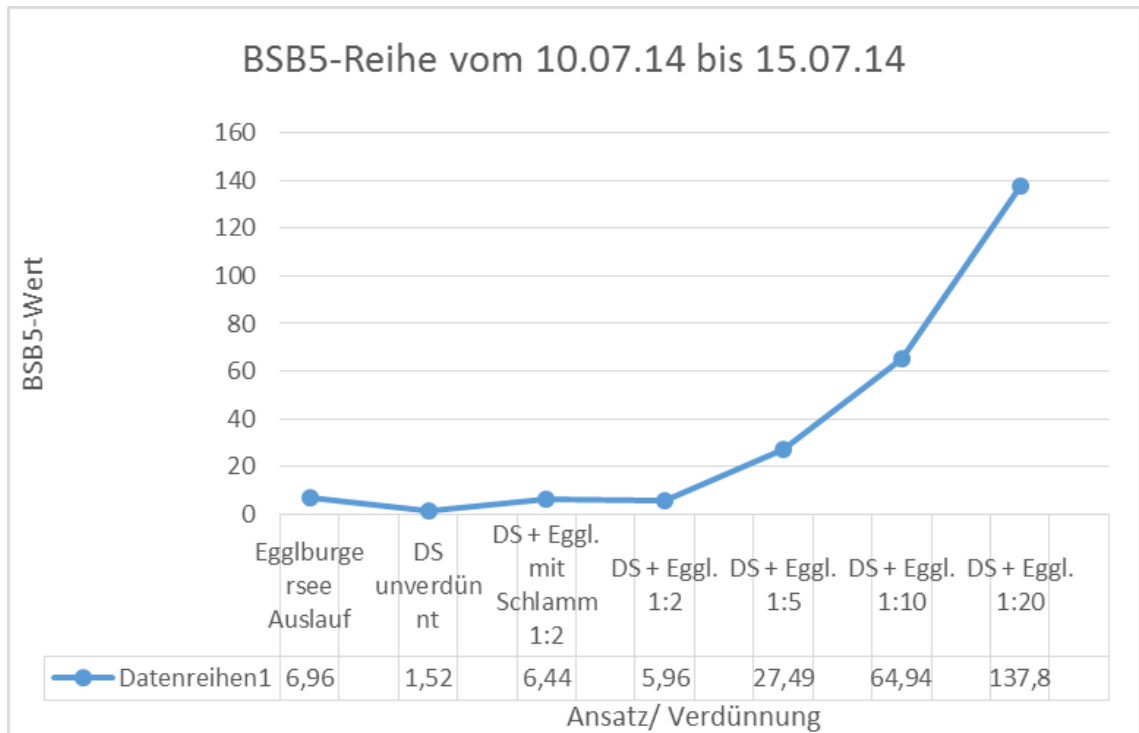


Abb. 17: BSB5-Reihe vom 10.07.14 bis 15.07.14, Exceldatei vom 27.07.14

d.) Beim Erstellen der vierten BSB5-Reihe vom 10.07.14 bis 15.07.14 wurde am Tag des Ansetzens das Wasser nur aus der Messstelle 2 der ökologisch auffälligen Stelle entnommen und es wurde wie in den anderen Reihen auch mit Doppelbestimmungen gearbeitet. Als Abkürzung dient im Diagramm wieder die Bezeichnung „DS“. Das Wasser der zu untersuchenden Stelle wurde wieder mit dem Wasser aus dem Auslauf des Egglburger Sees im Verhältnis 1:2, 1:5, 1:10 und 1:20 verdünnt. Zudem wurde die Wasserprobe aus der ökologisch auffälligen Stelle mit viel Schlamm in einer 1:2 Verdünnung mit Wasser aus dem Egglburger See Auslauf angesetzt. Auch wurde einmal Wasser aus der zu untersuchenden Stelle unverdünnt und Wasser vom Auslauf Egglburgersee unverdünnt angesetzt.

Der Auslauf des Egglburger Sees hat unverdünnt einen ähnlichen BSB5-Wert wie in der letzten Versuchsreihe, nämlich 6,96 mg/l. Die ökologisch auffällige Stelle hat unverdünnt einen geringen BSB5-Wert von 1,52 mg/l. Mit zunehmender Verdünnung steigt der BSB5-Wert auf bis zu 137,84 mg/l. Vergleicht man die 1:2 verdünnten Ansätze, fällt auf, dass der Ansatz mit viel Schlamm einen höheren BSB5-Wert als die Wasserprobe ohne Schlamm hat.

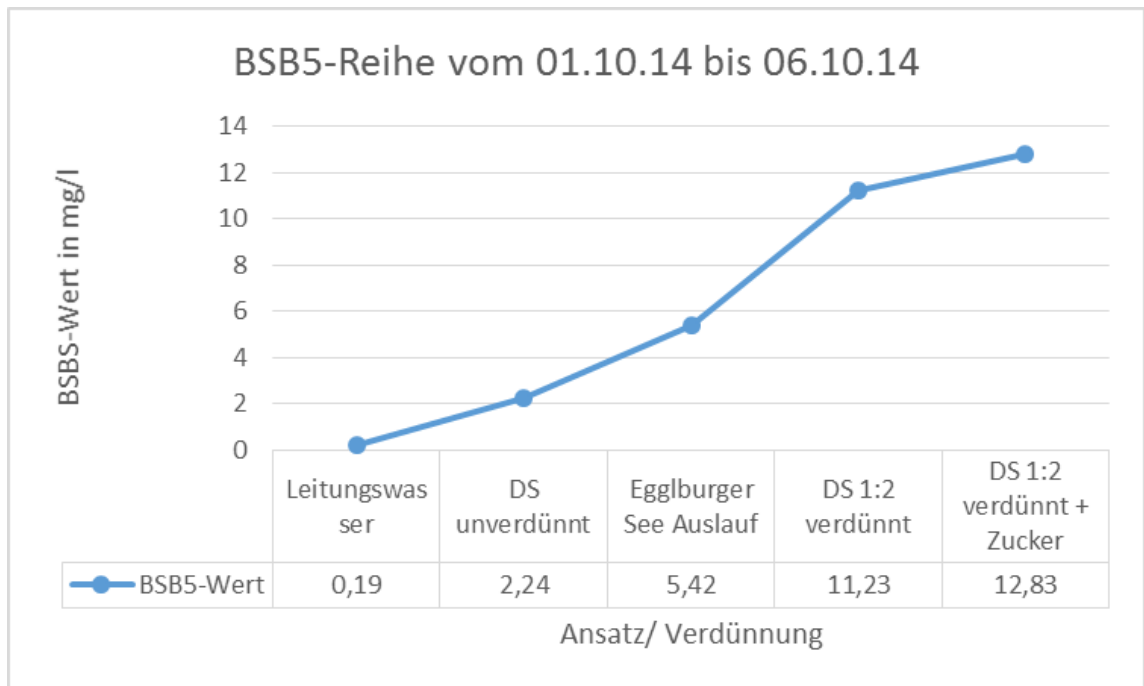


Abb. 18: BSB5-Reihe vom 01.10.14 bis 06.10.14, Exceldatei vom 25.10.14

e.) Die Anfang Oktober angesetzte BSB5-Reihe ist im eigentlichen Sinne keine BSB5-Messung, da die Temperatur des Wassers laut Definition (siehe 2.2.2.) eigentlich konstant 20°C betragen müsste. Bei diesem Ansatz wurde aber bewusst bei niedrigeren Temperaturen um ca. 18°C gearbeitet, um die Aktivität der eventuell im Wasser enthaltenen Sauerstoff zehrenden Organismen bei niedrigeren Temperaturen beurteilen zu können. Angesetzt wurden einmal Leitungswasser (als Leerwert für die Verdünnung), Wasser vom Auslauf des Egglbürger Sees und Wasser der ökologisch auffälligen Stelle (einmal unverdünnt und einmal mit Leitungswasser 1:2 verdünnt). Außerdem wurde Wasser aus der zu untersuchenden Stelle in 1:2 Verdünnung mit Wasser aus dem Auslauf Egglbürger See unter Zuckerzugabe angesetzt, wobei stets mit Doppelbestimmung gearbeitet wurde. Abgekürzt wird die ökologisch auffällige Stelle im Diagramm mit „DS“.

Klar zu erkennen ist in der Abb. 18, dass das Leitungswasser den niedrigsten Wert mit 0,19mg/l hat. Im Wasser des Auslaufs des Egglbürger Sees beträgt der „BSB5“-Wert 5,42mg/l und im unverdünnten Wasser der DS 2,24mg/l. Auffällig sind die hohen „BSB5“-Werte des 1:2 verdünnten Wassers der DS, die ohne Zucker 11,23mg/l und mit Zucker sogar 12,83mg/l betragen. Die Werte sind mehr als doppelt so hoch, wie beim unverdünnten Wasser des Egglbürger-See-Auslaufs und fünfmal so hoch wie beim Ansatz der unverdünnten Probe der DS.

2.3.6 Chemische Parameter und Chemischer Index

Die schon angesprochenen Ammonium-, Nitrat- und Phosphat-Ionen wurden an drei Tagen von Nikolaus Krumrein und Thomas Mangstl gemessen, die sich in ihrer Seminararbeit mit den chemischen Parametern auseinandersetzten. Sie konnten darum diese Aufgabe übernehmen. Die Ionen wurden zudem bei einer Wasseruntersuchung in der Grafinger Kläranlage Anfang Juli 2014 gemessen, wofür man mit modernsten Geräten und Doppelbestimmung arbeitet. Die Ergebnisse aller Messungen finden sich in der Abb. 19:

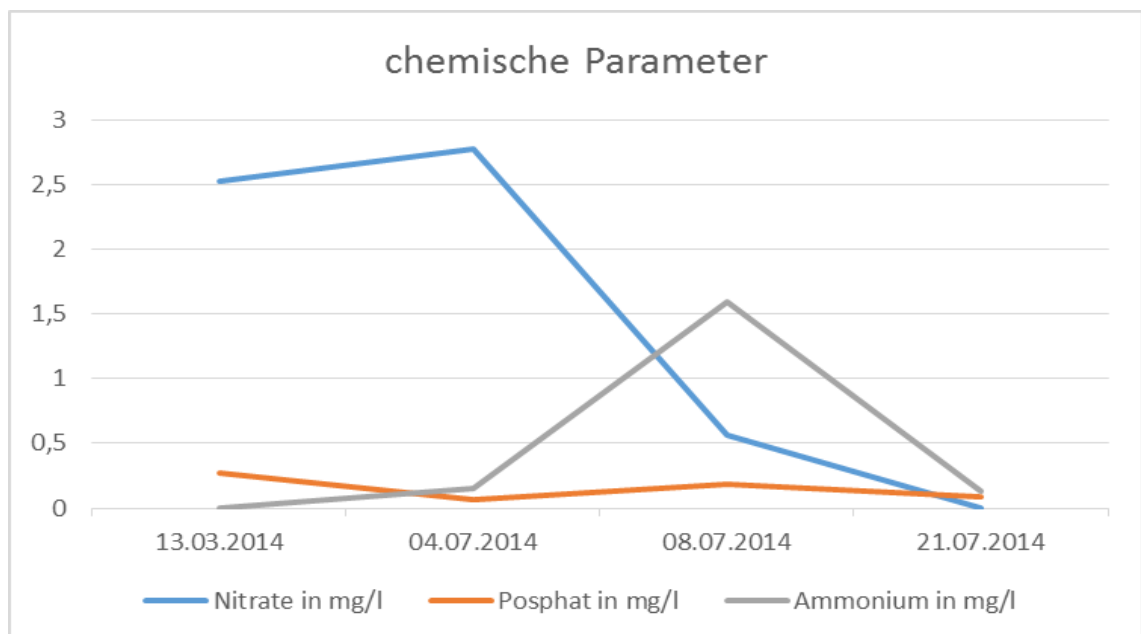


Abb. 19: Chemische Parameter in mg/l im Verlauf der Monate, Exceldatei vom 21.09.14, Bildquelle: Elisabeth Hilger

