

## **A. Einleitung**

Das Seminar „Ökologische Untersuchungen an der Ebersberger Weiherkette“ unter der Leitung von Frau Weidner habe ich ausgewählt, da mich die biologischen und chemischen Vorgänge in der Ebersberger Weiherkette besonders interessieren.

In einem vorherigen Seminar wurde die sogenannte „Dreckstelle“ zum ersten Mal entdeckt und untersucht. Dabei hat sich herausgestellt, dass sich in dem Wasser eine Art oranger Schlamm, jedoch kaum Sauerstoff befindet.

Diese Stelle weckte mein Interesse besonders, da noch sehr wenig darüber bekannt war und von vornherein klar war, dass das Arbeiten sehr vielseitig und flexibel wird, um der Ursache des „Dreckstellenproblems“ auf den Grund zu gehen.

Der BSB 5 Wert konnte über Jahre, trotz größter Bemühungen, nicht bestimmt werden. Es kam der Verdacht auf, dass es sich um eine Verunreinigung toxischen Ursprungs handeln könnte.

Da vermutet wurde, dass sich die Untersuchungen schwierig und zeitintensiv gestalten könnten und die auftretenden Unstimmigkeiten eine große Frustrationstoleranz erforderten, wurde mit der Seminarleitung Frau Weidner vereinbart, dass ich zusammen mit Elisabeth Hilger die „Dreckstelle“ untersuchen sollte.

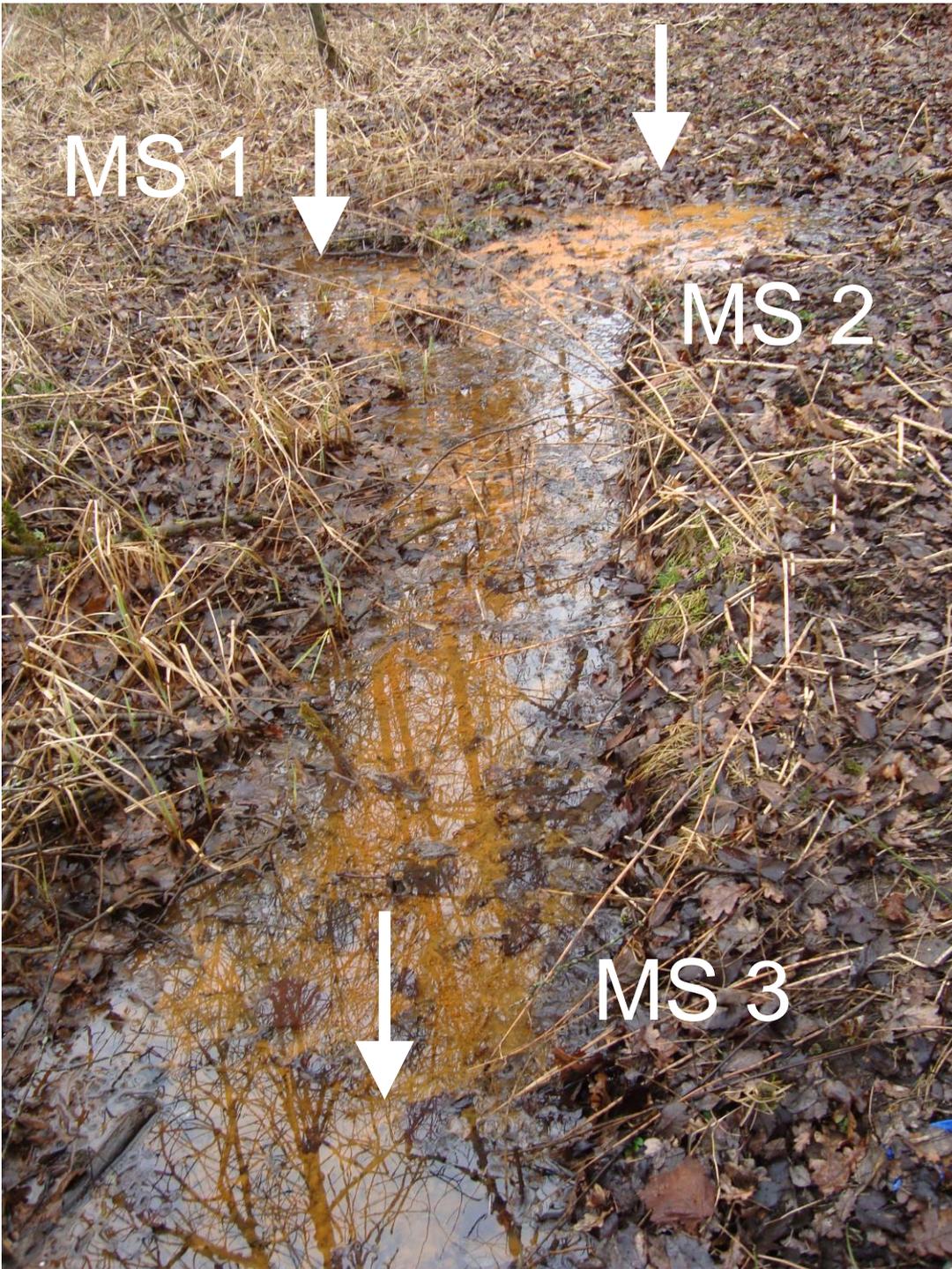
Beide Seminararbeiten sind inhaltlich sehr eng verknüpft, aber mit unterschiedlichen Schwerpunkten versehen. 6-Schwerpunkt meiner Arbeit sind Untersuchungen auf biologischer Basis, wohingegen Elisabeth Hilger sich mehr mit den chemischen Aspekten der Analyse beschäftigt.

Ziel der Arbeit war es, die Ursache für den extremen niedrigen Sauerstoffgehalt und die kräftige orange Färbung zu finden.

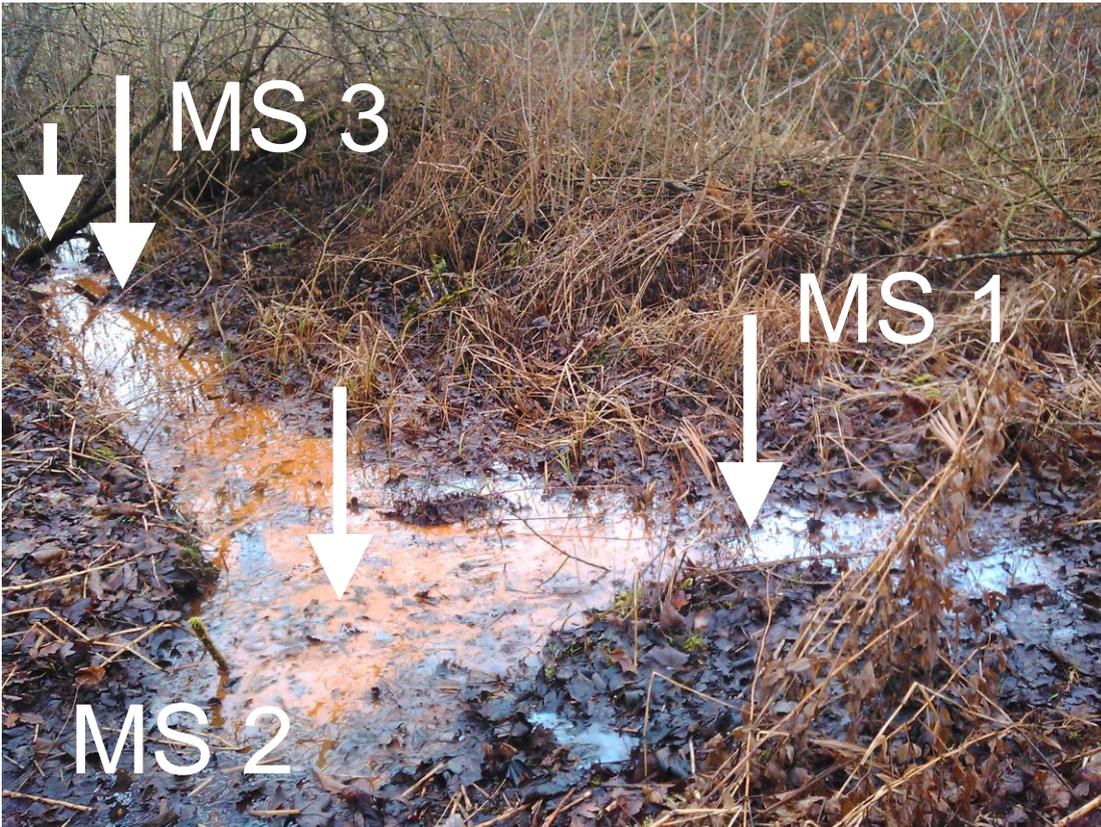
## **I. Beschreibung der Messstellen**

Die Dreckstelle befindet sich am oberen Verlauf der Ebersberger Weiherkette südöstlich des Egglburger Sees in einer Wiesenmulde unter Bäumen am Auslauf des Egglburger Sees. Der Wasserstand beträgt nur wenige Zentimeter und die Fließgeschwindigkeit ist sehr langsam. Insgesamt ist die Wasseroberfläche schätzungsweise nur ca. 4m<sup>2</sup>-5m<sup>2</sup> groß.

Als Messstellen wurden insgesamt drei verschiedene Stellen ausgewählt. Messstelle 1 befindet sich am hinteren Ende der sogenannten Dreckstelle. Sie wurde ausgewählt, weil sie etwas abseits liegt und der Wasserstand hier noch etwas niedriger ist. Aufgrund der Annahme, dass bei Messstelle 2 eine Art „Quelle“ vorliegt wurde diese Messstelle ausgewählt. Es wird vermutet, dass dort das Wasser aus dem Boden austritt. Das Wasser fließt hin zur nächsten Messstelle. Messstelle 3 liegt kurz vor dem Auslauf des Egglburger Sees. Von dort aus fließt das Wasser weiter durch die gesamte Ebersberger Weiherkette.



Messstellenbeschreibung 1 ©Riedmaier Anna-Maria



Messstellenbeschreibung 2 ©Riedmaier Anna-Maria

Der vierte Pfeil links oben kennzeichnet den Auslauf des Egglburger Sees

## II. Material- und Methodenteil

### 1. Verwendung eines Messkoffers

Zur Bestimmung der physikalischen Parameter Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit und pH-Wert wird ein Multimeter-Messkoffer verwendet. Der Messkoffer beinhaltet ein Messgerät an das man die Sonden, die gleichzeitig die Temperatur mit messen, anschließen kann. Um Messfehler zu vermeiden muss darauf geachtet werden, dass der Wasserstand hoch genug ist, damit die Sonden bis zu einer Markierung ins Wasser getaucht werden können. Zusätzlich sollte die Sauerstoffsonde etwas bewegt werden, um ein genaueres Messergebnis zu erzielen. Der Sauerstoffgehalt kann vom Messgerät in mg/l, % und mbar, bei der Leitfähigkeit in  $\mu\text{s}/\text{cm}$  und beim pH-Wert ohne Einheit angegeben werden.

### 2. Materialien zur BSB5 Bestimmung

Der Biochemische Sauerstoffbedarf BSB ist eine Messgröße für die Sauerstoffzehrung von Mikroorganismen in einer Wasserprobe innerhalb einer bestimmten Zeit. Hierzu wird der Sauerstoffgehalt beim Ansetzen einer Messreihe in mg/l gemessen und nach 5 Tagen erneut bestimmt. Die Differenz der beiden Werte ist der BSB5 Wert. Das Prinzip des BSB5 Wertes beruht auf der Tatsache, dass Algen und andere autotrophe Organismen Sauerstoff bei Licht produzieren, jedoch bei Dunkelheit zusammen mit heterotrophen Mikroorganismen Sauerstoff zehren. Gibt man die Wasserprobe in einen abgedunkelten Schrank einen sogenannten Inkubator, so verzehren die Algen und andere Mikroorganismen den Sauerstoff

und der Sauerstoffgehalt nach fünf Tagen ist deutlich geringer. Zusätzlich ist diese Messgröße ein Indikator für die Wasserqualität eines Gewässers. Bei einem hohen BSB5 Wert kann darauf geschlossen werden, dass viele Organismen in der Wasserprobe enthalten sind. Je geringer der BSB5 Wert ist, desto geringer ist auch die Menge der sauerstoffzehrenden Mikroorganismen in der Probe und umso besser ist die Wasserqualität. Zum Vergleich der Werte ist es wichtig einen „Leerwert“ mitlaufen zu lassen. Dies kann zum Beispiel Leitungswasser sein, beziehungsweise das Wasser, das zur Verdünnung gebraucht wurde. Liegt eine Verdünnungsreihe vor muss der Bestimmte Wert mit dem Nenner der Verdünnung multipliziert werden und anschließend der Leerwert abgezogen werden. Der nun errechnete Wert ist der BSB5 Wert.

