

# Besiedlungsstrategien der Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha* (PALLAS) in Salzburger Seen

von Heidelinde GRANIG, Paul JÄGER & Robert A. PATZNER (1999)

Mit 9 Abbildungen und 3 Tabellen

**Key words:** *Dreissena polymorpha*, Antifouling, Festsetzstrategien, *Dreissena*-Larven, Transekte, Besiedlungsmuster

## KURZFASSUNG

Die Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha* wurde durch ihr Massenaufreten in den letzten Jahren auch in den Salzburger Alpenvorlandseen zu einem großen Problem. Aus diesem Grund wurden Untersuchungen zum Vorkommen und zu Festsetzstrategien dieser Art durchgeführt. An vorderster Stelle stand die Frage, ob durch Bootsanstriche (Antifouling), ein Aufwuchs von Dreikantmuscheln verhindert werden kann. Zu diesem Zweck wurden im mesotrophen Wallersee und im oligotrophen Fuschlsee Festsetzversuche auf antifoulingbehandelten Oberflächen durchgeführt. Planktonproben und Unterwasseruntersuchungen sollten ein Bild über Vorkommen und Häufigkeiten dieser Muschel geben. Besiedlungsmuster auf Holzpfählen wurden im Mattsee, und Grabensee aufgenommen. Die fünf getesteten Antifoulingsubstrate zeigten im Wallersee mäßige bis starke Besiedlung durch *D. polymorpha*, während im Fuschlsee die mit Wirkstoffen behandelten Würfel kaum besetzt waren. Bei den Planktonuntersuchungen zeigte es sich, dass die Häufigkeit der Dreikantmuschel im Wallersee mit einem Maximum von 27 Larven pro Liter im Juli, deutlich größer war als im Fuschlsee, wo nur ein Maximum von 2 Veligerlarven pro Liter im Juni erreicht wurde. Der Wallersee hat einen schlammigen Boden. Hier siedeln die adulten Dreikantmuscheln auf harten Substraten wie Großmuschelschalen, Rohrleitungen und Steinen in großer Dichte in geringer Wassertiefe. Im Fuschlsee haben die Dreikantmuscheln aufgrund des Hartbodens und der häufigen Armleuchteralge (*Chara* sp.) mehr Möglichkeiten sich festzuheften. Die größte Anzahl an Muscheln (über 16.000 pro Substratquadratmeter) gab es in 2 m Tiefe. Bei der Untersuchung von Holzpfählen im Mattsee fand man, dass *D. polymorpha* bevorzugt an Stellen sitzen, die vor zu starker Sonnenbestrahlung und Wellenschlag schützen und wo außerdem *Dreissena*-fressende Wasservögel erschwert hingelangen.

## ABSTRACT

A project was initiated by the order of the "Salzburger Landesregierung" to examine the occurrence and byssal attachment of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. One part of the project discusses observations of mussel attachment on antifouling-mantled artificial surfaces, which have been placed in the Lake Wallersee and Lake Fuschlsee for a few months. Furthermore plankton samplings and transects investigate abundance and densities of the larval and adult form of *D. polymorpha* in both lakes. The other part of the project examines the pattern of adult mussel populations on wooden piles of landing-stages in Lake Mattsee and Lake Grabensee. No mussel appeared on the five tested antifouling surfaces in Lake Fuschlsee. The antifouling AF 4 coating in Lake Wallersee shows more *D. polymorpha* than the control surface without any antifouling. A maximum of 27 larvae per liter in July and a maximum of only 2 per liter in Lake Fuschlsee already in June are an example of differences in the mussel abundance of these two lakes. In Lake Wallersee hard substrates are rare, so adult mussels form clumps on these surfaces. In Lake Fuschlsee there are stones and the algae *Chara* sp. which offer enough possibilities for settlement.

The observations of wooden piles in Lake Mattsee indicate that mussels prefer sun-protected areas as well as low water current and safe places from predators (waterfowls).

## GLIEDERUNG

1. EINLEITUNG.....	75
1.1. Ökologie von <i>D. polymorpha</i>	75
1.2. Larvenentwicklung	75
1.3. Ausbreitungsstrategien	75
1.4. Problematik	76
1.4.1 Schäden durch <i>D. polymorpha</i>	76
1.4.2 Ziel der Untersuchung	76
2. MATERIAL UND METHODE .....	76
2.1 Antifoulingbehandelte Holzwürfel als Festsetzobjekte für <i>Dreissena</i> -Larven	76
2.2 Planktonproben	78
2.3 Häufigkeit von <i>D. polymorpha</i>	78
2.4 Aufwuchsmuster	78
3. ERGEBNISSE .....	79
3.1 Antifoulingbehandelte Würfel	79
3.1.1 Besiedlung durch <i>Dreissena</i> -Larven	79
3.1.2 Algenbewuchs	79
3.2 Planktonproben	82
3.3 Häufigkeit von <i>D. polymorpha</i>	83
3.3.1 Wallersee	83
3.3.2 Fuschlsee	84
3.4 Aufwuchsmuster	85
3.4.1 Mattsee	85
3.4.2 Grabensee	85
4. DISKUSSION.....	86
4.1 Aufwuchswürfel	86
4.1.1 Zeitliches Auftreten der Larven	86
4.1.2 Besatz der Antifoulingwürfel	86
4.1.3 Präferenz für bestimmte Würfelseiten	87
4.2 Plankton	87
4.2.1 Zeitliches Auftreten der Larven	87
4.2.2 Larvenanzahl und -größe	88
4.3 Häufigkeiten	89
4.4 Tiefenverteilung	89
4.5 Aufwuchsmuster	89
4.6 Limitierende Faktoren	89
4.6.1 Chemisch-physikalische Parameter	90
4.6.2 Räuber	90
4.6.3 Intraspezifische Konkurrenz	90
4.6.4 Möglichkeiten der Bekämpfung	90
5. ZUSAMMENFASSUNG .....	91
6. DANKSAGUNG .....	92
7. LITERATUR.....	92

# 1. Einleitung

Die Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha* wird auch Zebra- oder Wandermuschel genannt, was auf ihr Aussehen (Zick-Zackstreifung) bzw. ihr Verhalten zurückzuführen ist. Der Beiname *polymorpha* weist auf die Variabilität in Farbmuster und Form hin (MORTON 1969). In den letzten 200 Jahren ist sie über die Binnenschifffahrt und künstlichen Kanäle, und in den letzten Jahrzehnten vor allem durch den Tourismus aus dem Gebiet des Kaspischen und Schwarzen Meeres nach Mitteleuropa vorgedrungen (FRANK 1995). Laufend werden neue aquatische Lebensräume von diesem Eindringling besetzt (MÜLLER 1981).

In Österreich wurde die Dreikantmuschel das erste Mal 1870 in der Alten Donau bei Wien gefunden, wohin sie durch einen Bagger vom Suezkanal verschleppt worden war (ZAUNICK 1917). Im Bundesland Salzburg konnte sie das erste Mal 1977 in der Fuschler Ache nachgewiesen werden (HADL et al. 1978). Später wurde sie auch im Wallersee sowie im Mattsee, Obertrumer See und Grabensee dokumentiert (PATZNER et al. 1992a, 1992b).

## 1.1 Ökologie von *D. polymorpha*

Die Dreikantmuschel wird bis zu 4 cm lang und kann in einzelnen Fällen ein Alter bis zu 10 Jahren erreichen (MÜLLER 1981). Es scheint, dass unterschiedliche Lebenserwartung, die in verschiedensten Seen notiert wurde von der Temperatur abhängt. In wärmeren Gewässern leben Mollusken kürzer als in kälteren (STANCZYKOWSKA 1963).

Bei Massenbesiedlung kann eine Dichte von bis zu 30.000 Individuen/m<sup>2</sup> erreicht werden (KLEE 1971). Die größten Populationen finden sich im litoralen und sublitoralen Bereich zwischen 2 und 12 m Tiefe (STANCZYKOWSKA 1964, 1977).

Die Dreikantmuschel hat unter den Süßwassermuscheln eine einzigartige Stellung, da ihre Larven freischwimmend sind und so zu einer weiten Verbreitung beitragen. Mit Proteinfäden, die vom Byssusapparat sekretiert werden, haften die adulten Tiere auf festen Unterlagen. Die Zebromuschel ernährt sich filtrierend von Partikeln, die kleiner als 0,05 mm sind. Im Magen von *D. polymorpha* findet man unter anderem Bakterien, einzellige Grünalgen, Flagellaten, Kieselalgen, aber auch Protozoen, Wimperlarven sowie abgestorbene organische Teile (KLEE 1971). In ihrer Filtertätigkeit liegen die positiven Effekte der Dreikantmuschel. Massenpopulationen haben eine große Fähigkeit Wasser zu reinigen. In Gewässern, die oft sehr trübe sind, kann eine Massenpopulation von Dreikantmuscheln in bestimmter Tiefe eine Schicht

von sehr klarem Wasser verursachen (1 bis 2 m hoch), die durch die Filtertätigkeit hervorgerufen wird (ZICK, unveröff.). Die Angaben in der Literatur über die Filtrieraten von Dreikantmuscheln schwanken zwischen 2 ml und 1,2 l pro Muschel pro Stunde, was vor allem darauf beruht, dass die Filtertätigkeit von vorhandenen gelösten Stoffen im Gewässer bestimmt wird, temperaturabhängig ist und eine sigmoide Beziehung zur Schalenlänge aufweist (KLEE 1971; NOORDHUIS et al. 1992). Ein weiterer Nutzen in Ökosystemen, wo *D. polymorpha* reichlich vorhanden ist, ist die Tatsache, dass sie eine an Proteinen und Kalzium reiche Futterressource für wirtschaftlich interessante Fische und Wasservögel darstellt (CLAUDI & MACKIE 1994).

## 1.2 Larvenentwicklung

Die erste beschaltete Form ist die „D-shape Veliger“, danach entsteht die „Veliconcha“, wobei es keine klar definierten Übergänge gibt. Die Zwischenform wurde mit „D-shape Großform“ betitelt. Das „Pediveliger“-Stadium bildet das letzte im Leben der Larve, das nach dem Siedeln zum Adulttier wird (ACKERMAN et al. 1994). Das Übergangsstadium zur Pediveliger bezeichnet man als „Veliconcha Großform“. Einer der ausschlaggebenden Punkte für das erste Erscheinen der Larven ist die Wassertemperatur, die oberhalb von 12 °C liegen muss (CLAUDI & MACKIE 1994). Bis zu 5 Wochen können sich die Larven im Plankton aufhalten (ACKERMAN et al. 1994). Dabei wachsen die Larven von etwa 50 µm Ausgangsgröße bis über 300 µm. Das Auswählen der Unterlage muss nicht endgültig sein. Dreikantmuscheln können ihre Byssusfäden abstoßen und sich wieder durch Wasserströmungen im Freiwasser treiben lassen (STANCZYKOWSKA 1977).

## 1.3 Ausbreitungsstrategien

Vorteile sind die große Anzahl der Eier (ein Weibchen kann bis zu 1 Mill. Eier in zwei Jahren abgeben) (WALZ 1978), freischwimmende Larven, einige Tage lang im trockenen Zustand überdauerungsfähig, Anheftung durch Byssusfäden an Schiffen (Verbreitung als „blinder Passagier“), Verbreitung auch durch Wasservögel (STANCZYKOWSKA 1977). Sogar Angler haben zur Verbreitung in Kiesweihern beigetragen, indem sie einige als Angelköder verwendete Muscheln freiließen (PATZNER et al. 1992b).

Die Dreikantmuscheln haben große ökologische Toleranzen (STANCZYKOWSKA 1977). Sie sind an verschiedene Temperaturbereiche adaptiert (Italien bis Schweden), sie werden in Seen mit stark veränderbaren Säuregehalten und Kalziumwerten

gefunden, weiters in statischen aber auch variablen Fließgewässern, in oligotrophen, aber auch eutrophen Gewässern sowie im Brackwasser. Zebrauscheln halten auch Umweltverschmutzungen stand, obwohl sie in stark belasteten Gewässern nicht vorkommen. Bei ungünstigen Bedingungen können sie ihre Schalen bis zu zwei Wochen schließen (CLAUDI & MACKIE 1994). Am wichtigsten für Wachstum und Reproduktion sind Temperatur, Kalzium-Gehalt und pH-Wert, weniger wichtig Nährstoffe wie Phosphorgehalt, Sichttiefe und Sauerstoff (RAMCHARAN et al. 1992).

## 1.4 Problematik

### 1.4.1 Schäden durch *D. polymorpha*

Die Dreikantmuschel hat sich so stark verbreitet, dass sie gebietsweise zu einem großen Problem geworden ist. Sie setzt sich an Steinen und Pfählen fest, wodurch Reusen und Fischernetze zerstört werden. Auch durch direktes Besiedeln der Netze können große Schäden entstehen. An Badestränden verursachen sie Schnittverletzungen bei direktem Kontakt (PATZNER et al. 1992b). Die Lage von Bojen kann sich verändern, wenn Klumpen von *D. polymorpha* sie in die Tiefe ziehen. Auch die Großmuschelfauna ist bedroht, da sich die Dreikantmuschel auf Teich- und Malermuscheln festsetzen und diese schließlich zum Absterben bringen (PATZNER & MÜLLER 1996). Weiters sind industrielle Anlagen gefährdet, die Brauchwasser aus Gewässern beziehen, in denen *D. polymorpha* auftritt. Die sehr kleinen Larven (50 µm), schlüpfen durch die

meisten Siebe und Filteranlagen, und setzen sich in den Rohrleitungen fest, was zu einer Verstopfung führt (SIESSEGGGER 1971). Andererseits korrodieren Eisen und Stahlkonstruktionen unter Wasser, an denen tausende Muscheln mit ihren Byssusfäden haften, schneller, weil sich Bakterien zwischen der Unterlage und den Fäden ansiedeln und durch anaerobe Respiration Säurekomponenten produzieren, die den Stahl bzw. das Eisen angreifen (CLAUDI & MACKIE 1994). Weiters verursachen die angehefteten Tiere große Probleme an Schiffen und Booten. Nicht nur das Entfernen kostet viel Zeit und Geld. Festsitzenden Muscheln bremsen die Boote und verursachen höhere Treibstoffkosten.