Gemessen wurden die Ionen von Nikolaus Krumrein und Thomas Mangstl, Mitschülern aus dem Seminar, jeweils am 13.03.14, am 04.07.14 und am 21.07.14 an Messstelle 2. Da sich Herr Krumrein und Herr Mangstl in ihren Seminararbeiten mit den chemischen Parametern der gesamten Ebersberger Weiherkette befassen, wurden die Ionenkonzentrationen an der ökologisch auffälligen Stelle von diesen gemessen und digitalisiert übermittelt. Die Messung in der Kläranlage fand am 08.07.14 statt. Der Ammonium-Ionen-Gehalt war, wie in der Abb. 19 zu erkennen ist, am ersten Messtag nicht nennenswert und an den übrigen Tagen sehr gering (mit Ausnahme der Messung in der Kläranlage, bei der der Wert 1,59mg/l beträgt). Auffällig hingegen ist der relativ hohe Nitratgehalt an den ersten beiden Messtagen von 2,53mg/l und 2,78mg/l, wohingegen er bei der dritten Messung nur noch 0,569mg/l und am letzten Tag 0mg/l

beträgt. Der Phosphatgehalt wiederum ist an allen vier Messtagen sehr gering und schwankt von der ersten Messung (0,27mg/l) bis zur Letzten (0,09mg/l) geringfügig zwischen 0,07mg/l und 0,27mg/l. Der geringste Phosphatgehalt wurde am 04.07.14 mit 0,07mg/l gemessen.

Um die Ergebnisse besser auswerten zu können, wurden von Thomas Mangstl zum Vergleich die Werte vom Auslauf des Egglburger Sees zu Verfügung gestellt:

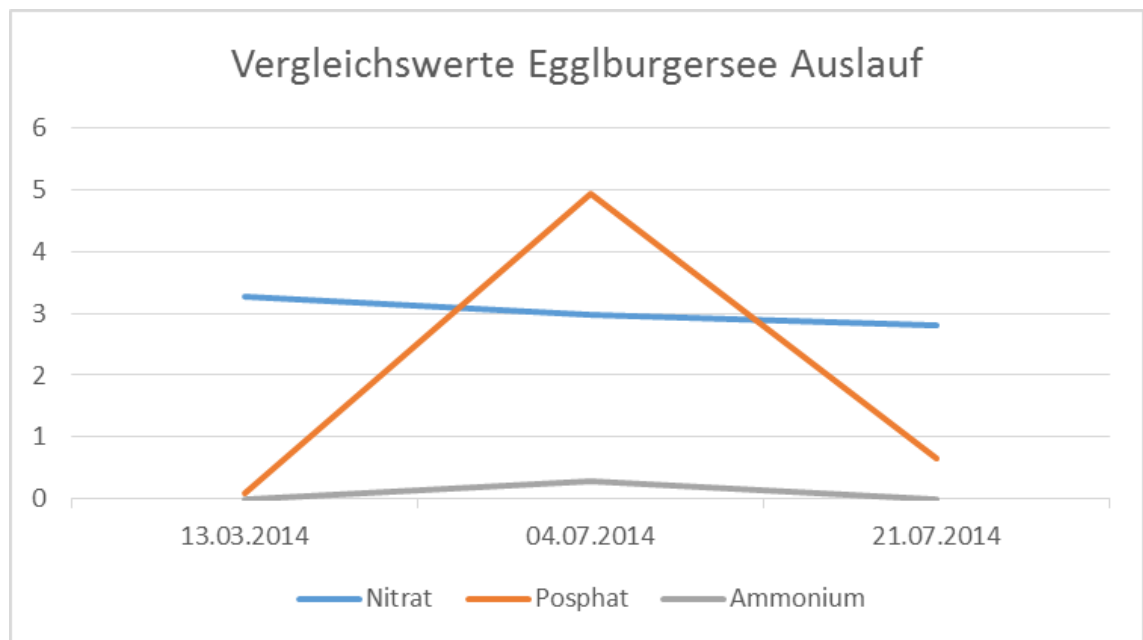


Abb. 20: Vergleichswerte zu den chemischen Parametern in mg/l, Exceldatei vom 07.10.14, Bildquelle: Elisabeth Hilger

Die Vergleichswerte wurden ebenfalls am 13.03.14, 04.08.14 und 21.07.14 gemessen. Vom 08.07.14 sind keine Vergleichswerte vorhanden, da an diesem Tag die chemischen Parameter nur von der ökologisch auffälligen Stelle separat in der Kläranlage gemessen wurden. Der Ammonium-Ionengehalt beträgt am ersten und letzten Messtag null und am 04.08.14 0,29mg/l, ist also immer sehr gering. Die Nitrat-Ionenkonzentration ist relativ konstant und schwank zwischen 2,8mg/l und 3,2mg/l. Der Phosphat-Ionen-Gehalt ändert sich im Laufe der Messungen stetig: bei der ersten Messung beträgt er nur 0,08mg/l, an Messung zwei 4,94mg/l und an Messung drei sinkt er wieder auf 0,65mg/l. [9]

Zur Berechnung des Chemischen Index (CI) werden verschiedene Parameter benötigt, unter anderem der BSB5-Wert, der über einige Tage angesetzt wurde, sodass die berechneten Chemischen Indices sich immer auf einen Zeitraum und nicht auf einen bestimmten Tag beziehen. Der erste CI entstand vom 12.03.14 bis 20.03.14 und ist in der Abbildung 21 mit allen Parametern, Messwerten und den daraus resultierenden Subindices dargestellt:

chemischer Index vom 12.03.14 bis 20.03.14					
	Dimension	Messwert	Subindex	Exponent	Multiplikator
Sauerstoffsättigung	%	1,5	2,1	0,20	1,16
BSB5 (1:2)	mg/l	1,77	92	0,20	2,47
Temperatur	°C	5,4	100	0,08	1,45
Ammonium	mg/l	0	100	0,15	2,00
Nitrat	mg/l	2,53	92	0,10	1,57
Phosphat	mg/l	0,267	79	0,10	1,55
pH-Wert		6,97	98,5	0,10	1,58
Leitfähigkeit	µs/cm	771	35	0,07	1,28
CI		40,81	--> stark verschmutzt		
			III		

Abb. 21, Tabellenkalkulation vom 26.07.14, Bildquelle: Elisabeth Hilger

Wie bereits unter Punkt 2.2.3. beschrieben, wird aus den verschiedenen Parametern mit Hilfe der Einordnungstabellen der CI berechnet. Der CI beträgt 40,81 und lässt damit nach der Einordnungstabelle des Instituts Dr. Flad (Abb. 7) auf ein stark verschmutztes Gewässer mit einem schlechten chemischen Gütezustand schließen.

[23]

Außerdem wurde vom 29.05.14 bis 04.06.14 ein weiterer CI der ökologisch auffälligen Stelle berechnet und in folgender Tabelle veranschaulicht:

chemischer Index vom 28.06.14 bis 08.07.14 (Kläranlage)					
	Dimension	Messwert	Subindex	Exponent	Multiplikator
Sauerstoffsättigung	%	5,3	2,5	0,20	1,20
BSB5	mg/l	1	98	0,20	2,50
Temperatur	°C	10,3	100	0,08	1,45
Ammonium	mg/l	1,59	26,6	0,15	1,64
Nitrat	mg/l	0,57	98	0,10	1,58
Phosphat	mg/l	0,19	85	0,10	1,56
pH-Wert		6,97	97,75	0,10	1,58
Leitfähigkeit	µs/cm	787	33	0,07	1,28
CI	35,39	--> stark verschmutzt			
		(CI: III)			

Abb. 22, Tabellenkalkulation vom 26.07.14, Bildquelle: Elisabeth Hilger

Wie in der Abb. 22 ersichtlich wird, ergeben sich aus den verschiedenen Parametern ein CI von 39,48 und somit wieder der Hinweis auf einen schlechten chemischen Gütezustand des Wassers.

Darüber hinaus liegt der CI vom 28.06.14 bis 08.07.14 vor, bei dem auf die Werte aus der Wassermessung der Grafinger Kläranlage zurückgegriffen wurden.

chemischer Index vom 29.05.14 bis 04.06.14					
	Dimension	Messwert	Subindex	Exponent	Multiplikator
Sauerstoffsättigung	%	3,1	2,3	0,20	1,18
BSB5	mg/l	3,66	66	0,20	2,31
Temperatur	°C	8,7	100	0,08	1,45
Ammonium	mg/l	0,156	90	0,15	1,96
Nitrat	mg/l	2,78	92	0,10	1,57
Phosphat	mg/l	0,07	97	0,10	1,58
pH-Wert		7,1	99,5	0,10	1,58
Leitfähigkeit	µs/cm	742	40	0,07	1,29
CI	39,48	--> stark verschmutzt			
		III			

Abb. 23, Tabellenkalkulation vom 26.07.14, Bildquelle: Elisabeth Hilger

Die Abbildung 23 zeigt einen CI von 35,39. Auch dieses Ergebnis weist darauf hin, dass das Gewässer stark verschmutzt ist. [23]

Mit dem im Punkt 2.3.5.e.) beschriebenen „BSB5“-Wert wurde ein letzter CI erstellt, wobei vom Chemischen Index zwischen 28.06.14 und 08.07.14 alle anderen Parameter übernommen sind, da aus zeittechnischen Gründen Anfang Oktober weder physikalische noch chemische Parameter gemessen werden konnten. Mit dem „BSB5“-Wert aus der 1:2-Verdünnung mit Zucker ergibt sich folgender CI:

chemischer Index vom 28.06.14 bis 08.07.14 + "BSB5"-Wert vom 1.10.14 bis 06.10.14 (1:2 + Zucker)					
	Dimension		Subindex	Exponent	Multiplikator
Sauerstoffsättigung	%	5,3	2,5	0,2	1,20
BSB5	mg/l	12,83	7	0,2	1,48
Temperatur	°C	10,3	100	0,08	1,45
Ammonium	mg/l	1,59	26,6	0,15	1,64
Nitrat	mg/l	0,57	98	0,1	1,58
Phosphat	mg/l	0,19	85	0,1	1,56
pH-Wert		6,97	97,75	0,1	1,58
Leitfähigkeit	µs/cm	787	33	0,07	1,28
CI	20,88	--> sehr stark verschmutzt			
		(CI: III - IV)			

Abb. 24, Tabellenkalkulation vom 28.10.14, Bildquelle: Elisabeth Hilger

Durch den höheren „BSB5“-Wert muss laut der Einordnungstabelle 24 ein niedrigerer Subindex eingetragen werden, sodass der CI zwangsweise niedriger sein muss. Dadurch ergibt sich ein CI von 20,88, also ein sehr stark verschmutztes Gewässer bezüglich chemischer Beschaffenheit. [23] Allerdings muss klargestellt werden, dass der berechnete Wert kein Chemischer Index nach Definition ist, da zum einen zwischen den Messungen der Werte und des „BSB5“-Werts zu viel Zeit liegt, und zum anderen der eingetragene BSB5-Wert kein richtiger BSB5-Wert ist (siehe 2.3.5.e.).

