

DAS WANDER- UND FILTRIERVERHALTEN
VON *UNIONIDAE* AUS DER ODER

Diplomarbeit am Fachbereich Zoologie der Freien Universität Berlin
in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde

vorgelegt von Bianca C. A. Pohler, geboren am 24. August 1970
Berlin, im Juni 1996

Danksagung

Herzlichst möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. Irene Zerbst und bei Herrn Dr. Andreas Anlauf bedanken, die mir durch eine Kooperation der Freien Universität Berlin und der Bundesanstalt für Gewässerkunde die Anfertigung meiner Diplomarbeit ermöglichten und mich während dieser Zeit betreuten.

Weiterhin möchte ich mich ganz herzlich bei Frau Martina Klima, Frau Eva Schmidt, Frau Helga Ledderboge, Frau Ingrid Werab, Herrn Dr. Michael Teucher und Herrn Bernd König - so wie bei vielen unerwähnten Mitarbeitern der BfG - bedanken, die mir mit Rat und Tat jeder Zeit zur Verfügung standen.

Hilfe beim Bau des Futterapparates erhielt ich von Gerolf Dietel, und Frau Dr. C. Müller beriet mich bei der statistischen Auswertung der Daten.

Bedanken möchte ich mich auch bei Christine & Andreas und bei meiner Schwester Kirsten, die hoffentlich erfolgreich jedem Fehler auf die Schliche kamen.

Mein besonderer Dank gilt Tiemo,
der alles für mich getan hat und alles für mich ist.

Übersicht & Inhaltsverzeichnis

Einleitung	Seite 9 bis 9
Material und Methoden	Seite 10 bis 31
Ergebnisse	Seite 32 bis 89
Diskussion	Seite 90 bis 103
Zusammenfassung	Seite 104 bis 106
Literatur- und Quellenverzeichnis	Seite 107 bis 110
Anhänge	Seite 111 bis 149

Kapitel 1 Einleitung	9
Kapitel 2 Material und Methoden	10
2.1 Zur Biologie und Ökologie der <i>Unionidae</i>	10
2.2 Das Untersuchungsgebiet	16
2.2.1 Die Oder	16
2.2.2 Wasserbau	18
2.2.3 Die Versuchsbuhnen	19
2.3 Freiland	20
2.3.1 Versuchsfläche	20
2.3.2 Chemische und Physikalische Parameter	22
2.3.3 Markierung der Muscheln	22
2.3.4 Aufnahme der Muscheldaten	23
2.4 Labor	24
2.4.1 Die Versuchstiere	24
2.4.2 Aquariumhälterung	24
2.4.3 Versuche zur Filtrationsratenmessung	25
2.4.3.1 Methoden aus der Literatur	25
2.4.3.2 Filtrationsversuche mit Konzentrationsregulation	26
2.4.3.3 Filtrationsversuche ohne Konzentrationsregulation	30
2.5 Statistische Verfahren	31



Inhaltsverzeichnis -Fortsetzung-

Kapitel 3 Ergebnisse	32
3.1 Freilandergebnisse	32
3.1.1 Anzahl markierter Muscheln in den Bühnenfeldern	32
3.1.2 Muschelwiederfänge	32
3.1.2.1 Häufigkeit der Wiederfänge	33
3.1.2.2 Wiederfangraten	34
3.1.3 Individuendichte	37
3.1.4 Zur Verteilung der Muscheln in Abhängigkeit vom Wasserstand	39
3.1.4.1 Wasserstandsänderungen	39
3.1.4.2 Verteilung der Muscheln	40
3.1.5 Tiefe der Muscheln	46
3.1.5.1 <i>Anodonta anatina</i>	46
3.1.5.2 <i>Anodonta cygnea</i>	48
3.1.5.3 <i>Unio pictorum</i>	49
3.1.5.4 <i>Unio tumidus</i>	50
3.1.6 Zur Wanderung der <i>Unionidae</i> im Bühnenfeld	52
3.1.6.1 Die Wanderung von <i>Anodonta anatina</i>	53
3.1.6.2 Die Wanderung von <i>Anodonta cygnea</i>	54
3.1.6.3 Die Wanderung von <i>Unio pictorum</i>	54
3.1.6.4 Die Wanderung von <i>Unio tumidus</i>	55
3.1.6.5 Wanderverhalten der <i>Unionidae</i> in Abhängigkeit von der Muschellänge	55
3.1.7 Abiotische Umweltfaktoren als mögliche Auslöser der Wanderung	63
3.1.7.1 Die Wassertemperatur	63
3.1.7.2 Der Sauerstoffgehalt	64
3.1.7.3 Der pH-Wert	64
3.1.7.4 Leitfähigkeit	65
3.1.7.5 Die Sichttiefen	65
3.1.7.6 Die Strömungen	66
3.1.8 Die Mobilität der <i>Unionidae</i>	66
3.1.8.1 Die Mobilität von <i>Anodonta anatina</i>	67
3.1.8.2 Die Mobilität von <i>Unio pictorum</i>	68
3.1.8.3 Die Mobilität von <i>Unio tumidus</i>	69
3.1.9 Exemplarische Wanderwege	70
3.2 Laborergebnisse	73
3.2.1 Daten zu den Versuchstieren	73
3.2.2 Zur Muschelhälterung	74
3.2.3 Versuche zur Messung der Filtrationsrate	75
3.2.3.1 Filtrationsversuche mit Konzentrationsregulation (Methode 1)	75
3.2.3.2 Filtrationsversuche ohne Konzentrationsregulation (Methode 2)	85
3.2.3.3 Vergleich der Filtrationsraten beider Bestimmungsmethoden	89
3.2.3.4 Die Filtrationsrate in Bezug zur Wanderung	89



Inhaltsverzeichnis -Fortsetzung-

Kapitel 4 Diskussion	90
4.1 Freiland	90
4.1.1 Die Wasserstände	90
4.1.2 Die Markierung der Muscheln	90
4.1.3 Vergleich der Bühnenfelder	91
4.1.4 Die Dichte, Verteilung und Wanderung der <i>Unionidae</i>	92
4.2 Labor	97
4.2.1 Versuchsbedingungen	98
4.2.1.1 Temperatur	98
4.2.1.2 Hälterung der Tiere und deren Einfluß auf die Filtrationsrate	98
4.2.1.3 Wahl der Futterpartikel	99
4.2.1.4 Konzentration der Partikel	99
4.2.2 Rhythmen der Muscheln und deren Einfluß auf die Filtrationsrate	101
4.2.3 Filtrationsraten im Vergleich zu Literaturangaben	102
Kapitel 5 Zusammenfassung	104
Kapitel 6 Literatur- und Quellenverzeichnis	107
Kapitel 7 Anhänge	111
Anhang I Muschelphotos	112
Anhang II Nährmedium zur Aufzucht von <i>Scenedesmus subspicatus</i>	114
Anhang III Aufbau des Futterautomats	115
Anhang IV Muschelwiederfänge	116
Anhang V Wasserstände an den Pegelanlagen und in den Bühnenfeldern	117
Anhang VI Chemische und Physikalische Parameter der Bühnenfelder	120
Anhang VII Muschelidentität	123
Anhang VIII Verteilung markierter und unmarkierter Muscheln	133
Anhang IX Wanderung der <i>Unionidae</i>	137
Anhang X Muschelhälterung	145
Anhang XI Eichkurven der Algenlösungen	147
Anhang XII Schreiberaufzeichnung	148

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Systematik nach GRUNER [1993].....	10
Abbildung 2: Die Gehäusemerkmale einer Muschel nach GLÖER et al. [1992].....	11
Abbildung 3: Das Muschelvorkommen in Abhängigkeit von Strömung und Substrat nach WOLFF [1968].12	
Abbildung 4: Der Bauplan einer Muschel (Seitenansicht) [REMANE et al. 1985].....	12
Abbildung 5: Kiemenbau der Eulamellibranchiata [SIEWING 1985].	13
Abbildung 6: Schema eines von zwei Kiemenfilamenten begrenzten Kiemenostiums [nach Dral aus WINTER 1969].	13
Abbildung 7: Die Oder.....	16
Abbildung 8: Der Strömungsverlauf im Bühnenfeld bei Mittelwasser nach KÖHNLEIN [1992] verändert.18	
Abbildung 9: Der Strömungsverlauf im Bühnenfeld bei Niedrigwasser nach KÖHNLEIN [1992] verändert.18	
Abbildung 10: Das Bühnenfeld 648 aus der STROMKARTE DER ODER verändert.	19
Abbildung 11: Das Bühnenfeld 670 aus der STROMKARTE DER ODER verändert.	20
Abbildung 12: Rasterung der Versuchsfläche.	20
Abbildung 13: Die Versuchsfläche im Bühnenfeld 648.	21
Abbildung 14: Die Versuchsfläche im Bühnenfeld 670.	21
Abbildung 15: Ein Bienenplättchen als Markierung.....	23
Abbildung 16: Der schematische Aufbau des Futterapparates nach JANSSEN & DREYER [1981] verändert.27	
Abbildung 17: Der Versuchsaufbau der Filtrationsmessung.....	28
Abbildung 18: Die Wiederfanghäufigkeit der <i>Unionidae</i> im Bühnenfeld 648.....	33
Abbildung 19: Die Wiederfanghäufigkeit der <i>Unionidae</i> im Bühnenfeld 670.....	34
Abbildung 20: Die Wiederfangraten im Bühnenfeld 648.....	36
Abbildung 21: Die Wiederfangraten im Bühnenfeld 670.....	36
Abbildung 22: Die Individuendichten der <i>Unionidae</i> im Bühnenfeld 648 während der Versuchszeit.....	38
Abbildung 23: Die Individuendichten der <i>Unionidae</i> im Bühnenfeld 670 während der Versuchszeit.....	38
Abbildung 24: Die Wasserstände an den Pegelanlagen und in den Bühnenfeldern.	39
Abbildung 25: Die Verteilung und Anzahl der <i>Unionidae</i> während der Versuchszeit im Bühnenfeld 648.41	
Abbildung 26: Die Verteilung und Anzahl der <i>Unionidae</i> während der Versuchszeit im Bühnenfeld 670.42	
Abbildung 27: Die Anzahl von <i>Anodonta anatina</i> in verschiedenen Tiefenklassen.....	46
Abbildung 28: Der Streubereich und Median der Fundtiefe aller <i>Anodonta anatina</i> im Bühnenfeld 648 während der Versuchszeit.	47
Abbildung 29: Der Streubereich und Median der Fundtiefe aller <i>Anodonta anatina</i> im Bühnenfeld 670 während der Versuchszeit.	47
Abbildung 30: Die Anzahl von <i>Anodonta cygnea</i> in verschiedenen Tiefenklassen.....	48
Abbildung 31: Der Streubereich und Median der Fundtiefe aller <i>Anodonta cygnea</i> im Bühnenfeld 648 während der Versuchszeit.	48
Abbildung 32: Die Anzahl von <i>Unio pictorum</i> in verschiedenen Tiefenklassen.	49



Abbildungsverzeichnis -Fortsetzung-

Abbildung 33: Der Streuungsbereich und Median der Fundtiefe aller <i>Unio pictorum</i> im Bühnenfeld 648 während der Versuchszeit.....	49
Abbildung 34: Der Streuungsbereich und Median der Fundtiefe aller <i>Unio pictorum</i> im Bühnenfeld 670 während der Versuchszeit.....	49
Abbildung 35: Die Anzahl von <i>Unio tumidus</i> in verschiedenen Tiefenklassen.....	50
Abbildung 36: Der Streuungsbereich und Median der Fundtiefe aller <i>Unio tumidus</i> im Bühnenfeld 648 während der Versuchszeit.....	51
Abbildung 37: Der Streuungsbereich und Median der Fundtiefe aller <i>Unio tumidus</i> im Bühnenfeld 670 während der Versuchszeit.....	51
Abbildung 38: Die Wanderung von <i>Anodonta anatina</i> im Bühnenfeld 648.....	56
Abbildung 39: Die Wanderung von <i>Anodonta anatina</i> im Bühnenfeld 670.....	57
Abbildung 40: Die Wanderung von <i>Anodonta cygnea</i> im Bühnenfeld 648.....	58
Abbildung 41: Die Wanderung von <i>Unio pictorum</i> im Bühnenfeld 648.....	59
Abbildung 42: Die Wanderung von <i>Unio pictorum</i> im Bühnenfeld 670.....	60
Abbildung 43: Die Wanderung von <i>Unio tumidus</i> im Bühnenfeld 648.....	61
Abbildung 44: Die Wanderung von <i>Unio tumidus</i> im Bühnenfeld 670.....	62
Abbildung 45: Die Wassertemperatur in den Bühnenfeldern während der Versuchszeit.....	63
Abbildung 46: Der Sauerstoffgehalt und -sättigung an der Oberfläche in den Bühnenfeldern während der Versuchszeit.....	64
Abbildung 47: Der pH-Wert in den Bühnenfeldern während der Versuchszeit.....	65
Abbildung 48: Die Leitfähigkeit in den Bühnenfeldern während der Versuchszeit.....	65
Abbildung 49: Die Mobilität von <i>Anodonta anatina</i> im Bühnenfeld 670.....	67
Abbildung 50: Die Mobilität von <i>Anodonta anatina</i> im Bühnenfeld 648.....	67
Abbildung 51: Die Mobilität von <i>Unio pictorum</i> im Bühnenfeld 648.....	68
Abbildung 52: Die Mobilität von <i>Unio tumidus</i> im Bühnenfeld 648.....	69
Abbildung 53: Die Wanderwege häufig gefundener <i>Unionidae</i> im Bühnenfeld 648.....	71
Abbildung 54: Die Wanderwege der Labormuscheln.....	72
Abbildung 55: Die Filtrationsrate (FR) mit Konzentrationsregulation von <i>Anodonta anatina</i>	81
Abbildung 56: Die Filtrationsrate (FR) mit Konzentrationsregulation von <i>Unio pictorum</i>	82
Abbildung 57: Algenkonzentrationen ohne Konzentrationsregulation Versuch Nr.1.....	87
Abbildung 58: Algenkonzentrationen ohne Konzentrationsregulation Versuch Nr.2.....	87
Abbildung 59: Algenkonzentrationen ohne Konzentrationsregulation Versuch Nr.3.....	87
Abbildung 60: <i>Unio pictorum</i> Seitenaufsicht.....	112
Abbildung 61: <i>Unio tumidus</i> Seitenaufsicht.....	113
Abbildung 62: <i>Anodonta anatina</i> Seitenaufsicht.....	113
Abbildung 63: Schaltbild.....	115
Abbildung 64: Originalbild der Steuereinheit.....	115
Abbildung 65: Eichkurven für die Algenstammlösungen.....	147
Abbildung 66: Ausschnitt aus Schreiberaufzeichnung der Futterapparataktivität.....	148
Abbildung 67: Temperaturverlauf im Bühnenfeld 648.....	Folie 1
Abbildung 68: Temperaturverlauf im Bühnenfeld 670.....	Folie 2

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Konzentration der Algenstammlösungen.	29
Tabelle 2: Die Wasserstandsmittelwerte für die Monate Juli, August und September in den Jahren 1981-95.....	40
Tabelle 3: Daten der Versuchstiere.....	73
Tabelle 4: Trockengewichte der Weichkörper von <i>Anodonta anatina</i>	73
Tabelle 5: Daten der Versuche mit Konzentrationsregulation.....	80
Tabelle 6: Die Filtrationsraten mit einer Konzentrationsregulation (Auszählung/Fluorometer) von <i>Anodonta anatina</i> und <i>Unio pictorum</i> in Bezug zur Individuenanzahl, zum Frischgewicht und Trockengewicht in Gramm (g) und zur Schalenlänge in mm.	83
Tabelle 7: Konzentration im Versuchsbecken in Stunden (t) bei Filtrationsversuchen ohne Konzentrationsregulation.....	86
Tabelle 8: Die Filtrationsraten ohne Konzentrationsregulation von <i>Anodonta anatina</i> und <i>Unio pictorum</i> in Bezug zur Individuenanzahl, zum Frischgewicht und Trockengewicht in Gramm (g) und zur Schalenlänge in mm.....	88
Tabelle 9: Lösung 1 - Nährsalze.	114
Tabelle 10: Lösung 2 - Eisen-Komplex.....	114
Tabelle 11: Lösung 3 - Spurenelemente.	114
Tabelle 12: Lösung 4 - Natriumdihydrogencarbonat.....	114
Tabelle 13: Die Wiederfanghäufigkeit der einzelnen Arten im Bühnenfeld 648.....	116
Tabelle 14: Die Wiederfanghäufigkeit der einzelnen Arten im Bühnenfeld 670.....	116
Tabelle 15: Wasserstände in Kienitz, Hohensaaten, Schwedt und in den Bühnenfeldern 648 und 670.....	117
Tabelle 16: Die Werte sämtlicher aufgenommenen physikalischer und chemischer Parameter in den beiden Bühnenfelder.....	120
Tabelle 17: Identität (Bühne, Markierungsdatum, Art, Markierungscode, Maße) aller markierten Muscheln.	123
Tabelle 18: Verteilung markierter und unmarkierter Muscheln im Bühnenfeld 648.....	133
Tabelle 19: Verteilung markierter und unmarkierter Muscheln im Bühnenfeld 670.....	135
Tabelle 20: Datum der Beprobungen.....	137
Tabelle 21: Wanderung markierter Muscheln im Bühnenfeld 648 von Beprobung 1 zu Beprobung 2.....	137
Tabelle 22: Wanderung markierter Muscheln im Bühnenfeld 670 von Beprobung 1 zu Beprobung 2.....	140
Tabelle 23: Wanderwege von <i>Anodonta anatina</i> , die im Herbst im Uferbereich zu finden waren.....	141
Tabelle 24: Aquariumwerte.	145
Tabelle 25: Versuchsbeckenwerte.....	146

1 Einleitung

Die Oder ist ein Fluß, der durch jahreszeitliche Schwankungen des Wasserstandes geprägt ist. Hochwasser im Winter und Frühling sind einerseits die Folge eines Rückstaus von Wassermassen durch Eisstand (Eishochwasser) und andererseits durch das Abschmelzen von Schneerücklagen im Oberlauf der Oder (Frühjahrs Hochwasser) bedingt. Im Sommer dagegen ist die Wasserführung stark verringert, steile Hochwasserwellen (Sommerhochwasser) können aber auch hier den Wasserstand kurzzeitig erhöhen [LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG 1993].

Durch den Bau von Buhnen, die auf das Abflußgeschehen zugunsten der Schifffahrt Einfluß nehmen, wurden im Potamalabschnitt des Stromes künstliche Lebensräume geschaffen. In den sogenannten Buhnenfeldern kommt es durch eine verringerte Strömungsgeschwindigkeit zu Ablagerungen von Sedimenten mit überwiegend sandigem Anteil. Die Sedimentbeschaffenheit entspricht somit wichtigen Habitatansprüchen von Teich- und Flußmuscheln (*Unionidae*).

Unionidae bilden ein wichtiges Glied in der Nahrungskette von pelagischen und benthischen Organismen und haben durch ihre filtrierende Ernährungsweise einen enormen Einfluß auf das Ökosystem. Die Ernährungsstrategie sowie das flüchtige Beobachten der Muscheln deuten auf eine stark eingeschränkte Mobilität bzw. Sessilität der adulten Tiere hin.

Die Niedrigwasserstände im Sommer führen aber zu einem partiellen Austrocknen der Buhnenfelder und würden das Trockenfallen

immobiler Muscheln nach sich ziehen. Die durchaus mobilen *Unionidae* hingegen könnten das Austrocknen durch eine Wanderung in überflutete Bereiche des Buhnenfeldes verhindern.

Ziel dieser Arbeit war die Beschreibung des Wanderverhaltens der *Unionidae* bei der sommerlichen Austrocknung der Buhnenfelder. Die Aufzeichnung der Wanderungen erfolgte durch das Markieren einzelner Tiere. Über die Wassertiefe können Einflüsse, wie die Temperatur und der Sauerstoffgehalt, auf die Verteilung wirken. Die Verteilung der Muscheln wurde deshalb auf einer definierten Versuchsfläche im Buhnenfeld bei gleichzeitiger Aufnahme verschiedener chemischer und physikalischer Wasserparameter untersucht.

Die Arbeit sollte weiterhin Aufschluß über mögliche Veränderungen der physiologischen Leistungsfähigkeit der Muscheln infolge der sommerlichen Veränderungen geben. Als Maß der Leistungsfähigkeit diente die Filtrationsrate [GÖTTING 1974], die in Laborversuchen an Einzeltieren ermittelt wurde.

Zur Einführung in die Lebensweise der Muscheln wird mit einem Kapitel zur Biologie und Ökologie der *Unionidae* begonnen.

2 Material und Methoden

2.1 Zur Biologie und Ökologie der *Unionidae*

Die Teich- und Flußmuscheln (Familie *Unionidae*) zählen zu den Najaden. Diese wurden nach antiken Quell- und Flußgöttinnen bezeichnet, die für die Reinheit des Wassers bürgten [STEINBACH 1990], da sie wegen ihrer filtrierenden Tätigkeit, und meist massenhaftem

Flußperlmuschelvorkommen (*Margaretifera margaretifera*) untersucht. Von den damals üppigen Vorkommen sind nur noch kleine Restbestände übrig, was einerseits an der intensiven Perlfischerei und andererseits an der Verschlechterung der Wasserqualität liegt [HARSANYI 1995].

Systematik

Alle Süßwassermuscheln gehören der Ord-

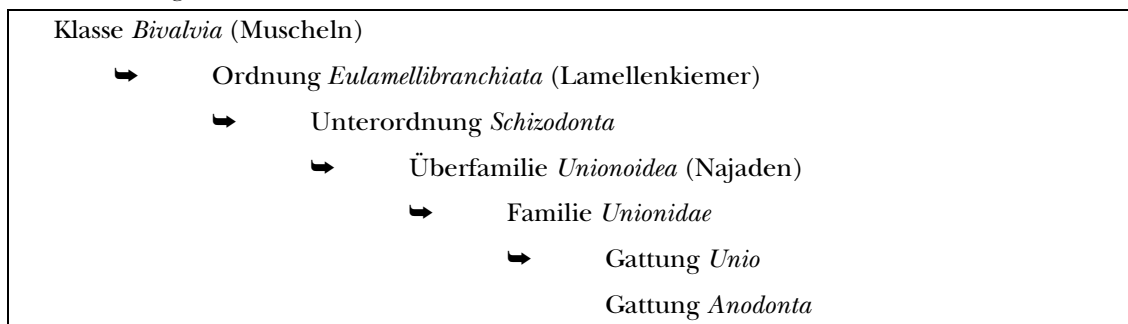


Abbildung 1: Systematik nach GRUNER [1993].

Vorkommen, einen enormen Einfluß auf die Reinigung des Wassers ausüben. OSTER [1990] schlägt sogar vor, in Schwimmbädern durch den Besatz von Muscheln auf künstliche Filter und Chlorbehandlung zu verzichten.

Neben dem wissenschaftlichen Interesse an der Erforschung der Lebensweise einheimischer Süßwassermuscheln kam Mitte dieses Jahrhunderts ein wirtschaftlich bedeutender Faktor hinzu, der eine Untersuchung der Populationsdynamik bedingte. Das Muschelfleisch von Arten der Gattung *Unio* und *Anodonta* wurde als Futterzugabe bei Vogel- und Schweinezuchten genutzt, zusätzlich fanden die Schalen von *Unio* in der Knopfindustrie Verwendung [BOTNARIUG & TUDORANCEA 1967]. Bereits 1855 wurden auf Anordnung des bayrischen Königs Maximilian II. alle Gewässer Bayerns auf die Entwicklung der

Ordnung *Eulamellibranchiata* (Blatt- oder Lamellenkiemer) an. Ein Großteil dieser läßt sich aufgrund des Baues der Schloßzähne in der Unterordnung *Schizodonta* vereinigen. Der Überfamilie *Unionoidea* (Najaden) gehören drei Familien an. Die Familie *Margaritifridae* mit der einzigen Gattung *Margaretifera* (Flußperlmuschel), die Familie *Mutelidae* und die Familie *Unionidae* mit den zwei Gattungen *Unio* und *Anodonta*, von denen mir jeweils zwei Arten als Versuchsobjekte dienten (siehe Abbildung 1, Seite 10).

Standortfaktoren wie Substratzusammensetzung und Strömungsgeschwindigkeit beeinflussen die Schalenform einer Art [BOETTGER 1931] derart, daß zunächst zahlreiche Neubeschreibungen von Arten vorgenommen wurden, diese

aber später teils revidiert und teils in Rassen (Standortformen) umgewandelt worden sind [MODELL 1930]. WESENBERG-LUND [1939] gibt an, daß allein für Deutschland zunächst 87 beschriebene Arten auf zwei Arten zurückgeführt werden konnten. Er unterscheidet allerdings bei der Gattung *Anodonta* nicht zwischen den Arten *Anodonta anatina* und *Anodonta cygnea*.

Zur Bestimmung der Arten sind Kenntnisse über Gehäusemerkmale einer Muschel vonnöten (siehe Abbildung 2, Seite 11).

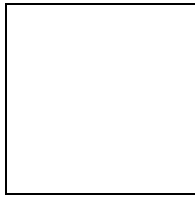


Abbildung 2: Die Gehäusemerkmale einer Muschel nach GLÖER et al. [1992].

Bestimmungsmerkmale der Versuchstiere nach GLÖER et al. [1992]¹

Gattung *Unio* Philipsson 1788 (Flußmuscheln): Schloßzähne vorhanden, längliche Schalen mit dicker Außenlage (Periostracum), mit drei Arten.

- *Unio pictorum* Linnæus 1758 (gemeine Malermuschel²) (siehe auch Abbildung 60, Seite 112)

Schale schmal und zungenförmig; Ober- und Unterrand verlaufen beinahe parallel; mehr als doppelt so lang wie hoch; Wirbel aus einzelnen in Reihen stehenden Höckern; Farbe grüngelblich.

Länge: 60-140 mm; Höhe: 25-60 mm; Breite: 23-31 mm

- *Unio tumidus* Retzius [in Philipsson] 1788 (aufgeblasene Flußmuschel) (siehe auch Abbildung 61, Seite 113)

Schale spitz-eiförmig bis keilförmig; etwa doppelt so lang wie hoch; Unterrand gebogen; oft mit grünen Radialstreifen; dickwandig.

Länge: 65-80 mm; Höhe: 30-45 mm; Breite: 23-30 mm

Gattung *Anodonta* Lamarck 1799 (Teichmuscheln): Schloßzähne fehlen, breite Form und dünne Schalen, mit zwei Arten.

- *Anodonta anatina*³ Linnæus 1758 (gemeine Teichmuschel) (siehe auch Abbildung 62, Seite 113)

Schale rhombisch-eiförmig; Schild stark dreieckig gewinkelt; Einstromöffnung breit mit kurzen Papillen; Unterrand innen wulstig verdickt.

Länge: 76-95 mm; Höhe: 49-60 mm; Breite: 28-29 mm

- *Anodonta cygnea* Linnæus 1758 (große Teichmuschel)

Schale länglich eiförmig; stark aufgewölbt; Wirbel eher am Vorderende; ziemlich flach und mit konzentrischen, den Zuwachsstreifen parallelen Runzeln; dünnwandig; Einstromöffnung schmal mit langen Papillen.

Länge: 120-200 mm; Höhe: 84-120 mm; Breite: 52-60 mm

Lebensraum und Lebensweise

Die Familie *Unionidae* ist in der alten Welt, sowie Nord- und Südamerika verbreitet [WESENBERG-LUND 1939]. In Deutschland überall zu finden fehlt im Donauebiet nur die Art *Unio tumidus* [GLÖER 1992]. Die *Unionidae* sind Bewohner des Sandes oder Schlammes, oftmals zwischen den Pflanzenstengeln steckend, und somit in strömungsberuhigten Gewässern zu finden. Bei geeignetem Substrat können sie sich vollständig eingraben, so daß nur noch die Siphone mit dem Freiwasser in Kontakt stehen. Sie bevölkern stehende Gewässer und ruhige Buchten von Flüssen und Seen, wobei *Unio* mehr in Bereichen stärkerer Wasserbewegung zu finden ist als *Anodonta* (Abbildung 3, Seite 12) [WOLFF 1968]. Im Zusammenhang mit der Strömungsgeschwindigkeit, der die Tiere

¹Deutsche Artennamen nach STEINBACH [1990].

²Die Malermuschel erhielt ihren Namen aufgrund der Verwendung der Schale als Farbnapf [GRUNER 1993].

³Als Synonym wird *Anodonta piscinalis* Nilsson verwendet [KRYGER & RIISGÅRD 1988, STONE et al. 1981].

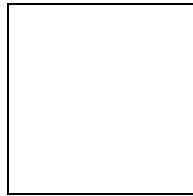


Abbildung 4: Der Bauplan einer Muschel (Seitenansicht) [REMANE et al. 1985].

ausgesetzt sind, ist die Gattung *Unio* dickschaliger als *Anodonta* [WESENBERG-LUND 1939].

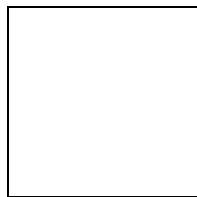


Abbildung 3: Das Muschelvorkommen in Abhängigkeit von Strömung und Substrat nach WOLFF [1968].

Alter und Größe

In ruhigen mittelgroßen Flüssen erreichen die Tiere ihre maximale Größe. Mit 90 mm Länge ist *Unio pictorum* nach 5-6 Jahren ausgewachsen. Nach 6-8 Jahren ist eine *Unio tumidus* 100 mm lang [MENTZEN 1926]. Bis zum Beginn der Geschlechtsreife im 3. Lebensjahr wachsen sie sehr schnell, und erst danach bilden sich die sog. Jahresringe aus [BOTNARIUC & TUDORANCEA 1967].

Der Wachstumsphase von April bis Oktober schließt sich eine sechsmonatige Wachstumspause an, in der sich die dunklen Jahresringe bilden [NEGUS 1966], die sich zur ungefähren Altersbestimmung heranziehen lassen. Bei alten Muscheln (Höchstalter *Unio* 7-10 und *Anodonta* bis 15 Jahre [WESENBERG-LUND 1939]) erweist sich das Abzählen als schwierig, da die Ringe sehr eng zusammenliegen, und die gesamte Schale sich mit zunehmenden Alter verdunkelt, wobei die Verdunklung auf organische Auflagen zurückzuführen ist [MENTZEN 1926].

Kiemebau und Filtration

Da die Kiemen (siehe Abbildung 4, Seite 12) neben der Atmung zunehmend die Aufgabe der Nahrungsfiltration übernommen haben, wurden sie im Laufe der Stammesgeschichte deutlich vergrößert. Aus den kurzen Kiemenblättchen entwickelten sich lange, nach unten hängende Kiemenfäden, die sich am Ventralrand des Mantels wieder nach oben wenden. Auf jeder Körperseite liegt somit eine im Querschnitt W-förmige Kieme mit inneren und äußeren Kiemenfäden, die jeweils einen auf- und absteigenden Schenkel besitzt.