### 1.4.2 Ziel der Untersuchung

Es wurden bisher verschiedene Versuche unternommen, um Schäden durch die Dreikantmuscheln zu vermindern oder durch Bekämpfung die Art erst gar nicht auftreten zu lassen (Übersicht bei CLAUDIE & MACKIE 1994). Physikalische, chemische und biologische Methoden wurden versucht. Bisher wurde jedoch kein wirklich effektives Mittel gefunden. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Wirksamkeit von Bootsanstrichen (Antifouling) auf ihren Bewuchs hin zu testen, und durch Substratuntersuchungen und Planktonproben mehr über das Vorkommen der Dreikantmuschel in den Salzburger Seen zu erfahren. Die Untersuchung von Pfählen sollte zeigen, in welcher Weise sich diese Muschel an im Wasser befindlichen Objekten anheftet und wie sich Sonnenbestrahlung oder Strömung auf den Bewuchs auswirken.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Antifoulingbehandelte Holzwürfel als Festsetzobjekte für *Dreissena*-Larven

Jeweils 6 Holzwürfel aus Lärchenholz (fünf antifoulingbehandelte und ein Kontrollwürfel mit einfacher Grundierung) mit den Maßen 10 x 10 x 10 cm wurden Anfang Mai 1998 im Wallersee und Fuschlsee eingesetzt (Abb. 1). Da die beiden Seen in ihrer Produktivität sehr unterschiedlich sind, wurden sie zum Vergleich ausgesucht. Die Standorte wurden so gewählt, dass die Versuchsanordnung über den Beobachtungszeitraum ungestört bleiben konnte.

Der im Salzburger Alpenvorland liegende **Wallersee** (nordöstlich der Stadt Salzburg) ist ein mesotropher See, mit einer maximalen Tiefe von 23,3 m und einer Fläche von 6,1 km<sup>2</sup>. Seit den 1960er Jahren stark mit Nährstoffen belastet, wurde seine Wasserqualität durch Maßnahmen wie Ringkanalisation und

Düngeverordnung deutlich besser (JÄGER 1986). Die Würfel wurden im Bereich des Strandbades Seekirchen etwas abseits vor dem Schilfgürtel gegenüber der Fischach, am äußeren Rand des Schwimmblattgürtels ausgesetzt (Abb. 1). Ausrichtung der Würfel: 30° West.

Der **Fuschlsee** (östlich der Stadt Salzburg) ist als oligotroph einzustufen. Er ist 66,9 m tief und hat eine Fläche von 2,65 km<sup>2</sup>. Der gesamte Wasserkörper erreicht nie so hohe Temperaturen wie der Wallersee (JÄGER 1986). In der Bucht vom Schloss Fuschl in unmittelbarer Nähe der Fischerei, etwa 20 m vom Ufer entfernt (Abb. 1). Ausrichtung der Würfel: Norden.

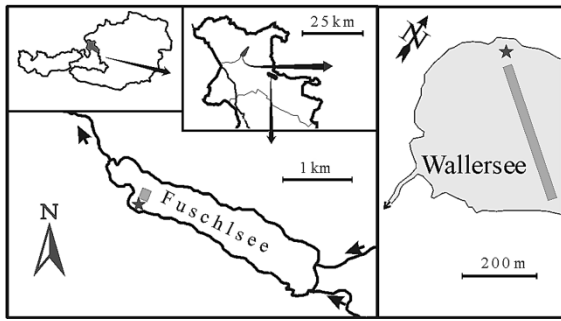


Abb. 1: Lage der ausgesetzten Würfel (Sterne) im Fuschl- und Wallersee. Die grauen Linien zeigen die Transekte, an denen die Häufigkeiten aufgenommen wurden.

**Grundierung für alle Würfel:** Teerfreie Epoxidgrundierung.

**Kontrollwürfel:** Leicht bernsteinfarbenes und niedrigviskoses, flüssiges Epoxidharz und schneller Härter (Formulierung von Polyaminen von mittlerer Viskosität) als Grundmaterial für Gemische und als Anstrich für den Kontrollwürfel.

**Antifoulinganstrich 1 (AF 1):** Selbstpolierendes, zinnfreies Antifouling, basierend auf einem Acryl-Binder; es erfüllt alle Anforderungen der geltenden Umweltbestimmungen.

**Antifoulinganstrich 2 (AF 2):** Selbsterodierendes Hartantifouling auf Kupfer-Copolymerbasis, mehr aktive Inhaltsstoffe.

**Antifoulinganstrich 3 (AF 3):** Hartantifouling

**Antifoulinganstrich 4 (AF 4):** Basiert auf Wasser; harte, bürstenfeste Beschichtung, eignet sich für geringe bis mittlere Bewuchsverhältnisse, polierfest.

**Antifoulinganstrich 5 (AF 5):** Reibungsarmes, dünnschichtiges Teflon-Antifouling; superglatte Oberfläche, ohne organische oder fettlösende Gifte.

In etwa monatlichen Abständen (von Mai bis Oktober) wurden die Würfel auf Bewuchs von Algen und die Besiedlung durch *D. polymorpha* auf den einzelnen Würfelseiten überprüft. Bei größeren Mengen wurde die Anzahl geschätzt. Zugleich wurden die Lufttemperatur, die Temperatur an der Wasseroberfläche und im Bereich der Würfel sowie der Wasserstand über den Würfeln gemessen.

Anfang Dezember 1998 wurden die Würfel aus den Seen entfernt und in eine Fixierlösung (Glutaraldehyd-Formaldehydgemisch) überführt. Danach wurden die einzelnen Seiten der Würfel endgültig auf ihren Bewuchs untersucht und die Anzahl der festsitzenden *D. polymorpha* ausgezählt.

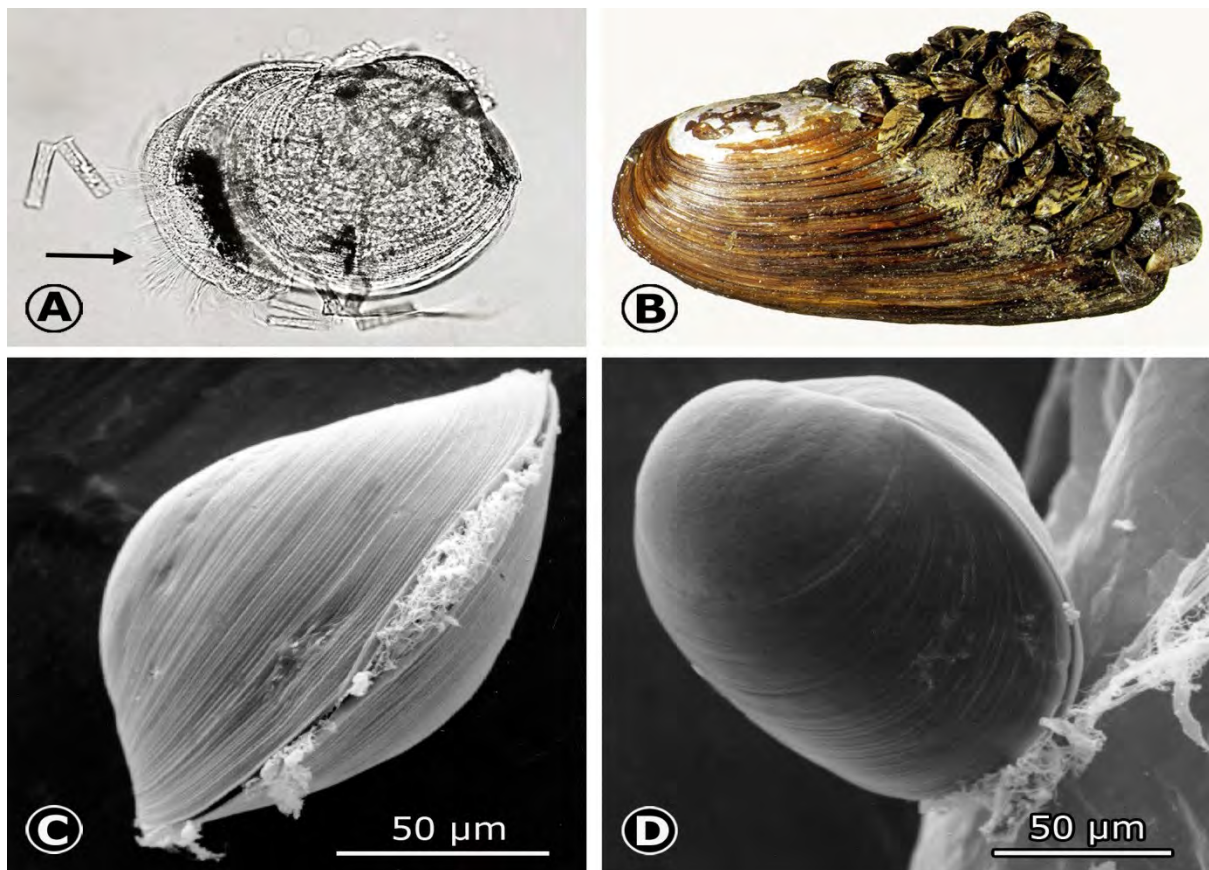


Abb. 2. A *Dreissena Velicorcha* Großform (Höhe 200 µm) mit Wimpernkranz (Velum, Pfeil) und Kiesalgenartefakten, aus dem Wallersee. B Klumpen von *Dreissena* auf *Anodonta cygnea* aus dem Wallersee. C REM-Bild einer juvenilen *Dreissena*, Byssusfäden zwischen den Schalen sichtbar. D wie C, mit Byssusfäden am Substrat angeheftet.

## 2.2 Planktonproben

Ende März 1998 und monatlich von Mai bis Oktober wurden Planktonproben mit einem Netz (Maschenweite 50 µm) eingeholt. Im Wallersee wurde das Plankton über dem tiefsten Bereich des Sees geholt, im Fuschlsee in der Bucht, in der die Aufwuchswürfel standen. Es wurden Vertikalzüge von 12 bis 0 m Tiefe gemacht. Ein Teil wurde lebend ausgezählt, der Rest in 10 %igem Formaldehyd fixiert und dann ausgezählt. Einige Larven wurden vermessen (Höhe und Länge). Aus der Durchflussmenge des Planktonnetzes wurde die Anzahl der Larven pro Liter errechnet. Aus der Oktoberprobe des Wallersees wurden einige Lebendfotos gemacht (Abb. 2A).

Juvenile *Dreissena* im ersten Stadium nach der planktonischen Phase wurden mit einem Glutaraldehyd-Formaldehydgemisch fixiert und im Rasterelektronenmikroskop untersucht (Abb. 2C, D)

## 2.3 Häufigkeit von *D. polymorpha*

Im Wallersee wurde im Oktober 1998 einige Stunden lang ein Transekt nach *D. polymorpha* abgesucht (Abb. 1). Da hier schlammiges Substrat vorherrscht, wurde besonders nach Klumpen (Abb. 2B) von Dreikantmuscheln auf Steinen, Großmuscheln, und anderen Hartsubstraten geachtet. Funde stammen aus den Tiefen 0,5 m, 1 m, 1,5 m, 2,5 m, 3,5 m und 5 m. Darunter wurde kein Klumpen gefunden. Die Individuen einiger Klumpen wurden ausgezählt.

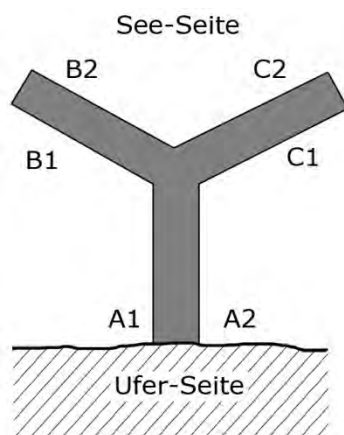


Abb. 3. Bootssteg im Mattsee  
Blickrichtung Nordost

Im Fuschlsee wurden im September und Oktober 1998 Tiefen von 0,5 m, 1 m, 2 m, 4 m, 6 m und 8 m auf *Dreissena*-Vorkommen überprüft. Die Breite des Transekts betrug 25 m. Der Fuschlsee fällt hier bereits nach wenigen Metern steil ab. Taucherinnen brachten sämtliches Substrat von einer Fläche von 50 x 50 cm (je 6 x pro Tiefenstufe bis zu 6 m Tiefe, 1 x aus 8 m Tiefe) zum Auszählen ins Boot. In 0,5 m Tiefe waren noch Steine als Substrat vorherrschend, ab 1 m Tiefe überwog die Armleuchteralge *Chara* sp. als Aufwuchssubstrat für die Muschel. Die Fläche des Aufwuchssubstrates wurde vermessen.

## 2.4 Aufwuchsmuster

Im Mattsee (neben Bootsverleih Steiner) und Grabensee (Campingplatz Pernau) wurden Pfähle von Bootsstegen auf ihren *Dreissena*-Bewuchs untersucht. Die Wassertiefe, Lage des Bewuchses, Windrichtung, Wellenexposition sowie Bewuchs auf die verschiedenen Himmelsrichtungen bezogen, wurde aufgenommen. Aufnahmezeitpunkte: Herbst 1998 im Mattsee, Frühjahr 1999 im Grabensee.