2.3.7 Nachweisreaktionen

a) Eisennachweis

Die rote Farbe des Schlammes veranlasste uns zu überprüfen, ob Eisen im Schlamm oder im Wasser der DS enthalten ist. [A]

Eisennachweis im filtrierten Wasser

Versuch (V): Eine Ammoniumthiocyanat-Lösung wird zum Wasser gegeben

Beobachtung (B): Lösung bleibt klar, keine Rotfärbung;

Auch bei Zugabe von verdünnter oder konzentrierter Schwefelsäure ist nichts zu beobachten.

→ Im Oberflächenwasser lassen sich keine Eisen-(III)-Ionen nachweisen.

→ Positivprobe: Bei Zugabe von Eisen-(III)-Chlorid färbt sich die Lösung dunkelrot
Nachweisreaktion funktioniert, keine Fehler beim Herstellen der Lösung.

Zwei filtrierte, getrocknete Bodenproben aus der ökologisch auffälligen Stelle

Gewicht P1: 7,39 g

P2: 5,90 g

→ Verkohlen der Proben

V: Die Proben werden jeweils in eine Porzellanschale gegeben, die mit einem Eisengitter aus einem Dreifuß bedeckt werden. Anschließend werden diese mit dem Bunsenbrenner bei rauschender Flamme bis zum Verkohlen der organischen Substanzen erhitzt. Nach Abkühlen der Proben werden diese erneut gewogen:

Gewicht P1: 5,11 g -> ca. 30% der Substanz war organischer Natur

Gewicht P2: 2,9 g -> ca. 51% der Probe war organischer Natur

Zum unterschiedlichen Anteil der organischen Substanzen: P2 enthielt mehr Pilze als P1 -> größerer organischer Anteil

→ Aufschließen der verkohlten Proben

Zur Vereinfachung wurden zuvor die beiden Proben miteinander vermischt, um Fehler durch Vertauschen zu vermeiden.

V: die Probe wird in Wasser (1), verdünnter Salzsäure (2), konzentrierter Salzsäure (3) und verdünnter Schwefelsäure (4) gelöst. Anschließend werden die Lösungen erhitzt.

B: Zu (1): die Probe löst sich nur mäßig, es entsteht eine Suspension; eine leichte Braunfärbung ist zu erkennen. Nach Erhitzen ist keine Veränderung zu beobachten.

Zu (2): Die Probe löst sich deutlich besser; es ist eine stärkere Braunfärbung, die leicht ins rötliche geht, zu erkennen. Ein Geruch nach Schwefelwasserstoff ist wahrzunehmen. Nach Erhitzen färbt sich die Lösung gelblicher.

Zu (3): Die Probe löst sich hervorragend unter starker Gelbfärbung. Beim Erhitzen verstärkt sich die Gasentwicklung, grüner Schaum entsteht, ein Geruch ist wahrzunehmen und die Lösung färbt sich schwarz. Hebt man einen brennenden Holzspan ins Reagenzglas, geht dieser aus (Verdacht auf Carbonate)

Zu (4): Die Probe löst sich gut unter leicht rötlicher Färbung und Gasentwicklung. Beim Erhitzen ist wieder eine starke Gasentwicklung zu beobachten; ein brennender Holzspan geht wieder aus (->Verdacht auf Carbonate)[4]

Filterieren der Lösungen

Nach Filterieren der Lösungen mit einem Trichter und Filterpapier erhält man folgende Ergebnisse:

- (1): klare Lösung
- (2): leicht gelbliche Lösung
- (3): stark gelbe Lösung
- (4): leicht bräunliche Lösung

Nachweisreaktion für Eisenionen

Eine Ammoniumthiocyanat-Lösung wird zu den filtrierten Proben gegeben.

Bei (1) ist nichts zu beobachten, keine Rotfärbung.

Bei (2), (3) und (4) ist eine Rotfärbung zu sehen.



-> Im Schlamm sind Eisenionen enthalten, die sich aber erst in Säure lösen

(Fotos: [B])



Abb. 25: Ergebnis des Eisennachweises in den aufgeschlossenen Bodenproben, 07.02.14, Bildquelle: Elisabeth Hilger

b) Sulfidnachweis

Durch den Geruch nach faulen Eiern veranlasst, wurde untersucht, ob im Schlamm der ökologisch auffälligen Stelle Sulfid nachweisbar ist.

Die zu untersuchende Probe wurde am Vortag, dem 22.07.14, der zu untersuchenden Stelle entnommen.

Aufgrund der Giftigkeit des Bleiacetats baten wir die Seminarleitung, diesen Versuch durchzuführen, wobei wir mitprotokolieren.

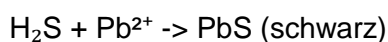
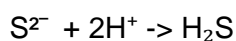
Filtration

Die Probe wird filtriert, um Feststoffe heraus zu lösen. Dazu wird ein Filterpapier in einen Trichter gelegt, dieser wird in einem Erlenmeyerkolben gestellt; dann wird die Probe eingefüllt.

Das Filterpapier mit den herausgelösten Feststoffen wird auf eine Petrischale gelegt und mit konzentrierter Salzsäure getränkt.

Zuvor wird in ein Reagenzglas eine Bleiacetatlösung gegeben und darüber ein Filterpapier gehalten, sodass das Filterpapier mit Bleiacetat getränkt wird. Dieses Filterpapier wird auf ein Uhrglas fixiert; anschließend wird die Glasschale über die Petrischale gehalten und gewartet, ob etwas zu beobachten ist.

Eine Schwarzfärbung des mit Bleiacetat getränkten Filterpapiers würde einen positiven Verlauf der Nachweisreaktion anzeigen. [14]



Bei der Durchführung dieses Versuchs ist nichts zu beobachten

- Der Sulfidnachweis verläuft negativ;
Es ist kein Sulfid im Schlamm nachweisbar

c) Mangannachweis

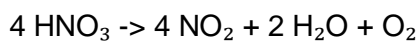
Aufgrund des Laborberichts von Dr. Blasy - Dr. Busse [A] wurde versucht, Mangan im verkohlten Schlamm der ökologisch auffälligen Stelle nachzuweisen; der verkohlte Schlamm war beim Eisennachweis übrig geblieben (siehe III. 6. a.)

Eine empfindliche Nachweisreaktion für Mangan ist die Oxidation zu Permanganat, das an seiner intensiven Violettfärbung zu erkennen ist. Als Oxidationsmittel eignet sich PbO₂ in salpetersaurer Lösung. [12] [13]

1. Ansatz

Ein Spatel der verkohlten Schlammprobe (Siehe 2.2.7.a) wird im Reagenzglas mit 2 ml konzentrierter Salpetersäure versetzt.

Anschließend wird dieses Gemisch erhitzt, damit sich die Probe besser löst. Bereits hier ist eine Gasentwicklung mit Schaumbildung unter Rotfärbung und starker Erwärmung der Probe zu beobachten, die durch Nitrosegase verursacht wird. [20]



Danach wird das Gemisch filtriert, um störende Feststoffe zu entfernen.

Da das Gemisch eine starke Rotfärbung aufweist, verdünnen wir die Probe mit Wasser, um bei einem möglichen positiven Nachweis die Violettfärbung besser erkennen zu können.

Nun geben wir eine Spatelspitze gelbes Bleioxid hinzu und kochen das Gemisch einige Minuten über der Bunsenbrennerflamme.

Bei einem positiven Verlauf der Nachweisreaktion müsste eine Violettfärbung zu erkennen sein.



Bei diesem Ansatz ist keine Violettfärbung zu beobachten

-> es ist kein Mangan nachzuweisen

2. Ansatz

Um das Ergebnis nicht zu verfälschen, wird die Probe nach Zugabe der konzentrierten Salpetersäure nicht erhitzt und filtriert, sondern es wird gleich das Bleioxid zugegeben. Bereits ohne Erhitzen ist wieder eine starke Gasentwicklung und Rotfärbung unter starker Erwärmung zu erkennen, die wahrscheinlich wieder durch Nitrosegase verursacht ist (siehe oben).

Anschließend wird die Probe wieder einige Minuten über der Bunsenbrennerflamme gekocht.

Wieder ist keine Violettfärbung zu beobachten

-> es ist kein Mangan nachzuweisen

Positivprobe

Im Anschluss prüfen wir, ob die Nachweisreaktion bei Anwesenheit von Mangan positiv verläuft.

Dazu geben wir in einem Reagenzglas zu Mangan(II)-sulfat 2 ml konzentrierte Salpetersäure und eine Spatelspitze Bleioxid. Im Anschluss kochen wir das Gemisch einige Minuten über der Bunsenbrennerflamme.

Es ist festzustellen, dass das Reagenzglas sehr heiß wird, eine Violettfärbung ist aber nicht zu beobachten

-> die Nachweisreaktion verläuft auch bei Anwesenheit von Mangan nicht positiv!

-> die Nachweisreaktion funktioniert nicht

Aus zeitlichen Gründen wurden keine weiteren Nachweisreaktionen durchgeführt, stattdessen empfahl die Seminarleitung, sich in der Seminararbeit auf den Laborbericht von Dr. Blasy-Dr. Busse zu beziehen.