Um den BSB5- Wert praktisch zu bestimmen bedarf es Karlsrohrflaschen und der Sauerstoffsonde des Messkoffers. Zur Vermeidung von Messfehlern werden jeweils Doppelbestimmungen angesetzt und alle Flaschen auf eine Rührplatte in einen auf ca. 22°C aufgeheizten und abgedunkelten Wärmeschrank gegeben. Man sollte darauf achten, dass es keine zu großen Temperaturdifferenzen zwischen den Messungen gibt, da sich der Sauerstoffgehalt bezüglich der Temperatur verändert. Zur optimalen Zirkulation des Wassers werden die Flaschen mit Rührfischen versehen und auf Rührplatten gestellt. Es sollte darauf geachtet werden, dass der Glasstopfen gut schließt und genug Wasser in die Karlsrohrflaschen gegeben wird, da Wasser wegen der Wärme verdunstet und die Proben sonst Luft ziehen und der Sauerstoffgehalt verfälscht wird.

### *3. Mikroskopie einer Wasserprobe*

Für eine Wassermikroskopie wird eine frische Probe benötigt, damit sich noch genügend lebende Mikroorganismen im Wasser befinden. Man bringt einen Tropfen der Probe mit einer Pasteurpipette auf einen sauber geputzten Objektträger auf und legt vorsichtig ein Deckglas auf den Tropfen, sodass sich keine Luftblasen bilden. Der Objektträger wird auf den höhenverstellbaren Objektisch gelegt und bei geeigneter Vergrößerung scharf gestellt. Mit Hilfe einer Nikon D 5000 haben wir Fotos angefertigt.

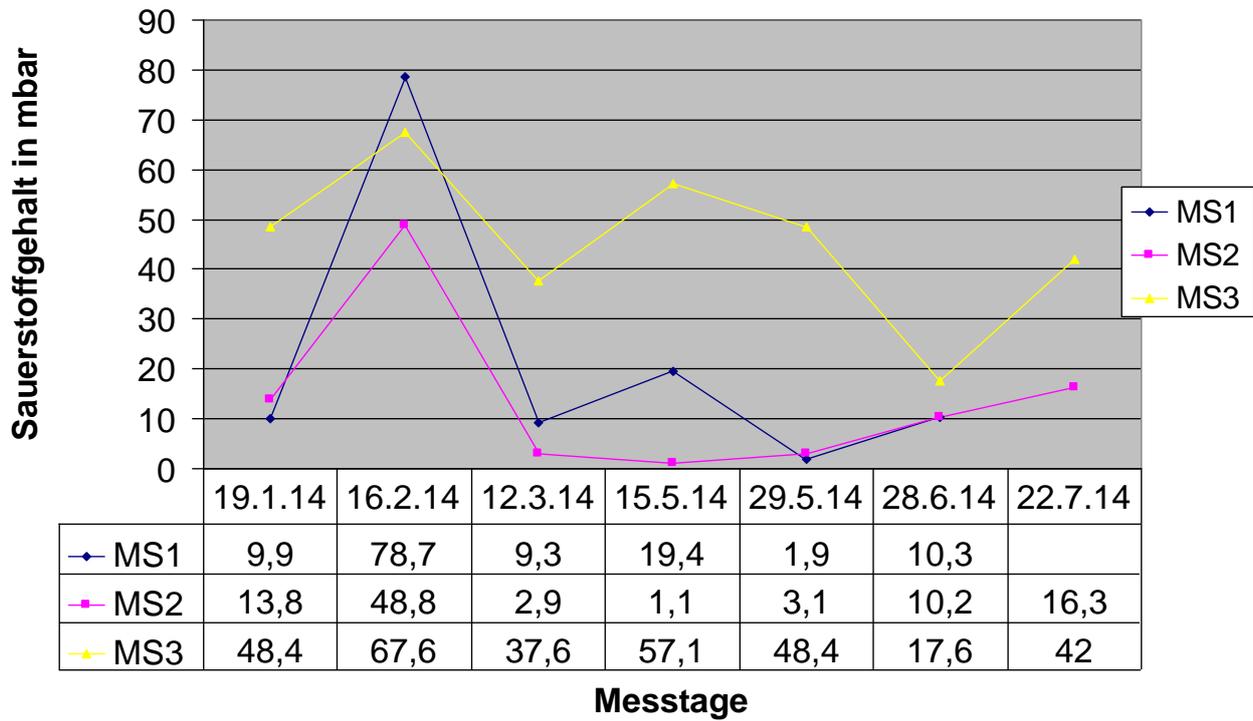
## **III. Ergebnisteil**

### *1. Vergleich des Sauerstoffgehalts im Jahresverlauf*

Im Laufe eines halben Jahres wurden die physikalischen Parameter Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit und pH-Wert mit dem Messkoffer an allen drei Messstellen genauer betrachtet.

Der Sauerstoffgehalt veränderte sich folgendermaßen:

### Sauerstoffgehalt im Jahresverlauf in mbar

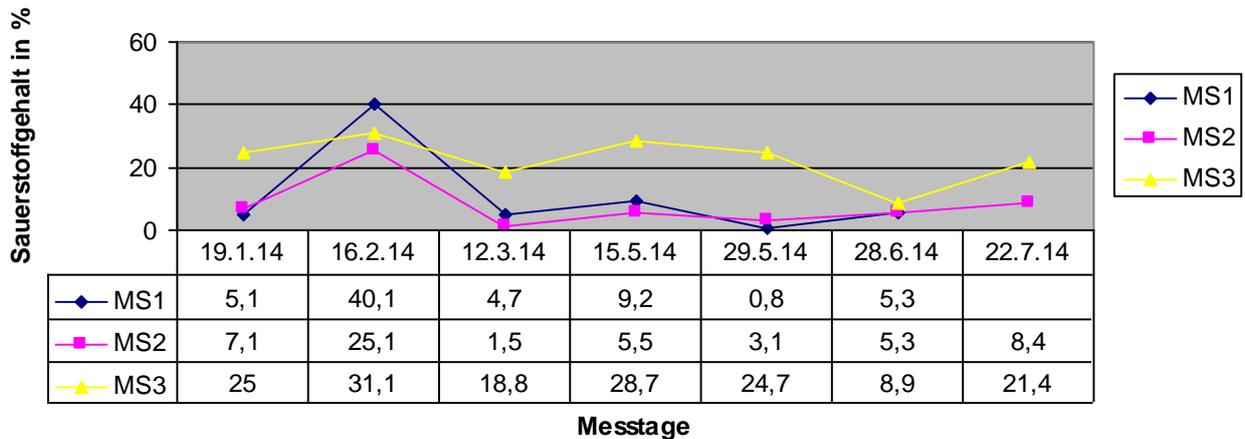


©Riedmaier Anna-Maria

Vergleich Egglburger See Auslauf am 28.6.14

- Temperatur 18,6°C
- Sauerstoffgehalt:10,9 mbar

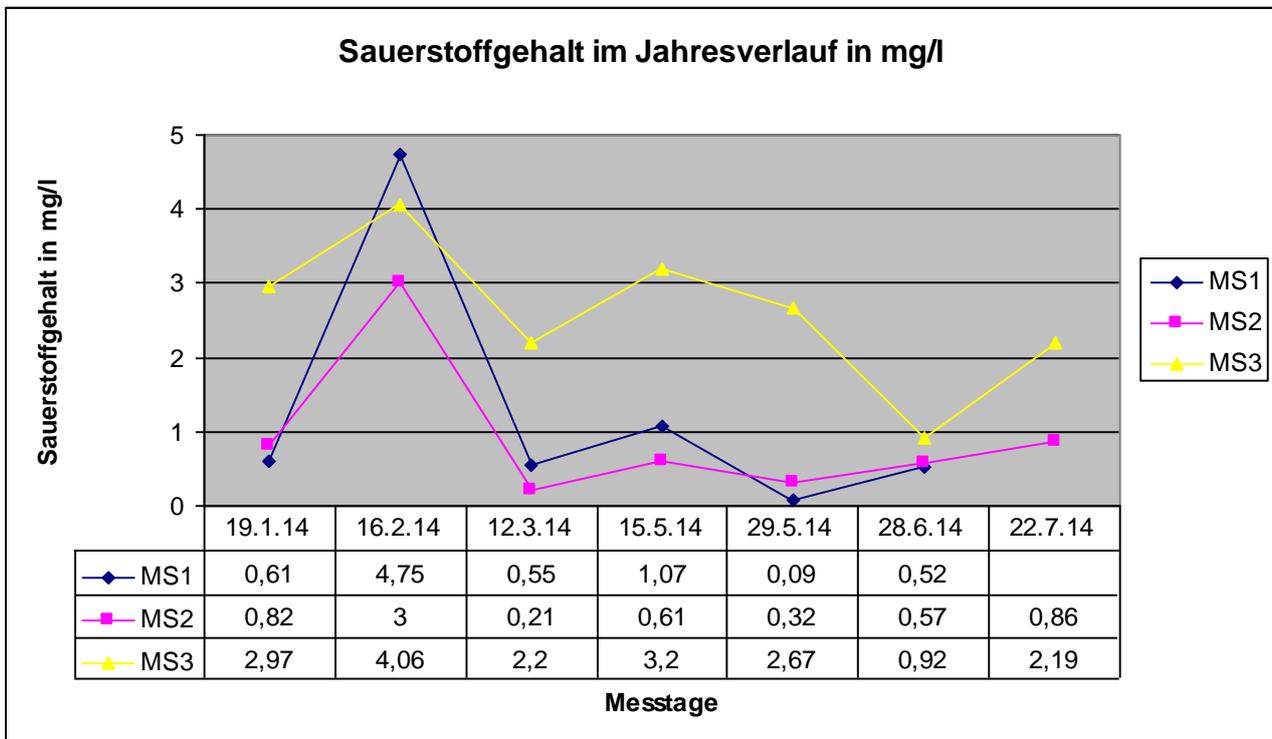
### Sauerstoffgehalt im Jahresverlauf in %



©Riedmaier Anna-Maria

Vergleich Eglburger See Auslauf am 28.6.14

- Temperatur 18,6°C
- Sauerstoffgehalt: 5,7%



©Riedmaier Anna-Maria

Vergleich Eglburger See Auslauf am 28.6.14

- Temperatur 18,6°C
- Sauerstoffgehalt: 0,53 mg/l

Beim Letzten Messtag konnte an der Messstelle 1 nicht mehr gemessen werden, da der Wasserstand zu gering war.

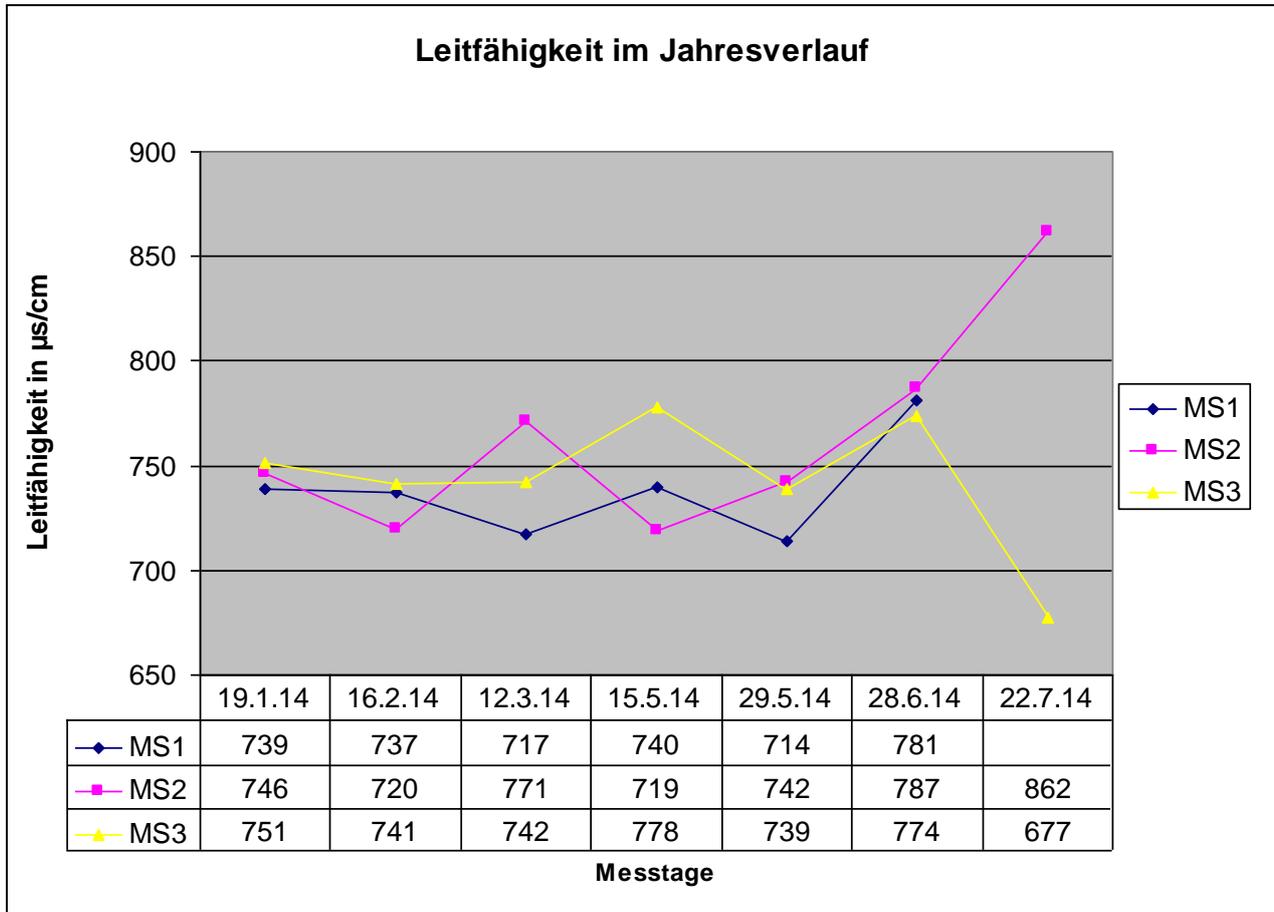
Anhand der Diagramme erkennt man deutlich, dass bei Messstelle 3 der Sauerstoffgehalt deutlich höher ist als bei den anderen beiden Messstellen.