Im Mattsee wurden 24 von 70 Pfählen eines Steges untersucht (Abb. 3). Pro Stegseite (A 1 bis C 2) wurden 4 Pfähle ausgesucht und beschrieben. Die Wassertiefe zum Zeitpunkt der Aufnahme schwankte von 90 cm in Ufernähe bis 150 cm an den einzelnen Pfählen. Wind von Nordwest. Im Grabensee waren es 20 Pfähle, verteilt auf alle Stegseiten (Abb. 4). Die Seiten E, F und G besaßen Metallverkleidungen an den Holzpfählen

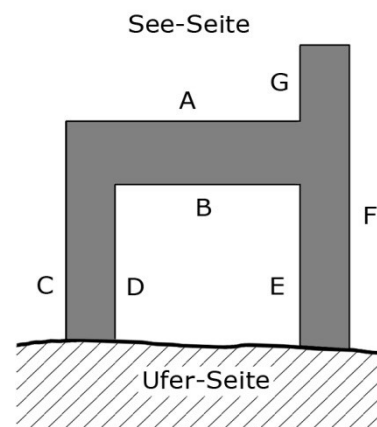


Abb. 4. Bootssteg im Grabensee  
Blickrichtung Südost

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Antifoulingbehandelte Würfel

##### 3.1.1 Besiedlung durch *Dreissena*-Larven

**Kontrollwürfel:** Die Muscheln auf den beiden Würfeln waren eher randständig in der Nähe der Kanten zu finden. Ende August wurden im **Wallersee** die ersten festhaftenden *D. polymorpha*-Individuen gezählt. Es waren ca. 120 Exemplare (maximal 4 mm), wobei etwa 80 davon auf der Unterseite zu finden waren. Auf der Vorderseite fanden sich 4, auf der Rückseite 5, und auf der Oberseite 30 Muscheln. Im September stieg die Anzahl auf der Oberseite auf 50 Exemplare an und sank dann wieder auf 9 und schließlich auf 4 Muscheln im Dezember. Die Anzahl auf der Unterseite blieb im September bei ca. 80 Individuen konstant. Im Dezember waren es nur noch 66 gezählte Exemplare (2 – 14 mm groß) (Abb. 5B). Auf der Vorderseite waren im September ca. 80 Muscheln zu finden, danach aber keine mehr. Die Rückseite war nie mit mehr als 7 Tieren besetzt. Im Dezember waren es noch 5. Auf den Seiten waren nur im Dezember 2 Muscheln zu sehen. Im **Fuschlsee** wurden die ersten Dreikantmuscheln (30 auf der Unterseite) am 20. August entdeckt. Ende August waren es auf der Unterseite bereits über 140, die kleinsten mit 2 mm und wenige große mit 6 mm Länge. Die Oberseite wies 10, die Rückseite 2 Exemplare auf. Zu späterem Zeitpunkt waren auf der Oberseite sowie auf der Rückseite keine *D. polymorpha* mehr zu finden. Auch die Vorderseite blieb frei von *D. polymorpha*. Die Anzahl auf der Unterseite sank im September auf ca. 100 und im Dezember wurden noch 96 Exemplare gezählt (1 - 11 mm Größe) (Abb. 5C).

**Antifoulinganstrich 1 (AF 1):** Auf diesem Würfel setzten sich während der ganzen Periode im **Wallersee** nur 3 Exemplare fest (im Dezember 10, 7 und 3 mm groß). Sie saßen an der Unterseite des Würfels, wo mit einer Schraubenmutter der Würfel befestigt war. Im **Fuschlsee** wurde keine *D. polymorpha* gefunden.

**Antifoulinganstrich 2 (AF 2):** Der Würfel blieb bis auf ein 11 mm großes Exemplar auf der Unterseite des **Wallersee**würfels im Dezember unbesetzt.

**Antifoulinganstrich 3 (AF 3):** Im **Wallersee** wurden im Dezember auf der Unterseite 7 Exemplare mit Größen von 3 bis 15 mm gefunden. Aber auch nur an der Stelle, wo die Befestigungsmutter saß. Im **Fuschlsee** fand sich nach dem Beobachtungszeitraum keine Dreikantmuschel. Im August konnte an der Würfelunterseite ein größeres Exemplar auf einer Köcherfliegenlarve beobachtet werden, die später wieder verschwand.

**Antifoulinganstrich 4 (AF 4):** Auf diesem Würfel wurden bereits Ende August die ersten festsitzenden Muscheln (maximal 4 mm) im **Wallersee** beobachtet. Die meisten befanden sich auf der Unterseite (>200 Individuen). Auf der Rückseite wurden 2, auf der Oberseite 10 und auf den Seiten wurden ebenfalls 10 Muscheln gezählt. Die Anzahl stieg während des Sommers an. Im September wurden insgesamt mehr als 340 Tiere gezählt, wobei die meisten auf der Unterseite zu finden waren. Erst im Dezember sank die Anzahl der Muschel auf den Würfelseiten (Abb. 5D): 335 Exemplare (2 – 14 mm), wobei 259 auf der Unterseite zu finden waren, auf der Oberseite 12, auf der Vorderseite 11, Rückseite 7 und auf den beiden Seiten zusammen 35. Im **Fuschlsee** wurde nur im Dezember eine Dreikantmuschel zwischen Köcherfliegenlarven auf der Unterseite gefunden (Abb. 5E).

**Antifoulinganstrich 5 (AF 5):** Im **Wallersee** wurden Ende September 2 Muscheln auf der Unterseite entdeckt, die sich aber wieder lösten. Im **Fuschlsee** wurde eine Muschel innerhalb einer Eiergallerte auf der Unterseite Ende August gefunden, auch hier war später keine Dreikantmuschel mehr zu finden.

##### 3.1.2 Algenbewuchs

Oberseitige Ablagerungen, die von der Kalkfällung herrühren, waren sehr häufig. Die Unterseiten wurden im **Fuschlsee** allgemein von Köcherfliegenlarven (Abb. 5C, E) genutzt und blieben von Algen verschont.

**Kontrollwürfel:** Hier gab es den meisten Bewuchs im **Wallersee** und **Fuschlsee**, wobei im letztgenannten See das Algenwachstum allgemein sehr gering war. Es fanden sich Grünalgenagallerten, orange-braune Algenkugeln, Kieselagen, fädige Grünalgen, kugelige Blaualgen in Gallerte, geschlungene breite Grünalgenbänder, insgesamt sehr viele Grünalgenfäden: *Ulothrix* sp., *Cladophora* sp., braune Bänder, wenige Blaualgen. Insgesamt alles gemischt.

Anfang Juli war der Würfel im **Wallersee** noch nicht sehr bewachsen. Jedoch ca. 2 Monate nach dem Einsetzen wurde starker Bewuchs auf allen Seiten festgestellt und Ende August waren alle Seiten bereits einige Millimeter dick mit Algen überzogen. Die Vorderseite hinkte mit dem Bewuchs etwas nach. Im **Fuschlsee** gab es Mitte September noch unter 10 % Bewuchs auf der Oberseite, Pilzspuren an Vorder- und Seiten. An der Unterseite wurden nur geringe

Spuren von Algen gefunden. Am Ende der Beobachtungssaison war der Bewuchs mit 10 % auf der Rückseite und Oberseite eigentlich sehr gering. Die Seiten hatten 5 % Algen, Vorder- und Rückseite waren von einem Pilz bewachsen.

**Antifoulinganstrich 1 (AF 1):** Stellte den Würfel mit dem geringsten Bewuchs dar. Algengruppen: Mehr Kieselalgen als auf dem AF 3 Würfel, sehr viele Formen. *Cymbella* sp., sternförmige Kolonien, Grünalgen: kleine kugelige Chlorococcales, *Pediastrum* sp., einige braun-orange gefärbte Fäden und kugelige in Gallerten.

Erst nach über 4,5 Monaten (Ende September) im Wallersee an der Unterseite 10 % Algen, an der Oberseite 50 % Ablagerungen. Vorderseite: 10 % Algen, Rückseite nichts. Bis zum Dezember stieg an der Unterseite der Algenbewuchs auf 50 %. Sonst nur geringfügig. Im Fuschlsee Ende September 50 % Ablagerungen auf der Oberfläche, im Dezember 30 % Bewuchs auf der Oberseite, Seiten 5 %, sonst unter 5 %.

**Antifoulinganstrich 2 (AF 2):** Algengruppen: Nicht so viele Kieselalgen, braun orange Ketten, wenig Grünalgen, kugelige und fädige, und Blaualgengallert. Bis auf vermehrte Ablagerungen auf der Oberseite ab September blieb der Algenbewuchs im Wallersee sehr gering bei 10 %, an der Unterseite etwas mehr (40 %). Erst im Dezember stieg der Bewuchs auf 80 – 90 % an wobei am meisten auf der Vorder- und auf den Seitenseiten los war. Im Fuschlsee 60 % Bewuchs und Ablagerungen Ende September auf der Oberseite, im Dezember 30 % auf Oberseite, Seiten 50 %, Rückseite 50 %, Vorderseite 40 %.

**Antifoulinganstrich 3 (AF 3):** Grünalgen dominierten, kugelige Formen und kugelige mit Gallerten, wenig Blaualgen in Gallerten, nur wenig fädige Grünalgen (sehr klein und dünn). Büschelförmige Kieselalgen und verschiedenste pennate Formen wie *Tabellaria* sp., *Eunotia* sp., *Fragilaria crotonensis*, *Navicula* sp., *Synedra* sp. und andere.

Hier wurden im Wallersee auch erst im September vermehrt Algen beobachtet, an der Unterseite am wenigsten mit nur 10 %. Ober und Rückseite wiesen 80 % auf. Vorderseite 20 % und Seiten mit 60 %. Die Unterseite blieb am wenigsten bewachsen bis zum Dezember, wo aber der Bewuchs allgemein anstieg,

bis auf 80 %. Fuschlsee Ende August bereits wenig Grünalgenpunkte, Mitte September bereits 50 % Grünalgen auf der Oberseite, sonst nur Pünktchen von Grünalgen auf den anderen Seiten, außer auf der Unterseite. Ende September: 60 % auf Oberseite, Vorder- und Rückseite Pünktchen, Seitenseiten 5 % Grünalgen, Unterseite nichts. Im Dezember auf Oberseite geringer Bewuchs unter 10 %, auf den restlichen Seiten 5 % außer auf der Unterseite.

**Antifoulinganstrich 4 (AF 4):** Zeigte im Wallersee sehr starken Bewuchs, im Fuschlsee hingegen fast nichts. Es fanden sich viele verschiedene kugelige und fädige Grünalgen, kugelige Blaualgen, viele verschiedene Diatomeen.

Im Wallersee bereits am 11. 07. 1998 nach 2 Monaten leichter Bewuchs (mehr als auf den anderen Antifoulingwürfeln), auf der Unterseite. Mitte September bereits 80 – 90 % Bewuchs auf den einzelnen Seiten, und 100 % Ablagerungen auf der Oberseite. Im Fuschlsee Mitte September bereits 60 % Bewuchs auf der Oberseite, sonst geringfügig. Ende September: 90 % auf der Oberseite inklusive Ablagerungen, sonst geringfügig. Im Dezember 100 % auf der Oberseite, Seiten 5 % sonst weniger als 5 %.

**Antifoulinganstrich 5 (AF 5):** Allgemein wenig Grünalgen, Kieselalgen auch büschelige Formen, kugelige grüne in Gallerte, wenig fädige, wenig großkugelige, viele sternförmige Kolonien, mehr braune Kugeln, kugelige Blaualgen.

Hier begann im Wallersee vermehrter Bewuchs auch im September. An der Ober- und Vorderseite war am

meisten Bewuchs, an der Unterseite nur 10 %. Rückseite: 20 %. Auch an den Seiten war bis zu 80 % Bewuchs feststellbar. Ende September war der Bewuchs schon sehr hoch, mit 80 % auf der Vorderseite und 100 % auf der Oberseite. Rückseite: 10 %. Im Dezember erreichten die Algen 90 % Bewuchs außer 40 % auf der Vorder- und 60 % auf der Rückseite. Fuschlsee 13.09: 60 % auf Oberseite, Ende September 10 %, im Dezember Oberseite 50 %, Rückseite 10 %, Seitenseiten 5 %, Vorderseite nichts.

Es gab keine Präferenz der Algengroßgruppen auf bestimmten Würfeln, nur die Anzahl und Menge war unterschiedlich. Allgemein ein sehr gemischtes Gefüge. Nur fädige Grünalgen waren bevorzugt am Kontrollwürfel und am VC–Aqua Würfel.



