

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung</b> .....	<b>3</b>
1.1 Inhalt und Ziel der Arbeit .....	3
1.2 Persönliches Interesse .....	3
1.3 Vorgehen.....	3
1.4 Abgrenzung des Themas.....	3
1.5 Die Wandermuschel ( <i>Dreissena polymorpha</i> ).....	4
1.5.1 Systematik .....	4
1.5.2 Aussehen .....	4
1.5.3 Ausbreitung und Herkunft.....	5
1.5.4 Verbreitung im Bodensee .....	5
1.5.5 Lebensweise .....	6
1.5.6 Ansiedlung .....	8
1.5.7 Anheftung .....	8
1.5.8 Die Wandermuschel als Teil des Neozoen.....	9
1.5.9 Vorteile und Nachteile .....	9
<b>2. Methode und Material</b> .....	<b>11</b>
2.1 Ansiedlungsversuch.....	11
2.1.1 Verwendete Substrate .....	11
2.1.2 Vorbereitungen. ....	12
2.1.3 Versenken der Platten .....	13
2.1.4 Kontrolle der Platten .....	13
2.1.5 Herausnehmen der Platten .....	13
2.1.6 Auswertung der Platten .....	14
2.2 Wiederbesiedlungsversuch .....	14
2.3 Versuchsort: Tauchplatz Uhlandbucht .....	14
2.4 Beobachtungen .....	15
2.5 Tauchen und Tauchausrüstung .....	16

<b>3. Methode und Material</b> .....	<b>17</b>
3.1 Ansiedlungsexperiment .....	17
3.1.1 <i>Auszählung der Muscheln</i> .....	18
3.1.2 <i>Grössenvergleich der Muscheln anhand von Gewicht und Anzahl.</i> .....	19
3.2 Wiederbesiedlungsexperiment.....	19
3.3 Beobachtungen .....	20
3.3.1 <i>Kleine, künstliche Substrate</i> .....	20
3.3.2 <i>Grosse, künstliche Substrate</i> .....	20
3.3.3 <i>Natürliche Substrate</i> .....	20
<b>4. Diskussion</b> .....	<b>21</b>
4.1 Beobachtungen in der Ansiedlungsphase .....	21
4.2 Ansiedlungsversuch.....	22
4.2.1 <i>Besiedlungsart</i> .....	22
4.2.2 <i>Anzahl der Wandermuscheln auf verschiedenen Materialien</i> .....	22
4.2.3 <i>Ansätze zur Erklärung der unterschiedlichen Besiedlung</i> .....	23
4.2.4 <i>Grösse der Muscheln im Vergleich anhand des Gewichts</i> .....	23
4.2.5 <i>Vergleichsexperimente</i> .....	24
4.3 Die Wiederbesiedlung der Wandermuschel .....	24
4.4 Anregungen für weitere Arbeiten und Ausblick.....	24
<b>5. Fehlerdiskussion</b> .....	<b>25</b>
5.1 Allgemeine Fehlerquellen.....	25
5.2 Fehlerquellen der Experimente.....	25
<b>6. Schlusswort</b> .....	<b>26</b>
<b>7. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>27</b>
<b>8. Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>30</b>
<b>9. Anhang</b> .....	<b>32</b>

# 1. Einführung

## 1.1 Inhalt und Ziel der Arbeit

Im Bodensee und in beinahe allen langsam fliessenden Gewässer der Schweiz, siedelt seit einigen Jahren eine eingeschleppte Muschel. Die *Dreissena polymorpha*; die Wandermuschel. Sie scheint sich sehr schnell verbreitet zu haben und verdrängt viele einheimische Arten [SCHWEIZ AKTUELL]. Das Ziel meiner Arbeit besteht darin, einen Überblick über die Wandermuschel zu bekommen und zu geben. Ganz besonders wird die Besiedlung dieser Muschel untersucht. Erkenntnisse über Geschwindigkeit, Verbreitung und Art der Muschelbesiedlung im Bodensee an verschiedenen Substraten werden gezeigt. Vorteile und Nachteile dieser Muschelbesiedlung werden angesprochen und erläutert. Des Weiteren soll die Arbeit eine Basis für weitere Forschungen auf diesem Gebiet bieten.

## 1.2 Persönliches Interesse

Auf die Idee für meine Maturaarbeit kam ich durch meine Leidenschaft zum Tauchen. Im Jahr 2010 habe ich angefangen in einer Tauchschule mitzuarbeiten und habe dadurch tauchen gelernt. Mittlerweile betreibe ich dieses Hobby seit 2 Jahren und habe über 190 Tauchgänge absolviert. Grösstenteils tauche ich im Bodensee, wobei ich auf das Subjekt meiner Arbeit gestossen bin. Im Bodensee findet man nicht annähernd eine derartig ausgeprägte Fauna und Flora, wie im Meer an den Korallenriffen. Deshalb achtet man verstärkt auf kleinere Dinge und beschäftigt sich näher mit den einzelnen Arten. So fielen mir bei zahlreichen Tauchgängen kleine, dreikantige Muscheln ins Auge, welche fast überall und in grosser Anzahl zu finden waren. Ganz besonders fiel mir die eigenartige und invasive<sup>1</sup> bzw. aggressive Besiedlung ins Auge.

## 1.3 Vorgehen

Um mir einen Überblick über das Thema zu verschaffen, fanden Gespräche mit meinem Tauchlehrer Christoph Zingg und einem Freund Dario Josi, der Meeresbiologie studiert, statt. Sie halfen mir die Möglichkeiten für Experimente zu finden und standen mir stets mit Rat und Tat zur Seite. Weitere Gespräche fanden mit Frau Dr. Helen Thoma, meiner Betreuerin statt, die mich bei Unklarheiten aufklärte und mich während der Arbeit unterstützte. Die Literatur stammte aus der Universitätsbibliothek in Zürich und aus diversen Internetquellen.

## 1.4 Abgrenzung des Themas

In meiner Maturaarbeit untersuchte ich die Besiedlung der Wandermuschel im Bodensee. Dabei musste ich mich auf einen Tauchplatz beschränken (siehe Methoden), da eine Untersuchung eines ganzen Gebiets viel zu zeitaufwändig und zu umfassend gewesen wäre. Die Untersuchung beleuchtet zudem nicht alle Aspekte, welche in der Besiedlung der Muschel eine Rolle spielen könnten. Genauer wird in der Fehlerdiskussion ausgeführt.

---

<sup>1</sup> invasive Besiedlung: sehr schnell, ohne Rücksicht auf andere Arten, sehr konkurrenzstark.

## 1.5 Die Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*)

### 1.5.1 Systematik

**Stamm** Weichtiere (Mollusca)

**Klasse** Muscheln ( Bivalvia)

**Ordnung** Heterodonta

**Überfamilie** Dreissenoida

**Familie** Dreikantmuschel (Dreissenidea)

**Gattung** *Dreissena*

**Art** *Dreissena polymorpha* [WIKIPEDIA]

### 1.5.2 Aussehen

Die Wandermuschel (lat. *Dreissena polymorpha*), wird auch als Dreiecks-, Dreikant oder Zebramuschel bezeichnet. Die verschiedenen Namen beschreiben sehr treffend das Aussehen der Wandermuschel. Der lateinische Ausdruck „*Dreissena*“ bezeichnet dabei nur die Gattung. Das Wort „*polymorpha*“ trägt auch lateinischen und griechischen Ursprung, welches auf die Vielgestaltigkeit der Schale hindeutet. Die Muschelschale ist gelblich und schwarz-braun gestreift, teilweise gezackt. Auch die Form der Muschel wird bereits im Namen erklärt [Fenske, C. 2003]; die Dreiecksmuschel hat eine dreieckige Schalenform und ist zwischen 25mm und 40mm lang und zwischen 17 und 20mm hoch [Wikipedia]. In Abb. 1.1 ist eine Dreiecksmuschel gezeigt, auf der die Form und Farbe der Muschel sehr gut zu erkennen ist. Die Muschelschale ist im Vergleich zu anderen Muschelarten besonders dick, was sie



Abb. 1.1: *Dreissena polymorpha*

resistenter macht. Ausserdem besitzt die Wandermuschel sogenannte Byssusdrüsen<sup>2</sup> an der Schalenöffnung, mit der sie Byssusfäden zum Anhaften an festen Substraten produzieren kann [Fenske, C. 2003]. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird häufig von der „Muschel“ gesprochen. Dies bezieht sich, wenn keine weiteren Anmerkungen vorhanden sind, auf die genannte Wandermuschel.

<sup>2</sup> Byssus: sogenannte Muschelseide, ein Sekret, das einige Muschelarten zur Befestigung an Substraten verwenden [WIKIPEDIA].

### 1.5.3 Ausbreitung und Herkunft

Die Wandermuschel wird oft mit dem Begriff „Neozoen“ in Verbindung gebracht. (siehe Neozoen) Ursprünglich stammt die Wandermuschel aus der Region um das Kaspische und Schwarze Meer [Erwin, J]. Das heisst die Muschel ist in Europa und Amerika nicht heimisch. Allerdings gibt es Erkenntnisse darüber, dass sie im Tertiär<sup>3</sup> auch in Teilen Europas verbreitet war [Meisenheimer, J.1901] und während den Eiszeiten im Quartär<sup>4</sup> nur im Kaspischen und Schwarzen Meer überlebten. Innerhalb von 100 Jahren gelangte die Wandermuschel, mittels Schifffahrt nach Europa und besiedelte die Gewässer explosionsartig. Gelangt die Muschel in einen See, dauert es oft nur zwei bis drei Jahre bis sie sich festgesetzt hat[Wikipedia]. Auch in Nordamerika tauchte sie 1985 aufgrund des transatlantischen Schiffsverkehrs auf. Und ist heute auch in den „Grossen Seen“ verbreitet [Ellen Marsden, J. 1992].

### 1.5.4 Verbreitung im Bodensee

Erstmals nachgewiesen wurde die Wandermuschel im Bodensee im Jahre 1969. Wie in den meisten Gewässern, in denen die Wandermuschel auftauchte, vermehrte sich die Muschel auch im Bodensee explosionsartig. Jedoch nahm die Population der Muschel in den letzten 10 Jahren stetig ab. Dies hängt vermutlich mit der steigenden Population der Wasservögel zusammen, welche die eiweisshaltigen Muscheln als Nahrung brauchen. In den Monaten Dezember, Januar und Februar wird ein Grossteil der Population der Dreikantmuschel im Bodensee aufgefressen. Tiefer als 8m (maximale Tauchtiefe der Wasservögel) finden sich dennoch eine grosse Anzahl an Individuen [Anebo]. In den Abbildungen 1.2 und 1.3 wird die Verbreitung der *Dreissena polymorpha* vor und nach dem Winter 2011 rund um den Bodensee aufgezeigt.