Messstelle 1 und Messstelle 2 liegen relativ nah beieinander und unterscheiden sich nur kaum in ihrem Sauerstoffgehalt.

Auffällig ist der Ausschlag am zweiten Messtag, da hier alle drei Messstellen deutlich über den sonstigen Werten liegen. Trotzdem ist der Wert von maximal 4,75mg/l ein immer noch vergleichsweise niedriger Wert. Eine weitere Auffälligkeit ist, dass die Messstelle 1 einen höheren Sauerstoffgehalt aufweist, als die anderen beiden Messstellen, obwohl die Messstelle 1 sonst immer unter den Werten der dritten Messstelle liegt.

## 2. Vergleich der Leitfähigkeit im Jahresverlauf

Die Leitfähigkeit veränderte sich im Laufe des Jahres folgendermaßen



©Riedmaier Anna-Maria

Vergleich Egglburger See Auslauf am 28.6.14:

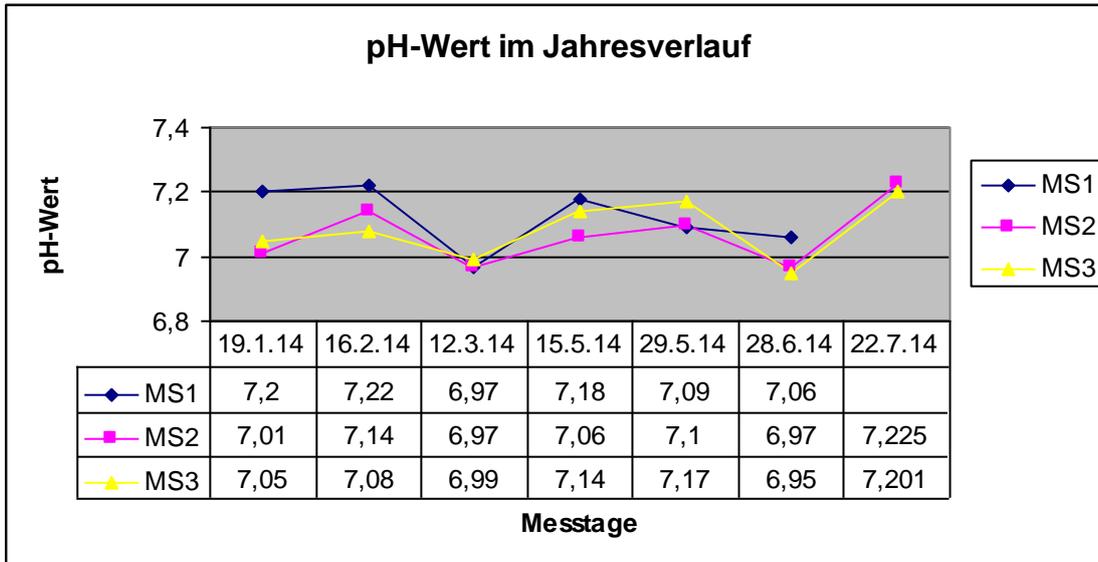
- Temperatur 18,6°C
- Leitfähigkeit: 478 µs/cm

Bei der letzten Messung von 22.7.14 konnte auf Grund des geringen Wasserstands keine Messung an der Messstelle 1 durchgeführt werden.

Die Leitfähigkeit verändert sich im Laufe unserer Messungen kaum. Die Werte schwanken ca. um den Mittelwert von 740µs/cm. Auch dieser Wert ist auffällig, da die anderen Gewässer der Ebersberger Weiherkette um einen Mittelwert von 400 µs/cm schwanken.

Nur bei der letzten Messung klaffen die Werte von Messstelle 2 und Messstelle 3 um 185µs/cm auseinander. Der Messwert der zweiten Messstelle ist auf 862µs/cm erhöht, wohingegen der Wert von Messstelle 3 auf 677µs/cm erniedrigt ist.

### 3. Vergleich des pH - Werts im Jahresverlauf



©Riedmaier Anna-Maria

Vergleich Egglburger See Auslauf am 28.6.14

- Temperatur 18,6°C

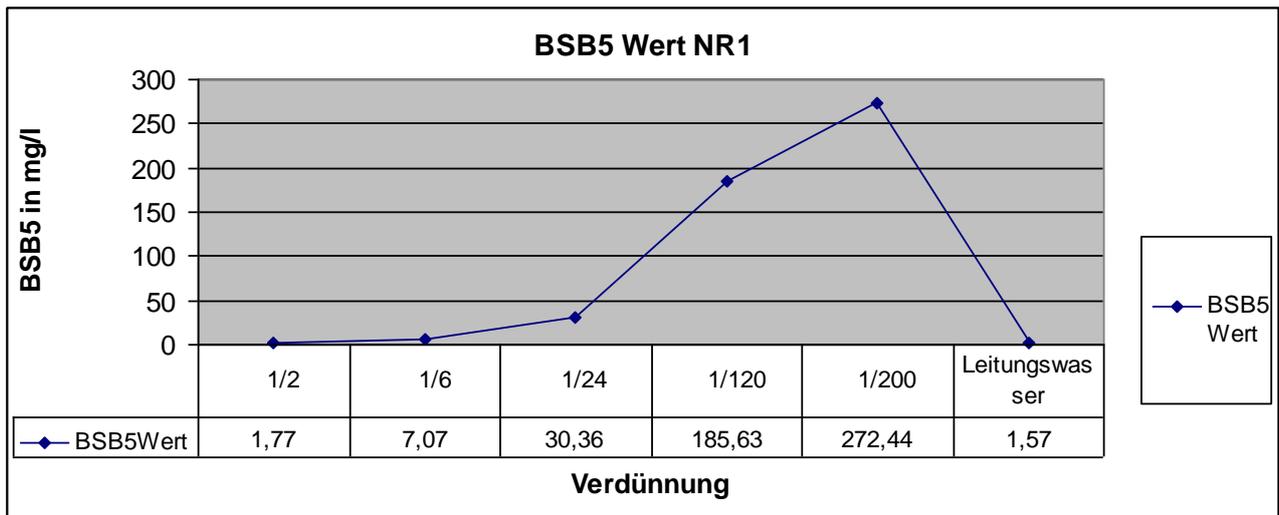
- pH-Wert: 7,23

Der pH-Wert bleibt im Jahresverlauf annähernd neutral. Auch hier konnte auf Grund des zu geringen Wasserstands die Messstelle 1 am 22.7.14 nicht mitbestimmt werden. Hier lassen sich keine Auffälligkeiten feststellen.

### 4. Auswertung des BSB5 Wertes

Aufgrund des hohen Zeitaufwands und auf ausdrückliche Empfehlung der Seminarleitung Frau Weidner wurden die BSB5-Reihen in enger Zusammenarbeit mit Elisabeth Hilger erstellt.

Insgesamt wurden vier BSB5 Reihen mit jeweils unterschiedlichen Verdünnungsreihen erstellt.



©Riedmaier Anna-Maria

BSB5 Tabelle NR1 20.3.-25.03.

Mit Leitungswasser Verdünnt

Verdünnung	Probe	Temperatur in °C	O <sub>2</sub> - gehalt in mg/l	Temperatur in °C	O <sub>2</sub> - gehalt in mg/l	Differenz in mg/l	Mittelwert in mg/l	<b>BSB5 Wert in mg/l</b>
1/2	1	19,7	7,26	22,1	5,55	1,71	1,67	<b>1,77</b>
	2	19,6	7,63	21,8	6,01	1,62		
1/6	1	18,1	7,76	21,9	6,28	1,48	1,44	<b>7,07</b>
	2	17,9	7,71	22,2	6,34	1,37		
1/24	1	17,3	8,03	21,9	6,7	1,33	1,33	<b>30,36</b>
	2	17,5	8,04	22,2	6,71	1,33		
1/120	1	16,7	8,31	22,1	6,87	1,44	1,56	<b>185,63</b>
	2	17	8,32	21,7	6,64	1,68		
1/200	1	15,8	8,1	21,6	6,86	1,24	1,37	<b>272,435</b>
	2	16	8,14	21,7	6,64	1,5		
Leitungswasser	1	14	8,16	22	6,53	1,63	1,57	<b>1,57</b>
	2	14,3	8,06	21,8	6,56	1,5		

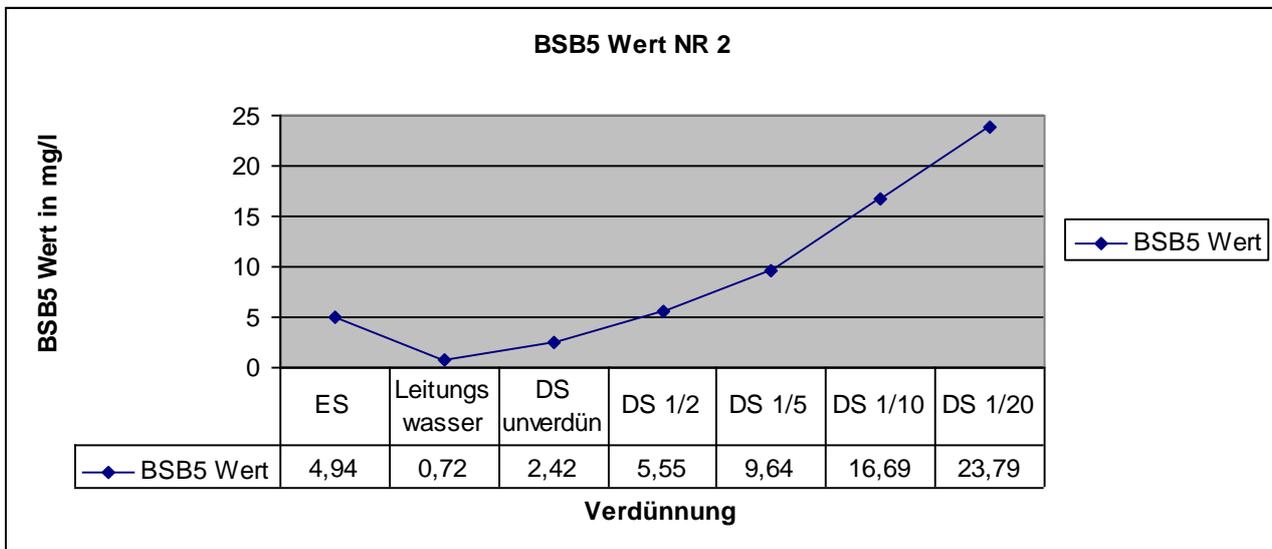
©Riedmaier Anna-Maria

Bei der ersten BSB5 Reihe wurde das Wasser von der zu untersuchenden Stelle mit Leitungswasser verdünnt. Das Wasser wurde am gleichen Tag der Entnahme zur BSB5 Bestimmung angesetzt.