Bei den Eulamellibranchiata (Abbildung 5, Seite 13) verbinden längs verlaufene Gewebelamellen die Kiemenfäden fest miteinander, so daß Lamellen entstanden sind. Zwischen den Lamellen gibt es zusätzlich Querbrücken (Septen) [GRUNER 1993].

„Die dorsalen Kanten der Lamellen (der aufsteigenden Schenkel der Filamente) sind gewöhnlich mit dem benachbarten Mantel- bzw. Fußepithel durch Wimpern verbunden oder aber direkt damit verwachsen. Die freien dorsalen Kanten der aufsteigenden Lamellen der beiden medianen Kiemenblätter verwachsen in der Medianlinie meist gleichfalls. So entsteht ein Art Querseptum, das den größeren unteren Teil der Mantelhöhle (Subbranchialraum) vom kleineren oberen Abschnitt (Suprbranchialraum) gut abtrennt. Die über den Interlamellarräumen der Kiemenblätter liegenden ventralen Teile des Suprbranchialraumes werden meist als Kiemengänge bezeichnet, denn durch diese wird das durch die Lamellen hindurch tretende und in den Interlamellarräumen auf-

steigende Atemwasser zur Ausstromöffnung des Mantelraumes geleitet“ [GRUNER 1993].

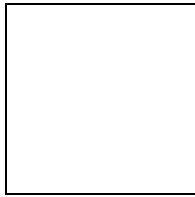


Abbildung 5: Kiemenschema der Eulamellibranchiata [SEWING 1985].

Die Lateralwimpern der Kiemenschemen erzeugen schlagend einen Wasserstrom, der durch die Ingestionsöffnung der Muschel in die Mantelhöhle eintritt, durch die Kiemenschemen in die Interlamellarräume strömt und über den Suprabranchialraum durch die Egestionsöffnung die Muschel wieder verläßt. Den Laterofrontalwimpern fällt hierbei die Aufgabe der eigentlichen Filtration zu. Stößt ein Partikel an diese Wimpern, schlagen sie nach vorne aus und drücken den Partikel auf die schleimigen Frontalwimpern. Der weitere Abtransport erfolgt über Schleim- und Wimperbahnen. Die Kiemenschemenaktivität (2-20 mal pro Sekunde [GRUNER 1993]) ist meist weit größer als es der Gasaustausch verlangt, und die Sauerstoffausnutzung ist daher sehr gering.

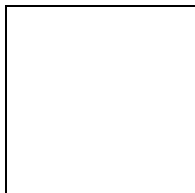


Abbildung 6: Schema eines von zwei Kiemenschemen begrenzten Kiemenschemens [nach Dral aus WINTER 1969].

Verdauungssystem und Ernährung

Die Angaben über das Verdauungssystem und Ernährung stammen, wenn nicht anders belegt, aus GRUNER [1993]. *Unionidae* filtrieren im Wasser schwebende Nahrungspartikel. Zur weiteren Suspendierung durchpflügen sie die oberste Bodenschicht und wirbeln dabei am Boden liegende Partikel auf. Auf dem Weg zur Mundöffnung werden die Partikel bereits sortiert. Ungeeignete Partikel werden eingesleimt und als Pakete der Ausstromöffnung

zugeführt. Diese Abfälle werden als Pseudofaeces bezeichnet.

Dem Verdauungstrakt (siehe Abbildung 4, Seite 12) aller *Bivalvia* fehlen Mundhöhle und Pharynx, so daß die Nahrung durch die Mundöffnung, die dorsal und ventral von Mundlappen (Labialpalpen) begrenzt ist, direkt in den Ösophagus gelangt. Der anschließende Magen ist mit Sortierfeldern, Mischeinrichtungen und trennenden Faltensystemen ausgestattet, so daß die in Schleim eingebettete Nahrung gleich zum Kristallstiel transportiert wird. Dieser entspringt im sogenannten Stielsack und ragt in den Magen hinein. Durch Cilien wird der Stiel in Rotation versetzt (bei 11°C 11-13 Umdrehungen pro Minute bei *Anodonta* [GÖTTING 1974]), und die enthaltenen Verdauungsenzyme werden frei. Dem Stiel gegenüber liegt das Magenschild, das ebenfalls Enzyme enthält und zusätzlich dem Stiel eine Reibungsfläche bietet, so daß die Nahrung fein zerrieben werden kann. Unverdauliches wird in den Darm transportiert, während der verdauliche Teil in den Mitteldarmdivertikeln, deren Gänge in den Magen münden, intra- und extrazellulär verdaut wird. SHALCHYUTE [1984] fand im Darm von *Unionidae* 65 % Detritus, 18 % Bakterien und 17 % Phytoplankton. ZACHARIAS [1907] fand bei Eingeweideuntersuchungen an *Anodonta* und *Unio* 22 verschiedene Planktonalgenarten.

Fortpflanzung

Der Tatsache daß die Familie *Unionidae* obligat getrenntgeschlechtlich ist, fügt WESENBERG-LUND [1939] eine Einschränkung hinzu, demnach unter bestimmten Umständen auch Hermaphroditen entstehen können:

„Die Regel dürfte sein, daß sie in fließendem Wasser und auch in größeren Seen getrenntgeschlechtlich sind, aber Hermaphroditen werden, wenn sie in kleinen scharf begrenzten, stehenden Gewässern eingeschlossen sind. Hier nimmt nach und nach die Zahl der Männchen ab, worauf etwas später die Zahl der reinen Weibchen ebenfalls abnimmt. ... Umfassende Untersuchungen in Deutschland haben gezeigt, daß man in

fließendem Wasser ungefähr gleich viel Männchen und Weibchen antrifft, daß man aber in Buchten, die seit einem halben Jahrhundert vom Hauptlauf abgesperrt sind, fast nur Weibchen findet, und das man in Ausständen, die seit ein paar hundert Jahren abgesperrt sind, nur Hermaphroditen begegnet.“

Bei getrenntgeschlechtlichen Tieren geben die Männchen den Samen ins Wasser ab, und dieser wird von den Weibchen mit dem Atemwasser zusammen in die Mantelhöhe eingesaugt. Die Eier, bis zu 400.000, werden in die äußeren Kiemenblätter ausgestoßen, wo anschließend die Befruchtung stattfindet. Die Dauer des Aufenthalts in den Kiemen ist abhängig von den Temperaturverhältnissen und kann für unsere Breitengrade mit ca. zwei Monaten für *Unioninen* und sechs Monaten für *Anodontinen* angegeben werden [WESENBERG-LUND 1939].

Neben den Funktionen der Respiration und der Nahrungsfiltration dienen die Kiemen also zusätzlich der Brutpflege. Und nicht nur der eigenen Brut - der Bitterling vertraut die Entwicklung seines Nachwuchses ebenfalls der Malermuschel (selten den Teichmuscheln) an. Bei Weibchen einiger *Unionidae* ist die Schale im Bereich des als Brutraum dienenden Kiemenabschnitts (Marsupium) bauchig aufgetrieben [GÖTTING 1974].

Nach dem Aufenthalt in den Kiemen schließt sich die Verbreitung der *Unionidae* durch an Fischen parasitierende Larven, den Glochidien, an. Die parasitische Phase dauert etwa 2-10 Wochen [BOTNARIUC & TUDORANCEA 1967]. Danach lassen sich die nun fertigen etwa 5-8 mm kleinen Muscheln zu Boden sinken und beginnen ihr Leben als benthische Filtrierer [WESENBERG-LUND 1939].

Kreislauf

Die Blutmenge von Muscheln ist ungewöhnlich groß und nimmt bei *Anodonta cygnea* die Hälfte des Weichkörpergewichts ein [GÖTTING 1974]. Allerdings dürfte die Muschel das Tier mit dem langsamsten Blutumlauf sei. Im Sommer

macht das Herz (siehe Abbildung 4, Seite 12) vier Schläge pro Minute, während bei 0 °C das Herz nur alle drei Minuten einmal schlägt [WESENBERG-LUND 1939].

Sinnesorgane

An Sinnesorganen sind bei Muscheln Statocysten im Fuß, paarige Osphradien in der Mantelhöhle, die das Atemwasser auf Sauerstoffgehalt, Faul- und Schadstoffe hin prüfen, Lichtsinneszellen, sowie zahlreiche Sinneszellen mit meist chemischen und mechanischen Funktionen auf der gesamten Körperoberfläche nachgewiesen. Die Sinnesreize lösen vornehmlich Schutzreaktionen gegen Feinde und schlechte Umweltbedingungen aus.

„*Unionidae* können sich im strömenden Wasser mit Hilfe ihrer Sinneszellen (durch die Reibungsunterschiede des Wassers an ihren Fußseiten) mit ihrer Längsachse genau in die Fließrichtung einstellen“ [GRUNER 1993].

Unionidae besitzen keine echten Lichtsinnesorgane, aber

„Teichmuscheln ... sind zum Bewegungsehen (ohne Augen) befähigt, d.h., sie können über sie hinweg gleitende Schatten, die oftmals von Feinden stammen, wahrnehmen. Bewegt sich ein Schatten mit wenigen Zentimetern (3-10 cm) pro Sekunde über die Muschel hinweg, reagiert sie durch Zusammenziehen ihrer Randtentakel an der Einstromöffnung schon bei Helligkeitsunterschieden von 7,7 %, bei stärkeren Schatten durch Schließen der Schalenklappen. Die Wahrnehmung dieser Schattenbewegungen ermöglichen gleichmäßig über die Mantelränder verteilte Sinneszellen“ [GRUNER 1993].

Gefährdung

Die Najadenbestände sind in Deutschland insgesamt rückläufig, und BOGAN [1993] sieht neben der Schadstoffbelastung durch die filtrierende Tätigkeit der Muscheln die sinkende Individuenzahl der Wirtsfische als entscheidenden Faktor des weltweit drohenden Bestandsrückganges der *Unionioidea*.

In Deutschland besonders betroffen sind die Bestände der Flußperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) und der Bachmuschel (*Unio*

crassus). Beide sind in diesem Jahrhundert um mehr als 90 % zurückgegangen [BAUER et al. 1991]. Die Restbestände sind größtenteils überaltert, da kaum Jungmuscheln aufwachsen. Wegen der hohen Lebensdauer der Flußperlmuscheln (über 100 Jahre) können diese Populationen aber noch Jahrzehnte lang weiterexistieren. Flußperlmuscheln sind in der „Roten Liste Deutschland“ in der Kategorie „vom Aussterben bedroht“ geführt, während die Gattung *Unio* mit ihren drei Arten *Unio tumidus*,

Unio pictorum und *Unio crassus* bundesweit als stark gefährdet eingestuft wird [BLAB et al. 1984].

In Brandenburg ist *Unio crassus* vom Aussterben bedroht und *Anodonta cygnea* gefährdet [MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND RAUMORDNUNG 1992]. Als regional gefährdet werden *Unio tumidus* und *Unio pictorum* in der „Roten Liste des Landes Brandenburgs“ kategorisiert [MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND RAUMORDNUNG 1992].

2.2 Das Untersuchungsgebiet

2.2.1 Die Oder

Hydrographie und Hydrologie

Die Oder entspringt in 634 m Höhe über dem Meeresspiegel im Odergebirge (Oderske Vrchy) der tschechischen Ostsudeteten.

Mit einer Gesamtlänge von 906 km durchfließt die Oder nordöstlich die mährische Pforte bis zur tschechisch-polnischen Grenze, wendet sich dann nach Nordwesten und bildet auf einer Länge von 162 km die Grenze zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Republik Polen (Grenzoder). Unterhalb Kilometer 704 teilt sich der Fluß in zwei Hauptarme auf. Die sogenannte Ostoder mündet in den Dammschen See, der dann mit der Westoder gemeinsam als Papenwasser ins Stettiner Haff fließt. Von Raciborz (Republik Polen) an ist die Oder über eine Strecke von rund 733 km schiffbar [HANKEN-KRANEN 1991].

Abbildung 7: Die Oder.

Auf seinem Weg zur Ostsee durchfließt der Fluß nacheinander das Breslau-Magdeburger, das Glogau-Baruther, das Warschau-Berliner und das Thorn-Eberswalder Urstromtal und durchbricht die jeweils trennenden Landrücken. Dadurch kommt es zum häufigen Wechsel des Gefälles. Die Warthe als größter Nebenfluß beeinflusst das Abflußgeschehen der Unteren Oder entscheidend. Das 118.861 km² große Einzugsgebiet der Oder erstreckt sich anteilig zu 89 % in der Republik Polen, zu 6 % in der Tschechischen Republik und zu 5 % in der Bundesrepublik Deutschland [LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG 1993].

Mit einer Jahresabflußmenge von $17 \cdot 10^3 \text{ hm}^3$ [LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG 1993] am Pegel Hohensaaten-Finow stellt die Oder den sechsgößten Süßwasserzufluß zur Ostsee dar. Der unter dem Einfluß gemäßigt kontinentalen Klimas stehende Fluß ist durch hohe Wasserführung im Winter bzw. Frühling (Schneeschnmelze) und durch geringe Abflüsse im Sommer geprägt. Starke Niederschläge im Sommer können zu kurzen Hochwasserwellen führen. Am Pegel Hohensaaten liegt ein Schwankungsbereich vom niedrigsten Niedrigwasser mit 84 cm bis zum höchsten Hochwasser⁴ mit 778 cm vor, die mittlere Abflußmenge beträgt dabei 540 m³/s (0,6 bis 0,9 m/s Fließgeschwindigkeit) [LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG 1993]. Ausgedehnte Polderflächen dienen als Hochwasserentlastungsgebiete.

Das Gütebild der Oder

Die Oder als ein internationales Gewässer und wesentlicher Ostseeinfluß wird seit mehreren Jahrzehnten an 22 Pegeln durch polnische und deutsche Institutionen in Bezug auf die Wasserbeschaffenheit überwacht. Trotz Richtlinien des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW) zeigen die deutschen und polnischen erhobenen Daten große Differenzen auf. Eine erste Auswertung deutscher Daten erfolgte durch DEHMEL [1992].

Eine weitere Zusammenfassung und Auswertung deutscher und polnischer Daten aus dem Zeitraum 1981 bis 1991 stellt eine Arbeit des LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG [1993] dar. Die folgenden Daten stammen aus dieser Quelle.

Der Verlauf des Sauerstoffhaushalts zeigt einen ausgeprägten Jahresgang, der die Temperaturverhältnisse (0 °C bis 28 °C) und die biologischen Vorgänge im Gewässer wiederspiegelt. Eine Gefährdung durch Sauerstoffmangel läßt sich nicht feststellen, der Median der Sauerstoffkonzentration liegt bei 8 mg/l O₂. Die Sauerstoffsättigung beträgt durchschnittlich 75-85 %.

Die Oder zeigt ein hohes Eutrophierungspotential, dessen Auswirkungen besonders stark im Oderhaff zu beobachten sind. Neben Belastungen aus dem Ober- und Mittellauf tragen viele kommunale und industrielle Kläranlagen mit teilweise ungenügender Abwasserreinigung im Grenzoderabschnitt dazu bei. Beispielhaft lagen folgende Spannweiten der Konzentrationsmediane vor

- Ammonium: 0,5-2 mg/l;
- Nitrat: 2-4 mg/l;
- Orthophosphat: 0,1-0,2 mg/l.

Die Auswertung der Meßwerte von 1981-91 zeigt jedoch keinen statistisch nachweisbaren Trend zur nachhaltigen Verbesserung oder Verschlechterung der Wasserbeschaffenheit der Oder.

Zusammenfassend kann das Wasser als „kritisch belastet“ bis „stark verschmutzt“ [nach LAWA 1991] angesehen werden. 1959 wurde die Oder noch als „mäßig belastet“ eingestuft [SCHARF & WALTER 1961].

Mittlerweile findet der Aufbau eines neuen Meßnetzes an der Oder und in ihrem Einzugsgebiet mit einem erweiterten Parameterspektrum statt, und neue Untersuchungen zum Makrozoobenthonbestand [HASTRICH 1993, SCHWARZ 1993] erweitern die Daten zur Bewertung der Oder.

⁴Aus der Jahresreihe 1921 - 90.

2.2.2 Wasserbau

Buhnen als Bauwerke zur Flußregelung

Unter Flußregelung versteht man Maßnahmen, die die Wasserstands- und Abflußverhältnisse eines Flusses in Bezug auf Wassernutzung (Schifffahrt, Energieerzeugung, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung und Fischerei) und Wasserschutz (Ufersicherung und Hochwasserschutz) verbessern. Um bei Niedrigwasser eine ausreichende Fahrwassertiefe zu schaffen, wird durch seitliche Begrenzungen der Abflußquerschnitt verringert, was zunächst eine Anhebung des Wasserspiegels und gleichzeitig eine Erhöhung der Abflußgeschwindigkeit verursacht. Die Flußsohle vertieft sich dadurch, bis ein neues Gleichgewicht entstanden ist. Diese Art von Einschränkung erfolgt in erster Linie durch Buhnen [KÖHNLEIN 1992].

Buhnen sind dammartige Bauwerke, die vom Ufer aus bis zur vorgesehenen neuen Begrenzung des Niedrig-Mittelwasserbettes, der sogenannten Streichlinie, in den Flußquerschnitt hineingebaut werden. Das flußseitige Ende einer Buhne heißt Buhnenkopf, das landseitige Buhnenwurzel. Die Wasserfläche zwischen zwei Buhnen nennt man Buhnenfeld. Die Neigung der Buhnen zur Fließrichtung kann stromabwärts (deklinant), rechtwinklig oder stromaufwärts (inklinant) gerichtet sein. Ragen die Buhnen bei Mittelwasser aus dem Wasser heraus, wird eine direkte Durchströmung des ufernahen Gewässerstreifens verhindert, und es bildet sich im Buhnenfeld eine walzenförmige Strömung aus, die durch eine stark verringerte Fließgeschwindigkeit gekennzeichnet ist (siehe Abbildung 8, Seite 18). Bei dieser Strömungsform ist das Verhältnis von Buhnenlänge b zu Wassertiefe h kleiner 100 [KÖHNLEIN 1992].

Sinkt die Wassertiefe, so wird das Verhältnis von Buhnenlänge b zu Wassertiefe h deutlich größer als 100, und es entsteht ein neues Strömungsbild (siehe Abbildung 9, Seite 18) [KÖHNLEIN 1992].

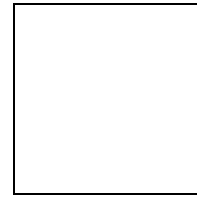


Abbildung 8: Der Strömungsverlauf im Buhnenfeld bei Mittelwasser nach KÖHNLEIN [1992] verändert.

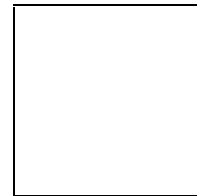


Abbildung 9: Der Strömungsverlauf im Buhnenfeld bei Niedrigwasser nach KÖHNLEIN [1992] verändert.

Mit schwankenden Wasserständen ändern sich also auch die Strömungsmuster. Durch unterschiedliche Strömungen kommt es zu zeitlich und räumlich veränderten Sedimentationen im Buhnenfeld, und zur mosaikartigen Verteilung der Substratkorngrößen [LANGE & LECHNER 1986]. Daraus resultiert eine ebenfalls mosaikartige Verteilung der faunistischen und floristischen Besiedlung. Es können verschiedene Besiedlungszonen festgestellt werden, die sich durch Substratbeschaffenheit, Artenanzahl und Abundanz unterscheiden [SCHLEUTER & TITTIZER 1991].

Zur Situation in der Oder

Die erste urkundliche Erwähnung von Schiffsverkehr auf der Oder fällt in das Jahr 1211 [UHLEMANN 1987c]. Zielgerichtete Regulierungen des Stroms für die Binnenschifffahrt begannen 1742, wobei die Baumaßnahmen Durchstiche und die Errichtung von Buhnen beinhalteten [UHLEMANN 1981a]. Doch erst Mitte des 19. Jahrhunderts wurden Buhnen gezielt als Bauwerke zur Mittelwasserregelung eingesetzt und haben sich bis heute aus wasserbaulicher Sicht bewährt [UHLEMANN 1981b].

Gegenwärtig ist die Oder ab km 96 über eine Strecke von 186 km kanalisiert und der Wasserabfluß reguliert (Kanalisierte Oder). Auf diesem Abschnitt befinden sich 23 Staustufen mit

Schleusen und Wehren [HANKE-KRANEN 1991]. Bis Kilometer 681 ist das Ufer nahezu durchgehend mit Mittelwasserbuhnen der inklinanten Form ausgebaut. Sie wurden in konventioneller Weise aus Packwerk, Kieskern, Sinkstücken, Steinpackungen und Steinschüttungen aufgebaut. In neuerer Zeit wurden zur Instandsetzung sogenannte Rambuhnen aus Spundwand und Betonriegel verwendet. Starke Belastung durch Strömung und Eis sowie unzureichende Unterhaltungsarbeiten sind Gründe für teilweise zerstörte Buhnen. [BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU & BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE 1995].

2.2.3 Die Versuchsbuhnen

Die Auswahl der zwei Versuchsbuhnen erfolgte von der Wasserseite mit einem Schiff des Wasserschiffahrtsamtes Eberswalde. In den sandigen Buhnenfeldern wurde das Sediment nach Muscheln abgesucht. Eine Vorauswahl ergab sich bereits aus den unveröffentlichten Ergebnissen der regelmäßigen Beprobungen der Oder durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde. Entscheidend für die Auswahl war zusätzlich die mögliche Begehung der Buhnen von Land aus.

Das erste ausgewählte Feld liegt zwischen Flußkilometer 648 und 649 auf der Höhe der Ortschaft Güstebieser Loose, das zweite liegt flußabwärts zwischen Kilometer 670 und 671 nahe der Stadt Hohensaaten (siehe Abbildung 7, Seite 16). Im weiteren werden die Buhnenfelder als „Buhnenfeld 648“ und „Buhnenfeld 670“ bezeichnet.

Beschreibung Buhnenfeld 648

Das Buhnenfeld 648 hat eine Gesamtlänge von 125 Metern. Die begrenzenden Buhnen weisen bei einer Länge von 20 m eine Buhnenkopfhöhe von 5,6 bzw. 5,7 m auf (siehe Abbildung 10, Seite 19 und Abbildung 13, Seite 21).

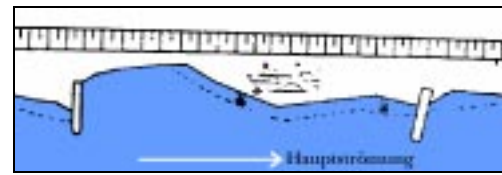


Abbildung 10: Das Buhnenfeld 648 aus der STROMKARTE DER ODER verändert.

Ein ausgedehnter Schilfgürtel bedeckt ca. 4/5 der Uferlinie. Feuchtwiesen mit Seggenbestand schließen sich direkt an.

Eine Korngrößenanalyse nach DIN 18123 ergab bei 5 untersuchten Stellen im Buhnenfeld 648 ein einheitliches Ergebnis. Das Substrat besteht zu über 90 % aus Sand (Korndurchmesser 0,063-2 mm). Aufgetragen auf einer Korngrößensummenkurve ergibt sich allein für Mittelsand (0,25 mm) ein Massenanteil von 40 % von der Gesamtmasse, gefolgt von Grobsand (0,63-2 mm) mit 5 bis 20 % für die einzelnen Grobsandkorngrößen. Der Anteil des groben Schluffs (Korndurchmesser 0,02-0,063 mm) liegt bei etwa 5 %.

Der durch den Glühverlust nach DIN 38414 errechnete organische Bestandteil einer Sedimentprobe ergab für das Buhnenfeld 648 einen Anteil organischer Substanz von 2,6 bis 4,4 % von der Gesamtprobe.

Beschreibung Buhnenfeld 670

Das Buhnenfeld 670 hat eine Gesamtlänge von 175 m. Die stromaufwärts liegende Buhne mißt eine Länge von 25 m bei einer Buhnenkopfhöhe von 2,4 m. Die Buhne stromabwärts ist nur 15 m lang mit einer Höhe von 2 m. Feuchtwiesen mit vereinzelt Baumbestand (Weiden - *Salicaceae*) säumen den Uferstrand (siehe Abbildung 11, Seite 20 und Abbildung 14, Seite 21).

Im Buhnenfeld 670 schwankte die Korngrößenzusammensetzung bei 7 Probestellen gering. Der Massenteil der Körner mit einem Durchmesser von 0,25 mm (Mittelsand) liegt hier zwischen 59 und 73 %. Der Rest besteht aus Feinsand (0,063-0,2 mm). Grobsand und Schluff sind nicht enthalten.

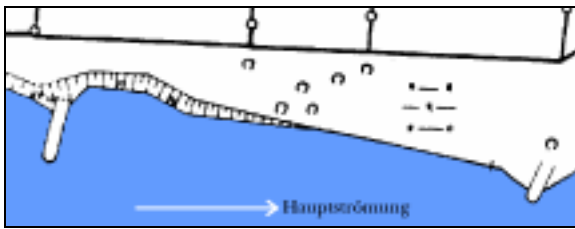


Abbildung 11: Das Bühnenfeld 670 aus der STROMKARTE DER ODER verändert.

Das Substrat im Bühnenfeld 670 ist also feinkörniger und enthält weniger verschiedene Korngrößen als das Substrat im Bühnenfeld 648. Im Bühnenfeld 670 beträgt der organische Anteil in den Sedimentproben nur 0,06 bis 0,25 % der Gesamtmenge. Wie auch bei der Korngröße ist kein Gradient entlang der Versuchsflächen nachweisbar.

2.3 Freiland

Die Freilandversuche sollten in erster Linie Aufschluß über die Verteilung und das Wanderverhalten der Muschelarten *Anodonta anatina*, *Anodonta cygnea*, *Unio pictorum* und *Unio tumidus* bei der sommerlichen Austrocknung der Bühnenfelder geben. Begleitend wurden verschiedene chemische und physikalische Wasserwerte erfaßt, um eine mögliche Vorzugsposition der Muscheln festzustellen.

2.3.1 Versuchsfläche

In keinem der beiden Untersuchungs Bühnenfelder stand das gesamte Bühnenfeld zur Beprobung zur Verfügung, da durch breite Schilfgürtel und andere Ufervegetation Abschnitte vom Land aus unzugänglich waren.

Wie in Abbildung 12 (Seite 20) skizziert, bestand die Versuchsfläche aus **Transekten** von 1,5 m Breite, die senkrecht zur Uferkante lagen und mit Bambusstöcken markiert waren. Die einzelnen Transekte wurden numerisch beziffert.

Jedes Transekt wurde in 1 m lange **Transektab-schnitte** unterteilt und diese vom Ufer aus in alphabetischer Reihenfolge bezeichnet. Die Transektab-schnitte lagen entlang eines kontinuierlichen Gefälles.

Die Größe eines Rasterfeldes betrug also 1 x 1,5 m. Die einzelnen Aufstellungen der transektbegrenzenden Pfähle erfolgte am 12. bzw. 14. Juni 1995 direkt an der Uferlinie und zu diesem Zeitpunkt auch die Festlegung der Transektab-schnitte. Verschiebungen der Linie beziehen sich daher auf diese Festpunkte.

Zur Wasserstandsmessung im Bühnenfeld wurden jeweils drei Peilstangen aufgestellt, die während der gesamten Versuchszeit dort verblieben.

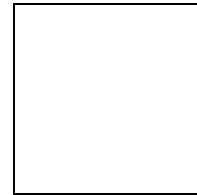


Abbildung 12: Rasterung der Versuchsfläche.

Bühnenfeld 648

Im Bühnenfeld 648 wurde eine ca. 24 m lange Versuchsfläche in 16 Transekte abgesteckt. Sie wird stromaufwärts von der Buhne und stromabwärts von einem Schilfgürtel begrenzt (siehe Abbildung 10, Seite 19 und Abbildung 13, Seite 21).

Bühnenfeld 670

Die Versuchsfläche im Bühnenfeld 670 war ca. 29 m lang und konnte in 19 Transekte unterteilt werden. Stromabwärts grenzte das Feld an die Buhne, während es stromaufwärts durch das ins Wasser ragende Wurzelwerk einer Weide begrenzt wurde. Wurzeln durchzogen auch weite Teile einzelner Transekte (siehe Abbildung 11, Seite 20 und Abbildung 14, Seite 21).

Abbildung 13: Die Versuchsfläche im Bühnenfeld 648.

Abbildung 14: Die Versuchsfläche im Bühnenfeld 670.

2.3.2 Chemische und Physikalische Parameter

In beiden Bühnenfeldern erfolgte bei jedem Beprobungstermin die Aufnahme folgender Daten:

- Datum und Uhrzeit;
- Wetter;
- Sauerstoffgehalt und Sättigung an der Oberfläche, Sauerstoffprofil (in 20, 40, 60 und 80 cm Tiefe) und Sauerstoffgehalt am Boden in verschiedenen Tiefen; mit dem Sauerstoffmeßgerät OXI 92 (Firma Wissenschaftlich Technische Werkstätten WTW).

Der Gehalt des Sauerstoffs wird in mg/l in einem Meßbereich von 0,0 bis 50,0 mg \pm 1 % vom Meßwert \pm 1 digit angezeigt. Die Sättigung wird in % von 0 bis 199 % \pm 1 % vom Mittelwert \pm 1 digit angegeben.

- Wassertemperatur und Temperaturprofil (20, 40, 60, 80 und 100 cm Tiefe); wegen der Abhängigkeit der Sauerstofflöslichkeit von der Wassertemperatur mit dem Sauerstoffmeßgerät OXI 92 (Meßbereich -5,0 bis 45,0 °C \pm 0,2 K \pm 1 digit) gemessen.
- pH Wert; das Meßgerät Microprocessor pH Meter 96 (Firma WTW) mißt in einem Bereich von 0,00 bis 14,00 \pm 0,01 pH \pm 1 digit.
- Leitfähigkeit; bei dem verwendeten Gerät Conductivity Meter LF 95 (Firma WTW) kann der Meßbereich wahlweise zwischen 0,0 bis 199,9 μ S/cm, 0 bis 1999 μ S/cm, 0,00 bis 19,99 mS/cm oder 0,0 bis 199,9 mS/cm eingestellt werden. Die Genauigkeit wird mit \leq 0,5% vom Meßwert \pm 1 digit angegeben.
- Sichttiefe; Messung mit Secchi-Scheibe (25 cm Durchmesser);
- Wassertiefe an den Peilstangen und deren Entfernung zur Wasserkante;
- Lage der Uferlinie in Transektabschnitten;
- Strömungsverhältnisse; die Strömungsgeschwindigkeit kann mit der Driftkörpermethode bestimmt werden. Hierfür wird auf

der Wasseroberfläche ein Driftkörper ausgesetzt und die Zeit gemessen, bis dieser Körper eine definierte Strecke zurückgelegt hat.

Im Bühnenfeld kommt es allerdings zu keiner gleichförmigen, stromabwärts gerichteten Strömung, sondern es kommt je nach Wasserstand zu unterschiedlichen Strömungsmustern. Es ist daher sinnvoll, bildlich die Strömungsverhältnisse in Form einer Skizze festzuhalten.

Weitere Datenaufnahmen

Täglich wurden die Wasserstände der Pegelanlagen Kienitz, Schleuse Hohensaaten und Schwedt/Oderbrücke (siehe Abbildung 7, Seite 16) des Wasserschiffahrtsamtes Eberswalde telefonisch abgerufen.