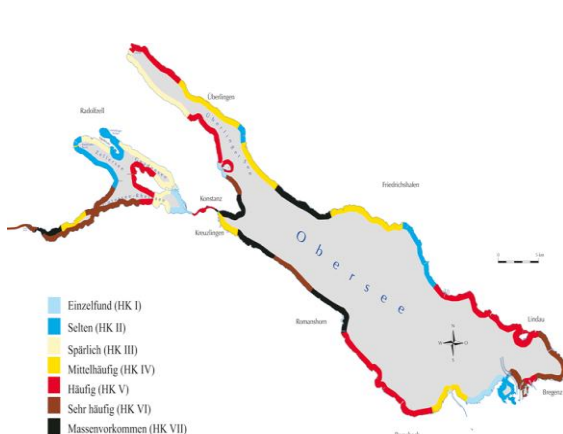


Abb. 1.2: Herbst 2011

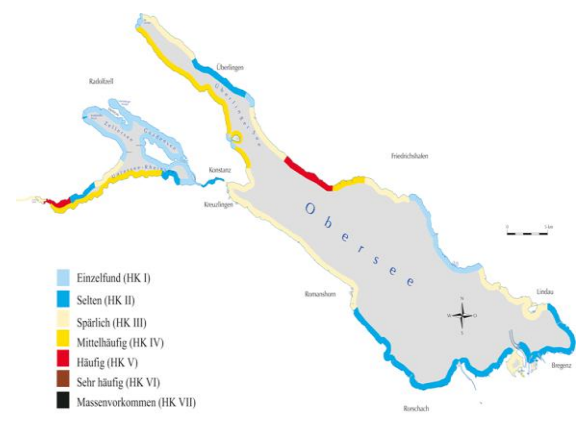


Abb. 1.3: Frühjahr 2012

Abb. 1.2/1.3: Verbreitung der *Dreissena polymorpha* im Bodensee

<sup>3</sup> Tertiär: Erdzeitalter, Beginn vor 65 Mio. Jahren; Ende vor 2.6 Mio. Jahren. [WIKIPEDIA]

<sup>4</sup> Quartär: Erdzeitalter, Beginn vor 2.6 Mio. Jahren; dauert bis heute an. [WIKIPEDIA]

### 1.5.5 Lebensweise

Die Wandermuschel siedelt hauptsächlich in Seen oder langsam fließenden Gewässern. Sie haftet sich mittels Byssusfäden, welche in den Byssusdrüsen produziert werden, an festen Substraten, sogenannten Hartsubstraten, an. Steine, Holz, Metalle, Plastik und sogar andere Muscheln bieten dazu eine geeignete Unterlage [Fenske 2003]. Auf der Abbildung 1.4 sieht man ein Beispiel der Besiedlung mehrerer Individuen der Wandermuschel auf einem Stein. Die Muscheln siedeln sowohl auf dem Stein als Hartsubstrat, als auch auf anderen Muschelschalen ihrer Artgenossen, welche eine ebenso geeignete Unterlage bilden. Das Bild stammt aus dem Bodensee.



Abb. 1.4: Mehrere Wandermuscheln auf einem Stein angesiedelt

Die Muschel wird im Bodensee zwischen 5-6 Jahre alt [Walz, N. 1975]. Allerdings gibt es auch Fälle bei denen Muscheln gefunden wurden, welche das 9. Lebensalter erreicht hatten. Gemessen wird dies, ähnlich wie bei Bäumen, an einer Art Jahresringe, welche sich auf der Muschelschale abzeichnen [Schulz, N. 1980].

Die Muschel kann sich während des ganzen Jahres fortpflanzen. Dazu ist eine Wassertemperatur zwischen 12-14°C ideal [Anebo]. Daraus folgt, dass sich die Muschel in weniger grossen Tiefen, hauptsächlich im Winter fortpflanzt. Dies könnte erklären, warum der gewachsene Vogelbestand, den Bestand der Wandermuschel zurückgehen lässt (siehe „Verbreitung im Bodensee“). Denn sie werden schon im Larvenstadium gefressen. Die Muscheln sind getrenntgeschlechtlich, d.h. es gibt einen Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Individuen. Äusserlich unterscheiden sich diese kaum. Bei günstigen Bedingungen<sup>5</sup> werden die Eizellen und Spermien ins Wasser abgegeben. Sie vereinen sich im Wasser zu einer Zygote, aus welchem sich dann eine Larve entwickelt. Dabei unterscheidet man drei Larvenstadien. Trochophora-Larve, Veliconcha und Pediveliger. Nach etwa 5-6 Wochen suchen sich die kleinen Muscheln, welche nun über eine kleine Schale verfügen, ein Hartsubstrat und heften sich mittels der Byssusfäden an.

<sup>5</sup> Günstige Bedingungen hängen von Temperatur, Licht, pH-Wert, Tiefe und Sauerstoffgehalt des Wassers ab [Fenske, C 2003].

Im zweiten Lebensjahr werden die Muscheln geschlechtsreif, man bezeichnet sie als adult [Fenske, C. 2003]. Dieser Lebenszyklus ist auf der Abbildung 1.5 dargestellt. Die Abbildung 1.5 veranschaulicht die Entwicklung der *Dreissena polymorpha* von der Zygote bis zum adulten Stadium.

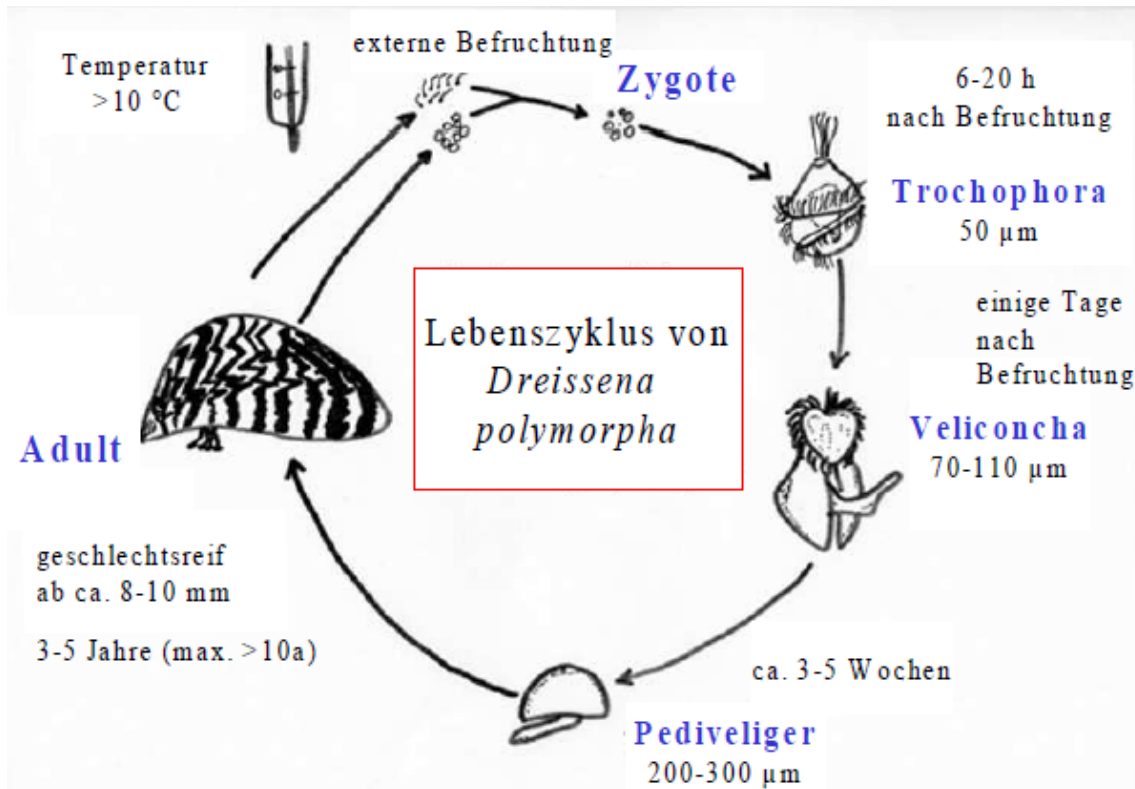


Abb. 1.5: Lebenszyklus von *Dreissena polymorpha*

Die Muscheln finden sich meist in einer Tiefe von 1-30 m. In tieferen Bereichen lassen sich ähnliche Muscheln finden, welche auch dem Neozoen (siehe Neozoen) angehören. Die Quagga-Dreiecksmuschel. Sie befindet sich in einer beginnenden Ausbreitung und siedelt sehr invasiv [Wikipedia]. Die Wandermuschel ist sehr robust und anpassungsfähig. Dies führt auch zur überdurchschnittlich schnellen Besiedlung. So kann die Muschel in einem Temperaturbereich von 0°C bis +30°C überleben. Strömt das Wasser schneller als 1.5 m/s, so kann sich die Muschel nicht ansiedeln. Im Larvenstadium sind die Muscheln ausserdem anfälliger auf wechselnde Bedingungen [J.W. Goethe-Universität Frankfurt, 2003].

Die Muschel ernährt sich von im Wasser enthaltenen Bakterien und Plankton. Mit Hilfe der Kiemen filtriert sie das Wasser und leitet die Nährstoffe in den Verdauungstrakt. Somit tragen sie zur Reinhaltung unserer Gewässer<sup>6</sup> bei. [Fenske, C. 2003]

Zu den natürlichen Feinden der Wandermuschel gehören hauptsächlich Wasservögel und Fische. Im Bodensee bilden die Wasservögel die grössten Feinde der Wandermuschel. Jedes Jahr wird in den Wintermonaten fast der ganze Bestand an Zebra- und Quagga-Muscheln aufgefressen [Anebo].

<sup>6</sup> Reinhaltung unserer Gewässer: Alle Muscheln betreiben Filtration, indem sie Wasser durch die Öffnung der Schale einatmen und Bakterien (Nahrung) und Spuren von Schwermetalle aus dem Wasser entfernen.



### 1.5.6 Ansiedlung

Die Ansiedlung der Wandermuschel funktioniert sehr invasiv. Die *Dreissena polymorpha* ist eine sehr konkurrenzstarke Art. Einheimische Muscheln siedeln in der Schweiz in den weichen Sedimenten am Grund. Die Wandermuschel hingegen benötigt ein Hartsubstrat. Gibt es keines, so siedelt sie bevorzugt auf den Schalen ihrer Artgenossen. Als geeignetes Substrat eignen sich auch Schalen einheimischer Muscheln. So verdrängt die Wandermuschel einheimische Arten als Nahrungskonkurrenten. Die Faktoren, welche für die Ansiedlung eine Rolle spielen, müssen im Stadium des Larvenfalls<sup>7</sup> gesucht werden. Dann sind die Muscheln 5-6 Wochen alt und müssen, um ihr Überleben zu sichern, ein geeignetes Substrat finden, um sich dort anzusiedeln [J.W. Goethe-Universität Frankfurt, 2003].