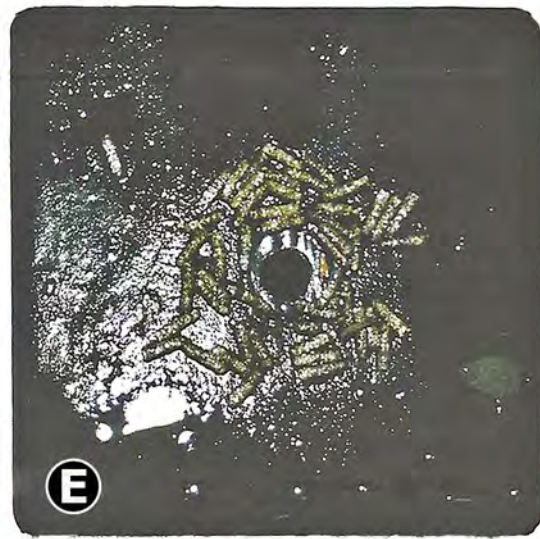
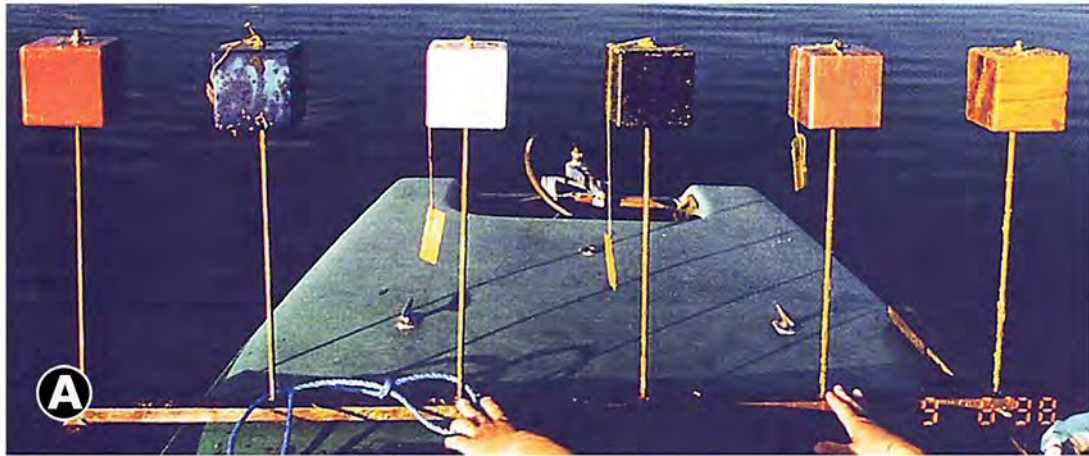


Abb. 5: **A** Versuchsanordnung der Antifoulingwürfel. Von links nach rechts: Seeguardian, Mikron CSC, MPX, VC-Aqua 12, VC 17m, Kontrollwürfel. **B** Unterseite des VC-Aqua Würfels aus dem Wallersee. Dezember 1998. Deutlich von *Dreissena* besiedelt. **C** Unterseite des VC-Aqua Würfels aus dem Fuschlsee. Dezember 1998. Köcherfliegenlarven um die Mitte zentriert. **D** Unterseite des Kontrollwürfels aus dem Wallersee. Dezember 1998. Starker Algenbewuchs und *Dreissena*. **E** Unterseite des Kontrollwürfels aus dem Fuschlsee. Dezember 1998. Köcherfliegenlarven und *Dreissena*, sehr wenig Algen.

### 3.2 Planktonproben

Im März wurden weder im Wallersee noch im Fuschlsee *Dreissena*-Larven festgestellt. Im Sommer zeigten sich beträchtliche Unterschiede zwischen den beiden Seen in der Häufigkeit der Larven. Im **Wallersee** betrug die höchste Anzahl im Plankton 27 Larven/Liter im Juli (Abb. 6), während die Anzahl im **Fuschlsee** mit 2 Larven/Liter schon ihr Maximum im Juni erreichte (Abb. 7).

Die Temperaturen erreichten im Mai in beiden Seen schon über 15 °C (Abb. 6, 7), ausreichend für das Erscheinen der ersten Larven. Ende März lag die Temperatur im Wallersee bei 6,6 °C und im Fuschlsee bei 4,2 °C. Die Maximaltemperatur wurde im

Wallersee am 28. Juli mit 22,4 °C, und im Fuschlsee am selben Tag mit 20,3 °C gemessen. Ende Juni bis Ende August erreichten die Larvenanzahlen ihr Maximum. Im Wallersee fällt die Larvenanzahl im Plankton von Ende August bis Ende September stark ab (auf 1/8). Mit 2 Larven pro 100 Liter Seewasser Ende Oktober im Fuschlsee und 7 pro 100 Liter im Wallersee ging die Schwärmzeit der Larven zu Ende. Tabelle 1 zeigt die Abmessung einiger Larven (siehe Abb. 2A). „D-shape Großform“ und „Veliconcha Großform“ bilden die Übergänge einzelner Larvenstadien, da es keine scharfen Abgrenzungen dazwischen gibt.

Tab. 1: Höhe (H) und Länge (L) einzelner Larvenstadien von Planktonproben aus dem Wallersee und Fuschlsee.  
\* alle vergemessenen Larven hatten die gleich Größe

See (Datum)	Messung	D-shape	D-shape Großform	Veliconcha	Veliconcha Großform	Pediveliger
Wallersee (28.07.)	H (µm)	82 - 118	153 - 141	141 - 177	188 - 222	200 - 259
	L (µm)	106 - 141	141 - 165	188 - 212	212 - 235	235 - 283
Fuschlsee (28.07.)	H (µm)	71 - 94	118*	141 - 165	188 - 212	224 - 235
	L (µm)	71 - 118	141*	165 - 188	200 - 235	235 - 259
Wallersee (24.09.)	H (µm)	94 - 129		141 - 165	188 - 200	235*
	L (µm)	118*		177 - 188	212 - 235	235 - 271
Wallersee (24.08.)	H (µm)	71 - 118	129 - 153	165 - 188	188 - 259	259*
	L (µm)	94 - 153	165 - 177	188 - 222	212 - 282	282 - 282

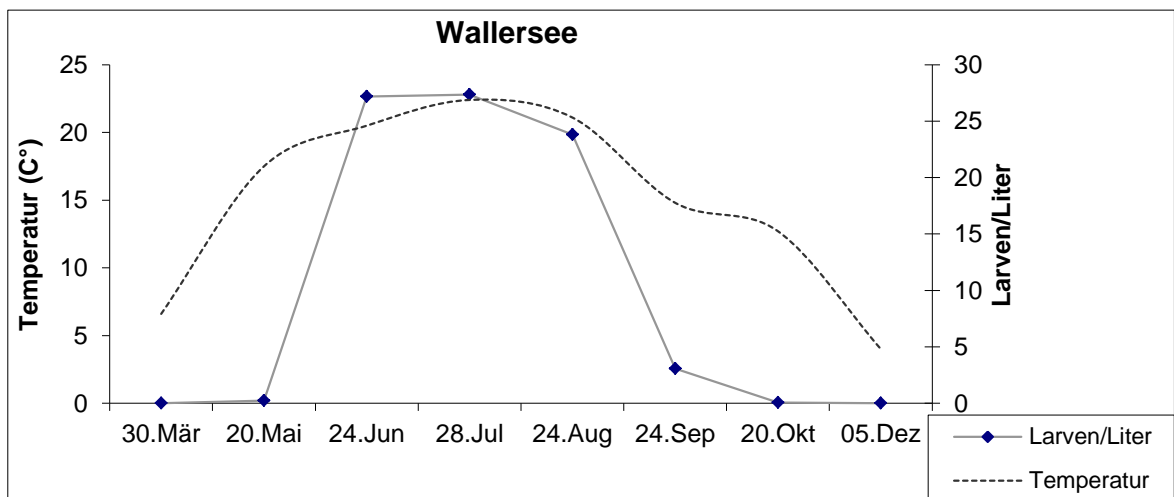


Abb. 6: *Dreissena*-Larven/Liter im Wallersee und Temperatur an der Wasseroberfläche

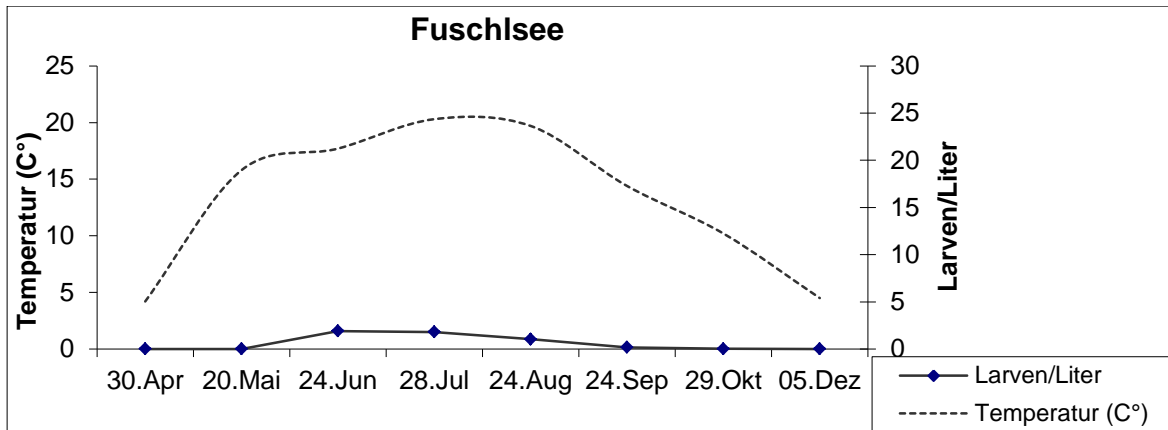


Abb. 7: *Dreissena*-Larven/Liter im Fuschlsee und Temperatur an der Wasseroberfläche

### 3.3 Häufigkeit von *D. polymorpha*

#### 3.3.1 Wallersee

Beschreibung des Transekts:

**0,5 m:** Klumpen direkt nebeneinander, stecken im Schlamm

Stein 1: 3.080 cm<sup>3</sup>, große Exemplare mit 3 bis 3,5 cm, mit Algen bewachsen, lebend, kleinere Exemplare mit 0,5 cm, viele abgefressene Muscheln. Stein 2: 512 cm<sup>3</sup>, große, teilweise tote Exemplare mit bis zu 4 cm Länge und mehr als 100 kleinere mit 1 bis 1,5 cm Länge.

**1 m:** Alle Klumpen sind auf *Anodonta cygnea*. *Anodonta*: im Mittel 13 cm lang und 5,8 cm breit: große Exemplare mit 2,5 bis 4 cm Länge, kleinere mit 0,2 bis 0,5 cm Länge.

**1,5 m:** Klumpen auf *Anodonta* und auf größeren *Dreissena*-Exemplaren  
*Anodonta*: über 50 Tiere mit 2,5 bis 3,5 cm. Auf jeder großen *D. polymorpha*: bis zu 20 kleinere Exemplare; Tiere, die sich im Schlamm befinden sind abgestorben und bilden neues Substrat für andere Exemplare.

**2,5 m:** *Anodonta*: 14 cm lang 7 cm breit, darauf größeres Exemplar mit 3,5 bis 3,8 cm Länge, auf den größeren Exemplaren befinden sich Jungtiere von 0,5 bis 0,6 mm Länge. Außerdem unzählige diesjährige Exemplare > 0,2 mm.

**3,5 m:** Größe eines Klumpens (alle sind etwa gleich groß): 490 cm<sup>3</sup>, größere Exemplare (3,5 - 4 cm), kleinere mit 1,5 bis 1,8 cm Länge, über 200 Exemplare, die von diesem Jahr stammen mit 0,2 bis 0,6 cm Länge.

**5 m:** Rohrleitung (neu), wenige Exemplare am Rand, vereinzelt kleinere Klumpen auf *Dreissena*: 352 cm<sup>3</sup> groß: Großtiere (3 - 4 cm), wobei die unteren abgestorben waren, Kleinere (1,3 - 2 cm), von diesem Jahr (0,3 - 0,5 m),

**6,4 m:** weder Muscheln, noch brauchbares Substrat vorhanden.

Die Häufigkeit der *Dreissena*-Klumpen wurde in vier Stufen unterteilt:

- Häufigkeit 0: keine Muschel wurde gefunden
- Häufigkeit 1: ein *Dreissena*-Klumpen auf etwa 100 m<sup>2</sup>
- Häufigkeit 2: ein Klumpen auf etwa 10 m<sup>2</sup>
- Häufigkeit 3: ein Klumpen auf etwa 1 m<sup>2</sup>
- Häufigkeit 4: mehrere Klumpen innerhalb 1 m<sup>2</sup>

Die größten Häufigkeiten wurden bis 1 m Tiefe festgestellt, unterhalb von 6 m Tiefe wurden keine lebenden Exemplare mehr gefunden (Tab. 2).

Tab. 2: Häufigkeit der *Dreissena*-Klumpen und Anzahl der adulten Tiere pro Klumpen in den einzelnen Tiefen.

Tiefe (m)	Häufigkeit Klumpen	Aufwuchssubstrat	<i>Dreissena</i> -Anzahl/Klumpen
0,5	4	Steine, Holz, <i>Anodonta</i> , <i>Dreissena</i>	226
1	4	<i>Anodonta</i>	175
1,5	3	<i>Anodonta</i> , <i>Dreissena</i>	1000
2,5	1	<i>Anodonta</i>	334
3,5	2	<i>Anodonta</i> , <i>Dreissena</i>	275
5	1	<i>Dreissena</i>	149
6,4	0		



### 3.3.2 Fuschlsee

Beschreibung des Transekts:

**0,5 m:** Steine und Kies herrschen vor. Die Muscheln befanden sich innerhalb eines Rahmens bevorzugt auf Steinen, ab einer Größe von ca. 8 x 5 cm. Dabei versammeln sie sich eher randständig auf der Oberseite, bzw. auf den Seiten der Steine. Es wurden einige abgerissene Byssusbüschel gefunden.

**1 m:** Steine und Armelechteralgen *Chara* sp. werden als Substrat verwendet. Deshalb wurde hier die Anzahl der Muscheln einmal auf das Substrat Steine bezogen und einmal auf die Armelechteralge (Tab. 3). Steine werden zum Festsetzen bevorzugt. Auch hier abgerissene Byssusfäden. In den Algenbeständen sind oft abgestorbene noch nicht sehr große (1 cm) Dreikantmuscheln zu finden.

**ab 1,5 m:** Nur noch *Chara* als Unterlage für das Festhaften der Veliger.

**2 m:** Hier finden sich die größten Anzahlen von Muscheln mit über 16.000 Individuen pro Substratquadratmeter.

**in 2, 4 und 6 m:** Die Bestände von *Chara* sind teilweise sehr dicht. Hier halten sich die Tiere vor allem an den Nodien der Pflanze auf.

