

Kleine Maßnahme, große Wirkung?

Ein Projekt für Artenvielfalt

Arbeit von

Paula Distler, Antonia Niklasch und Patricia Diehl



Projektbetreuer:

Esther Sternheim und Annerose Molitor-Schworm

Abgabe: 15.03.2022



1. Kurzfassung

Das weltweite Artensterben schreitet schnell voran und bedroht unsere Lebensgrundlagen. Es braucht daher neben langfristigen politischen Strategien auch lokale Initiativen.

Unter der Leitung von Dr. Bernd begann 2018 die naturnahe Gestaltung einer Hälfte des Seewooges in Ramstein-Miesenbach. In einem der künstlich voneinander abgegrenzten Bereiche sollte Lebensraum für viele teils bedrohte Tierarten entstehen.

Da beide Seebereiche weiterhin mit dem gleichen Wasser versorgt werden, ist es möglich, ihre künftige Entwicklung zu vergleichen.

Wir machten es uns zur Aufgabe, die Gewässerqualität der Seeteile anhand ökologisch-biologischer und chemisch-physikalischer Parameter über einen Zeitraum von einem Jahr hinweg vergleichend zu untersuchen, um mit Hilfe dieser Daten den Erfolg der Maßnahme kritisch zu diskutieren.

Dabei konnten wir feststellen, dass sich der naturnahe Seebereich tatsächlich zu einem Refugium für zahlreiche Insekten, Amphibien und viele andere Tierarten entwickelt hat.

Im vergangenen Jahr konzentrierten wir uns vor allem darauf, das Projekt und die dem Projekt zugrunde liegenden ökologischen Probleme in die Öffentlichkeit zu tragen. Wir hoffen so zeigen zu können, dass auch kleine Maßnahmen zum Erhalt der Artenvielfalt eine große Wirkung haben können.

2. Inhaltsverzeichnis

1. KURZFASSUNG	II
2. INHALTSVERZEICHNIS	III
3. EINLEITUNG	- 1 -
4. ARTENVIELFALT	- 1 -
5. ÖKOSYSTEM SEE	- 3 -
5.1. STOFFKREISLÄUFE	- 3 -
5.1.1. <i>Phosphat</i>	- 3 -
5.1.2. <i>Stickstoffkreislauf</i>	- 4 -
5.1.3. <i>pH-Wert</i>	- 6 -
5.2. EUTROPHIERUNG	- 7 -
5.3. STADTPARKTEICH	- 9 -
5.4. NATURNAHE GESTALTUNG	- 9 -
6. SEEWOOG	- 10 -
6.1. AUFBAU	- 10 -
6.2. BELASTUNG DURCH MENSCHEN UND FRESSFEINDE	- 10 -
6.3. NATURNAHE GESTALTUNG DES KLEINEN SEEWOOGES	- 10 -
7. VORGEHENSWEISE, MATERIALIEN UND METHODE	- 11 -
7.1. UNTERSUCHUNG DER ARTENVIELFALT	- 11 -
7.2. CHEMISCH-PHYSIKALISCHE PARAMETER	- 12 -
7.2.1. <i>Allgemeine Vorgehensweise</i>	- 12 -
7.2.2. <i>Bestimmung der Nitritkonzentration mit dem desklab-Photometer</i>	- 13 -
7.2.3. <i>Einstufung der Messergebnisse</i>	- 14 -
7.3. BESTIMMUNG DES TROPHIEGRADES	- 15 -
7.3.1. <i>Bestimmung des Chlorophyll-a-Gehalts</i>	- 16 -
7.3.2. <i>Bestimmung der Sichttiefe</i>	- 18 -
7.3.3. <i>Bestimmung des Gesamtphosphorgehalts</i>	- 18 -
8. ERGEBNISSE	- 19 -
8.1. ARTENVIELFALT	- 19 -
8.2. CHEMISCH-PHYSIKALISCHE PARAMETER	- 19 -
8.3. SICHTTIEFE	- 19 -
8.4. EINTEILUNG IN EINEN TROPHIEGRAD	- 19 -
9. ERGEBNISDISKUSSION	- 20 -
9.1. CHEMISCH-PHYSIKALISCHE PARAMETER	- 20 -
9.1.1. <i>Allgemeine Diskussion</i>	- 20 -
9.1.2. <i>Einordnung in die Trinkwasserrichtlinie</i>	- 23 -
9.1.3. <i>Einordnung in die Fischgewässerrichtlinie</i>	- 23 -
9.2. ÖKOLOGISCH-BIOLOGISCHE PARAMETER	- 25 -
10. ZUSAMMENFASSUNG	- 26 -
11. NACHWORT	- 30 -
12. ZUSAMMENFASSUNG DER WEITERENTWICKLUNG	- 31 -
13. LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS	- 32 -
14. UNTERSTÜTZUNG	- 34 -
15. ANHANG	- 35 -

3. Einleitung

Seit geraumer Zeit wird in den Medien immer häufiger das Thema „Artensterben“ aufgegriffen. Viele Experten raten dringend, etwas zu verändern, um dieses zu stoppen, so zum Beispiel Prof. Dr. Teja Tscharntke, deutscher Soziologe, Biologe und Professor für Agrarökologie an der Universität Göttingen:

„Die nationale Strategie zur biologischen Vielfalt wie auch die EU-Strategie zur biologischen Vielfalt sind grandios gescheitert. Die Biodiversitätsverluste sollten schon bis zum Jahr 2010 gestoppt werden, aber selbst die Verlängerung bis 2020 hat nichts geholfen; denn das Tempo der Artenverluste ist größer denn je.“ [26]

Auch wenn bei weitem noch nicht genug Artenschutz betrieben wird, gibt es doch viele Projekte mit diesem Ziel.

Das Projekt zur ökologischen Aufwertung des Parkgewässers Seewoog, das von der Stadt Ramstein-Miesenbach ins Leben gerufen wurde, hat das Ziel, die Artenvielfalt zu stärken und somit die Umwelt zu schützen. Als wir auf dieses Projekt aufmerksam wurden, stellten wir uns die Frage, ob das Projekt den gewünschten Erfolg bringen würde und entschlossen uns die Auswirkungen der Maßnahmen zu untersuchen. Im Laufe des letzten Jahres verglichen wir so die beiden Seebereiche in Bezug auf biologisch-ökologische und chemisch-physikalische Parameter.

Diese Arbeit wurde in abgewandelter Form auch bei Jugend forscht eingereicht.

4. Artenvielfalt

„Alles was gegen die Natur ist, hat auf Dauer keinen Bestand.“

(Charles Darwin, englischer Naturforscher, 1809-1882) [19]

Bereits im 19. Jahrhundert erkannte Charles Darwin, dass menschliches Handeln, das die Natur nach und nach zerstört, negative Folgen haben wird. In vielen Bereichen ist das heute schon erkennbar. Artenverluste gab es schon immer und wird es natürlich auch immer geben, denn es ist ein natürlicher Vorgang, dass einzelne Arten aussterben und dafür neue dazukommen. Jedoch kann man mit dieser Argumentation nicht das heutige Artensterben rechtfertigen. Seit dem Auftreten des modernen Menschen wurde das Artensterben drastisch beschleunigt. Die heutige Aussterberate ist im Vergleich zu der natürlichen mehr als 100-mal so hoch, neue Arten kommen dafür keineswegs schneller hinzu. Die Folge ist ein sehr schneller Artenverlust.

Die Artenvielfalt ist ein Teil der Biodiversität (biologische Vielfalt), welche durch drei Teilbereiche beschrieben wird: Erstens die genetische Vielfalt innerhalb einer Art, zweitens die Artenvielfalt und drittens die Anzahl der Ökosysteme. [22]

Der Mensch bedroht den Lebensraum zahlreicher Arten durch Rohstoffabbau und die Nutzung als Besiedlungsraum bzw. als landwirtschaftliche Nutzfläche. Auch der menschengemachte Klimawandel trägt maßgeblich zum Artensterben bei, da sich die Tiere und Pflanzen nicht schnell genug den sich rasch ändernden Temperaturen und damit Veränderungen im Lebensraum anpassen können. [9]

Aufgrund der Globalisierung werden Tiere und Pflanzen verschleppt, die sich in den neuen Lebensräumen häufig ohne Konkurrenz ansiedeln können. Diese invasiven Arten [26] verdrängen heimische Arten. Auch werden Arten so oft durchmischt und dadurch verändert [9]. Der größte Faktor, der zu dem Artensterben führt, ist allerdings die Landwirtschaft. Dabei werden riesige Flächen, in Deutschland ungefähr die Hälfte der Gesamtfläche, intensiv genutzt. Es entstehen Monokulturen, es werden große Mengen an Pestiziden genutzt und statt nach der Ernte Grünbereiche zu schaffen, liegen die Felder brach. [16]

Der Verlust der Artenvielfalt hat großen Einfluss auf unsere gesamte Umwelt, auch auf uns Menschen. In der Natur hängt alles mit allem zusammen, denn keine Art kann in einem Ökosystem allein betrachtet werden. Zahlreiche Organismen verschiedener Arten leben in symbiontischen Wechselbeziehungen zusammen und sind so voneinander abhängig. Komplexe Nahrungsnetze verdeutlichen die Abhängigkeit verschiedener Arten ganz besonders. Fällt auch nur eine Art weg, deren Rolle von keiner anderen Art langfristig übernommen werden kann, können ganze Ökosysteme nachhaltig belastet werden. Das Aussterben einer Art könnte in einer Kettenreaktion zum Aussterben weiterer Arten führen, wenn Abhängigkeiten in einem Nahrungsnetz bestehen. Dadurch können ganze Ökosysteme zusammenbrechen. So oder so ist das Ökosystem nicht mehr im Gleichgewicht und wird von einzelnen Arten dominiert, deren Konkurrenz wegfällt, weil sie sich nicht an die neuen Lebensbedingungen anpassen können.

Es gibt ökologische, ökonomische, soziale und auch ethische Gründe, Artenvielfalt und Biodiversität zu schützen [15]. Funktionierende Ökosysteme sind für uns essenziell. Biodiversität als Ganzes stellt funktionierende Stoffkreisläufe, Nahrung, Medikamentenwirkstoffe, sauberes Wasser und saubere Luft, fruchtbare Böden und Erholungsräume bereit, ohne die unser heutiges Leben nicht möglich wäre [15].

Deshalb ist es von großer Bedeutung, dass es in unserer Bevölkerung eine breite Zustimmung für Initiativen zur Erhaltung der Artenvielfalt gibt. Wichtig sind daher politische und organisatorische Entscheidungen und Projekte, unabhängig davon, wie groß sie sind. [15]

Besonders schützenswert sind Insekten. Die Krefelder Studie zeigte 2017, dass die Biomasse von Fluginsekten in 27 Jahren um mehr als 75% abgenommen hat [16]. Es muss dringend darüber nachgedacht werden, wie man dieses Massensterben stoppen kann, da sich in einer Welt ohne Insekten unsere Umwelt gravierend verändern würde. Viele Kultur- und Nutzpflanzen sind auf die Bestäubung durch Insekten angewiesen. Abgestorbenes Pflanzenmaterial und Aas wird von Insekten abgebaut, ansonsten würden Wälder an ihrem eigenen Abfall ersticken und der Nährstoffkreislauf würde zum Stillstand kommen. Zudem sind Insekten Nahrungsgrundlage für viele andere Arten. Ohne Insekten würden Nahrungsnetze zusammenbrechen. [16] Auch weitere Studien bestätigen das schnelle Insektensterben. Deshalb ist es so wichtig, Artenschutz zu betreiben.

Das Projekt am Seewoog, durch das ein Teil des Gewässers in einen naturnahen Zustand zurückgeführt wird, hat das Ziel, die Artenvielfalt zu stärken und somit die Umwelt zu schützen.

5. Ökosystem See

Das Ökosystem See stellt je nach Größe des betreffenden Gebietes ein eher kleines Ökosystem dar. Es besteht nicht nur aus dem Wasserkörper und der darin lebenden Biozönose. Auch die angrenzenden Uferflächen und der Luftraum spielen eine bedeutende Rolle. Wie alle Ökosysteme ist auch dieses nach außen nicht klar abgrenzbar und steht dauerhaft im Austausch mit anderen Ökosystemen.

Im Folgenden werden die für diese Arbeit grundlegenden Aspekte des Ökosystems See zusammengefasst.

5.1. Stoffkreisläufe

5.1.1. Phosphat

Phosphor (P) kommt vor allem in Form von verschiedenen Salzen, wie zum Beispiel die der Phosphorsäure (H_3PO_4), in Gesteinen vor, da Phosphor so reaktionsfreudig ist, dass es nicht als Element vorliegen kann. Außerdem gibt es keine gasförmigen Phosphorverbindungen, die im großen Maß in der Atmosphäre vorkommen können. Durch chemische und physikalische Erosion werden die Phosphate (zum Beispiel PO_4^{3-}) aus dem Gestein, meist Apatite, gelöst und zum Beispiel über Flüsse in die Seen geschwemmt.