Die bekannten Faktoren, welche bei der Ansiedlung von Larven wirbelloser Tiere eine Rolle spielen:

- Sauerstoffgehalt
- Sediment, Oberflächenstruktur
- Strömung
- Bakterien
- Licht
- chemische Faktoren
- Farbe des Untergrundes
- Salinität<sup>8</sup>

[Fenske, C. 2003]

### 1.5.7 Anheftung

Zur Anheftung auf Hartsubstraten verwendet die Wandermuschel, so wie andere Muschelarten, Byssusfäden. Sie sondern ein Sekret ab, welches in den Byssusdrüsen der Muschel hergestellt wird, die sich am Fusse der Muscheln befinden. Kommt dieses Sekret mit Wasser in Kontakt, verhärtet sich das Sekret zur Byssusfaser. In der Abbildung 1.6 sieht man eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Byssusfäden der *Dreissena polymorpha*. Die Fäden bestehen aus einem Protein und können weder durch Wasser, Enzyme oder organische Lösungsmittel gelöst werden [Projekt Muschelseide, 2004].



Abb. 1.6 Byssusfäden der *Dreissena polymorpha*

<sup>7</sup> Larvenfall: Die kleinen Muscheln verlassen das Larvenstadium, dies ist der Fall 5-6 Wochen nach der Befruchtung [Fenske, C. 2003]

<sup>8</sup> Salinität: Salzgehalt des Wassers [Wikipedia].



### 1.5.8 Die Wandermuschel als Teil des Neozoen

Neozoen bezeichnet Tierarten, welche sich nach 1492 mit menschlichen oder ohne menschliches Zutun in einem Gebiet angesiedelt haben, in dem sie ursprünglich nicht heimisch waren.

Die Tierarten der Neozoen stellen häufig eine Gefahr für die einheimischen Individuen dar. Da diese eingewanderten Tiere nicht heimisch sind, besitzen sie hier auch selten einheimische Feinde, welche die Population regeln könnten. Doch bergen die Tiere nicht nur Gefahren, sondern können auch positive Auswirkungen haben, wie im Falle der Wandermuscheln in Zusammenhang mit den Wasservögeln am Bodensee [BirdLife, SVS].

### 1.5.9 Vorteile und Nachteile

Die Wandermuschel gehört zum invasiven Neozoen. Sie siedeln explosionsartig und häufig auf Kosten anderer Arten. Jedoch bietet auch die invasive Muschel Vorteile. Im Folgenden beziehe ich mich auf die Vorteile, welche im Bodensee eintreten, da ich die Muschel im Bodensee untersuche und ein weiteres Gebiet den Umfang dieser Maturaarbeit übersteigen würde.

Die Zebrauschel leistet, so wie alle Muscheln, einen Beitrag an die Reinhaltung unserer Gewässer, da sie Wasser filtern und so z.B. Schwermetalle und weitere Schadstoffe aus dem Wasser entfernen. Außerdem bietet sie ein Grundnahrungsmittel für Wasservögel (v.a. Blesshühner). So stieg der Wasservogelbestand im Bodenseeraum enorm, seit die Muschel hier angesiedelt ist [Rothhaupt, K 2007]. Die Abbildung 1.7 zeigt eine Grafik, die den Bestand an überwinternden Wasservögeln am Bodensee aufzeigt. Es lässt sich seit der Entdeckung der *Dreissena polymorpha* eine deutliche Zunahme erkennen.

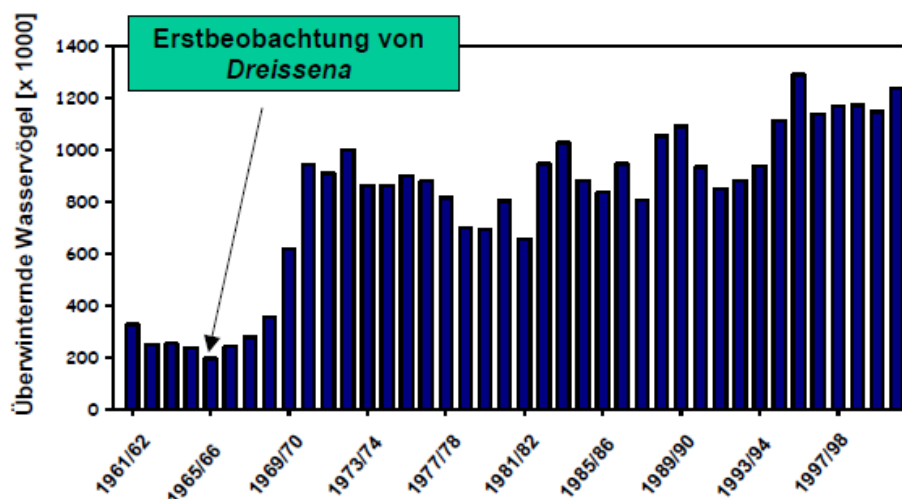


Abb.1.7: Zunahme der überwinternden Wasservögel im Bodensee

Dennoch haben die invasiven Wandermuscheln auch Nachteile. Wie die meisten Neozoen verdrängen sie einheimische Muscheln. Sie setzen sich z.B. auf Teichmuscheln fest und nehmen ihnen somit die Lebensgrundlagen, die Nahrung und den Sauerstoff. Auf der Abbildung 1.8 ist ein solches Beispiel zu sehen; mehrere Wandermuscheln siedeln auf einer Körbchenmuschel. Diese wird wahrscheinlich an den Folgen ihrer „Bewohner“ sterben. Die Muschel wurde auf diesem Bild aus dem Sand genommen. Die Körbchenmuschel (heller) war nicht zu sehen. Oft beobachtet man „Muschelklumpen“, an denen sich hunderte von



*Abb. 1.8: Eine Körbchenmuschel wird von mehreren Wandermuscheln im Bodensee besiedelt.*

Wandermuscheln befinden. Die Grundlage für diese Klumpen bietet meist eine andere Muschelart, die durch die Besiedlung der Wandermuschel auf ihrer Schale, zu Grunde gehen. Die Muschel verstopfen auch Ansaugstutzen von Wasserwerken, siedeln an Booten oder bilden eine Falle für Badende, welche sich an den scharfen Muschelkanten verletzen. Deshalb ist die Muschel in vielen Gewässern nicht nur beliebt. Zur Bekämpfung werden z.B. Chemikalien und Ultraschallkanonen eingesetzt. Dies ist aufgrund der Wasservögel am Bodensee, nur an wenigen Stellen nötig. [J.W. Goethe-Universität-Frankfurt,2003].

## 2. Methode und Material

Zur Untersuchen der Besiedlung der *Dreissena polymorpha* wurden drei Versuche durchgeführt. Bei diesen Versuchen 21 Tauchgänge absolviert und mehrere Stunden im Labor gearbeitet.

### **2.1 Ansiedlungsversuch**

Um die Geschwindigkeit, die Art der Besiedlung der Wandermuschel und Unterschiede bezüglich der Besiedlung auf verschiedenen Materialien bestimmen zu können, wurden für 106 Tage, 14 Versuchsplatten acht verschiedener Materialien in einer Tiefe zwischen 4-8m im Bodensee versenkt. Dabei wurden jeweils zwei Platten pro Material versenkt. Um den Fehler des Einfluss der Tiefe auf die Besiedlung zu minimieren, wurden die Platten auf den Tiefen so verteilt, dass sich eine Platte zwischen 4-6m und die zweite Platte des gleichen Materials sich in einer Tiefe von 6-8m befindet. Während der Versuchszeit wurden regelmässig<sup>9</sup> Beobachtungstauchgänge durchgeführt, um aktiv den Verlauf der Besiedlung zu beobachten. Nach 106 Tagen wurden die Platten aus dem Wasser entfernt und die Bestände im Labor ausgezählt und zur Bestimmung der Grösse der Muscheln gewogen. Aus den Ergebnissen können nun Erkenntnisse über Art und Geschwindigkeit der Besiedlung und über Grösse der Muscheln gewonnen werden. Ausserdem lassen sich Unterschiede der Besiedlung auf verschiedenen Materialien feststellen.

#### *2.1.1 Verwendete Substrate*

##### Natürliche Substrate

1. Tannenholz
2. Gipsplatte
3. Spanplatte

##### Künstliche Substrate

1. Spanplatte mit Kunststoffüberzug
2. Plexiglas<sup>10</sup>
3. Holz lackiert
4. Holz behandelt mit Öl
5. PVC-Platte

Behandelte<sup>11</sup> Materialien wurden zu den künstlichen Materialien gezählt, da die Muschel auf der Oberfläche besiedeln.

---

<sup>9</sup> Regelmässig: Alle 14 Tage

<sup>10</sup> Plexiglas: Thermoplastischer Kunststoff, Acrylglas (PMMA) [KAD GmbH]

<sup>11</sup> Behandel: Mit chemischen Mitteln in Kontakt gebracht worden. Z.B, Öl, Lack

### 2.1.2 Vorbereitungen

Am 06.07.12 wurden in Eigenarbeit 16 Platten aus 8 verschiedenen Materialien in der Grösse DIN A4<sup>12</sup> produziert. Verwendet wurden sowohl natürliche Substrate, als auch künstliche (siehe Materialien). Die Platten wurden mit einer Kreissäge ausgesägt und mit einem Bohrer wurden jeweils zwei Löcher oben und unten an der Platte gebohrt. Für jedes Material wurden zwei Platten angefertigt, da die Gefahr des „Verlierens“ unter Wasser erhöht ist. Um die Platten aufrecht im Wasser schweben zu lassen, wurden oben an den Platten Auftriebskörper, in unserem Fall PET-Flaschen<sup>13</sup>, befestigt. Auf der unteren Seite wurde ein Seil angebunden, um die Platten unter Wasser befestigen zu können. Auf der Abbildung 2.1 ist eine Skizze der beschriebenen Konstruktion zu sehen.

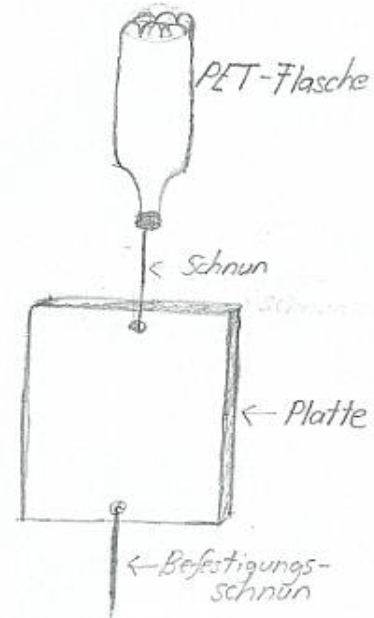


Abb. 2.1: Skizze der Plattenkonstruktion

Um die Planung zu ermöglichen und um die Umstände der Experimente festzulegen, wurde am 07.07.12 ein Inspektionstauchgang durchgeführt. Der Tauchplatz wurde schon bei der Planung festgelegt (siehe Tauchplatz). Bei diesem 40-minütigen Tauchgang wurden die Versuchsorte unter Wasser festgelegt und auf ihre Eignung getestet. Es wurde zudem eine erste Testplatte am späteren Untersuchungsort befestigt. Aus diesem Tauchgang wurden die Erkenntnisse zur Durchführung des Experiments gezogen. Die Versuchsorte wurden festgelegt. Für den Ansiedlungsversuch, wurde eine Röhre ausgewählt, welche unter Wasser in den See hinaus verläuft und sich zum Befestigen gut eignete. Wie die Platten unter Wasser befestigt werden, wird in der Abbildung 2.2 veranschaulicht. Zu sehen ist die Röhre, an welcher die Platten mittels Seilen befestigt werden. Die Platten sollen im Abstand von 30-50 cm zueinander stehen.