Einmalig erfolgte die Aufnahme der Korngrößenverteilung (nach DIN 18123) sowie die Bestimmung des Glührückstandes und des Glühverlustes der Trockenmasse eines Schlammes (nach DIN 38414). Der Glührückstand gibt den Gehalt organischer Substanz an.

Weiterhin einmalig war im September die Gehaltsmessung von Nitrat und Nitrit in den Bühnenfeldern.

2.3.3 Markierung der Muscheln

Zur individuellen Markierung der einzelnen Muscheln hielt ich mich zunächst an die von Kurt Valerius beschriebene Methode [VALERIUS 1991].

An den Tieren wird eine Markierungsboje aus Kork angebracht, so daß bei weiteren Beobachtungen die Muscheln ungestört auf oder im Sediment verbleiben können, da ihre Identifizierung anhand der Boje erfolgt. Die dem Wasser entnommenen Tiere werden zunächst abgetrocknet. Am caudalen Schalenende wird eine kleine Stelle des Periostracums abgeschabt und mit Alkohol gereinigt. Auf diese Stelle wird dann eine Plastikpalette (8 mm Durchmesser; Firma Knorr) mit einem Zweikomponenten-Harzkleber (Epoxyt Rapid Kleber) befestigt. Vorteil dieses Klebers ist einerseits seine hohe Klebkraft und Wasserfestigkeit,

andererseits seine kurze Trocknungszeit von 5 min, so daß die Tiere schnell ins Wasser zurückgesetzt werden können. An die Paillette ist eine Angelschnur geknotet (0,27 mm Stärke), die am anderen Ende den eigentlichen Schwimmkörper hält. Dafür wählte Valerius Korkscheiben mit 2 cm Durchmesser und einer Dicke von 5 mm. Zum besseren Wiederfinden färbte ich die Korkscheiben leuchtorange ein (Dupli Color Rallyespray). Zur Identifikation dienten bunte Perlen (Firma Knorr), die oberhalb des Korkens durch Farbcodes die Muscheln kennzeichneten.

Diese Markierungsmethode wurde zunächst im Institut für Gewässerkunde und Binnenfischerei im Strömungsbecken von mir getestet. Die markierten Muscheln wurden einer Strömung von ca. 20 cm/sec ausgesetzt und 12 Stunden im Versuch gelassen. Die Markierungsbojen zeigten trotz der Strömung senkrecht nach oben, und die drei Versuchstiere gruben sich ins Sediment ein und öffneten ihre Schalen. Der gemessene Sauerstoffgehalt ließ auf eine Atmung ihrerseits schließen. Die Befestigung am caudalen Ende hat den Vorteil, daß selbst bei eingegrabenen Tieren die Befestigungsstelle und somit auch die Angelschnur über dem Boden bleibt. Die gesamte Markierung hat ein Gewicht von 0,43 g (1/40 bis 1/300 des Gewichtes der Versuchsmuscheln).

Im Freiland erwies sich diese Methode jedoch als unbrauchbar. Im Bühnenfeld 648 entwickelte sich in den Sommermonaten ein dicker Algenteppich am Boden und an der Wasseroberfläche. Die Angelschnüre verwickelten sich in den Pflanzen, und die Markierungen rissen von den Muscheln ab. Wiedergefundene Muscheln konnten an der Abschabung als ehemals markiert identifiziert werden. Auch im Bühnenfeld 670 verursachte diese Methode Probleme. Hier kam es zwar nicht zu solch starkem Algenwuchs, doch waren die Sichtverhältnisse so schlecht, daß der Farbcode nicht erkennbar war. Länger mochte ich die Angelschnur nicht bemessen, da es sonst im

Flachwasser zum Verhakeln mit Treibgut oder markierten Nachbarmuscheln kommen könnte.

Es mußte eine neue Markierungsmethode ausgewählt werden, und die einzige Lösung war die Anbringung einer Markierung (Nummer) direkt an der Schale. Das Herausnehmen der Muscheln bei jedem Beprobungstermin wurde somit leider unumgänglich. Im Bühnenfeld 648 klebte ich mit dem Epoxid Kleber, der sich trotz des Abreißens der Bojen als sehr brauchbar erwies, nummerierte bunte Luftballonstücke auf die vorher, wie oben beschrieben, gereinigte Muschel. Gummi hielt ich für vorteilhaft, da es sich flexibel an die Schalenoberfläche anlegt. Problematisch sah ich die Beschriftung, die Monate lang halten sollte. Selbst wasserfeste Schreiber haben sich bei VALERIUS [1991] als nicht wasserfest herausgestellt. Daher stellte ich die Markierungsmethode nochmals um. Die „Luftballonmethode“ wurde nur exemplarisch im Bühnenfeld 648 an einem Beprobungstermin angewandt.

Die endgültige Markierung erfolgte mit Markierungsplättchen für Bienen (siehe Abbildung 15, Seite 23). Dies sind farbige (rote, grüne, gelbe, und weiße) Plastikplättchen mit einem Durchmesser von 3 mm. Eingestanzte Nummern von 1 bis 99 dienen der Identifikation. Die Gefahr der Ablösung der Beschriftung ist somit nicht gegeben. Die geringe Größe der Plättchen minimiert die Beeinträchtigung der Muschel und im Imkerbedarfshandel sind die Plättchen preiswert zu erhalten.

Abbildung 15: Ein Bienenplättchen als Markierung.

2.3.4 Aufnahme der Muscheldaten

„Ist man mit Wasserstiefeln versehen, so steigt man in das seichte Wasser und holt die Muscheln ... mit der Hand oder dem Handnetz heraus. Wer das Wasser nicht scheut, erreicht barfüßig dasselbe.“ [HAAS 1909]

Die Transekte wurden systematisch nach Muscheln abgesucht, indem per Hand die obersten Bodenschichten „durchpflügt“ wurden.

Durch diese Methode war ein Sammeln nur bis zur maximalen Wassertiefe von einer Armlänge möglich. Bei jeder Muschel wurden Transekt und Transektabschnitt bestimmt. Zusätzlich wurde die Wassertiefe am Fundort gemessen. Handelte es sich um eine bereits markierte Muschel, wurde ihre Nummer notiert und das Tier sofort zurücksetzt.

Eine nicht markierte Muschel wurde zuerst nach GLÖER et al. [1992] bestimmt, Länge, Höhe und Breite (siehe Abbildung 2, Seite 11) vermessen und mit oben beschriebener Methode markiert. Durchschnittlich blieb eine Muschel dabei 10 min außerhalb des Wassers, bis sie wieder am Fundort ausgesetzt wurde.

Von der Markierung ausgenommen waren Muscheln mit einer Gesamtlänge unter 5 cm. Dieses Maß wurde von mir festgelegt, da Individuen dieser Größenklasse eine sehr dünne und auch weiche Schale besitzen. Ich vermutete deshalb, daß der zur Markierung verwendete Kleber die Schale zu stark angreift bzw. sogar hindurchtreten kann. Leider ist mir über die Toxizität dieses Klebers nichts bekannt. Junge Muscheln wurden deshalb nur bestimmt und ihre Positionsdaten aufgenommen.

Nach einer Beprobung konnten erstens die Anzahl an Wiederfinden und Neumarkierungen und zweitens die aktuelle Individuendichte errechnet werden. Muscheln unter 5 cm Länge wurden dabei nicht berücksichtigt, da sie nicht quantitativ erfaßt werden konnten.

Am 25. September und 19. Oktober erfolgte zusätzlich zur Handsammelmethode in den ufernahen flachen Transektabschnitten die Muschelsuche in den uferfernen tiefen Abschnitten durch Tauchgeräteinsatz. Hierbei ging die Suche aber nicht über die Rasterabschnitte, die im Sommer mit der Handsammelmethode beprobt wurden, hinaus (Maximaltiefe 230 cm).

Da im Herbst in den flachen Abschnitten nur noch wenige Muscheln gefunden wurden, sollte der Taucheinsatz Hinweise auf das Verbleiben der Muscheln in größeren Tiefen geben.

2.4 Labor

Zweck der Laborversuche sollte die Messung der Filtrationsrate von *Unionidae* aus der Oder sein. Dabei ergeben sich Probleme wie die Hälterung und Fütterung der Tiere, aber auch die Möglichkeit ihrer Optimierung⁵.

2.4.1 Die Versuchstiere

Die benötigten Muscheln für die Laborversuche wurden am 25.9.95 im Buhnenfeld 648 bei der wöchentlichen Erhebung der Freilanddaten aussortiert. Um später Korrelationen zwischen Filtrationsraten und Parametern wie Art, Größe und Wanderverhalten aufzuzeigen, wurde beim Aussortieren der Muscheln auf Artzugehörigkeit und verschiedene Größen geachtet. Vorzugsweise wurden markierte Tiere gewählt.

Da jeder Muschel ein Lebensraum von 10 bis 20 Litern Wasser zugestanden werden sollte [ULLRICH 1994], war die Anzahl durch die Aquariumgröße begrenzt.

Ausgewählt wurden vier markierte *Unio pictorum*, zwei markierte und eine unmarkierte *Unio tumidus* und weitere vier markierte und zwei unmarkierte *Anodonta anatina*.

Der Transport ins Labor erfolgte in Kühltaschen, die mit Sediment und Wasser der Oder gefüllt waren. Im Labor wurden die Tiere nach Länge, Höhe und Breite vermessen und das Verdrängungsvolumen, sowie das Frischgewicht bestimmt.

2.4.2 Aquariumhälterung

Die Hälterung der 13 Tiere erfolgte in einem belüfteten mit Leitungswasser gefüllten 200-Liter-Aquarium. Das Substrat bestand aus sterilisiertem Baukies. Für die Durchströmung und Belüftung sorgten zwei Kreiselumpen und Sprudelsteine. Das Aquarium stand in einem fensterlosen Raum mit diffuser Beleuchtung (LD

⁵Ziel ist es, die Tiere am Ende der Versuche in die Oder zurückzusetzen.

14:10). Die Raumtemperatur betrug gleichbleibend 20 °C.

Etwa alle drei Tage wurden die Wasserwerte Sauerstoffgehalt und -sättigung, Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit (genutzte Geräte siehe Kapitel 2.3.2, Seite 22), sowie der Gehalt an Nitrat, Nitrit und Ammonium/Amoniak (Aquariumwassertests der Firma SERA) gemessen; in größeren Abständen die Karbonathärte. Einen Wasseraustausch richtete ich nach der Erhöhung der Nitratwerte.

2.4.3 Versuche zur

Filtrationsratenmessung

Die Filtrationsrate gibt an, wieviel Wasservolumen in einer definierten Zeiteinheit von Volumen- oder Masseinheit Organismus partikelfrei filtriert wird. Die Pumprate hingegen gibt die Menge Wasser an, die pro Zeit die Muschel durchströmt hat. Nur wenn der Zurückhaltungsgrad 100 % beträgt, ist die Pumprate der Filtrationsrate gleichzusetzen.

Die Filtrierleistung ist ein Ausdruck der Stoffwechselintensität [GÖTTING 1974] und dient somit als Maß der physiologischen Leistungsfähigkeit der Muscheln.

Die Messung der Filtrationsrate kann dabei der Beantwortung zweier Fragestellungen dienen, einerseits der Frage nach dem Einfluß der Muschelfiltration auf Trübung und Planktongehalt des Wassers - wobei die Pseudofaecesproduktion vernachlässigbar ist -, andererseits der nach der metabolischen Ausbeute in Form der Ingestionsrate.

Oberhalb einer Konzentrationsschwelle werden nicht alle filtrierten Partikel dem Verdauungstrakt, und somit dem Stoffhaushalt, zugeführt, sondern werden als Pseudofaeces wieder ausgeschieden und liegen als Schleimballen dem Gewässerboden auf. Sie dienen weiteren Konsumenten als Nahrung. Der Auswahlmechanismus, nach dem Partikel als Pseudofaeces die Muschel wieder verlassen, ist noch nicht geklärt [BAYNE & HAWKINS 1990]. Zur Bestimmung der Ingestionsrate muß die

Pseudofaecesmenge von der Filtrationsmenge abgezogen werden. Nur ein Teil der aufgenommenen Partikel kann absorbiert werden und somit dem Energiehaushalt zur Verfügung stehen; Unverdauliches wird als echter Faeces abgegeben. BAYNE & HAWKINS [1990] errechneten einen Verlust von 90 % der Energiemenge zwischen Filtration (200 Joule/Stunde) und Absorption (18,7 Joule).

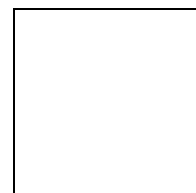
2.4.3.1 Methoden aus der Literatur

1.) Die **direkte Messung** eignet sich zur Bestimmung der Pumprate. Hier wird die Fließgeschwindigkeit oder die Menge des aus der Muschel strömenden Wassers bestimmt [WINTER 1978]. Möglich ist dies mit Mikroströmungssensoren oder mit speziellen Abfangeinrichtungen, die direkt an der Muschel lokalisiert sein müssen [FLÜGEL & SCHLIEPER 1962, DE BRUIN & DAVIDS 1970, FAMME et al. 1986].

2.) Die **indirekte Messung** dient der Bestimmung der Filtrationsrate. Bei dieser Methode wird die Abnahme der Partikelmenge im Muschel umgebenen Medium bestimmt. COUGHLAN [1969] geht dabei von vier Annahmen aus:

- die Partikelabnahme erfolgt nur durch Filtration der Muschel und durch Sedimentation;
- die Pumprate ist konstant;
- der Partikelzurückhaltungsgrad beträgt 100 % und
- die Suspension ist homogen.

COUGHLAN [1969] gibt für die Filtrationsrate folgende Gleichung an:



MOHLENBERG & RIISGÅRD [1979] entwickelten die sogenannte „suction method“. Hierbei wird das Wasser direkt von der Ein- und Auströmöffnung der Muschel gesaugt und die Partikel-

differenz bestimmt. Doch schon WINTER [1969] erkannte, daß die Konzentrationsabnahme der Partikel eine Anpassung der Filtrationsrate an die neue Konzentration auslöst, und somit nur Durchschnittswerte für große Konzentrationsbereiche angegeben werden können.

WINTER [1973] sorgte durch eine kontinuierliche Messung der Konzentration und angepaßter Zugabe der Futtersubstanz für eine gleichbleibende Konzentration. Aus der zugegebenen Menge des Futters kann die Filtrationsrate berechnet werden. Vorteilhaft ist die nunmehr beliebige Versuchsdauer, so daß eine Aufnahme von Tagesrhythmen möglich ist. Nach den Vorgaben Winters entwickelten JANSSEN & DREYER [1981] ein preiswertes und leicht nachbaubares Gerät.

2.4.3.2 Filtrationsversuche mit Konzentrationsregulation

Entsprechend Winters Vorgaben hielt ich eine konstante Konzentration über den gesamten Versuchszeitraum bei der Versuchsplanung für besonders wichtig.

Ich wählte für die Durchführung das von JANSSEN & DREYER [1981] entwickelte Gerät und baute es dem veröffentlichtem Schaltbild mit kleinen Veränderungen nach (siehe im Anhang III, Abbildung 63, Seite 115 und Abbildung 64, Seite 115).

Gerät zur Filtrationsmessung (Futterapparat)

Der Futterapparat besteht aus einem photometrischen Meßfühler, einer Pumpe (Faller Wasserpumpe 627) und einer Steuereinheit. In Abbildung 16 (Seite 27) ist der schematische

Aufbau des Gerätes zu sehen. Im 18 Liter großen Versuchsbecken (5) kann sich das Versuchstier (6) frei bewegen und in den Sand eingraben.

Wasserdicht verpackt befindet sich der photometrische Meßfühler (7), bestehend aus einer Lichtquelle und einem Photowiderstand, direkt über dem Tier. Mit Stativen arretiert besteht ein ca. 15 cm weiter Abstand zwischen den beiden photometrischen Einheiten. Neben dem Becken ist der Futtevvorratsbehälter (1).

Verändert habe ich die Lage der Pumpe (2), die nicht wie bei JANSSEN & DREYER [1981] in die Suspension eintaucht, sondern mit einem Styroporring (nicht in der Abbildung dargestellt) an der Oberfläche schwimmt. Ein wasserdichtes Einpacken erübrigt sich somit.

Über eine Spritzdüse (4) kann die Pumpe Futtersuspension in das Versuchsbecken einbringen. Die Belüftung und Umwälzung im Becken erfolgt durch Sprudelsteine (3), im Vorratsbehälter durch einen Magnetrührer. (8) stellt die Steuereinheit mit zwei Kontrolllampen dar.

Zu Versuchsbeginn wird das Futter mit der gewünschten Konzentration in das Versuchsbecken eingebracht. Mit einem stufenlosen Potentiometer in der Steuereinheit wird der photometrische Meßfühler auf die Anfangskonzentration geeicht, so daß die Pumpe nicht aktiv ist und beide Kontrolllampen leuchten.

Nimmt im Becken die Trübung durch Nahrungsaufnahme der Muschel ab, ändert der nun heller beleuchtete Photowiderstand seinen Wert, und die Pumpe pumpt (beide Kontrolllampen sind aus) solange Futtersuspension in das Becken, bis die Anfangskonzentration wieder erreicht ist. Die Lichtstrecke zur Trübungsmessung wird direkt durch den Pumpstrahl beeinflusst, so daß die neue Konzentration sofort gemessen wird. Annähernd kann somit die Konzentration im Becken konstant gehalten

Wahl der Partikel

Um die Laborergebnisse auf das Freiland beziehen zu können, sollte die gewählte Trübungssubstanz den Muscheln auch im Freiland als Nahrung dienen. Filtrationsergebnisse aus Versuchen mit kolloidalem Graphit (Aquadag) als Trübungssubstanz [THEEDE 1963, HINZ & SCHEIL 1972, BENEDENS & HINZ 1980] halte ich deshalb für sehr fehlerbehaftet. Ideal wäre ein Gemisch aus Algen, Bakterien und

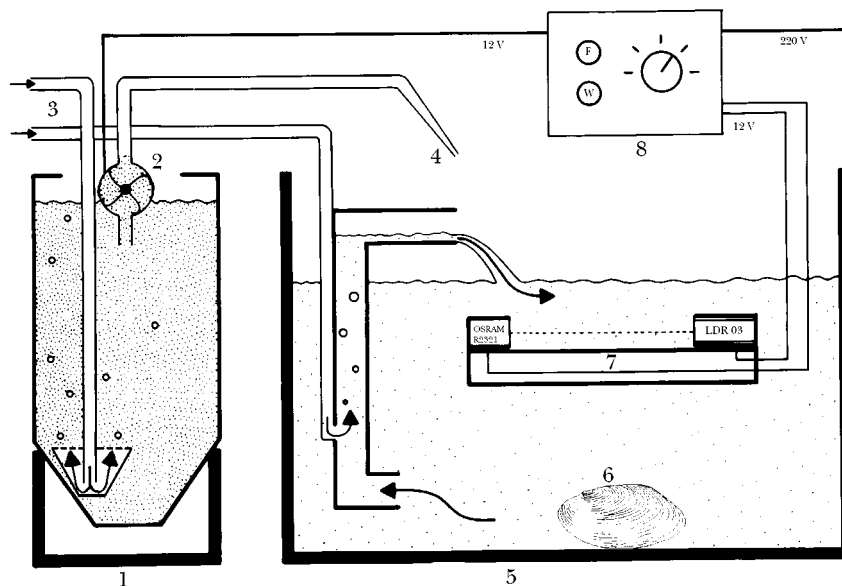


Abbildung 16: Der schematische Aufbau des Futterapparates nach JANSSEN & DREYER [1981] verändert.

werden. Ein Schutzkreislauf unterbricht den Pumpstrom nach 75 sec., um ein schädliches Trockenfallen der Pumpe zu verhindern.

Aus Sicherheitsgründen ist das Gerät auf 12 Volt ausgerichtet. Wie in Abbildung 17 (Seite 28) zu sehen, habe ich zusätzlich einen Schreiber angeschlossen. Er nimmt mit einer Laufgeschwindigkeit von 20 mm pro Stunde die Spannung der Pumpe auf und zeigt das An- und Ausschalten.

JANSSEN & DREYER [1981] empfehlen die Verwendung einer etwa hundertfach überkonzentrierten Futtersuspension.

Detritus, welches im Freiland den Muscheln als Nahrung dient [SHAL' CHYUTE 1984]. Erschwert ist hier jedoch die Konzentrationsbestimmung der einzelnen Komponenten. So fällt die Wahl meist auf eine einzelne Algenart (häufig auch Hefe), obwohl dann der wichtige Anteil an anorganischen Bestandteilen [BAYNE & HAWKINS 1990] fehlt. Die Größe der aufgenommenen Partikel kann bei *Unio* zwischen 2 µm und 100 µm liegen [Kajak 1979 zitiert in ULLRICH 1994].

Als Muschelfutter im Hälterungsaquarium dienten mir die einzellige Grünalge *Scenedesmus subspicatus* und Trockenhefe. In den Versuchen wurde nur *Scenedesmus subspicatus* als Futtersubstanz verwendet, die einerseits keine Toxine bildet und andererseits leicht zu züchten ist. In der Oder wurden Arten der Gattung *Scenedesmus* schon 1960 gefunden [SCHARF & WALTER 1962]. Bestätigt wurde der Befund bei der Auswertung einer Probe aus dem Bühnenfeld 648 vom Juli 1995. Das Vorkommen der Alge im natürlichen

(Porengröße 0,45 µm) abfiltriert werden. Sie werden dann in Leitungswasser aufgenommen und sind im Kühlschrank mehrere Wochen haltbar. Bestandteile des Nährmediums sind im Anhang II in Tabelle 9 bis Tabelle 12 (Seite 114) nachzulesen.

Gewählte Versuchskonzentration

Die Konzentration der verfügbaren Nahrung hat in Bereichen unter 10^6 und über 10^{10} Zellen/l einen hemmenden Einfluß auf die Filtrationsleistung, da Mangel- bzw. Über-



Abbildung 17: Der Versuchsaufbau der Filtrationsmessung.

Lebensraum der Muschel halte ich für vorteilhaft, allerdings ist nicht geklärt, ob sie im Freiland bevorzugt aufgenommen wird.

Algenzucht

Die Alge *Scenedesmus subspicatus* wird nach DIN 38412 L9 in der Bundesanstalt für Gewässerkunde gezüchtet.

Dabei wachsen im Nährmedium die Algen im Kulturschrank bei ständiger Beleuchtung und 23 °C heran. Nach etwa 8 Tagen können die Algen über einen Cellulose-Nitrat Filter

sättigungserscheinungen auftreten können [ULLRICH 1994]. Ziel war es, eine Konzentration innerhalb dieser Grenzen auszuwählen.

Bei verschiedenen Autoren findet man bei Versuchen mit *Unio* einen Konzentrationsbereich von $0,7 \cdot 10^6$ Zellen/Liter bis $15 \cdot 10^6$ Zellen/Liter [ULLRICH 1994], wobei die Konzentration von $10 \cdot 10^6$ Zellen/Liter als geeignet erscheint [KRYGER & RIISGÅRD 1988]. Bei dieser Konzentration bilden die Muscheln kein Pseudofaeces. Zum Vergleich: 10^6 Algenzellen pro ml sind in

eutrophen Seen keine Seltenheit [SCHWOERBEL 1994]. Die Ausgangskonzentration von Scenedesmuszellen pro Liter sollte bei meinen gesamten Filtrationsversuchen bei rund $11 \cdot 10^6$ Zellen/Liter liegen.

Erfassung der Konzentrationen

Aus einer Algenstammlösung wurde für jeden Versuch die Vorratslösung und die Beckenlösung hergestellt, zusätzlich wurden die Muscheln im Hälterungsaquarium mit diesen Algen gefüttert. Die Stammlösungen wurden nach der Wachstumsphase in der Nährlösung in einer Zählkammer (Thoma-Kammer, Tiefe 0,1 mm, Raster $1/400 \text{ mm}^2$) unter dem Mikroskop bei 200-facher Vergrößerung ausgezählt (Mittelwert aus fünf Zählwiederholungen) (siehe Tabelle 1, Seite 29). Die weitere Aufbewahrung der Algen erfolgte im Kühlschrank, was eine Vermehrung hemmt. Innerhalb der Versuchszeit mußten vier Algenstammlösungen herangezogen werden.

Der zur Erstellung der Algenvorratslösung und Beckenlösung aus der Algenstammlösung errechnete Verdünnungsfaktor bezog sich immer auf die Auszählung der Algenstammlösung. In der ersten Versuchszeit wurde die Konzentration mit der Zählkammer auch überprüft, die geringe Konzentration im Versuchsbecken führte aber zu einem großen Zählfehler.

Erst im späteren Verlauf stand mir ein Spektralfluorometer (Luminescence Spectrometer LS50 B, Perkin Elmer) zur Verfügung. Zu Konzentrationsberechnung von Grünalgen mit einem Fluorometer macht man sich zunutze, daß Chlorophyll a ein fluoreszierender Stoff ist. Es hat neben einem spezifischen Absorptionsspektrum also auch ein Fluoreszenzspektrum.

Die Fluoreszenz der Algenprobe wurde mit 435 nm (Anregungswellenlänge) angeregt und bei 685 nm (Emissionswellenlänge) detektiert. Aus Vorversuchen war bereits der Konzentrationsbereich von *Scenedesmus subspicatus* bekannt, bei dem ein linearer Anstieg der Fluoreszenz gegenüber der Konzentration vorliegt.

Von den Stammlösungen drei und vier wurden 400-, 800- und 1600-fache Verdün-

nungen hergestellt. Ausgehend von der Auszählung der Stammlösung in der Zählkammer wurden die entsprechenden Zellzahlen für die Verdünnungen errechnet. Die dabei resultierten Fluoreszenzeinheiten wurden notiert und aus diesen Wertepaaren die lineare Regression der Geraden berechnet. Für jede Probe konnte nun nach der Gleichung

$$y = x \cdot \text{Steigung} + \text{Schnittpunkt mit y-Achse}$$

die zur gemessenen Fluoreszenzeinheit (x) entsprechende Zellzahl pro ml (y) ermittelt werden.

Im Anhang XI in Abbildung 65 (Seite 147) sind die Eichkurven der Stammlösungen drei und vier grafisch dargestellt und die jeweilige Regressionsberechnung hinzugefügt.

Tabelle 1: Konzentration der Algenstammlösungen.

Nr. der Stammlösung	Datum der Filtration	Konzentration Zellen/ml
1	5. Okt.	$18,7 \cdot 10^6$
2	25. Okt.	$19,9 \cdot 10^6$
3	21. Nov.	$16 \cdot 10^6$
4	20. Dez.	$8,3 \cdot 10^6$

Weitere Versuchsbedingungen

Wichtig bei Filtrationsversuchen ist die Wahl und Angabe der Temperatur, da sich mit ihr auch das Filtrierverhalten verändert [WINTER 1978]. Das Versuchsbecken wurde 24 Stunden vor Versuchsbeginn mit Leitungswasser gefüllt, danach betrug die Wassertemperatur wie auch die Umgebungstemperatur 20°C . Der Versuch lief über 48 Stunden.

Durch den photometrischen Meßfühler war im Becken eine kontinuierliche Lichtquelle vorhanden.

Bei ausgewählten Durchläufen wurde zu Beginn und am Ende Sauerstoffgehalt und -sättigung, pH-Wert, Leitfähigkeit, Temperatur und Stickstoffgehalt im Becken gemessen.

Versuchsdurchführung

Zuerst wurden die Filtrationsraten der 5 *Anodonta anatina* gemessen. Nacheinander

verbrachte jede Muschel 48 Stunden im Versuch, zwischenzeitlich wurden Kontrollversuche eingeschoben. Die Reihenfolge beibehaltend wurden im Anschluß die Filtrationsversuche wiederholt. Jedes Individuum wurde also zweimal mit einer etwa 2 ½ wöchigen Pause zwischen den Versuchen getestet. Zwei zeitlich getrennte Versuche ermöglichten so, eine Aussage über die Kontinuität der Filtrationsrate zu treffen.

Zwischen den Versuchen verblieben die Muscheln im Hälterungsaquarium und wurden, wie im Anhang X in Tabelle 24 (Seite 145) angegeben, gefüttert.

Nach Beendigung der Versuche mit *Anodonta anatina* wurde nach gleichem Prinzip mit den 4 *Unio pictorum* verfahren, wobei bei diesen Tieren die Pausen zwischen den beiden Versuchsdurchläufen kürzer waren.

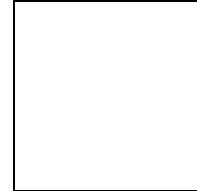
Kontrollversuche

Als Kontrollversuche dienten Versuchsdurchgänge, bei denen sich keine Muschel im Versuchsbecken befand. Da das gebaute Gerät ein Einzelstück war, konnten die Kontrollversuche nicht parallel laufen, sondern mußten zeitlich verschoben stattfinden. Gleiche Bedingungen lagen daher nicht vor, wurden aber angestrebt.

Bestimmung der Organismenbezugsgröße

Zur Bestimmung der Filtrationsrate muß dem Organismus eine Einheit zugeteilt werden, die je nach Fragestellung als Anzahl der Individuen, Frisch- oder Trockengewicht (mit oder ohne Schale), Verdrängungsvolumen, Schalenlänge oder Kiemenfläche angegeben werden kann. Werte wie Trockengewicht und Kiemenfläche erfordern das Abtöten der Tiere. Das Frischgewicht unterliegt durch unterschiedliche Wassermengen im Mantelraum der Muschel starken Schwankungen. Die verschiedenen Bezugsgrößen bedingen Umrechnungsfaktoren.

Die Berechnung von KRYGER & RIISGÅRD [1988] gibt für *Anodonta anatina* die Umrechnung von Schalenlänge in Trockengewicht des Weichkörpers wie folgt an:



während ULLRICH [1994] keine Korrelation zwischen Länge und Frischgewicht von Anodontaschalen aufzeigen konnte.

2.4.3.3 Filtrationsversuche ohne Konzentrationsregulation

Aufgrund der Ergebnisse mit oben beschriebener Methode hielt ich eine Überprüfung mit einer anderen Methode für sinnvoll.

Die Versuchsbedingungen wurden dabei so abgeändert, daß keine Regulation zur Konstanthaltung der Konzentration mehr bestand. Die Konzentration veränderte sich also während der Versuchsdauer und wurde stündlich mit dem Fluorometer gemessen. Zur Kontrolle liefen parallel unter den gleichen Bedingungen Versuche ohne Muschelbesatz.

Versuchsdurchführung

Die Filtrationsversuche ohne Konzentrationsregulation schlossen sich direkt an die Filtrationsversuche mit zuvor beschriebener Methode an, wobei nicht alle *Anodonta anatina* und *Unio pictorum* nochmals untersucht wurden.

Jede ausgewählte Muschel wurde nur einmal getestet, wobei sich die Versuchsdauer auf 7 Stunden verringerte. Länger konnte die Zeit nicht bemessen werden, da bei einer Anfangskonzentration von etwa 11.000 Zellen/ml nach wenigen Stunden die Konzentration stark abgesunken war, so daß bei weiterer Reduktion die Bestimmung mit dem Fluorometer nicht mehr möglich gewesen wäre.