Pflanzen können Phosphate aus dem Boden aufnehmen und synthetisieren diese zu organischen Verbindungen. Über die Nahrungskette gelangen auch die anderen Lebewesen, also pflanzen- und später fleischfressende Konsumenten, an den in der Biomasse der Produzenten gebundenen Phosphor, den sie benötigen um DNA, ATP, Phospholipide für Membranen, aber auch Knochen aufzubauen. Auch das Phytoplankton nimmt Phosphate aus dem Wasser auf und assimiliert diese zu organischen Stoffen. Dadurch wird das Phosphat auch für andere Lebewesen im See über die Nahrungskette verfügbar gemacht.

Durch die Zersetzung von Ausscheidungen, abgestorbenen Pflanzenresten und toten Tieren im unteren Bereich des Sees durch Destruenten werden die organischen Verbindungen zu anorganischen Stoffen, wie zum Beispiel Phosphaten, abgebaut und dem System wieder als Nährstoff zugeführt. Die Phosphate lagern sich nun entweder im Sediment ab und gelangen so mit der Zeit wieder in die Lithosphäre oder stehen dem Phytoplankton als Nährstoff zur Verfügung, wodurch sich der Kreislauf schließt. Unter aeroben Bedingungen lagern sich die Phosphate in einer Verbindung mit Eisen (FePO_4) ab, da diese im Wasser nicht löslich ist. Unter anaeroben Bedingungen bleiben die Phosphate im Wasser gelöst, da sich Eisen dann mit Sulfaten verbindet.

Die Ablagerung des Phosphors stellt dabei kein Problem oder einen Phosphormangel dar, weil dem See von außen immer wieder Phosphor in Form von Phosphaten oder organischen Material zugeführt wird. Dies geschieht durch in den See fallende Pflanzenreste oder Zuflüsse, mit welchen teilweise Abwässer, unter anderem aus der Landwirtschaft, in den See gelangen. Die in den landwirtschaftlichen Abwässern enthaltenen Düngemittel, bestehen unter anderem aus Phosphaten, was bei zu hoher Konzentration zu einer Eutrophierung des Sees führen kann. [4]

5.1.2. Stickstoffkreislauf

Der größte Teil unserer Atmosphäre besteht aus elementarem Stickstoff (N_2). Dieser ist durch seine Dreifachbindung sehr stabil und reaktionsträge. Aus diesem Grund können die meisten Lebewesen Stickstoff nur als Nitrat (NO_3^-) oder Ammonium (NH_4^+) aufnehmen und nutzen. Um diese Verbindungen zu erreichen, sind stickstoffbindende Bakterien nötig, die den elementaren Stickstoff aus der Luft aufnehmen und in organischen Verbindungen, wie zum Beispiel Aminosäuren, binden oder ihn zu Ammonium synthetisieren. Beispiele für diese Bakterien sind Knöllchenbakterien, die im Boden Symbiosen mit Pflanzenwurzeln eingehen oder Cyanobakterien in Gewässern. Über die Nahrungskette kann der in den Produzenten gebundene Stickstoff auch von allen anderen pflanzen- und später fleischfressenden Lebewesen

aufgenommen werden, die den Stickstoff nicht über die Luft aufnehmen können, ihn aber brauchen, um zum Beispiel Aminosäuren und somit Proteine oder auch die DNA aufzubauen.

Im See findet die Bindung von Stickstoff vor allem in der obersten Wasserschicht, dem Epilimnion, statt, da die oberste Schicht immer wieder durchmischt und durch Diffusion mit Sauerstoff und Stickstoff angereichert wird. Außerdem befinden sich die Cyanobakterien in dieser Schicht, da sie Photosynthese betreiben müssen und somit Licht benötigen, welches meist nicht in die unteren Schichten des Sees vordringen kann.

Die organischen Verbindungen, die die Organismen aufgebaut haben, gelangen nun über Ausscheidungen, abgestorbene Pflanzenreste und tote Tiere wieder ins Wasser und sinken nach unten. Die Stickstoffverbindungen werden dort von Bakterien und Pilzen, sogenannten Destruenten, zu Ammoniak zersetzt, welches dann mit Wasser zu Ammonium reagiert. Diese Reaktion ist abhängig vom pH-Wert. Je höher der pH-Wert und somit je basischer das Milieu ist, desto weniger Ammoniak reagiert zu Ammonium. Ammoniak ist für Fische viel giftiger als Ammonium. Bei einer Temperatur von 30°C und einem pH-Wert von 7 wird Ammoniak vollständig ionisiert und liegt zu 100% als Ammonium vor. [5]

Da sich der See im Sommer und im Winter aufgrund der unterschiedlichen Temperaturen und der dadurch entstehenden Wasserschichten nicht durchmischt, ist in der untersten Schicht im Sommer nach einiger Zeit meist kein Sauerstoff mehr vorhanden. Solange Sauerstoff vorhanden ist, wird Ammonium von Nitritbakterien zu Nitrit umgewandelt und dann von Nitratbakterien zu Nitrat weiter oxidiert. Dieser Vorgang heißt Nitrifikation und kann auch in den oberen Wasserschichten ablaufen. Wenn nun aber der Sauerstoff im Hypolimnion, durch die Atmung verschiedener Lebewesen und oxidative Prozesse aufgebraucht ist, können anaerobe Bakterien Nitrat zu Nitrit und dann weiter zu Ammoniak reduzieren, um an Sauerstoff zu gelangen. Allerdings ist Nitrit in entsprechender Konzentration sehr giftig für Fische.

Durch die Frühjahrs- und Herbstzirkulation gelangt wieder Sauerstoff in die tieferen und Ammonium in die oberen Bereiche des Sees, wodurch das Algenwachstum im nächsten Sommer verbessert wird. Ammonium, welches unter aeroben Bedingungen auch zu Nitrat oxidiert wird, wirkt als Minimumfaktor auf das Algenwachstum, da alle anderen Faktoren, wie zum Beispiel Wasser und Licht in den oberen Schichten des Sees für die Fotosynthese ausreichend vorliegen.

Nitrat und Ammonium können allerdings auch auf anderen Wegen in den See gelangen. So wird zum Beispiel in viele Seen ungeklärtes Abwasser eingeleitet oder Düngemittel von Feldern

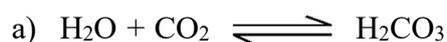
werden in den See gespült. Das kann zur Folge haben, dass zu viel Nitrat und Ammonium in den See gelangt. Da diese Stoffe normalerweise als Minimumfaktor das Algenwachstum beschränken, führt das dazu, dass die Algen nahezu unbegrenzt wachsen. Auf die Folgen der sogenannten Eutrophierung, die dadurch ausgelöst wird, wird später noch eingegangen. [5]

5.1.3. pH-Wert

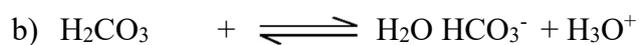
Der pH-Wert im See wird durch verschiedene Stoffe und Faktoren beeinflusst. Durch die Veränderung des Drucks verschiebt sich ein Gleichgewicht in die Reaktionsrichtung, in der Gase zu Flüssigkeiten reagieren. Eine Erhöhung der Temperatur begünstigt die Reaktion im Gleichgewicht, die endotherm stattfindet, weil diese die Energie, die sie zum Ablaufen benötigt, nun der Umgebung entziehen kann.

Außerdem stellt sich das Gleichgewicht neu ein, wenn Reaktionspartner hinzugefügt oder entfernt werden. Wird ein Stoff einer Reaktion entzogen, findet die Reaktion, bei der der entzogene Stoff entsteht, vermehrt statt. Wenn einer Reaktion ein Stoff vermehrt zugeführt wird, findet die Reaktion, in der dieser Stoff als Edukt dient, vermehrt statt. [11]

Den größten Einfluss auf den pH-Wert im See hat die Kohlensäure, die entsteht, wenn Wasser und das durch die Atmung der verschiedenen Organismen gebildete und im Wasser gelösten Kohlenstoffdioxid reagieren. Da das entstehende Molekül sehr instabil ist, reagieren nur ca. 0,2% des Kohlenstoffdioxids mit Wasser. [24]



Bei einer Wassertemperatur von 0°C reagieren 50% des Kohlenstoffdioxids zu Hydrogencarbonat. [5] Allerdings sind im See auch noch andere Stoffe für den pH-Wert verantwortlich, wodurch sich dieses Verhältnis nicht ganz auf den See übertragen lässt.



Das alles führt im See dazu, dass bei einer hohen Anzahl von Organismen, die Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid veratmen, der pH-Wert sinkt, weil mehr Kohlensäure und infolgedessen mehr Hydrogencarbonat und Carbonat entstehen. Bei diesen Reaktionen werden außerdem Oxoniumionen, deren Konzentration den pH-Wert bestimmt, gebildet. Allerdings liegt einer großen Menge an Tieren eine starke Biomasseproduktion zu Grunde, die die Tiere als Nahrungsgrundlage benötigen. Die Primärproduzenten, die durch Photosynthese Biomasse produzieren, nutzen dabei das im Wasser gelöste Kohlenstoffdioxid, um daraus Glukose zu bilden und geben als Nebenprodukt Sauerstoff an das Wasser ab. Dieser Vorgang entzieht Kohlenstoffdioxid aus dem Gleichgewicht, wodurch die Reaktion, bei welcher CO₂ hergestellt

wird, vermehrt stattfindet. Das verursacht, dass die Oxoniumionen und die verschiedenen Carbonate zu Kohlensäure und dann zu Kohlenstoffdioxid zurückreagieren, wodurch die Konzentration an Oxoniumionen sinkt und so der pH-Wert wieder steigt. [5]

Aber auch andere Faktoren haben Einfluss auf den pH-Wert. So wirkt zum Beispiel Ammoniak als Säure und als Base, Ammonium als Base und die verschiedenen Phosphate sind als Salze der Phosphorsäure ebenfalls Basen, können aber zum Teil auch als Säure wirken, wenn sie noch Protonen besitzen, die sie abgeben können. Auch Methan und Schwefelsäure, die vor allem in der Faulschlammschicht entstehen, wirken als Säuren. Die hier angegebenen Säuren reagieren, wie oben am Beispiel Kohlensäure gezeigt, mit Wasser, wodurch unter anderem Oxoniumionen entstehen. Basen nehmen Protonen auf, weshalb Hydroxidionen entstehen. Diese Ionen bestimmen den pH-Wert.

Ein weiterer Grund für die Veränderung des pH-Werts können saure oder alkalische Abwässer sein, die in den See geleitet werden, oder der Eintrag von Stoffen, wie zum Beispiel Kalk oder Fäkalien, die das Gleichgewicht verschieben.

Eine starke Veränderung des pH-Werts kann, genau wie ein zu hoher oder zu geringer pH-Wert, schwere Folgen für das Ökosystem See haben. Zum einen wirken sich sowohl freie Protonen beziehungsweise Oxoniumionen als auch Hydroxidionen auf alle Organismen aus, da sie zum Beispiel die Struktur von Proteinen und Enzymen verändern können, wodurch Stoffwechselprozesse nur verlangsamt oder im schlimmsten Fall gar nicht mehr ablaufen können. Außerdem wird durch die Veränderung des pH-Werts auch das Gleichgewicht von zum Beispiel Ammoniak und Ammonium beeinflusst. Wird der pH-Wert höher, reagiert weniger Ammoniak zu Ammonium. Das hat zur Folge das größere Mengen Ammoniak, die vor allem für Fische giftig sind, aufsteigen, da sie gasförmig sind.

Im Allgemeinen liegt das pH-Optimum für Süßwasserfische zwischen 6 und 7,5 und das der Fischnährtiere zwischen 6,8 und 7,8 [5].

5.2. Eutrophierung

Die Eutrophierung beschreibt die natürliche Düngung eines Gewässers durch äußere Einflüsse. Sie bewirkt eine Veränderung des betroffenen Ökosystems über einen längeren Zeitraum hinweg, welches sich daraufhin neu einstellen muss. Allerdings kann eine Eutrophierung auch durch den Menschen verursacht oder verstärkt werden. Im schlimmsten Fall führt das dazu, dass der See umkippt. Das bedeutet, dass sich die Konzentrationen von verschiedenen Stoffen

so stark verschoben, dass lebensnotwendige Bedingungen für die Organismen im See nicht mehr gegeben sind und diese deshalb sterben.

Der Grund für die Eutrophierung eines Sees ist der Eintrag von organischen Stoffen und Nährstoffen, wie beispielsweise der Einleitung von Abwässern von Haushalten, der Industrie oder der Landwirtschaft, die Phosphate, Nitrat und andere Nährstoffe enthalten können. Außerdem können Ausscheidungen von Hunden und anderen Tieren dazu führen, dass der Nitratgehalt im See steigt. Diese Nährstoffe wirken auf das Wachstum des Phytoplanktons normalerweise als minimierender Faktor, weil alle anderen Faktoren für Wachstum und die Fotosynthese, wie zum Beispiel Licht und Wasser, nahezu unbegrenzt zur Verfügung stehen. Daher schießt das Algenwachstum in die Höhe, wenn dem See von außen zu viele Nährstoffe zugefügt werden.