2.3.8 Kläranlage

Am 08.07.14 wurde gemeinsam mit Frau Weidner und Anna-Maria Riedmaier die Grafinger Kläranlage aufgesucht, um eine Wasserprobe aus der ökologisch auffälligen Stelle dort untersuchen zu lassen. Das erhoffte Ziel war, dass durch die professionelle Ausstattung und die Erfahrung der Mitarbeiter der Kläranlage neue Ergebnisse erzielt werden können. Zum einem wurden die Ammonium-, Nitrat- und Phosphat-Ionen in Doppelbestimmung ermittelt; die Ergebnisse finden sich im Punkt III.6.

Außerdem wurden der BSB5- und CSB-Wert untersucht, wobei als BSB5-Wert 1 festgehalten wurde und als CSB-Wert 12,05 mg/l. [H]

Darüber hinaus wurde der bis dato undefinierbare rot-braune Schlamm im Mikroskop und mit Hilfe verschiedener Lehrbücher analysiert. [8] Da das Mikroskop direkt mit dem Computer verbunden ist, können Aufnahmen der Mikroskopie erstellt und am Computer genauer betrachtet werden. Bei diesen Aufnahmen sind verschiedene Strukturen erkennbar, wobei beispielsweise kleine Organismen, wie Geißeltierchen oder Wimperntierchen, identifiziert werden können. [1] Darüber hinaus finden sich auf allen Aufnahmen lange, dünne Strukturen, die von Herrn Bauer (Mitarbeiter der Kläranlage Grafing) anfangs für fadenförmige Schwefelbakterien (*Beggiatoa*/ Typ 0914) gehalten wurden. Nach eingehender Betrachtung wurde aber festgestellt, dass den in der Wasserprobe vorhandenen Strukturen die lichtbrechenden hellen Punkte von Schwefelbakterien fehlen. Auf der Suche nach einer anderen Erklärung für die langen Fäden wurde von Herrn Bauer der Verdacht geäußert, dass es sich dabei um Brunnenfaden (*Crenothrix polyspora*) handeln könnte. Dieses Bakterium liegt in zylindrischen Zellen mit Durchmesser von 0,6 bis 5µm vor, die sich in durchsichtigen, unverzweigten, bis zu 10mm langen Röhren befinden. Diese Bakterien kommen sowohl in stehend, als auch in fließenden Gewässern mit geringen

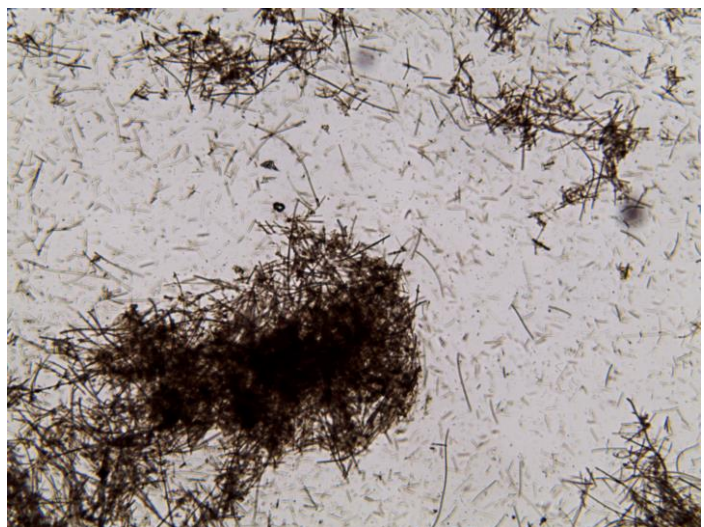


Abb. 26: Brunnenfadenbakterien mit rotbraunen Ockerpartikeln, 400-fache Vergrößerung, 08.07.14, Bildquelle: Elisabeth Hilger

Konzentrationen organischer Stoffe vor, wobei sauberes Wasser mit niedrigen Eisen-(II)- und/oder Methanvorkommen bevorzugt wird. [4] Das Methan wird in geringen Mengen beim Stoffwechsel des Brunnenfadens verwertet, das Eisen-(II) hingegen wird zu Eisen-(III) oxidiert, das sich mit anderen Verbindungen (oft Manganverbindungen) an den Bakterien ablagert und bei der Mikroskopie gehäuft als rotbraune Partikel hervorstechen. Das Bakterium selbst ist für den Menschen unschädlich, kann aber durch seine schnelle massenhafte Vermehrung in Wasserleitungen zu Verstopfungen führen. [7] So ist der Brunnenfaden auch umgangssprachlich als Brunnenpest bekannt, die durch ihre schleimigen Schichten Wasserleitungen und Filteranlagen verstopfen kann, wie es immer wieder in Berlin vorkam. Insgesamt ist der Brunnenfaden aber momentan noch sehr schlecht erforscht, da er sich im Labor weder züchten, noch vermehren lässt und dadurch nur natürlich vorkommende Bakterienkulturen untersucht werden können. [22] Dies wird vor allem in der Carolinengrube im Schwarzwald unternommen: Im ehemaligen Erzbergwerk lösen sich nach und nach Eisenerze im Wasser, die dann von Eisenbakterien wie dem Brunnenfaden verstoffwechselt werden können. So wird das abfließende Wasser der sechste Sohle fast vollständig von rotbraunen Schlamm durchzogen, was zur Folge hat, dass die Entwässerungsanlagen der Carolinengrube regelmäßig gereinigt werden müssen, um nicht zu verstopfen. [11]

Im Folgenden werden die Ergebnisse dieses Teils aufgegriffen, erörtert und entweder mit entsprechenden Werten des Auslaufs des Egglburger Sees verglichen oder in einem anderen Zusammenhang betrachtet:

2.4 Diskussion

Im Folgenden werden die physikalischen Parameter einzeln im Verlauf der Messungen erörtert und jeweils mit Werten des Egglburger-See- Auslaufs verglichen.

2.4.1 PH-Wert

Zum pH-Wert ist anzumerken, dass dieser zwar im Verlauf der Monate und zwischen den einzelnen Messstellen schwankt, jedoch handelt es sich hier nur um minimale Differenzen zwischen 6,95 und 7,22. Insgesamt ist das Wasser der ökologisch auffälligen Stelle nie sauer oder basisch sondern relativ neutral und schwankt um den Wert 7,0. Im Vergleich zum Auslauf des Egglburger Sees, an dem der pH-Wert durchschnittlich 7,9 beträgt, ist der pH-Wert an der auffälligen Stelle geringfügig niedriger. Die Neutralität des Wassers gibt keinen Hinweis auf bestimmte Organismen oder Toxizität des Wassers und muss deshalb nicht weiter erörtert werden.

2.4.2 Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit variiert im Laufe der Monate von 677 bis 781 $\mu\text{s}/\text{cm}$, wobei keine Regelmäßigkeiten zwischen den einzelnen Messstellen zu erkennen sind. Auffällig ist aber, dass die Leitfähigkeit an allen Messstellen um 740 $\mu\text{s}/\text{cm}$ schwankt und somit sehr hoch ist. Zum Vergleich: Die durchschnittliche Leitfähigkeit am Auslauf des Egglburger Sees beträgt gerade einmal 380 $\mu\text{s}/\text{cm}$. [9] Die doppelt so hohe Leitfähigkeit der ökologisch auffälligen Stelle lässt auf eine hohe Salzkonzentration im Wasser schließen, die dem Organismus aus den rotbraunen Ausflockungen im Wasser der ökologisch auffälligen Stelle nicht schadet, sondern wahrscheinlich von diesem genutzt werden kann.

2.4.3 Sauerstoffgehalt

Die genauen Werte des Sauerstoffgehalts der verschiedenen Messstellen finden sich im Punkt 2.2.1., wobei sehr auffällig ist, dass der Sauerstoffgehalt an Messstelle 1 und 2 fast immer niedriger ist, als der von Messstelle (=MS) 3. Diese deutliche Erhöhung des Sauerstoffgehalts der MS 3 kann damit erklärt werden, dass sich im fließenden Wasser von MS 2 bis zur MS 3 kleine Verwirbelungen bilden, durch die Sauerstoff aus der Luft im Wasser gelöst wird. Photosynthese als Ursache für den höheren Sauerstoffgehalt an MS 3 ist eher unwahrscheinlich, da sich kaum Algen oder andere

autotrophe Organismen im Wasser finden. Die ähnlichen Sauerstoffgehalte von MS 1 und MS 2 erklären sich zum einem durch die örtliche Nähe der beiden Messstellen und zum anderen durch geringe Fließgeschwindigkeit des Wassers zwischen den Messstellen und den damit geringen Verwirbelungen mit der Luft. Auffällig am Sauerstoffgehalt im Jahresverlauf ist vor allem der Ausschlag im Februar, der vermutlich dadurch verursacht wurde, dass es in der Woche vor dem 16.02.14 und an diesem Tag selbst stark regnete und somit mehr Sauerstoff aus der Luft in das Wasser gelangen konnte. (Vgl. [D]) Der extrem niedrige Sauerstoffgehalt an Messstelle 1 am 29.05.14 von 0,09 mg/l ist damit zu erklären, dass es dort zu diesem Zeitpunkt kaum Wasser und eine sehr geringe Fließgeschwindigkeit gab, was darauf schließen lässt, dass kaum Sauerstoff aus der Luft ins Wasser gelangte. Außerdem waren keine Algen oder andere Wasserpflanzen vorzufinden, sodass kaum Sauerstoff durch autotrophe Organismen gebildet wurde und gleichzeitig von heterotrophe Organismen der übrigen Sauerstoff veratmet wurde, in Folge dessen nur noch der geringe Sauerstoffgehalt von 0,09 mg/l messbar war. [E] Der niedrige Sauerstoffwert von 0,92 mg/l an Messstelle 3 am 28.06.14 (der deutlich unter allen anderen Sauerstoffgehalten dieser Messstelle liegt) lässt sich darauf zurückführen, dass an diesem Tag zum einem die Fließgeschwindigkeit an dieser Stelle ungewöhnlich klein war und somit kaum Sauerstoff aus der Luft durch Verwirbelungen ins Wasser gelangte. Zum anderen war die dritte Messstelle stark mit rot-braunem Schlamm überwuchert und verkrustet, sodass man vermuten kann, dass der Sauerstoff durch den „Schlamm“ verbraucht wird. Die Menge dieser rotbraunen Ausflockungen nahm von MS 2 zu MS 3 immer auffällig zu, sodass angenommen werden kann, dass der rot-braune „Schlamm“ Sauerstoff zum Wachstum benötigt, also aus sauerstoffzehrenden Organismen besteht. [F]

Zum besseren Vergleich wurde von Thomas Mangstl das Ergebnis des durchschnittlichen Sauerstoffgehalts am Auslauf des Egglburger Sees zur Verfügung gestellt, das ca. 8,22mg/l beträgt. [9] Damit liegt der Sauerstoffgehalt der ökologisch auffälligen Stelle deutlich unter dem Sauerstoffgehalt des Egglburger Sees. Der höchste gemessene Wert vom 16.02.14 beträgt gerade einmal 4,75mg/l, was auf Sauerstoff zehrende Prozesse im Wasser schließen lässt. Zudem müsste nach FFG-Weser der Sauerstoffgehalt in einem Fließgewässer ohne Berücksichtigung von auto- oder heterotrophen Organismen bei 10°C ca. 11mg/l betragen und bei niedrigerer Temperatur mehr als 11mg/l. [21] Mit einer durchschnittlichen Temperatur von ca. 7,9°C müsste der Sauerstoffgehalt der ökologisch auffälligen Stelle also bei über 11mg/l liegen. Der deutlich niedrigere Sauerstoffgehalt deutet damit eindeutig auf stark

Sauerstoff zehrende bakteriologische Abbauprozesse oder Sauerstoff zehrende chemische Prozesse hin.