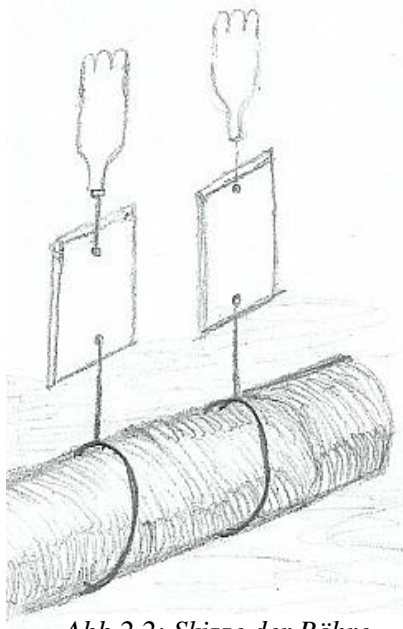


Abb.2.2: Skizze der Röhre und Befestigung der Platten

<sup>12</sup> DIN A4: 210 mm \* 297 mm, wurde aufgrund von einfacher Abmessungsarbeit gewählt.

<sup>13</sup> PET-Flaschen: 1.5 L, Archimedisches Prinzip 1.5 kg Auftrieb.

### 2.1.3 Versenken der Platten

Am 14.07.12 wurde der erste Versuch gestartet, die Platten zu versenken. Dieser Versuch wurde jedoch, aufgrund von Wellen, schlechtem Wetter und sehr schlechter Sicht, abgebrochen.

Dann am 18.07.12 wurden in zwei Tauchgänge alle Platten versenkt. Die Platten wurden auf der Oberfläche an einer Boje, welche sich direkt über der Röhre befand, befestigt. Die Platten wurden unter Wasser auf einer Tiefe von 4-8 m an der Röhre befestigt. Der Abstand zwischen den Platten betrug jeweils 30-50cm. Unter Wasser wurden die Auftriebskörper mit Luft gefüllt, so dass die Platten im Wasser schwebten. Die Abbildung 2.3 dient der Veranschaulichung des Experimentes. Die Aufnahmen stammen von einem der letzten Tauchgänge, bevor die Platten wieder aus dem Wasser entfernt wurden.



Abb. 2.3: Unterwasserfoto der Plattenkonstruktion

Um die Platten zu versenken wurde eine komplette Tauchausrüstung verwendet, wie sie in der Schweiz üblich ist. Zudem wurde Ich von einem Kollegen begleitet der mich unter Wasser absicherte und mir half (siehe „Tauchen und Tauchausrüstung“).

### 2.1.4 Kontrolle der Platten

Die Platten wurden nun in Zeitabständen von zwei Wochen regelmässig kontrolliert. Es wurde auf Vielzahl der Besiedlung, Art der Besiedlung und Geschwindigkeit der Besiedlung geachtet. Während dieser Tauchgänge wurden auch der Wiederbesiedlungsversuch durchgeführt und Beobachtungen angestellt.

### 2.1.5 Herausnehmen der Platten

Am 01.11.12 wurden die Platten aus dem Wasser entfernt. Sie wurden unter Wasser von der Röhre gelöst und an die Oberfläche transportiert. Hier wurden sie in Kisten verladen und später zur Untersuchung gebracht.

### 2.1.6 Auswertung der Platten

Die Muscheln auf den Platten wurden von den Platten abgekratzt und in Probebehälter gegeben. Nun wurden sie einzeln ausgezählt. Zudem wurden sie im Labor gewogen, um die Grösse der Muscheln zu bestimmen. Aus zwei Platten wurde ein Durchschnittswert des Gewichts von 10 Individuen gezogen und den Durchschnittswert der Anzahl der Muscheln pro Material bestimmt. Die Ergebnisse wurden in den Resultaten aufgeführt.

## 2.2 Wiederbesiedlungsversuche

Um zu untersuchen, ob zwischen einer Neubesiedlung und einer Wiederbesiedlung einen Unterschied besteht, wurde am 13.07.12 an einem versenkten Auto (siehe Tauchplatz), die vorhandenen Wandermuscheln auf einem DIN A4 grossem Stück Glas, Gummireifen und Blech abgekratzt und in regelmässigen Zeitabständen<sup>14</sup> kontrolliert.

## 2.3 Versuchsort: Tauchplatz Uhlandbucht

Der Tauchplatz an dem die Experimente stattgefunden haben, nennt sich Uhlandbucht und liegt in Horn. Er bietet einen langen Uferbereich, der sich eignet, um sein Tauchmaterial vorzubereiten und sich umzuziehen. Der Seegrund fällt nur langsam ab und eignet sich deshalb gut, um Unterwasserarbeiten auszuführen. Der Seegrund besteht bis zu 5 Metern hauptsächlich aus Sand und Seepflanzen. Hier kann ohne Probleme Sediment aufgewirbelt werden, da sich der Sand sehr schnell wieder setzt und somit nur kurz eine Beeinträchtigung der Sicht zur Folge hat. Auf etwa 10 Metern befindet sich ein Unterwasserparcours. Das heisst man findet ein versunkenes Auto, Tafeln, einen Go-Kart, ein Fahrrad und ein Fischernetz, welche durch ein Seil miteinander verbunden sind. Sie dienen der Unterhaltung von Tauchern. Ganz links befindet sich eine Röhre, welche vom Wasserwerk verlegt wurde, um Trinkwasser zu gewinnen. Diese verläuft bis auf 35 Metern Tiefe, wo sich ein Ansaugstutzen befindet. Diese Röhre schien mir geeignet für meine Untersuchungen. (Resultate) Auf der Abbildung 2.3 ist eine Tauchkarte zu sehen, welche von Tauchkollegen und mir im Auftrag der Zingg-Dive GmbH angefertigt wurde.

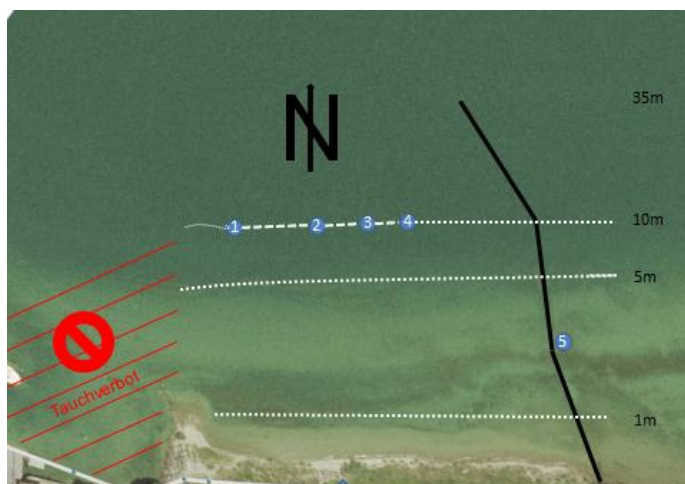


Abb. 2.3: Versuchsort: Tauchplatz Uhlandbucht

### Legende:

- 1: Auto
- 2: Go-Kart
- 3: Verkehrstafel
- 4: Fahrrad
- 5: Röhre

<sup>14</sup> Regelmässige Zeitabstände: Alle zwei Wochen



## 2.4 Beobachtungen

Bei verschiedensten Tauchgängen wurden Beobachtungen der Dreikantmuscheln und deren Besiedlung durchgeführt. Es wurde auf die Orte, Art und Dichte der Besiedelung geachtet. Dabei wurden auch Wasserpflanzen, Sedimente, natürliche Substrate und künstliche, welche bereits seit längerer Zeit im Bodensee lagern, untersucht. Ganz besonders wurden die Versuchsorte der anderen Experimente untersucht. Zur Veranschaulichung und Rekapitulation eines Tauchgangs wurde für die Beobachtungen mit einer GoPro-Kamera ein Film<sup>15</sup> während eines Tauchgangs gedreht.



*Abb. 2.4: Versenktes Auto in der Uhlandbucht Horn;  
Versuchsort*

Bei diversen Tauchgängen wurden kleine künstliche Substrate, wie Plastikflaschen, einen Go-Kart, eine Verkehrstafel und Seilen, welche schon seit längerer Zeit in der Uhlandbucht unter Wasser vorhanden sind, untersucht. Zu den grösseren, untersuchten Substraten zählen die zwei Versuchsorte der anderen Experimente: Das Auto, welches 2004 versenkt wurde und die Röhre des Wasserwerks. Ausserdem ein Fahrrad, welches zur gleichen Zeit, wie das Auto, platziert wurde. In der Abbildung 2.4 ist ein Teil des versenkten Autos abgebildet.

---

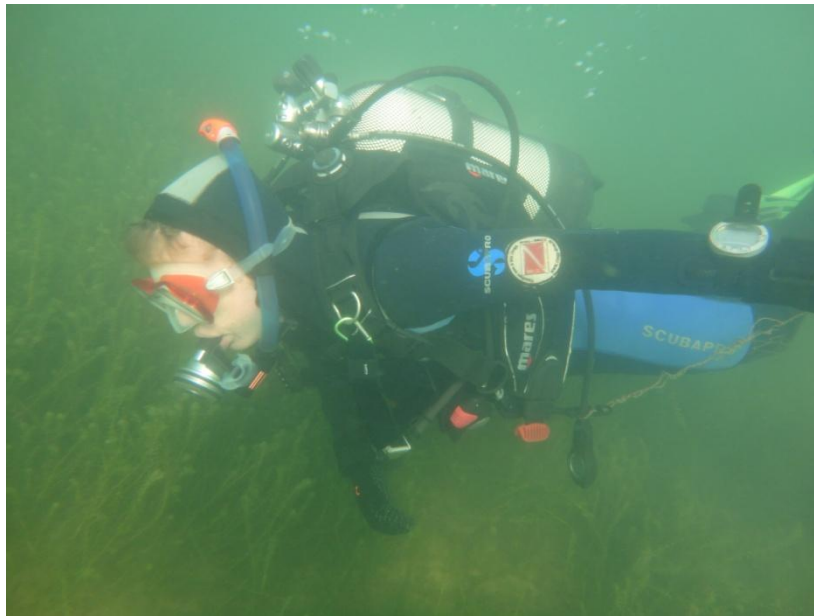
<sup>15</sup> Film: Kann bei mir eingesehen werden.



## 2.5 Tauchen und Tauchausrüstung

Zur Durchführung der Experimente wurde eine in der Schweiz übliche Gerätetauchausrüstung<sup>16</sup> verwendet.