Es konnten jeweils zwei Muscheln neben einem Kontrollversuch (gleiche Versuchsdurchführung ohne Muschel) parallel getestet werden.

Eine Bestimmung verschiedener chemischer und physikalischer Parameter des Beckenwassers fand nicht statt.

2.5 Statistische Verfahren

Die Mittelwertsbestimmungen und -überprüfungen der Daten erfolgten mit dem Kolmogorov Smirnow Test.

Signifikante Unterschiede zwischen Daten-
gruppen oder Mittelwerten wurden je nach
Verteilung der Daten und Anzahl der zu
vergleichenden Gruppen mit dem t-Test, dem

Man-Whitney oder dem H-Test von
Kruskall-Wallis aufgedeckt. Alle Tests wurden mit
einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %
durchgeführt. Genaue Verfahrensbeschrei-
bungen der Tests geben KÖHLER et al. [1992]
und MÜHLENBERG [1993].

Zur Fehlerangabe werden nach Prüfung der
Normalverteilung der Daten die Standardab-
weichung zum arithmetischen Mittel oder der
Streuungsbereich zum Median angegeben.

3 Ergebnisse

3.1 Freilandergebnisse

Die Versuchszeit der Freilanduntersuchungen erstreckte sich von Juni bis Oktober, mit einer meist wöchentlichen Probenahme. Die genauen Termine sind im Anhang VI, Tabelle 16 (Seite 120) aufgeführt.

3.1.1 Anzahl markierter Muscheln in den Bühnenfeldern

Innerhalb dieser Zeit wurden insgesamt 497 Muscheln markiert.

Am Anfang der Versuchszeit wurden 28 Muscheln mit der Bojenmethode markiert. Nur drei Wochen später war keine Muschel mit dieser Markierung mehr auffindbar, allerdings wurden 13 ehemalige Bojenmuscheln wiedergefangen und neu markiert. Erkennbar waren sie an der abgeschabten Stelle am caudalen Schalenende und an der noch oftmals festklebenden Paillette.

70 Muscheln wurden mit der Ballonmethode markiert. Als am besten geeignet erwies sich die Bienenplättchenmethode.

Im **Bühnenfeld 648** wurden von insgesamt 349 Tieren

123 *Anodonta anatina*,

9 *Anodonta cygnea*,

90 *Unio pictorum* und

127 *Unio tumidus*

mit den verschiedenen Methoden markiert.

Im **Bühnenfeld 670** wurden von insgesamt 148 Tieren

98 *Anodonta anatina*,

20 *Unio pictorum* und

30 *Unio tumidus*

markiert. *Anodonta cygnea* konnte in diesem Bühnenfeld nicht gefunden werden. Im Anhang VII, Tabelle 17 (Seite 123) sind alle markierten Muscheln mit Artzugehörigkeit, Markierungscode, Markierungsdatum und Maßen aufgeführt.

Ende Juli stellte sich heraus, daß im Bühnenfeld 648 aufgrund der zuvor nicht einschätzbaren großen Anzahl der Muscheln aus Zeitgründen nicht mehr alle markiert werden konnten. Ich entschied mich daher, keine *Unio tumidus* mehr zu markieren. Ihr Fund wurde künftig mit einer Positionsbestimmung festgehalten, so daß die Gesamtanzahl der Muscheln, sowie die mittleren Fundtiefen an den Versuchsterminen weiterhin bestimmt werden konnten. Durch die zuvor bereits 129 markierten *Unio tumidus* war die Möglichkeit des Wiederfindens gekennzeichnete Tiere vorhanden und damit auch das Aufzeichnen des Wanderverhaltens im begrenzten Rahmen gewährleistet.

3.1.2 Muschelwiederfänge

Tiere zu markieren ist sinnvoll, wenn diese in ausreichendem Maße wiedergefunden werden können. Nur so können Aussagen z.B. über das Wanderverhalten getroffen werden.

Obwohl bei Muscheln nur eine geringe Mobilität vermutet wird, war der Erfolg des Wiederfindens der Tiere im Bühnenfeld nicht voraussagbar. Durch eine höhere Mobilität wäre das Abwandern der Muscheln in andere Bereiche des Bühnenfeldes oder in die

Strommitte möglich. Gleichzeitig könnte es zum Verdriften der Tiere und somit zur Vermischung der einzelnen Buhngesellschaften kommen.

Daneben war durch die schlechten Sichtverhältnisse und das tiefe Eingraben der Muscheln ins Sediment - große Individuen von *Anodonta anatina* und *Anodonta cygnea* waren selten vollständig vergraben - ein „Übersehen“ einzelner Tiere möglich.

3.1.2.1 Häufigkeit der Wiederfänge

Zu prüfen war insofern, wie groß der Anteil wiedergefangener markierter Muscheln war und wie häufig einzelne Individuen wiedergefangen werden konnten.

Bei den Wiederfangwerten ist nicht berücksichtigt, wann die Markierung erfolgt ist und wieviel Zeit zwischen zwei Fängen vergangen ist. So wird eine Muschel die am ersten Termin markiert und erst am letzten Tag wiedergefangen wurde, in die gleiche Kategorie eingeteilt wie eine Muschel, die an zwei aufeinanderfolgenden Terminen markiert und wiedergefangen wurde. Für die „Zwischentermine“, an denen die Muschel nicht wiedergefangen wurde, kann nicht gesagt werden, ob das Tier aus dem Versuchsfeld hinaus und später wieder hinein gewandert ist, oder ob es übersehen wurde. Eine entsprechende Auswertung muß an anderer Stelle geschehen.

Buhnenfeld 648

Im Buhnenfeld 648 konnten von 349 markierten Tieren 285 Tiere mindestens einmal wiedergefangen werden. Das entspricht einem Anteil von 82 % (siehe im Anhang IV, Tabelle 13, Seite 116).

Betrachtet man die einzelnen Arten, so wurden 87 % *Anodonta anatina* und *Unio pictorum*, 88 % *Anodonta cygnea* und 74% *Unio tumidus* mindestens einmal wiedergefangen.

In Abbildung 18 (Seite 33) ist zu sehen, daß bei insgesamt 12 Beprobungsterminen 9 *Unionidae*, davon 7 *Anodonta anatina*, siebenmal wiedergefangen werden konnten.

Ein Großteil der Individuen von *Anodonta anatina* und *Unio tumidus* konnten aber nur dreimal wiedergefangen werden. Bei *Unio pictorum* ist kein eindeutiges Maximum zu erkennen, die Anzahl der Wiederfänge ist beim ein- zwei- drei- und viermaligem Wiederfang fast gleich.

Trotz der geringen Anzahl markierter *Anodonta cygnea* konnten sie mehrmals wiedergefangen werden. Die meisten Tiere dieser Art wurden fünfmal wiedergefangen.

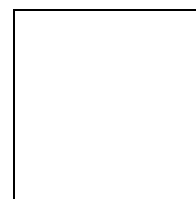


Abbildung 18: Die Wiederfanghäufigkeit der *Unionidae* im Buhnenfeld 648.

Buhnenfeld 670

Im Buhnenfeld 670 konnten von 148 markierten *Unionidae* 100 und somit 67 % mindestens einmal wiedergefangen werden (siehe im Anhang IV, Tabelle 14, Seite 116).

Aufgeschlüsselt auf die Arten bedeutet dies, daß 73 % *Anodonta anatina*, 58 % *Unio pictorum* und 47 % *Unio tumidus* mindestens einmal wiedergefangen wurden.

In Abbildung 19 (Seite 34) wird deutlich, daß allein 50 % der Wiederfänge einmalig waren und die Anzahl der wiedergefangenden Tiere mit steigender Häufigkeit abnimmt.

Bei 11 Beprobungsterminen wurde bei nur 3 Muscheln (*Anodonta anatina*) ein sechsmaliger Wiederfang erzielt.

Unio tumidus konnte höchstens dreimal wiedergefangen werden, während bei *Unio pictorum* ein fünfmaliger Wiederfang erzielt werden konnte.

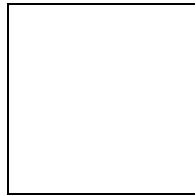


Abbildung 19: Die Wiederfanghäufigkeit der *Unionidae* im Buhnenfeld 670.

Vergleich der Buhnenfelder

Deutlich tritt der um 15 % höhere Anteil wiedergefangener *Unionidae* im Buhnenfeld 648 hervor. Während im Buhnenfeld 670 der größte Anteil wiedergefangener Tiere nur einmal wiedergefangen werden konnte, verschiebt sich dieses Maximum im Buhnenfeld 648 zugunsten des dreifachen Wiederfangs.

Anodonta anatina ist in beiden Buhnenfeldern die Art mit dem höchsten Anteil wiedergefangener Tiere. Gleichzeitig ist sie die Art, die die jeweils höchste Wiederfanghäufigkeit aufweist.

Unio tumidus ist in beiden Feldern die Art mit dem geringsten Anteil wiedergefangener Tiere.

Insgesamt läßt sich feststellen, daß zufriedenstellende Wiederfangergebnisse erzielt werden konnten, wobei deutlich bessere Ergebnisse im Buhnenfeld 648 und dort vor allem für *Anodonta anatina*, *Unio tumidus* und *Unio pictorum* erreicht werden konnten.

Die Ergebnisse bestätigen die Möglichkeit eines umfangreichen Wiederfanges markierter Tiere, machen aber auch deutlich, daß Unterschiede zwischen den Arten und verschiedenen Standorten auftreten können.

Die Wiederfangergebnisse legitimieren auch die methodische Herangehensweise zur Bearbeitung u.a. des Wanderverhaltens von Muscheln.

3.1.2.2 Wiederfangraten

Damit Ergebnisse, die auf den Wiederfunddaten basieren, auf die gesamte Buhnenpopulation übertragen werden können, sollte ein möglichst großer und somit repräsentativer Anteil der Population unter Beobachtung

stehen, d.h. markiert sein und auch wiedergefangen werden.

Trotz Markierung und Wiederfang der Tiere ist aber hier keine Populationsgrößenschätzung möglich. Berechnungen, wie z.B. nach dem Lincoln-Index oder der Jollymethode [MÜHLENBERG 1993] sind nicht anwendbar, da erstens nicht alle Muscheln markiert worden sind (kleine Individuen und teilweise *Unio tumidus* fehlen) und zweitens die Versuchsfläche aufgrund der Wasserstandsänderung nicht identisch blieb.

Als Anzeichen dafür, daß die markierten Muscheln dennoch einen repräsentativen Anteil der Gesamtpopulation bilden, diente mir daher eine „Wiederfangrate“ von über 50 %, die auf einer möglichst großen Datenmenge basieren sollte, und über die Zeit eine gewisse Kontinuität aufweist.

Die von mir verwendete „Wiederfangrate“ entspricht in Anlehnung an den Lincoln-Index [MÜHLENBERG 1993] dem Verhältnis von bereits markierten zu allen gefundenen Individuen an einem Termin (siehe abgebildete Formel auf Seite 35).

Buhnenfeld 648 (siehe Abbildung 20, Seite 36)

Im Buhnenfeld 648 waren mit einem kontinuierlichen Anstieg Ende August über 90 % der gefundenen *Anodonta anatina* und *Unio pictorum* markiert. Wie oben erklärt, wurde *Unio tumidus* ab dem 27. Juli nicht mehr markiert, dennoch war zu diesem Zeitpunkt die Wiederfangrate bereits auf 56 % angestiegen. Dieser Wert blieb mit leichten Schwankungen bis zum Augustende bestehen, was eine geringe Mortalitäts- und Abwanderungsrate andeutet.

Bei den bisher genannten drei Arten wurden also repräsentative Anteile der Buhnenpopulation betrachtet, so daß die Übertragung von weiteren Ergebnissen auf die Gesamtpopulation berechtigt erscheint.

Anodonta cygnea hingegen konnte nur selten gefunden werden. Aufgrund der Schwankung des Anteils markierter Tiere während der

Gesamtzeit zwischen 67 % und 100 %, läßt sich zwar eine mehrheitliche Erfassung der Gesamtpopulation vermuten, infolge der geringen Datenmenge möchte ich dies jedoch nicht als repräsentativen Anteil werten. Weitere Aussagen über diese Art sind insofern fraglich.

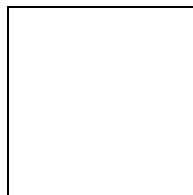
Buhnenfeld 670 (siehe Abbildung 21, Seite 36)

Im Buhnenfeld 670 stieg bis Ende August die Wiederfangrate von *Anodonta anatina* auf 80 % an. Die Angabe einer hundertprozentigen Wiederfangrate am 31. August kann aufgrund der geringen Fundanzahl an diesem Termin nicht als vollständige Erfassung der gesamten Population interpretiert werden.

Als problematisch erweisen sich ebenfalls die Angaben für *Unio pictorum* und *Unio tumidus*, da auch hier nur wenige Fang- bzw. Wiederfang-

daten vorliegen. Über die Hälfte der Tiere dieser beiden Arten wurde am 14. Juli markiert. Daten der späteren Termine basieren auf sehr wenigen Funden, wodurch auch die starken Schwankungen der Wiederfangrate zwischen 50 % und 100 % entstehen.

Wie bei *Anodonta cygnea* im Buhnenfeld 648 ist aufgrund der hohen Wiederfangraten eine mehrheitliche Erfassung der Populationen der drei Arten im Buhnenfeld 670 zu vermuten. Die fehlende Kontinuität und die geringe Anzahl der markierten Tiere ist jedoch wiederum ein Anzeichen dafür, daß kein repräsentativer Anteil der Buhnenpopulationen der Arten erfaßt wurde.



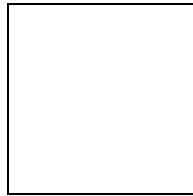


Abbildung 20: Die
Wiederfangraten
im Bühnenfeld
648.

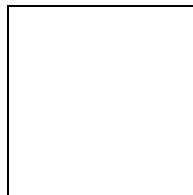


Abbildung 21: Die
Wiederfangraten
im Bühnenfeld
670.

3.1.3 Individuendichte

Trotz der Markierung und des Wiederfanges der Tiere ist keine absolute Populationsgrößen-schätzung möglich (siehe Kapitel 3.1.2.2, Seite 34).

Um dennoch weitere Angaben zur Muschel-population in den Buhnen liefern zu können, die auch einen Literaturvergleich zulassen, ist die Angabe der Dichte/Abundanz (Individuenanzahl einer Art pro Flächeneinheit) und der Dominanz (relative Häufigkeit einer Art im Vergleich zu anderen Arten einer Fläche) für jeden Beprobungstermin möglich.

Zur Abundanzberechnung wurde die Anzahl markierter und unmarkierter Muscheln auf die beprobte Fläche bezogen, die sich infolge der Verschiebung der Uferlinie änderte.

Die Angaben sind auf den Quadratmeter bezogen, um die Werte mit Literaturangaben vergleichen zu können. Die Angaben der Individuenanzahl/m² soll aber keine homogene Verteilung der Tiere im Versuchsfeld vor-täuschen.

Nicht ausgewertet wurden die Termine, an denen die Muschelsuche per Tauchgerät stattfand, um mögliche Unterschiede durch die Sammelmethode auszuschließen.

Buhnenfeld 648 (siehe Abbildung 22 Seite 38)

Im Buhnenfeld 648 kam es innerhalb der Versuchszeit zu wechselnden Individuendichten. Eine eindeutige Dominanzstruktur der Arten läßt sich nicht für den gesamten Zeitraum festlegen.

Unio tumidus war bis zum 9. August die dominante Art. Ihr Dichtemaximum hatte sie mit 2,3 Indiv./m² wie auch *Unio pictorum* mit 0,9 Indiv./m² am 27. Juli. Bis September nahm die Dichte beider Arten kontinuierlich ab.

Anodonta anatina erreichte erst in der Au-gustmitte ihren maximalen Bestand mit 1,6 Indiv./m². Ein deutlicher Abfall der Dichte war erst im September zu beobachten, so daß im August *Anodonta anatina* die dominante Art bildete. Die wenigen Individuen von *Anodonta cygnea* ließen keinen Trend deutlich werden.

Buhnenfeld 670 (siehe Abbildung 23 Seite 38)

Im Buhnenfeld 670 kam es ebenfalls zu Schwankungen der Individuendichte.

Anodonta anatina war während der gesamten Zeit mit durchschnittlich 80 % der Gesamtindi-viduenzahl die dominante Art innerhalb der Versuchsfläche. Der Verlauf der Unionidaedichte wird daher größtenteils von *Anodonta anatina* bestimmt. In diesem Buhnenfeld erreichte *Anodonta anatina* bereits Ende Juli ihre größte Dichte mit 0,9 Indiv./m². Obwohl die Anzahl der Tiere bis zur Augustmitte hin anstieg, erfolgte keine Veränderung der Dichte in dieser Zeit. Erklärbar ist dies durch eine größere beprobte Fläche im August.

Unio tumidus hatte Ende Juli, wie im Buhnen-feld 648, ebenfalls ihre größte Dichte (0,3 Indiv./m²) erreicht. Am darauffolgenden Beprobungstermin lag sie nur noch bei 0,1 Indiv./m², wo sie sich bis zum vollständigen Verschwinden im September einpendelte.

Unio pictorum konnte mit ihrer größten Dichte (0,2 Indiv./m²) am 22. Juli beobachtet werden. Danach schwankten die Werte von 0,09 bis 0,04 Indiv./m² und sanken im September auf null ab.

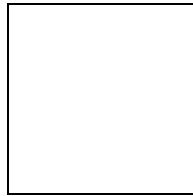


Abbildung 22: Die Individuendichten der *Unionidae* im Bühnenfeld 648 während der Versuchszeit.

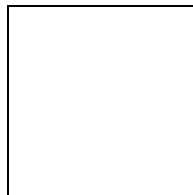


Abbildung 23: Die Individuendichten der *Unionidae* im Bühnenfeld 670 während der Versuchszeit.

3.1.4 Zur Verteilung der Muscheln in Abhängigkeit vom Wasserstand

Durch Wasserstandsänderungen im Fluß kommt es im Sommer zum partiellen Austrocknen der beiden Bühnenfelder und somit des Lebensraumes der *Unionidae*. Die Muscheln könnten entweder die Zeit der Trockenheit überdauern, z.B. in Form einer Ruhephase, oder sie könnten das Trockenfallen durch Wandern in tiefere und noch überflutete Flußabschnitte vermeiden.

Die Verteilung der Muscheln in den einzelnen Transektabschnitten kann über den gesamten Beprobungszeitraum erste Hinweise auf eventuelle Muschelwanderungen geben.

3.1.4.1 Wasserstandsänderungen

Die täglichen Wasserstände an den Pegelanlagen Kienitz, Hohensaaten und Schwedt-Oderbrücke (siehe Abbildung 7, Seite 16) von Juni bis Oktober 1995 sind in Abbildung 24 (Seite 39) graphisch dargestellt (siehe auch im Anhang V, Tabelle 15, Seite 117).

Starke Regenfälle im Juni führten zu einem kurzen Anstieg des Wasserstandes (Sommerhochwasser), mit Werten von 648 cm am Pegel Schwedt, 480 cm am Pegel Hohensaaten und 392 cm am Pegel Kienitz.

Zum Augustende sank der Wasserstand infolge langanhaltender Trockenheit auf sein sommerliches Minimum ab. Einsetzende Herbstregen ließen den Wasserstand wieder steigen. Die maximale Amplitude lag am Pegel Kienitz bei 189 cm, am Pegel Hohensaaten bei 208 cm und bei 135 cm am Pegel Schwedt Oderbrücke.

Zusätzlich sind in Abbildung 24 (Seite 39) die Wassertiefen in den Bühnenfeldern 648 und 670, gemessen an den ausgebrachten Fixpunkten, zu sehen, so daß die direkte Korrelation zwischen den Wasserständen im Fluß und im Bühnenfeld ersichtlich wird.

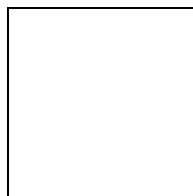


Abbildung 24: Die Wasserstände an den Pegelanlagen

und in den Bühnenfeldern. Die Daten der Jahre 1981 - 94 wurden mir freundlicherweise vom Wasserschiffahrtsamt Eberswalde zur Verfügung gestellt.

Betrachtet man die Wassertiefen während des Zeitraumes der kontinuierlichen Messungen im Bühnenfeld, so waren bei Schwankungen von 70-130 cm an den Pegeln, in den Bühnenfeldern Amplituden von bis zu 100 cm zu verzeichnen, die gleichzeitig die größten Ausschläge darstellten.

Mit der Wasserstandsänderung im Bühnenfeld veränderte die Uferlinie ihre Position, so daß Transektabschnitte auch trocken fallen konnten. So verlagerte sich die Uferlinie in der Phase des ablaufenden Wassers um maximal 3 m in Richtung Strommitte.

Für jeden Beprobungstermin ist die Lage der Uferlinie notiert worden und in Abbildung 25 (Seite 41) und Abbildung 26 (Seite 42) eingezeichnet. Ersichtlich wird dort, daß der Wasserstandsverlauf in den beiden Bühnenfeldern annähernd analog war.

Tabelle 2: Die Wasserstandsmittelwerte für die Monate Juli, August und September in den Jahren 1981-95.

Zeitraum	Kienitz	Schwedt-Oderbrücke
	Wasserstand in cm	
Juli 1981-94	252	539
Juli 1995	293	568
August 1981-94	252	536
August 1995	223	544
September 1981-94	257	539
September 1995	285	531

Die durchschnittlichen Wasserstände für die Monate Juli, August und September im Jahr 1995, sowie aus der Jahresreihe von 1981-94⁶, sind in Tabelle 2 (Seite 40) für zwei Pegelstandorte angegeben. Die Juliwerte von 1995 liegen bei beiden Pegeln deutlich über den Werten dieser Jahre. Der Wasserstand in Kienitz liegt im August 1995 unter den Vergleichswerten und im September darüber, während beim Pegel

Schwedt-Oderbrücke genau entgegengesetzte Verhältnisse vorliegen. Eine Erklärung für diesen Gegensatz liegt nicht vor.

3.1.4.2 Verteilung der Muscheln

Durch die Positionsbestimmung der Muscheln innerhalb des angelegten Rasters kann für jeden Termin die Anzahl der *Unionidae* eines Transektabschnittes artspezifisch angegeben werden.

Bei gleichzeitiger Angabe der Wasserbedeckung der Abschnitte wird die Abhängigkeit der Verteilung der Muscheln von der Wasserbedeckung des Bühnenfeldes deutlich (siehe Abbildung 25, Seite 41 und Abbildung 26, Seite 42). In diesen Abbildungen ist die Anzahl markierter und nicht markierter Muscheln angegeben. Eingeschlossen sind die Daten der Taucheinsätze (25.9 und 19.10).

Keine Berücksichtigung fand die Unterscheidung der Transekte und die tatsächliche Wassertiefe in den Transektabschnitten. Mit einem Sternchen versehene Transektabschnitte konnten aufgrund der großen Wassertiefe nicht beprobt werden.

Abbildung 25: Die Verteilung und Anzahl der *Unionidae* während der Versuchszeit im Bühnenfeld 648.

Abbildung 26: Die Verteilung und Anzahl der *Unionidae* während der Versuchszeit im Bühnenfeld 670.

Buhnenfeld 648 (siehe Abbildung 25, Seite 41 und im Anhang VIII, Tabelle 18, Seite 133)

Bis zum 17. August verlagerte sich die Uferlinie um 3 m Richtung Strommitte, d.h. Transektabschnitt C, D und teilweise E fielen nacheinander trocken. Bis zum 31. August fand keine weitere Wasserstandsänderung statt. Regenfälle sorgten dann innerhalb von 14 Tagen über einen Wasserstandsanstieg für eine schnelle Überflutung der Transektabschnitte E, D und C; ab dem 25. September waren die Abschnitte B und A ebenfalls wieder überflutet.

Mit fortgeschrittener Austrocknung der Transektabschnitte im Juli und August waren *Anodonta anatina*, *Anodonta cygnea*, *Unio pictorum* und *Unio tumidus* in den ufernahen Abschnitten - den mittels der Handsammelmethode beprobten Abschnitten - zu finden. Nur wenige Muscheln waren allerdings in den direkten uferbildenden Abschnitten nachweisbar (wenig), der angrenzende Bereich eines oder aber zweier Abschnitte wies die anteilmäßig meisten Muscheln auf (viel). In den vom Ufer entfernteren beprobten Abschnitten nahm die Anzahl wieder deutlich ab (wenig). Diese Verteilung im ufernahen Bereich wird im folgenden als „www-Verteilung“ bezeichnet. Sie würde bei einer Auftragung, bei der die Transektabschnitte auf der Abszisse und die Individuenanzahl auf der Ordinate aufgetragen wären, eine glockenförmige Funktion bilden.

1) Phase des sinkenden Wasserstandes

Unio tumidus war in der Zeit des sinkenden Wasserstandes bis einschließlich zum 9. August die häufigste Art pro Termin (siehe auch Angaben zur Individuendichte, Seite 37). Die Gesamtanzahl von *Unio tumidus* blieb in dieser Zeitspanne annähernd gleich (108-140 Individuen).

Bei ihr wird die „www-Verteilung“ über die beprobten Transektabschnitte besonders deutlich. In den uferbildenden wasserbedeckten Abschnitten (C bzw. D) konnten nur wenige Tiere (0-6) gefunden werden.

Auf die einzelnen Termine bezogen fanden sich anfänglich (20.7. und 27.7.) in den direkten angrenzenden Abschnitten (D) die meisten Tiere (86-100). Danach (3.8. und 9.8.), aber auch schon am 27.7. andeutungsweise erkennbar, verlagerte sich dieses Maximum (72-100) auf die von der Uferlinie gezählten dritten Transektabschnitte (E bzw. F).

An allen vier Terminen waren die dem Ufer entferntesten beprobten Abschnitte (E bzw. F und G) wiederum eindeutig geringer (16-37) besetzt.

Anodonta anatina bildete in dieser Zeitphase die zweithäufigste Art pro Termin und zeigte einen kontinuierlichen Anstieg der Gesamtanzahl von 41 Tieren am 20. Juli auf 81 am 9. August.

Sie war aber mit maximal 9 Tieren gleichfalls selten in den uferbildenden Abschnitten zu finden.

Auf die dahinterliegenden Abschnitte verteilte sie sich ähnlich wie *Unio tumidus*, d.h. in an den die uferbildende Zone anschließenden Bereich von einem oder zwei Abschnitten fanden sich an jedem der vier Termine die meisten Tiere dieser Art (23-53). Bei *Anodonta anatina* fanden sich wiederum weit weniger Tiere (6-26) in den tiefsten beprobten Abschnitten.

Auch für *Unio pictorum* lagen an den ersten vier Terminen gleichartige Verteilungsstrukturen wie für die besprochenen beiden Arten vor. Trotz der geringen Anzahl (41-53) pro Termin ist die „www-Verteilung“ über die Transektabschnitte deutlich erkennbar.

Anodonta cygnea konnte nur selten bis Mitte August gefunden werden. Die wenigen Funde, maximal 5 Tiere pro Termin, fanden nie in den uferbildenden Abschnitten statt. Weitere Aussagen sind nicht signifikant ersichtlich.

2) Phase des gleichbleibenden Wasserstandes

Obwohl annähernd gleiche Wasserstände am 17., 23. und 31. August (siehe auch Abbildung 24, Seite 39) vorlagen, veränderte sich das Verteilungsmuster der *Unionidae* in dieser Zeit.

Die Anzahl von *Unio tumidus* und *Unio pictorum* verringerte sich pro Termin um die Hälfte, wobei eine Abnahme nur im Abschnitt F zu erkennen war (bei *Unio tumidus* auch andeutungsweise in G).

Bei *Anodonta anatina* gipfelte der zuvorige Anstieg der Gesamtanzahl am 17. August mit 109 Tieren. Auch bei dieser Art verringerte sich die Anzahl im Abschnitt F, allerdings stieg sie im Abschnitt G, so daß keine Abnahme der Gesamtindividuenanzahl in dieser Zeit festgestellt werden konnte.

Die drei Arten *Unio tumidus*, *Unio pictorum* und *Anodonta anatina* zeigten immer noch, trotz der leichten Verschiebungen im Verteilungsmuster, die beschriebene „www-Verteilung“.

Über eine Veränderung des Verteilungsmusters bei *Anodonta cygnea* kann aufgrund der wenigen Funde nichts ausgesagt werden, obwohl in dieser Zeit die maximalen Fundzahlen (8 Tiere pro Termin) der Versuchszeit erzielt wurden.

3) Phase des steigenden Wasserstandes

Im September und Oktober schloß sich die Phase des steigenden Wasserstandes an, und die Uferlinie verlagerte sich wieder in Richtung Transektabschnitt A.

In dieser Zeit konnten nur wenige Muscheln in den nun wieder vorderen, überfluteten Abschnitten nachgewiesen werden. Ein Verteilungsmuster z.B. in Form einer „www-Verteilung“ ist nicht erkennbar; zwischen Abschnitten in denen Muscheln gefunden wurden, lagen muschellose Bereiche.

Am 14. September konnten nur 6 *Anodonta anatina* und jeweils eine *Unio pictorum* und *Anodonta cygnea* in den Abschnitten D und E gefunden werden. Mit weiter steigendem Wasserstand (25.9. und 19.10.) verbreiterte sich die muschellose Uferzone auf 2 m (A und B).

Die angrenzenden Abschnitte konnten per Tauchsatz beprobt werden. *Unio tumidus* konnte am 25. September und 19. Oktober mit 8 bzw. 9 Tieren im Abschnitt E und circa 20 Tieren

in G nachgewiesen werden. *Unio pictorum* wurde ebenfalls in G gefunden (8 und 10 Tiere).

Anodonta anatina stellt in dieser Zeit die häufigste Art dar, wobei auch ihre Anzahl gegenüber den vorherigen Terminen stark abnahm. Von 27 Tieren Ende September stieg die Anzahl pro Termin im Oktober aber wieder auf 40 Tiere an. Sie verteilte sich auf einen weiten Bereich von Abschnitt C bis G, wobei in G die meisten Tiere gefunden wurden.

Buhnenfeld 670 (siehe Abbildung 26, Seite 42 und im Anhang VIII, Tabelle 19, Seite 135)

Ähnliche Verhältnisse wie im Buhnenfeld 648 lagen im Buhnenfeld 670 vor.

1) Phase des sinkenden Wasserstandes

In der Zeit des sinkenden Wasserstandes bis einschließlich zum 10. August waren Muscheln in den ufernahen Transektabschnitten zu finden.

Anodonta anatina bildete in der gesamten Versuchszeit die häufigste Art (siehe auch die Angaben zur Individuendichte, Seite 37). Ihre Gesamtanzahl stieg wie im Buhnenfeld 648 bis zum 23. August (von 34 auf 71) an, sie lag aber unter den Werten von Buhnenfeld 648.