2.4.4 Wassertemperaturen

Die Wassertemperaturen, die saisonbedingt von Januar bis Juli stiegen, waren an den einzelnen Messstellen sehr ähnlich. Die Temperaturen lagen (außer am 15.05.14) immer deutlich unter der Außentemperatur. Am 15.05.14 sind Außentemperatur und Wassertemperatur der ökologisch auffälligen Stelle ungefähr gleich. Das lässt sich dadurch erklären, dass das Wetter an diesem Tag sehr regnerisch war und es zu einem Temperatursturz kam. Die Außentemperatur sank so weit ab, dass sie der Wassertemperatur entsprach. Grund für die Differenz zwischen Wasser- und Außentemperatur an den übrigen Tagen ist zum einem, dass die ökologisch auffällige Stelle durch umgebende Bäume etwas von der Sonneneinstrahlung abgeschirmt ist und das Wasser dadurch nicht so schnell erwärmt wird. Zum anderen kommt das Wasser der ökologisch auffälligen Stelle aus dem Boden und ist somit, ähnlich einer Quelle, gekühlt. Da sich der rotbraune Schlamm im Gegensatz zu anderen Organismen bei diesen niedrigen Temperaturen vermehren kann, liegt die Vermutung nahe, dass der Organismus aus dem Schlamm auch (oder vielleicht gerade) bei niedrigen Temperaturen sein Temperaturoptimum hat.

2.4.5 BSB5-Reihen

Durch die physikalischen Parameter konnte ein erster Eindruck gewonnen werden, jedoch können weder die Toxizität des Wassers, noch heterotrophe Organismen oder sauerstoffzehrende chemische Prozesse bewiesen oder widerlegt werden. Somit ist es nötig, die BSB5-Reihen genauer zu betrachten:

Bei den ersten beiden BSB5-Reihen wurde das Wasser der ökologisch auffälligen Stelle mit Leitungswasser immer weiter verdünnt, da angenommen wurde, dass das Wasser toxisch ist und deshalb die Organismen im Wasser keinen Stoffwechsel betreiben können. Durch Verdünnen mit sauberem Leitungswasser sollte die Toxizität soweit gesenkt werden, dass die Organismen im Wasser wieder Stoffwechsel betreiben und Sauerstoff verbrauchen. Dementsprechend fällt bei der ersten und zweiten BSB5-Reihe auf, dass sich mit steigender Verdünnung ein höherer BSB5-Wert ergibt. Diese hohen Werte ergeben sich aber rein durch die Rechenoperation, denn die Differenz des Sauerstoffgehalts muss nach Abzug des Leerwerts mit dem Verdünnungsfaktor multipliziert werden. Somit steigt der BSB5-Wert mit höherer

Verdünnung durch diese Rechnung immer weiter, jedoch nicht auf Grund von Sauerstoff zehrenden Organismen, sondern auf Grund des höheren Faktors. Der BSB5-Wert des Leitungswassers ist sehr niedrig, weil darin kaum Organismen, die Sauerstoff verbrauchen können, enthalten sind.

Da also bei den ersten beiden BSB5-Reihen kein Sauerstoff verbraucht wurde und kein richtiger BSB5-Wert zustande gekommen war, wurde das Wasser bei den folgenden beiden Versuchsreihen mit Wasser vom Auslauf des Egglburger Sees verdünnt. Auch hier war geplant, die vermutete Toxizität durch Verdünnung aufzuheben und gleichzeitig sollten die Organismen durch das größere Angebot an Nährstoffen zum Stoffwechsel angeregt sein. So ergibt sich auch hier ein ähnliches Bild, wie bei den ersten beiden Reihen: Der BSB5-Wert steigt auf Grund der Multiplikation mit dem Verdünnungsfaktor linear an, Sauerstoffzehrung durch Organismen hingegen ist nicht zu beobachten.

Dadurch kann man die These von der Toxizität des Wassers verwerfen. Einerseits wird Sauerstoff in der ökologisch auffälligen Stelle auf irgendeine Art verbraucht (siehe Sauerstoffgehalt), andererseits kann bei ausreichend vorhandenen Nährstoffen und auch bei hoher Verdünnung kein Stoffwechsel beobachtet werden. Läge eine Toxizität vor, müssten Organismen im nährstoffreichen Wasser für ihren Stoffwechsel Sauerstoff verbrauchen, sobald durch hohe Verdünnung die Toxizität kompensiert ist. Gegen die Toxizität spricht zudem, dass bei der vierten BSB5-Reihe Wasser aus der ökologisch auffälligen Stelle mit rotbraunen Schlamm verdünnt mit Wasser aus dem Auslauf des Egglburger Sees (1:2) angesetzt wurde und sogar einen höher BSB5-Wert hatte als der gleiche Ansatz ohne Schlamm. Dies zeigt eindeutig, dass die rotbraunen Ausflockungen nicht toxisch wirken, sondern sogar Organismen enthalten, die Sauerstoff zehren.

Interessant ist dennoch der Vergleich der BSB5-Werte vom Auslauf des Egglburger Sees und der ökologisch auffälligen Stelle: Im Egglburger See findet sich ein stabiles Ökosystem, ohne Hinweise auf Toxizität. Den BSB5-Wert des Auslaufs vom Egglburger See kann als Vergleichswert fungieren. In der dritten und vierten BSB5-Reihe beträgt der BSB5-Wert des Auslaufs vom Egglburger Sees ca. 7,2 mg/l, der BSB5-Wert der ökologisch auffälligen Stelle hingegen gerade einmal 3,0mg/l, beziehungsweise 1,5mg/l. Der Wert der auffälligen Stelle liegt damit weit unter dem Wert des Egglburger-See-Auslaufs. Dies zeigt einerseits, dass die Methode des BSB5-Wertes bei einem normalen Gewässer funktioniert, andererseits lässt es darauf schließen, dass – da Toxizität ausgeschlossen wurde – im Wasser der ökologisch auffälligen Stelle die Organismen aufgrund eines limitierenden Faktors keinen

Stoffwechsel betreiben können. Dieser limitierende Faktor kann nicht nur ein Nährstoffmangel sein, da sonst bei Verdünnung mit Wasser vom Auslauf des Eglburger Sees ein höherer BSB5-Wert vorliegen müsste. Somit wurde vermutet, dass eine zu hohe Temperatur oder eine zu große Konkurrenz um Nährstoffe die Ursache für den ausbleibenden Stoffwechsel sein könnten.

Ausgehend von dieser Annahme wurde bei der fünften BSB5-Reihe bei einer niedrigeren Temperatur (ca. 18°C) und mit einer 1:2 Verdünnung mit Leitungswasser gearbeitet. Beim reinen Leitungswasser wurde ein kleiner BSB5-Wert von 0,19mg/l festgestellt, da hier fast keine Organismen enthalten sind. Wird das Wasser der ökologisch auffälligen Stelle unverdünnt bei einer niedrigeren Temperatur angesetzt, ergibt sich ein niedriger BSB5-Wert von 2,24mg/l. Wird dieses Wasser allerdings im Verhältnis 1:2 mit Leitungswasser verdünnt und wieder bei 18°C angesetzt, wird so viel Sauerstoff verbraucht, dass sich ein BSB5-Wert von 11,23mg/l, beziehungsweise von 12,83mg/l bei Zusatz von Zucker ergibt. Da der BSB5-Wert beim gleichen Ansatz unter Zuckerzugabe höher ist, ist klar, dass im Wasser enthaltene Organismen Stoffwechsel unter Sauerstoffverbrauch betreiben, bei dem sie den Zucker verbrauchen. Letzterer BSB5-Wert wäre wahrscheinlich noch höher, wenn die Anfangskonzentration des Sauerstoffs höher gewesen wäre, da nach fünf Tagen nur noch 0,41mg Sauerstoff/l enthalten sind. Dadurch konnte bewiesen werden, dass im Wasser Organismen enthalten sind, die jedoch erst bei niedrigeren Temperaturen Verstoffwechslung unter Zuckerverbrauch betreiben. Zudem sind anscheinend so viele Organismen enthalten, dass das Wasser erst verdünnt werden muss, um die Konkurrenz um Nährstoffe und Sauerstoff so weit zu mildern, dass zumindest ein Teil der Organismen Stoffwechsel betreiben kann. Eine Toxizität des Wassers kann somit endgültig ausgeschlossen werden. Ungeklärt bleibt aber, um welche Organismen es sich genau handelt.

Das Problem bei den BSB5-Reihen liegt also hauptsächlich darin, dass sich die ökologische Potenz eines Organismus bei einer Temperatur von 20°C nicht im Präferenzbereich, sondern eher im Pessimium befindet. Das bedeutet, dass ein Umweltfaktor im falschen Maße vorhanden ist und somit die Aktivität des Lebewesens herabgesetzt ist. In diesem Fall ist das Pessimium durch eine zu hohe Temperatur (20°C) verursacht, da der Brunnenfaden

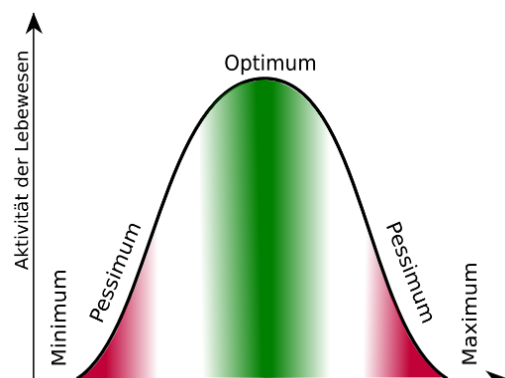


Abb. 27: „Ökologische Potenz“ von
Dr. Martina Henn-Sax,
www.abiweb.de,
Erscheinungsdatum unbekannt

kältere Umgebungen bevorzugt. Durch Herabsenken der Temperatur und durch Verdünnen nähert man sich dem Präferenzbereich des Organismus immer weiter an, sodass der Stoffwechsel zunimmt und dadurch der BSB5-Wert steigt. [16]