Für die Durchführung der Experimente wurden zusätzlich zwei Unterwasserkameras und Karabiner benötigt. Taucherfahrung wurde dabei vorausgesetzt. Aus Sicherheitsgründen wurden die Experimente immer von einem zweiten Taucher begleitet und überwacht. Auf der Abbildung 2.5 ist ein Bild von mir in meiner Tauchausrüstung zu sehen. In dieser Ausrüstung wurden alle Experimente durchgeführt.



*Abb. 2.5: Taucher, unter Wasser mit der verwendeten Tauchausrüstung*

---

<sup>16</sup> Gerätetauchausrüstung: Kombination für das Tauchen im Bodensee, Genaue Auflistung befindet sich im Anhang

## 3. Resultate

### 3.1 Ansiedlungsexperiment

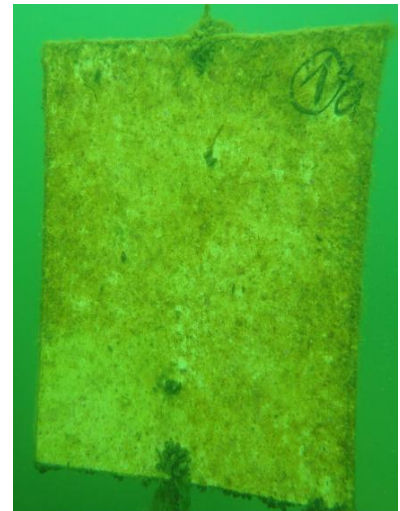
Vier Wochen nach dem Versenken der Platten Materialien von einer Algenschicht überzogen, jedoch ist noch keine Platte besiedelt. Die Gipsplatten haben sich durch den ständigen Wasserkontakt aufgelöst und sind verschwunden. Auch die Seile, die zur Befestigung dienen, sowie die PET-Flaschen sind von grünlichen Algen überzogen.

Nach sieben Wochen sind die Befestigungsseile, die PET-Flaschen und Testplatte von kleinen Muscheln in geringer Anzahl besiedelt.

Nach neun Wochen zeigt sich eine erste Besiedlung auf den Platten. Auffällig ist dabei, dass die Muscheln auf beinahe allen Platten zu finden sind. Nur die Plexiglasplatten sind nicht besiedelt. Erste geringe Unterschiede sind zu erkennen. Auf der Abbildung 3.1 ist die lackierte Holzplatte nach neun Wochen zu sehen. Auf ihr befinden sich etwa 20 Individuen zu sehen.

#### Ergebnisse nach neun Wochen

Tannenholz	ca. 40 Individuen
Spanplatte mit Kunststoffüberzug	ca. 20 Individuen
Spanplatte	ca. 30 Individuen
Holz mit Öl behandelt	ca. 20 Individuen
PVC-Platten	ca. 20 Individuen
Plexiglasplatten	Keine Besiedlung
Holz lackiert	ca. 20 Individuen



*Abb. 3.1: lackierte Holzplatte nach neun Wochen*

Die Muscheln sind nur 3-7mm lang und etwa 2-5mm breit. Sie siedeln nicht auf der eigentlichen Fläche des Substrats, sondern am Rand der Platten.

Zwei Wochen später, also nach insgesamt elf Wochen sind auch die Plexiglasplatten besiedelt. Auf ihnen befinden sich je 15-20 Individuen.

Nach insgesamt 13 Wochen ist der Muschelbestand auf eine Grösse angewachsen, bei der es nicht mehr möglich ist, die Individuen unter Wasser zu zählen. Schätzungen zu Folge sind es auf den meisten Platten zwischen 100-200 Individuen. Holz und PVC scheint dabei am stärksten besiedelt zu sein.

Nach 105 Tagen bzw. 15 Wochen wurden die Platten gehoben.

### 3.1.1 Auszählung der Muscheln

Angeführt ist eine Zusammenfassung der Ergebnisse in einem Diagramm (siehe Abb.3.2). Die einzelnen Ergebnisse der Auszählung, sind in einer Tabelle dargestellt, im Anhang zu finden.

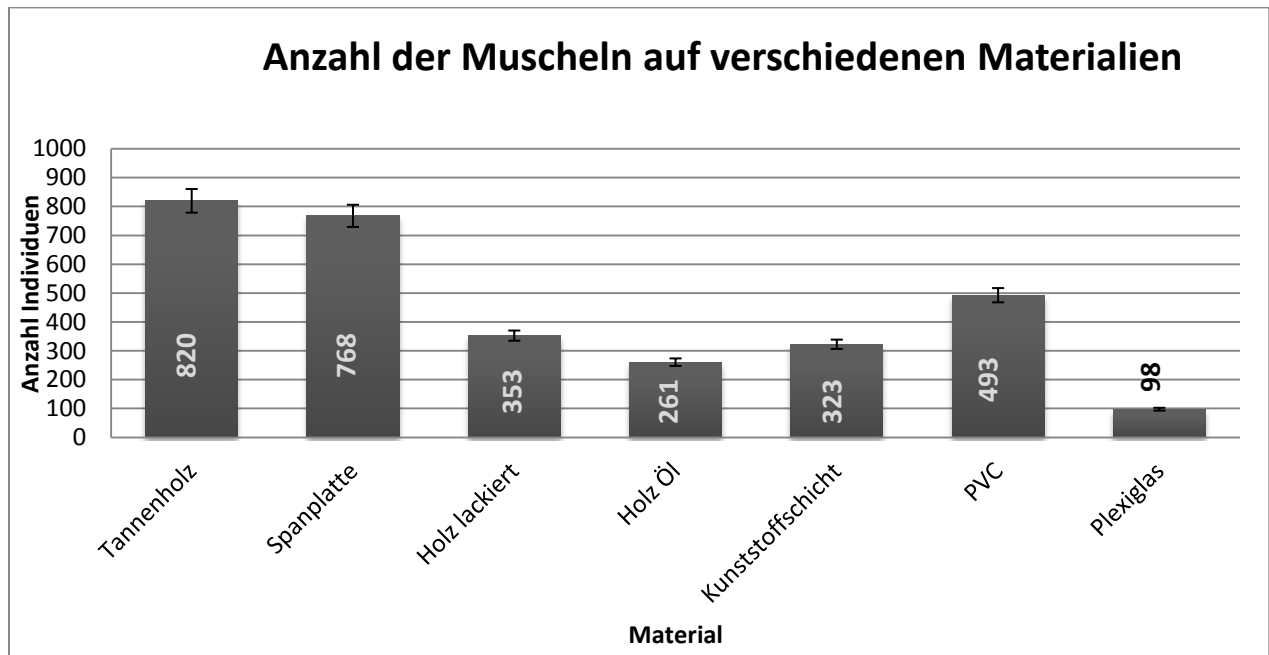


Abb. 3.2: Diagramm zur Darstellung der Anzahl Muscheln auf verschiedenen Materialien

Das Diagramm zeigt die durchschnittliche Anzahl der Muscheln auf den aufgeführten Materialien. Die Zahlen in den Balken sind ohne weitere Fehlereinrechnung aufgeschrieben. Eine vollständige Tabelle zu den Resultaten befindet sich im Anhang. Die Anzahl der Individuen reicht von 86 bis zu 1'020 Muscheln. Dennoch ist keine der Platten vollständig von Muscheln überzogen. Die genauen Prozentzahlen der besiedelten Fläche lassen sich nicht bestimmen. Überzogen sind geschätzt 5-40% der Fläche der Platten. Ein Fehler wurde eingerechnet und anhand von Fehlerkreuzen dargestellt. Auf der Abbildung 3.3 sind die Muscheln einer der lackierten Holzplatte, gelöst von ihrem Substrat, zu sehen. Dabei handelt es sich um 538 Individuen verschiedener Grössen.



Abb. 3.3: Muscheln einer lackierten Holzplatte

### 3.1.2 Grössenvergleich der Muscheln anhand von Gewicht und Anzahl

In der Tabelle wurde das durchschnittliche Gewicht von 10 Individuen für jedes Material aufgelistet. Errechnet wurde dieses Gewicht aus der Anzahl Individuen und dem Gewicht aller Individuen eines Materials. Daraus schloss sich der Durchschnittswert für beide Platten, also für jeweils ein Material.

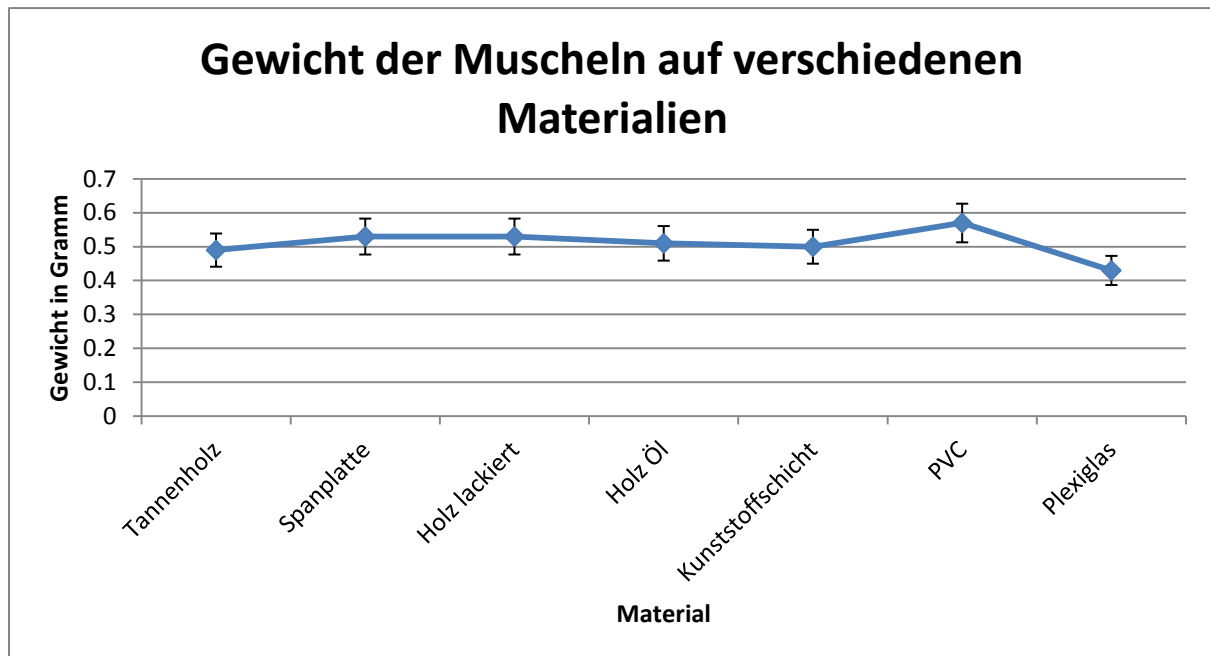


Abb.3.4: Diagramm zum Vergleich der Grössen der Muscheln auf verschiedenen Substraten anhand des Gewichts.

Das Diagramm in Abbildung 3.4 zeigt das durchschnittliche Gewicht von 10 Individuen auf verschiedenen Materialien. Diese wurden zur Veranschaulichung mit einer Linie verbunden. Das Gewicht der Individuen eines Materials resultiert aus dem Durchschnitt des Gewichts der Individuen beider Platten pro Material. Ein Fehler wurde eingerechnet. (siehe Diskussion).