Es wurden jeweils Doppelbestimmungen mit Verdünnungen 1:2; 1:6; 1:24; 1:120 und 1:200 angesetzt. Es wurden so hohe Verdünnungsstufen angesetzt, da die Vermutung bestand, dass sich etwas Toxisches in dem Wasser befindet. Die Überlegung war, die Toxizität so weit herunterzusetzen, indem man sehr weit verdünnt, damit die Mikroorganismen die Möglichkeit haben zu atmen und so wenig wie möglich von der Toxizität beeinträchtigt werden.

Der Graph steigt umso weiter an, je weiter man das Wasser der Dreckstelle mit Leitungswasser verdünnt. Bei der 1:2 Verdünnung liegt der Wert nur etwas über dem Wert des Leitungswassers. Eine 1:120 und 1:200 Verdünnung ist deutlich zu hoch, da man hier letztendlich den Wert des Leitungswassers misst und diesen dann mit 120 bzw. mit 200 multipliziert.

Da die Werte aufgrund des Multiplizierens so hoch werden, jedoch nicht, weil die Mikroorganismen in der Probe so viel Sauerstoff veratmen, wurde eine weitere BSB5 Reihe angesetzt und durchgeführt.



©Riedmaier Anna-Maria

BSB5 Tabelle NR 2 27.3.-1.4.14

Proben haben Luft gezogen

Verdünnt mit Leitungswasser, Egglburger See als Vergleich

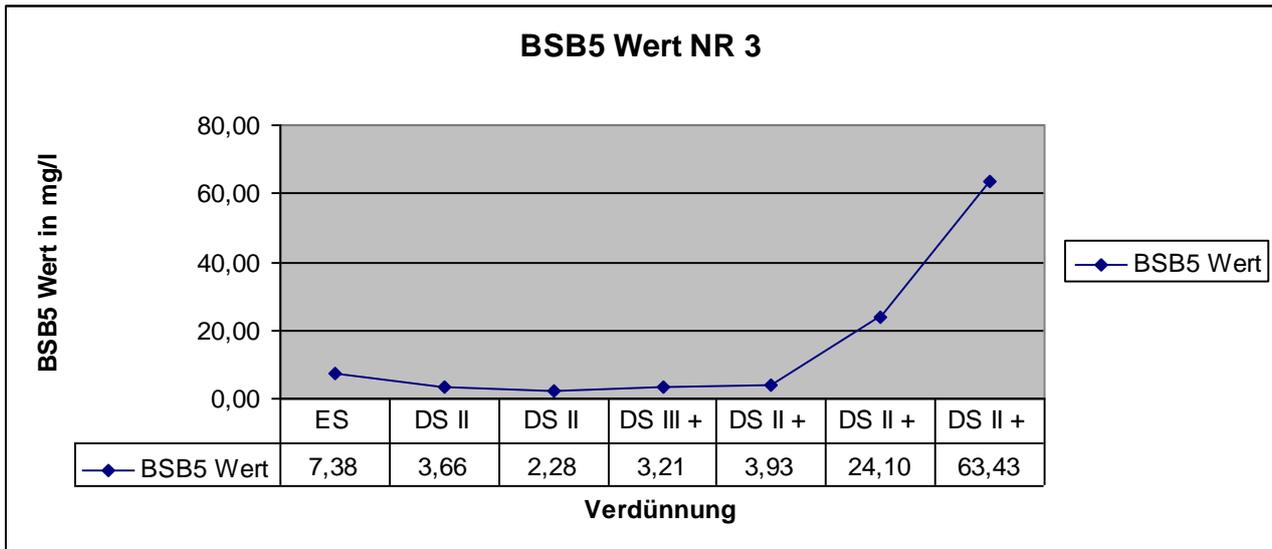
Verdünnung	Probe	Temperatur in °C	O2-gehalt in mg/l	Temperatur in °C	O2-gehalt in mg/l	Differenz in mg/l	Mittelwert in mg/l	<b>BSB5 Wert in mg/l</b>
ES	1	19,2	9,02	23	4,13	4,89	4,94	<b>4,94</b>
	2	19,1	9,07	22,6	4,09	4,98		
Leitungswasser	1	23	6,56	21,8	5,99	0,57	0,72	<b>0,72</b>
	2	22,1	6,83	22,2	5,97	0,86		
DS unverdünnt	1	19,3	8,9	21,9	6,57	2,33	2,42	<b>2,42</b>
	2	19	8,91	22,2	6,41	2,5		
DS 1/2	1	20,6	7,96	20,4	5,34	2,62	3,13	<b>5,55</b>
	2	20,4	7,83	22	4,19	3,64		
DS 1/5	1	20,8	7,72	22,3	5,68	2,04	2,07	<b>9,64</b>
	2	20,9	7,56	22,1	5,46	2,1		
DS 1/10	1	20,8	7,62	22	5,86	1,76	1,74	<b>16,69</b>
	2	20,7	7,55	22	5,83	1,72		
DS 1/20	1	20,6	7,55	21,9	6,18	1,37	1,23	<b>23,79</b>
	2	20,6	7,52	22	6,44	1,08		

©Riedmaier Anna-Maria

Bei der zweiten Messreihe wurde das Dreckstellenwasser wieder mit Leitungswasser verdünnt. Es wurde aber im Vergleich zur ersten Messung in anderen Verdünnungsstufen angesetzt, da die Verdünnungen von 1:120 und 1:200 zu hoch waren. Es wurden 1:2; 1:5; 1:10 und 1:20 Verdünnungen mit Doppelbestimmungen verwendet. Zusätzlich wird Dreckstelle und Egglburger See unverdünnt mitbestimmt, um einen Vergleichswert zu haben. Auch hier steigt der BSB5 Wert bei stärkerer Verdünnung stark an. Dreckstelle unverdünnt hat ungefähr die Hälfte des BSB5 Wertes des Egglburger See. Leitungswasser hat den geringsten

Wert von 0,72 mg / l. Die Mitbestimmung des Egglburger See Auslauf macht deutlich, dass das Verfahren im Allgemeinen funktioniert und es sich vermutlich nicht um eine Falschbestimmung unsererseits handelt. Gleichzeitig zeigt sich, dass auch eine 1:20 Verdünnung nicht das erhoffte Ergebnis erzielt.

Genau wie bei der ersten Versuchsdurchführung werden die Werte infolge des Rechenverfahrens unnatürlich hoch, aber nicht wegen der Sauerstoffzählung der autotrophen und heterotrophen Organismen in der Probe. Deswegen planten wir einen dritten Versuchsdurchgang, der folgendermaßen aufgebaut war.



©Riedmaier Anna-Maria

BSB5  
Tabelle NR3 29.05.-3.06.14

Proben haben Luft gezogen  
Verdünnung mit Egglburger See Auslauf

Verdünnung	Probe	Temperatur in °C	O2-gehalt in mg/l	Temperatur in °C	O2-gehalt in mg/l	Differenz in mg/l	Mittelwert in mg/l	BSB5 Wert in mg/l
Es	1	19,2	7,81	23	0,32	7,49	7,38	<b>7,38</b>
	2	19,1	7,81	23,3	0,55	7,26		
Ds II	1*	18,5	5,51	22,9	1,84	3,67	3,66	<b>3,66</b>
	2	18,5	5,55	22,9	1,9	3,65		
Ds III	1	18,6	6,98	22,6	4,55	2,43	2,28	<b>2,28</b>
	2	18,5	6,9	22,4	4,78	2,12		
Ds III+Es 1/2	1	18,1	7,8	23,4	2,51	5,29	5,29	<b>3,21</b>
	2**							
Ds II+Es 1/2	1	18,8	6,73	22,6	0,35	6,38	5,65	<b>3,93</b>
	2*	18	6,91	22,5	1,99	4,92		
Ds II+Es 1/5	1	18	7,39	22,3	0,53	6,86	6,30	<b>24,10</b>
	2	18,1	7,42	22,3	1,69	5,73		
Ds II+Es 1/10	1	18	7,41	22,3	0,32	7,09	7,08	<b>63,43</b>
	2	18,1	7,34	22,3	0,27	7,07		

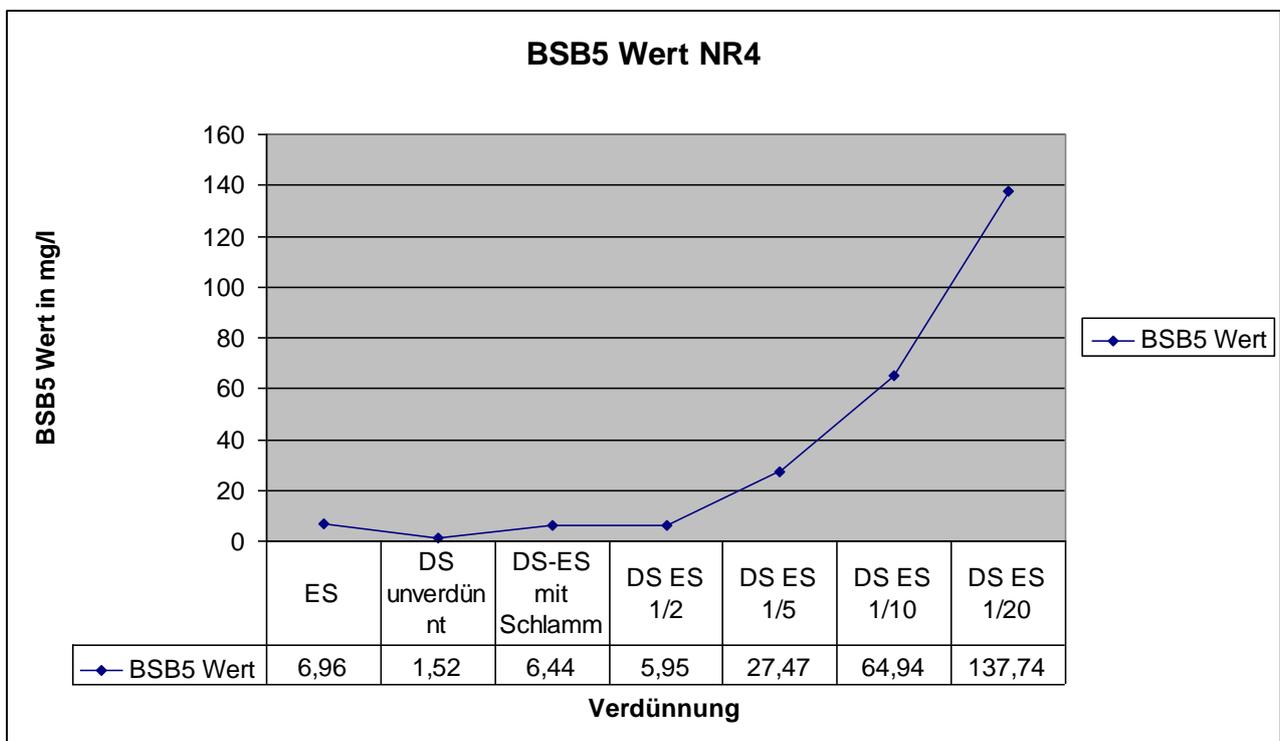
\* sehr rot-braunes Wasser

©Riedmaier Anna-Maria

\*\*Probe nicht angesetzt

Bei der dritten Messreihe wurde das Wasser der Dreckstelle mit Wasser aus dem Auslauf des Egglburger Sees verdünnt. Als Leerwert wird jetzt Egglburger See unverdünnt mit einem Wert von 7,375 mg/l betrachtet. Zudem wurde an zwei verschiedenen Messstellen Wasser der Dreckstelle entnommen. DS II wurde von der Messstelle 2 entnommen, DS III von der Messstelle 3. Im Unterschied zu den ersten beiden Messungen wurde hier nicht mehr so stark verdünnt. Die Werte der DS II liegen sowohl unverdünnt, als auch 1:2 mit Egglburger See verdünnt etwas über den jeweiligen Werten der DS III. Der Unterschied der beiden Werte ist mit einer Differenz von 1,39mg/l bzw. 0,72 mg/l allerdings sehr gering. Betrachtet man die Werte der DS II steigt der Graph fast schon exponentiell an. Dieser Verlauf ist allerdings wieder dem Rechenverfahren geschuldet. Der dritte BSB5 bringt keine neuen Erkenntnisse zu den anderen beiden Messungen. Angesichts dieser unbefriedigenden Ergebnisse wurde erneut eine BSB5 Messreihe mit leicht veränderten Verdünnungen durchgeführt.

Als vierte Messreihe wurde das Dreckstellenwasser wieder mit Egglburger See Wasser verdünnt.