Das Phytoplankton hat eine kurze Lebensdauer, weshalb eine große Menge an abgestorbenen Algen zersetzt werden muss. Am Anfang des Sommers ist noch genug Sauerstoff in allen Schichten vorhanden, um die organischen Verbindungen zu anorganischen Verbindungen zu zersetzen, die dann wiederum als Nährstoff dienen. Da die Masse an abgestorbenem Phytoplankton aber im Fall einer starken Düngung sehr groß ist und deren Abbau von den Destruenten in so kurzer Zeit nicht bewältigt werden kann, bildet sich am Grund des Sees eine Faulschlammschicht. Diese wird langsam abgebaut. Da der Sauerstoff bei dieser Menge an zu zersetzendem Material allerdings schnell knapp wird, steigen die Bakterien auf anaerobe Zersetzung um. Bei dieser Form der Zersetzung entstehen giftige Gase wie zum Beispiel Methan. Diese steigen dann auf, was bewirkt, dass der See langsam anfängt zu stinken. Zudem fangen die Bakterien an, Nitrat zu Nitrit zu reduzieren, um an Sauerstoff zu gelangen. Teilweise wird Nitrit weiter zu Ammoniak abgebaut. Nitrit ist für Fische genauso wie Ammoniak sehr giftig, wenn dieses nicht mit Wasser zu Ammonium weiterreagiert.

Die Lebewesen im See leiden sehr stark am Sauerstoffmangel und ersticken, wenn die Sauerstoffkonzentration zu gering wird. Außerdem werden sie durch Nitrit, Methan, Ammoniak und andere toxische Gase, die in der Faulschlammschicht entstehen, vergiftet. Dies geschieht spätestens dann, wenn die Herbstzirkulation einsetzt und die Stoffe im ganzen See verteilt werden. Um langfristige Schäden zu vermeiden, müsste das Wasser vor dem Einleiten in den See geklärt und damit alle organischen Verbindungen und Nährstoffe, die sich auf das Gleichgewicht negativ auswirken, entfernt werden. [21]

5.3. Stadtparkteich

Flache, stehende Gewässer, die künstlich angelegt wurden, werden als Teich bezeichnet. Durch die geringe Tiefe findet hier, im Gegensatz zu tieferen Seen, keine Sommer- und Winterstagnation statt. Das liegt daran, dass das Wasser durch die geringe Tiefe und das dadurch vergleichsweise geringe Volumen dauerhaft durchmischt wird und so keine temperaturbedingte Schichtung zustande kommt.

Ein Teich erfüllt in einem Park oder ähnlichem gelegen vor allem eine Erholungsfunktion. Damit einhergehend sind in unmittelbarer Nähe des Teiches oft Rasenflächen, Spielplätze, Wege oder Gastronomien angelegt, die Auswirkungen auf das Ökosystem Teich haben. Zum einen gelangt Biomasse von umstehenden Bäumen und angrenzenden Grünflächen in den Teich. Zum anderen füttern Besucher Wasservögel und Fische, die sich dadurch stark vermehren. Das alles führt dazu, dass die Nährstoffkonzentration im Teich und somit auch die Produktivität und das Wachstum des Phytoplanktons steigt. Durch diese Prozesse wird die Eutrophierung gefördert, die sich im fortgeschrittenen Stadium negativ auf die im Teich lebenden Lebewesen auswirken kann. [8]

5.4. Naturnahe Gestaltung

Naturnahe Gestaltung gleicht der Renaturierung. Vorweg ist es wichtig zu sagen, dass man nur bei natürlichen Ökosystemen von Renaturierung spricht. Da die Maßnahmen dennoch der Renaturierung stark ähneln, wird diese hier genauer erläutert.

Renaturierung bezeichnet das Zurückführen eines Ökosystems in einen „sehr guten ökologischen Zustand“ [7], der „einem [...] Zustand [entspricht], der durch sehr geringe Belastungen gekennzeichnet ist, ohne die Auswirkungen bedeutender Industrialisierung, Urbanisierung und Intensivierung der Landwirtschaft und mit nur sehr geringfügigen Veränderungen der physikalisch-chemischen, hydromorphologischen und biologischen Bedingungen“ [7]. Ist ein Ökosystem künstlich angelegt, wie es bei dem Seewoog der Fall ist, orientiert man sich „an dem bestmöglichen ökologischen Zustand eines vergleichbaren natürlichen Gewässers“ [7]. Aus diesem Grund wird im Folgenden nicht von „Renaturierung“ geschrieben, sondern von dem „Zurückführen in einen naturnahen Zustand“. Ziel der naturnahen Gestaltung ist es, der Verunreinigung und Beeinträchtigung der Wasserqualität und der Veränderung und dem Verlust von Lebensräumen entgegenzuwirken [7]. Damit soll das Verschwinden von Arten gestoppt und das Wiederansiedeln eigentlich heimischer Arten gefördert werden.

6. Seewoog

6.1. Aufbau

Der Seewoog befindet sich in Ramstein-Miesenbach, zwischen den Stadtteilen Ramstein und Miesenbach. Er ist ein künstlich angelegtes Parkgewässer, das als Naherholungsgebiet für Menschen dient. Über eine Pumpe wird der Seewoog mit Wasser versorgt. Die Stelle, an der das Wasser zugeführt wird, liegt im Osten, der Ablauf im Westen. Der See ist mittelgroß (West-Ost: 325 m, Nord-Süd: 75 m [27]), langgestreckt und gehört mit einer Tiefe von höchstens 1,5 m zu den nichttiefen Seen. Er wird durch eine Engstelle mit Brücke in einen kleinen Teil im Osten und einen großen Teil im Westen geteilt (s. Anhang, Abb. 2). Sumpfige Übergangsstellen vom See zum festen Boden gibt es nicht. [1]

Um den Seewoog führt ein Weg, der von vielen Besuchern genutzt wird. Im Norden gibt es unmittelbar vor dem See eine große Liege- und Picknickwiese. Im Süden des größeren Teils des Seewoogs gibt es einen viel besuchten Kiosk [1]. Begrenzt wird das Naherholungsgebiet Seewoog im Norden und Süden bis Südwesten von kleinen Wäldern. Im Südwesten schließt ein Wohngebiet und im Osten landwirtschaftlich genutzte Flächen an, die sich nordöstlich des nördlichen Waldabschnitts fortsetzen (s. Anhang, Abb. 1).

6.2. Belastung durch Menschen und Fressfeinde

Viele Faktoren beeinflussen den Seewoog, wodurch dessen naturnahe Entwicklung beeinträchtigt wurde. Der Seewoog als Naherholungsgebiet ist sehr attraktiv für Menschen. Auch wenn der See in erster Linie dafür gedacht ist, verhindert die Nutzung des Geländes zum Teil die Entwicklung des Biotops. Die Hunde der Besucher zerstören beim Spielen im Wasser viele Pflanzen und damit Lebensraum für Tiere, erschrecken diese oder jagen Vögel. Auch werden Tiere durch die Geräusche, die durch Menschen entstehen, beim Brüten gestört und verschreckt.

Ein weiteres Problem, das die Entwicklung einer Vielzahl von Lebewesen einschränkte, war die hohe Anzahl von Fischen und deren hoher Prädationsdruck [1]. Auch wurden viele Schildkröten ausgesetzt, die ebenfalls als Prädator einen negativen Einfluss auf die Artenvielfalt hatten. Um dem entgegenzuwirken und die Artenvielfalt zu schützen, wurde ein Projekt gestartet, bei dem der kleinere Teil des Seewoogs möglichst naturnah gestaltet wurde.

6.3. Naturnahe Gestaltung des kleinen Seewooges

Um die Entwicklung der Artenvielfalt zu unterstützen, wurde von der Stadt Ramstein-Miesenbach in Zusammenarbeit mit Herrn Dr. Bernd ein Projekt gestartet, in dem man den

Seewoog möglichst naturnah gestalten wollte. Da sich der kleine Seebereich schon immer besonders natürlich entwickelt hat, wurde in diesem ein größeres Potenzial gesehen und entschieden, dass dieser in einen möglichst naturnahen Zustand zurückgeführt werden soll. Der große Seebereich sollte als Naherholungsraum weiterhin zur Verfügung stehen.

Um dies zu erreichen, wurden die beiden Teile des Seewoogs räumlich durch den Einbau eines Wehrs in der Engstelle voneinander getrennt. Der Fischbestand wurde reduziert und in den großen Seebereich umgesiedelt. Hierfür wurde auch der große Teil des Sees für die Baumaßnahmen trockengelegt, wodurch aber „keine erheblichen Beeinträchtigungen des Schutzgutes Wasser zu erwarten“ [3] war. Aufgrund des Wehrs ist es den Fischen nun nicht mehr möglich in den kleinen Seebereich zu gelangen. Da die Teichmuscheln auf die Fische angewiesen sind, wurden auch diese in den großen Seebereich übergesiedelt. Aus beiden Bereichen wurden die Schildkröten entfernt, da diese hier nicht heimisch sind. Damit keine weiteren Schildkröten ausgesetzt werden, wurden Schilder aufgestellt, die das weitere Aussetzen der Tiere verbieten und die Auswirkungen der Schildkröten auf die Artenvielfalt und das Biotop erklären.

Im Litoral wurden Pflanzen wie Farne angesiedelt, um zusätzlich Lebensräume zu errichten und die Entwicklung der pflanzlichen Artenvielfalt zu unterstützen. Um den kleinen Seebereich von den umliegenden Anlagen abzugrenzen, wurde ein ungefähr zwei Meter breiter Grasstreifen angelegt. Um diesen wurde später ein Zaun errichtet. So ist der kleine Seebereich endgültig vor Besuchern und Hunden abgeschirmt. Um einen Bezug zu den Besuchern und eine Akzeptanz zu dem Projekt herzustellen, wurden Informationstafeln errichtet, die erklären, wie wichtig das Schützen der Artenvielfalt ist und es wird darum gebeten, sich kontrolliert auf der Fläche zu bewegen und das Füttern der Tiere zu unterlassen. [1]

7. Vorgehensweise, Materialien und Methode

7.1 Untersuchung der Artenvielfalt

Erfasst wurden Reptilien, Amphibien, Vögel, Wirbellose und Phyto- sowie Zooplankton. Die beobachteten Arten wurden bestimmt, um einen qualitativen und grob quantitativen Überblick über das jeweils vorhandene Artenspektrum zu erhalten.

Um das Plankton bestimmen zu können, wurde ein Planktonnetz genutzt. Mit diesem werden große Mengen an Wasser gefiltert. Das Netz ist so fein, dass kleinste Planktonarten, die zum Teil nur aus einer oder wenigen Zellen bestehen, in dem Netz bleiben und nicht mit dem Wasser durchgefiltert werden. Dadurch entsteht eine hohe Konzentration an Plankton, das im Netz aufgefangen wird. Dieses kann anschließend mit dem Mikroskop untersucht werden.

Als Messstelle wurde für den großen Seewoogbereich die Besucherplattform (s. Anhang, Abb. 2, Nr.2) genutzt, die über das Wasser reicht. Das Planktonnetz wurde an einen Teleskopstab gebunden und auf der Vorderseite der Plattform jeweils zehnmal von der einen zur anderen Seite gezogen. Dadurch wurden große Mengen an Wasser gefiltert.

Die Proben für den kleinen Seewoogbereich wurden entsprechend von der Mauer des Wehres aus (s. Anhang, Abb. 2, Nr. 6) entnommen.

Die auf Mauer und Plattform abgelaufene Strecke betrug jeweils ca. 10m.

Um die wirbellosen Tierarten sowie Wirbeltierarten zu erfassen, wurden die folgenden Methoden verwendet:

Kescherzug [1]

Aquatische Organismen (Wirbellose) können nur aus nächster Nähe bestimmt werden. Dafür wurde der blinde sowie der gezielte Kescherzug genutzt. Beim blinden Kescherzug wurde mit diesem weit über dem Wasser ausgeholt, um ihn langsam im Wasser auf den Boden zu führen und dann vorsichtig bis ans Ufer zu ziehen. Dies wurde dreimal nacheinander durchgeführt. Dabei ist es wichtig, den Lebensraum so schonend wie möglich zu behandeln und eine Störung der Tiere ebenso gering zu halten. Einzelne Organismen im Kescher können mit einem nassen Pinsel in eine mit Wasser gefüllte Schale überführt werden. Um die Tiere nicht zu schädigen, muss dies schnell erfolgen.

Sichtbeobachtung [1]

Um größere Organismen wie Vögel und Amphibien zu bestimmen, wurde die Sichtbeobachtung durchgeführt. Zur Dokumentation wurden die beobachteten Arten fotografiert.