## 3.2 Wiederbesiedlungsexperiment

Schon zwei Wochen nach dem Abkratzen an den Versuchsstellen hat die Wiederbesiedlung eingesetzt.

Die Wiederbesiedlung ist bereits nach fünf Wochen abgeschlossen. Die Muscheln sind gleich gross, wie ihre Artgenossen um sie herum. Sie scheinen sich nicht neu angesiedelt, sondern sich gelöst und wiederbesiedelt zu haben. Die Flächen sind vollkommen von den Muscheln belegt. Der Versuch ist abgeschlossen.

### 3.3 Beobachtungen

#### 3.3.1 Kleine, künstliche Substrate

Die Plastikflaschen, der Go-Kart, die Verkehrstafel und die Seile, welche am Tauchplatz der Orientierung dienen, sind besiedelt. Interessant sind dabei die Seile, welche an gewissen Orten riesige Muschelhaufen aufweisen. Die Muscheln siedeln bevorzugt an Knotenstellen. Auf die festgesetzten Muscheln befestigen sich dann neue Muscheln und so bilden sich Muschelhaufen. Die Muscheln siedeln häufig in mehreren Schichten übereinander. Dabei sind bis zu fünf Schichten möglich.

#### 3.3.2 Grosse, künstliche Substrate/ Versuchsorte

Das Auto, welches in einer Tiefe von 10m liegt, ist vollkommen überzogen von Muscheln. Sie siedeln auf allen Materialien des Autos. Die Muscheln lassen sich hier beinahe nur in Schichten übereinander nieder. Von zwei bis zu sechs Schichten sind sie zu finden. Auch im Innern des Autos lebt die Muschel. Bilder aus dem Jahre 2007 belegen die Veränderung der Muschelkultur auf dem Auto. Das Fahrrad, welches untersucht wurde, ist komplett überzogen. Auf jedem Material lassen sich die Muscheln nieder und siedeln über- und nebeneinander.

Die Röhre erscheint als sehr interessantes Objekt, da sie einen Bezugspunkt zur Tiefe bildet. Diese Beziehung wird in der Tabelle unten aufgezeigt. Auf Versuchstiefe (4-8m) ist sie rundum besiedelt. Auf ihrer Oberseite befinden sich grössere, dafür weniger Individuen, als auf der Unterseite.

Tiefe	Besiedlung
1-4m	Knappe Besiedlung
5-9m	Starke Besiedlung
9-12m	Mässige Besiedlung
13-18m	Starke Besiedlung <sup>17</sup>

#### 3.3.3 Natürliche Substrate

Stark bewohnt wird auch Holz, es bietet scheinbar eine gute Lebensgrundlage für die Muscheln. Auch die Steine sind besiedelt. Sie liegen am Boden und die Oberfläche ist überzogen von Muscheln. Dieses Phänomen lässt sich bis 18m Tiefe, beinahe an jedem Stein beobachten. Über den Sommer wachsen auf etwa 3 Metern Tiefe sehr viele Wasserpflanzen<sup>18</sup>, untersucht man den Stiel der Pflanze findet man sehr kleine Muscheln, welche sich hier festsetzen. Sie sind so klein, weil die Pflanzen keinen Platz für grosse Muscheln bieten. Diese Besiedlung wird allerdings durch die nicht allzu lange Lebensdauer der Pflanzen, wieder gestoppt. Eine weitere Beobachtung betrifft die einheimische Teichmuschel und eingeschleppten Körbchenmuscheln. Auch auf diesen Muschelarten sind Wandermuscheln zu finden.

<sup>17</sup> Starke Besiedlung: Werden im Winter nicht von Wasservögeln gefressen und sind deshalb grösser.

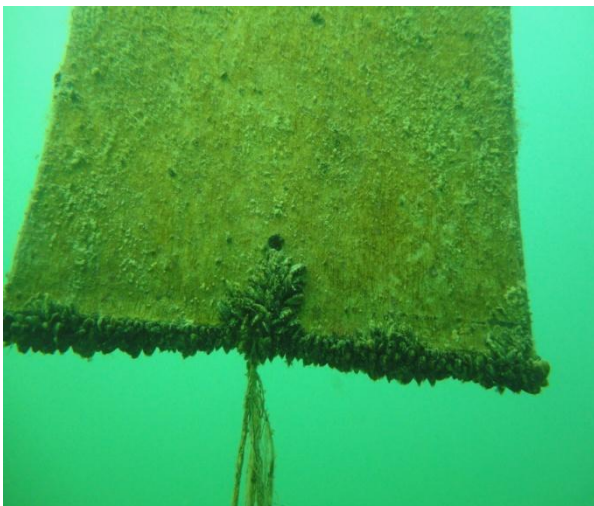
<sup>18</sup> Wasserpflanzen: Hauptsächlich an der breitblättrigen Wasserpest.

## 4. Diskussion

### 4.1 Beobachtungen in der Ansiedlungsphase

Die Platten wurden nach dem Versenken ca. einen Monat lang nicht besiedelt. Der Lebensraum Wasser musste die Platten erst soweit bearbeiten, dass eine Kolonisierung möglich wurde. Dies geschah hauptsächlich mit der Bildung einer Algenschicht auf den Platten. Sie gehören zum natürlichen Lebensraum des Wassers [Trinkwasser Schweiz] und finden sich auf allen Substraten. Die Seile, welche schon nach einem halben Monat bevölkert waren, scheinen einen guten Siedlungsplatz für die Muscheln zu bieten. In der Abbildung 4.1 ist ein Beispiel für die Besiedlung an Befestigungsseilen zu sehen. Dies könnte an der Art der Anheftung der Muscheln liegen. Die Muscheln haften an Oberflächen mittels Byssusfäden. (siehe Einführung) Diese Fäden weben sich dann in die Oberfläche der Seile ein. Nach ca. 50 Tagen fanden sich die ersten Individuen auf den Platten ein. Sie waren sehr klein und hatten vor Kurzem das Larvenstadium hinter sich gebracht. Grosse Unterschiede bezüglich Besiedlung verschiedener Materialien waren zu diesem Zeitpunkt nicht festzustellen. Nur Plexiglas schien keinen Anklang für die Besiedlung zu finden.

Die Unterseiten der Platten scheinen besser bevölkert zu werden. Diese Ergebnisse decken sich mit den Erkenntnissen von Walz (1973), der auch höhere Besiedlungsdichten auf den Unterseiten seiner Substrate feststellte. Untersuchungen in anderen Gewässern zufolge ist diese Kolonialisierung der Unterseite jedoch nicht stetig. So findet Fenske (2000) andere Ergebnisse in der Oderhaff. Auf der Abbildung 4.1 ist dieses Phänomen anhand der Spanholzplatte zu beobachten. Die Fläche ist hier nur schwach besiedelt. Die Unterseite, also die horizontale Fläche, jedoch ist vollständig überzogen von Muscheln. Fenske erklärt sich die Unterschiede der Besiedlung anhand der Strömungsrichtung im Oderhaff. Am Tauchplatz



Uhlandbucht befinden wir uns in einem Bereich von Widerwasser. Das heisst das Wasser fliesst entgegen dem Ausfluss des Sees. Die Strömung trifft auf die senkrechte Fläche und kann die Larven, welche sich auf den Platten festsetzen, stören. Die horizontalen Flächen hingegen sind der Strömung nicht direkt ausgesetzt. Somit erscheinen die Erklärungen von Fenske plausibel. Von Walz jedoch ist keine Erläuterung für das Phänomen bekannt.

Abb. 4.1 Spanholzplatte unter Wasser



## 4.2 Ansiedlungsversuch

### 4.2.1 Besiedlungsart

Bei weiteren Kontrollen und Beobachtungen fällt die Besiedlungsart ins Auge. Die Muscheln scheinen, sich um Zentren herum niederzulassen. Sie siedeln in Gruppen und nicht einzeln. Ausserdem kleben sie teilweise aneinander und haben sich an den Schalen anderer Muscheln festgesetzt. Sie siedeln invasiv, das heisst sie nehmen keine Rücksicht auf andere Individuen und sind sehr konkurrenzstark. (Wikipedia). Eine weitere interessante Beobachtung bezieht sich auf die Besiedlung der Flächen und Ränder der Platten. Auffällig ist dabei, dass die Muscheln sich weniger auf den senkrechten Flächen der Platten ansetzen, sondern vielmehr an den weniger flächigen Rändern.

Die Muschel siedelt nach einer längeren Zeit auf jeglichen Hartsubstraten. Alle beobachteten Substrate, ob gross oder klein sind bevölkert. Über den Zusammenhang von Besiedlung und Tiefe lassen sich keine schlüssigen Erkenntnisse ziehen. Die Muschel bewohnt Artgenossen und anderen Muschelarten im Bodensee. Sie bieten ein geeignetes Hartsubstrat. So rauben die eingewanderten Wandermuscheln den einheimischen Teichmuscheln und ebenso den eingeschleppten Körbchenmuscheln die Lebensgrundlage, was zum Sterben dieser führt.

### 4.2.2 Anzahl der Wandermuscheln auf verschiedenen Materialien

Natürliches und unbehandeltes Holz scheint die beste Unterlage für die Besiedlung der Wandermuschel zu bieten. Beide Materialien aus Holz liegen weit vor den Anderen. Die Muscheln scheinen sich hier wohl zu fühlen. Diese Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen von Fenske (2000), der die Besiedlung im Oderhaff in Norddeutschland untersuchte. Überraschend sind die Ergebnisse über den PVC, der im Vergleich zu anderen künstlichen oder behandelten Materialien relativ stark besiedelt wurden. Durchschnittlich fast 500 Individuen befanden sich auf den PVC-Platten. PVC schneidet bei den künstlichen Substraten am besten ab. Auf der Abbildung 4.2 ist eine der PVC-Platten kurz nach der Entfernung aus dem Wasser zu sehen.



Abb. 4.2: PVC-Platte mit Besiedlung



Walz (1973,1975) stellte ähnliche Untersuchungen im Bodensee an künstlichen Substraten an und stiess dabei auf ein ähnliches Resultat. PVC schien auch in seinen Untersuchungen beliebt zu sein. Fenske (2000) jedoch kam im Oderhaff zum Schluss, dass PVC sich weniger zur Besiedlung eignet, bessere Ereignisse erzielten Sie mit Stein und Holz.

Die Spanplatte, deren Oberfläche aus Kunststoff ( Polyethylen) besteht, wurde im Vergleich zum PVC weniger stark besiedelt. Die lackierte Holzplatte und das mit Öl behandelte Holz verhalten sich ähnlich und sind schwach kolonisiert. Überraschend unbewohnt sind die Plexiglasplatten. Ähnliche Ergebnisse an Glas lassen sich bei Marsden (1992) finden. Bei Untersuchungen von Metallen kamen Kilgour & Mackie (1993) zum Schluss, dass sich Edelstahlplatten sehr gut für eine Besiedlung eignen. Kupfer, Zink und Messing hingegen waren nicht und nur sehr schlecht bevölkert. Dies ist auf die freierwerdenenden Cu-und Zn-Ionen zurückzuführen. Diese wirken giftig auf die Muscheln. (Fenske, C. 2003).