Proben haben Luft gezogen

Verdünnung	Probe	Temperatur in °C	O2- gehalt in mg/l	Temperatur in °C	O2- gehalt in mg/l	Differenz in mg/l	Mittelwert in mg/l	<b>BSB5 Wert in mg/l</b>
ES	1	20,5	7,36	22,6	0,49	6,87	6,96	<b>6,96</b>
	2	20,3	7,34	22,8	0,29	7,05		
DS unverdünnt	1	19,2	5,7	23	4,02	1,68	1,52	<b>1,52</b>
	2	19,7	5,75	23	4,4	1,35		
DS-ES mit Schlamm 1/2	1	20,7	6,9	24	0,2	6,7	6,70	<b>6,44</b>
	2	20,9	6,86	23,7	0,16	6,7		
DS ES 1/2	1	20,5	6,75	22,7	0,34	6,41	6,46	<b>5,95</b>
	2	20,7	6,87	22,5	0,37	6,5		
DS ES 1/5	1	20,4	7,34	22,4	0,43	6,91	6,89	<b>27,47</b>
	2	20,4	7,27	22,8	0,41	6,86		
DS ES 1/10	1	20,8	7,39	22,4	0,19	7,2	7,19	<b>64,94</b>
	2	20,7	7,45	22,5	0,27	7,18		
DS ES 1/20	1	20,3	7,59	22,4	0,35	7,24	7,24	<b>137,74</b>
	2	20,8	7,6	22,4	0,37	7,23		

©Riedmaier Anna-Maria

Egglburger See Auslauf wird unverdünnt als Leerwert betrachtet und zusammen mit DS unverdünnt als Vergleichswert betrachtet. Hinzu kommt, dass eine hohe Konzentration des Orangen Schlammes mit Egglburger See 1:2 verdünnt wurde. Dieser Wert liegt sogar noch um 0,52mg/l unter dem Wert von Egglburger See unverdünnt. Der gesamte Verlauf des Grafen ist auch hier in etwa exponentiell, zurückzuführen auf das Multiplizieren mit den Faktoren 2, 5, 10 und 20.

Die 1:10 Verdünnung unterscheidet sich im Vergleich zur dritten BSB5 Messung nur kaum. In der dritten Messung liegt der Wert bei 63,42mg/l und bei der vierten Messung bei 64,94mg/l.

Es zeigt sich, dass auch hier im Prinzip nur der BSB5 Wert des Egglburger See Auslauf gemessen wird und die „Dreckstelle“ kaum Einfluss auf den Sauerstoffgehalt hat. Denn umso weiter man Egglburger See Auslauf mit „Dreckstellenwasser“ verdünnt, desto höher wird der Sauerstoffgehalt.

Insgesamt kann man nach diesen vier BSB5 Bestimmungen sagen, dass es nicht möglich war einen aussagekräftigen BSB5 Wert der „Dreckstelle“ zu bestimmen. Die Werte der unverdünnten Proben waren extrem niedrig und bei Verdünnungen wurde nur durch das Rechenverfahren ein extrem hoher Wert erzeugt, der mit der Realität nichts zu tun hat.

Nach langen Überlegungen sind wir zu dem Entschluss gelangt verschiedene Parameter zu verändern. Zumal die Wassertemperatur an der „Dreckstelle“ immer sehr gering war (vgl. E. II. S.50-57), wurde beschlossen

eine BSB5 Bestimmung im Kühlschrank und anschließend im Keller durchzuführen, da dort die Temperaturen wesentlich niedriger sind als im Inkubator.

„Üblicherweise wird der *BSB<sub>5</sub>* verwendet. Dieser Wert ist die Menge an Sauerstoff in mg/l, die Bakterien und alle anderen im Wasser vorhandene Mikroorganismen bei einer Temperatur von 20 °C innerhalb von fünf Tagen verbrauchen, woraus man auf die Menge der dabei abgebauten organischen Stoffe schließt.“  
Quelle (1) Siehe E. III. Seite 58

Hier weiche ich deutlich von einer Norm ab, wobei streng genommen somit nicht mehr von einem BSB5-Wert nach Definition gesprochen werden darf. Zur Vereinfachung werde ich trotzdem bei der Bezeichnung BSB5 Wert bleiben.

Als weitere Veränderung wurde einigen Proben etwas Zucker zur Verfügung gestellt. Auch dies ist eine Maßnahme, die nicht üblich ist und in der Regel nicht praktiziert wird. Trotzdem wurde auch hier eine Abweichung von den Normen in Kauf genommen, um den Mikroorganismen eine Grundlage zur Sauerstoffzählung zu gewährleisten.

27.8.-  
1.9.1

BSB5 Tabelle            NR5    4            Kühlschrank

Mit Leitungswasser verdünnt

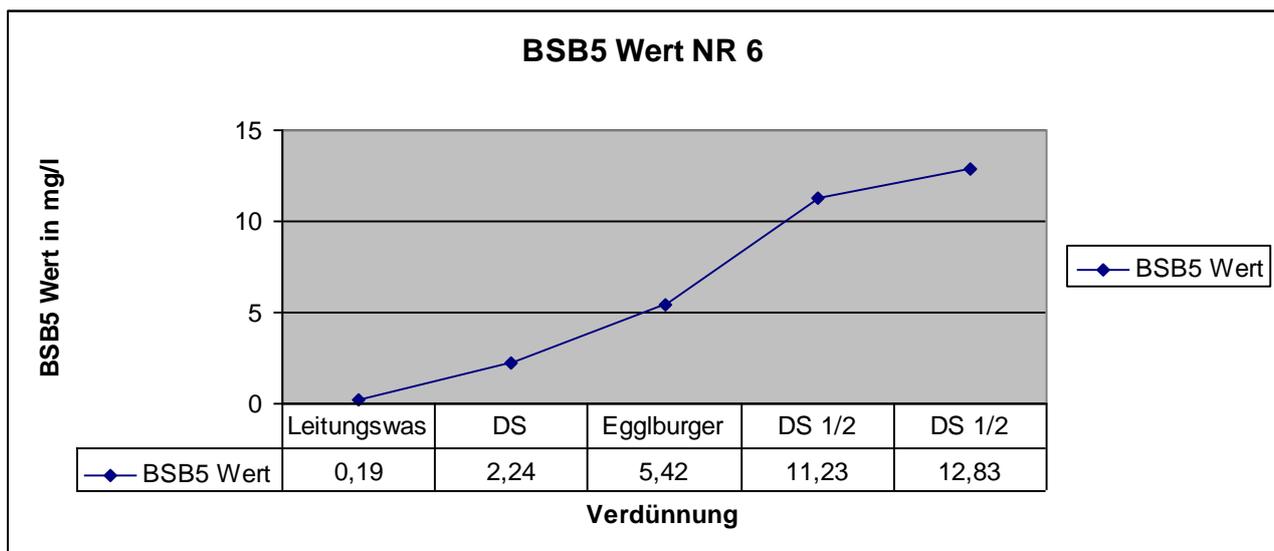
Verdünnung	KÜHLSCHRANK						KELLER			
	Temp in °C	O2- gehalt in mg/l	Temp in °C	O2- gehalt in mg/l	Differen z in mg/l	<b>BSB5 Wert in mg/l</b>	Temp in °C	O2- gehalt in mg/l	Differen z in mg/l	<b>BSB5 Wert in mg/l</b>
DS unverdünnt	13,1	4,48	8,0	2,84	1,64	<b>1,64</b>	18,8	1,08	1,76	<b>1,76</b>
Leitungswasser	13,4	7,33	8,2	10,20	*					
DS 1/2 verdünnt	15,3	6,37			Geplatzt					
DS 1/2 verdünnt +Zucker	16,0	6,42			Geplatzt					
DS 1/4 verdünnt	16,0	7,19	8,4	7,10	0,09	<b>-0,79</b>	18,8	4,78	2,32	<b>8,13</b>
DS 1/4 verdünnt+Zucker	16,3	7,13	9,1	6,23	0,90	<b>2,45</b>	18,9	0,41	5,82	<b>22,13</b>

\* es wird ein Mittelwert des Leitungswassers aus anderen BSB5 Bestimmungen genommen  
1,15mg/l

©Riedmaier Anna-Maria

Im ersten Versuchsabschnitt (blau umrandet) wurden die Proben im Kühlschrank bei ca. 8 °C aufbewahrt. Die Proben wurden nicht gerührt, da es nicht möglich war eine Rührplatte mit Strom zu versorgen. Zwei- bis dreimal täglich wurden die Proben geschüttelt. Es wurden je zwei 1:2 bzw. 1:4 Verdünnungen angesetzt, zu der je in eine Probe etwas Zucker gegeben wurde. Vergleichsweise wurde Dreckstelle unverdünnt und Leitungswasser als Leerwert mitbestimmt. Leider sind aufgrund der zu starken Temperaturschwankung die zwei Proben mit der 1:2 Verdünnung schon nach einem Tag geplatzt und konnten so nicht gemessen werden.

Beim Leitungswasser wurde nach den 5 Tagen ein höherer Sauerstoffwert gemessen als vorher. Deshalb wurde zur Berechnung der 1:4 Verdünnungen in Absprache mit der Seminarleitung in Mittelwert des Leitungswassers aus vorherigen BSB5 Bestimmungen verwendet. Bei der 1:4 Verdünnung ohne Zucker haben die Organismen so gut wie gar keinen Sauerstoff gezehrt (0,09mg/l). Berechnet man den BSB5 Wert so erhält man sogar einen negativen Wert, der natürlich nicht realistisch ist, sondern durch das Abziehen des Leerwertes entsteht. Bei der 1:4 Verdünnung veratmen die Mikroorganismen nur 0,90mg/l und unverdünnt 1,64mg/l. Man kann feststellen, dass es auch hier zu keiner wirklichen Sauerstoffzählung kommt. Im zweiten Versuchsabschnitt (rot umrandet) wurden dieselben Proben wieder verschlossen und in den Keller bei ca. 18-19°C gestellt. Die Differenz nach 5 Tagen zeigt deutlich, dass die Mikroorganismen den vorhandenen Sauerstoff veratmen. Bei der 1:4 Verdünnung mit Zucker bleibt kaum noch Sauerstoff übrig und auch ohne Zucker veratmen sie 2,32mg/l. Der BSB5 Wert am Ende ist mit 8,13mg/l und 22,13mg/l zwar auch dem Rechenverfahren geschuldet, dennoch zeigt sich deutlich, dass die Organismen erst bei niedrigeren Temperaturen Sauerstoffzehren und ihnen 22° im Inkubator zu warm sind. Infolge dieser Erkenntnis wurde eine letzte BSB5 Reihe angesetzt, um diese Theorie zu bekräftigen.



©Riedmaier Anna-Maria

BSB5 Tabelle NR6 1.10.-6.10.14  
 mit Leitungswasser verdünnt  
 Proben wurden nicht gerührt  
 im Keller!!

Verdünnung	Temperatur in °C	O2-gehalt in mg/l	Temperatur in °C	O2-gehalt in mg/l	Differenz in mg/l	BSB5 Wert in mg/l
Leitungswasser	23,9	7,63	18,5	7,44	0,19	<b>0,19</b>
DS unverdünnt	15,7	6,22	18,4	3,98	2,24	<b>2,24</b>
Egglburger See Auslauf	17,7	9,26	18,6	3,84	5,42	<b>5,42</b>
DS 1/2 verdünnt	19,4	6,8	18,5	1,09	5,71	<b>11,23</b>
DS 1/2 verdünnt +Zucker	19,9	6,92	18,4	0,41	6,51	<b>12,83</b>

©Riedmaier Anna-Maria

Messung am 1.10.14 Außentemperatur

Dreckstelle:

Sauerstoffgehalt: 5,9mbar

2,9%

0,28 mg/l

Leitfähigkeit: 724  $\mu\text{s}/\text{cm}$

pH-Wert:7,13

Temperatur: 12°C

Egglburger See Auslauf:

Sauerstoffgehalt: 211mbar

106,9%

9,74mg/l

Leitfähigkeit: 320  $\mu\text{s}/\text{cm}$

pH-Wert:8,49

Temperatur: 17,4°

Sonstiges: vorherige Nacht starker Regen, kaum noch Wasser und Bakterien, geringe Fließgeschwindigkeit, MS1 ausgetrocknet

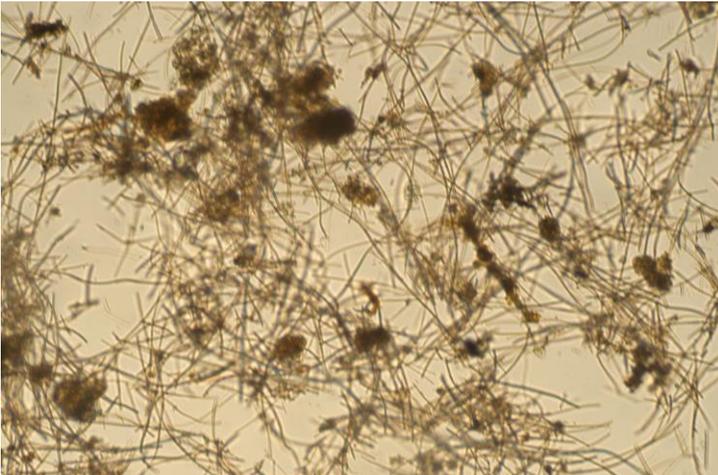
Bei dieser BSB5 Wert Bestimmung wurden zwei 1:2 Verdünnungen hergestellt, von der wieder eine Probe mit etwas Zucker versetzt wird. Diese Proben wurden mit Leitungswasser verdünnt. Als vergleichswert wurde Egglburger See Auslauf mitgemessen. Wie vermutet veratmen die Mikroorganismen bei einer Temperatur von ca. 18°C große Mengen des Sauerstoffs. Bei der 1:2 Verdünnung mit Zucker bleibt praktisch kein Sauerstoff mehr übrig. So lassen sich BSB5 Werte von 11,23 bzw. 12,83 bei 1:2 Verdünnungen ohne bzw. mit Zucker. Diese Werte zeigen, dass der Brunnenfaden zwar mehr Stoffwechsel mit Zucker betreibt, diesen jedoch nicht zwingend dazu benötigt, da ihm die Nährstoffe im Leitungswasser bzw. um „Dreckstellenwasser“ genügen.