**8 m:** Nur ein Rahmeninhalt mit 580 ausgezählten Tieren. Die Höhe der Pflanzen beträgt hier über 1 m.

Die Anzahl der Tiere wurde einerseits auf die Fläche des Rahmens (Bodenfläche) bezogen, und andererseits auf das in dem Rahmen ausgemessene Substrat, welches nicht regelmäßig verteilt war (Tab. 3).

Tab. 3: Anzahl von *D. polymorpha* in jeweils 6 Messrahme (50 x 50 cm) pro Tiefenstufe. In der letzten Spalte wurde die Anzahl der Muscheln auf die Fläche des im Rahmen ausgemessenen Substrates bezogen.  
\* Mittelwerte, \*\* Stein/*Chara*

Tiefe (m)	<i>Dreissena</i> /Rahmen	<i>Dreissena</i> /m <sup>2</sup> *	<i>Dreissena</i> /Substrat-m <sup>2</sup> *
0,5	3 - 30	60	220
1	25 - 114	257	1014/1543**
2	173-850	1331	16106
4	50 - 1.500	1513	1347
6	4 - 786	974	1035

### 3.4 Aufwuchsmuster

#### 3.4.1 Mattsee

Die Pfähle wiesen alle ein ähnliches Muster auf (Abb. 8, 9).

Beschreibung der Pfähle:

**A 1:** Vom Seegrund nach oben sind Exemplare von *D. polymorpha* rundherum meist flächendeckend bis 100 cm unter der Wasseroberfläche vorhanden. Darüber befinden sich vereinzelte Tiere, oder Klumpen auf der Steg zugewandten Seite im Sonnen- und Wellenschatten, bis im Durchschnitt 58 cm unter der Wasseroberfläche. Die größten Klumpen sind 5 x 5, bzw. 10 x 5 cm groß und bis 2 cm tief.

**A 2:** Auf dieser Seite des Steges findet sich kein *Dreissena*-Band rund um den Pfahl. An der dem See zugewandten Seite (Sonnenseite) sitzen nur vereinzelte Muscheln. Auf der Schattenseite befinden sich Klumpen oder Einzeltiere bis 46 cm unter der Wasseroberfläche. Die Klumpen haben eine Tiefe von 3 bis 4 cm.

**B 1:** *Dreissena* flächendeckend rundherum nur ganz am Boden, auf Vorderseite vereinzelt. Im Sonnenschatten Klumpen bis 5 cm Tiefe bis 62 cm unter der Wasseroberfläche. Mehr Muscheln auf der dem Steg zugewandten Seite.

**B 2:** Nur bei einem Pfahl ein dicker *Dreissena*-Ring bis 90 cm Tiefe. Sonst auf Nordseite und Stegseite ein dichter Ring. Auf der Südseite vereinzelte Tiere. Vermehrter Bewuchs auf der Stegseite. Klumpen bis 80 cm unter der Wasseroberfläche, auch auf der Sonnenseite, wo die Pfähle im Schatten des Steges stehen.

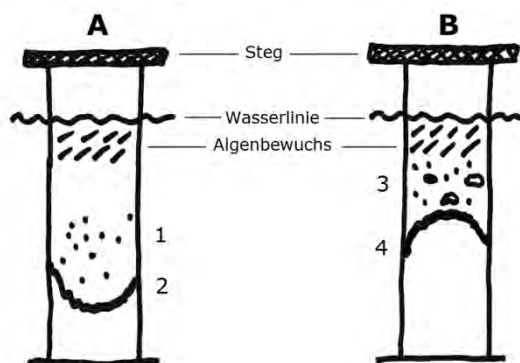


Abb. 8. A Pfählvorderseite (Sonnenseite), B Pfählrückseite (Schattenseite); mit entsprechendem *Dreissena*-Aufwuchs. Wassertiefe 90 bis 150 cm. 1 = *Dreissena* vereinzelt (bis 80 cm unter der Wasserlinie), 2 = *Dreissena*-Band (bis ca. 110 cm unter der Wasserlinie); 3 *Dreissena*-Klumpen und vereinzelt (bis 40 cm unter der Wasserlinie); 4 = *Dreissena*-Band (bis 80 cm unter der Wasserlinie).

**C 1:** Nur am Boden oder bis 120 cm unter der Wasseroberfläche auf der Vorderseite *Dreissena*-Exemplare. Vereinzelt auf der Seeseite oder tiefer deckend. Klumpen, aber nur einzelne auf der Stegseite bis 60 cm unter der Wasseroberfläche, oder deckend bis 80 cm auf der Stegseite.

**C 2:** Flächendeckend rundherum bis 110 cm unter der Wasseroberfläche. Auf der Seeseite manchmal nicht so weit nach oben. Kleine Klumpen mit meist nur 5 bis 6 Adulttieren auf der Stegseite, bis 70 cm unter der Wasseroberfläche.

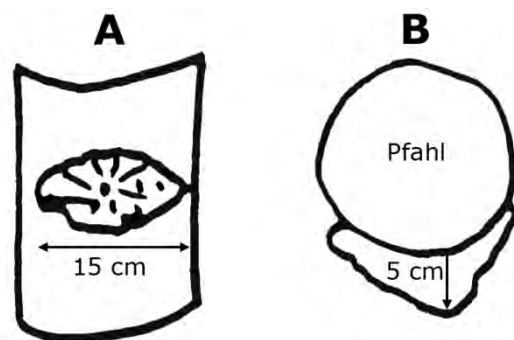


Abb. 9: Klumpen mit adulten *Dreissena* auf einem Holzpfahl. A Frontalansicht, B Aufsicht.

#### 3.4.2 Grabensee

Im Grabensee ergab sich ein anderes Bild. Hier wurden nahezu keine *Dreissena* auf den Pfählen gefunden. Der Wasserspiegel ist hier niedriger als im Mattsee. Die Pfähle sind an der tiefsten Stelle 170 cm hoch. Der Wasserstand schwankt extrem im Jahresverlauf. An den tiefsten Stellen ist der Wasserstand 130 cm hoch. An vielen Pfählen wurden keine Muscheln gefunden. Sie sind jedoch mit Algen überzogen. Vereinzelt Muscheln fanden sich auf der Außenseite des Stegsystems (Abb. 4: A), auf der sonnenabgewandten Seite der Holzpfähle und auf der Seite B (Abb. 4). Im seichten Bereich fanden sich einige kleine Muscheln am Boden der Pfähle (0,5 mm lang). Klumpen wurden keine gefunden. Einige Pfähle hatten eine Metallverkleidung als Schutz. Unter dem übergreifenden Teil war rundherum *D. polymorpha* festgehaftet.

## 4. Diskussion

### 4.1 Aufwuchswürfel

Die Larven von *D. polymorpha* können sich bis zu fünf Wochen oder länger im Plankton aufhalten (ACKERMAN et al. 1994). In flachen Wasserstellen erfolgt aufgrund des schnelleren Temperaturanstiegs eine frühere Eiablage, als im Tiefenwasserbereich (STANCZYKOWSKA 1977). Die erste Unterlage an der sich Pediveliger niederlassen, muss nicht die endgültige sein, wenn die Ortsbedingungen nicht die idealen sind (z. B. toxische Stoffe auf Unterlagen) (CLAUDI & MACKIE 1994). Meist lösen sich die Postveliger wieder los und gelangen durch Wasserströmungen erneut ins Plankton. Man sieht dies in der schwankenden Anzahl von *D. polymorpha* auf den einzelnen Würfelseiten, auch können sie auf der Würfeloberfläche umherkriechen und diese auch wieder verlassen (WALZ 1975).

#### 4.1.1 Zeitliches Auftreten der Larven

Der Besiedlungszeitraum liegt in beiden Seen ähnlich, da die Larven zu ähnlichen Zeiten entstanden sind. Dies ist vor allem von der Temperatur oberhalb 12 °C abhängig (CLAUDI & MACKIE 1994) und das war in beiden Seen ab Mitte Mai gegeben. Nur die Anzahl der Larven ist unterschiedlich. WALZ (1975) gibt den Hauptbesiedlungszeitraum im September an. Im **Fuschlsee** wurden am 20. August auf dem Kontrollwürfel auf der Unterseite zum ersten Mal *Dreissena*-Larven mit dem freien Auge entdeckt. Etwa 30 Exemplare befanden sich zu diesem Zeitpunkt auf der Würfelfläche. Das größte maß 6 mm, die meisten hatten eine Größe von über 2 mm. Die kleinsten unter 2 mm waren mit der Lupe gut zu erkennen. Die Larven benötigen 3 bis 5 Wochen um ins Besiedlungsstadium zu gelangen und setzen sich mit einer Größe von ca. 0,3 mm fest. Sie wachsen im Mittel 0,10 bis 0,15 mm/Tag (CLAUDI & MACKIE 1994). Demnach müsste die größte Muschel von 6 mm sich bei Annahme einer Wachstumsrate von 0,10 bzw. 0,15 mm pro Tag 5 bis 8 Wochen vorher festgesetzt haben. Die meisten mit 2 mm 11 bis 17 Tage vorher. Daraus ergibt sich, dass die meisten Larven sich in den ersten Augusttagen auf dem Kontrollwürfel festsetzten. Bei einer maximalen Schwärmzeit der Veliger von 5 Wochen im Plankton bedeutet dies, dass Ende Juni, Anfang Juli eine größere Kohorte von Larven entstanden ist. Das wurde auch durch die Juni-Planktonprobe belegt, die im Fuschlsee ihren Maximalwert von 2 Larven/Liter erreichte. Aber da schon im Mai Larven gesichtet wurden, sind auch frühere Anheftungen möglich, was auch die größeren Muscheln auf dem Würfel anzeigen.

Die ersten *Dreissena*-Larven, die im **Wallersee** entdeckt wurden (31. August), hatten eine Größe von

bis zu 4 mm. Nach der obigen Überlegung haben sich hier die Pediveliger, vor gut 3,5 bis 5 Wochen, also Ende Juli, Anfang August festgesetzt. Dies ist der Zeitraum in dem erhöhte Larvenanzahlen festgestellt wurden. Die ersten Larven auf den Würfeln könnten aus den Kohorten von Ende Juni stammen. Die meisten, der am 31. August gesichteten Exemplare sind jedoch kleiner, das heißt, sie siedelten erst später. Die größten Muscheln, die sich im Dezember auf den Würfeln befanden, waren im Wallersee mit 15 mm etwas größer als im Fuschlsee mit 11 mm. Dies könnte auf unterschiedliche Wachstumsraten in den beiden Seen zurückzuführen sein, wobei Futterressourcen und Temperatur die größte Rolle spielen (RAMCHARAN et al. 1992). In beiden Fällen wären diese Muscheln schon wieder fähig Eier und Spermien anzulegen, die im folgenden Frühjahr abgegeben werden könnten (WALZ 1973).

#### 4.1.2 Besatz der Antifoulingwürfel

Im **Wallersee** sticht der schwarze AF 4 -Würfel besonders hervor. Mit 200 Exemplaren an der Würfelunterseite Ende August übertrifft er den Kontrollwürfel mit nur 80 sichtbaren *Dreissena*-Exemplare bei weitem. Bis zum Beobachtungsende im Dezember zeigt der AF 4 -Würfel an der Unterseite die größte Präferenz zur Muschelanhftung. AF 1, AF 2 sowie AF 3 bleiben bis auf die Würfelunterseite im Dezember von *Dreissena*-Besiedlungen verschont. Vielleicht spielt die schwarze Farbe, die ja vermehrt Wärme speichert, eine besondere Rolle bei der Auswahl des Substrates. Über die Farbe des Antifouling im Zusammenhang mit dessen Wirkung wurde bereits viel diskutiert. Während manche meinen dunkle Farbtöne sind besser, behaupten andere, dass für den Bewuchs die Farbe überhaupt keine Rolle spielt und was den tierischen Befall angeht weiß man, dass Muscheln, Würmer, etc. Grün eher meiden. Antifouling-Produzenten glauben, dass Antifouling auf Kupferoxidbasis in den Farben Rot und Braun am besten wirken und begründen dies mit dem Festkörpergehalt. Eine hohe Beimengung von Farbpigmenten bei Weiß zum Beispiel, geht auf Kosten der Wirkstoffe. Bei allen anderen Antifouling spielt die Farbe keine Rolle (DULLER 1997).

Verwunderlich ist jedoch die große Anzahl von Muscheln auf der Unterseite des AF 4 - Würfels. Da hier auch der Algenbewuchs sehr stark ist, könnte die Wirkung des Antifouling auf die Dreikantmuscheln unterbunden worden sein. Im Fuschlsee (siehe unten) waren aber weder mehr Algen noch Dreikantmuscheln auf diesem schwarzen Würfel vorhanden. Dies liegt in der unterschiedlichen Eutrophierung der beiden Gewässer.

Im **Fuschlsee** wurde nur der Kontrollwürfel besiedelt. Auf den anderen Würfeln findet man über die Beprobungsperiode nur Köcherfliegenlarven, wenig Algen sowie Ablagerungen auf der Oberfläche. Ab und zu verirrt sich einige Exemplare auf die Befestigungsmuttern, im Zentrum von Würfelober- und Unterseite, da sie hier nicht in direktem Kontakt mit dem Anstrich kamen. Jene Muscheln, die sich doch auf die Oberfläche eines Antifoulings wagten, verließen diese wieder. Alle Anstriche wirkten abwehrend auf die Pediveliger. Das mag auch damit zusammenhängen, dass genügend anderes geeigneteres Substrat für die ohnehin nur in Spitzenzeiten 190 Larven pro 100 Liter Wasser vorhanden war. Die sich festsetzenden Muscheln können flexibler in der Auswahl einer festen Unterlage sein. Die Sichttiefe ist im Fuschlsee wesentlich größer als im Wallersee. Algen und auch adulte Dreikantmuscheln sind phototaktisch negativ. Von den getesteten Antifoulingwürfeln hatte AF 1 die beste Abwehr gegen die Algen. AF 4 war von Anfang an im Wallersee sehr bewachsen, im Fuschlsee hingegen nicht. Die restlichen Würfel bekamen erst Ende der Saison vermehrten Bewuchs. In einem Antifouling-Langzeittest (DULLER 1997) in Österreich schnitt AF 1 deutlich besser ab, als der AF 4 Anstrich.