#### 4.2.3 Ansätze zur Erklärung der unterschiedlichen Besiedlung

Die chemischen Faktoren scheinen hier im Vergleich zum normalen Tannenholz und zur natürlichen Spanplatte eine grosse Rolle zu spielen. Ein weiterer Erklärungsansatz liegt in der Oberflächenstruktur. Durch den Lack wird die Oberfläche zusätzlich geglättet, was in der Untersuchung von Belang gewesen sein könnte. Hierzu wurden keine erklärenden Experimente durchgeführt, was den Vergleich verunmöglicht und keine eindeutigen Rückschlüsse zulässt. Der grosse Unterschied zwischen dem PVC und dem Plexiglas liegt in der Lichtdurchlässigkeit des Plexiglases. Scheinbar werden die Muscheln durch Licht gehemmt oder gefördert sich anzusiedeln.

#### 4.2.4 Grösse der Muscheln im Vergleich anhand des Gewichts

Vergleicht man die Platten in Bezug auf die Masse der einzelnen Individuen, so ergeben sich nur geringe Unterschiede. In Anbetracht eines grossen Fehlers (siehe Fehlerdiskussion), sind diese jedoch zur vernachlässigen. Die Muscheln scheinen aufgrund des Gewichts, durchschnittlich die gleiche Grösse zu haben. Alle Materialien haben ähnlich grosse Muscheln angesiedelt, da das Wachstum der Muscheln nicht vom Substrat abhängt. Auf der Abbildung 4.3 ist eines der grössten und eines der kleinsten Individuen zu sehen. Sie zeigt die Bandbreite auf.



Abb.4.3 Bandbreite der Muschelgrösse anhand von zwei Individuen

Auf der Abbildung 4.3 ist eines der grössten Individuen und eines der kleinsten zu sehen. Sie zeigen die Bandbreite der Grössen auf. Die Unterschiede des Gewichts der Masse der Individuen bezogen auf die Tiefe sind jedoch erkennbar. Da ich aber den Aspekt der Tiefe nicht untersuche, verzichte ich auf weitere Ausführungen.

#### 4.2.5 Vergleichsexperimente

In den Vergleich mit meinen Tests stelle ich häufig die Experimente von Walz (1973) im Bodensee und die von Fenske (2000) in der Oderhaff an der Ostsee. Beide untersuchten mittels Platten aus Holz, PVC und Steinen, die Besiedlung der Muschel im Bodensee und in der Oderhaff. Sie bestimmten jedoch dabei die Besiedlungsrate pro Quadratmeter auf verschiedenen Tiefen. Ähnliche Experimente mit Platten wurden von J. Ellen Marsden (1992) im Lake Michigan und von Norbert Schulz (1980) im Keutschacher See in Deutschland durchgeführt. Alle genannten Forscher führten ihre Studien über längere Zeiträume aus und waren für mich in der Durchführung und Planung der Experimente von geringer Bedeutung.

### 4.3 Die Wiederbesiedlung der Wandermuschel

Innerhalb von drei Wochen waren die Versuchsfläche wiederbesiedelt worden. Dabei scheinen die Materialunterschiede keinen Einfluss auf die Besiedlung zu haben. Die Muscheln um die Versuchsfläche herum scheinen die Ansiedlung zu fördern. Hierzu gibt es keine Vergleichsexperimente, anderer Forscher. Diese Erkenntnis zeigt, dass die Methode des mechanischen Abkratzens der Muscheln auf künstlichen Substraten, keine Lösung von Übersiedlungsproblemen<sup>19</sup> darstellt.

### 4.4 Anregungen für weitere Arbeiten und Ausblick

Anregungen für weitere Arbeiten liegen in der Untersuchung anderer Aspekte und deren Einfluss auf die Besiedlung der *Dreissena polymorpha*. Die Tiefenabhängigkeit ist bei Begleiterscheinungen meiner Experimente immer wieder zu Wort gekommen. Bis in welche Tiefe und in welcher Tiefe sie in welcher Anzahl auftreten, bieten interessante Anschlusspunkte an meine Arbeit. Auch die Untersuchung von Oberflächen der Substrate in Bezug auf die Besiedlungsdichte der Muschel, bietet Raum für weitere Untersuchungen. Dazu kommen biologisch wichtige Untersuchungen, wie den Einfluss der *Dreissena polymorpha* auf das Ökosystem im Wasser. Es gibt noch viele weitere Themen.

Erkenntnisse aus weiteren Untersuchungen auf diesem Gebiet, könnten zur Lösung von Problemen in Zusammenhang mit der Wandermuschel führen. Wasserwerke, Badeeinrichtungen und Bootsbesitzer kämpfen noch heute gegen die starke Besiedlung durch diese Muschel. Würden resistente Materialien oder umweltverträgliche Stoffe gefunden, welcher einer Kolonisierung von Wandermuscheln entgegenwirken, so könnten Probleme gelöst werden. Bisher wurden chemische Stoffe und andere physikalische Methoden angewendet, welche sich jedoch meist als ineffektiv in Bezug auf Kosten/Nutzen herausstellten.

---

<sup>19</sup> Übersiedlungsprobleme: Probleme, welche in Zusammenhang mit der Vielzahl der Muscheln stehen, z.B. Probleme aufgrund von Verstopften Abpumpleitungen bei Wasserwerken.

## 5. Fehlerdiskussion

### **5.1 Allgemeine Fehlerquellen**

Wie jede Arbeit enthält auch meine Arbeit Fehler, welche sich auf die Aussagekraft der Arbeit auswirken. Zum Einem konnten im Umfang meiner Maturaarbeit nur wenige Substrate unter Wasser untersucht werden. Viele Materialien wurden ausser Acht gelassen und konnten nicht untersucht werden. Auch die Menge an Substraten pro Material kann Fehler produzieren. Denn um aussagekräftige Erkenntnisse zu gewinnen, benötigt man mehr Substrate, welche zur Untersuchung kommen.

Viele Aspekte, welche auf meine Untersuchungen Einfluss nehmen konnten, wurden ausser Acht gelassen. Tiefe, Temperatur, Licht, Wasserqualität und Jahreszeit, um hier einige unbehandelte Aspekte zu nennen. Diese zu untersuchen wären im Umfang meiner Maturaarbeit zu zeit-, material- und geldaufwändig.

Meine Arbeit dient dazu einen Überblick über die Wandermuschel zu bekommen und die Besiedlung der Muschel im Bodensee besser zu verstehen. Ausserdem bildet sie die Basis für weitere und genauere Untersuchungen.

### **5.2 Fehlerquellen der Experimente**

Die Experimente wurden in Kenntnis von den Fehlerquellen ausgewertet. Die Platten befanden sich in verschiedenen Tiefen, da aber der Einfluss der Tiefe auf die Besiedlung nicht bekannt ist, kann eine genaue Fehlerangabe nicht gemacht werden. Zur Eindämmung dieser Fehlerquellen wurden zwei Platten auf zwei verschiedenen Tiefen versenkt. Weitere Fehler entstanden beim Heben der Platten. Während des Hebens können durch die Schwierigkeiten des Gerätetauchens einige Muscheln von den Substraten gelöst worden sein. Diese Fehler können bei jeder Platte aufgetreten sein und sind schwer zu bestimmen. Eine weitere Fehlerquelle befindet sich beim Auszählen der Individuen einer Platte. Menschliches Versagen führt zu einem Fehler von 1%. Die Summe der Fehler wurde addiert und berücksichtigt. In den Grafiken (Abb.) sind sie anhand von Fehlerkreuzen markiert.

Die verhältnismässig hohen Fehler beim bestimmen der Grösse anhand des Gewichts, rühren hauptsächlich von weiteren Materialien her, welche an den Muscheln lagern. Wie z.B. Algen und kleine Organismen. Diese konnten bei der Reinigung der Muscheln nicht entfernt werden. Messfehler der Waage spielten ebenfalls eine Rolle. Die Fehler, welche durch das Auszählen entstanden sind, müssen in der Grössebestimmung addiert werden. Die Fehler wurden in den Grafiken und Tabellen berücksichtigt und aufgezeigt.

## 6. Schlusswort

Die Arbeit hat mir sehr grosse Freude bereitet. Ich fand die Untersuchungen, Versuche und Überlegungen äusserst interessant. Durch die Faszination zum Tauchen, hat mir die Arbeit auch Möglichkeiten aufgezeigt, wie mein Hobby in wissenschaftlicher Weise angewendet werden kann. Es hat Spass gemacht sich mit dieser Materie zu beschäftigen. Die Arbeit hat mir einen guten Einblick in das wissenschaftliche, praktische Arbeiten gegeben.

Ich möchte mich ganz herzlich bei Frau Dr. Helen Thoma, meiner Betreuerin, bedanken, welche mir mit Ratschlägen und ihrem Wissen zur Seite stand. Ein weiterer grosser Dank geht an Christoph Zingg, welcher, die Arbeit korrekturlas und mir immer mit Rat zur Seite stand. Ganz herzlich möchte ich mich auch bei der Zingg-Dive GmbH bedanken, welche mir ihre Infrastruktur für meine Versuche zu Verfügung gestellt hat. Ein weiterer Dank geht an all meine Tauchbuddys, welche mich unter Wasser unterstützten. Namentlich erwähnt sind das: Tim Kind, Ivo Schulthess, Peter Bronwasser, Sebastian Gebhardi und Beat Fritschi. Ausserdem bedanke ich mich bei meinem Vater, Ivo Bernhardsgrütter, der meine Arbeit korrekturlas und mir Ratschläge gab.