7.2 Chemisch-physikalische Parameter

7.2.1 Allgemeine Vorgehensweise

Um die Unterschiede der Wasserqualität zwischen dem kleinen, naturnah gestalteten Seewoog und dem großen Seewoog festzustellen, wurden aus beiden Seebereichen Wasserproben entnommen. Da ausgeschlossen werden sollte, dass der See trotz seiner geringen Tiefe im Sommer und im Winter stagniert, wurden mehrere Wasserproben (knapp unterhalb der Wasseroberfläche, am Seegrund und in halber Tiefe) genommen. Sie wurden zudem so weit vom Ufer entfernt wie möglich entnommen, mit ca. 3-4 Metern Abstand. So konnten auch Verunreinigungen ausgeschlossen werden.

Die Messstellen 1, 2, 3 und 4 (s. Anhang, Abb. 2) wurden ausgewählt, da sie gut erreichbar sind. Zudem liegen sie weit genug auseinander, um Unterschiede durch äußere Einflüsse

festzustellen. Solche Einflüsse könnten beispielsweise die nahe gelegene Baustelle oder der Wassereinlauf sein.

Entnommen wurden die Wasserproben mit einer selbstgebauten Schöpfflasche (s. Anhang, Abb. 3). Diese bestand aus einer Glasflasche mit Korken, die sich in einem Metallrohr befand, das wiederum an eine Teleskopstange mit Halterung geschweißt wurde. An das untere Ende des auf die Größe der Flasche zugeschnittenen Rohres wurde zudem ein Gitter angeschweißt, sodass die Flasche nicht herausrutschen konnte. Die Flasche wurde mit Hilfe einer Schnur im Rohr festgebunden. Zudem wurde eine lange Schnur am Korken befestigt. So kann die Flasche für eine Wasserentnahme geschlossen unter Wasser getaucht und erst bei Erreichen der gewünschten Tiefe durch das Ziehen an der Schnur geöffnet werden.

Es ist zu beachten, dass die Flasche vor dem Gebrauch nur mit klarem Wasser oder Seewasser ausgespült wird, um eine Veränderung von zum Beispiel dem pH-Wert durch Spülmittel zu verhindern.

Die Wasserproben wurden mit dem JBL Wassertest-Koffer ProAquaTest Lab auf pH-Wert, Sauerstoff-, Nitrat-, Nitrit-, Ammonium-, und Phosphatgehalt getestet. Dazu wurden passend zu den gewünschten Parametern Lösungen zu den Proben gegeben, die als Farbindikator dienen. Anhand der Farbe der Lösung und der zugehörigen Farbkarte kann die Konzentration des jeweils untersuchten Stoffes in der Probe ermittelt werden (s. Anhang, Abb. 4).

7.2.2 Bestimmung der Nitritkonzentration mit dem desklab-Photometer

Die Nitritkonzentrationen der beiden Seebereiche unterschieden sich teilweise stark. Zudem überschritten die Werte im kleinen Seewoog ab Mai 2020 die Grenzwerte der Fischgewässerrichtlinien.

Da die Bestimmung der verschiedenen Stoffkonzentrationen im Seewasser mit dem JBL-Koffer teils nur in groben Abstufungen möglich ist und infolge unterschiedlicher Lichtverhältnisse eine Zuordnung durch Farbkarten ungenau sein könnte, wurde zusätzlich eine photometrische Messung mit dem desklab-Photometer durchgeführt.

Zunächst wurde eine Verdünnungsreihe angesetzt, um Proben bekannter Konzentrationen photometrisch zu messen und eine Extinktionsgerade zu erstellen. Hierzu wurde eine Natriumnitrit-Lösung mit einer Nitritkonzentration von 0,05g/l angesetzt. Diese wurde dann erst 1:500 (0,1mg/l) und 1:1000 (0,05mg/l) mit destilliertem Wasser verdünnt. Anschließend wurde die 1:1000 verdünnte Lösung erneut 1:1 (0,025mg/l) und 1:4 (0,01mg/l) verdünnt. Die vier entstanden Lösungen, deren Konzentration bekannt war, wurden dann mit den Farblösungen des JBL-Koffers versetzt. Außerdem wurde zur Kontrolle und Kalibrierung des

Photometers destilliertes Wasser mit den Farblösungen versetzt. Die Proben wurden photometrisch untersucht. Die Extinktionen aus der Verdünnungsreihe ergaben eine Messkurve (s. Anhang, Abb. 5). Diese wurde durch einen Ausgleich zu einer Extinktionsgerade bearbeitet, mit deren Hilfe man nun die Stoffkonzentrationen der mit der Nitrit-Nachweislösung gefärbten Wasserproben zuordnen kann.

Um die Ergebnisse der photometrischen Messungen mit den Ergebnissen der Bestimmung über die Farbkarten abzugleichen, wurde jeweils eine Probe aus jedem Seewoogbereich entnommen, ebenfalls mit den Farblösungen versetzt und photometrisch untersucht (s. Anhang, Abb.6).

Auswertung:

Die Ergebnisse der photometrischen Messung zeigen, dass die mit Hilfe der Farbkarte zugeordneten Werte nicht sehr stark von den photometrisch gemessenen Werten abweichen. Die Methode ermöglicht es, im Gegensatz zu der Farbkarte, die nur Konzentrationen in den Bereichen $<0,01$; $0,025$; $0,05$; $0,1$ und $0,2\text{mg/l}$ zulässt, eine lückenlose Bestimmung der Nitritkonzentration im Bereich der Eichgeraden vorzunehmen.

Demnach müssten die mit der Extinktionsgerade bestimmten Konzentrationen bei der Bestimmung mit der Farbkarte den Werten zugeordnet werden, die den eigentlichen Konzentrationen am nächsten sind. Dies war beim kleinen Seewoog der Fall, beim großen Seewoog allerdings nicht. Gerade bei einem Stoff wie Nitrit, der für Fische giftig ist, sollte die Konzentration möglichst genau bestimmt werden, um eine Bewertung vornehmen zu können. Demnach ist die Messung mit dem JBL-Koffer gerade für die Bestimmung der Nitritkonzentration im Zuge dieser Arbeit eher ungeeignet, wenn man genauere Konzentrationsangaben zur Bewertung der Gewässergüte benötigt.

Da das desklab-Photometer maximal zwei Stellen nach dem Komma angibt, die Extinktion durch die geringen Konzentrationen ebenfalls sehr gering war und eine, durch den Umschlag der Farblösungen von gelb nach rosafarben, nicht optimale LED verwendet wurde, müssten für eine noch genauere Extinktionsgerade weitere Untersuchungen durchgeführt werden. Diese waren aufgrund der Pandemie allerdings nicht möglich.

7.2.3 Einstufung der Messergebnisse

Die Ergebnisse der chemischen und physikalischen Wasseranalyse des Seewooges werden im Folgenden mit verschiedenen Richtlinien verglichen.

Die Einteilung der Seen in Güteklassen ist nicht möglich, da die Wassergüteklassen nur für Fließgewässer zulässig sind.

Aufgrund dieser Faktoren wird der kleine und der große Seewoog zum einen mit den europäischen Trinkwasserrichtlinien [13,14] und zum anderen mit den Fischgewässerrichtlinien für Cyprinidengewässer [12] verglichen.

Das Wasser des Seewooges nach den Trinkwasserrichtlinien (s. Anhang, Abb. 7) zu untersuchen ist deshalb sinnvoll, weil der Süßwasserschutz aufgrund steigender Knappheit einen hohen Stellenwert einnimmt. So werden einerseits große Mengen an Süßwasser durch Industrie, Landwirtschaft und auch private Haushalte verschmutzt. Andererseits schmelzen infolge des Klimawandels die Polarkappen, die ein Reservoir für Süßwasser darstellen, so dass letztendlich sauberes Süßwasser knapp wird. Daher ist die Trinkwasserrichtlinie in Hinblick auf die Reinheit des untersuchten Süßgewässers ein geeigneter Maßstab. Das hat zur Folge, dass das Wasser, welches vorhanden und für den Trinkwassergebrauch nach den EU-Trinkwasservorschriften nutzbar ist, geschützt und erhalten bleiben sollte.

Zudem werden die Fischgewässerrichtlinien (s. Anhang, Abb. 8) als Anhaltspunkt genommen, da zumindest der größere Teil des Seewooges als Lebensraum für Fische dient. Aufgrund dessen sollten die Wasserwerte den Richtwerten für ein Fischgewässer entsprechen.

Da zwischen den beiden Seeteilen ein Überlauf existiert, über welchen Wasser vom kleinen in den großen Seewoog läuft, sind auch die Wasserwerte des kleinen Seewooges zu überprüfen.

Die Fischgewässerrichtlinien liefern Richt- und Grenzwerte bestimmter Parameter für Salmonidengewässer und Cyprinidengewässer. Cypriniden- oder auch Karpfengewässer werden vor allem von Arten wie Karpfen, Hechten und Flussbarschen bewohnt [23], Salmonidengewässer hingegen von Lachsen und Forellen und Äschen [25].

Im großen Seewoog leben neben einigen Arten aus der Familie der Karpfen auch Hechte und Flussbarsche [1], was ihn zu einem Cyprinidengewässer macht. Daher sind in Bezug auf den Seewoog auch nur die Fischgewässerrichtlinien für die Cyprinidengewässer relevant.

7.3 Bestimmung des Trophiegrades

In stehenden Gewässern wird die Wasserqualität durch die Trophie bestimmt. Unter Trophie versteht man die Intensität der Primärproduktion. Die Eutrophierung von Seen ist demnach die zunehmende Anreicherung von Nährstoffen im See mit der Folge einer erhöhten Primärproduktion [5]. Der Zustand eines Sees wird anhand des Nährstoffgehalts in oligotroph (nährstoffarm), mesotroph oder eutroph (nährstoffreich) eingeteilt. Jeder See entwickelt sich aufgrund der positiven Nährstoffbilanz früher oder später von einem oligotrophen zu einem eutrophen See. Wie schnell die „Seenalterung“ voranschreitet, kann durch äußere Faktoren beeinflusst werden, z.B. über den Wasserzufluss eines Sees. Aufgrund des Nährstoffüberschusses in einem eutrophen See findet in diesem vermehrtes Planktonwachstum

statt, da es in diesem Fall keinen limitierenden Nährstoff gibt. Dadurch wird der See getrübt oder verfärbt sich vollständig. Oligotrophe Seen hingegen sind transparent und klar [5] (Klarwasserstadium). Ein oligotropher See ist immer anzustreben, da ein solches Gewässer Lebensraum für viele teils bedrohte Arten bietet, so beispielsweise für Insekten oder Wirbellose. Um den Trophiegrad eines Sees zu bestimmen, braucht es die Jahresmittelwerte der Konzentration des Chlorophyll-a-Gehalts, der Sichttiefe und den Gesamtphosphorgehalt. Da die Untersuchungen noch kein Jahr laufen, ist es nicht möglich, die Jahresmittelwerte zu bestimmen. Der Durchschnitt aller gemessenen Werte wird daher zur vorläufigen Einschätzung des Trophiegrades genutzt.

7.3.1 Bestimmung des Chlorophyll-a-Gehalts

Hierbei wird in einem See der Anteil an Chlorophyll-a, der sich in den Chloroplasten des Phytoplanktons befindet, bestimmt. Durch diesen Wert können Rückschlüsse auf die Menge des Phytoplanktons in einem See gezogen werden, was wiederum von großer Bedeutung für die Bewertung der Wasserqualität ist. Vergleicht man das Aussehen der beiden Seebereiche, fällt auf, dass der große Teil viel trüber und grüner ist als der kleine Teil, welcher sehr klar ist (s. Anhang, Abb. 9 & 10). Folglich ist anzunehmen, dass die Konzentration des Chlorophyll-a im großen Teil viel höher ist als die des kleinen Teils. Um einen genauen Wert zu erhalten, wurde die Konzentration mit einem Photometer bestimmt.

Materialien:

Zur Bestimmung des Chlorophyll-a-Gehalts wird folgendes benötigt: Ein Messkolben (1l), ein Glasfaserfilter (Porenweite 0,45 μm), eine Nutsche mit Dichtungsmanschette, eine Wasserstrahlpumpe, eine Pasteurpipette, eine Kolbenhubpipette (20 μm), zwei Falcon-Tubes, zwei Pinzetten, ein Glasstab, eine 10 mm Rechteckküvette, ein Photometer (desklab), Ethanol (90% MEK (Methylethylketon) vergällt) und 2-molare Salzsäure. (s. Anhang, Abb. 11)

Durchführung:

Der Chlorophyll-a-Gehalt des kleinen beziehungsweise großen Teils des Sees wird jeweils separat mit gleichem Vorgehen bestimmt.