Die Verteilung auf die beprobten Transektabschnitte während der Zeit des ablaufenden Wassers war der im Buhnenfeld 648 analog („www-Verteilung“). In den uferbildenden Abschnitten (A, B bzw. C) waren nur wenige *Anodonta anatina* zu finden (0-7). In den daran direkt angrenzenden Abschnitt (B, C bzw. D) konnten die maximalen Fundzahlen (26-36) erreicht werden, wobei sich diese Verteilung am 22.7. um einen Transektabschnitt in Richtung Flußmitte verschob.

In den uferfernsten beprobten Abschnitten (C, D, E bzw. F) sank die Anzahl von *Anodonta anatina* wie im Buhnenfeld 648 wieder ab.

Unio tumidus war in diesem Buhnenfeld mit maximal 18 Tieren an diesen fünf Terminen sehr viel seltener als im Feld 648. Eine „www-Verteilung“ über die Transektabschnitte war infolge der geringen Fundmengen nur am

27.7. zu erkennen, an den anderen Terminen deutete sie sich an.

Ebenfalls selten war *Unio pictorum*. Konnten an den ersten beiden Terminen noch jeweils 14 Tiere gefunden werden, so sank die Anzahl danach um mehr als die Hälfte ab, so daß über ein Verteilungsmuster keine Aussage getroffen werden kann.

2) Phase des gleichbleibenden Wasserstandes

Am 17. und 23. August herrschten die niedrigsten Wasserstände im Bühnenfeld 670, und die Abschnitte A, B und C waren vollständig trockengefallen.

Während in dieser Zeit die Gesamtanzahl von *Unio tumidus* und *Unio pictorum* weiterhin abnahm, blieb sie bei *Anodonta anatina* relativ gleich (68 bzw. 71 Individuen). Die Anzahl von *Anodonta anatina* nahm in den uferbildenden Abschnitten D und E ab und in F und G zu. Wie im Bühnenfeld 648 kam es somit trotz gleichbleibenden Wasserstands zu einer weiteren Verlagerung in die tieferen Abschnitte.

3) Phase des zurücklaufenden Wassers

Am 31. August war der Abschnitt C bereits wieder überflutet und in Abschnitt D wurden keine Muscheln mehr gefunden.

Die Anzahl von *Anodonta anatina* sank in E und F auf insgesamt 30 Tiere und von *Unio tumidus* und *Unio pictorum* lagen nur noch Einzelfunde vor.

Am 14. September und 19. Oktober konnten mit der Handsammelmethode in den Abschnit-

ten A, B und C keine Muscheln gefunden werden. Im Oktober erfolgte durch den Taucheinsatz das Auffinden von 23 *Anodonta anatina*, verteilt auf die tiefen Abschnitte D, E und G, sowie Einzelfunde von *Unio tumidus* in E und G.

Zusammenfassend läßt sich über die Verteilung der Muscheln in Abhängigkeit von den Wasserstandsänderungen in beiden Bühnenfeldern sagen, daß sich in der Zeit des sinkenden Wasserstandes die *Unionidae* in den ufernahen Transektabschnitten aufhielten. Dabei vermieden alle vier Arten den direkten Uferbereich innerhalb von ca. 1m (entspricht einem Transektabschnitt). Die maximale Anzahl gefundener Tiere wurde in den angrenzenden tieferen Bereichen ermittelt.

Anodonta anatina erreichte erst Mitte August in der Zeit gleichbleibenden Wassers ihre maximale Anzahl. Fanden keine Wasserstandsänderungen statt, blieb die Anzahl von *Anodonta anatina* annähernd konstant, während sie bei *Unio pictorum* und *Unio tumidus* abnahm. Bei den drei Arten fand gleichzeitig eine Veränderung des Verteilungsmusters in Form einer Verlagerung in die hinteren Abschnitte in dieser Zeit statt.

Bei wieder steigendem Wasserstand im Herbst wurden wenige *Unio tumidus* und *Unio pictorum* in den tieferen Abschnitten gefunden. Einige *Anodonta anatina* fanden sich auch in den vorderen Abschnitten.

Bei *Anodonta cygnea* ergaben sich keine klaren Ergebnisse.

3.1.5 Tiefe der Muscheln

Da die *Unionidae* im Juli und August in den ufernahen Transektabschnitten und im Herbst eher in den uferfernen zu finden waren - bei *Anodonta anatina* mußte im Herbst auch der ufernahe Bereich betrachtet werden - muß ein breites Fundtiefenspektrum in Betracht gezogen werden. Ob verschiedene Tiefenbereiche bevorzugt wurden und diese sich im Jahresverlauf veränderten, soll im folgenden geklärt werden.

Auf den Abbildungen der folgenden Seiten ist einerseits die Anzahl der Tiere einzelner Arten in verschiedenen Tiefenklassen dargestellt. Diese sind über 10 cm-Schritte im Fundtiefenspektrum definiert.

Andererseits sind, nach den Arten getrennt, die Streuungsbereiche und Mediane der Fundtiefen über den einzelnen Fundterminen abgebildet. Das arithmetische Mittel der Fundtiefen ließ sich aufgrund der nicht gegebenen Normalverteilung der Daten nicht berechnen.

Für beide Auswertungstypen wurden die Daten markierter und unmarkierter Muscheln aller Fundtermine verwendet.

Generell ist festzustellen, daß die Tiefenbereiche von 0 bis 70 cm mit wenigen Ausnahmen

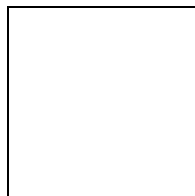


Abbildung 27: Die Anzahl von *Anodonta anatina* in verschiedenen Tiefenklassen.

die Spannweite der Handsammelmethode bilden. Funde in größeren Tiefen bis 230 cm erfolgten nur im Herbst während der Taucheinsätze. Zu berücksichtigen ist hierbei, daß im Bühnenfeld 648 im Gegensatz zum Bühnenfeld

670 ein zweiter Tauchgang stattfand, so sind die dort höheren Individuenanzahlen erklärbar.

3.1.5.1 *Anodonta anatina*

Zu den Tiefenklassen (siehe Abbildung 27, Seite 46)

Die Verteilung der Tiere auf den Tiefenbereich 0 bis 70 cm ist in beiden Bühnenfeldern glockenkurvenförmig, wobei die Lagen der Maxima sich um eine Tiefenklasse unterscheiden. *Anodonta anatina* wurde in einer Tiefe von 31 bis 50 cm am häufigsten aufgefunden. Da der Bereich von 0 bis 70 cm dem Handsammelbereich entspricht, jedoch nur sehr wenige Tiere dieser Art nach den Monaten Juli und August dort gefunden wurden (siehe auch Abbildung 25, Seite 41 und Abbildung 26, Seite 42), kann eine Vorzugstiefe von 31 bis 50 cm für *Anodonta anatina* in diesen Monaten angenommen werden. Die wenigen Funde über 70 cm lassen keine strukturierte Verteilung erkennen.

Zu den Fundtiefen über die Zeit (siehe Abbildung 28, Seite 47 und Abbildung 29, Seite 47)

Die Vorzugstiefe im Juli und August wird durch die Lage der Fundtiefenmediane, die bei *Anodonta anatina* in diesen Monaten im Bühnenfeld 648 zwischen 32 und 47 cm und im Bühnenfeld 670 zwischen 36 und 51 cm lagen, bestätigt. Dabei wurden Maximaltiefen von 72 cm und Minimaltiefen von 11 cm erreicht. Die Mittelwerte beider Bühnenfelder weisen zwischen den einzelnen Terminen in den beiden Monaten statistisch signifikante Unterschiede innerhalb des vermuteten Vorzugsbereichs auf (H-Test: H=68,5 mit 7 FG und H=28 mit 7 FG).

Obwohl *Anodonta anatina* im September und Oktober auch in vorderen Transektabschnitten gefunden wurde und der Median bereits auf wenige Extremwerte empfindlich reagiert, sind die Mittelwerte in diesen Monaten in beiden Bühnenfeldern deutlich angestiegen. Die vergrößerten Streuungsbereiche sind aber auf die veränderte Sammelmethode zurückzuführen, da durch die Taucheinsätze ein größerer Bereich

beprobte werden konnte. Im Bühnenfeld 648 stieg der Median über 57 cm auf 140 cm im September an und fiel im Oktober auf 120 cm ab. Im Bühnenfeld 670 konnte *Anodonta anatina* nur im Oktober in einer mittleren Tiefe von 140 cm gefunden werden.

Im Herbst wurde somit für *Anodonta anatina* ein tieferer Fundbereich als im Sommer festgestellt. Eine größere Vorzugstiefe kann im Herbst also vermutet werden, aber nicht genauer benannt werden, da die wenigen Daten dies nicht zulassen und die Tauchsätze nur bis 230 cm Tiefe erfolgten.



Abbildung 28: Der Streuungsbereich und Median der Fundtiefe aller *Anodonta anatina* im Bühnenfeld 648 während der Versuchszeit.

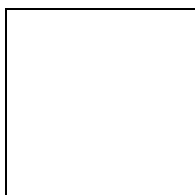


Abbildung 29: Der Streuungsbereich und Median der Fundtiefe aller *Anodonta anatina* im Bühnenfeld 670 während der Versuchszeit.

3.1.5.2 *Anodonta cygnea*

Zu den Tiefenklassen (siehe Abbildung 30, Seite 48)

Anodonta cygnea weist bei der Verteilung der Tiere auf die Tiefenklassen im Bereich 0 bis 70 cm eine zweigipflige Kurve auf. In der Tiefenklasse 31 bis 40 cm waren mit 13 Tieren die meisten Individuen zu finden. Ein weiteres Maximum von 11 Tieren entsteht bei der Tiefenklasse 51 bis 60 cm.

Eine Angabe der Vorzugstiefe für Juli und August ist aufgrund dieser Verteilung und der geringen Datenmenge nicht im

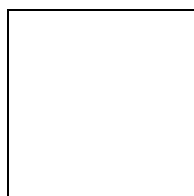


Abbildung 30: Die Anzahl von *Anodonta cygnea* in verschiedenen Tiefenklassen.

gleichen Maße eingrenzbar wie bei *Anodonta anatina*, liegt aber zwischen 31 und 60 cm.

Nur wenige Einzelfunde fanden im Bereich über 70 cm statt und lassen keine Aussagen zur strukturellen Verteilung zu.

Zu den Fundtiefen über die Zeit (siehe Abbildung 31, Seite 48)

Die Lage der Tiefenmediane pro Termin macht deutlich, daß *Anodonta cygnea* in den Monaten Juli und August, ähnlich wie *Anodonta anatina*, im Mittel in einer Tiefe von 35 bis 48 cm zu finden war. Der Streuungsbereich erreichte dabei Maximalwerte von 70 cm und Minimalwerte von 16 cm und ähnelt somit denen von *Anodonta anatina*. Eine gesicherte statistische Aussage ist aber aufgrund der geringen Datenmenge hier nicht möglich.

Im September und Oktober stiegen die Fundtiefen bis auf 120 cm an, dabei handelte sich aber nur um Einzelfunde.

Für *Anodonta cygnea* läßt sich in Anlehnung an die Ergebnisse der anderen Arten über eine Veränderung der Vorzugstiefe, in Form einer steigenden Fundtiefe zwischen Sommer und Herbst, nicht einmal spekulieren.

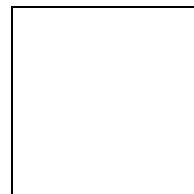


Abbildung 31: Der Streuungsbereich und Median der Fundtiefe aller *Anodonta cygnea* im Bühnenfeld 648 während der Versuchszeit.

3.1.5.3 *Unio pictorum*

Zu den Tiefenklassen (siehe Abbildung 32, Seite 49)

Unio pictorum zeigt in beiden Bühnenfeldern eine ähnliche Verteilung der Fundtiefen im Bereich von 0 bis 70 cm wie *Anodonta anatina*.

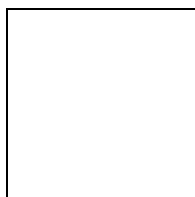


Abbildung 32: Die Anzahl von *Unio pictorum* in verschiedenen Tiefenklassen.

Die Kurve verläuft in diesem Tiefenbereich glockenförmig und das Maximum mit 80 Tieren im Bühnenfeld 648 und 18 Tieren im Bühnenfeld 670 liegt in den Klassen 31 bis 40 cm bzw. 41 bis 50 cm.

Auch bei *Unio pictorum* kann also mit der Kenntnis der fehlenden Funde im Handsammelbereich im September und Oktober (siehe Abbildung 25, Seite 41 und Abbildung 26, Seite 42) eine Vorzugstiefe von 31 bis 50 cm in den Monaten Juli und August angenommen werden.

Wenige Funde fanden im Herbst in den Tiefen über 70 cm statt (siehe auch Abbildung 25, Seite 41 und Abbildung 26, Seite 42), die wie bei *Anodonta anatina* keine strukturierte Verteilung erkennen lassen.



Abbildung 33: Der Streuungsbereich und Median der Fundtiefe aller *Unio pictorum* im Bühnenfeld 648 während der Versuchszeit.

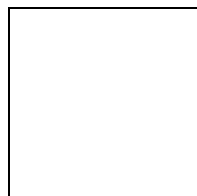


Abbildung 34: Der Streuungsbereich und Median der Fundtiefe aller *Unio pictorum* im Bühnenfeld 670 während der Versuchszeit.

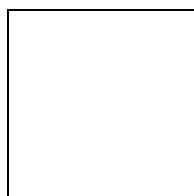


Abbildung 35: Die Anzahl von *Unio tumidus* in verschiedenen Tiefenklassen.

Zu den Fundtiefen über die Zeit (siehe Abbildung 33, Seite 49 und Abbildung 34, Seite 49)

Die Lage der Fundtiefenmediane von *Unio pictorum* bestätigt eine Vorzugstiefe im Bereich 31 bis 50 cm, allerdings nur für Juli bis Mitte August.

Im Juli bis Mitte August schwankten die Mediane im Bühnenfeld 648 zwischen 35 und 51 cm und im Bühnenfeld 670 zwischen 30 und 53 cm. In diesen beiden Monaten lag ein Streuungsbereich von 13 bis 70 cm vor. Auch hier weisen die Mittelwerte beider Bühnenfelder zwischen den einzelnen Terminen innerhalb des Vorzugsbereichs statistisch signifikante Unterschiede auf (H-Test: H=68,8 mit 7 FG und H=20,7 mit 7 FG). Im Unterschied zu *Anodonta anatina* stiegen die Mediane in beiden Bühnenfeldern aber bereits Ende August auf 60 cm an.

Im September stieg der Mittelwert im Bühnenfeld 648 auf 150 cm an und fiel im Oktober auf 120 cm ab, während im Bühnenfeld 670 in diesen Monaten keine Tiere dieser Art nachgewiesen werden konnten.

Unio pictorum wurde im Herbst ähnlich wie *Anodonta anatina* in größeren Tiefen als im Sommer gefunden, wobei ein Anstieg des Fundtiefenmedians bereits Ende August erfolgte (siehe auch die Abnahme der Anzahl von *Unio pictorum* in den uferbildenden Transektabschnitten in der Zeit des gleichbleibenden Wasserstandes in Abbildung 25 auf Seite 41).

3.1.5.4 *Unio tumidus*

Zu den Tiefenklassen (siehe Abbildung 35, Seite 50)

Eine glockenförmige Verteilung der Fundtiefenanzahl auf die Tiefenklassen 0 bis 70 cm ist bei *Unio tumidus* deutlich zu erkennen. Am häufigsten wurden Individuen dieser Art in beiden Bühnenfeldern in einer Tiefe von 41 bis 50 cm gefunden.

Es muß daher ein Vorzugstiefenbereich für die Monate Juli und August angenommen werden - Funde bei Tiefen von 0 bis 70 cm lagen im Herbst nicht vor - der gegenüber den anderen drei Arten schmaler ist und tiefer liegt.

Wiederum konnte durch die Taucheinsätze *Unio tumidus* bis zu einer Tiefe von 230 cm gefunden werden, die Zwischenklassen sind nur lückenhaft besetzt.

Zu den Fundtiefen über die Zeit (siehe Abbildung 36, Seite 51 und Abbildung 37, Seite 51)

Die Fundtiefenmediane lagen in den Monaten Juli und August mit 37 bis 55 cm im Bühnenfeld 648 und mit 35 bis 55 cm im Bühnenfeld 670 höher als bei den anderen untersuchten Unionidaarten und bestätigen somit die größere Vorzugstiefe von *Unio tumidus* in diesen beiden Monaten.

Im Bühnenfeld 670 basieren die Ergebnisse aber nur auf wenigen Daten.

Die Größe der Streuungsbereiche lag wie bei den anderen Arten bei ca. 60 cm. Trotz des kleineren Vorzugsbereiches konnten auch hier statistisch signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Medianen festgestellt werden (H-Test: H=50,4 mit 7 FG und H=11 mit 4 FG).

Am 14. September konnten in beiden Bühnenfeldern keine *Unio tumidus* gefunden werden. Der Median stieg im Bühnenfeld 648 Ende September auf 150 cm an und fiel im Oktober auf 120 cm ab. Im Bühnenfeld 670 konnte *Unio*

tumidus nur im Oktober in einer mittleren Tiefe von 158 cm gefunden werden.

Unio tumidus ist im Herbst also wie die anderen Unionidaarten in einer größeren Tiefe als im Sommer zu finden, wodurch eine größere Vorzugstiefe zu vermuten ist, aber nicht weiter spezifiziert werden kann.

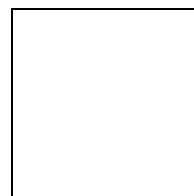


Abbildung 36: Der Streuungsbereich und Median der Fundtiefe aller *Unio tumidus* im Bühnenfeld 648 während der Versuchszeit.

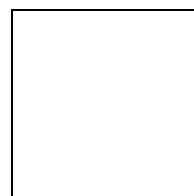


Abbildung 37: Der Streuungsbereich und Median der Fundtiefe aller *Unio tumidus* im Bühnenfeld 670 während der Versuchszeit.

3.1.6 Zur Wanderung der *Unionidae* im Bühnenfeld

Die dargestellte Verteilung der *Unionidae* entlang der ufernahen Transektabschnitte in der Zeit des sinkenden Wasserstandes im Sommer (siehe Kapitel 3.1.4.2, Seite 40) und gleichzeitig der Verbleib in einem bestimmten Tiefenbereich während dieser Zeit (siehe Kapitel 3.1.5, Seite 46) läßt auf eine Wanderung der Muscheln in dieser Zeit schließen.

Auch die geringere Anzahl an Muschelfunden in allen Transektabschnitten im September und Oktober während der Zeit des steigenden Wasserstandes und die vermuteten größeren Vorzugstiefenbereiche (siehe Kapitel 3.1.5, Seite 46) im Herbst geben Anlaß für die Auswertung konkreter Bewegungen einzelner Muscheln.

Anodonta anatina wurde im Herbst auch wieder in den ufernahen Abschnitten gefunden. Im Unterschied zu den restlichen drei Arten könnten sich somit entgegengesetzte Wanderrichtungen ergeben.

Um Aussagen über artspezifische Bewegungen einzelner Individuen treffen zu können, müssen die Wiederfänge markierter Tiere ausgewertet werden. Die Wanderungen wurden zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Beprobungsterminen betrachtet. Die Aneinanderreihung dieser Einzelereignisse führt zu einem Gesamtergebnis, welches die Wanderung der vier Untersuchungsarten im Sommer und Herbst beschreibt und grafisch darstellbar ist (siehe Abbildung 38, Seite 56, bis Abbildung 44, Seite 62).

Die Anzahl gefundener markierter Individuen einer Art in einem Transektabschnitt an einem Fundtermin diente als Ausgangswert und wurde gleich 100 % gesetzt. Am darauffolgendem Termin wurde der Verbleib dieser markierten Tiere ausgewertet, indem für jedes Fundtransekt der prozentuale Anteil der gefundenen Tiere angegeben wurde. Auf eine Unterteilung in einzelne Transekte wurde verzichtet, so daß sich

die Ergebnisse dieser Auswertung nur auf das Wanderungsverhalten in Richtung der Transektlinien beziehen.

Bei der grafischen Auswertung wurden zur besseren Übersicht vier Klassen in jeweils 25 %-Schritten eingerichtet und durch unterschiedlich dicke Pfeile symbolisiert. Farblich ist immer der am meisten gewanderte Weg dargestellt.

Bei einer großen Muschelanzahl als Ausgangswert wurden selten alle, d.h. 100 % der Tiere, wiedergefunden, und ihre Wanderungen werden mit Pfeilen der unteren und/oder mittleren Klasse skizziert. Dient aber nur eine einzige Muschel als Ausgangswert, häufige Einzelfunde lagen bei *Anodonta cygnea* vor, so wird ihr Wiederfang mit dem dicksten Pfeil (entspricht in diesem Fall 100 %) symbolisiert. Die Pfeildicke darf daher nicht getrennt von der Ausgangszahl betrachtet und interpretiert werden.

Die grafischen Auswertungen basieren auf den Daten der im Anhang IX befindlichen Tabelle 21 (Seite 137) und Tabelle 22 (Seite 140).

Statistisch kann nicht geprüft werden, ob es sich um eine gezielte Wanderung oder um eine zufällige Verteilung handelte. Geeignete Tests, wie beispielsweise der Chi-Quadrat-Test, sind wegen der kleinen Stichprobenanzahl nicht anwendbar. Auf die Verwendung anderer Verteilungstests, die auch bei geringen Stichprobenumfang abgesicherte Ergebnisse liefern, wurde verzichtet. Bei dieser Gruppe von Tests wird gegen einen Erwartungswert geprüft, der vom Anwender eingesetzt wird. Da in der mir zur Verfügung stehenden Literatur kein solcher Wert benannt ist, würde die willkürliche Formulierung meinerseits den Test derart beeinflussen, daß ein Verzicht auf eine statistische Überprüfung mir sinnvoller erscheint.

3.1.6.1 Die Wanderung von *Anodonta anatina*

(siehe Abbildung 38, Seite 56 und Abbildung 39, Seite 57)

Die Wanderwege von *Anodonta anatina* stellten sich in beiden Bühnenfeldern bis zum 23. August - im Bühnenfeld 648 sogar bis zum 31. August - gut heraus. Über 60% der markierten Tiere dieser Fundtermine wurden am jeweils darauffolgenden Termin wiedergefunden, so daß auf die zurückgelegten Wege dieser Tiere geschlossen werden konnte.

Danach waren die Muschelfunde und insbesondere auch ihre Wiederfunde drastisch reduziert. Unter 40 % der markierten Tiere konnten ab diesem Zeitpunkt im Bühnenfeld 648 nur noch am nächsten Termin wiedergefunden werden. Im Bühnenfeld 670 lagen überhaupt keine Wiederfunde mehr vor.

1) Phase des sinkenden Wasserstandes

In der Phase des sinkenden Wasserstandes (bis zum ersten Fundtermin der Phase gleichbleibenden Wasserstandes am 17. August) wanderte *Anodonta anatina* mit der zurückgehenden Uferlinie Richtung Flußmitte.

Betrachtet man die Wege, die die jeweils meisten Tiere gewandert waren (farbige Pfeile), so sieht man deutlich, daß vor allem im Bühnenfeld 648 die Tiere, die in den uferbildenden Abschnitten und im nächst tieferen Abschnitt saßen, bis zum nächsten Fundtermin größtenteils in den wiederum nächst tieferen Abschnitt gewandert sind. Befanden sich die Tiere bereits in den tieferen Abschnitten, die über 2 m von der Uferlinie entfernt waren (E, F und G), setzte die Wanderbewegung seltener ein, d.h. die Tiere verweilten im Abschnitt und fanden sich somit bei gleichzeitigem Wasser-rückgang in geringeren Tiefen als zuvor.

Eine Wanderung in dieser Phase in Richtung Uferlinie fand im Bühnenfeld 670 häufiger statt als in der Vergleichsbühne, dennoch handelte es sich in allen Fällen nur um wenige Einzelindividuen. Ebenfalls selten, jedoch auch im Bühnenfeld 670 häufiger, wanderte eine

Anodonta anatina eine Strecke über zwei Transektabschnitte.

2) Phase des gleichbleibenden Wasserstandes

In der Zeit des gleichbleibenden Wasserstandes (bis zum 23. bzw. 31. August) waren im Bühnenfeld 670 nur noch wenige Wanderbewegungen zu verzeichnen. Die wiedergefundenen Tiere verweilten hauptsächlich im nicht uferbildenden Transektabschnitt, wenige wanderten in einen tieferen Abschnitt.

Die Phase des gleichbleibenden Wasserstandes war im Bühnenfeld 648 eine Woche länger. Die Muscheln im uferbildenden Transektabschnitt E wanderten in die Abschnitte F und G, während die Muscheln aus diesen tieferen Abschnitten hauptsächlich verweilten, aber auch in Richtung Ufer oder Strommitte wanderten.

3) Phase des steigenden Wasserstandes

Mit dem Beginn des steigenden Wasserstandes sank auch im Bühnenfeld 648 die Fund- und Wiederfundrate. Nur zum 14. September und 19. Oktober waren Wanderungen weniger Tiere zu erkennen. Am 19. Oktober bewegten sich wenige in den Transektabschnitt G, während andere über zwei Termine dort verweilten.

Von den 45 markiert gefundenen Muscheln am 23. August im Bühnenfeld 670 sind nur noch 11 Tiere wiedergefunden worden. Der Verbleib der anderen Muscheln ist fraglich. Da der Abschnitt G am 31. August aber nicht beprobt werden konnte, ist eine Wanderung dorthin zu diskutieren. Im Bühnenfeld 670 fanden an den letzten Terminen dieser Phase keine erkennbaren Wanderungen statt.

Daß *Anodonta anatina* im Herbst auch in den flacheren Transektabschnitten vor allem auch im Bühnenfeld 648 zu finden war, ließ sich im Kapitel 3.1.4.2 (Seite 40) zeigen. Woher diese Tiere dorthin gewandert sind ist grafisch hier nicht darstellbar. Aus den Daten der im Anhang IX befindlichen Tabelle 23 (Seite 140) ist zu erkennen, daß es sich nie um Tiere handelte, die bereits bis Transektabschnitt H

gewandert waren. Sie waren vielmehr direkt entlang der Uferlinie gewandert. Zur Diskussion steht wiederum der Verbleib der vielen Individuen im September und Oktober.

3.1.6.2 Die Wanderung von *Anodonta cygnea* (siehe Abbildung 40, Seite 58)

Trotz der geringen Dichte (siehe auch Kapitel 3.1.3, Seite 37) von *Anodonta cygnea* im Bühnenfeld 648 war ihre Wiederfundrate ausreichend groß, um den Wanderweg der wenigen Individuen nachzuvollziehen.

1) Phase des sinkenden Wasserstandes

In dieser Phase befanden sich keine Tiere in den uferbildenden Transektabschnitten. In den tieferen Abschnitten verweilten die Muscheln zunächst und wanderten mit zunehmend fallendem Wasserstand - die Uferlinie verlagerte sich von C nach E - in den nächst tieferen Abschnitt.

2) Phase des gleichbleibenden Wasserstandes

Bei gleichbleibendem Wasserstand verweilten die Tiere, wanderten aber auch in tiefere Abschnitte.

3) Phase des steigenden Wasserstandes

Ab September waren auch die Wanderwege von *Anodonta cygnea* schlechter nachweisbar. Wie bei *Anodonta anatina* wanderten einzelne Individuen zum Transektabschnitt G, wobei dafür gleich zwei Transektabschnitte durchquert wurden.

3.1.6.3 Die Wanderung von *Unio pictorum*

(siehe Abbildung 41, Seite 59 und Abbildung 42, Seite 60)

Die Wanderung von *Unio pictorum* konnte im Bühnenfeld 648 bis zum 31. August im gleichen Sinne wie bei *Anodonta anatina* gut verfolgt werden, dennoch waren die Wiederfunde markierter *Unio pictorum* geringer als beispielsweise bei *Anodonta anatina*. Im Bühnenfeld 670 wiesen die Wiederfunde schon innerhalb dieser Zeit große Lücken auf, so daß die Wanderwege

nicht vollständig nachvollziehbar sind. Die wenigen Bewegungen entsprechen in ihrem grundsätzlichen Muster dem des anderen Bühnenfeldes und werden im folgenden nicht weiter von diesem differenziert.

1) Phase des sinkenden Wasserstandes

In dieser Zeit des sinkenden Wasserstandes zeigte *Unio pictorum* im Bühnenfeld 648 ähnliche Bewegungsmuster wie *Anodonta anatina*. Die Tiere der uferbildenden Abschnitte (nur am 20.7.) und des nächst tieferen Abschnitts wanderten zum folgenden Termin in die nächst tieferen Abschnitte, während die bereits dort befindlichen Muscheln häufiger verweilten.

Auffällig ist, daß diese Art häufiger Wanderungen über zwei Transektabschnitte hinweg ausführte und zu keinem Zeitpunkt nachweislich in Richtung Ufer wanderte.

2) Phase des gleichbleibenden Wasserstandes

In dieser Phase setzte sich trotz gleichbleibenden Wasserstandes bei *Unio pictorum* das Wanderverhalten in tiefere Transektabschnitte fort. Im Unterschied zu *Anodonta anatina* wanderten größere Anteile der in Abschnitt (F) gefundenen Tiere in tiefere Abschnitte und verweilten nicht. Diese Unterschiede zwischen den beiden Arten sind jedoch minimal.

3) Phase des steigenden Wasserstandes

Die am 31. August gefundenen markierten Tiere konnten einen Termin später nicht mehr wiedergefunden werden, wobei zu bemerken ist, daß die Fundabschnitte des vorherigen Termins nicht beprobt werden konnten. Wanderbewegungen ließen sich also nicht konkret nachweisen. Bei der Auswertung der durchschnittlichen Fundtiefen (siehe Kapitel 3.1.5.3, Seite 49), ergab sich für *Unio pictorum* am 31. August aber eine größere Durchschnittstiefe gegenüber den zuverigen Terminen und gegenüber den Vergleichsarten, so daß eine Wanderung in größere Tiefen bereits zu diesem Zeitpunkt eingesetzt haben könnte und fortgesetzt worden ist. Dies ist zu diskutieren.

Im September und Oktober konnten ansonsten nur wenige Individuen zweimal hintereinander gefunden werden, diese Tiere verweilten im Transektabschnitt G.

3.1.6.4 Die Wanderung von *Unio tumidus*

(siehe Abbildung 43, Seite 61 und Abbildung 44, Seite 62)

Die Wanderung von *Unio tumidus* war nur im Bühnenfeld 648 über den gesamten Zeitraum nachvollziehbar. Warum im Bühnenfeld 670 die Anzahl der Funde so stark zurückgingen und bereits Ende Juli keine Wiederfunde mehr auftraten, ist unklar. Auch hier sind im Bühnenfeld 670 die Daten sehr gering, aber im Trend doch vergleichbar. Die Beschreibungen beziehen sich insofern nur auf das Bühnenfeld 648.

1) Phase des sinkenden Wasserstandes

Entsprechend *Anodonta anatina* und *Unio pictorum* wanderte *Unio tumidus* von den uferbildenden und jeweils nachfolgenden Abschnitten verstärkt in tiefere Abschnitte. Die bereits dort (E, F und G) befindlichen Tiere verweilten eher, wanderten aber im Unterschied zu den drei anderen Arten vermehrt in die Tiefe. Damit könnte sich die durchschnittlich etwas größere Vorzugstiefe gegenüber den anderen Arten in den Monaten Juli und August (siehe Kapitel 3.1.5.4, Seite 50) erklären.