#### 4.1.3 Präferenz für bestimmte Würfelseiten

Im **Wallersee** war nur die Oberseite des AF 4 und des Kontrollwürfels besiedelt, und zwar geringer als Vorder- und Rückseite. Ab September ist die Tendenz auf der Oberseite sinkend. Wie bereits erwähnt können sich festgesetzte Muscheln wieder lösen, falls die Bedingungen ungünstig werden. Die niederen Temperaturen im November könnten die Muscheln dazu veranlassen sich loszulösen, was im Winter vor allem bei adulten Tieren oft beobachtet wurde, die der Gefahr des Gefrierens ausgesetzt wurden (SPRUNG 1992).

Auch die Unterseiten zeigen im Dezember niedrigere Zahlen an festgesetzten Muscheln.

Auf den AF 5 - Würfel fanden sich im September zwei Exemplare auf der Unterseite. Sonst blieb dieser Würfel von Dreikantmuscheln verschont. Auffällig sind auch die 80 Exemplare auf der Vorderseite des Kontrollwürfels im September, wobei an den folgenden Beobachtungszeitpunkten keine einzige Muschel mehr an dieser Seite vorhanden war. Dies könnte daran liegen, dass aus dem Plankton ein Schwarm von Veligerlarven an diese Würfelseite, die ja kein Antifouling besitzt, angeströmt wurde, nach einiger Zeit erwies sich diese dem offenem See zugewandte Seite als nicht geeignet, und die Muscheln verließen sie wieder. Die größte Anzahl an Muscheln (400 Exemplare) wurde auf der Unterseite

des schwarzen AF 4-Würfels am 26. September beobachtet.

Im **Fuschlsee** wurde Ende August, wo vermehrt Larven Aufwuchssubstrat suchten, nur die Oberseite des Kontrollwürfels einmal von Muscheln besiedelt, die aber wieder verschwanden. Auffallend ist hier auch die Nutzung der Unterseite durch die Muscheln, die nur auf dem Kontrollwürfel zu beobachten war. Auf den Vorderseiten wurden überhaupt keine Muscheln gesichtet. Dies könnte daran liegen, dass hier vermehrter Wellenschlag die Metamorphose der Muschellarven zu Adulttieren stört. Die größten Mortalitätsraten treten in der Zeit des Siedelns auf (ACKERMANN et al. 1994).

Die bevorzugte Nutzung der Unterseiten lässt sich aus dem Verhalten der Muschel in der Natur erklären. Sie schützen sich vor zu starker Sonneneinstrahlung, und wählen eher die Schattenseiten und Unterseiten von Gesteinen (STANCZYKOWSKA 1977). Auch sind sie so vor Fressfeinden besser geschützt. Auch bei WALZ (1973) und bei MORTON (1969) setzten sich die Larven bevorzugt auf den Unterseiten ausgelegter künstlicher Festwuchssubstrate fest. Im Fuschlsee ist die Eindringtiefe des Sonnenlichtes sehr hoch. Dies erkennt man am Algenbewuchs, der auf den Würfeln im Fuschlsee sehr spärlich ist, und im Wallersee aber teilweise sehr ausgiebig.

## 4.2 Plankton

### 4.2.1 Zeitliches Auftreten der Larven

In den Märzproben 1998 aus dem Fuschl- und Wallersee waren noch keine *Dreissena*-Larven festzustellen. Ab einer Wassertemperatur von 12 °C können Muschelveliger im Plankton auftreten (CLAUDI & MACKIE 1994). Im Fuschlsee und Wallersee traten die ersten Larven im Mai in Erscheinung. In der Literatur werden sehr unterschiedliche Angaben über den Beginn der Schwärmzeit gemacht. Im Bodensee stellte WALZ (1973) erst Ende Juni die ersten Larven im Plankton fest. Zur aktuellen Eiablage muss eine bestimmte Wassertemperatur überschritten sein. BREITIG (1969) spricht von 13 bis 16 °C. Die Eizellen und Spermien müssen aber schon vorher entwickelt sein und auf Abruf bereit liegen. Die Angaben in der Literatur sind unterschiedlich für die Initiierung der Eiabgabe in den verschiedensten Seen. Man kann die Werte nicht übertragen, sondern nur Temperaturbereiche zwischen 12 °C und 16 °C angeben. Dreikantmuscheln sind ökologisch sehr anpassungsfähig. In sehr kalten Seen kann die auslösende Temperatur für die Reproduktion niedriger sein. Natürlich ist dies nicht der einzige Faktor, der bei der Entwicklung der Eier und Spermien zu Veligerlarven eine Rolle spielt. Trophiegrad, Kalzium, sowie pH-Wert sind auch

noch wichtig, wobei in den untersuchten Seen ausreichend Kalzium für das Schalenwachstum vorhanden ist (RAMCHARAN et al. 1992).

#### 4.2.2 Larvenanzahl und -größe

Die Anzahl von Dreikantmuscheln im Seenplankton erwies sich in den beiden untersuchten Seen als sehr unterschiedlich. Ende Mai liegt die Anzahl der Larven im Wallersee bei 0,2 Larven pro Liter, im Fuschlsee bei 0,01 pro Liter. Danach steigt die Anzahl der Larven stark an. Im Wallersee wird im Juli die höchste Anzahl mit 27 Larven in einem Liter Wasser erreicht. Im Fuschlsee ist die maximale Anzahl der Larven pro Liter Seewasser bereits mit 2 im Juni erreicht. Auch hier die höchsten Werte in den Monaten Juni, Juli, August. Für die niedrigen Larvenzahlen im Fuschlsee sprechen das allgemein geringere Vorkommen der Dreikantmuschel, weniger Futterressourcen für die Entwicklung und niedrigere Temperaturen. Die Mortalitätsraten sind wahrscheinlich höher und wirken sich hier verstärkt auf die Populationen von *D. polymorpha* aus, da Planktonfresser die Larven als willkommene Proteinquellen nutzen. Anheftungssubstrat ist genügend vorhanden.

Zum Vergleich aus Daten des Landes geht hervor, dass am 17. Juni 1997 die Larvenanzahl im Obertrumer See, der zu den Salzburger Alpenvorlandseen gehört; 6,2 Individuen pro Liter erreicht wurden. Am 8. September desselben Jahres lag die Larvenanzahl bei 14,3 pro Liter. Auffallend hier noch 5,5 Larven pro Liter am 1. Dezember 1997, wobei wahrscheinlich noch höhere Wassertemperaturen eine Rolle spielten.

Die kleinsten gemessenen Larven maßen 71 µm, die größten 282 µm. Im Fuschlsee wurden allgemein kleinere Exemplare beobachtet als im Wallersee, was mit der Wassertemperatur zusammenhängen könnte, die im Fuschlsee etwas geringer ist als im Wallersee. Auch ist der Fuschlsee weniger nährstoffreich. In wärmeren Gewässern erfolgt die Entwicklung schneller als in kälteren (CLAUDI & MACKIE 1994). Da sich die Temperaturen in den beiden Seen aber nur geringfügig unterscheiden (die Schwärmzeiten der Veliger sind ähnlich früh anzusetzen), ist die Entwicklung zum Adulttier eher von trophischen Faktoren abhängig. BREITIG (1965) stellte in einem flachen See Larven von 90 bis 220 µm Größe fest. In einigen masurischen Seen, die auch nur Wassertiefen bis zu 20 m haben, maßen HILLBRICHT-ILKOWSKA & STANCZYKOWSKA (1969) Larven zwischen 80 und 200 µm Länge. Bei WALZ (1973) waren die kleinsten Larven 80 µm groß und die größten um die 300 µm. SIESSEGGGER (1971) gibt die kleinsten Larven im Plankton mit 50 µm an.

### 4.3 Häufigkeiten

Im Wallersee bilden die Muscheln Aggregate (Klumpen) auf den zur Verfügung stehenden festen Unterlagen, was in dem Fall Teichmuscheln, Steine, Holzstücke oder Müll darstellen. Die Besiedlungsdichte der Dreikantmuscheln ist hier um ein Vielfaches höher als im Fuschlsee, wo fast flächendeckend geeignetes Anheftungssubstrat vorhanden ist. In den dortigen Algenbeständen sind sie unregelmäßig verteilt, bilden jedoch keine Klumpen, da genügend festes Substrat zum Anhaften vorhanden ist. KOUTNIK & PADILLA (1994) fanden einen signifikanten Zusammenhang zwischen Landschaftscharakteristiken und den *Dreissena*-Dichten im Lake Wisconsin. Ziel war es, das Muschelvorkommen oder die Abwesenheit in Seen mit ähnlichen räumlichen Beschaffenheiten vorherzusagen. RAMCHARAN et al. (1992) verwendeten für ihr ähnliches Vorhaben vor allem chemische Daten, die für die Dreikantmuschel von Bedeutung sind. Es wurden alle europäischen Daten gesammelt. Sie fanden heraus, dass das Vorkommen und die mittlere Dichte von *D. polymorpha* eng mit der Wasserchemie korrelieren. *D. polymorpha* wurde in keinem See mit pH-Werten unter 7,3 und Kalziumwerten unter 28,3 mg/l gefunden. Außerdem waren die *Dreissena*-Dichten negativ korreliert zu den Konzentrationen der Algennährstoffe Phosphat und Nitrat. Kalzium ist zum Schalenaufbau und anderen physiologische Prozessen notwendig. Das Vorkommen oder die Abwesenheit der Dreikantmuschel in aquatischen Lebensräumen ist aber ein Zusammenspiel vieler Faktoren, die nicht nur chemischer Natur sind (Predatoren, ausreichend Nahrung, Umweltverschmutzung). Ökologische Faktoren könnten eher die Dichte beeinflussen, als die physiologische Toleranz.

Im **Wallersee** sinkt die Häufigkeit der *Dreissena*-Klumpen mit zunehmender Tiefe. Im flachen Bereich steckt ein Klumpen neben dem anderen. PATZNER et al. (1992a) fanden bei der Untersuchung der Großmuschelfauna im Wallersee eine einzige Dreikantmuschel. Innerhalb weniger Jahre stieg ihre Anzahl jedoch explosionsartig. Zum Großteil haften die Wandermuscheln in Kolonien auf den Großmuscheln (PATZNER, unveröff.). HUNTER & BAILEY (1992) weisen eine starke negative Korrelation zwischen der Dreikantmuschel-Biomasse und der Häufigkeit lebender Unionidae nach. Details über die Besiedlung von *D. polymorpha* auf Najaden finden sich bei PATZNER & MÜLLER (1996).

Im **Fuschlsee** sitzen in den Beständen der Armeleuchteralge (*Chara* sp.) nur kleine Wandermuscheln mit Längen nicht viel größer als 1 cm. Allgemein liegt die Größe der gefundenen Muscheln um einiges unter denen im Wallersee. Wenig Nährstoffe und niedrigere Temperaturen lassen



die Tiere langsam wachsen. Die größten Exemplare fallen den Wasservögeln zum Opfer, was man an den abgerissenen Byssusbüscheln erkennen kann. Die Anzahl der Adulttiere bezogen auf Substrat-Quadratmeter sind beträchtlich höher als nur auf den Messrahmen bezogen, weil die Population nicht gleichmäßig in einem See verteilt ist, sondern geklumpt dort, wo mehr geeignetes Substrat vorhanden ist. Auffällig an der Besiedlung von Steinen und Schotter am seichten Ufer sind die sogenannten Randeffekte, die auch auf den Würfeloberflächen zu beobachten sind. Die Muscheln halten sich bevorzugt an den Kanten und Ecken am Rand auf. An *Chara* sp. befinden sich die meisten Exemplare um die Nodien angeordnet. Es wurde auch oft beobachtet, dass bereits juvenile Stadien sich bevorzugt auf Wasserpflanzen niederlassen, um danach wieder ins Plankton zu gelangen (CLAUDI & MACKIE 1994).

#### 4.4 Tiefenverteilung

Im Bodensee geht die Dreikantmuschel bis in Tiefen über 55 m, wo aber keine Reproduktion mehr stattfindet (WALZ 1973). In manchen Seen ist die Tiefenverteilung durch Sauerstoffschwund am Grund limitiert, wobei die Muscheln nach oben gedrängt werden. Im **Wallersee** liegt die größte Dichte im Uferbereich. In 6,4 m Tiefe wurden keine Muscheln mehr gefunden, weil einfach kein Substrat zum Anheften vorhanden war. Dies ist der limitierende Faktor für die Tiefenverteilung der Dreikantmuschel im Wallersee. Im **Fuschlsee** waren in 2 m Tiefe die meisten adulten Exemplare pro Substrat-Quadratmeter zu finden, obwohl in 4 m Tiefe die Anzahl der Muscheln pro Rahmen-Quadratmeter größer ist. Das liegt in der unterschiedlichen Dichte des Substrates und außerdem sind die Muscheln nicht gleichmäßig verteilt. In unmittelbarer Ufernähe ist der Einfluss durch Wasservögel gegeben, die sich von größeren Dreikantmuscheln ernähren. Man erkennt an den Steinen oft abgerissene Byssusbüschel. Mit steigender Tiefe sinkt die Anzahl an Muscheln. Wo jedoch die Menge an vorhandenem Aufwuchssubstrat sehr groß ist, können größere Mengen an Muscheln gefunden werden. Auf alle Fälle geht die Dreikantmuschel im Fuschlsee tiefer hinunter als im Wallersee, was wahrscheinlich auf vorhandenes Hartsubstrat zurückzuführen ist.