Es wird ein Liter Oberflächenwasser des jeweiligen Seebereichs entnommen. Die Flasche mit dem Seewasser wird mit Alufolie umwickelt, um die Chloroplasten vor Sonnenlicht zu schützen. Der Glasfaserfilter wird in der Nutsche mit Dichtungsmanschette platziert. Daraufhin wird diese an der Wasserstrahlpumpe befestigt. Nun wird die gesamte Probe gefiltert. Mit zwei Pinzetten wird der Filter danach entnommen, so gefaltet, dass der Chlorophyll-Film in der Innenseite liegt und in kleine Stücke zerrissen. Diese Stücke werden zusammen mit 20 ml Ethanol in ein Falcon-Tube gegeben. Das Gemisch wird 20 Minuten bei 78°C erwärmt und

dabei mehrmals geschwenkt, danach wird es über Nacht fest verschlossen im Dunklen aufbewahrt. So wird gewährleistet, dass sich der Großteil des Chlorophylls in dem Ethanol löst. Am nächsten Tag wird das gelöste Chlorophyll in ein zweites Falcon-Tube überführt. Dafür werden die Schnipsel am Rand des Falcon-Tube ausgedrückt. Das zweite Falcon-Tube, in dem nun nur noch das Filtrat und Ethanol enthalten sind, wird auf 25 ml mit Ethanol aufgefüllt. Die Lösung ist weiterhin lichtempfindlich, weshalb darauf geachtet werden muss, dass sie nicht dem direkten Licht ausgesetzt wird. Das Photometer misst die optische Dichte der Extinktion bzw. die Auslöschung des Lichtes. Je mehr Chlorophyll in der Lösung enthalten ist, desto mehr Licht wird von diesem aufgenommen. Es wird also mehr Licht absorbiert. Die Extinktion wird einmal vor und einmal nach der Zugabe von Salzsäure gemessen. Die zugesetzte Salzsäure ändert die Struktur des Chlorophyll-a-Moleküls, sodass dieser Anteil kein Licht der verwendeten Wellenlänge mehr absorbiert. Über die Differenz der vor und nach Zugabe der Salzsäure gemessenen Extinktionen kann die Chlorophyll-a-Konzentration berechnet werden. In die erste Küvette werden 3 ml Ethanol gegeben. Mit dieser Küvette wird das Photometer bei 660nm geblanct. Das bedeutet, dass das Photometer bei einer Chlorophyll-a-Konzentration von Null auf Null gesetzt wird. Anschließend werden 3 ml der Lösung in eine zweite Küvette gegeben und diese wird mit dem Photometer gemessen. Dieser Wert wird später als der Wert von E1 zur Berechnung des Chlorophyll-a-Gehalts verwendet. In beide Küvetten werden nun 20 µl Salzsäure gegeben. Die neuen Lösungen werden mit einem Glasstab durchmischt. Mit der ersten Küvette wird das Photometer erneut geblanct. Nach 10 Minuten wird mit dem Photometer wieder die Extinktion der zweiten Küvette, in der sich die Chlorophyll-Lösung aus der Wasserprobe befindet, gemessen. Dieser Wert wird als E2 in die Formel eingesetzt. [5]

Die Berechnung der Konzentration des Chlorophyll-a-Gehalts erfolgt mit folgender Formel:

$$C(\text{Chlorophyll} - a) = 29,6 * (E1 - E2) * \frac{V(\text{Extrakt})}{V(\text{Wasserprobe}) * d} \quad [5]$$

C(Chlorophyll-a):	Chlorophyll-a-Gehalt
E1:	Extinktionswert vor der Säurezugabe
E2:	Extinktionswert nach der Säurezugabe
V(Extrakt):	Volumen des Extraktes in ml (hier 25 ml)
V(Wasserprobe):	Volumen der gesamten Wasserprobe in l (hier 1 l)
d:	Durchmesser der Messküvette in cm (hier 1 cm)

Beispielrechnungen:

Für die Rechnung wurden die Messergebnisse vom 14.03.2020 (s. Anhang, Abb. 12) verwendet.

Berechnung zu dem kleinen Teil des Seewoogs:

$$C(\text{Chlorophyll} - a) = 29,6 * (0,03 - 0,02) * \frac{25}{1 * 1} = 7,4 [\mu\text{g}/\text{l}]$$

Berechnung zu dem großen Teil des Seewoogs:

$$C(\text{Chlorophyll} - a) = 29,6 * (0,14 - 0,1) * \frac{25}{1 * 1} = 29,6 [\mu\text{g}/\text{l}]$$

Die mit dem Photometer in der Schule gemessenen Werte wurden mit einem Photometer der TU Kaiserslautern gegengemessen, um sie auf Genauigkeit zu überprüfen (s. Anhang, Abb.13). Zwischen der Messung mit dem desklab Photometer und dem Photometer der TU Kaiserslautern gab es keine großen Messunterschiede. Deshalb kann weiter mit den Photometern von desklab aus der Schule gearbeitet werden. Diese haben den Vorteil, dass sie jederzeit genutzt werden können, da sie in der Schule zur Verfügung stehen.

Wie man sehen kann, beträgt die Konzentration des Chlorophyll-a-Gehalts im kleinen Seewoog 7,4µg/l und im großen Seewoog 29,6 µg/l. Im März ist daher der Chlorophyll-a-Gehalt im großen Seewoogbereich ca. viermal so hoch wie im kleinen Seewoog.

7.3.2 Bestimmung der Sichttiefe

Die Bestimmung der Sichttiefe erfolgt mit Hilfe einer Secchi-Scheibe. Die Scheibe wird an einer Schnur genau so tief ins Wasser gelassen, bis sie nicht mehr zu sehen ist (s. Anhang, Abb. 14). Der Abstand zwischen der Scheibe und dem Punkt an der Schnur, bis zu dem das Wasser reicht, entspricht der Sichttiefe.

7.3.3 Bestimmung des Gesamtphosphorgehalts

Der dritte Wert, den man zur Bestimmung des Trophiegrades benötigt, ist der Gesamtphosphorgehalt (Totalphosphor TP). Der Gesamtphosphorgehalt ist die Summe der Masse aller Phosphor-Atome, unabhängig von ihrer Bindungsform und Verfügbarkeit für Organismen. Er beinhaltet sowohl das für Pflanzen verfügbare Phosphat (z.B. PO_4^{3-}), als auch gelöste, organische, phosphathaltige Verbindungen, den in der gesamten Biomasse im See gebundenen Phosphor (z.B. in ATP und der DNA) und an suspendierte Partikel adsorbierten oder gebundenen Phosphor. In den meisten Gewässern ist Phosphor der für Primärproduzenten limitierende Nährstoff. Da Phosphor aber vor allem im Frühling und Sommer hauptsächlich in Biomasse gebunden vorliegt und nur wenig im Wasser gelöst ist, kann der Phosphatgehalt nur wenig über die Menge an Phosphor in einem Gewässer aussagen. Deshalb wird TP als Maß der Phosphorversorgung in Gewässern verwendet.

Zur Messung des TP müssen alle Phosphorverbindungen als gelöste, freie Ionen (PO_4^{3-}) vorliegen. Diese nennt man Orthophosphat oder auch Soluble Reactive Phosphorus (SRP). Dafür wird mit einem oxidativen Druckaufschluss gearbeitet, bei dem alle P-haltigen

Verbindungen aufgetrennt werden und der Phosphor als SRP freigesetzt werden kann. Alternativ zum Druckaufschluss kann auch ein UV-Aufschluss oder beides zusammen verwendet werden. Das entstandene SRP wird anschließend gemessen. Allerdings werden für die Messung ebenfalls giftige und reizende Chemikalien benötigt wie 3-Nitrophenol und Ammoniaklösung. [20]

Da es in der Schule nicht erlaubt ist, mit solchen Chemikalien zu arbeiten und diese nicht zur Verfügung stehen, ist es nicht möglich, den Gesamtphosphorgehalt zu bestimmen. Nur zwei Parameter zur Bestimmung des Trophiegrades zu nutzen, ist aber zu ungenau. Deshalb wird hier zumindest der Phosphatgehalt genutzt und näherungsweise einem Trophiegrad zugeordnet. Dabei muss berücksichtigt werden, dass der Phosphatgehalt nicht die gleiche Aussagekraft hat wie der Gesamtphosphorgehalt. Aus diesem Grund wird der Phosphatgehalt nicht so stark gewertet wie die anderen zwei Parameter. Dieser wird eher als Vergleichswert und Tendenz behandelt.

8. Ergebnisse

8.1 Artenvielfalt

(s. Anhang, Abb. 15)

8.2 Chemisch-physikalische Parameter

(s. Anhang, Abb. 24)

Der Phosphatgehalt lag in beiden Seebereichen durchgängig bei 0,02 mg/l.

8.3 Sichttiefe

Im großen Teil des Seewooges ist es kein Problem, die Sichttiefe mit Hilfe der Secchi-Scheibe zu bestimmen. Der kleine Seewoog befindet sich in einer Art Klarwasserstadium, da man bis zum Boden des allerdings sehr flachen Gewässers (ca. 66cm Tiefe) blicken kann. (s. Anhang, Abb. 25)

8.4. Einteilung in einen Trophiegrad

Aufgrund der fehlenden Daten der Sichttiefe im kleinen Teil des Sees und des Gesamtphosphors stellt sich die Frage, inwieweit hier eine schlüssige Aussage getroffen werden kann. Mithilfe des Chlorophyll-a-Gehalts kann man eine Aussage hierzu treffen, beim großen Seewoog auch über die Sichttiefe. Die anderen Parameter werden als Tendenz betrachtet. Die Messerergebnisse wurden mit Tabellen zur Abschätzung des Trophiegrades (s. Anhang, Abb. 26 & 27) verglichen. (s. Anhang, Abb. 28)

Aufgrund der unterschiedlichen Chlorophyll-a-Konzentrationen kann ausgesagt werden, dass der große Teil des Seewooges bereits einen höheren Trophiegrad erreicht hat, als der kleine

Seebereich. Bereits im März war der Chlorophyll-a-Gehalt des großen Teils des Seewooges viermal so hoch wie der des kleinen Seewooges, im Mai sogar fünfmal so hoch. Die Werte des kleinen Seewooges blieben zwischen Februar und Mai konstant, während sich die des großen Seewooges von 14,8 µg/l auf 37 µg/l erhöhten. Die Werte können eindeutig einer Trophie zugeordnet werden. Demnach ist der kleine Teil des Seewoogs diesbezüglich oligotroph, der große Teil mesotroph. Die Sichttiefe des großen Seewooges wäre einer eutrophen Trophie zuzuordnen, während der kleine Teil das Klarwasserstadium erreicht haben könnte. Dieses Stadium ist anzustreben und deshalb im Hinblick auf die Sichttiefe oligotroph. Der Phosphatgehalt ist in beiden Seeteilen einer oligotrophen oder mesotrophen Trophie zuzuordnen. Um dies genauer bestimmen zu können fehlen allerdings exakte Messwerte. Vergleicht man die Werte der Parameter mit den Zuordnungen, kann der kleine Teil des Seewooges der oligotrophen Trophie, der große Teil der mesotrophen Trophie zugeordnet werden. Das bedeutet die Wasserqualität des kleinen Teils ist im Hinblick auf die Trophie besser als die des Großen. Der große Teil muss weiterhin beobachtet werden, um ein Umkippen des Sees verhindern zu können, da die Sichttiefe bereits so schlecht ist, wie in einem eutrophen Gewässer.

9. Ergebnisdiskussion

9.1. Chemisch-physikalische Parameter

9.1.1. Allgemeine Diskussion

Zu Beginn der Messungen wurden pro Seebereich an zwei Stellen in jeweils drei Tiefen Proben entnommen. Bei der ersten Messung im März 2020 waren die erhobenen Messwerte an allen Messstellen (s. Anhang, Abb. 2, Nr. 1-4) identisch. Daher wurde bei der Messung im Mai auf eine Messstelle pro Seebereich reduziert, jedoch wurden bis einschließlich Juli immer jeweils in drei Tiefen Proben genommen, um eine Stagnation auszuschließen. Da die Messwerte aus den drei Tiefen sich bei allen durchgeführten Messungen mit dem JBL-Koffer nicht unterschieden - die Messergebnisse der Elektroden, wichen aufgrund der größeren Genauigkeit minimal voneinander ab -, lässt sich eine Sommer-Stagnation ausschließen.

Dass bei der ersten Messung im März alle gemessenen Parameter in beiden Seebereichen gleich waren, ist zum einen damit zu erklären, dass das Wasser bei hohem Wasserstand, was im Frühjahr der Fall war, vom kleinen in den großen Seewoog fließt. Außerdem wird der See gerade bei geringerem Wasserstand mit Grundwasser gespeist. Da sich der Zufluss in den kleinen Seewoog an einem Ende, der Abfluss des großen Seewoogs am entgegengesetzten Ende befindet, entsteht eine Art Durchfluss.

Im Laufe des Sommers unterschieden sich die Messwerte der beiden Seebereiche immer stärker voneinander. Dies ist vor allem mit den unterschiedlichen Tier- und Pflanzenarten in den beiden Seebereichen zu erklären. Zum anderen wurde der kleine Seewoog ausgebaggert und somit der alte Seegrund mit verschiedenen Bakterienkolonien entfernt, wodurch sich diese hier wahrscheinlich erst neu bilden müssen.