Wie auch bei *Unio pictorum* fanden bei *Unio tumidus* vermehrt Wanderungen über zwei Transektabschnitte hinweg statt.

2) Phase des gleichbleibenden Wasserstandes

In der Zeit des gleichbleibenden Wasserstandes fand eine Wanderung in die tieferen

Abschnitte nur bei den Muscheln des Abschnittes F statt, während die Tiere der tieferen Abschnitte überwiegend verweilten. Es lagen also analoge Wandererscheinungen zu den anderen Arten vor.

3) Phase des steigenden Wasserstandes

Eine Wanderbewegung vom 31. August zum 14. September ist leider nicht aufzuzeigen.

An den späteren Terminen dieser Phase konnte wie bei *Unio pictorum* nur in Abschnitt G das Verweilen markierter Tiere nachgewiesen werden.

3.1.6.5 Wanderverhalten der *Unionidae* in Abhängigkeit von der Muschellänge

Zusätzlich zu den bisherigen Ergebnissen zum Wanderverhalten wurde bei allen Arten überprüft, ob ein Wanderverhalten in Abhängigkeit von der Muschellänge vorlag.

Da aber nur Tiere über 5 cm Länge markiert worden sind, konnte die Unterteilung groß/klein nur auf einen kleinen Längensbereich (5 cm bis Maximallänge) angewandt werden. Dieser wurde für die Teilung in groß und klein halbiert. Vermutlich aufgrund des geringen Längenspektrums konnte bei dieser Untersuchung kein Unterschied zwischen dem Wanderverhalten großer und kleiner Tiere festgestellt werden, das bedeutet, die Individuen einer Art über 5 cm Länge wiesen alle das gleiche Wanderverhalten auf.

Abbildung 38: Die Wanderung von *Anodonta anatina* im Bühnenfeld 648.

Abbildung 39: Die Wanderung von *Anodonta anatina* im Bühnenfeld 670.

Abbildung 40: Die Wanderung von *Anodonta cygnea* im Bühnenfeld 648.

Abbildung 41: Die Wanderung von *Unio pictorum* im Bühnenfeld 648.

Abbildung 42: Die Wanderung von *Unio pictorum* im Bühnenfeld 670.

Abbildung 43: Die Wanderung von *Unio tumidus* im Bühnenfeld 648.

Abbildung 44: Die Wanderung von *Unio tumidus* im Bühnenfeld 670.

3.1.7 Abiotische Umweltfaktoren als mögliche Auslöser der Wanderung

Neben dem Wasserstand, dessen Verlauf bereits in Kapitel 3.1.4.1 (Seite 39) beschrieben wurde, änderten sich im Laufe der Versuchszeit weitere chemische und physikalische Eigenschaften des Wassers in den Bühnenfeldern.

Es muß in Betracht gezogen werden, daß auch diese Parameter eine Wirkung auf die *Unionidae* haben. Möglich wäre ein Einfluß auf das Wanderverhalten, oder zumindest den Wechsel zwischen den Vorzugstiefen im Sommer und Herbst.

Eine tabellarische Darstellung aller Meßwerte ist auch im Anhang VI, Tabelle 16 (Seite 120) nachzulesen.

3.1.7.1 Die Wassertemperatur

Bei jedem Beprobungstermin wurde die Wassertemperatur an der Oberfläche gemessen. Neben dieser wurde zusätzlich die Temperatur in 80-100 cm Tiefe ermittelt. Die Tiefenwerte entsprachen den Oberflächenwerten.

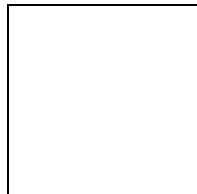


Abbildung 45: Die Wassertemperatur in den Bühnenfeldern während der Versuchszeit.

Unterschiedliche Temperaturwerte zwischen den Bühnenfeldern für den gleichen Tag konnten auftreten, da sie zu unterschiedlichen Tageszeiten bearbeitet worden sind. Wie in Abbildung 45 (Seite 63) aber zu sehen ist, war der Verlauf in beiden Bühnenfeldern ähnlich.

Vergleicht man den Verlauf der Wassertemperaturen (siehe Abbildung 45, Seite 63 und mit modifizierter Zeitachse Folie 1 und 2 im Fach auf

der hinteren Umschlagsseite⁷⁾ mit den Wanderungen der einzelnen Arten (siehe Abbildung 38, Seite 56 bis Abbildung 44, Seite 62) können partielle Wechselbeziehungen vermutet werden. Inwiefern ein wirklicher Einfluß der Temperaturen auf das Wanderverhalten der vier Muschelarten besteht, muß aber später diskutiert werden.

Im Bühnenfeld 648 schwankten bis zum 23. August die Wassertemperaturen zwischen 20,6 °C und maximal 22,9 °C. Ein größerer Temperaturrückgang von 22,6 °C auf 16 °C ereignete sich am 31. August. Zur gleichen Zeit sank auch die Anzahl der wiedergefundenen *Unio tumidus*, und der Wechsel zu einer größeren Vorzugstiefe vollzog sich (siehe Kapitel 3.1.5.4, Seite 50). Diese zeitliche Übereinstimmung des Wechsels zwischen der sommerlichen Vorzugstiefe zur Vorzugstiefe im Herbst und des Temperaturrückganges läßt auf einen Zusammenhang schließen.

Bei *Anodonta anatina*, *Unio pictorum* und *Anodonta cygnea* veränderte sich die Anzahl der Wiederfunde sowie das Wanderverhalten zwischen den beiden Terminen Ende August trotz einsetzenden Temperaturrückganges nicht. Mit weiterem Temperaturrückgang nahmen aber auch bei diesen Arten die Funde in den vorderen Transektabschnitten ab, so daß auch hier ein Zusammenhang zwischen der Wassertemperatur und der veränderten Vorzugstiefe augenscheinlich wird.

Nach einem kurzen Anstieg um 2 °C auf 18 °C Mitte September fiel die Wassertemperatur bis Oktober auf 13 °C ab.

Im Bühnenfeld 670 schwankten die Wassertemperaturen bis zum 23. August zwischen 21,6 °C und 25,4 °C, der Temperaturrückgang auf 16 °C ereignete sich auch in diesem Bühnenfeld am 31. August. Mit dem Temperaturrückgang verringerten sich die Wiederfunde der markierten *Anodonta anatina* um mehr als 50 %, so daß der Zusammenhang zwischen dem

⁷⁾Zum besseren Vergleich können die Folien auf die Abbildungen der Wanderungen gelegt werden.

Wechsel der Vorzugstiefen (siehe Kapitel 3.1.5.1, Seite 46) und dem Temperaturrückgang deutlich wird.

Für *Unio pictorum* und *Unio tumidus* sind aufgrund der geringen Daten in diesem Buhnenfeld keine Aussagen möglich.

Auch im Buhnenfeld 670 wurden im Oktober mit 13,2 °C die geringsten Temperaturen der Versuchszeit gemessen.

3.1.7.2 Der Sauerstoffgehalt

Im Sommer entstehen nach Massenentwicklungen von Algen oftmals große tagesperiodische Schwankungen des Sauerstoffgehalts. Die höchsten Sauerstoffwerte sind am frühen Nachmittag zu erwarten, die niedrigsten bei Tagesanbruch.

An der Oberfläche fiel der O₂-Gehalt am frühen Morgen, wo die niedrigsten Werte des Tages erwartet werden, nie unter 8 mg/l (siehe Abbildung 46, Seite 64). Die beschriebenen tagesperiodischen Schwankungen deuten sich an, wenn man die Werte beider Buhnenfelder eines Tages vergleicht. Da das Buhnenfeld 670 meist am Nachmittag beprobt wurde, sind die Sauerstoffwerte dort höher. Diese Schwankungen übertreffen sogar die Differenzen zwischen den Meßtagen.

Die Aufnahme der Sauerstoffwerte in den verschiedenen Tiefen und am Boden ergab über die Zeit ebenfalls starke tagesperiodische Schwankungen. Allerdings lag selbst in 80 cm Tiefe der Sauerstoffgehalt immer nur knapp unter den Oberflächenwerten, so daß auch hier der O₂-Gehalt nie unter 8 mg/l sank.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß es in beiden Buhnenfeldern zu keinem Zeitpunkt zu einer Sauerstoffmangelsituation kam.

Infolge der von den Messzeiten abhängigen Schwankungen sind keine genaueren Aussagen über den Verlauf der Sauerstoffwerte innerhalb der Versuchszeit, und somit zu deren Korrelation zum Wanderverhalten der Muscheln möglich.

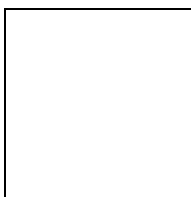


Abbildung 46: Der Sauerstoffgehalt und -sättigung an der Oberfläche in den Buhnenfeldern während der Versuchszeit.

3.1.7.3 Der pH-Wert

Wasserlebewesen sind nur in der Lage, leichte pH-Wert Schwankungen zu tolerieren. Als ideal wird im allgemein ein Bereich zwischen pH 7 und pH 8,5 für Gewässer angesehen.

Der pH-Wert schwankte in den Sommermonaten im Buhnenfeld 648 zwischen 9,31 und 8,63 und lag Ende September und im Oktober nur noch bei 8,37 (siehe Abbildung 47, Seite 65).

Im Buhnenfeld 670 zeigte sich ein ähnlicher Verlauf mit pH-Wertschwankungen von 9,3 bis 8,6 in den Monaten Juni bis September. Im Oktober fand nur eine Messung statt, deren Wert mit 8,46 ebenfalls niedriger als die der Sommermonate war.

Die höheren Werte der Sommermonate sind mit gesteigerten Assimilationsprozessen des vermehrten Phytoplanktons zu erklären.



Abbildung 47: Der pH-Wert in den Buhnenfeldern während der Versuchszeit.

Obwohl hier, in allen Einzelaspekten nicht beschreibbare Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen chemischen und physikalischen Parametern (z.B. Wassertemperaturen siehe oben) existieren, kann ein direkter Zusammenhang des pH-Wertverlaufs zu den Muschelwanderungen nicht festgestellt werden.

3.1.7.4 Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit als quantitative Messung der Gesamtkonzentration aller im Wasser gelösten Ionen schwankte im Buhnenfeld 648 (siehe auch Abbildung 48, Seite 65) während der Versuchszeit zwischen 600 und 1132 µS/cm. Im Buhnenfeld 670 lagen ähnliche Schwankungen vor (610 bis 1048 µS/cm). Die Leitfähigkeit

natürlicher Süßgewässer liegt zwischen 20 und 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ [SCHWOERBEL 1994].

Die deutlich hervorstechenden Höchstwerte wurden in beiden Feldern am 31. August gemessen und sind auf zuverig starke Regenfälle zurückzuführen, die beispielsweise Dünger der angrenzenden Felder in den Fluß spülten und somit die Ionenkonzentration ansteigen ließen.

Wie auch beim pH-Wert liegt kein erkennbarer Zusammenhang zwischen der Leitfähigkeit und der Wanderung der Muscheln vor.

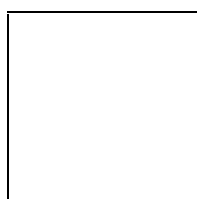


Abbildung 48: Die Leitfähigkeit in den Bühnenfeldern während der Versuchszeit.

3.1.7.5 Die Sichttiefen

Die Sichttiefe lag in den Monaten Juni, Juli und August im Bühnenfeld 648 zwischen 31 und 47 cm, und im Bühnenfeld 670 zwischen 34 und 42 cm. Im September stieg die Sichttiefe auf 52 bzw. 57 cm an. Die größte Sicht wurde im Oktober mit 67 bzw. 70 cm erreicht.

Die Vorzugstiefen der vier Arten von 31 cm bis 50 cm in den Monaten Juli und August lagen somit im Bereich der Sichttiefen dieser Monate. Mit dem Wechsel zwischen der sommerlichen Vorzugstiefe und der größeren Vorzugstiefe im Herbst stieg auch die Sichttiefe an.

Obwohl die Sichttiefe stark mit anderen Parametern, wie beispielsweise der Temperatur verknüpft ist, ist aus diesen Ergebnissen eine Korrelation zwischen der Sichttiefe, d.h. der Tiefe und Menge der Lichteinstrahlung ins Wasser und des Wanderverhaltens als möglich zu betrachten. Unterstützend wirkt dabei die Angabe von GRUNER [1993], wonach Teichmuscheln Licht wahrnehmen können (siehe auch Seite 15).

3.1.7.6 Die Strömungen

Die Aufnahme des Strömungsmusters in den Bühnenfeldern erwies sich als problematisch. Erstens konnte nicht das gesamte Bühnenfeld überblickt werden, zweitens wühlte Wind oft die Wasseroberfläche auf, und drittens war in den Sommermonaten das gesamte Feld mit Wasserlinsen bedeckt, so daß an der Oberfläche keine Strömungsmuster erkennbar waren. Es kann daher nicht beurteilt werden, ob Strömungsmuster, wie sie in Abbildung 8 (Seite 18) und oder Abbildung 9 (Seite 18) dargestellt sind, vorlagen.

Die Strömungsgeschwindigkeit wurde nur vier mal bestimmt, sie lag in beiden Bühnenfeldern an der Oberfläche bei etwa 10 cm/sec.

Die Driftkörpermethode ist leider ungenau und läßt keine Aussage über die Strömungsverhältnisse am Gewässergrund zu. Die mittlere Fließgeschwindigkeit eines Flusses liegt bei etwa 85% der Oberflächengeschwindigkeit [SCHWOERBEL 1994]. Allgemein kann gelten, daß die Fließgeschwindigkeit zum Gewässergrund hin abnimmt, und sich direkt am Boden eine strömungsfreie Schicht (Prandelsche Grenzschicht) befindet.

Eine Abhängigkeit des Wanderverhaltens von der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Strömungsmusters ist denkbar, aber wegen der schlechten Bestimmbarkeit nicht nachzuweisen. Die Strömungsverhältnisse sind gleichzeitig eng mit dem Wasserstand verbunden, so daß in der Diskussion dieser Aspekt noch einmal aufgegriffen wird.

3.1.8 Die Mobilität der *Unionidae*

Bei der Beschreibung der Wanderung wurde bis jetzt nur die Bewegung der Muscheln im rechten Winkel zum Ufer, d.h. der Wechsel zwischen Transektabschnitten, ausgewertet, diese wird im folgenden als „vertikale“ Wanderung bezeichnet. Aufgrund der Einteilung der Versuchsfläche in Transekte läßt sich allerdings auch eine Bewegung parallel zum Ufer feststellen, die weiterhin als „horizontale“

Wanderung benannt ist. Um beide möglichen Bewegungstypen betrachten zu können, nutze ich den Begriff der Mobilität.

Für die Auswertung wurde neben einer fehlenden Wanderung zwischen drei Mobilitätsfällen unterschieden.

- 1) Es fand eine horizontale Wanderung statt (Transektwechsel).
- 2) Es fand eine vertikale Wanderung statt (Transektabschnittswechsel).
- 3) Es fand eine horizontale und vertikale Wanderung statt (Transekt- und Transektabschnittswechsel).

Nicht differenziert wird bei der Auswertung, ob es sich bei den vertikalen Wanderungen um eine Bewegung in Richtung Ufer oder Strommitte handelte. Ebenfalls nicht unterschieden wird bei der horizontalen Wanderung, ob sie mit oder entgegen der Strömung erfolgte.

Ausgewertet wurden die Bewegungen der Muscheln, die an zwei aufeinanderfolgenden Terminen gefunden wurden. Zusätzlich ist der Anteil der nicht wiedergefundenen Muscheln angegeben.

Auf eine Auswertung der Mobilität von *Anodonta cygnea*, sowie von *Unio pictorum* und *Unio tumidus* im Bühnenfeld 670 wurde aufgrund der geringen Datenmenge verzichtet. Bei *Anodonta anatina* im Bühnenfeld 670 liegen zwar ausreichende Datenmengen vor, wie in Abbildung 49 (Seite 67) aber deutlich wird sind keine strukturierten „Mobilitätsentwicklungen“ zu erkennen, so daß keine Beschreibung stattfindet.

3.1.8.1 Die Mobilität von *Anodonta anatina*

(siehe Abbildung 50, Seite 67)

1) Phase des sinkenden Wasserstandes

An den ersten drei Terminen der Phase des sinkenden Wasserstandes (bis zum ersten Fundtermin der Phase

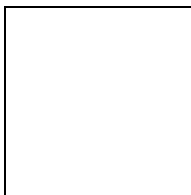


Abbildung 49: Die Mobilität von *Anodonta anatina* im Bühnenfeld 670.

gleichbleibenden Wasserstandes am 17. August) schwankte der Anteil an nicht gewanderten Muscheln im Bühnenfeld 648 zwischen 30 % und 36 %. Vom 9. zum 17. August wanderten nur 22,6 % der *Anodonta anatina* in diesem Bühnenfeld nicht, wobei grundsätzlich eine Bewegung innerhalb des Rasterfeldes nicht wahrgenommen und somit nicht ausgeschlossen werden kann.

Die Anzahl mobiler Tiere stieg in dieser Phase an, wobei sie sich größtenteils kombiniert vertikal und horizontal, d.h. schräg zur Uferlinie, bewegten. Kontinuierlich nahm auch die Zahl der Muscheln zu, die horizontal zur Uferlinie wanderten und somit nur einen Transektwechsel ausführten.

Sprunghaft stieg am 9. August (zum 17. August) der Anteil an vertikalen Wanderungen auf 10,6 %.

In dieser Phase wurden im Bühnenfeld 648 22,5 % bis 39 % der markierten Tiere nicht wiedergefunden.

2) Phase des gleichbleibenden Wasserstandes

Bei gleichbleibendem Wasserstand stieg im Bühnenfeld 648 die Anzahl nicht gewandelter Tiere bis zum 31. August auf 31,9 % wieder an.

Die Mobilität insgesamt nahm ab (32,8 % vom 23. zum 31. August), wobei die rein vertikalen Wanderungen sich um mehr als die Hälfte auf 4,2 % verringerten.

Der Anteil nicht wiedergefundener Tiere blieb relativ konstant bei 36 % bzw. 34,7 %.

3) Phase des steigenden Wasserstandes

Mit steigendem Wasserstand nahm die Anzahl nicht wiedergefundener *Anodonta anatina* im Bühnenfeld 648 drastisch zu. Unter der Annahme gleichbleibender Mortalitäts- und Fehlerrate kann davon ausgegangen werden, daß die Erhöhung um 48,6% nicht wiedergefundener Tiere dem Anteil mobiler Tiere zuzuschlagen ist.

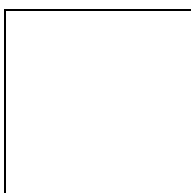


Abbildung 50: Die Mobilität von *Anodonta anatina* im Bühnenfeld 648.

Diese dadurch erhöhte Mobilität bestätigt sich durch das Fehlen immobiler Tiere. Denn alle gefundenen Tiere waren mobil. Sie wanderten sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung, allerdings überwog wieder eine Kombination dieser beiden Richtungen. Die vertikalen Bewegungen zu dieser Zeit erfolgten in Richtung Ufer.

3.1.8.2 Die Mobilität von *Unio pictorum*

(siehe Abbildung 51, Seite 68)

1) Phase des ablaufenden Wassers

In der Phase des ablaufenden Wassers nahm der Anteil an nicht gewanderten *Unio pictorum* im Bühnenfeld 648 von 29,2 % kontinuierlich auf 4,6 % ab, und der Anteil an mobilen Tieren zu (41,8 % vom 9. zum 17. August). Wie bei *Anodonta anatina* überwog auch bei dieser Art die Kombination aus vertikaler und horizontaler Wanderung.

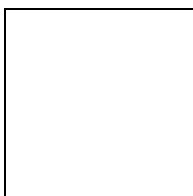
46,3 % bis 57,1 % der Tiere wurden in dieser Phase nicht wiedergefunden.

2) Phase des gleichbleibenden Wasserstandes

Während des gleichbleibenden Wasserstandes stieg der Anteil an immobilen Muscheln wieder auf 25 % an.

Der Anteil mobiler Tiere zeigte keine eindeutige Entwicklung, nach einem Absinken auf 17,9 % stiegen sie wieder auf 37,5 % an. Gleichzeitig sank aber der Anteil nicht wiedergefundener Tiere von 61,5 % auf 37,5 %, so daß die Entwicklung der Anzahl mobiler Tiere verfälscht sein könnte.

3) Phase des steigenden Wasserstandes



In dieser Phase konnten wie bei *Anodonta anatina* nur wenige, aber stets mobile *Unio pictorum* gefunden werden, die horizontal zum Ufer wanderten.

Abbildung 51: Die Mobilität von *Unio pictorum* im Bühnenfeld 648.

3.1.8.3 Die Mobilität von *Unio tumidus*

(siehe Abbildung 52, Seite 69)

1) Phase des sinkenden Wasserstandes

Wie bei *Unio pictorum* nahm der Anteil immobilier *Unio tumidus* in dieser Phase von 38,8 % auf 3,4 % ab.

Vernachlässigt man den schwankenden Anteil der nicht wiedergefundenen Muscheln, so nahm der Anteil der mobilen Tiere relativ zum Anteil der immobilen Tiere kontinuierlich zu.

Bewegte sich *Unio tumidus*, so vollzog auch sie hauptsächlich einen kombinierten Transekt- und Transektabschnittswechsel.

Wie bei *Anodonta anatina* war am 9. August der Anteil von vertikal gewanderten Tieren mit 19 % sehr groß.

2) Phase des gleichbleibenden Wasserstandes

In dieser Phase kam es zu keiner eindeutigen Entwicklung (Anstieg auf 24,4 % und anschließender Abfall auf 12 %) der Anzahl immobilier Muscheln.

Die Anzahl der mobilen Tiere nahm bis auf 16 % ab, während der Anteil nicht wiedergefundener Tiere auf 72 % anstieg.

3) Phase des steigenden Wasserstandes

Auch bei *Unio tumidus* wurden wie bei *Unio pictorum* nur Tiere gefunden, die horizontal zum Ufer wanderten.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Mobilität von *Unio pictorum* und *Unio tumidus* sehr ähnlich ist. Bei beiden Arten nahm der Anteil der immobilen Tiere in der Zeit der Wasserstandsenerkung kontinuierlich ab, während er bei *Anodonta anatina* im Bühnenfeld 648 annähernd gleich blieb. Die dadurch häufigeren Wanderbewegungen von *Unio* beinhalteten größtenteils eine schräge Wanderrichtung (horizontal und vertikal), die auch bei *Anodonta anatina* die häufigste Mobilitätsart darstellt.

Während des gleichbleibenden Wasserstandes erhöhte sich der Anteil der immobilen *Unio tumidus* und *Unio pictorum* wieder.

Im September waren mit steigendem Wasserstand alle Muscheln mobil, bei den Unioarten wurden nur noch horizontale Wanderbewegungen aufgezeichnet, während *Anodonta anatina* auch wieder in Richtung Ufer wanderte.

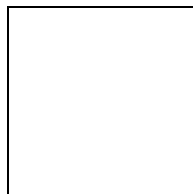


Abbildung 52: Die Mobilität von *Unio tumidus* im Bühnenfeld 648.

3.1.9 Exemplarische Wanderwege

Die Wanderung der *Unionidae* wurde bisher nur als Ereignis zwischen zwei aufeinanderfolgenden Terminen betrachtet. Einen Überblick über zusammenhängende Wanderwege der Muscheln während der gesamten Versuchszeit verschafft die Abbildung 53 (Seite 71).

Ausgewählt wurden dafür Muscheln, die mindestens sechsmal gefunden worden sind. Alle vier Arten sind dabei vertreten. Die Position einer Muschel ist durch die Angabe der Transekte und Transektabschnitte bestimmt, Änderungen der Position sind mit Pfeilen dargestellt. Bei jedem Fund ist das Datum und die Tiefe angegeben.

Bei den insgesamt 15 Muscheln sind viele der bereits dargestellten Ergebnisse wiederzuerkennen:

- die markierten Tiere konnten über mehrere Wochen verfolgt werden, wobei *Anodonta anatina* die höchste Wiederfanghäufigkeit aufwies (bilden über 50 % der hier ausgewählten Tiere);
- die Wiederfunde reduzierten sich ab September drastisch (nur sechs der 15 Tiere konnten im September oder Oktober gefunden werden);
- in den Monaten Juli und August (Funddatum 1-7) verblieben die Muscheln größtenteils in einem Tiefenbereich von 30 cm bis 50 cm und wurden im September und Oktober (Funddatum 7 und 8) in größeren Tiefen gefunden (z.B. Muschelkennnummer 232 und 230);
- *Unio tumidus* wanderte häufig über zwei Transektabschnitte hinweg (siehe Muschelkennnummer 210);
- *Anodonta anatina* wanderte im Herbst auch wieder Richtung Ufer (siehe Muschelkennnummer 395 und 211) und
- *Unio tumidus* und *Unio pictorum* waren in der Phase des sinkenden Wasserstandes

(Funddatum 1-5) mobiler als *Anodonta anatina* (Vergleich Muschelkennnummer 48, 210, 212, und 230 mit 73, 105 und 211).

Gleichzeitig treten aber auch Positionsveränderungen auf, die den dargestellten Ergebnissen und somit auch aufgestellten Hypothesen widersprechen.

Beispielsweise wanderte die *Unio tumidus* mit der Kennnummer 210 von F nach H und danach erneut zwei Abschnitte tiefer nach F (sie gelangte dabei auch in eine geringere Wassertiefe), und einen Termin später war sie wieder in G zu finden. Dieses „Zickzack-Wandern“ ist weder Inhalt bei der Beschreibung der Wanderung, noch bei der Angabe der Tiefenmittelwerte.

Betrachtet man weiterhin die Mobilität der einzelnen Muscheln, so fällt auf, daß entgegen der Aussage: „Wandert eine Muschel, so ist ein kombinierter Wechsel von Transekt und Transektabschnitt die häufigste Bewegungsrichtung!“ die exemplarischen Muscheln die vertikale Wanderrichtung (Transektabschnittswechsel) am häufigsten einschlugen (siehe Muschelkennnummer 181, 171, 73, 214 und 232).

Zusammenfassend wird an diesen Beispielen das Problem deutlich, daß durch die Betrachtung von einzelnen Individuen zwar Ergebnisse und allgemeingültige Aussagen über eine Art oder Population möglich sind, diese sich aber nicht wieder auf jedes Einzelindividuum rückführen lassen. Sie geben lediglich ein Regelverhalten wider, wobei durchaus Ausnahmen möglich sind.

Am Ende der Freilandversuchszeit wurden Muscheln für die anschließenden Laborversuche ausgewählt, worunter sich auch markierte Tiere befanden. Ihre Wanderwege sind in Abbildung 54 (Seite 72) dargestellt. Die weitere Besprechung dieser Muscheln findet im Kapitel 3.2.3.4 (Seite 89) statt.

Abbildung 53: Die Wanderwege häufig
gefundener *Unionidae* im Buhnenfeld 648.

Abbildung 54: Die Wanderwege der Labormuscheln.

3.2 Laborergebnisse

Neben der eigentlichen Messung der Filtrationsrate spielten die Hälterung der Muscheln im Aquarium und der methodische Aspekt der Filtrationsratenmessung eine bedeutende Rolle. Auf deren Beschreibungen und Resultaten sowie auf aufgetretene Probleme wird daher explizit eingegangen.

So lagen die Trockengewichte der im Labor gehaltenen *Anodonta anatina* zwischen 0,9 g und 6,69 g (siehe Tabelle 4, Seite 73). Dabei nahmen sie mit wachsender Schalenlänge zu, während sich der Anteil zum Gesamtfrischgewicht verringerte. Das Trockengewicht des Weichkörpers machte bei der kleinsten *Anodonta anatina* 5 % des Gesamtfrischgewichts aus und bei der längsten *Anodonta anatina* (rot 77) 4,4 %.

Tabelle 3: Daten der Versuchstiere.

Art	Markierung und Kennnummer	Maße (Länge, Höhe, Breite) in cm	Frischgewicht in g	Volumen in ml	Bemerkungen
<i>Unio pictorum</i>	weiß 25; 466	8,09 x 3,47 x 2,48	43,28	24	
<i>Unio pictorum</i>	gelb 9; 172	8,43 x 3,59 x 2,61	46,48	17	
<i>Unio pictorum</i>	gelb 87; 250	8,84 x 3,55 x 2,73	52,24	25	
<i>Unio pictorum</i>	Ba 9; 48	8,91 x 4,1 x 2,71	57,18	36	
<i>Unio tumidus</i>	keine	6,18 x 3,1 x 2,25	21,88	1,9	
<i>Unio tumidus</i>	gelb 60; 223	8,75 x 4,26 x 2,79	63,54	28	
<i>Unio tumidus</i>	Ba 25; 50	8,86 x 4,44 x 3,09	73,21	42	
<i>Anodonta anatina</i>	keine	6,11 x 3,83 x 1,91	17,88	3,2	tot am 2.4.96
<i>Anodonta anatina</i>	keine	6,68 x 4,56 x 2,27	26,95	7,9	
<i>Anodonta anatina</i>	grün 60; 389	8,23 x 5,32 x 2,94	57,75	32	tot am 4.3.96
<i>Anodonta anatina</i>	grün 86; 422	10,15 x 6,67 x 3,9	122,53	116	
<i>Anodonta anatina</i>	gelb 65; 228	10,28 x 6,07 x 4	121,99	98	tot am 20.10.95
<i>Anodonta anatina</i>	rot 77; 279	10,95 x 6,6 x 4,44	153,4	140	tot am 4.3.96

3.2.1 Daten zu den Versuchstieren

Am 25.9.95 wurden im Buhnenfeld 648 die Muscheln für die Filtrationsversuche gesammelt (siehe auch Kapitel 2.4.1, Seite 24).

Während der Hälterung im Aquarium verstarben vier *Anodonta anatina*.

In Tabelle 3 (Seite 73) sind u.a. Maße, Gewichte und Verdrängungsvolumen der Labormuscheln aufgeführt.

Nach der Formel von KRYGER & RIISGÅRD [1988] (siehe Seite 30) ist desweiteren für *Anodonta anatina* eine Umrechnung von Schalenlänge zu Trockengewicht des Weichkörpers möglich.

Tabelle 4: Trockengewichte der Weichkörper von *Anodonta anatina*.

Markierung	Schalenlänge in cm	Trockengewicht in g
„klein“ ⁸	6,11	0,9
„mittel“	6,68	1,27
grün 60	8,23	2,56
grün 86	10,15	5,18
gelb 65	10,28	5,4
rot 77	10,95	6,69

⁸Obgleich die beiden *Anodonta anatina* keine Markierung besitzen, benenne ich sie auf den folgenden Seiten mit „klein“ und „mittel“.

3.2.2 Zur Muschelhälterung

Die Hälterung der Muscheln im Aquarium erfolgte wie in Kapitel 2.4.2 (Seite 24) beschrieben.