2.4.6 Chemische Parameter

Auch durch die Auswertung der Ionenkonzentrationen wurden weitere Erkenntnisse über den Organismus aus der zu untersuchenden Stelle und über die ökologisch auffällige Stelle selbst gewonnen: Die Ammonium-Ionen-Konzentration im Wasser liegt mit Ausnahme vom 08.07.14 immer deutlich unter 0,2mg/l und liegt damit in der Trinkwasserverordnung, nach der der Ammonium-Ionen-Grenzwert 0,5mg/l beträgt. [1] Die niedrigen Werte lassen sich dadurch erklären, dass die ökologisch auffällige Stelle keinem direkten landwirtschaftlichen Einfluss unterliegt und somit kein Ammonium durch Düngemittel ins Wasser gelangen kann. Da aber der Ammoniumgehalt am 13.03.14 sogar 0,0mg/l beträgt, kann darauf geschlossen werden, dass im Wasser Organismen enthalten sind, die das wenige Ammonium bei ihren Stoffwechsel verbrauchen. Am 08.07.14 liegt aber einmalig ein hoher Ammoniumwert von 1,59mg/l vor, der nur durch Zersetzung vieler toten Biomasse erklärt werden kann. Eventuell sind diesem Zeitpunkt zufällig viele Organismen abgestorben, die dann zersetzt wurden, sodass Ammonium in großen Mengen freigesetzt wurde. So beschreibt die Ammoniumkurve möglicherweise den Populationszyklus des Organismus, da anfangs die Population exponentiell steigt und somit viel Ammonium verbraucht wird, bis zu dem Punkt, an dem ein Mangel (z. B. an Nahrung, Sauerstoff, Platz ...) zum Absterben vieler Organismen führt. Durch das dabei freigesetzte Ammonium kommt es im Anschluss wieder zum exponentiellen Wachstums unter hohen Ammoniumverbrauch usw. [19] Die Werte des Egglburger Sees weichen von der ökologisch auffälligen Stelle nur minimal ab (vgl. [9], 2.3.6), da auch dort das Ammonium sofort durch die Organismen verbraucht wird.

Die Nitratwerte der ersten beiden Messungen liegen mit 2,53mg/l und 2,78mg/l weit unter der EU-Trinkwasserrichtlinie (max. 50mg/l), [15] sind aber deutlich höher als die festgestellten Werte der dritten und vierten Messung. Da auch hier als Ursache für die hohen Werte Düngemiteleinflüsse durch die Landwirtschaft ausgeschlossen werden können, liegt die Ursache eher im regenreichen Wetter der Messtage. Zur Erklärung: Durch den Regen werden Stickoxide aus der Luft gelöst und befinden sich dann als Nitrate und Nitrite im Wasser. Das Nitrat wird dann von Wasserorganismen verstoffwechselt (wenn auch langsamer als Ammonium), sodass am dritten Messtag nur noch 0,57mg/l Nitrat im Wasser nachgewiesen werden können. Da es vom

08.07.14 bis 21.07.14 kaum regnete, blieb der Nitratreintrag während dieser Zeit sehr gering, gleichzeitig wurde das übrige Nitrat durch Organismen verbraucht. Das hatte zur Folge, dass am 21.07.14 kein Nitrat mehr vorhanden war. Werden diese Nitratwerte mit denen des Egglburger-See- Auslaufs verglichen, fällt auf, dass der Nitratwert hier trotz der vielen im Wasser enthaltenen Organismen immer höher ist, als der, der ökologisch auffälligen Stelle. Ursache hierfür sind die hohen Nitratreinträge durch Düngemittel, da die Wiesen um den Egglburgersee landwirtschaftlich genutzt werden und somit Nitrat aus der Düngung durch Regen in den Egglburger See gelangt. [9]

Die Phosphat-Ionenkonzentration überschreitet nie den Wert von 0,3mg/l und liegt damit auch in er EU-Trinkwasserrichtlinie, nach der ein Phosphatgehalt von bis zu 6,95mg/l zulässig ist. [18] Diese niedrigen Phosphatkonzentrationen ergeben sich wieder durch den fehlenden landwirtschaftlichen Düngemiteleintrag, da keine Zuflüsse zur ökologisch auffälligen Stelle existieren, durch die ausgewaschenes Phosphat in das Gewässer gelangen könnte. Im Vergleich mit der Phosphatkonzentration des Auslaufs des Egglburger Sees unterscheiden sich die Werte vom 13.03.14 und 21.07.14 kaum, der Phosphatgehalt vom 04.07.14 am Egglburgersee Auslauf liegt jedoch deutlich höher als der der zu untersuchenden Stelle (siehe 2.3.6.). Bei diesem hohen Wert handelt es sich laut Thomas Mangstl aber um einen Messfehler und nicht um eine erhöhte Phosphatbelastung. [9] Somit kann davon ausgegangen werden, dass sich bezüglich des Phosphats keine gravierenden Differenzen finden lassen. Zudem war immer noch unklar, woher das aus dem Boden tretende Wasser an der ökologisch auffälligen Stelle kommt, wobei die These aufgestellt worden war, dass sich eventuell im Boden eine Versitzgrube befindet. Da das Gebiet rund um den Egglburgersee nicht kanalisiert ist, benötigt jedes Haus zur Abwasserreinigung/ -entsorgung entweder Kleineinleiter oder biologische Abwasseraufbereitungsanlage wie Dreikammerversitzgruben oder ähnliches. So wäre es möglich, dass sich im Boden unter der ökologisch auffälligen Stelle eine solche Versitzgrube befindet, die zur Abwasseraufbereitung des Hauses, das sich oben am Hang befindet, dient. Ist diese Versitzgrube leck, kann Wasser austreten und an die Oberfläche gelangen, wie es bei der ökologisch auffälligen Stelle geschieht. Gegen diese These spricht aber, dass dann der Phosphatgehalt im Gewässer viel höher sein müsste, da im Abwasser durch Lebensmittel, Spül- und Waschmittel eine hohe Phosphationenkonzentration vorkommt. [17] Aus diesem Grund wurde angenommen, dass das austretende Wasser aus dem Erdinneren kommt und sich deshalb Phosphate nur in geringen Mengen als löslicher Bestandteil der natürlichen phosphathaltigen Mineralien wie Apatit und Phosphorit finden.

2.4.7 Chemischer Index

Der Chemische Index von III und die damit verbundene schlechte chemische Gewässergüte ergeben sich vor allem durch die geringe Sauerstoffsättigung, die aus viele heterotrophe Organismen schließen lässt, und durch die hohe Leitfähigkeit, die auf einer großen Menge gelöster Salze beruht. Wie aber bereits oben angesprochen spiegelt der normale BSB5-Wert nicht die tatsächliche Menge der im Wasser enthaltenen Organismen wieder, sodass die ersten drei erstellten Chemischen Indices mit den streng nach Definition durchgeführten BSB5-Werten nicht die eigentliche Gewässergüte angeben. Erst der vierte CI mit dem letzten „BSB5“-Wert entspricht wirklich dem Zustand des Gewässers, der dadurch als sehr stark verschmutzt gilt. Allerdings muss hierzu gesagt werden, dass dies nicht ein Chemischer Index nach Definition ist und mit dem abgeänderten „BSB5“-Wert streng genommen nicht repräsentabel ist. Dennoch kommt der letzte chemische Index mit dem BSB5-Wert bei 18°C der Situation des Gewässers am Nächsten, da hier im Gegensatz zu den anderen chemischen Indices auch die große Zahl der vorhandenen Organismen berücksichtigt ist.

2.4.8 Nachweisreaktionen

Wie schon mehrmals angesprochen wurde, lässt die hohe Leitfähigkeit auf viele gelöste Salze schließen; durch den Laborbericht von Dr. Blasy- Dr. Busse [A] und die rot-braune Farbe der Ausflockungen veranlasst wurde der Eisennachweis durchgeführt. Dieser verlief im filtrierten Wasser selbst bei Säurezugabe negativ und in der verkohlten Bodenprobe erst nach Säurezugabe positiv, was für Eisen-(III)-hydroxid in den Ausflockungen spricht. Laut dem oben genannten Laborbericht wurde in den Ausflockungen ein Eisengehalt von 0,25mg/l festgestellt, wobei aber nicht angegeben wird, ob dieser Eisengehalt ohne oder mit Säurezugabe bestimmt wurde, sodass dieses Ergebnis zu hinterfragen ist. Im Laborbericht wird aber zudem die These geäußert, dass es sich bei der ökologisch auffälligen Stelle „um einen Zustrom von reduzierten Grundwasser mit höherem Eisenanteil handeln“ [A] könnte. Um diese Aussage zu prüfen, wurde Herr Buschek vom Landratsamt Ebersberg hinzugezogen. Dieser erklärte, dass es sich bei dem Boden um den Egglburgersee um Moorboden handelt, der eine hohe Eisen-(II)-konzentration aufweist. Für genauere Auskünfte wurde von Herrn Buschek empfohlen, sich mit Herrn Doktor Bittl vom Wasserwirtschaftsamt Rosenheim in Verbindung zu setzen. Durch diesen wurde in Erfahrung gebracht, dass das Eisen-(II) im Moorboden sich gut im Wasser löst und dann bei steigenden Grundwasserspiegel an die Oberfläche gelangt, wo es durch den

Sauerstoff oder Bakterien zum rotbraunen Eisen-(III) oxidiert wird, welches dann im Wasser als Eisenhydroxid ausfällt. Durch diese Erkenntnis lassen sich die Ergebnisse des Eisennachweis erklären: Im filtrierten Wasser ist nur Eisen-(II) enthalten, da Eisen-(III) ausfällt und bei der Filtration entfernt wurde, sodass die Nachweisreaktion negativ verlaufen muss. Das ausgefallene Eisenhydroxid im „Schlamm“ löst sich in der Säure, sodass die dann vorliegenden Eisen-(III)-Ionen positiv mit den Thiocyanat reagieren können. Die rotbraune Farbe der Ausflockungen kann also auf den Moorboden an der ökologisch auffälligen Stelle und das darin enthaltene Eisen-(II) zurückgeführt werden. Der Sulfidnachweis wurde durchgeführt, weil an der zu untersuchenden Stelle ein schwacher fauliger Geruch wahrgenommen worden war, was auf Verwesungsprozesse beim Abbau von Biomasse schließen lässt. Da die Nachweisreaktion hier negativ verlief und der Geruch nach Schwefelwasserstoff nur selten und schwach wahrgenommen wurde, sind die an der ökologisch auffälligen Stelle auftretenden Verwesungsprozesse minimal und zu vernachlässigen. Der Mangannachweis besitzt hingegen keinerlei Aussagekraft, da auch die Positivprobe negativ verlief, sodass von einer hohen Mangankonzentration von 0,087 mg/l nach dem Laborbericht von Dr. Blasy- Dr. Busse [A] ausgegangen wird.