*Hiermit bestätige ich, die vorliegende Maturaarbeit selbstständig verfasst und in schriftliche Form gebracht zu haben. Ich habe alle wichtigen Hilfsmittel nachgewiesen. Andere Personen haben diese Arbeit lediglich zur Korrektur gelesen oder waren mir in beratender Form behilflich. Die Arbeit umfasst 6'213 Wörter.*

## 7. Literaturverzeichnis

ANEBO: „*Dreissena polymorpha*“

<http://www.neozoenbodensee.de/neozoen/dreissena>

Version: 2012 letzter Abruf: 08.11.12

BIRDLIFE SVS: „*Neozoen und Neophyten – vom Menschen eingeführte standortfremde Arten*“

<http://www.birdlife.ch/content/neozoen-und-neophyten-%E2%80%93-vom-menschen-eingef%C3%BChrte-standortfremde-arten>

Version: 2012            letzter Abruf: 08.11.12

FENSKE, C. (2003): „*Die Wandermuschel (Dreissena polymorpha) im Oderhaff und ihre Bedeutung für das Küstenzonenmanagement*“

Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald 2003

[http://databases.euccd.de/files/documents/00000098\\_Fenske\\_DieWandermuscheimOderhaff.pdf](http://databases.euccd.de/files/documents/00000098_Fenske_DieWandermuscheimOderhaff.pdf)

Version: 2012            letzter Abruf 11.11.12

S.13	3.2 Lebensweise
S.14-16	3.3 Verbreitung
S.16	3.4 Lebenszyklus
S.18	3.6 Nahrungsspektrum
S.19	3.7 Prädatoren und Parasiten
S.20-21	3.8 Anheftung
S.96	6.5 Ansiedlung von Dreissena

KAD: Kunststoff Acryl Design GmbH: „*Kunststoff Lexikon*“

<http://www.plexiglas-klueh.de/kunststoff-lexikon.htm>

Version 2012            letzter Abruf: 08.11.12

KILGOUR, B.W. & MACKIE, G.L. (1996): “*Colonization of Different Construction Materials by the Zebra Mussel (Dreissena polymorpha)*”

Seite 160-180

J.W. GOETHE-UNIVERSITÄT FRANKFURT (2003): „*Ökonomische Folgen Ausbreitung von Neobiota*“

[http://user.unifrankfurt.de/~streit/public\\_html/PDFs%20von%20Veroeffentlichungen/OekonomFolgenNeobiota.pdf](http://user.unifrankfurt.de/~streit/public_html/PDFs%20von%20Veroeffentlichungen/OekonomFolgenNeobiota.pdf)

Version: 2012 letzter Abruf: 11.11.12

MARSDEN, J. ELLEN (1992): „*Zebra Mussel Study on Lake Michigan*“

Center for Aquatic Ecology

[https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/10454/inhscaev01992i00013\\_opt.pdf?sequence=2](https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/10454/inhscaev01992i00013_opt.pdf?sequence=2)

Version: 2012 letzter Abruf: 11.11.12

MEISENHEIMER, J. (1901): „*Entwicklungsgeschichte von Dreissena polymorpha Pall. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie 69*“

PROJEKT MUSCHELSEIDE (2004): „*Byssus*“

<http://www.muschelseide.ch/de/biologie/byssus.html>

Version: 2012 letzter Abruf: 08.11.12

ROTHHAUPT K. (2007): Präsentation: „*Neue Arten im Bodensee-Globalisierung auch in der Tierwelt ?*“

Universität Konstanz

<http://www.afww.uni-konstanz.de/files/07-11-Praesentation-Rothhaupt-downtown.pdf>

Version: 2007 letzter Abruf 08.11.12

SCHULZ, N (1980) : „*Die Wandermuschel im Keutschacher See*“

Kärtner Institut für Seenforschung

[http://www.landesmuseum.at/pdf\\_frei\\_remote/CAR\\_170\\_90\\_0549-0559.pdf](http://www.landesmuseum.at/pdf_frei_remote/CAR_170_90_0549-0559.pdf)

Version: 2012 letzter Abruf 08.11.12

SCHWEIZER FERNSEHEN (2008): Sendung: Schweiz aktuell ( 26.08.08): „*Invasion der Wandermuschel*“

<http://www.videoportal.sf.tv/video?id=195cd6b9-1b7a-413b-9994-27df86c965b8>

Version: 2012 letzter Abruf 08.11.12

SVU, ERWIN, J.: „*Invasive Neozoen, Die Wandermuschel*“ SVU

<http://www.neozoen.ch/html/dreissena/dreissena.htm>

Version: 2012      letzter Abruf 08.11.12

TRINKWASSER.CH: „Wasser als Lebensraum“

[http://www.trinkwasser.ch/dt/frameset.htm?html/wasserwelt/waswelt\\_wasserlebensraum\\_05.htm](http://www.trinkwasser.ch/dt/frameset.htm?html/wasserwelt/waswelt_wasserlebensraum_05.htm)

Version 2012      letzter Abruf: 08.11.12

WALZ, N. (1973): *Untersuchungen zur Biologie von Dreissena polymorpha PALLAS im Bodensee*. S.234-250

WALZ, N. (1975): „*Besiedlung von künstlichen Substraten durch Larven von Dreissena polymorpha*“ S.423-470

WIKIPEDIA: „*Wandermuschel*“

<http://de.wikipedia.org/wiki/Wandermuschel>

Version:2012      letzter Abruf 08.11.12

„*Die Quagga-Dreikantmuschel*“

<http://de.wikipedia.org/wiki/Quagga-Dreikantmuschel>

Version: 2012      letzter Abruf: 08.11.12

„*Quartär*“

[http://de.wikipedia.org/wiki/Quart%C3%A4r\\_%28Geologie%29](http://de.wikipedia.org/wiki/Quart%C3%A4r_%28Geologie%29)

Version: 2012      letzter Abruf: 08.11.12

„*Tertiär*“

<http://de.wikipedia.org/wiki/Terti%C3%A4r>

Version: 2012      letzter Abruf: 08:11.12

„*Salinität*“

<http://de.wikipedia.org/wiki/Salinit%C3%A4t>

Version:2012      letzter Abruf: 10.11.12

„*Byssus*“

<http://de.wikipedia.org/wiki/Byssus>

Version: 2012      letzter Abruf: 12.11.12



## 8. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1.1: Bild von Lars Peters „Zebra- oder Wandermuschel „  
<http://weichtiere.at/Muscheln/index.html?/Muscheln/kleinmuscheln.html>  
Version: 2012      letzter Abruf: 08.11.12
- Abbildung 1.2: ANEBO *Dreissena polymorpha* „Verbreitung im Bodensee“ Herbst 2011  
<http://www.neozoen-bodensee.de/neozoen/dreissena>
- Abbildung 1.3: ANEBO *Dreissena polymorpha* „Verbreitung im Bodensee“ Frühjahr 2012  
<http://www.neozoen-bodensee.de/neozoen/dreissena>
- Abbildung 1.4: Foto von Joel Bernhardsgrütter Bodensee Uhlandbucht 2012
- Abbildung 1.5: Christiane Fenske „*Die Wandermuschel (Dreissena polymorpha) im Oderhaff und ihre Bedeutung für das Küstenzonenmanagement*“ Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald 2003 S.16
- Abbildung 1.6: Christiane Fenske „*Die Wandermuschel (Dreissena polymorpha) im Oderhaff und ihre Bedeutung für das Küstenzonenmanagement*“ Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald 2003 S.20 3.8 Anheftung
- Abbildung 1.7: Prof. Dr. Karl-Otto Rothhaupt. Präsentation „*Neue Arten im Bodensee-Globalisierung auch in der Tierwelt ?*“ Daten der „Ornithologischen Arbeitsgemeinschaft Bodensee“.
- Abbildung 2.1: Skizze von Joel Bernhardsgrütter
- Abbildung 2.2: Skizze von Joel Bernhardsgrütter
- Abbildung 2.3: Foto von Joel Bernhardsgrütter Bodensee Uhlandbucht Horn Herbst 2012

- Abbildung 2.4: Foto von Joel Bernhardsgrütter Bodensee Uhlandbucht Horn Herbst 2012
- Abbildung 2.5: Foto zur Verfügung gestellt durch Peter Bronwasser
- Abbildung 3.1 Foto von Joel Bernhardsgrütter Bodensee Uhlandbucht Horn Sommer 2012
- Abbildung 3.2 Diagramm erstellt von Joel Bernhardsgrütter mit Microsoft Excel 2007
- Abbildung 3.3 Foto von Joel Bernhardsgrütter Herbst 2012
- Abbildung 3.4 Diagramm erstellt von Joel Bernhardsgrütter mit Microsoft Excel 2007
- Abbildung 4.1 Foto von Joel Bernhardsgrütter Bodensee Uhlandbucht Horn Herbst 2012
- Abbildung 4.2 Foto von Joel Bernhardsgrütter Herbst 2012
- Abbildung 4.3 Foto von Joel Bernhardsgrütter Herbst 2012
- Abbildung Titel Fotos von Joel Bernhardsgrütter im Bodensee 2012

## 9. Anhang

Resultate der Auszählung der Muscheln auf verschiedenen Materialien. Übertragen in Diagramm (siehe „Resultate“).

<u>Material</u>	<u>Anzahl Individuen</u> <u>1.Platte ( 4-6m)</u>	<u>Anzahl Individuen</u> <u>2.Platte ( 6-8m)</u>	<u>Anzahl Individuen</u> <u>im Durchschnitt</u>
<u>Tannenholz</u>	1'020 Individuen	621 Individuen	820 Individuen (± 16)
<u>Spanplatte</u>	756 Individuen	780 Individuen	768 Individuen (± 15)
<u>Holz weiss lackiert</u>	538 Individuen	167 Individuen	353 Individuen (± 7)
<u>Holz behandelt mit Öl</u>	331 Individuen	190 Individuen	261 Individuen (± 5)
<u>Spanplatte mit</u> <u>Kunststoffschiicht</u>	424 Individuen	222 Individuen	323 Individuen ( ±6)
<u>PVC</u>	800 Individuen	186 Individuen	493 Individuen ( ±10)
<u>Plexiglas</u>	86 Individuen	110 Individuen	98 Individuen ( ± 2)

Resultate der Gewichtsmessung der Muscheln auf verschiedenen Materialien. Übertragen in Diagramm (siehe „Resultate“)

<u>Material</u>	<u>Durchschnittsgewicht</u> <u>von 10 Individuen</u> <u>1.Platte (4-6m)</u>	<u>Durchschnittsgewicht</u> <u>von 10 Individuen</u> <u>2.Platte (6-8m)</u>	<u>Durchschnittsgewicht</u> <u>von 10 Individuen</u> <u>im Durchschnitt</u>
<u>Tannenholz</u>	0.44 g (± 0.01 g)	0.54 g (± 0.01 g)	0.49 g (± 0.02 g)
<u>Spanplatte</u>	0.55 g (± 0.01 g)	0.51 g (± 0.01 g)	0.53 g (± 0.02 g)
<u>Holz weiss lackiert</u>	0.60 g (± 0.01 g)	0.46 g (± 0.01 g)	0.53 g (± 0.02 g)
<u>Holz behandelt mit Öl</u>	0.60 g (± 0.01 g)	0.43 g (± 0.01 g)	0.51 g (± 0.02 g)
<u>Spanplatte mit</u> <u>Kunststoffschiicht</u>	0.59 g (± 0.01 g)	0.41 g (± 0.01 g)	0.50 g (± 0.02 g)
<u>PVC</u>	0.61 g (± 0.01 g)	0.53 g (± 0.01 g)	0.57 g (± 0.02 g)
<u>Plexiglas</u>	0.42 g (± 0.01 g)	0.44 g (± 0.01 g)	0.43 g (± 0.02 g)

Aufzählung der Materialien einer Tauchausrüstung, welche zur Durchführung der Versuche verwendet wurde.

- Nasstauchanzug 14mm
- Maske/Schnorchel
- Füsslinge
- Lungenautomat
- 2.Lungenautomat mit Finimeter und Inflatorschlauch
- Tauchcomputer
- Kopfhaube
- Tauchmesser
- Jacket
- Flossen
- Pressluftflasche