Gewiss ist der BSB5 Wert der „Dreckstelle“ unverdünnt mit 2,24 mg/l nur etwa halb so groß wie der des Egglburger See Auslaufs mit 5,42mg/l, aber dennoch zeigt diese Versuchsdurchführung, dass die Mikroorganismen der Dreckstelle niedrigere Temperaturen bevorzugen.

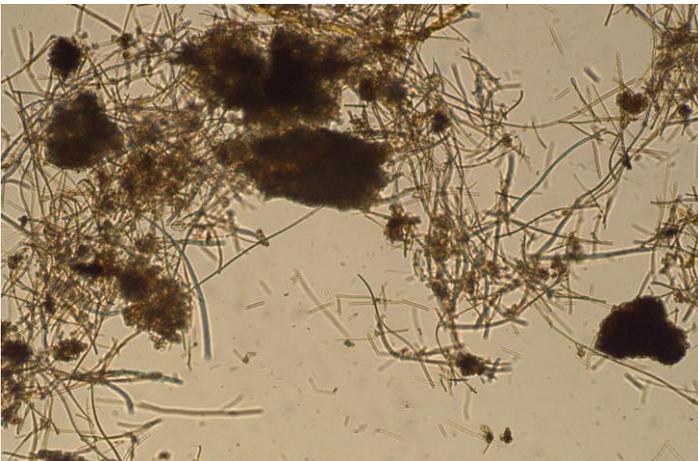
##### *5. Ergebnisse der Mikroskopie*

Das von uns am 6.5.2014 entnommene Wasser wurde einen Tag später mikroskopiert und mit einer Nikon D 5000 fotografiert. Wir betrachteten eine Wasserprobe und eine Probe mit konzentriertem orangem Schlamm.

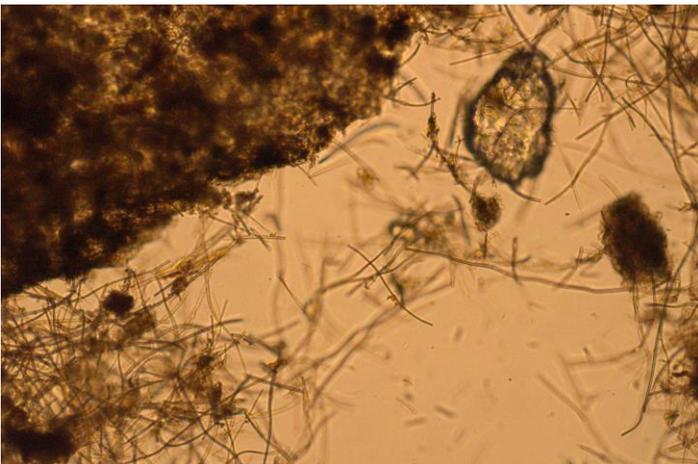
Schlammproben:



Schlammprobe 1 © Niklas Keller



Schlammprobe 2 © Niklas Keller



Schlammprobe 3 © Niklas Keller

Es zeigt sich in den Schlammproben deutlich eine charakteristische Stäbchenform. Man erkennt schwammartige bräunliche Strukturen.

Wasser proben:



Wasserprobe 1 © Niklas Keller

In den Wasserproben sind deutlich weniger stabähnliche Strukturen zu erkennen als in den Schlammproben. Sehr selten hat man ein Tierchen zu Gesicht bekommen. In dem Bild erkennt man eine Kieselalge, die jedoch nur sehr vereinzelt vorgekommen ist.

Es stellt sich deutlich heraus, dass nur sehr wenige Algen vorhanden sind und immer wieder eine stäbchenähnliche Struktur zu erkennen ist.

#### *6. Analyse der Pilzplatten und der Kulturen*

Es wurde vermutet, dass es sich um Pilze handelt. Zur genaueren Bestimmung würden deshalb Pilz- Argar Platten angesetzt mit folgender Versuchsdurchführung:

Ausgangsbedingungen:

Hierzu wurde am 5.6.2014 um 13:20 Wasser aus der Dreckstelle und aus dem Auslauf des Egglburger See entnommen. In die insgesamt 4 Petrischalen wurden je 2 ml Wasser geträufelt

Sowohl für Dreckstelle als auch für den Auslauf wurden Doppelbestimmungen zum genaueren Vergleich verwendet. Damit das Wasser gut in das Nährmedium einziehen kann wurden die Pilzplatten für ein paar Stunden mit dem Nährmedium nach unten gelagert. Um ein austrocknen zu vermeiden wurden die Petrischalen in einen verschließbaren Gefrierbeutel gegeben, nachdem dieser zur Befeuchtung mit Wasser ausgespült wurde.

Am 6.6.14 um 21Uhr wurde das überschüssige Wasser vorsichtig abgegossen und die Platten wurden umgedreht, sodass trotz der Bildung von Kondenswasser kein Wasser auf das Nährmedium tropfen kann. Die Kulturen sind bei Zimmertemperatur an einem hellen Ort gelagert worden.

Beobachtungen:

Am 8.6.14 wurden alle Platten geöffnet und die Kulturen wurden verglichen. Dreckstelle 2 war deutlich stärker besiedelt als die Doppelbestimmung Dreckstelle 1. Man hat deutlich abgegrenzte und kreisrunde Kulturen erkannt. Beim Farbvergleich war eine gelbliche Farbe zu erkennen.



Pilze Dreckstelle 1 © Riedmaier Anna-Maria 8.6.14

Oben: Dreckstelle 1

Unten: Dreckstelle 2



Pilzplatte Dreckstelle 2 © Riedmaier Anna-Maria 26.6.14



Pilzplatte Dreckstelle 1 © Riedmaier Anna-Maria 26.6.14

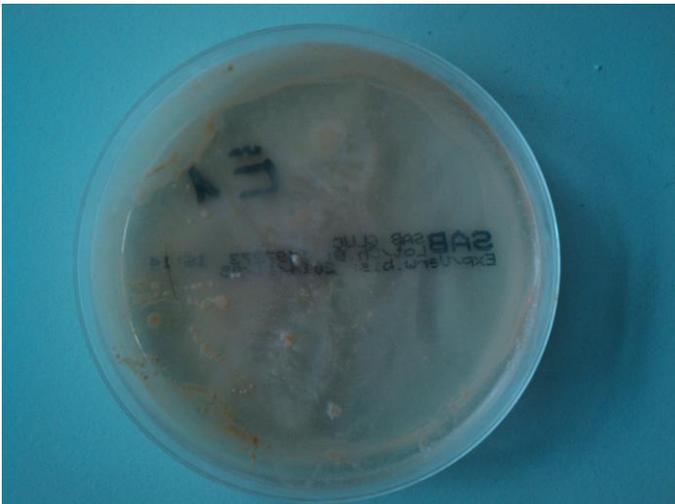
Egglburger See 2 war ebenfalls stärker besiedelt als der Egglburger See 1. Im Vergleich zur Dreckstelle sind die Kulturen nicht so stark abgegrenzt und es ist keine Gelbfärbung zu erkennen. Die Kulturen haben eher eine weisliche Farbe.



Pilzplatte Egglburger See Auslauf ©Riedmaier Anna-Maria

Oben: Egglburger See 2

Unten: Egglburger See 1



Pilzplatte Egglburger See 1 © Riedmaier Anna-Maria 26.6.14



Pilzplatte Egglburger See 2 © Riedmaier Anna-Maria 26.6.14

Nach den Beobachtungen wurden die Platten vorsichtshalber zu geklebt und in einen verschließbaren Gefrierbeutel verpackt an einen kühlen dunklen Ort gelegt.

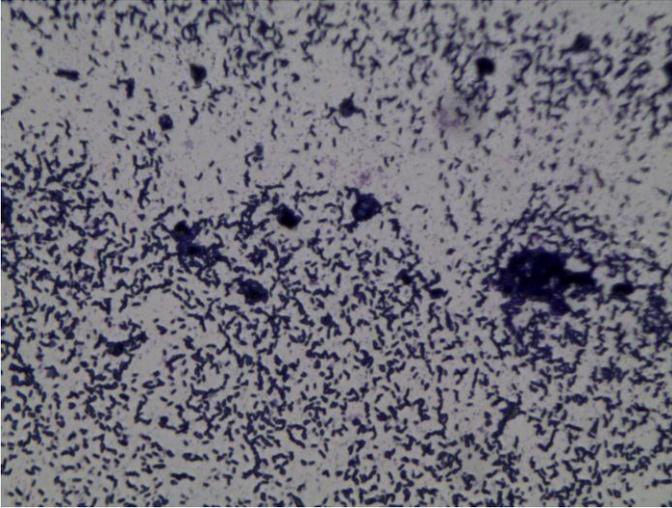
Während der gesamten Arbeiten wurde auf hygienischen Umgang geachtet.

Anschließend wurden Ausstriche der verschiedenen Kulturen gemacht, die durch Erhitzen über der Bunsenbrennerflamme auf Objektträgern fixiert wurden.

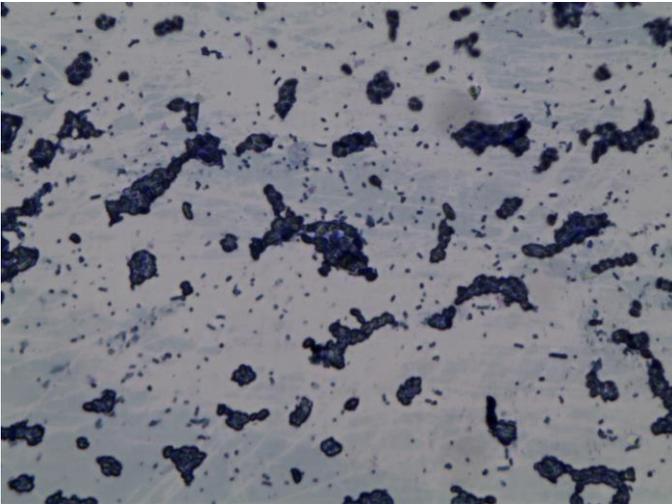
Die Objektträger wurden anschließend in eine Färbekammer gegeben und nach der Pappenheimfärbung folgendermaßen gefärbt:

- Färbekammer mit Methanol übergossen => 10 Minuten einweichen und fixieren lassen
- Methanol abgießen
- 100ml einer 1:1 Mai-Grünwald / Puffer Lösung für 7 Minuten einwirken lassen
- Lösung abgießen
- Giemsa/ Puffer Lösung im Verhältnis 1:6 in die Färbekammer schütten bis alles bedeckt ist
- 20 Minuten einweichen lassen und anschließend abgießen
- nach 10 Sekunden, 4 Minuten und weiteren 3 Minuten werden die Objektträger mit Puffer ausgespült
- an der Luft trocknen lassen