Auffällig ist, dass das Wasser beider Seewoogbereiche sehr nährstoffarm ist. So liegt die Phosphatkonzentration in beiden Seebereichen während der gesamten Beobachtungszeit bei 0,02mg/l und ist damit eher gering. Auch der Ammonium-Gehalt bleibt über den gesamten Sommer unter dem Richtwert der Fischgewässerrichtlinie (0,2mg/l). Ein Grund hierfür könnte sein, dass der See auf Buntsandstein liegt, welcher meist ein eher nährstoffarmes Gewässer hervorbringt [18]. Ein weiterer Grund für die geringe Nährstoffkonzentration könnte das Wachstum von Röhricht in der Uferregion sein. Dieses nimmt für sein Wachstum sehr viele Nährstoffe auf. Falls das Röhricht für die geringe Konzentration an Nährstoffen verantwortlich ist, hätte das zur Folge, dass sich die Nährstoffkonzentration ändert, sobald im Spätsommer oder im Herbst das Röhricht abstirbt und die tote Biomasse ins Wasser gelangt. Aufgrund der niedrigen Temperaturen im Winter und der damit einhergehenden geringen mikrobiellen Aktivität wären Änderungen der Nährstoffkonzentrationen voraussichtlich erst im Frühjahr erkennbar. Daher wäre der Anstieg der Nährstoffkonzentrationen zum letzten Messzeitpunkt noch nicht festzustellen.

Im Mai steigt in beiden Seeteilen im Vergleich zur Messung im März sowohl die Ammonium-Konzentration von 0,05 mg/l im März auf 0,2 mg/l als auch die Nitrit-Konzentration von 0,025 mg/l im März auf im großen Seewoog 0,05 mg/l und im kleinen Seewoog 0,1 mg/l an. Dies wäre durch einen äußeren Eintrag von Stickstoffverbindungen zu erklären. So könnten zum Beispiel Abwässer oder Düngemittel in den See gelangt sein. Ein Grund dafür, dass die Nitrit-Konzentration im kleinen Seewoog mehr ansteigt als im großen Seewoog, könnte, wenn davon ausgegangen wird, dass in beide Seebereiche die gleiche Menge eingebracht wurde, an der größeren Verdünnung im großen Seewoog liegen oder daran, dass die Bakterienpopulationen und das Ökosystem an sich im großen Seewoog schon eingependelt sind. Außerdem war im kleinen Seewoog der pH-Wert mit 6,6 geringer als im großen Seewoog mit 6,8, was sich negativ auf die Nitrifikation auswirken kann, da Nitrifizierer am besten im neutralen bis leicht alkalischen Bereich Stoffwechsel betreiben. Während die Nitrit- und die Ammoniumkonzentration im großen Seebereich bei der Messung im Juli wieder sinken, geht im kleinen Seewoog vorerst nur der Ammoniumwert zurück und die Nitritkonzentration bleibt konstant. Im weiteren Verlauf bleibt die Ammoniumkonzentration in beiden Bereichen gleich.

Die Nitrit-Konzentration sinkt im kleinen Seewoog im September und steigt dann wieder an. Auch im großen Seewoog steigt die Nitritkonzentration, nachdem sie im September konstant geblieben war, nochmal an. Dies ist vermutlich mit dem Abbau der toten Biomasse zu erklären. Die in der Biomasse enthaltenen Stickstoffverbindungen werden zu Ammoniak zersetzt, das dann zu Nitrit oxidiert wird.

Die Nitratkonzentration blieb trotz erhöhter Ammonium- und Nitritkonzentrationen über den Messzeitraum im großen Seewoog konstant. Erhöhtes Algenwachstum geht einher mit einem erhöhten Nitratbedarf, was möglicherweise eine erhöhte Nitratproduktion kompensiert.

Im kleinen Seewoog hingegen steigt die Nitratkonzentration zwischen Mai und Juli sehr stark an, was mit der durch die hohen Temperaturen gestiegenen Enzymaktivität zu erklären wäre. Außerdem ist naheliegend, dass erneut äußere Einträge von Stickstoffverbindungen diesen enormen Anstieg gefördert haben. Im September hat sich die Nitratkonzentration wieder auf ein normales Niveau von 1mg/l gesenkt. Eine Erklärung dafür wäre eine starke Primärproduktion oder anaerobe Prozesse. Letzteres kann aufgrund der guten Sauerstoffversorgung allerdings nahezu ausgeschlossen werden.

Um die Nitritkonzentrationen exakt bestimmen zu können, wurde im November das Photometer in Kombination mit den Reagenzien des Wassertest Labs genutzt. Allerdings hätten neben den Nitritkonzentrationen auch die anderen Parameter bestimmt werden müssen, um für diesen Zeitpunkt eine genauere Aussage über den Stickstoffhaushalt oder allgemein die Wasserqualität treffen zu können.

Im Februar 2021 wurden erneut alle Parameter gemessen. Während die Ammonium- und Nitratkonzentrationen im Vergleich zum September gleich blieben, stieg die Nitritkonzentration im kleinen Seewoog auf 0,16 mg/l an und sank im großen Seewoog auf 0,022 mg/l. Außerdem sollte das Wasser des Zuflusses überprüft werden, um auszuschließen, dass hier ein Eintrag von Stickstoffverbindungen vorliegt. Dies ist zwar unwahrscheinlich, da es sich um Grundwasser und nicht um Oberflächenwasser handeln soll, aber es sollte dennoch aufgrund der hohen Schwankungen überprüft werden. Allerdings war der Zufluss an den jeweiligen Messtagen ausgeschaltet. Daher wurde im Mai Wasser in der Nähe des Zuflusses (s. Anhang, Abb. 2, Nr. 5) entnommen. Die gemessenen Werte unterschieden sich jedoch nicht von den Messwerten im kleinen Seewoog. Es bleibt zu klären, ob es außer dem Grundwasserzufluss noch weitere Einträge in den Seewoog gibt, welchen Einfluss sie nehmen und welche Qualität das Grundwasser hat.

Die Sauerstoffkonzentrationen sind in beiden Seeteilen gleich. Die Messung der Sauerstoffkonzentration mit dem JBL-Koffer ist sehr ungenau, da auf der Farbkarte sehr große Schritte gemacht werden, zum Beispiel von 6mg/l zu 8mg/l. Diese Schritte unterscheiden sich zudem farblich kaum. Im Mai wurde die Sauerstoffkonzentration daher zusätzlich mit einer Elektrode bestimmt. Diese stand allerdings nur an diesem Tag zur Verfügung. Aufgrund der Ungenauigkeiten wäre es sinnvoll für die Sauerstoffkonzentration ebenfalls eine Verdünnungsreihe anzusetzen, um die Farbunterschiede genau festzustellen oder auf eine andere Messmethode zurückzugreifen.

Der pH-Wert schwankt im großen Seewoog zwischen 6,8 und 7,4. Im kleinen Seewoog sinkt der pH-Wert von 7 im März auf 6,4 im Juli, steigt dann im September wieder auf 6,8 und im November auf 7 an. Außerdem wurde der pH-Wert zusätzlich im Mai und Juli mit einer Elektrode gemessen. Die gemessenen Werte unterschieden sich kaum von den mit dem Koffer gemessenen Werten.

Die hohe Nitratkonzentration von 15 mg/l im Juli im kleinen Seewoog könnte der Grund für die Senkung des pH-Wertes auf 6,4 im Juli gewesen sein. Allgemein können die Schwankungen der pH-Werte einerseits an den Bauarbeiten liegen, die während der gesamten Beobachtungszeit am Seewoog stattfanden, und andererseits daran, dass sich die Systeme der beiden Seebereiche, vor allem im kleinen Seewoog nach der Umgestaltung noch nicht richtig eingespielt haben und auch die anderen Stoffkonzentrationen teilweise noch schwanken.

9.1.2 Einordnung in die Trinkwasserrichtlinie

Bis auf den pH-Wert im kleinen Seewoog bei der Messung im Mai, der den Grenzwert von 6,5 unterschritt, entsprechen alle gemessenen Parameter den Trinkwasserrichtlinien der europäischen Union. Da die gemessenen Parameter teilweise noch stark schwanken, sollten sie in Bezug auf die Trinkwasserrichtlinie weiterhin beobachtet werden. Zu beachten ist allerdings, dass die Trinkwasserverordnung noch viele andere Parameter und Grenzwerte zum Beispiel in Bezug auf Schwermetalle, biologische Parameter, Bakterien, usw. beinhaltet. Daher und aufgrund der geringen Anzahl an Messwerten kann der Seewoog an dieser Stelle nicht als Trinkwasser bezeichnet werden, auch wenn die gemessenen Parameter zu den Messzeitpunkten größtenteils mit der Trinkwasserverordnung übereinstimmen.

9.1.3 Einordnung in die Fischgewässerrichtlinie

Da im kleinen Seewoog seit den Baumaßnahmen keine Fische mehr leben, sind vor allem die Werte des großen Seewooges für die Einordnung in die Fischgewässerrichtlinien von Bedeutung. Das Wasser des kleinen Seewoogs fließt jedoch bei zu hohem Wasserstand in den

großen Seewoog, weshalb die Messwerte des kleinen Seewoogs sich nicht zu stark von jenen des großen Seewoogs unterscheiden sollten, damit kein negativer Einfluss auf die Wasserwerte im großen Seewoog besteht. Allerdings legt die Tatsache, dass im großen Seewoog Fische leben (vor den Maßnahmen auch im kleinen Seewoog) nahe, dass die Bedingungen und die restlichen Wasserwerte nicht zu sehr von den Richtlinien abweichen können.

Der Richtwert für Ammonium liegt bei 0,2mg/l. Dieser Wert wird in beiden Seebereichen nur im Mai erreicht und damit zu den anderen Messzeitpunkten eher zu niedrig.

Nitrit ist in höheren Konzentrationen für Fische giftig. Daher sollte die Nitritkonzentration in einem Fischgewässer unter 0,03mg/l bleiben. Dies ist allerdings in beiden Seewoogbereichen nicht dauerhaft der Fall. Im März liegt die Nitritkonzentration in beiden Seebereichen knapp unter dem Richtwert und im Mai darüber. Im kleinen Seewoog bleibt die Nitritkonzentration bis Februar weit über dem Richtwert, während die Nitritkonzentration im großen Seewoog im Juli und im September nochmal mit 0,01mg/l unter den Richtwert sinkt und dann im November wieder über den Richtwert hinaus ansteigt. Im Februar sinkt die Nitritkonzentration auf 0,022 mg/l und befindet sich damit wieder unter dem Richtwert. Da im kleinen Seewoog keine Fische leben, ist die hohe Nitritkonzentration dort weniger problematisch. Außerdem ist zu erkennen, dass das Nitrit, das vom kleinen Seewoog in den großen fließt, diesen nicht stark beeinflusst. Dennoch sollte die Nitritkonzentration in beiden Seen weiterhin beobachtet werden, um im Fall einer Verschlechterung eingreifen zu können. Bei länger anhaltenden hohen Nitritwerten im kleinen Seewoogbereich wäre es z.B. eine Möglichkeit, das Wasser zu kalken und damit dessen Säurekapazität anzuheben. Anschließend sollte die weitere Entwicklung der Nitritwerte genau beobachtet werden, um eventuelle äußere Einflüsse feststellen zu können.

Die Sauerstoffkonzentration sollte in Fischgewässern über 8mg/l liegen, um eine optimale Versorgung zu gewährleisten. Der Grenzwert liegt bei 7mg/l. Da die Messung der Sauerstoffkonzentration mit dem JBL-Koffer im betrachteten Bereich sehr ungenau ist, gerade wenn davon ausgegangen wird, dass eine Konzentration ab 8mg/l ausreichend und unter 7mg/l eher ungenügend für die Fische ist, ist keine genaue Einordnung der Sauerstoffkonzentration möglich, da die tatsächliche Konzentration zu allen Messzeitpunkten irgendwo zwischen 6 und 8mg/l lag. Wenn von den bestimmten Konzentrationen ausgegangen wird, lägen die Sauerstoffkonzentrationen in beiden Seebereichen im März und im September unter dem Grenzwert und wären somit zu gering. Der pH-Wert liegt in beiden Seebereichen während der gesamten Beobachtungszeit zwischen den beiden Grenzwerten 6 und 9.

Alles in allem sind die Wasserwerte des Seewooges für ein Fischgewässer nicht optimal, gerade, weil die Werte noch sehr stark schwanken.

9.2 Ökologisch-biologische Parameter

Die Untersuchungen ergaben einen deutlichen Unterschied in der Artenzusammensetzung zwischen dem kleinen und dem großen Seewoogbereich. Diese Unterschiede lassen sich durch eine Betrachtung des Nahrungsnetzes und der verschiedenen Trophiestufen erklären:

Primärproduzenten sind in dem zu untersuchenden Gewässer die Organismen des Phytoplanktons. Das meiste Zooplankton und einige Wirbellose bilden die Primärkonsumenten. Zooplankton wie manche Ruderfußkrebse, Wirbellose wie Libellenlarven und Büschelmückenlarven, Fische und Frösche bilden Sekundär- und Tertiärkonsumenten. Die gefundenen Vögel sind sowohl Primär-, Sekundär- als auch Tertiärkonsument, da sie sowohl Pflanzen als auch andere Tiere fressen.