#### 4.5 Aufwuchsmuster

Aus den Beobachtungen im **Mattsee** geht hervor, dass die angehefteten Tiere sich vor zu starker Sonnenbestrahlung schützen und sich deshalb an exponierten Seiten eher am Grund rund um den

Pfahl aufhalten. Im Mattsee kann dies teilweise flächendeckend in größerer Tiefe sein. An den Schattenseiten kommt *D. polymorpha* näher an die Wasseroberfläche herauf. Meist sind dies dem Steg zugewandte Seiten. Hier ist auch der Wellenschlag geringer als auf den dem offenen See zugewandten Seiten. Wahrscheinlich ist auch der Schutz vor Fressfeinden auf diesen Seiten größer. Auf diesen Rückseiten bildet die Dreikantmuschel oft Klumpen nahe der Wasseroberfläche, die immer die gleiche Form aufweisen. Auf den Sonnenseiten finden sich keine Klumpen, nur manchmal vereinzelt Tiere, die sich in geringere Tiefen wagen. Wahrscheinlich sind diese Seiten von Wasservögeln leichter zugänglich, die hier die Muscheln abweiden.

Wegen der geringen Anzahl an Muscheln im **Grabensee** auf den Pfählen lässt sich kein Muster erkennen. Es wäre möglich, dass die Anzahl an Muscheln allgemein nicht sehr hoch ist und dass in den Wintermonaten durch die Eisbedeckung die vorhandenen Muscheln abgestorben sind. Die gefundenen Exemplare in Bodennähe waren mit 5 Millimetern sehr klein. Möglich wäre auch das Abweiden von größeren Individuen durch Wasservögel im Herbst.

#### 4.6 Limitierende Faktoren

##### 4.6.1 Chemisch-physikalische Parameter

Am wichtigsten für Wachstum und Reproduktion sind **Temperatur** (unter 10 °C keine Gametenentwicklung), **Kalzium** zum Schalenbau (über 28 mg/l), pH-Wert (über 7,3), weniger wichtig, aber genauso signifikant sind **Gesamt-Phosphorgehalt** (spiegelt sich in Chlorophyll a Werten wieder), Wassertrübe, gelöster **Sauerstoff** (RAMCHARAN et al. 1992). Gibt es anoxische Phasen am Grund von Gewässern, die länger andauern (> 7 bis 8 Wochen), kann *D. polymorpha* ebenfalls absterben. Der trophische Zustand eines Gewässers bestimmt oft das Vorkommen oder die Abwesenheit dieser Muschel. Temperatur und geringer Nährstoffgehalt sind im Fuschlsee vor allem für die niedrigen Larvenanzahlen verantwortlich.

**Strömung** und **Wasserbewegung** als bewuchsabweisender Faktor kann in der Natur nur teilweise limitierend wirken. So werden oft in Abflüssen von Seen, wo die Strömung größer ist, mehr Exemplare gefunden als im See (PATZNER, unveröff.). Hier spielen offenbar andere Faktoren eine Rolle bei der Besiedelung. Auch an den untersuchten Pfählen im Mattsee (s. Kapitel 4.5 Aufwuchsmuster) wirkt die Sonnenbestrahlung eher limitierend als der Wellenschlag. Hohe Strömungen in Wasseraufbereitungsanlagen oder ähnlichen wasserwirtschaftlichen Anlagen werden jedoch verwendet, um bereits festsitzende Dreikantmuscheln

zu beseitigen, meist aber mit Zusätzen von Ozon oder Chlor (CLAUDI & MACKIE 1994). An Schiffen oder Booten, die in keiner oder leichter Strömung vor Anker liegen, wurden mehr Exemplare gefunden, als in stärker durchströmten Bereichen (JÄGER, mdl. Mitt.).

Ein weiterer limitierender Faktor ist die Anwesenheit von **Hartsubstrat** als Festsetzfläche. In rein schlammigen Bereichen siedeln Dreikantmuscheln nicht; es genügen jedoch kleine Holzstücke, Steine, Muschelschalen, Müll oder Makrophyten für das Festheften.

Durch die winterliche **Eisbildung** werden Muscheln abgetötet, die nicht rechtzeitig abgewandert sind (SPRUNG 1992). Dies könnte im Grabensee die geringen Exemplare von Dreikantmuscheln an den Pfählen verursacht haben.

#### 4.6.2 Räuber

Die Dreikantmuschel wurde durch das Auftauchen in der heimischen Gewässerfauna in die Nahrungskette eingegliedert. Für überwintrende Wasservögel (*Fulica atra* [Blässhuhn], *Aythya ferina*, *A. fuligula* [Tauchente], *Bucephala clangula* [Schellente]) hat sie als wichtige Futterressource eine neue Rolle bekommen. Am Mondsee (Oberösterreich) wurden im Jahr 1968 noch weniger als 200 Blässhühner gezählt, 1982 waren es bereits über 10.000. Die Reiherente wurde dort erstmals 1971 gesehen, 1982 zählte man über 2.000 Exemplare (KNOFLACHER & MÜLLER 1984). Von 1976 bis 1989 haben beide Arten auch im Bundesland Salzburg zugenommen (HEINISCH & HEINISCH 1990). In der Schweiz wurde von 1967 bis 1987 eine Zunahme vor allem der Reiherente beobachtet (SUTER & SCHIFFERLI 1988). Die Zunahme der Abundanz von Wasservögeln steht teilweise in Zusammenhang mit der Zunahme von *D. polymorpha*, die gerne als Nahrung genommen wird (Diskussion bei KNOFLACHER & MÜLLER 1984, PATZNER & MÜLLER 1996). Der Wallersee war jedoch schon Jahre vor dem Auftreten der Wandermuschel stark mit Entenvögeln besetzt (HEINISCH 1989; PATZNER et al. 1992a, 1992b). Wasservögel alleine können jedoch Dreikantmuscheln nicht auf lange Sicht gänzlich eliminieren, jedoch Populationsstrukturen verändern, da sie größenselektiv auswählen. Sind die energetisch günstigsten Muschelexemplare nur mehr selten aufzufinden, werden die Wasservögel andere Gebiete aufsuchen. So können sich die Muschelpopulationen wieder erholen (HAMILTON et al. 1994).

Viele Fische wie z. B. Karpfen, Rotaugen, Forellen, Rußnasen oder Brachsen (SIESSEGGGER 1971, HERZIG 1985, RITTERBUSCH 1991) sowie Krebse (MARTIN & CORKUM 1994) ernähren sich auch von adulten Dreikantmuscheln. Die Larven von *D. polymorpha* werden von diversen Planktonfressern reduziert.

#### 4.6.3 Intraspezifische Konkurrenz

Adulte *D. polymorpha* filtern die eigenen Artgenossen als Larven aus dem Wasser und erhöhen somit die Mortalitätsraten (MACISAAC et al. 1991). TEN WINKEL & DAVIDS (1982) zeigten, dass adulte, gut ernährte Exemplare vor allem Algen, die kleiner als 50 µm sind, bevorzugen, während ausgehungerte Muscheln sich unselektiv ernähren, auch von Diatomeen, die über 750 µm groß sind. Ein Teil der Nahrung stellt auch Zooplankton von über 400 µm Größe dar. Die Mortalität beim siedelnden Stadium ist durch bereits festsitzende Adulttiere stark erhöht. Ist die intraspezifische Konkurrenz sehr hoch, kann es zu einem „break down“ der Muschelpopulation kommen. Es wurde beobachtet, dass nach einem rasend erreichten Maximum die Populationsgröße von selbst wieder abnimmt, und sich auf einem bestimmten Wert einpendelt (WALZ 1978).

#### 4.6.4 Möglichkeiten der Bekämpfung

Statt der Bekämpfung von adulten Muscheln stehen Bemühungen im Vordergrund Materialien zu finden, die ein Festsetzen dieser Tiere verhindert oder zumindest reduziert (WALZ 1975). In den USA, wohin die Dreikantmuschel durch Ballastwasser in Schiffen von Europa Mitte der 1980er Jahre verschleppt worden ist, wurde in den letzten 10 Jahren intensiv im Bereich zur Beseitigung und Kontrolle der Dreikantmuschel geforscht. Besonders in industriellen Anlagen, die auf Wasser (Kühlwasser) aus umliegenden Gewässern angewiesen sind, Wasserwerken, Trinkwasseranlagen, Staudämmen hat die massive Entwicklung der Dreikantmuschel große Probleme verursacht (CLAUDI & MACKIE 1994). Aus dem Bodenseegebiet sind schon Anfang der 1960er Jahre die negativen Aspekte der Zebra- und Dreikantmuschel im wirtschaftlichen Bereich aufgefallen (WALZ 1973). CLAUDI & MACKIE (1994) verfassten ein Benutzerhandbuch zum Umgang und zur Kontrolle der Dreikantmuschel. Sie stellen verschiedene bereits erprobte Anwendungen vor. In erster Linie wurden Methoden entwickelt, um bereits festhaftende Muscheln wieder zu beseitigen. Ein anderer Weg ist, das Besiedeln durch die Veligerlarve zu verhindern. Chemikalien werden entweder dem Wasser zugesetzt oder auf Substrate angebracht (Antifouling). Gelöste oxidierende Mittel sind Chlorine, Chlorindioxid, Chloramine, Ozon, Bromine, Hydrogenperoxid und Kaliumpermanganat. Nichtoxidierende Chemikalien sind Ammoniumnitrate, Kalium- und Natriumsalze (Übersicht bei CLAUDI & MACKIE 1994). FISHER et al. (1994) testeten verschiedene Molluskizide (Rotenon, Bayer 73, TFM) an den einzelnen Lebensstadien von *D. polymorpha* und fanden heraus, dass die Muscheln je nach Entwicklungsstufe unterschiedlich reagieren.

Für äußere Oberflächen wurden Antifoulinganstriche entwickelt. Bei einem Hartantifouling werden aktiv Stoffe an das Wasser abgegeben, die einen Bewuchs verhindern sollen. Selbstpolierende Antifouling geben an das vorbeiströmende Wasser kontrolliert Wirkstoffe ab, dadurch kommt es zu einer Selbstglättung der Oberfläche. So kommen immer die wirksamen Schichten an die Oberfläche. Ein Dünnschichtantifouling wirkt durch seine sehr glatte Oberfläche, an der Organismen schwer Halt finden und durch zusätzliches biozid wirkendes Kupfer (DULLER 1998). Der Trend geht aber hin zu umweltverträglichen Anstrichen wie silikonbasierende Antifouling, die mehr eine physikalische Barriere gegen den Bewuchs bilden sollen (CLAUDI & MACKIE 1994). In Europa werden Antifoulinganstriche, die das Biozid TBTO (tributyl tin oxide, ein organisches Zinnoxid) beinhalten, erfolgreich zur Verhinderung der Muschelanheftung verwendet. In Teilen der USA und in Canada ist dieses Biozid verboten. Hier werden vor allem Antifouling auf Kupferbasis verwendet, was aber zu einem erhöhten Kupfergehalt im umliegenden Wasser führt. Der Trend geht hin zur Benützung von umweltverträglichen Anstrichen, die eine physikalische Barriere bilden. Die vielversprechendsten Antifouling sind untoxische silikonbasierende Anstriche, welche die Anheftung verhindern oder zumindest senken sollen. Auch anorganische Zinkanstriche scheinen kurzzeitig sehr effektiv zu sein. Silikonmäntel sind sehr teuer, aber langanhaltend (4 bis 5 Jahre), während Zink- und

Kupferanstriche in ihrer Herstellung billiger sind, jedoch ihre Lebensdauer nicht allzu lang ist. Wichtig bei der Anwendung von Antifouling ist, dass keine toxischen Stoffe an die Umwelt abgegeben werden (Zusammenstellung bei CLAUDI & MACKIE 1994).

Die Bekämpfung mit physikalischen Mitteln ist meist schonender für die Umwelt. Als Möglichkeiten kennt man den Einsatz von Sandfiltern, UV-Bestrahlung, starke Temperaturerhöhung, Elektroschock, akustische Schockwellen und stark erhöhte Fließgeschwindigkeit (CLAUDI & MACKIE 1994).

Eine weitere Möglichkeit *D. polymorpha* zu reduzieren, ist in die Reproduktion der Muschel einzugreifen, z. B. die Eiablage hormonell mittels Serotonin zu verhindern (RAM et al. 1992). BORCHERDING (1995) versuchte durch Veränderung der Temperatur, des Nahrungsangebotes und verschiedener Lichtverhältnisse in die Gonadenentwicklung einzugreifen, um mögliche Hinweise zur Reproduktionsverminderung der Dreikantmuschel zu erhalten.

Eine vielversprechende Art der biologischen Kontrolle, welche im marinen Bereich entwickelt wurde um Biofouling zu minimieren, wurde von CLAUDI & MACKIE (1994) diskutiert. Es geht um die Verwendung von Mikroorganismen oder deren Produkte, die gezielt auf *D. polymorpha* und nicht auf andere Organismen wirken. Diese Art von Forschung erfordert aber Langzeitstudien, und geeignete Produkte wird es in naher Zukunft noch nicht geben.