2.4.9 Kläranlage

Durch die Ergebnisse aus der Grafinger Kläranlage werden einerseits bisheriger Erkenntnisse wie der niedrigen BSB5-Wert oder die Konzentrationen der Ionen bestätigt, andererseits kann durch die beim Mikroskopieren gefundenen Mikroorganismen, wie Wimperntierchen, die These der Toxizität vollends widerlegt werden. [1] Zudem wurde von Herrn Bauer der entscheidende Hinweis auf den Brunnenfaden gegeben. Durch dieses Bakterium lassen sich alle anderen Ergebnisse erklären: da der Organismus heterotroph ist, verbraucht er den Sauerstoff im Wasser. Zudem wird durch den Brunnenfaden das Eisen-(II), das im Wasser gelöst ist, zu Eisen-(III) oxidiert, welches sich an den Bakterien ablagert und für die rotbraune Farbe der Fäden verantwortlich ist. Zudem werden die Hüllen des Bakteriums auch mit anderen Salzen, bevorzugt Mangansalze, belegt. Somit lassen sich die hohen Eisen- und Manganwerte aus dem Laborbericht erklären, die durch den durchgeführten Eisennachweis und die hohe Leitfähigkeit zusätzlich bewiesen sind. Außerdem werden vom Brunnenfaden kalte Gewässer bevorzugt, was erklärt, warum erst bei niedrigeren Temperaturen ein BSB5-Wert festgestellt werden kann. Auch für Herrn Doktor Bittl, Biologe vom Wasserwirtschaftsamt Rosenheim, schien dieses Bakterium als Erklärung „plausibel“, jedoch ist natürlich anzumerken, dass erst

eine Analyse der Bakterien durch ein professionelles Labor eindeutige Gewissheit bringen kann.

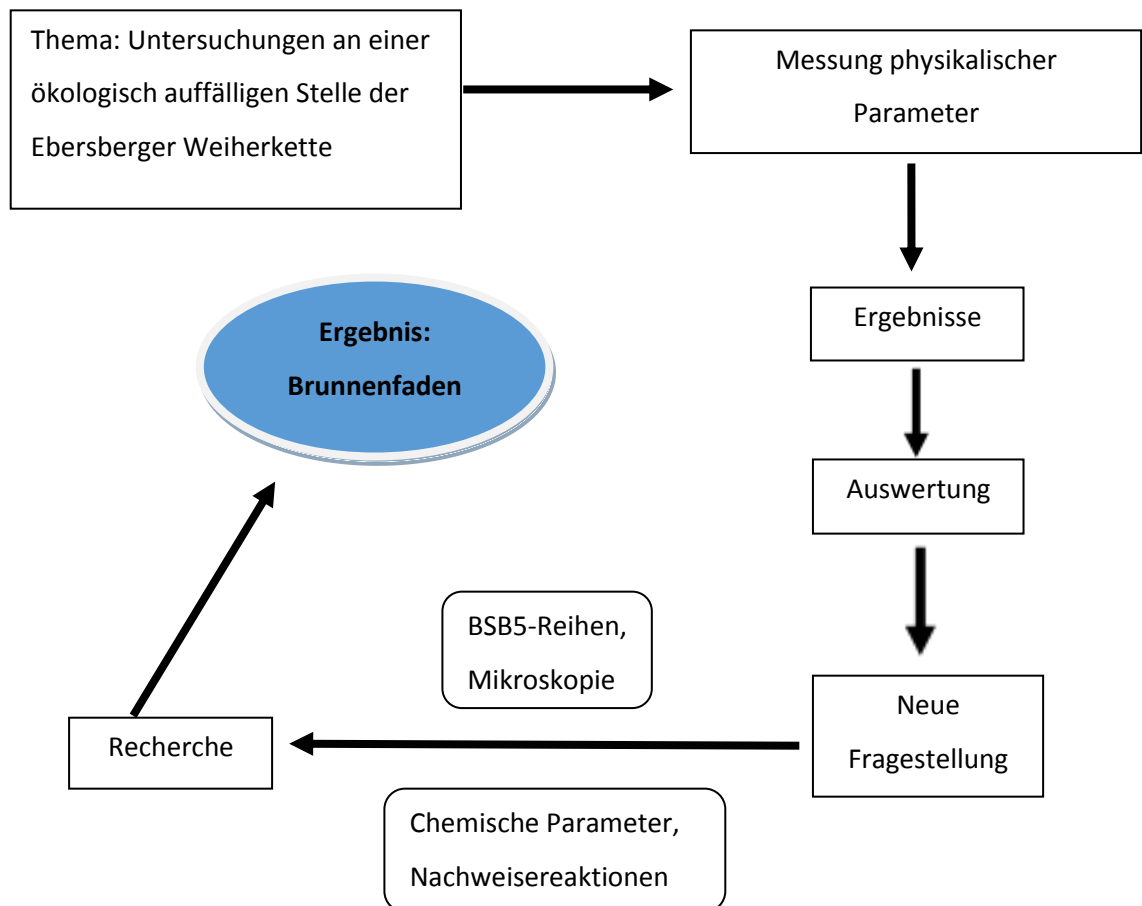
2.5 Fehlerdiskussion

Trotz sorgfältigsten Arbeiten konnte nicht verhindert werden, dass sich einige Fehler eingeschlichen haben: Vor allem bei den BSB5-Reihen stellte sich im Nachhinein heraus, dass zum einem die Anfangstemperatur des Wasser zu gering war. Dies hat zur Folge dass das Ergebnis verfälscht wird, da sich im kälteren Wasser Sauerstoff besser und mehr löst als im wärmeren Wasser. Bei einer Temperaturdifferenz zwischen vorher und nachher unter 2mg/l ist diese Verfälschung so minimal, dass darüber hinweggesehen werden kann; bei den ersten BSB5-Reihen beträgt die Temperaturdifferenz aber stellenweises sogar 8mg/l, was das Ergebnis eindeutig negativ beeinträchtigt. Zudem besitzen die hohen BSB5-Werte aus den Verdünnungen der ersten vier Reihen keine Aussagekraft, da sie rein durch die Rechenoperation entstehen. Zudem ist die letzte BSB5-Reihe laut Definition keine wirkliche BSB5-Messung, da anstatt bei 20°C nur bei 18°C gearbeitet wurde. Zudem wurde das Wasser während der fünf Tage nicht gerührt, sodass die entstandenen Werte nicht direkt mit den Werten der vorherigen BSB5-Reihen gleichgesetzt werden können. Auch die berechneten CI-Werte stimmen nur bedingt, da für die ersten drei chemischen Indices BSB5-Werte bei einer Temperatur von 20°C verwendet wurden. Der Brunnenfaden verstoffwechselt den Sauerstoff aber erst bei niedrigeren Temperaturen (siehe B.IV.), sodass der BSB5-Wert eigentlich nicht die hohe Zahl an vorhandenen Organismen wiedergibt, sondern fälschlicherweise für ein saubereres Gewässer ohne hohe Organismenzahlen steht. Hier stellt sich nun ein Problem: setzt man streng nach Definition den eigentlichen BSB5-Wert ein, erhält man einen niedrigeren CI und somit eine bessere chemische Güteklasse, was aber dann nicht der Realität entspricht. Wird hingegen der „BSB5“-Wert bei niedrigerer Temperatur eingefügt, liegt ein höherer CI und damit eine schlechter Gewässergüte vor, was dann der Realität entspricht, aber nicht der eigentlichen Definition. Somit müsste eine neue Kenngröße für den Sauerstoffverbrauch des Brunnenfadens definiert werden, die dann anstelle des BSB5-Wert eingesetzt wird, um so den tatsächlichen CI zu ermitteln. Außerdem ist auch der Vergleich der Phosphat-Ionen der ökologisch auffälligen Stelle mit denen des Auslaufs des Egglburger Sees nicht ganz aussagekräftig, da bei der zweiten Messung der Phosphat-Ionen am Auslauf Egglburger See ein Messfehler unterlaufen ist und dieser Wert somit nicht als Vergleich dienen kann. Zu guter Letzt muss auch angefügt werden, dass der Mangannachweis keinerlei Aussagekraft besitzt, da nicht einmal die Positivprobe funktioniert hat und somit auch keinerlei Aussage über den Mangangehalt im Wasser der ökologisch auffälligen Stelle gemacht werden kann.

2.6 Zusammenfassung

Das Besondere an dieser Seminararbeit ist das Entwickeln eigener Problemlösestrategien ohne klare Ziel- und Ergebnisvorstellungen sowohl seitens der Seminarleitung, als auch des Verfassers. Da es keinerlei Informationen und Erkenntnisse zur ökologisch auffälligen Stelle gab, mussten physikalische, chemische und biologische Parameter von Grund auf erarbeitet werden, wobei es immer wieder zu Rückschlägen kam, die nur durch eine hohe Frustrationstoleranz überwunden werden konnten. Außerdem musste eine Strategie bei der Untersuchung der ökologisch auffälligen Stelle eigenständig erarbeitet und nach neuen gewonnen Erkenntnissen immer wieder verändert werden, um so schließlich zu dem vorhandenen Ergebnis zu gelangen. Im Nachhinein betrachtet war die Untersuchung so vieler verschiedener Aspekte wahrscheinlich der einzige Weg, um als Ursache der braunen Ausflockungen auf den Brunnenfaden schließen zu können und eine Toxizität des Gewässers auszuschließen.

Visualisierung der Vorgehensweise:



Letztendlich war für dieses vielschichtige Thema etwas zu wenig Zeit, sodass noch einige Dinge ausstehen, die aber hoffentlich im nächsten W-Seminar zu Ebersberger Weiherkette bearbeitet werden können. So müsste zuerst durch ein Labor bestätigt werden, dass es sich bei dem Bakterium tatsächlich um den Brunnenfaden handelt, indem beispielsweise eine Sequenzanalyse des Bakteriums gemacht wird. Da bereits die 16 S rRNS Basensequenz des Brunnenfadens erforscht wurde, kann er so bei der Sequenzanalyse eindeutig identifiziert werden. Darüber hinaus müsste der Ansatz der letzten „BSB5“-Reihe weiterentwickelt werden, indem man die Temperatur stufenweise erniedrigt und schrittweise die richtige Verdünnung findet, sodass man das Optimum des Brunnenfadens finden kann. Dies ist eine langwierige Arbeit, die viel Ausdauer und Präzision verlangt und eventuell als Seminararbeitsthema vergeben werden könnte.