Zooplankton, welches zu den Primärkonsumenten gehört, wird in Kleinfiltrierer wie Wimpern- und Rädertiere und Großfiltrierer wie Wasserflöhe und Ruderfußkrebse unterteilt. Letztere sind insgesamt größer, können mehr Phytoplankton fressen und insgesamt mehr Nahrung filtrieren, weshalb sie einen größeren Einfluss auf dieses haben.

Die wesentliche Ursache für die unterschiedliche Entwicklung der beiden Seebereiche besteht in der vollständigen Entfernung der Fische aus dem kleinen Seebereich. Als Tertiärkonsumenten üben sie einen hohen Fraßdruck aus. Sie ernähren sich hauptsächlich von Wirbellosen, wie z.B. Insektenlarven sowie von Wasserflöhen und Ruderfußkrebsen (Großzooplankton), wobei letztere wiederum anderes Zooplankton bevorzugt fressen. Das erklärt den viel zu niedrigen Befund beim Keschern im großen Seebereich. Aufgrund der Fische haben Insektenlarven keine Chance, in diesem Teil des Seewooges aufzuwachsen. Auch die Populationen der Wasserflöhe und Ruderfußkrebse haben keine Möglichkeit sich zu erholen, da sie ebenfalls gefressen werden.

Vor allem aufgrund des fehlenden Großzooplanktons (Primärkonsumenten), gibt es für das Phytoplankton im großen Seewoog kaum Fressfeinde, wodurch sich dieses stark ausbreitet. Das erklärt den hohen Chlorophyll-a-Gehalt und die damit zusammenhängende hohe Anzahl an Phytoplankton, die beim Mikroskopieren gefunden wurde. Hier ernähren sich hauptsächlich Kleinfiltrierer, v.a. Räder- und Wimperntiere, von dem Phytoplankton. Jedoch üben diese zu wenig Fraßdruck auf das Phytoplankton, insbesondere die größeren Algen, aus, um es auf einem geringeren Niveau zu halten. Räder- und Wimperntiere haben wiederum kaum Fressfeinde, da sie zum Großteil von Großzooplankton wie dem Ruderfußkrebs gefressen werden. Manche Fische fressen zudem Frösche und deren Laich, weshalb diese nur in geringer Anzahl

vorkommen. Röhricht spielt in diesem Teil des Seewoogs eine große Rolle, da sich dort Tiere wie Frösche vor Fischen und Vögeln schützen und vermehren können.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Fraßdruck der Tertiärkonsumenten (Fische) so hoch ist, dass Sekundär- und Primärkonsumenten kaum noch vorkommen. Dadurch gibt es fast keine Fressfeinde für Primärproduzenten (Phytoplankton), weshalb sich dieses gut verbreiten kann und in sehr großer Anzahl vorkommt. Dies hat auf die Entwicklung dieses Seebereichs in Richtung einer Eutrophierung einen großen Einfluss. (s. Anhang, Abb. 29)

Im kleinen Teil des Seewooges verhält es sich anders. Da es hier keine Fische gibt, bleibt deren enormer Fraßdruck auf Insekten, Wasserflöhe, Hüpferlinge und Großzooplankton aus. Primärproduzenten werden von Daphnien und Ruderfußkrebse, die in diesem Teil sehr zahlreich vorkommen, und auch von vielen Insektenlarven wie der Eintagsfliegenlarve und der Zuckmückenlarve, gefressen. So bleibt die Anzahl des Phytoplanktons auf einem viel geringeren Niveau, weshalb der Seebereich klarer ist. Die geringe Anzahl von Phytoplankton konnte auch durch die Bestimmung der Konzentration des Chlorophyll-a-Gehalts nachgewiesen werden. Der Wert war hier viel niedriger als im großen Teil. Andere Insektenlarven, z.B. Büschelmückenlarven, ernähren sich wiederum von Großzooplankton. Tertiärkonsumenten sind in diesem Seebereich vor allem Vögel, Amphibien und Wirbellose, wie Libellenlarven. Diese ernähren sich neben Pflanzen von Insekten, deren Larven, Wirbellosen und kleinen Krebstieren. Tertiärkonsumenten des kleinen Seewoogbereiches üben insgesamt weniger Fraßdruck auf Sekundärkonsumenten aus als im großen Bereich. Vor allem Vögel, die ebenfalls im großen Teil des Seewooges leben können, bevorzugen den kleinen Teil, da dieser viel mehr Nahrung bereitstellt. Auch Frösche konnten in größerer Anzahl festgestellt werden. Diese werden hier nicht von Fischen gefressen. Deren Laich wird allerdings von allen Vogelarten, die gefunden wurden, gefressen, was ein zu großes Wachstum der Population verhindert.

Die Tertiärkonsumenten verhindern eine zu starke Vermehrung der Sekundär- und Primärkonsumenten, welche wiederum verhindern, dass Primärproduzenten sich zu stark ausbreiten. In diesem Seebereich befinden sich die einzelnen Trophiestufen in einem Gleichgewicht. (s. Anhang, Abb. 30)

10. Zusammenfassung

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Maßnahmen am kleinen Seewoog sehr gute Ergebnisse erzielt haben. Auch wenn sich die Gesamtanzahl an verschiedenen Arten, die bei den Untersuchungen bestimmt wurden, nicht stark voneinander unterscheidet, gibt es große Unterschiede im Hinblick auf das Artenspektrum. So ist dies beim Phytoplankton im großen Teil des Seewoogs weitaus höher. Insekten und deren Larven wurden dafür fast ausschließlich

im kleinen Teil gefunden. Wie oben erwähnt, sind Insekten eine wichtige Tiergruppe, deren Artenvielfalt bedroht ist. Deshalb ist es so wichtig, Lebensräume zu schaffen, in denen diese leben und überleben können. Im kleinen Teil des Seewoogs ist dies gelungen. Die Ergebnisse und Nahrungsnetze (s. Anhang, Abb. 29 & 30) lassen darauf schließen, dass das Aussetzen der Fische und das Abtrennen der beiden Seebereiche die größten Veränderungen hervorbrachten. Diese Maßnahmen sind dafür verantwortlich, dass sich der kleine Teil des Seewoogs in eine ganz andere Richtung entwickeln kann. Die Eutrophierung schreitet im großen Teil weiter voran, während sich diese im kleinen Teil sogar zurückentwickelt hat. Der große Teil muss unbedingt weiter überwacht werden, um ein Umkippen des Sees frühzeitig verhindern zu können. Möchte man die Artenvielfalt, vor allem die der Insekten, auch im großen Teil schützen und wiederaufbauen und der Eutrophierung entgegenwirken, kann überlegt werden, ob die Fische auch im großen Teil des Seewoogs entfernt werden. Allerdings sind gerade die Abwechslung und die Unterschiede der beiden Seebereiche, die Besucher vor Ort erkennen können, sehr interessant und die großen Koi-Fische sicher ein Erlebnis für viele. Auch diese Arten sollten Besuchern erhalten bleiben. Deshalb müssen mögliche weitere Schritte sorgfältig abgewogen werden.

Die Untersuchungen am Seewoog waren nicht immer einfach. Die Messungen mit dem JBL-Messkoffer waren gut geeignet, um einen ersten Eindruck über die Werte zu erhalten. Allerdings sind dessen Ergebnisse zu ungenau, um kleinere Schwankungen der Werte erkennen zu können. Deshalb wäre es vorteilhaft, die chemisch-physikalischen Parameter durch andere Methoden genauer zu bestimmen, um kleinere Schwankungen erkennen zu können. Dadurch wären die Ergebnisse besser zu interpretieren. Auch müssten die Werte über einen noch längeren Zeitraum häufiger ermittelt werden, da große Schwankungen festgestellt werden konnten. Außerdem sollte, wie schon erwähnt, das Wasser des Zuflusses überprüft werden, um auszuschließen, dass ein Eintrag von Stickstoffverbindungen vorliegt.

Messungenauigkeiten gab es mit Sicherheit auch bei dem Bestimmen der Parameter zur Ermittlung der Konzentration des Chlorophyll-a-Gehalts. Das Photometer, das genutzt wurde, erbrachte weniger exakte Werte als das Photometer der TU Kaiserslautern. Obwohl so nicht der genaue Wert ermittelt werden konnte, konnten die Werte des desklab-Photometers trotzdem verwendet werden, da die Einteilung in einen Trophiegrad durch diese Parameter durch eine bestimmte Spanne der Werte erfolgt. Vor allem die Phosphorwerte konnten mit dem zur Verfügung stehenden Material nicht genau genug bestimmt werden, um diese einem konkreten Trophiegrad zuzuordnen. Stattdessen konnte hier nur ein Bereich festgelegt werden. Für weitere

und genauere Untersuchungen müsste dieser Wert circa einmal pro Quartal in der Universität untersucht werden. So könnte der genaue Wert ermittelt werden und Schwankungen in den Jahreszeiten entdeckt werden, für die zu ungenaue Messwerte ermittelt wurden. Damit könnte auch dieser Parameter besser zur Bestimmung des Trophiegrades beitragen. Zudem sollten zu dessen Bestimmung die Jahresdurchschnittswerte genutzt werden. Dafür wurden diese Untersuchungen jedoch über einen zu kurzen Zeitraum durchgeführt. Um genauere Ergebnisse erzielen zu können, müssten die Parameter über ein ganzes Jahr hinweg untersucht werden.

Wenige Probleme zeigten sich bei der Ermittlung der Wirbellosen, wohingegen sich beim Plankton einige Schwierigkeiten ergaben. Dadurch, dass hier ein Mikroskop genutzt werden muss, zeigt sich immer nur ein sehr kleiner Ausschnitt des Präparats. Viele der Planktonarten können sich zudem fortbewegen, weshalb sie sehr schnell aus dem kleinen Ausschnitt, der sichtbar ist, herausschwimmen. In dieser kurzen Zeit ist es teilweise schwer, die Art zu bestimmen und Fotos zur Dokumentation zu machen. Deshalb konnten sicherlich nicht alle Arten erfasst werden, die in dem See vorkommen. Trotzdem konnte durch die Untersuchung insgesamt eine Übersicht über die Arten und die ungefähre Anzahl, in der sie vorkommen, gewonnen werden. Auch die Bestimmung der Amphibien, vor allem die der Frösche, war eine Herausforderung. Bei zu schnellen Bewegungen oder zu lauten Geräuschen springen die Frösche vom Ufer in das Wasser und schwimmen weg, bevor man diese bestimmen kann. Auch deshalb sind sicherlich nicht alle Frösche erfasst worden. In beiden Fällen ist Erfahrung das beste Mittel, um diese Fehlerquellen zu vermindern. Die unterschiedlichen Arten müssen besser und schneller erkannt werden, sodass nicht so viel Zeit benötigt wird, diese zu bestimmen. Das zeigte sich bereits im Verlauf dieser Arbeit, denn die Untersuchungen liefen immer besser und sicherer. Trotzdem wird auch hier mehr Erfahrung benötigt, um mehr Ergebnisse erzielen zu können.

Was mit dieser Arbeit also gezeigt werden kann, ist, dass kleine Maßnahmen zum Erhalt der Artenvielfalt eine deutliche Veränderung bewirken können. Ein Projekt wie das am Seewoog in Ramstein-Miesenbach kann also tatsächlich dazu beitragen, die Artenvielfalt zu schützen und zu fördern.

Ziel unserer Arbeit war neben der wissenschaftlichen Untersuchung der Gewässerqualität und der Artenvielfalt auch, Aufmerksamkeit auf das Projekt und die dem Projekt zugrunde liegenden ökologischen Probleme zu lenken. Im Laufe unseres Arbeitsprozesses wurde immer deutlicher, dass wir mit den Erkenntnissen, die wir sammelten, in einem möglichst großen Rahmen an die Öffentlichkeit treten wollten. So stellten wir unsere Arbeit anfangs

beispielsweise unserem Biologie-Kurs vor. Zudem war geplant, mit dem Kurs eine Exkursion zum Seewoog zu unternehmen und gemeinsam Messungen durchzuführen, um ihnen das naturnahe Gestaltungsprojekt und insbesondere dessen positive Auswirkungen auf die Artenvielfalt vorzustellen. Das war aufgrund der damaligen Situation leider nicht möglich.

Darüber hinaus wurde im Anschluss an unsere Teilnahme am Jugend Forscht Regionalwettbewerb in verschiedenen örtlichen Zeitungen und der Rheinpfalz über unser Projekt berichtet. Das führte dazu, dass unsere Arbeit einer breiteren Öffentlichkeit bekannt wurde und wir somit Aufmerksamkeit auf das Thema lenken konnten. Der NABU Weilerbach zeigte infolgedessen ein besonders großes Interesse an unserem Projekt, sodass wir zu einem Vortrag vor der Mitgliederversammlung eingeladen wurden. Dieser Vortrag fand am 19.03.21 statt und informierte die bereits an Artenschutz interessierten Vereinsmitglieder über den Erfolg der am Seewoog durchgeführten Maßnahmen.