Die Aufnahme verschiedener Wasserwerte sollte einerseits die Konstanz dieser Werte überprüfen und andererseits einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Tod einer Muschel und der Änderung einer Meßgröße aufdecken. Die in regelmäßigen Abständen erhobenen Daten zwischen dem 20.9.95 und dem 19.1.96 sind im Anhang X in der Tabelle 24 (Seite 145) aufgeführt. Angegeben ist dort auch die Art der Fütterung und deren Termine. Nach Abschluß der Versuche wurde auf eine Aufzeichnung der Werte verzichtet, und der Wasserwechsel und die Fütterung erfolgte bis zum Aussetzen der Tiere einmal wöchentlich.

Die Wassertemperatur schwankte zwischen 17,7 °C und 20,9 °C. Die umgebende Raumtemperatur betrug konstant 20 °C, so daß die Schwankungen der Wassertemperatur durch die Wasserwechsel zu erklären sind.

Mit Sauerstoffwerten von minimal 7,8 mg/l bei einer Sättigung von 82 % bis maximal 9,8 mg/l bei einer Sättigung von 102 % kam es zu keiner Zeit zu einer Sauerstoffmangelsituation im Aquarium.

Die Leitfähigkeit lag zwischen 947 µS/cm und 1110 µS/cm und entsprach damit den Bedingungen in den Bühnenfeldern.

Die Belastung durch Stickstoff in Form von Ammonium, Ammoniak, Nitrit und Nitrat ist bei der Hälterung von filtrierenden Organismen besonders kritisch, da kein technischer Filter die Stoffwechselprodukte der Tiere und gammelige Futterreste aus dem Wasser entfernen kann, ohne die Futterpartikel ebenfalls zu entfernen. Folglich steigt die Stickstoffkonzentration in kurzer Zeit bis auf toxische Dosen an. Ergänzend sei noch vermerkt, daß die Giftigkeit von Ammonium/Ammoniak auch von der Temperatur abhängt. Bei 25 °C Wassertemperatur ist Ammonium/Ammoniak etwa viermal giftiger als bei 5 °C [BAUR 1987].

Die Grundbelastung des Leitungswassers mit Stickstoffverbindungen wurde für das Jahr 1992 von den Berliner Wasserbetrieben für das zuständige Wasserwerk Johannisthal mit 0,09 mg/l Ammonium, 5,8 mg/l Nitrat und 0,01 mg/l Nitrit bei einem pH-Wert von 7,4 und einer Temperatur von 11,5 °C angegeben [BERLINER WASSER-BETRIEBE 1993].

Im Aquarium lag der Ammoniumgehalt stets bei 0,5 mg/l, dabei schwankte der pH-Wert zwischen 8,2 und 9,0. Mit steigendem pH-Wert verschiebt sich das Gleichgewicht von Ammonium und Ammoniak zugunsten des sehr giftigen Ammoniaks. Im Leitungswasser war demzufolge ein Anteil von unter 5 % (< 0,01 mg/l) Ammoniak und im Aquariumwasser bereits 5 bis 30 % (0,02 bis 0,12 mg/l) zu erwarten.

Der im Aquarium konstante Ammoniumgehalt könnte das Resultat einer stabilen Bakterienkultur (Nitrifikanten) im Aquarium sein, die das Ammonium oxidieren und über Nitrit zu Nitrat umbauen.

Der Nitritgehalt lag zu jedem Zeitpunkt unter 0,1 mg/l. Der Nitratgehalt erreichte im Aquarium selten eine Konzentration unter 20 mg/l, da einerseits eine Grundbelastung von etwa 6 mg/l des Wassers vorlag, und andererseits beim Wasserwechsel in der Regel nur zwei Drittel des Wassers ausgetauscht wurden. Ein vollständiger Wasserwechsel fand nur beim Tod einer Muschel statt, um eventuelle giftige Abbauprodukte zu entfernen. Es wurde versucht, den Nitratgehalt nicht über 40 mg/l ansteigen zu lassen, so daß bei der anfänglichen Hefefütterung bereits nach 3 Tagen ein Gehalt von 40 mg/l Nitrat einen Wasserwechsel erforderte, während bei einer reinen Algenfütterung bis zu 12 Tagen kein Wasserwechsel notwendig war.

Muscheln benötigen Karbonat zum Aufbau ihrer Schalen. Die Messung der Karbonathärte des Aquariumwassers ergab eine Härte von 12 bis 15 °d, bei einer Härte von 14 °d des Leitungswassers und ist nach ULLRICH [1994] genügend für den Schalenaufbau.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß eine Hälterung von *Unionidae* im Aquarium über einen längeren Zeitraum grundsätzlich möglich ist.

Den Muscheln wird im Aquarium eine veränderte Umwelt gegenüber dem Freiland geboten (z.B. einseitige Nahrungsquelle, kein Temperaturwechsel und höhere Stickstoffbelastung). Es kann dabei aber nicht genau gesagt werden, ob die veränderten Intensitäten der einzelnen Faktoren sich positiv oder negativ auf das „Gedeihen“ [BICK 1993] der Tiere auswirken. Dies steht nur zur Diskussion. Häufige Muschelverluste, wie sie bei ULLRICH [1994] schon nach kurzer Zeit auftraten, fanden hier jedoch nicht statt. Aufgrund der Todesfälle der Labortiere scheint *Anodonta anatina* im Gegensatz zu *Unio pictorum* und *Unio tumidus* allerdings empfindlicher auf eine Umsetzung ins Aquarium und daraus resultierenden Milieuveränderungen zu reagieren.

Zum Zeitpunkt des Todes der Muscheln konnten keine eindeutigen Abweichungen der gemessenen Wasserwerte festgestellt werden. Zu vermuten ist deshalb, daß der Eintritt des Todes nicht das Resultat eines einzigen veränderten Faktors war, sondern entweder einem Ursachenkomplex nicht optimaler Hälterung zuzuschreiben ist, oder der Mortalitätsgrund außerhalb des Versuchs zu suchen ist. Es muß auch berücksichtigt werden, daß viele Inhaltsstoffe des Wassers, die als mögliche Todesursache in Betracht gezogen werden können, nicht beachtet worden sind.

3.2.3 Versuche zur Messung der Filtrationsrate

Umweltfaktoren können in verschiedenen Intensitäten auftreten, wobei der Organismus eine bestimmte Toleranz gegenüber Schwankungen der einzelnen Faktoren aufweist. Meßbare Reaktionen der Tiere, wie z.B. die Stoffwechselleistung, zeigen mit diesen Schwankungen aber ebenfalls Veränderungen.

Die Filtrationsrate als Stoffwechselleistung kann als Maß zur Beurteilung der physiologischen Leistungsfähigkeit der Muscheln genutzt werden.

Zur Bestimmung der Filtrationsrate von Muscheln wurde eigens ein Gerät gebaut, mit dem die Muscheln über einen längeren Zeitraum hinweg durch eine **Konzentrationsregulation** in einer annähernd konstanten Algenkonzentration verweilen konnten. Das Gerät bewährte sich technisch, aufgrund der dabei resultierten Filtrationsergebnisse wurden aber zum Vergleich die Filtrationsraten erneut mit veränderter Methode gemessen. Angewandt wurde eine verbreitete Methode - es liegen daher vermehrt veröffentlichte Ergebnisse vor - bei der aufgrund der Muschelfiltration innerhalb der Versuchszeit die Algenkonzentration abnimmt, und daher als Methode **ohne Konzentrationsregulation** benannt wird.

Beide angewandten Methoden zur Messung der Filtrationsrate sind indirekte Messungen, bei denen über die Abnahme der Partikelmenge auf die Filtrationsrate der Muscheln geschlossen wird.

Da das Gerät nicht permanent funktionierte konnten nicht alle ins Labor eingebrachten Tiere im Versuch getestet werden.

3.2.3.1 Filtrationsversuche mit Konzentrationsregulation (Methode 1)

Die Konzentration der Versuchsbeckenlösung

Bei diesen Filtrationsversuchen wurde angestrebt, eine Algensuspension von 11.000 Zellen/ml im Versuchsbecken zu erhalten. Eine Bestimmung war mittels der Zählkammer aufgrund der geringen Konzentration nicht möglich und konnte erst ab dem 22.11.95 mit Hilfe eines Fluorimeters erfolgen, so daß nur bei zehn Versuchen die Konzentration im Versuchsbecken am Anfang und am Ende der Versuchszeit überprüft werden konnte. In Tabelle 5 (Seite 80) wird deutlich, daß das Bestreben, die Anfangskonzentration exakt auf

11.000 Zellen/ml einzustellen, sich als nicht realisierbar erwies. Die Anfangskonzentration schwankte zwischen 8.004 Zellen/ml und 15.666 Zellen/ml.

Befand sich eine Muschel im Versuchsbecken, nahm durch die Filtration der Muscheln die Algenkonzentration im Becken ab und mußte durch Zugabe aus der Algenvorratslösung mit Hilfe des Futterapparates neu reguliert werden. Aus Vorversuchen ergab sich, daß der Futterapparat bei einer Anfangskonzentration von 12.000 Zellen/ml im Versuchsbecken mit der Zugabe der Futterlösung ins Versuchsbecken begann, wenn die Konzentration im Becken auf 6.750 Zellen/ml, das heißt um 44 %, gesunken war.

Da der Apparat aber bei jedem Versuch per Hand neu auf die Beckenkonzentration geeicht werden mußte, verschob sich jedesmal der Beginn der Futterzugabe. Es war nicht möglich, für jeden Versuch die Schwellenkonzentration zu bestimmen. Der Schwellenwert von 44 % konnte daher als Richtwert dienen. Die Werte der Tabelle 5 (Seite 80) zeigen bei den Versuchen Nr.10 bis Nr.18, daß nach 48 Stunden Versuchszeit die Algenkonzentrationen im Versuchsbecken mit nur einer Ausnahme (Versuch Nr.18) deutlich unter den Anfangskonzentrationen (um 11 % bis 48 %) lag. Nie wurde eine Endkonzentration erreicht, die um mehr als die Hälfte geringer war als die Anfangskonzentration, so daß der oben genannte Schwellenwert, bei dem der Apparat Futterlösung ins Versuchsbecken pumpt, vermutlich nie über 50 % anstieg.

Diese großen Abweichungen der Algenkonzentration von der eingestellten Anfangskonzentration am Ende der Versuchszeit wurden durch die Filtration der Muscheln und der Nachregulierung des Futterapparates erzeugt, und nicht durch z.B. Sedimentation der Algen im Becken. So bewies der Kontrollversuch Nr.21, daß eine eingestellte Anfangskonzentration (8.604 Zellen/ml) sich nach 72 Stunden nur geringfügig verändert hat (7.965 Zellen/ml). Eine hoher Grad an Homogenität der Algenlösung im Versuchsbecken und eine

geringe Sedimentationsrate kann dadurch vermutet werden und auf die anderen Versuche übertragen werden. Dies bestätigt zusätzlich Versuch Nr.10, bei dem die *Anodonta anatina* nur eine geringe bzw. unter Einberechnung des Sedimentationsfehlers eine fehlende Filtrationsleistung aufwies, und demnach keine Futterzugabe erfolgen mußte. Auch hier blieb die Beckenkonzentration annähernd konstant.

Chemische und Physikalische Parameter der Versuchsbeckenlösung

Bei sechs Versuchen wurden verschiedene chemische und physikalische Wasserwerte am Anfang und Ende der Versuchszeit im Versuchsbecken gemessen (siehe auch Anhang X, Tabelle 25, Seite 146).

Im Versuchsbecken lagen mit ungefähr 20 °C ähnliche Temperaturen wie im Hälterungsaquarium vor. Während der Versuchszeiten kam es zu maximalen Temperaturerhöhungen um bis zu 1,4 °C, vermutlich verursacht durch die Lichtquelle der photometrischen Einheit.

Ebenfalls ähnliche Verhältnisse wie im Hälterungsaquarium lagen bei den Sauerstoffwerten (von 9,1 mg/l bis 10,3 mg/l) und der Leitfähigkeit (von 899 µS/cm bis 1101 µS/cm) vor. Die Leitfähigkeit stieg während der Versuchszeit allerdings immer leicht an.

Der pH-Wert lag mit 8,7 bis 9,0 im oberen Schwankungsbereich der Aquariumwerte.

Die Stickstoffbelastung im Versuchsbecken zeigte bei Ammonium mit 0,5 mg/l und bei Nitrit mit Werten unter 0,1 mg/l keine anderen Ergebnisse als bei den Messungen im Aquarium. Die Belastung durch Nitrat stieg während der Versuchszeit an, so daß am Ende bis zu 40 mg/l Nitrat gemessen werden konnte. In der Regel verdoppelte sich die Nitratbelastung während der 48 Stunden. Der Kontrollversuch zeigt durch seinen konstanten Nitratgehalt, daß dieser Anstieg durch die Muscheln verursacht wurde.

Die gemessenen Werte zeigen, daß einerseits im Versuchsbecken ähnliche Bedingungen wie im Hälterungsaquarium herrschten, so daß nach der Umsetzung der Muscheln ins Versuchs-

becken keine langen „Gewöhnungszeiten“ zu vermuten sind, und andererseits bei den einzelnen Versuchen ebenfalls ähnliche Bedingungen vorlagen.

Die Konzentration der Algenvorratslösung

Die von JANSSEN & DREYER [1981] empfohlene 100-fache Konzentration der Algenvorratslösung gegenüber der Beckenkonzentration wurde wie die Beckenkonzentration über einen Verdünnungsfaktor errechnet. Angestrebt wurde, in der Algenvorratslösung eine Konzentration von 1.100.000 Zellen/ml zu erhalten.

In den ersten neun Versuchen konnte die Überprüfung der Konzentration nur mittels der Zählkammer erfolgen, wurde aber ab Versuch Nr.10 durch Kontrolle mit dem Fluorometer ergänzt (siehe Tabelle 5, Seite 80).

Die Ergebnisse der **Auszählung** ergaben, daß die Anfangskonzentration bei den Filtrationsversuchen zwischen 1.000.000 Zellen/ml und 1.720.000 Zellen/ml schwankte.

Eine erneute Auszählung fand am Ende der Versuchszeit statt. Konzentrationsveränderungen gegenüber den Anfangswerten (sowohl Erhöhungen als auch Absenkungen) traten auf. Dabei kam es bei

- 7 Versuchen zu Veränderungen bis $\pm 5\%$ von der Anfangskonzentration;
- 7 Versuchen zu Veränderungen $\pm 5\%$ bis 25% von der Anfangskonzentration;
- 2 Versuchen zu Veränderungen \pm über 25% von der Anfangskonzentration.

Bei großen Veränderungen traten mehrheitlich Konzentrationserhöhungen auf. Die maximale Erhöhung um 72% von der Ausgangskonzentration (von 1.230.000 Zellen/ml auf 2.120.000 Zellen/ml) lag bei Versuch Nr.14 vor.

Beim Kontrollversuch Nr.19 kam es nur zu einer Konzentrationsveränderung unter 1% zwischen den Konzentrationen der Anfangs- und Endalgenvorratslösung.

Bei Versuch Nr.10 wurde keine Algenvorratslösung in das Becken gepumpt, die Konzentration veränderte sich dennoch. Nach der Auszählung kam es zu einer Erhöhung um $0,4\%$, aber die nun ergänzend eingesetzte **Fluorometerbestimmung** ergab eine Absenkung um 4% .

Die Anfangskonzentrationen schwankten bei der Fluorometerbestimmung mit 1.066.179 Zellen/ml bis 1.323.407 Zellen/ml deutlich geringer um die gewünschte Algenvorratskonzentration als bei der Auszählung.

Die hier ebenfalls erneute Bestimmung der Konzentration am Ende der Versuchszeit zeigte wie bei der Auszählung Konzentrationsveränderungen zwischen den Anfangs- und Endlösungen auf. Dabei kam es bei

- 3 Versuchen zu Veränderungen $\pm 5\%$ von der Anfangskonzentration;
- 5 Versuchen zu Veränderungen $\pm 5\%$ bis 25% von der Anfangskonzentration.

Extreme Veränderungen über 25% traten nicht auf.

Hervorzuheben ist, daß der Vergleich zwischen Zähl- und Fluorometerbestimmung bei den Anfangskonzentrationen geringere Unterschiede aufweist als bei den Endkonzentrationen. Weiterhin erwähnenswert ist die Tatsache, daß im Versuch Nr.10 und Nr.17 laut Berechnung der Auszählung eine Konzentrationserhöhung während der Versuchszeit in der Algenvorratslösung stattfand, während sie laut Bestimmung mit dem Fluorometer abgenommen hat.

Die Kontrollversuche

Die Kontrollansätze dienten der Überprüfung des Futterapparates und weiterer Versuchsbedingungen, wie beispielsweise der Umwälzung im Versuchsbecken und der Konzentration der Algenlösungen.

Bei den Kontrollversuchen wurde keine Algenvorratslösung in das Versuchsbecken gepumpt, wie die SchreiberAuswertungen dieser Versuche und die Volumenangaben der

Vorratslösungen beweisen. Der Volumenverlust von 1 bzw. 2 ml bei Versuch Nr.20 und Nr.21 kann als Meßfehler erklärt werden. Wie bereits oben erläutert, veränderte sich auch die Algenkonzentration im Versuchsbecken während des Kontrollversuches Nr.21 ohne den Muschelbesatz nur sehr gering. Bestätigt wurde damit die Funktionsweise des Futterapparates, nur bei einer Konzentrationserniedrigung im Versuchsbecken Futterlösung hineinzupumpen.

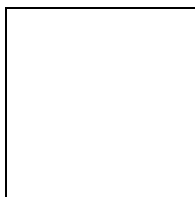
Die Aufnahme der Konzentration der Algenvorratslösung zeigte aber auch, daß durch das Pumpen diese Konzentration verändert wurde, denn während es bei dem Kontrollversuch Nr.19 nur zu einer Veränderung von unter 1 % zwischen der Anfang- und Endkonzentration kam, lagen bei den Filtrationsversuchen höhere Konzentrationsveränderungen vor.

Zu vermuten ist, daß die Pumpaktivität zu einer Inhomogenität der Lösung führte und demnach die ins Becken gepumpte Lösung eine veränderte Konzentration aufwies und somit auch die im Vorratsbehälter verbleibende Lösung.

Die Berechnung der Filtrationsrate

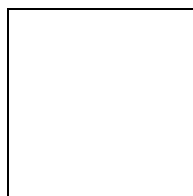
Zur Berechnung der Filtrationsrate mußte vom Verbrauch der Algenvorratslösung auf die Filtrationsmenge im Versuchsbecken geschlossen werden. Benötigt wurden dafür die Konzentrationsangaben der Vorrats- und Beckenlösung, sowie das Volumen der Vorratslösung.

Da es wie oben beschrieben in der Vorratslösung oftmals zu Konzentrationsveränderungen kam, durfte nicht von der verbrauchten Menge dieser Lösung auf die Filtrationsrate gefolgert werden. Entscheidend war vielmehr die Abnahme der absoluten Zellzahl im Vorratsbehälter, die dann noch auf die anfängliche Beckenkonzentration zu beziehen war:



Die Angabe der Konzentration der Beckenlösung stützte sich bis Versuch Nr.9 mangels einer Fluorometermessung auf die über den Verdünnungsfaktor errechnete Konzentration von 11.220 Zellen/ml und ist daher in Tabelle 5 (Seite 80) nicht angegeben. Ab Versuch Nr.10 lagen Werte der Fluorometerbestimmung vor.

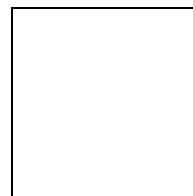
Wie beschrieben, ergaben sich auch Abnahmen von der Anfangs- zur Endkonzentration im Becken, die wiederum bezogen auf die anfängliche Beckenkonzentration in die Berechnung der Filtrationsrate der Muscheln mit einfließen mußten:



Beim Volumen des Beckens wurde dabei vernachlässigt, daß über die Zugabe von Algenvorratslösung Änderungen auftraten. Als Berechnungsgrundlage diente immer das Volumen von 12.000 ml.

Danach ergibt sich unter den Voraussetzungen, daß

- ein mengenmäßiger Vorratsverbrauch festgestellt werden konnte: $V_A - V_E > 0$, denn nur so basiert der Vorratsverbrauch auf einer wirklichen Pumpleistung in das Aquarium;
- die absolute Zellzahl im Vorratsbehälter abgenommen hat: $(C_{VA} * V_A) - (C_{VE} * V_E) > 0$ bzw. FM_1 keinen negativen Wert ergibt, da ansonsten ein eindeutiger Fehler (evtl. durch sich vermehrende Algen) vorliegt, der keinen Schluß mehr auf die Filtriermenge zuläßt, die Filtrationsrate:



wobei sich bis zum Versuch Nr.9 für die auf der Abnahme der Beckenkonzentration basierende Filtriermenge (FM_2) der Wert null

ergibt, da Anfangs- und Endkonzentration gleich hoch vermutet wurden.

Aufgrund der zweifachen Bestimmung der Vorratslösungskonzentration ab Versuch Nr.10 kam es zur Angabe von zwei meist voneinander abweichenden Filtrationsraten. Versuche mit fehlenden Filtrationsangaben in Tabelle 5 (Seite 80) erfüllten die Voraussetzungen nicht.

Die Filtriermengen

In der Tabelle 5 (Seite 80) sind für die Versuchsmuscheln die Filtriermengen (FM_1+FM_2) in ml für die gesamte Versuchszeit angegeben.

Die Filtriermenge schwankte bei *Anodonta anatina* zwischen 4.189 ml und 121.456 ml, bei *Unio pictorum* nach der Berechnung mit den Auszählungsergebnissen zwischen 11.354 ml und 64.858 ml und nach der Berechnung mit den Fluorometerergebnissen zwischen 5.301 ml und 20.855 ml. Die Ergebnisse der Fluorometerbestimmungen führten also zu sehr viel geringeren

Filtrationsmengen gegenüber der Auszählungsergebnissen.

Bei den Angaben für *Unio pictorum* konnten Konzentrationsmessungen für die Beckenlösung durchgeführt werden, so daß hier die auf der Abnahme der Beckenkonzentration basierende Filtriermenge (FM_2) einen Wert größer Null ergab und somit die Gesamtfiltriermenge einen signifikanteren Wert erhielt.

Deutlich wird, daß die Filtration der Muscheln nicht nur zwischen den Individuen einer Art eine große Variationsbreite hat, vielmehr kommt es bei den einzelnen Individuen zu großen Unterschieden der Filtriermengen zwischen den beiden Versuchsdurchläufen. Diese individuellen Schwankungen müssen zuerst betrachtet und, wenn möglich, erklärt werden, bevor die Filtrationsraten in Bezug zur Art, Größe oder zum Gewicht auf mögliche Korrelationen hin geprüft werden können.

Tabelle 5: Daten der Versuche mit
Konzentrationsregulation.

Die Filtrationsraten

Da nicht alle Versuche genau 48 Stunden laufen konnten, ist eine Beschreibung der Filtration bezogen auf die Versuchszeit sinnvoll. Im folgenden wird deshalb die Filtrationsrate als ml/h angegeben.

Die Angaben der Filtrationsraten bei den grafischen Darstellungen (Abbildung 55, Seite 81 und Abbildung 56, Seite 82) zeigen eine gleichbleibende Rate über die Versuchszeit von 48 Stunden für jedes Tier an, wenn auch diese nur den durchschnittlichen Wert angibt.

Bei *Anodonta anatina* lagen bis auf eine Ausnahme die Filtrationsraten beim zweiten Versuchsdurchgang unter den Werten des ersten Durchganges. Dabei konnten bei vier von fünf Tieren große Differenzen zwischen den beiden Filtrationsraten festgestellt werden. Insgesamt kam es bei *Anodonta anatina* zu Werten zwischen 28 und 2.530 ml/h.

Wie in Tabelle 6 (Seite 83) aufgeführt und in Abbildung 55 (Seite 81) grafisch dargestellt, wurden die höchsten Filtrationsraten bei *Anodonta anatina*-grün 86 mit 2.530 ml/h beim ersten Versuchsdurchgang und mit 1.031 ml/h beim zweiten Durchgang gemessen. Die Filtrationsrate nahm also um 60 % ab. Ebenfalls große Differenzen lagen bei der *Anodonta anatina*-„mittel“ vor, deren Filtrationsrate von 446 ml/h um 56 % beim zweiten Durchgang auf 196 ml/h sank.

Die Angabe von 28 ml/h bei *Anodonta anatina*-„klein“ im zweiten Versuchsdurchgang basiert auf einer Sonderberechnung. Da es zu keiner Volumenabnahme im Vorratsbehälter kam wohl aber zu einer Konzentrationsveränderung, konnte die oben beschriebene Berechnung der Filtriermenge nicht durchgeführt werden und ist deshalb in Tabelle 5 (Seite 80) nicht eingetragen. Aufgrund der Konzentrationsabnahme im Versuchsbecken ist für diese Muschel dennoch eine auf der Abnahme der Beckenkonzentration basierende

Filtriermenge (FM_2) und entsprechende Filtrationsrate zu berechnen. Hier kam es zu einem Abfall von 78 % zwischen den beiden Versuchsdurchgängen. Bei *Anodonta anatina*-rot 77 lag die Filtrationsrate des zweiten Durchganges mit 382 ml/h nur um 14 % unter der zuerst gemessenen Filtrationsrate (446 ml/h). Bei *Anodonta anatina*-grün 60 dagegen kam es zu einer fast dreifachen Steigerung der Filtrationsrate zwischen den beiden Versuchsdurchgängen (von 183 ml/h auf 543 ml/h).

Bei *Unio pictorum* gab es kein Ausbleiben der Vorratszugabe, aber dennoch lagen auch hier zum Teil große Differenzen zwischen den beiden Versuchsdurchgängen vor (siehe Tabelle 6, Seite 83). Wie bei *Anodonta anatina* konnten beim zweiten Versuchsdurchgang sowohl Filtrationsratenzunahmen und -abnahmen festgestellt werden, wobei bei dieser Art allerdings die Zunahmen überwogen.

Die Filtrationsraten lagen bei *Unio pictorum* zwischen 234 ml/h und 1.351 ml/h (siehe Tabelle 6, Seite 83 und Abbildung 56, Seite 82). *Unio pictorum*-gelb 9 hatte mit einer fast vierfachen Steigerung zwischen den beiden Durchgängen die höchste Filtrationsrate. Bei *Unio pictorum*-Ba 9, *Unio pictorum*-weiß 25 und *Unio pictorum*-gelb 87 konnte nur jeweils ein Versuchsdurchgang mit den Konzentrationsergebnissen der Auszählung berechnet werden. Die Filtrationsraten betragen bei *Unio pictorum*-Ba 9 234 ml/h, bei *Unio pictorum*-weiß 25 244 ml/h und bei *Unio pictorum*-gelb 87 373 ml/h.

Die auf den Fluorometerbestimmungen basierenden Filtrationsraten wichen teilweise stark von den Ergebnissen der auf der Zählmethode basierenden ab, z.B. konnte die hohe Filtrationsrate von *Unio pictorum*-gelb 9 nicht bestätigt werden.

Bei *Unio pictorum*-weiß 25 konnte im ersten Versuchsdurchgang eine Filtrationsrate von 337 ml/h festgestellt werden, die sich im zweiten Durchgang

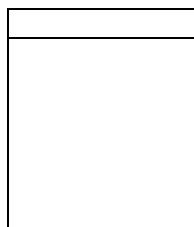


Abbildung 56: Die Filtrationsrate (FM) und die Filtrationsrate (FR) von *Anodonta anatina* und *Unio pictorum*.

um etwa ein Drittel auf 110 ml/h verringerte. *Unio pictorum*-Ba 9 hingegen erfuhr eine Steigerung von 137 ml/h auf 347 ml/h. Für *Unio pictorum*-gelb 87 lag mit 272 ml/h nur ein Wert vor. Die Zunahme der Filtrationsrate zwischen den Versuchsdurchgängen bei *Unio pictorum*-gelb 9 wurde bestätigt, allerdings lag hier nur eine Steigerung von 60 % vor. Ein weiterer Vergleich konnte nicht erfolgen.

Trotz Addition der auf der Abnahme der Beckenkonzentration basierenden Filtriermenge (FM_E) zur gesamten Filtriermenge konnten bei *Unio pictorum* keine deutlich höheren Filtrationsraten als bei *Anodonta anatina* erzielt werden.

Zu klären wäre, ob die individuellen Schwankungen der Filtrationsraten bei *Anodonta anatina* und *Unio pictorum* zwischen den beiden Versuchsdurchführungen systematisch auftraten, und wenn ja, welcher Faktor sie auslöste. Wie bereits oben beschrieben, lagen aber im Versuchsbecken bezüglich der chemischen und physikalischen Parameter keine unterschiedlichen Wasserwerte vor, die die Schwankungen der Filtrationsrate begründen könnten. Zu vermuten ist aber, daß die Filtrationsrate mit längerer Verweildauer im Aquarium aufgrund allgemeiner schlechter Hälterungsbedingungen

absinkt, d.h. die physiologische Leistungsfähigkeit abnimmt und den Tod dieser Tiere nach sich ziehen kann, wie ja auch geschehen. Dabei kann nicht differenziert werden, welcher Faktor dafür verantwortlich ist, sondern es muß, wie schon oben erklärt, der Faktorenkomplex betrachtet werden.

Der Versuch, die Filtrationsraten mit den Todesfällen in Verbindung zu bringen, wobei der Tod das Ende einer stark sinkenden Filtrationsrate darstellt, erwies sich als nicht machbar, da sowohl *Anodonta anatina*-grün 86, die die höchste Filtrationsrate aufwies, als auch *Anodonta anatina*-„klein“, deren Filtrationsrate beim zweiten Versuchsdurchgang absank, noch leben. Bei *Anodonta anatina*-rot 77 trat hingegen nur eine geringe Differenz zwischen den gemessenen Filtrationsraten auf, bei *Anodonta anatina*-grün 60 sogar eine Steigerung, dennoch verstarben beide.

Zusammenfassend läßt sich aus diesen Ergebnissen für *Anodonta anatina* nicht bestimmen, warum die Filtrationsrate solchen starken individuellen Schwankungen unterlag und ob diese Schwankungen als Nachweis zwar konstanter, aber nicht optimaler Umweltfaktoren zu deuten sind.

Wenn aber nicht optimale Umweltfaktoren die Ursache der Verminderung der physiologischen Leistungsfähigkeit (verdeutlicht durch abnehmende Filtrationsraten und Todesfälle) bei *Anodonta anatina* sind, muß man bei *Unio pictorum* vermuten, daß diese Art eine größere Toleranz gegenüber diesen Faktoren besitzt. Denn bei ihr gab im zweiten Durchgang eher Steigerungen der Filtrationsraten, und es traten keine Todesfälle ein.

Die Filtrationsrate in Korrelation zum Gewicht, zur Schalenlänge und zur Art

Der Energieumsatz steigt mit zunehmender Körpergröße eines Tieres an, wobei dieser Anstieg aber selten linear verläuft und artspezifisch ist. Bezogen auf eine Gewichtseinheit nimmt der Energieumsatz mit steigender Körpergröße ab. Der Energieumsatz steht mit

dem Nahrungsbedarf in Einklang, wobei dieser Bedarf bei den Muschel mittels der Filtrationsrate bestimmt werden kann. Die Filtrationsrate sollte somit in gleicher Beziehung zur Körpergröße stehen wie der Energieumsatz.