## 5. Zusammenfassung

Die Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha* wurde in der 1970er Jahren erstmals im Bundesland Salzburg gefunden und hat sich seither stark vermehrt. Die Verschleppung erfolgte hauptsächlich durch Boote und die Verwendung als Angelköder. Neben den positiven Effekten (Nahrungsgrundlage für Fische, Wasservögel und Krebse; Wasserreinigung durch hohe Filterleistung) überwiegen die negativen Erscheinungen. Durch das Anhaften an feste Gegenstände entstehen große Schäden für Fischerei, Bootsbesitzer, Badstrandbenützer sowie für die gesamte Wasserwirtschaft. Weiters werden durch den starken Besatz Teich- und Malermuscheln beeinträchtigt. Schon seit den 1960er Jahren werden in Mitteleuropa Versuche unternommen, diese eingeschleppte Art zu vernichten oder zumindest zu reduzieren. Man fand verschiedene chemische und physikalische Möglichkeiten, um die Menge von *D. polymorpha* zu vermindern, jedoch nicht um sie völlig auszurotten.

Da auch die Salzburger Alpenvorlandseen von dieser Muschel nicht verschont blieben, und seit einigen

Jahren vor allem an Booten und Badestränden vermehrtes Massenaufreten beobachtet wurde, gab die Salzburger Landesregierung (Referat Gewässerschutz) ein Projekt in Auftrag, um mehr über die Dreikantmuschel in heimischen Gewässern zu erfahren und um Antifoulinganstriche auf ihre abweisende Wirkung hin zu testen. Wallersee und Fuschlsee, die sich in Nährstoffgehalt und Temperatur unterscheiden, wurden dazu ausgewählt. Die getesteten Antifouling wurden auf Holzwürfel aufgebracht und diese den Sommer über in den Seen exponiert. Die Mittel waren im oligotrophen Fuschlsee gut wirksam, während im mesotrophen Wallersee auf den behandelten Flächen teilweise mehr Dreikantmuscheln zu finden waren als am Vergleichswürfel. Die Antifouling bieten einen gewissen Schutz vor dem Bewuchs von Dreikantmuscheln. Wo jedoch das Vorkommen dieser Art besonders hoch ist (Wallersee, mit bis zu 27 Larven pro Liter), sind solche Flächen nicht sicher vor *D. polymorpha*. Bewuchsuntersuchungen an Pfählen im Mattsee und Grabensee zeigten, dass

Räuber und natürliche Umweltfaktoren wie Eisbedeckung oder Sonneneinstrahlung für die Besiedlungsstrategien der Muscheln von Bedeutung sind.

In den USA werden verschiedene chemische (Molluskizide, oxidierende und nicht oxidierende Mittel) und physikalische Methoden (Erhöhung der Strömung, des Druckes, der Temperatur, UV-Bestrahlung) bis zu einem gewissen Grad erfolgreich zur Bekämpfung der Dreikantmuschel in der Wasserwirtschaft eingesetzt. In heimischen Gewässern werden solche Methoden jedoch nicht verwendet, da diese in den meisten Fällen

schwerwiegende Schäden im aquatischen Ökosystem verursachen. Wie die vorliegende Arbeit gezeigt hat, bieten umweltgerechte Anstriche (Antifoulings) nur teilweise Schutz vor einer Besiedlung von Oberflächen (Schiffe, Rohrleitungen). Eine schadstofflose Muschelreduzierung kann nach dem bisherigen Stand nur durch natürliche Fressfeinde und durch mechanische Absammlung erreicht werden. Biologische Methoden wie das Eingreifen in die Reproduktion oder der Einsatz von Mikroorganismen, die die Muscheln gezielt angreifen, sind noch im Stadium der Entwicklung. Weitere Forschungen in dieser Richtung sind notwendig.

## 6. Dank

Wir möchten uns bei folgenden Personen für ihre hilfreiche Unterstützung recht herzlich bedanken: Dr. Peter SCHABER (Amt der Salzburger Landesregierung; Informationen), Univ.-Prof. Dr. Annemarie SCHMID (Universität Salzburg; Aufwuchsalgen), Peter WENGER (Amt der Salzburger Landesregierung;

Planktonproben, Daten), Christian KAPPELLER (Fischerei Seekirchen), Gerhard LANGMAIER und Mitarbeiter (Fischerei Schloss Fuschl), Mag. Daniela ZICK-ACHLEITNER und Mag. Karin KROIBMAYR (Taucharbeiten).

## 7. Literatur

ACKERMAN J. D., SIM B., NICHOLS S. J., CLAUDI R. (1994): A review of the early life history of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): comparisons with marine bivalves. – Can. J. Zool., 72: 1169 – 1179

BORCHERDING J. (1995): Laboratory experiments on the influence of food availability, temperature and photoperiod on gonad development in the freshwater mussel *Dreissena polymorpha*. – Malacologia, 36: 15 – 27

BREITIG G. (1965): Beiträge zur Biologie, Verbreitung und Bekämpfung von *Dreissena polymorpha* (Pall.) 1771 (Lamellibranchiata). – Diss. math. nat. Fak. Univ. Greifswald

BREITIG G. (1969): Das Molluskenplankton und seine Rolle in der Besiedlung der Binnengewässer. – WWI, 19, 4: 116 – 118

CLAUDI R., MACKIE G. L. (1994): Practical manual for zebra mussel monitoring and control. – Lewis Publisher, Boca Raton, 1 – 227

DULLER R. (1997): Nullwachstum: Wie gut sind Antifoulings wirklich. – Yacht Revue, 3/97: 26 – 31

DULLER R. (1998): Meeresfrüchte: 16 Antifoulings im Langzeittest. – Yacht Revue, 3/98: 26 – 31

FISHER S. W., DABROWSKA H., WALLER D. L., BABCOCK-JACKSON L., ZHANG X. (1994): Sensitivity of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) live stages to candidate molluscicides. – J. Shellfish Research, 13: 373 – 377

FRANK C. (1995): Die Weichtiere (Mollusca): Über Rückwanderer, Einwanderer, Verschleppte; expansive und regressive Areale. – Stapfia, 37: 17-54

HADL G., MOOG O., MÜLLER G., MÜLLER-JANTSCH A. (1978): Zum Auftreten der Wandermuschel *Dreissena polymorpha* PALLAS im Salzburger und Oberösterreichischen Salzkammergut. – Österr. Fischerei, 31: 163 – 165

HAMILTON D. J., DAVISON A. C., BAILEY R. C. (1994): Predation of zebra mussels by diving ducks: an enclosure study. – Ecology, 75: 521 – 531; 38: 97 – 108

HEINISCH W. (1989): Wasservogelzählung - Salzburg 1988/89 (Kurzbericht). – Salzburger Vogelkundl. Ber., 1: 6-9

HEINISCH M., HEINISCH W. (1990): Winterliche Schwimmvogelbestände im Bundesland Salzburg. Ergebnisse der internationalen Wasservogelzählungen 1976-1989. – Jber. Haus der Natur Salzburg, 11: 53-60

HERZIG A. (1985): Fischnährtier-Almanach für den Mondsee. – Österr. Fischerei, 38: 97 – 108

HILLBRICHT-ILKOWSKA A., STANCZYKOWSKA A. (1969): The production and standing crop of planktonic larvae of *Dreissena polymorpha* PALL. in two Mazurian lakes. – Pol. Arch. Hydrobiol., 16: 193 – 203

HUNTER R. D., BAILEY J. F. (1992): *Dreissena polymorpha* (zebra mussel): Colonization of soft substrata and some effects on unionid bivalves. – The Nautilus, 106: 60 – 67

JÄGER P. (1986): Chemismus der Vorlandseen und ihrer Zubringer. – Stud. Forsch. Salzburg, 2: 343 – 384

KLEE O. (1971): Die größte Kläranlage im Bodensee: eine Muschel. – Mikrokosmos, 60: 129 – 132

KNOFLACHER H. M., MÜLLER G. (1984): Beiträge zur Ökologie der überwinterten Wasservögel am Mondsee. Teil II. – Jb. Oö. Mus.-Ver., 129: 287-316

KOUTNIK M. A., PADILLA D. K. (1994): Predicting the spatial distribution of *Dreissena polymorpha* (zebra mussel) among inland lakes of Wisconsin: Modeling with a GIS. – Can. J. Fish. Aquat. Sci., 51: 1189 – 1196

MACISAAC H. J., SPRULES W. G., LEACH J. H. (1991): Ingestion of small-bodied zooplankton by zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): Can cannibalism on larvae influence population dynamics? – Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 2051 – 2060

MARTIN G. W., CORKUM L. D. (1994): Predation of zebra mussel by crayfish. – Can. J. Zool., 72: 1867 – 1871

MÜLLER G. (1981): Zur Biologie und Ökologie der Wandermuschel (*Dreissena polymorpha* Pallas 1771). – ÖKO L., 3/3: 15 – 16

- MORTON B. (1969): Studies on the biology of *Dreissena polymorpha* PALL. I. General anatomy and morphology. - Proc. Malac. Soc. Lond., 38: 301 – 321
- NOORDHUIS R., REEDERS H., BIJ DE VAATE A. (1992): Filtration rate and pseudofaeces production in Zebra Mussels and their application in water quality management. - Limnologie Aktuell, 4: 101 – 114
- PATZNER R. A., LOIDL B., GLECHNER R., HOFRICHTER R. (1992a): Untersuchungen der Großmuschelfauna im Wallersee (Bundesland Salzburg). – Österr. Fischerei, 45: 88 – 94
- PATZNER R. A., LOIDL B., GLECHNER R., HOFRICHTER R. (1992b): Das Vorkommen der Wandermuschel *Dreissena polymorpha* in den Salzburger Alpenvorlandseen. – Österr. Fischerei, 45: 158 – 163
- PATZNER R. A., MÜLLER D. (1996): Gefährdung und Rückgang der Najaden–Muscheln (Unionidae, Bivalvia) in stehenden Gewässern. – Ber. ANL, 20: 177 – 196
- RAM J. L., FONG P., CROLL R. P., NICHOLS S. J., WALL D. (1992): The zebra mussel (*Dreissena polymorpha*), a new pest in North America: Reproductive mechanisms as possible targets of control strategies. – Invertebrate Reproduction and Development, 22: 77 – 86
- RAMCHARAN C. W., PADILLA D. K., DODSON S. I. (1992): Models to predict potential occurrence and density of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. – Can. J. Fish. Aquat. Sci., 49: 2611 – 2620
- RITTERBUSCH-NAUWERCK B. (1991): The coincidence between the shape of the pharyngeal bones of *Vimba elongata* (VALENCIENNES)(Pisces, Cyprinidae) and of its prey *Dreissena polymorpha* (PALLAS)(Bivalvia, Dreissenidae). – J. Fish Biol., 38: 325-326
- SIESSEGGER B. (1971): Besteht durch die Wandermuschel *Dreissena polymorpha* eine Gefahr für den Bodensee und seine anliegenden Wasserwerk? – Wasser – Boden – Luft, Technische Zeitschrift für den Umweltschutz, 7: 34 – 36
- SPRUNG M. (1992): Observations on shell growth and mortality of *Dreissena polymorpha* in lakes. – Limnologie Aktuell, 4: 19 – 28
- STANCZYKOWSKA A. (1963): Analysis of the age of *Dreissena polymorpha* PALL. in the Mazurian lakes. – Bull. Acad. Pol. Sci. cl. II, 11: 29 – 33
- STANCZYKOWSKA A. (1964): On the relationship between abundance, aggregations and conditions of *Dreissena polymorpha* PALL. in 36 Mazurian lakes. – Ekol. Pol. Ser. A, 12: 653 – 690
- STANCZYKOWSKA A. (1977): Ecology of *Dreissena polymorpha* (PALL.) (Bivalvia) in lakes. – Pol. Arch. Hydrobiol., 24: 461 – 530
- SUTER W., SCHIFFERLI L. (1988): Überwinternde Wasservögel in der Schweiz und ihren Grenzgebieten: Bestandsentwicklungen 1967 - 1987 im internationalen Vergleich. – Der Ornithologische Beobachter, 85: 261-298
- TEN WINKEL E. H., DAVIDS C. (1982): Food selection by *Dreissena polymorpha* PALLAS (Mollusca: Bivalvia). – Freshwat. Biol., 12: 553 – 558
- WALZ N. (1973): Untersuchungen zur Biologie von *Dreissena polymorpha* PALLAS im Bodensee. – Arch. Hydrobiol., Suppl., 42: 452 – 482
- WALZ N. (1975): Die Besiedlung von künstlichen Substraten durch Larven von *Dreissena polymorpha*. – Arch. Hydrobiol., Suppl., 47: 423 – 431
- WALZ N. (1978): The energy balance of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* PALLAS in laboratory experiments and in Lake Constance. II. Reproduction – Arch. Hydrobiol., Suppl., 55: 106 – 119
- ZAUNICK R. (1917): *Dreissena* in der Alten Donau bei Wien. – Nachr. Bl. Dtsch. Malak. Ges. 49: 137 – 138

### Zitiervorschlag:

GRANIG H., JÄGER P., PATZNER R. A. (1999): Besiedlungsstrategien der Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha* (PALLAS) in Salzburger Seen. – in: Land Salzburg, Reihe Gewässerschutz, 17: 73-94 (2015)

### Anschrift der Verfasser:

Mag. Heideinde GRANIG, 9816 Penk, Penk i. Mölltal Nr. 56, e-mail: [heideinde.granig@astellas.com](mailto:heideinde.granig@astellas.com)

Hofrat Dr. Paul JÄGER, Brunn 147, 5201 Seekirchen am Wallersee, e-mail: [paul.jaeger@sbg.at](mailto:paul.jaeger@sbg.at)

Univ.-Prof. Dr. Robert A. PATZNER, Universität Salzburg, Institut für Organismische Biologie, Hellbrunnerstraße 34, 5020 Salzburg, e-mail: [robert.patzner@sbg.ac.at](mailto:robert.patzner@sbg.ac.at)