Zusätzlich veranstaltete das pädagogische Landesinstitut am 24.06.21 eine Lehrerfortbildung in Landau, zu der wir ebenfalls eingeladen wurden. Dort vermittelten wir vor allem die Methodik, mit der wir den Seewoog in Ramstein-Miesenbach untersuchen konnten, die aber auch dazu geeignet ist, mit Schulklassen Seen und andere Gewässer zu erforschen. So bestärkten wir Lehrkräfte darin, Schülerinnen und Schüler durch praktisches Arbeiten an das Ökosystem See und die Problematik rund ums Artensterben heranzuführen.

Im Rahmen des Wandertages im Sommer 2021 betreuten wir eine Klasse unseres Gymnasiums auf ihrer Exkursion zum Seewoog. Dort konnten die Schülerinnen und Schüler die zwei Bereiche selbstständig in Gruppen auf verschiedene Aspekte der Artenvielfalt und Gewässerqualität hin untersuchen. Die Ergebnisse wurden vor der Klasse vorgestellt und anschließend mit unserer Unterstützung interpretiert und diskutiert.

Außerdem bekamen wir die Möglichkeit, unsere Arbeit in den Biologie-Leistungskursen nachfolgender Jahrgänge erneut zu präsentieren. Dort bemühten wir uns auch darum, Nachfolger für unser Projekt zu finden, da wir dieses aufgrund des Beginns unseres Studiums nicht mehr weiterführen können. Damit waren wir glücklicherweise erfolgreich.

Des Weiteren werden momentan an unserer Schule im Rahmen einer Facharbeit Schilder für einen Lehrpfad am Seewoog entwickelt. Diese sollen zum einen über den Zusammenhang zwischen übermäßiger Fütterung und der Stickstoffbelastung und zu anderen über den Einfluss von Neozoen auf das Ökosystem aufklären.

In der Zwischenzeit wurden zudem von einer Schulklasse erneut erhöhte Nitritwerte gemessen. Daher erscheint es sinnvoll, das Projekt weiterzuführen und unter anderem dieser Frage nachzugehen. Ein Grund für die hohen Nitritkonzentrationen könnten fehlende Nitrifizierer sein, die während den Maßnahmen mit den Schlammschichten abgetragen wurden. Deshalb ist beispielsweise vorstellbar, Bodenproben in beiden Seebereichen und angrenzenden Flächen zu entnehmen und die enthaltenen Bakterienkulturen zu untersuchen. Zusätzlich kann versucht werden, einen zeitlichen Zusammenhang zwischen der Düngung umliegender Flächen und erhöhter chemischer Parameter herzustellen.

11. Nachwort

Die vorliegende Arbeit soll zu einem größeren Verständnis für die Bedeutung der Artenvielfalt beitragen. Eines der höchsten Ziele muss die Erhaltung bzw. Wiederherstellung von Lebensräumen sein, um so die Artenvielfalt zu stärken. Geschieht dies nicht, werden wir immer mehr Arten verlieren, wie es in den letzten Jahrzehnten schon der Fall ist. Wir haben das Glück, dass es so unfassbar viele Arten gibt, dass wir den Schwund der Arten bis jetzt in noch keinem großen Ausmaß spüren müssen. Zudem leben wir in einem Teil der Erde, in dem wir die Auswirkungen des Artenschwunds und des Klimawandels erst relativ spät als Problem wahrnehmen. Es ist aber dennoch allgegenwärtig und auch wir werden in einigen Jahren die Folgen zu spüren bekommen, wenn wir nicht jetzt das Bewusstsein dafür entwickeln, wie wichtig es ist auf unsere Umwelt zu achten. An diesem Projekt lässt sich erkennen, wie mit lokalen und vergleichsweise kleinen Maßnahmen große Wirkungen erzielt werden können. Im Hinblick auf die chemisch-physikalischen Wasserwerte konnte zwar noch keine besonders positive Entwicklung festgestellt werden, allerdings ist zu vermuten, dass sich diese erst im weiteren Verlauf der Zeit entwickeln. Neue Lebensräume für Insekten, Amphibien und Vögel sind entstanden, was insgesamt zu einem breiteren Artenspektrum am See führte. Einen Eindruck hiervon kann man bereits gewinnen, wenn man bei einem Besuch des Seewoogs die zahlreichen wunderschönen Libellen beobachtet. Mit diesem Projekt hat die Stadt Ramstein-Miesenbach erfolgreich eine Balance zwischen einem stark besuchten Naherholungsgebiet und einer naturnahen Schutzzone geschaffen. Den Besuchern ist es trotz des geschützten Bereichs noch möglich, den See aus nächster Nähe zu erkunden. Wichtig ist, dass die Stadt Ramstein-Miesenbach auf Dauer gewährleistet, dass der kleine Teil des Seewoogs als Lebensraum für möglichst viele Tier- und Pflanzenarten erhalten bleibt. Dieses Projekt soll zudem dazu inspirieren, selbst durch kleine Umstellungen im Alltag und im Freizeitverhalten auf die Umwelt zu achten und zum Erhalt der Artenvielfalt beizutragen.

12. Zusammenfassung der Weiterentwicklung

Um das Bewusstsein für die Problematik rund um das Artensterben zu stärken, traten wir im vergangenen Jahr mit unseren Ergebnissen vermehrt an die Öffentlichkeit. Neben den verschiedenen Berichten in der Lokalzeitung, hielten wir mehrere Vorträge vor Schulklassen, Lehrern und einem Naturschutzverein. Des Weiteren bemühten wir uns um engagierte Nachfolger, die das Projekt in den nächsten Jahren weiter betreuen.

13. Literatur- und Quellenverzeichnis

Literatur:

- [1] Dr. Bernd, Christoph, *Grunderfassung des Arteninventars (Fauna) und Optimierungskonzept zur ökologischen Aufwertung des Parkgewässers Seewoog im gleichnamigen Naherholungsgebiet bei Miesenbach-Gutachten im Auftrag der Stadt und Verbandsgemeinde Ramstein-Miesenbach*, RLP, Büro für Freilandforschung, 2017
- [2] Dr. Ebel, Matthias, Erdmann, Andrea, Erdmann, Ulf, Dr. Müller, Ole, Dr. Heichl, Joachim, *Grüne Reihe Ökologie*. Braunschweig: Schroedel Verlag GmbH, 2013
- [3] LF-Plan, *Bebauungsplan „Naherholungsgebiet Seewoog“*. Rodenbach: LF-Plan 2017
- [4] Maniak, Ulrich, *Hydrologie und Wasserwirtschaft – Eine Einführung für Ingenieure*. Berlin: Springer-Verlag 2016, S. 633-635; 636-641
- [5] Prof. Dr. Klee, Otto, *Wasser untersuchen*. Heidelberg Wiesbaden: Quelle & Meyer Verlag, 1990, S. 42; 56; 57; 75; 172-173
- [6] Prof. Dr. Ludwig, Herbert W., *Tiere unserer Gewässer: Merkmale, Biologie, Lebensraum, Gefährdung*. München; Wien; Zürich: BLV Verlagsgesellschaft mbH, 1989
- [7] Zerbe, Stefan, Wiegleb, Gerhard, *Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2009, S. 125-126

Internetquellen:

- [8] Biologie-Seite: „Teich“ URL: <https://www.biologie-seite.de/Biologie/Teich#:~:text=Die%20in%20einem%20Teich%20lebenden%20Pflanzen%20und%20Tiere,und%20st%C3%B6ranf%C3%A4hig,%20weshalb%20eine%20regelm%C3%A4%C3%9Fige%20Reinigung%20notwendig%20ist>. [Stand 13.03.2021]
- [9] Bundeszentrale für politische Bildung: „Artenvielfalt: Bedeutung und Begriffserklärung“. URL: <https://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/dossier-umwelt/61283/bedeutung?p=1> [Stand 15.04.2020]
- [10] Caspar A. Hallmann, Martin Sorg, Eelke Jongejans, Henk Siepel, Nick Hofland, Heinz Schwan, Werner Stenmans, Andreas Müller, Hubert Sumser, Thomas Hörrn, Dave Goulson, Hans de Kroon (2017): „More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas“. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0185809> [Stand: 19.12.2020]
- [11] Chemie: “Chemisches Gleichgewicht“ URL: https://www.chemie.de/lexikon/Chemisches_Gleichgewicht.html [Stand 07.06.2020]
- [12] Das europäische Parlament Rat der Europäischen Union (2006): „Richtlinie 2006/44/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom September 2006 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- oder verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten“. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:264:0020:0031:DE:PDF> [Stand 08.06.2020]
- [13] Der Rat der europäischen Union (1998): „Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch“. URL: <https://eur->

lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:de:PDF [Stand 08.06.2020]

- [14] Der Rat der Europäischen Union (2018): „Anhänge des Vorschlags für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Neufassung)“. URL: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-5846-2018-ADD-1/de/pdf> [Stand 08.06.2020]
- [15] Greenpeace: „Biodiversität und Artenvielfalt“. URL: <https://www.greenpeace.de/themen/artenvielfalt> [Stand 16.04.2020]
- [16] Jochen Zielke: „Insektensterben“. URL: <https://www.planet-wissen.de/natur/umwelt/artensterben/insektensterben-122.html> [Stand 25.05.2020]
- [17] Justus, Elina: „Die häufigsten Planktonorganismen im Seewoog“. URL: https://reichswald-gymnasium.de/fileadmin/user_upload/FotosFachbereiche/Biologie/Projekt_Seewoog/05Erarb2/6-7/M19_-_Planktonuebersicht.pdf [Stand 07.06.2020]
- [18] Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau: „Unterer und Mittlerer Buntsandstein“ URL: <https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/hydrogeologie/buntsandstein/hydrogeologischer-ueberblick/unterer-mittlerer-buntsandstein> [Stand 08.06.2020]
- [19] Lill, Alexandra: „20 inspirierende Zitate zum Thema Mensch und Natur“. URL: <https://www.hof-eulengrund.de/zitatenatur/> [Stand 15.04.2020]
- [20] Schumann: „Gesamtphosphorgehalt in einer Wasserprobe“. URL: https://www.bsz.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Bio_Zingt/Dokumente/Lehrmaterial/An_TP.pdf [Stand 15.04.2020]
- [21] Spektrum: „Eutrophierung“ URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/eutrophierung/3958> [Stand 08.06.2020]
- [22] Wikipedia: „Biodiversität“. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Biodiversität> [Stand 16.04.2020]
- [23] Wikipedia: „Cyprinidengewässer“ URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Cyprinidengewässer> [Stand 07.06.2020]
- [24] Wikipedia: „Kohlensäure“ URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlensäure> [Stand 07.06.2020]
- [25] Wikipedia: „Salmonidengewässer“ URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Salmonidengewässer> [Stand 07.06.2020]
- [26] Zeit online: „Eine Millionen Arten sind vorm Aussterben bedroht“. URL: <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2019-05/artenvielfalt-kernaussagen-welt-bericht-paris-weltbiodiversitaetsrat-artensterben> [Stand 28.05.2020]

Graphiken:

- [27] <https://earth.google.com/web/@49.45884598,7.56685862,240.74280131a,478.99415548d,35y,0h,0t,0r> [Stand 05.06.2020]

14. Unterstützung

An dieser Stelle möchten wir uns bei all denjenigen bedanken, die uns während der Untersuchung des Seewooges und der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt und motiviert haben.

Ein besonderer Dank gilt Frau Esther Sternheim und Frau Annerose Molitor-Schworm, die uns als Projektbetreuer über den gesamten Zeitraum hinweg mit viel Interesse, Geduld und Hilfsbereitschaft zur Seite gestanden haben. Vor allem für die zahlreichen Anregungen und die konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit möchten wir uns herzlich bedanken.

Unser Dank gebührt außerdem Herrn Dr. Christoph Bernd, der für die Maßnahme der naturnahen Gestaltung des Seewooges verantwortlich ist und unser Vorhaben stets unterstützt hat. Mit viel Hilfsbereitschaft erklärte er sich dazu bereit, uns die Maßnahmen persönlich vorzustellen und uns immer wieder in schwierigen Fällen bei der Artenbestimmung zu helfen.

Ebenso bedanken wir uns bei Herrn Prof. Dr. Thorsten Stoeck und bei Herrn Hans-Werner Breiner von der Technischen Universität Kaiserslautern, die uns durch Bereitstellung von Geräten und Räumlichkeiten, aber auch durch Interesse und Rat, unterstützt haben.

Zudem möchten wir uns bei Frau Elina Justus bedanken, die selbst im Rahmen Ihrer Masterarbeit Untersuchungen am Seewoog angestellt hat und uns bei unserem Projekt mit Ihren Erfahrungen sehr geholfen hat. Von Frau Justus haben wir gelernt, wie man Messergebnisse strukturiert festhält. Dafür und für die vielfältige engagierte Unterstützung bedanken wir uns herzlich.

Paula Distler, Antonia Niklasch und Patricia Diehl,

Ramstein-Miesenbach, den 13.03.2022