2.7 Literaturverzeichnis

- [1] „Ammonium (NH₄⁺): Grenzwerte, Richtlinien und Empfehlungen“, Institut Dr. Flad 21.09.2014, <http://www.chf.de/eduthek/chemischer-index11a.html>
- [2] „Biochemischer Sauerstoffbedarf“ Wikipediaseite, Anonym, vom 20. Oktober 2014, http://de.wikipedia.org/wiki/Biochemischer_Sauerstoffbedarf
- [3] „Braune Spree“ von Wolfgang Albus 16.11.2013, http://www.rbb-online.de/luzyca/archiv/20131116_1330/BrauneSpree.html
- [4] „Brunnenfaden“ Wikipediaseite vom 18. November 2013, <http://de.wikipedia.org/wiki/Brunnenfaden>
- [5] „Chemischer Index und Gewässergüte“ vom Institut Dr. Flad vom 17.12.2009, http://www.chf.de/eduthek/chemischer-index/Chemischer_Index.pdf
- [6] „Chemischer Index/ Wasserwissen“ von Dr. Holger Wessolowski <http://www.wasserwissen.de/abwasserlexikon/c/chemischerindex.htm>
- [7] „Das Brunnenfaden-Rätsel gelöst“ Von Andreas Schmidt, Hamburger Abendblatt, 31.05.2006 <http://www.abendblatt.de/hamburg/harburg/article399823/Das-Brunnenfaden-Raetsel-geloest.html>
- [8] „Das mikroskopische Bild bei der biologischen Abwasserreinigung“ Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 1999
[http://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=STMUG&DIR=stmug&ACTIONxSETVAL\(artdtl.htm,APGxNODENR:3778,AARTxNR:lfw_was_00043,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x\)=X](http://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=STMUG&DIR=stmug&ACTIONxSETVAL(artdtl.htm,APGxNODENR:3778,AARTxNR:lfw_was_00043,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x)=X)
- [9] „Die chemischen Parameter der Ebersberger Weiherkette“ von Thomas Mangstl
- [10] „Drohende Ökokatastrophe im Spreewald: Noteinsatz gegen die braune Brühe“ Von Christoph Seidler, 10.04.2013
<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/spreewald-notfalleinsatz-gegen-braune-bruehe-a-892766.html>
- [11] „Ein Mikrokosmos unter Tage“, Von Martin Jäggle
<http://www.carolinengrube.de/Seiten/Mikrokosmos.htm>
- [12] „Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie.“ Jander, Gerhart; Blasius, Ewald, 12.Auflage, 1985
- [13] „Nachweis von Mangan“ von Dr. Clemens Bruhn, Prof. Dr. Dirk Steinborn, vom 11.02.2014

http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/6/ac/versuche/kationen/_vlu/mangan.vlu/Page/vsc/de/ch/6/ac/versuche/kationen/mangan/nachweis.vscml.html

[14] „Nachweis von Sulfid“ von Dr. Clemens Bruhn, Prof. Dr. Dirk Steinborn, vom 11.02.2014

http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/6/ac/versuche/anionen/_vlu/sulfid.vlu/Page/vsc/de/ch/6/ac/versuche/anionen/sulfid/nachweis.vscml.html

[15] „Nitrat (NO₃⁻): Grenzwerte, Richtlinien und“, Institut Dr. Flad 21.09.2014

<http://www.chf.de/eduthek/chemischer-index12a.html>

[16] „Ökologische Potenz“ von Dr. Martina Henn-Sax

https://www.abiweb.de/assets/courses/img/biologie-oekologie/OekologischePotenz_2.png

[17] „Phosphat (PO₄³⁻)“, Institut Dr. Flad 21.09.2014

<http://www.chf.de/eduthek/chemischer-index13.html>

[18] „Phosphat: Grenzwerte und Richtlinien“, Institut Dr. Flad 21.09.2014

<http://www.chf.de/eduthek/chemischer-index13a.html>

[19] „Populationszyklen“ Copyright 1999 Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/populationszyklen/53137>

[20] „Salpetersäure“ von T. Seilnacht, vom 11.02.2014

http://www.seilnacht.com/Chemie/ch_hno3.htm

[21] „Sauerstoffgehalt“ FGG Weser von Kathleen Rothe [http://www.fgg-](http://www.fgg-weser.de/sauerstoffgehalt.html)

[weser.de/sauerstoffgehalt.html](http://www.fgg-weser.de/sauerstoffgehalt.html)

[22] „TUHH-Forscher lösen Rätsel um den Brunnenfaden: Trinkwasserbakterium

verwertet Methan“ TUHH von Prof. Dr.-Ing. Knut Wichmann, 13.02.2006

http://intranet.tuhh.de/aktuell/pressemitteilung_einzeln.php?Lang=de&id=3150

[23] „Zuordnung der Gewässergüte über den ermittelten chemischen Index“ vom StD

Holger Schickor [http://www.hschoickor.de/Bettenfeld/Mai2005/daten1c-](http://www.hschoickor.de/Bettenfeld/Mai2005/daten1c-Dateien/image004.jpg)

[Dateien/image004.jpg](http://www.hschoickor.de/Bettenfeld/Mai2005/daten1c-Dateien/image004.jpg)

2.8 Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die Facharbeit ohne fremde Hilfe angefertigt und nur die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel benützt habe.

Ort, den Datum

.....

Unterschrift

.....

2.9 Danksagung

In erster Linie möchte ich Frau Weidner, unserer Seminarleitung, danken! Sie stand nicht nur für fachliche Fragen immer gerne zur Verfügung und erklärte selbst schwierige Sachverhalte verständlich, sondern versuchte ihren Schülern auch bei außerschulischen Problemen zu helfen. Außerdem gebührt den Mitarbeitern der Kläranlage Grafing, allen voran Herrn Bauer, großer Dank, da sie mit professioneller technischer Ausstattung und langjährigem Fachwissen den Verfassern zur Seite standen und den entscheidenden Hinweis bei der Lösung der Fragestellung gaben. Zudem möchte ich auch Herrn Buscheck vom Landratsamt Ebersberg meinen Dank aussprechen, der mir sofort mit Details rund um die Ebersberger Weiherkette weiterhelfen konnte und mich für genauere Informationen an Herrn Dr. Bittl vom Wasserwirtschaftsamt Rosenheim weiterleitete. Herr Doktor Bittl gab mir sehr detaillierte Auskunft über Moorböden und verschiedene chemische Vorgänge darin und konnte mich in meiner These zum Brunnenfaden bestätigen.

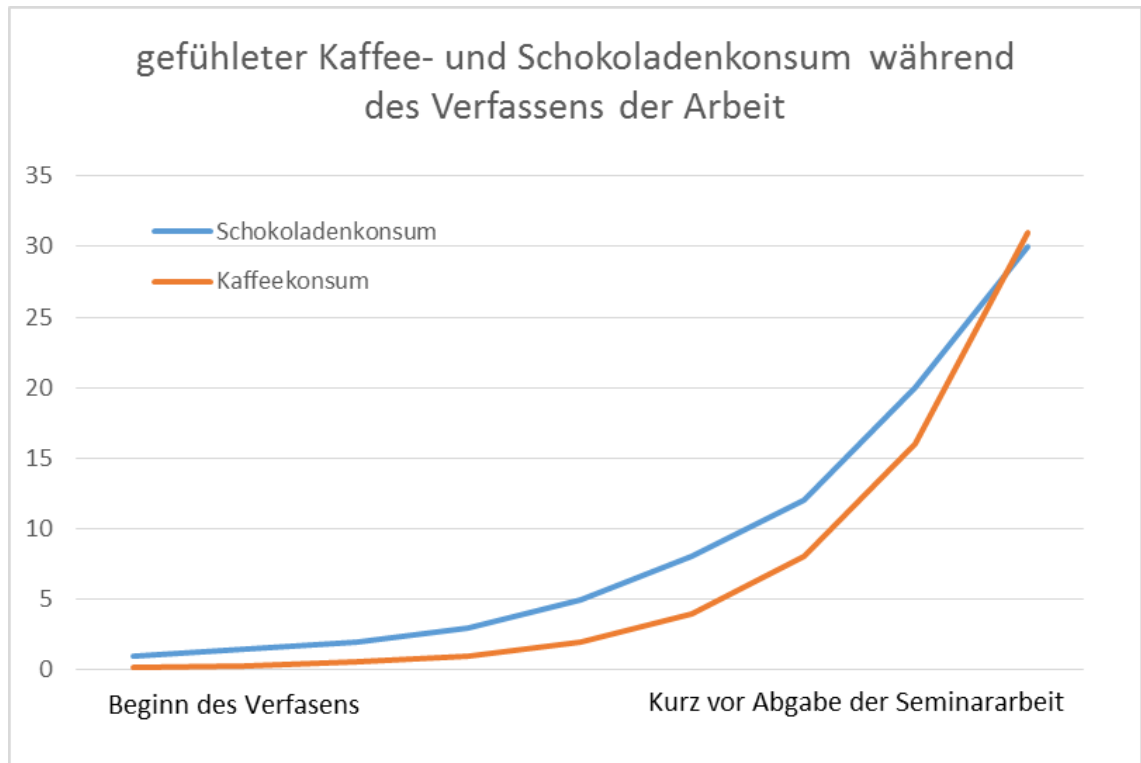
Außerdem bedanke ich mich bei meiner Mitschülerin Anna-Maria Riedmaier, die dieses Thema gemeinsam mit mir erarbeitet hat, für die gute Zusammenarbeit. Gleicher Dank gebührt Nikolaus Krumrein und Thomas Mangstl, ebenfalls Mitschüler, die mir jederzeit die chemischen Parameter der Ebersberger Weiherkette zukommen ließen und mir bei Fragen zu den Ionen zur Seite standen.

Zu guter Letzt danke ich meiner Nachbarin Frau Weininger und meiner Familie, die mich beim Verfassen der Arbeit unterstützt haben und immer wieder bereit waren, Korrektur zu lesen.

Ohne die Unterstützung von so vielen Seiten wäre die Seminararbeit wohl nicht so fertiggestellt worden, wie sie jetzt vorliegt, sodass ich jedem nochmals ausdrücklich für die Unterstützung danken möchte!

3 Schluss

Im Laufe der Verfassung dieser Seminararbeit wurde mir zunehmens an Ausdauer, Energie und Nerven abverlangt. Dieser Stress ließ sich nur durch einen steigenden Kaffee- und Schokoladenkonsum kompensieren.



Wie im Diagramm gut zu erkennen ist, stieg der gefühlte Schokoladen- und Kaffeeconsum bis zu Abgabe der Seminararbeit exponentiell an, bis meine Hauptnahrung fast ausschließlich aus diesen beiden Komponenten bestand. Ob und in wie weit diese Ernährung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat, ist eher fraglich. Fest steht nur, dass ich in den nächsten Wochen dringend einen Entzug machen muss, um nicht als Kaffee- oder Schokoladenjunkie zu enden.

Dass bei dieser Seminararbeit dennoch ein ansehnliches Ergebnis zustande gekommen ist, freut mich umso mehr und so war jede Tasse Kaffee und jeder Riegel Schokolade das Ergebnis wert.

Alles in allem bin ich zufrieden mit dieser Seminararbeit und würde das Thema sofort wieder wählen!

Elisabeth Hilger