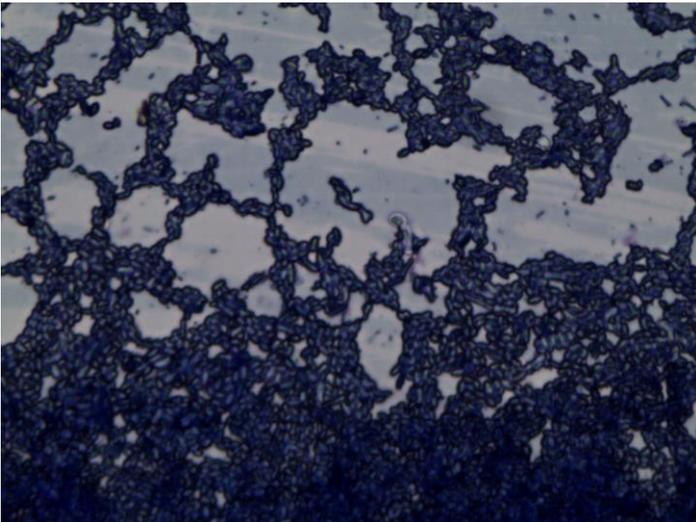
Die fertigen Präparate werden in der Kläranlage Grafing mikroskopiert und fotografiert. Dabei sind folgende Fotos entstanden:



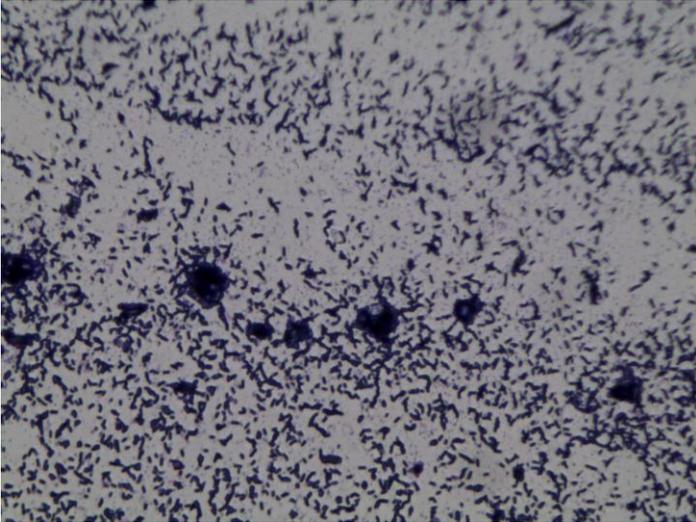
Gefärbter Pilzplattenausstrich 1 ©Riedmaier Anna-Maria



Gefärbter Pilzplattenausstrich 2 ©Riedmaier Anna-Maria



Gefärbter Pilzplattenausstrich 3 ©Riedmaier Anna-Maria



Gefärbter Pilzplattenausstrich 5 ©Riedmaier Anna-Maria

Auf allen Bildern zeigen sich länglich, ovale Strukturen, die sich teilweise auch zu schwammartigen Gebilden zusammensetzen.

Leider konnten die Bilder nicht mit den angefertigten Pilzplattenausstrichen vom Auslauf des Egglburger Sees verglichen werden, da die Objektträger unglücklicherweise abhanden gekommen sind.

#### *7. Treffen mit Hr. Professor Backhaus*

Wie schon bei den vorherigen Seminaren rund um die Ebersberger Weiherkette wurde auch unser Seminar von Herrn Professor Backhaus freundlich und tatkräftig unterstützt. Er befasste sich mit unseren Messergebnissen und versuchte gemeinsam mit uns das „Dreckstellenproblem“ aufzuklären. Unter Einbezug der Untersuchung, die die Stadt Ebersberg in Auftrag gegeben hat und den allgemein sehr niedrigen Sauerstoffwerten, meinte Professor Backhaus, dass es sich um Eisen(III-)oxid  $Fe_2O_3$  handelt. Daraufhin starteten wir selbst einen Eisennachweis(siehe Seminararbeit Elisabeth Hilger).

#### *8. Schlammanalyse in der Kläranlage Grafing*

In der Kläranlage Grafing hatten wir Dank Frau Weidners Kontakten die Möglichkeit eine frische Wasserprobe betrachten zu lassen. Unser Ansprechpartner war Roland Bauer der sich mit seinem gesamten Team freundlich um uns gekümmert hat und gemeinsam mit uns nach einer möglichen Ursache des „Dreckstellenproblems“ gesucht hat. Nach eingehender Betrachtung der Wasserprobe unter dem Mikroskop und der genaueren Schilderung der Gegebenheiten an der Dreckstelle selbst vermutete ein Mitarbeiter der Kläranlage, dass sogenannte Brunnenfadenbakterien vorliegen könnten.



Wasserprobe Kläranlage 1 ©Riedmaier Anna-Maria



Wasserprobe Kläranlage 2 © Riedmaier Anna-Maria



Wasserprobe Kläranlage 3 ©Riedmaier Anna-Maria



Wasserprobe Kläranlage 4 ©Riedmaier Anna-Maria

Die in der Kläranlage entstandenen Bilder zeigen ähnliche Strukturen, wie bei der Mikroskopie (vgl. III.5. S. 19f)

Auffällig sind die stäbchenähnlichen Organismen mit einer leicht grünlich-bräunlichen Farbe. An manchen Stellen kann man wieder schwammartige Gebilde erkennen.

#### *9. Vergleich der gesammelten Erkenntnisse mit Internetangaben*

Diese Bakterien wurden recherchiert mit folgendem Ergebnis:

Name: Brunnenfaden Bakterium *Crenothrix polyspora*

Vorkommen: „ in eisenhaltigen sauberen Gewässern“ [Quelle(2) Siehe S. 58]

Besonderheiten: [Quelle(3) Siehe S. 58]

- Konnten bisher noch nicht Kultiviert werden
- Können eventuell Methan mit Hilfe eines Enzyms aerob Oxidieren
- Weist eine enge Verwandtschaft mit aerob methanoxidierenden Bakterien auf
- Kann sich unter bestimmten Bedingungen Massenhaft vermehren
- Führt zur Bildung von schleimiger Schichten
- Möglicherweise ist der Brunnenfaden in der Lage Eisen und Mangan bzw. Ammoniak und Methan zu oxidieren

Das 1987 freigelegte Silberbergwerk Carolinengrube in Sexau (Schwarzwald) beherbergt ebenfalls Brunnenfaden Bakterien[Quelle(4) Siehe S. 58]. Dortige Untersuchungen ergaben, dass die Bakterien die im Wasser gelösten Eisenerze auffressen. Vergleicht man Bilder aus der Carolinengrube mit Bildern der Dreckstelle lässt sich eine Ähnlichkeit sowohl in der Farbe als auch in der Konsistenz feststellen.



Carolinengrube 1 [Quelle (4) Siehe S. 58]



Carolinengrube 2 [Quelle(4) Siehe S. 58]



Carolinengrube 3 [Quelle(4) Siehe S. 58]



Messtag 28.05.14 ©Riedmaier Anna-Maria

Beide Plätze weisen eine glibberige weiche Struktur auf mit der charakteristischen orange Färbung. Eine optische Ähnlichkeit ist nicht zu übersehen.

Jedoch weichen einige unserer Ergebnisse von den Rechercheinformationen ab oder konnten von uns nicht untersucht werden und deshalb weder widerlegt noch bestätigt werden.

Übereinstimmende Kriterien:

Es konnte an der Dreckstelle ebenfalls, wie in den Artikeln beschrieben wurde, beobachtet werden, dass sich der Brunnenfaden an der Dreckstelle stark ausbreitet. Eine überdurchschnittlich starke Verbreitung konnte am 28.06.14 beobachtet werden. Dies zeigt, dass sich die Bakterien grundsätzlich überdurchschnittlich stark verbreiten können, jedoch nur bei passenden Ausgangsbedingungen, die im Labor erst noch erforscht werden müssen. Ein Hinweis auf die Eisenoxidation der Bakterien ist, dass ein Eisennachweis positiv verlaufen ist (siehe Hilger Elisabeth). Jedoch konnte das Eisen nicht im Wasser nachgewiesen werden, sondern nur aufgespaltet in konzentrierter Säure. Es stellt sich hier also die Frage, ob das Eisen überhaupt für den Brunnenfaden zugänglich ist.

Abweichende Kriterien:

Die mögliche Fähigkeit Methan und Ammoniak zu oxidieren wurde von uns nicht untersucht und kann deshalb von uns weder widerlegt noch bestätigt werden. Der Mangannachweis war nicht eindeutig und wurde nur durch die Untersuchung, die von der Stadt Ebersberg in Auftrag gegeben wurde, nachgewiesen. Sowohl der Eisennachweis als auch der Mangannachweis sind aber kein Beweis dafür, dass die Brunnenfadenbakterien in der Lage sind Eisen oder Mangan zu oxidieren. Die Kultivierung der Bakterien wurde von uns nicht versucht, weshalb dazu keine Aussagen getroffen werden können.

Da mit sehr großer Sicherheit davon ausgegangen werden kann, dass es sich bei dem orangen Schlamm um das „Brunnenfadenbakterium“ handelt, verdient die „Dreckstelle“ ihren Namen nicht, da diese Mikroorganismen keineswegs schädlich, weder für die Dreckstelle selbst, noch für den weiteren Verlauf der Ebersberger Weiherkette, sind.

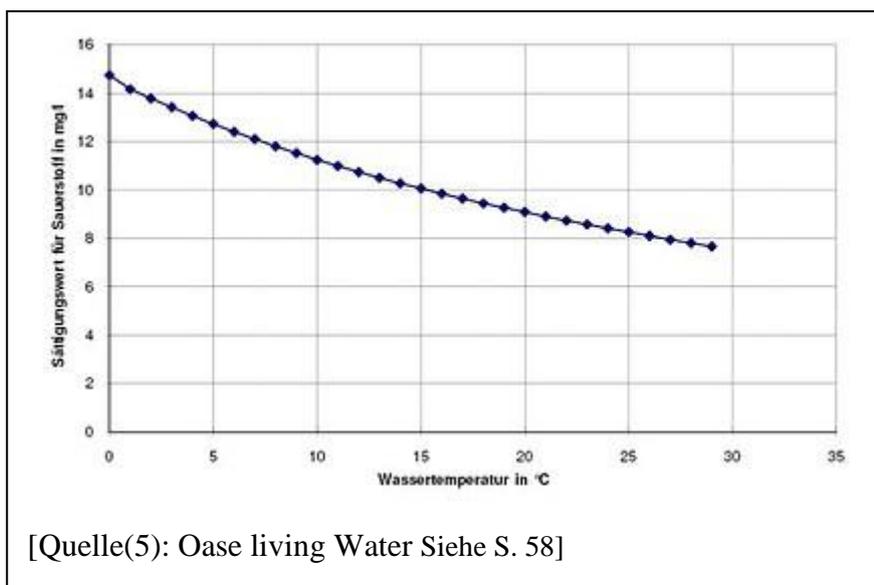
Der geringe Sauerstoffgehalt ist nicht von toxischem Ursprung, sondern den heterotrophen Organismen geschuldet und somit harmlosen Ursprungs.

#### IV. Fehlerdiskussion

Leider sind uns im Laufe der Versuche immer wieder Fehler unterlaufen, zu denen nun Stellung genommen wird.

So ist zum Beispiel die Temperatur ein wesentlicher Störfaktor für alle Messungen zur BSB5 Bestimmung bezüglich des Sauerstoffgehalts und der Anomalie des Wassers.

Bei der BSB5 Bestimmung ist es wichtig auf eine in etwa gleiche Temperatur bei den Messungen zu achten, da sich der Sauerstoff bezüglich der Temperatur des Wassers löst, wie in folgendem Diagramm zu erkennen ist.



Das Diagramm zeigt die Sättigungswerte für Sauerstoff bezüglich der Wassertemperatur. Je geringer die Wassertemperatur, desto mehr Sauerstoff löst sich im Wasser. Beispielsweise lösen sich bei 5°C ca. 13mg/l bei 15°C nur noch 10mg/l. Eine Differenz von 3mg/l erscheint anfänglich als sehr gering und vernachlässigbar, bei einer BSB5 Bestimmung jedoch können schon wenige °C das Messergebnis verändern und somit den BSB5 Wert im Allgemeinen verfälschen.

Bei einigen BSB5 Bestimmungen waren sehr hohe Temperaturschwankungen zwischen den ersten und zweiten Messungen vorhanden, wie den Tabellen entnommen werden kann. Schon bei BSB5 NR1 ergibt sich eine Temperaturdifferenz von 8°C beim Leitungswasser. Um so entstandene Messfehler zu vermeiden, wurde bei den darauffolgenden Messungen versucht, nur geringe Temperaturschwankungen zu haben.

Der BSB5 NR5 wurde leider zu wenig durchdacht. Es hätte berücksichtigt werden müssen, dass sich das Wasser ausdehnt und somit die Flaschen platzen. Man hätte genügend Raum zum Ausdehnen zur Verfügung stellen müssen.

Des Weiteren konnte bei den letzten beiden BSB5 Bestimmungen keine ausreichende Wasserzirkulation gegeben werden. Im Kühlschrank konnte wie bereits angesprochen keine Stromversorgung für die Rührplatten gewährleistet werden. Bei optimaler Zirkulation hätte ein Absetzen der Mikroorganismen am Boden der Flaschen vermieden werden können. Wären die Organismen im gesamten Gefäß verteilt gewesen, hätten sie mehr Sauerstoff zehren können, da relativ gesehen mehr Sauerstoff für eine geringere Anzahl an Mikroorganismen zur Verfügung gestanden hätte. Gleiches gilt für den BSB5 NR 6, bei dem die Flaschen nur gelegentlich geschüttelt wurden.

Obwohl immer etwas mehr Wasser in die Karlsruher Flaschen gegeben wurde, ist oftmals zu viel Wasser im Inkubator verdunstet, wodurch die Proben Luft gezogen haben. Trotzdem konnte dadurch anhand der Werte keine übermäßiger Sauerstoffeintrag festgestellt werden.

Ein weiterer Fehler ist bei den Pilzplatten entstanden. Die gefärbten Pilzplattenausstriche stehen leider ohne Vergleich da, weil einige Objektträger abhanden gekommen sind. Der Versuch müsste noch einmal neu durchgeführt werden, wozu uns aber leider das nötige Material und die Zeit gefehlt hat. Letztendlich ist dies aber von nachrangiger Bedeutung, zumal sich bei weiteren Untersuchungen herausgestellt hat, dass es sich um Bakterien und nicht um Pilze handelt.

## **V. Diskussion**

In verschiedenen Bereichen sind Werte aufgetreten, die nun genauer erklärt oder kritisch widerlegt werden, um eine vielseitige Stellungnahme zu gewährleisten.

Bei den physikalischen Parametern stechen einige Werte heraus, die schon im Ergebnisteil angesprochen wurden und hier erklärt werden.

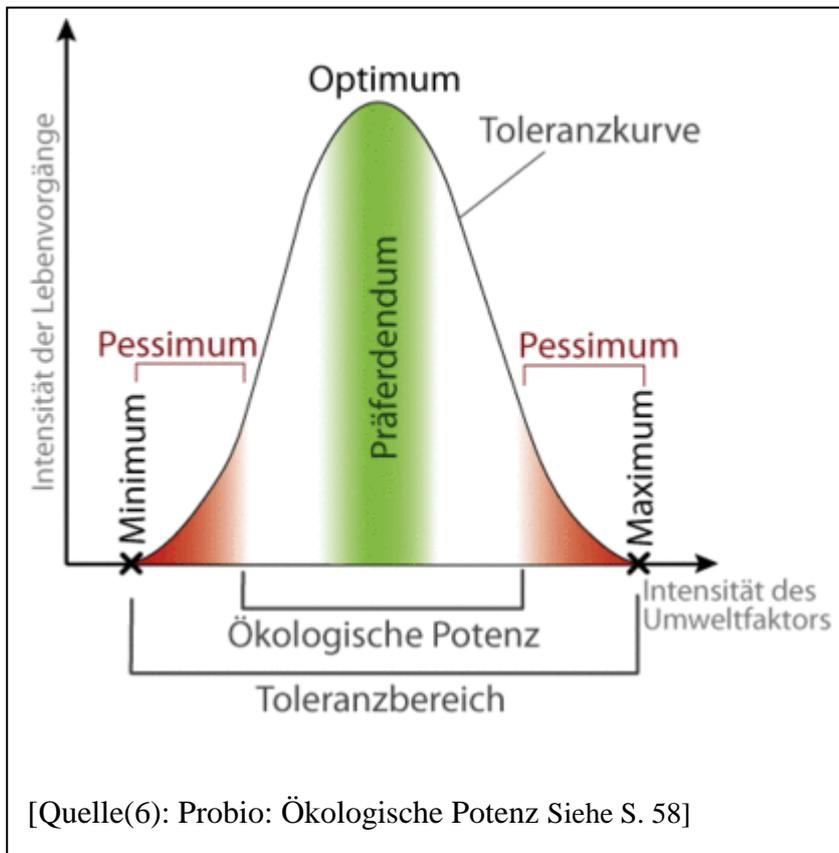
Der relativ hohe Sauerstoffgehalt am zweiten Messtag lässt sich dadurch erklären, dass es geregnet hat und der Sauerstoff durch das Regenwasser eingetragen wurde. Zudem waren kaum Brunnenfadenbakterien vorhanden, die den Sauerstoff verstoffwechseln hätten können. Messstelle 3 liegt vermutlich immer etwas über den beiden anderen Messstellen, da das Wasser bis dahin am weitesten fließt und der Sauerstoff sich bis dahin etwas mehr im Wasser lösen kann.

Ungeklärt bleiben jedoch die Leitfähigkeitswerte vom letzten Messtag am 22.7.2014. Hier sind die Werte etwas weiter auseinander als bei den anderen Messungen und liegen jeweils über bzw. unter den sonst üblichen Werten. Eine Ursache dafür konnte jedoch nicht gefunden werden.

Auch bei den zahlreichen BSB5 Bestimmungen wird eine Erklärung notwendig:

Der BSB5-Wert ist so festgelegt, dass er im Inkubator bei 20-22°C bestimmt wird. Bei den Brunnenfadenbakterien hat sich bei der letzten BSB5 Bestimmung (NR6) vom 1.10-6.10.14 deutlich gezeigt, dass die Bakterien nur bei kühleren Temperaturen Sauerstoff zehren. Diese standardisierte

Versuchsdurchführung ist also nicht für alle Mikroorganismen geeignet und muss dementsprechend angepasst werden. Jedes Lebewesen hat ein charakteristisches Optimum und Minima bezüglich seiner Stoffwechselaktivität und des Umweltfaktors. Dies zeigt sich auch in der folgenden Grafik:



Die Grafik zeigt einen Grafen bezüglich der Intensität der Lebensvorgänge und der Intensität des Umweltfaktors. Der Toleranzbereich beginnt bzw. endet mit dem Minimum bzw. Maximum. Dazwischen liegt das Optimum, welches die Spitze des Präferenzbereiches ist. In diesem Bereich haben Lebewesen ihre Beste Aktivität. Ihr Stoffwechsel ist hoch und die können sich optimal vermehren. Der Umweltfaktor ist in diesem Fall die Temperatur. Die Brunnenfadenbakterien erreichen ihr Pessimum sowohl bei einer Temperatur von unter 8°C als auch bei 22°C, jedoch konnte nicht bestimmt werden wie weit das Pessimum noch reicht. Bei einer Temperatur von ca. 18°C fangen die Bakterien langsam an Stoffwechsel zu betreiben, allerdings kann man nicht davon ausgehen, dass dies ihre optimal günstige Temperatur ist. Möglicherweise sind die Organismen bei 18°C gerade noch nicht im Pessimum und können gerade so noch etwas Sauerstoff zählen. Gleiches gilt auf der anderen Seite, denn es konnte nicht bestimmt werden wie weit das Pessimum dort reicht. Theoretisch ist es möglich, dass das Pessimum bei 8°C beendet ist und bei 9°C die Ökologische Potenz erreicht ist. Sicher ist, dass das Optimum irgendwo zwischen 8°C und 18°C liegt, genaueres konnte aber nicht bestimmt werden, da die Zeit und die Möglichkeiten eines geeigneten Versuchsaufbaus begrenzt sind.

Als weitere Untersuchung wäre ein Versuch denkbar, der dem Optimum der Brunnenfadenbakterien auf den Grund geht, indem man Grad für Grad das Optimum der Brunnenfadenbakterien sucht. Findet man die richtige Temperatur ist es theoretisch auch denkbar, dass man die Bakterien auch anzüchten kann.

## **VI. Zusammenfassung**

Ausgangssituation dieser Seminararbeit war eine Untersuchung der Stadt Ebersberg (siehe Anhang E. I. S. 38-49) an einer ökologisch auffälligen Stelle am Auslauf des Egglburger Sees. Diese sogenannte „Dreckstelle“ weist einen extrem niedrigen Sauerstoffgehalt und einen kräftig orange gefärbten Schlamm in dem nur wenige Zentimeter tiefen Wasser auf. Dies führte zu der Annahme, dass es sich um eine toxische Verunreinigung handeln könnte.

Ziel der Untersuchungen war es, eine Ursache für den niedrigen Sauerstoffgehalt zu finden.

Es wurde damit begonnen verschiedene BSB5 Reihen anzusetzen, die jedoch anfänglich keine Erkenntnisse brachten, da kaum Sauerstoff gezehrt wurde. Somit konnte zwar ein BSB5 Wert errechnet werden, dieser ist aufgrund des Rechenverfahrens und der Verdünnungsstufen jedoch extrem hoch, hat aber keine aussagekräftige Bedeutung, da dieser Wert mit der Realität nicht vereinbar ist.

Gleichzeitig wurde das Wasser und der Schlamm mikroskopiert und Pilzplatten angesetzt, um herauszufinden, um welche Mikroorganismen es sich handeln könnte. Sowohl Wasser und Schlammproben wie auch die angefertigten gefärbten Pilzplattenausstriche durften freundlicherweise auch in der Kläranlage Grafing mikroskopiert werden. Die Proben zeigen stäbchenähnliche Strukturen, die dank eines Mitarbeiters der Kläranlage mit großer Wahrscheinlichkeit als Brunnenfadenbakterien identifiziert werden konnten. Sowohl optisch also auch hinsichtlich einiger Eigenschaften zeigen unsere Mikroorganismen eine große Ähnlichkeit mit den Angaben zu diesem bislang nur sehr wenig untersuchtem Bakterium. Charakteristisch für diese Organismen sind ihre orange Farbe, ein hohes Eisenvorkommen im Wasser sowie eine extrem hohe Ausbreitung bei bestimmten Bedingungen. Weitere Eigenschaften wie beispielsweise die Fähigkeit Methan oder Ammoniak zu oxidieren, konnten von uns nicht versucht werden.

Nach langen Überlegungen wurden erneut BSB5 Reihen durchgeführt, allerdings mit einer geringeren Temperatur. Diese Parameterveränderung brachte erste Erfolge hinsichtlich einer Bestimmung des BSB5 Wertes, da die Bakterien nun anfangen große Mengen des Sauerstoffs zu veratmen. Dies zeigt, dass ein standardisierter Versuchsaufbau keineswegs für alle Lebewesen geeignet ist und dementsprechend abgeändert werden muss, um ein aussagekräftiges Ergebnis erzielen zu können. Dem Optimum der Brunnenfaden muss in weiteren Versuchen noch erforscht werden, da dies außerhalb unserer Möglichkeiten liegt.

Die wichtigste Erkenntnis ist, dass die „Dreckstelle“ ihren Namen zu Unrecht trägt, da der geringe Sauerstoffgehalt den heterotrophen aber harmlosen Brunnenfadenbakterien geschuldet ist, jedoch nicht einer Verunreinigung Toxischen Ursprungs. Der Wassereintrag und der damit Verbundene Bakterieneintrag in die Ebersberger Weiherkette hat aus meiner Sicht primär keine negativen Folgen.

## **VII. Danksagungen**

Mein besonderer Dank geht an die Kläranlage Grafing. Während meiner Mikroskopie dort haben sich alle Mitarbeiter freundlich um mich gekümmert und sich sehr für die „Dreckstelle“ interessiert. Ohne es zu erwarten lieferte ein Mitarbeiter, ohne den die Seminararbeit so nicht existieren würde, die Lösung des Problems.

Danken möchte ich auch der Seminarleitung Frau Weidner, da Sie nicht nur mir, sondern auch dem ganzen Seminarteam jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand. Sie hat uns immer wieder motiviert und uns nötigenfalls herzlichst „in den A... getreten“.

Meinen Eltern und meiner Schwester möchte ich dafür Danken, dass sie mich bei Wind und Wetter bei Messungen an der „Dreckstelle“ unterstützt haben und trotz meiner seelischen Höhen und Tiefen immer an meiner Seite waren.

## **C. Schluss**

Für mich persönlich war das Jahr sehr abwechslungsreich und vielseitig gestaltet, da ich sowohl mit verschiedenen Menschen als auch mit unterschiedlichen biologischen und chemischen Vorgängen und Versuchsdurchführungen zu tun hatte.

Trotz verschiedener Rückschläge bei Messungen, hat es mir dennoch sehr viel Spaß gemacht die „Dreckstelle“ zu untersuchen. Zwar war es oft frustrierend, wenn man trotz größter Bemühungen keine neuen Erkenntnisse vorweisen konnte, letztendlich hat es sich aber gelohnt, da das im Voraus angestrebte Ziel erreicht und die Ursache des „Dreckstellenproblems“ herausgefunden wurde.

## **D. Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit, dass ich die Seminararbeit ohne fremde Hilfe angefertigt und nur die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Ort, Datum

Unterschrift