Mögliche Korrelationen zwischen Filtrationsrate und Gewicht, Länge oder Artzugehörigkeit der Muscheln hätten die Messungen der Filtrationsraten aufzeigen können. Da die Filtrationsraten der einzelnen Individuen aber für mich unerklärliche starke Schwankungen aufwiesen, war es nicht möglich, einem Individuum eine gesicherte mittlere Filtrationsrate zuzuweisen, so daß ein Vergleich zwischen den Individuen ebenfalls nicht erfolgen konnte. Ein definiertes mathematisches Verfahren zur Überprüfung von Korrelationen wurde daher nicht angewandt. Es wurde jedoch auch nach „Augemaß“ keine oben beschriebene Beziehung

Tabelle 6: Die Filtrationsraten mit einer Konzentrationsregulation (Auszählung/Fluorometer) von *Anodonta anatina* und *Unio pictorum* in Bezug zur Individuenanzahl, zum Frischgewicht und Trockengewicht in Gramm (g) und zur Schalenlänge in mm.

Muschel Art, Markierung	Filtrationsrate/ Individuum (ml/h)		Filtrationsrate/ Frischgewicht (ml/h/g)		Filtrationsrate/ Trockengewicht (ml/h/g)		Filtrationsrate/ Schalenlänge (ml/h/mm)	
	Ausz.	Fluorm.	Ausz.	Fluorm.	Ausz.	Fluorm.	Ausz.	Fluorm.
<i>Anodonta anatina</i> -rot 77	429		2,8		64,1		3,9	
<i>Anodonta anatina</i> -rot 77	382		2,5		57,1		3,5	
<i>Anodonta anatina</i> -grün 86	2530		20,6		488,4		24,9	
<i>Anodonta anatina</i> -grün 86	1031		8,4		199		10,1	
<i>Anodonta anatina</i> -grün 60	183		3,2		71,5		2,2	
<i>Anodonta anatina</i> -grün 60	543		9,4		212,1		6,6	
<i>Anodonta anatina</i> -„mittel“	446		16,5		351,2		6,7	
<i>Anodonta anatina</i> -„mittel“	196		7,3		154,3		2,9	
<i>Anodonta anatina</i> -„klein“	87		4,9		96,6		1,4	
<i>Anodonta anatina</i> -„klein“	28	28	1,6	1,6	31,1	31,1	0,4	0,4
<i>Unio pictorum</i> -Ba 9		137		2,4	-			1,5
<i>Unio pictorum</i> -Ba 9	234	347	4,1	6,1	-		2,4	3,9
<i>Unio pictorum</i> -gelb 87		272		5,2	-			3,1
<i>Unio pictorum</i> -gelb 87	373		7,1		-		4,2	
<i>Unio pictorum</i> -gelb 9	347	276	7,5	5,9	-		4,1	3,3
<i>Unio pictorum</i> -gelb 9	1351	437	29	9,4	-		16	5,2
<i>Unio pictorum</i> -weiß 25	244	337	5,6	7,8	-		3	4,2
<i>Unio pictorum</i> -weiß 25		110		2,5	-			1,3

Abnehmende Körperlänge

zwischen Energieumsatz und Körpergröße deutlich. So hat z.B. die größere *Anodonta anatina*-rot 77 gegenüber *Anodonta anatina*-grün 86 eine geringere Filtrationsrate.

In Tabelle 6 (Seite 83) sind die Individuen von *Anodonta anatina* und *Unio pictorum* jeweils nach Größe und Gewicht sortiert aufgeführt, und ihre Filtrationsraten sind bezogen auf das Individuum, das Frischgewicht, das Trockengewicht und die Schalenlänge angegeben.

Eine weitere Auswertung dieser Daten brachte keine gesicherten Ergebnisse, so daß auf eine Darlegung verzichtet wurde.

Der Filtrationsrhythmus der Muscheln

An die Futterpumpe wurde ein Schreiber angeschlossen, der die Spannung der Pumpe aufzeichnete, so daß ihr Ein- und Ausschalten registriert wurde. Der photometrische Meßfühler, der die Pumpe aktivierte, reagierte beim Erreichen der Schwellenkonzentration ohne Verzögerung. Durch die Wasserumwälzung herrschte im Umkreis der photometrischen Einheit aber keine absolute Homogenität, so daß das Gerät im Schwellenkonzentrationsbereich zwischen Ein- und Ausschalten hin und her sprang. Durch ein mehrmaliges Ein- und Ausschalten der Pumpe wurde die Futterlösung langsam durch den ins Becken führenden Schlauch gedrückt, so daß eine Futterzugabe auch in dieser Situation möglich war. Das Ein- und Ausschalten der Pumpe wurde vom Schreiber aufgezeichnet, durch die niedrige Laufgeschwindigkeit des Schreibers (20 mm/h) ist aber nicht zu klären, wie oft die Pumpe ein- und ausgeschaltet wurde und damit ob bzw. wieviel Futter ins Versuchsbecken gepumpt wurde.

Allgemein setzte die Pumpaktivität erst ein, nachdem sich die Konzentration aufgrund der Muschelfiltration im Becken niedriger geworden war. Die Aufnahme der Pumpenaktivität kann also als Hinweis auf eine vorhergehende Filtration betrachtet werden und läßt eine Vermutung auf einen eventuellen Rhythmus zu,

der auf die Filtrationsaktivität der Muschel übertragen werden kann und zu überprüfen war.

Wie in Tabelle 5 (Seite 80) unter der Spalte „Bemerkungen“ zu sehen, kam es mehrmals zu einem Papierstau im Schreiber, und vier Versuche konnten dadurch nicht ausgewertet werden.

Eine Auswertung konnte aber auch nur unzureichend erfolgen, denn wie oben beschrieben konnte das Ein- und Ausschalten der Pumpe nicht quantitativ erfaßt werden. Da das Gerät für jeden Versuch neu reguliert wurde, ist die Höhe des „Hintergrundrauschens von Spannungswechseln“ ebenso verschieden. Wie der Ausschnitt einer Schreiberaufzeichnung im Anhang XII in Abbildung 66 (Seite 148) zeigt, war es deshalb nur möglich, relative Spannungsänderungen aufzunehmen. Ohne statistische Absicherung wurden die Schreiberaufzeichnungen getrennt nach Arten auf zweifache Weise verglichen.

1) Es wurde geprüft, ob sich die Pumpenaktivität im Tagesverlauf änderte, wobei von dieser Pumpenaktivität auf die Filtrationsaktivitäten der Muscheln geschlossen wurde.

Im Laborraum wurde ein Tag-Nachtverlauf simuliert. Durch die photometrische Meßeinheit befand sich im Versuchsbecken jedoch eine ständig leuchtende Lichtquelle.

Nach SALANKI & VERO [1969] ist zumindest *Anodonta* als nachtaktives Tier zu bezeichnen, dennoch konnte sowohl für *Anodonta anatina* als auch für *Unio pictorum* kein Tagesrhythmus festgestellt werden. Weder beim Vergleich der beiden Versuchsdurchgänge einzelner Individuen noch beim Vergleich der Versuche verschiedener Tiere ergaben sich Gleichförmigkeiten der Pumpenaktivität.

2) Da der Versuchsanfang nicht auf eine bestimmte Uhrzeit festgelegt wurde und die Möglichkeit bestand, daß die Muscheln durch die Umsetzung ins Versuchsbecken stärker beeinflußt wurden als vermutet, hätte sich ein Filtrationsrhythmus entwickeln können, der unabhängig von der Tageszeit war. Es wurde deshalb überprüft, ob ein Rhythmus in

Abhängigkeit von der Versuchszeit (Zeit nach Versuchsbeginn) auftrat.

Auch bei dieser Auswertung konnten keine übereinstimmenden Pumpfrequenzen für *Anodonta anatina* und *Unio pictorum*, weder zwischen den beiden Versuchsdurchgängen der einzelnen Individuen noch zwischen denen der verschiedenen Individuen, festgestellt werden.

3.2.3.2 Filtrationsversuche ohne Konzentrationsregulation (Methode 2)

Die Konzentration der Beckenlösung

Auch bei diesen Versuchen wurde angestrebt, im Versuchsbecken zu Beginn der Versuchszeit eine Konzentration der Algen von 11.000 Zellen/ml zu erreichen.

In diesem Konzentrationsbereich konnte eine Bestimmung nur mit dem Fluorometer erfolgen.

Die exakte Einstellung der Anfangskonzentration erwies sich erneut als nicht realisierbar. Wie in Tabelle 7 (Seite 86) zu sehen, schwankte die Konzentration der Algen zwischen 6.685 Zellen /ml und 14.702 Zellen/ml.

Zur Berechnung der Filtrationsrate wurde die Konzentration am Anfang und Ende der Versuchszeit gemessen. Um zusätzlich die erwartete Konzentrationsabnahme über die gesamte Versuchszeit zu überprüfen, wurde die Konzentration stündlich gemessen. Diese Werte sind ebenfalls in Tabelle 7 (Seite 86) aufgeführt.

Die Abnahme der Beckenkonzentration während der Versuchszeit

Bei den sechs Versuchen mit einer Muschel im Versuchsbecken nahm die Konzentration der Algen im Becken innerhalb der Versuchszeit bis auf wenige Ausnahmen kontinuierlich ab (siehe Tabelle 7, Seite 86, Abbildung 57, Seite 87, Abbildung 58, Seite 87 und Abbildung 59, Seite 87).

Die Konzentrationen nach sieben Stunden lagen bei *Anodonta anatina*-grün 60 um 43 % und bei *Unio pictorum*-Ba 9 um 79 % unter den Anfangskonzentrationen. Bei den restlichen Versuchsmuschel kam es zu einer Abnahme von 52 % bis 57 %.

Tabelle 7: Konzentration im Versuchsbecken in Stunden (t) bei Filtrationsversuchen ohne Konzentrationsregulation.

Die Konzentrationsabnahmen zwischen den einzelnen Stundenwerten schwankten bei den sechs Individuen stark (beispielsweise bei *Unio pictorum*-Ba 9 zwischen 2,3 % und 71 %), zeigten aber keine Abhängigkeit zur Versuchsdauer auf, d.h. die maximale oder minimale Abnahme der Konzentration trat sowohl am Anfang, in Mitte, als auch am Ende der Versuchszeit auf.



Abbildung 57:
Algenkonzentrationen ohne Konzentrationsregulation Versuch Nr.1.

Ausnahmen gab es bei *Anodonta anatina*-grün 60 und *Anodonta anatina*-„klein“, bei denen es zwischen zwei Kontrollstunden entweder zu keiner Konzentrationsveränderung oder zu einer Zunahme von bis zu 1 % kam.

Die Kontrollversuche zeigten, daß die Konzentrationen ohne Muschelbesatz während der Versuchszeit schwankten. Beim Versuch Nr.1 wurde nur am Anfang und nach sieben Stunden die Konzentration gemessen, wobei eine Abnahme von 3,1 % zu verzeichnen war.

Bei den Kontrollversuchen, bei denen eine Konzentrationsbestimmung stündlich stattfand, schwankten die Werte zwischen 10.554 Zellen/ml und 12.942 Zellen/ml bei Versuch Nr.2 und bei Versuch Nr.3 zwischen 10.193 Zellen/ml und 12.583 Zellen/ml. Die Spannweite war bei beiden Kontrollversuchen also fast gleich groß. Das Auftreten von nicht durch Muschelfiltration bedingten Konzentrationsschwankungen muß gleichfalls bei den Versuchen mit Muschelbesatz im Becken vermutet werden. Damit könnte die Bedeutung der Konzentrationsabnahmen zwischen den einzelnen Stundenwerten als Basis für die Filtrationsberechnung der Muscheln abgeschwächt werden.

Die Berechnung der Filtrationsrate

Zur Berechnung der Filtrationsrate nach COUGHLAN [1969] müssen die von ihm

geforderten Voraussetzungen (siehe Seite 25) aus dem Versuchsansatz heraus als gegeben angenommen werden. Eventuelle Abweichungen können nur zu einem graduellen Fehler führen, der infolge der im folgenden beschriebenen anderen Beeinflussungen des Versuchsergebnisses zu vernachlässigen ist.

Die Berechnung nach der vom ihm erstellten Formel (siehe Seite 25) bedingt eine Konzentrationsbestimmung am Anfang und Ende der Versuchszeit, sowohl beim Versuch mit dem Versuchstier, als auch beim Kontrollversuch. Die oben dargelegten Schwankungen der Konzentrationen zwischen den Stundenwerten bei den Kontrollversuchen machen deutlich, daß die zu einer willkürlich gewählten Endzeit gemessene Konzentration, die in die Formel einfließt, die Berechnung der Filtrationsrate beeinflusst. Ebenfalls beeinflusst sind dadurch die Angaben der Endkonzentration bei den Versuchen mit Muschelbesatz. Die Angabe der Filtrationsrate der Muscheln sollte deshalb eher als Schätzung betrachtet werden.

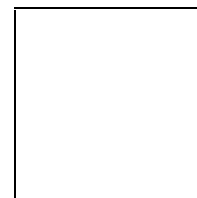


Abbildung 58:
Algenkonzentrationen ohne Konzentrationsregulation Versuch Nr.2.

Die Filtrationsraten

Die Filtrationsraten lagen, wie in Tabelle 8 (Seite 88) aufgeführt, bei den *Anodonta anatina* zwischen 911 ml/h und 1.385 ml/h.

Bei *Unio pictorum* lagen die Filtrationsraten mit 1.121 ml/h bis 2.543 ml/h höher als bei *Anodonta anatina*.

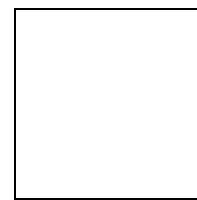


Abbildung 59:
Algenkonzentrationen ohne Konzentrationsregulation Versuch Nr.3.

Die Filtrationsrate in Korrelation zum Gewicht, zur Schalenlänge und zur Art

Bei dieser Art von Filtrationsversuchen wurde jedes Individuum nur einmal getestet, so daß hier das Problem einer eindeutigen Zuordnung einer Filtrationsrate nicht auftrat.

Mit der Grundannahme, daß die Filtrationsrate mit zunehmender Körpergröße ansteigt, wobei sie bezogen auf eine Gewichtseinheit abnimmt, treten aber auch hier wie im vorherigen Kapitel Schwierigkeiten bei der Formulierung von Korrelationen zwischen der Filtrationsrate und den Muschelmaßen auf.

Bei *Anodonta anatina* erbrachte die kleinste Muschel eine geringfügig größere Filtrationsrate als die größte *Anodonta anatina* dieses Versuches (1.385 ml/h gegenüber 1.324 ml/h). Die Filtrationsrate nahm hier also nicht mit steigender Körpergröße zu. Die extreme Steigung der Filtrationsrate in Bezug zum Frisch- und Trockengewicht zwischen der kleinsten und den Vergleichsmuscheln ist ebenfalls ein Resultat der hohen Filtrationsrate der *Anodonta anatina* „klein“. Bei den Daten von *Anodonta anatina* konnte keine Korrelation zwischen der Filtrationsrate und verschiedenen Muschelmaßen aufgezeigt werden. Allein die fehlende Monotonie der Daten erübrigte eine statistische Überprüfung.

Bei *Unio pictorum* stieg die Filtrationsrate im Gegensatz zu *Anodonta anatina* mit zunehmender Körperlänge an. Auch hier ist allerdings eine extreme Steigung der Rate zwischen zwei

Individuen zu verzeichnen. *Unio pictorum*-gelb 87 erreichte eine Filtrationsrate von 141,3 ml/h/mm, während die nur 0,7 mm größere *Unio pictorum*-Ba 9 285,4 ml/h/mm filtrierte. Bezogen auf das Frischgewicht filtrierte *Unio pictorum*-gelb 9 und *Unio pictorum*-gelb 87 mit 23,9 bzw. 24,1 ml/h/g Frischgewicht ähnlich viel Algen aus dem Wasser. Bei *Unio pictorum* stellte sich heraus, daß eine große und schwere Muschel mehr filtrierte als eine kleine Muschel, die Filtrationsrate in Bezug zur Gewichts- und Längeneinheit aber nicht abnimmt.

Ein Vergleich der Filtrationsraten der beiden Arten zeigt, daß *Anodonta anatina*-grün 60 nur ein Drittel der Filtrationsrate der fast gleich schweren *Unio pictorum*-Ba 9 (bezogen auf das Frischgewicht) erreichte und eine um 20 % geringere Filtrationsrate als die fast gleich lange *Unio pictorum*-gelb 9 (bezogen auf die Schalenlänge) hatte.

3.2.3.3 Vergleich der Filtrationsraten beider Bestimmungsmethoden

Beim Vergleich der Filtrationsraten beider Bestimmungsmethoden stellt sich heraus, daß *Anodonta anatina* und *Unio pictorum* bei den Versuchen ohne Konzentrationsregulation (Methode 2) gemittelt über alle Messungen die drei- bis vierfache Volumenmenge pro Stunde gegenüber den Versuchen mit einer Konzentrationsregulation (Methode 1) filtrierte haben. Den Muscheln kann anhand dieser Versuche somit keine generelle Filtrationsrate zugewiesen werden,

Tabelle 8: Die Filtrationsraten ohne Konzentrationsregulation von *Anodonta anatina* und *Unio pictorum* in Bezug zur Individuenanzahl, zum Frischgewicht und Trockengewicht in Gramm (g) und zur Schalenlänge in mm.

Muschel Art, Markierung	Filtrationsrate/ Individuum (ml/h)	Filtrationsrate/ Frischgewicht (ml/h/g)	Filtrationsrate/ Trockengewicht (ml/h/g)	Filtrationsrate/ Schalenlänge (ml/h/mm)
<i>Anodonta anatina</i> -grün 86	1.324	10,8	255,6	130,4
<i>Anodonta anatina</i> -grün 60	911	15,8	355,8	110,7
<i>Anodonta anatina</i> -„klein“	1.385	77,5	1.538,9	226,7
<i>Unio pictorum</i> -Ba 9	2.543	44,5	-	285,4
<i>Unio pictorum</i> -gelb 87	1.249	23,9	-	141,3
<i>Unio pictorum</i> -gelb 9	1.121	24,1	-	133

Abnehmende
Körper-
maße

sondern die Werte müssen in Abhängigkeit zur Methode diskutiert werden.

Bei Methode 2 trat bei *Unio pictorum* ansatzweise eine Korrelation der Filtrationsrate zur Größe der Muschel hervor. Für *Anodonta anatina* konnte bei keiner Methode die Filtrationsrate in Korrelation zu einem Muschelmaß gesetzt werden.

Nur bei Methode 2 konnte ein Vergleich der Filtrationsraten zwischen den beiden Arten erfolgen, der aufzeigte, daß *Unio pictorum* eine höhere Filtrationsleistung besaß als *Anodonta anatina*.

3.2.3.4 Die Filtrationsrate in Bezug zur Wanderung

In Kapitel 3.1.9 (Seite 70) sind die Wanderwege der markierten Labormuscheln dargestellt und deren Auftragung erläutert.

Wie beim Versuch, die Filtrationsrate in Korrelation zur Art und zu verschiedenen Muschelmaßen (Gewicht, Schalenlänge) zu setzen, gelang es nicht das dargestellte Wanderverhalten der Muscheln mit den Filtrationsraten in Beziehung zu bringen.

Deutlich wird bei der Betrachtung der Abbildung 54 (Seite 72) aber, daß die ins Labor eingebrachten Muscheln das in Kapitel 3.1.6 (Seite 52) beschriebene Wanderverhalten zeigten, d.h. sie wanderten mit dem sinkenden Wasserstand in die tieferen Transektabschnitte, und *Anodonta anatina* wanderte im Herbst auch wieder Richtung Ufer (siehe *Anodonta anatina* Kennnummer 279). Ausnahmen wie *Unio pictorum* Kennnummer 172, die ebenfalls Richtung Ufer wanderte, sind in Kapitel 3.1.9 (Seite 70) als „normale Abweichungen von der Gesamtheit“ beschrieben. Die im Labor verstorbenen Tiere zeigten keine Auffälligkeiten im Wanderverhalten.

Schließend kann festgestellt werden, daß das Wanderverhalten der Labormuscheln dem der restlichen Muschelpopulation entsprach und die Untersuchung von *Anodonta anatina* und *Unio pictorum* im Labor als repräsentativ für die anderen Tiere dieser Art stehen kann.

4 Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit war es herauszufinden, wie die *Unionidae* auf eine teilweise Austrocknung der Bühnenfelder und somit ihres Lebensraumes reagieren. Eine Wanderung in Richtung Strommitte wurde in Betracht gezogen und durch das Wiederfangen markierter Tiere verfolgt.

Neben der Wanderung wäre aber auch möglich gewesen, daß die Muscheln durch die schnelle Wasserstandsabsenkung in extrem flache, und somit warme und sauerstoffarme Bereiche gelangen. Diese Umweltveränderungen hätten sich auf die physiologische Leistungsfähigkeit der Muscheln (zu messen als Filtrationsrate) auswirken können, so daß neben der Wanderung die Frage nach einer physiologischen Anpassungsstrategie zu beantworten war.

Da die Muscheln aber durch ihr ausgeprägtes Wanderverhalten in keine der oben genannten Bereiche gelangten, so daß die Frage nach einer physiologischen Anpassungsstrategie hinfällig wurde und die Tatsache, daß sich im Labor weder einheitliche noch an bestimmte Versuchsbedingungen geknüpfte Filtrationsraten herausstellten, konnte das Verbinden der Freiland- und Laborergebnisse leider nicht vollzogen werden.

Wie schon in den vorhergehenden Kapiteln müssen deshalb diese beiden Teilaspekte der Arbeit auch in der Diskussion getrennt voneinander betrachtet werden.

4.1 Freiland

4.1.1 Die Wasserstände

Die durchschnittlichen Wasserstände der Monate Juli, August und September im Jahr 1995

an den Pegelstandorten Kienitz und Schwedt-Oderbrücke zeigen im Vergleich zu den Jahresreihen 1981-94 der entsprechenden Orte höhere Amplituden auf, die im Juli 1995 durch starke Regenfälle und im August durch eine lange Trockenzeit zu erklären sind.

Durch die Bildung von Durchschnittswerten über mehrere Jahre sind die nur kurz andauernden Hochwasserwellen und darauffolgenden Niedrigwasserphasen in der Jahresreihe 1981-94 bei der Angabe der Mittelwasserstände nicht mehr ersichtlich. Dennoch sind für den Monat Juli Hochwasserwellen (Johannisflut) als typisch für diesen Fluß zu bezeichnen, denen sich in der Regel Niedrigwasserphasen anschließen [LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG 1993].

Die gemessenen Wasserstände und deren Verlauf können für das Jahr 1995 als charakteristisch für diesen Fluß bezeichnet werden, wenn auch das Hochwasser länger anhaltend war; dies bedingte das späte Beginnen der Freilandarbeiten, da zuvor die Bühnenfelder nicht erreichbar waren. Für die Muscheln bedeutet dies, daß sie jedes Jahr ähnlichen Wasserschwan- kungen ausgesetzt sind und die aufgezeigten Wanderbewegungen nicht als einmalig, sondern als jährlich wiederkehrend zu interpretieren sind.

4.1.2 Die Markierung der Muscheln

Wie bei ENGEL [1993] haben sich die Bienenplättchen als Muschelmarkierung bewährt. Diese Methode scheint weitaus verträglicher für die Muscheln zu sein als die von BURLA [1971] angewandte, bei der die untersuchten *Anodonta* etwa eine Stunde außerhalb des Wassers zur Anbringung der Markierung verweilen mußten. Er beschreibt eine erhöhte Sterblichkeit der

Versuchstiere, die auf die Markierung zurückzuführen war.

Diese markierungsbedingten Todesfälle traten bei mir nicht auf, trotzdem muß bei der von mir angewandten Methode berücksichtigt werden, daß die Muscheln wöchentlich zur Identifikation aus dem Sediment herausgenommen und somit gestört wurden.

Eine Beeinflussung der Tiere kann deshalb auch hier nicht ausgeschlossen werden und muß als Fehler unbekannter Größe bei der Besprechung der Ergebnisse berücksichtigt werden.

VALERIUS [1991] fand bei Tieren, die zur Markierung aus dem Wasser genommen wurden nach dem Wiedereinsetzen eine anfänglich höhere Translokationsrate (Bewegungsrate) als bei Kontrollgruppen.

4.1.3 Vergleich der Bühnenfelder

Besiedlung

Beim Vergleich der Muschelpopulationen der beiden Bühnenfelder ergaben sich Unterschiede in der Dichte und Dominanzstruktur (siehe auch Kapitel 3.1.3, Seite 37). Das Fehlen von Individuen unter 5 cm Schalenlänge der Art *Anodonta cygnea* kann ein Aussterben dieser Art andeuten. Nicht optimale Umweltbedingungen werden nämlich oftmals von Alttieren toleriert, erfüllen aber nicht die geforderten Ansprüche der Jungmuscheln an das Interstitial des Sediments, so daß die Population veraltet und langsam ausstirbt [BUDDENSICK et al. 1993]. Nicht zu klären war, ob *Anodonta cygnea* jemals im Bühnenfeld 670 zu finden war, d.h. ob diese Art dort nicht mehr verbreitet ist, oder nie eine Besiedlung stattgefunden hat.

Wie auf Seite 12 beschrieben, ist die Verbreitung der vier Arten von der Strömungsgeschwindigkeit und der Korngröße des Sediments abhängig [WOLFF 1968]. Trotz der unterschiedlichen Lage der Versuchsflächen in den Bühnenfeldern, konnten in beiden die gleichen Strömungsgeschwindigkeiten gemessen werden. Die Analyse der Korngröße ergab für das Bühnenfeld 670 idealere Bedingungen

(kleinerer Korndurchmesser) für *Anodonta cygnea*, so daß ihr Fehlen im Bühnenfeld 670 damit nicht erklärt werden kann. Entsprechende Korndurchmesser wie in den Versuchsflächen werden von BRÖNMARK & MALMQVIST [1982] als ideal für die Muschellokomotion bewertet, während Partikel über 4 mm einen negativen Einfluß haben.

Ein Vergleich weiterer chemischer und physikalischer Daten der beiden Bühnenfelder ergab für Sauerstoff, Wassertemperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit keine auffälligen Differenzen. Auch die Sichttiefe läßt auf einen ungefähr gleichen Gehalt an Schwebstoffen (und somit Nahrung) schließen, wobei nicht zwischen organischen und anorganischen Bestandteilen unterschieden wurde.

Beim Vergleich der Stickstoffbelastung traten aber deutliche Unterschiede hervor (siehe Anhang VI, Tabelle 16, Seite 120), wenn auch die einmalige Messung von Nitrat und Nitrit nur als Hinweis dienen kann und keine Langzeitmessungen ersetzt. Es lag am 14. September im Bühnenfeld 670 eine höhere Stickstoffbelastung vor, wobei die dort erreichte Nitritdosis bereits als starkes Fischgift eingestuft wird [BAUR 1987]. Demzufolge könnten in den beiden Bühnenfeldern also grundsätzlich unterschiedliche Nährstoffbelastungen vorliegen, die sowohl die Dichte, als auch die Dominanzstruktur beeinflussen könnten.

LEWANDOWSKI [1991] erkannte in einer 15-jährigen Studie, daß *Anodonta cygnea* mit zunehmender Eutrophierung des Gewässers ausstirbt. Gleichzeitig verändert sich mit der Eutrophierung die Dominanzstruktur der verbleibenden Unionidaearten. Während die Dichte von *Unio pictorum* und *Unio crassus* wie bei *Anodonta cygnea* abnimmt [ZETTLER, KOLBOW & GOSSELCK 1994, KLEMM et al. 1995], kommt es zu einer Zunahme von *Unio tumidus* [WOLFF 1968, PONYI 1992, KLEMM et al. 1995]. Somit könnte eine höhere Nährstoffbelastung im Bühnenfeld 670 zwar das Fehlen von *Anodonta cygnea* erklären, aber nicht die Dominanz von *Anodonta*

anatina gegenüber *Unio pictorum* und *Unio tumidus*.

Man kann weiterhin nicht von einer beständig hohen Stickstoffbelastung im Bühnenfeld 670 ausgehen. Dem widerspricht der sehr geringe durchschnittlich 0,15 %-ige Anteil organischer Substanz des Sediments dieser Versuchsfläche. Widersprüchlich ist ebenfalls, daß im stromaufwärtsgelegenden Bühnenfeld 648 ein geringerer Nitratgehalt, aber ein höherer organischer Anteil (durchschnittlich 3,5 %) im Sediment vorlag. Die Stickstoffgehalte am 14. September müssen daher als temporäre Belastung angesehen werden. Wie der Anstieg der Leitfähigkeit (siehe auch Kapitel 3.1.7.4, Seite 65) könnten auch hier starke Regenfälle als Auslöser (durch Einspülung) vermutet werden. Unveröffentlichte Ökotoxikologische Untersuchungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde von Sedimenten der Oder zeigten, daß auf dem Abschnitt von Kilometer 617,5 bis Kilometer 687 sowohl Gebiete ohne Beeinträchtigung als auch Gebiete mit mäßig bis starken ökotoxischen Gefährdungen zu finden waren. Dabei konnte kein Gradient Richtung Mündung festgestellt, und somit auch kein Unterschied zwischen den beiden Bühnenfeldern diesbezüglich festgelegt werden.

Die Unterschiede in der Dominanz und Dichtestruktur der beiden Bühnenfelder können somit weder mit unterschiedlichen Strömungs- und Substratgegebenheiten noch mit unterschiedlichen Wasser- und Sedimentgütedaten erklärt werden. Hier könnten vermutlich systematische Untersuchungen mit einer größeren Anzahl von Bühnenfeldern Klärung bringen, aber STRAYER [1981] konnte auch bei ausgiebigen Untersuchungen *Unionoidea* keine artspezifischen Mikrohabitatansprüche zuordnen.

Wiederfänge

In den beiden Bühnenfeldern kam es ebenfalls zu unterschiedlichen Entwicklungen der Anzahl von Funden und Wiederfunden innerhalb der Versuchszeit.

Bei der Auswertung der Mobilität zwischen zwei Terminen zeigte sich, daß ein bestimmter, artspezifischer Anteil von Tieren nicht wiedergefunden werden konnte (siehe auch Kapitel 3.1.8, Seite 66).

Warum im Bühnenfeld 670 die Erhöhung der „Verlustrate“ bereits früher eintrat, aber generell auch weniger Muscheln (siehe auch Kapitel 3.1.2, Seite 32) und diese auch seltener (siehe auch Kapitel 3.1.2.1, Seite 33) wiedergefunden wurden, ist nicht genau zu benennen. Wie oben beschrieben, kann anhand der chemischen und physikalischen Daten kein bedeutender Unterschied zum Vergleichsbühnenfeld festgestellt werden. Es konnten ebenfalls keine Besonderheiten, wie beispielsweise vermehrt tote Muscheln, entdeckt werden. Zu vermuten bleibt deshalb, daß die Muscheln entweder ein von mir nicht erfaßbares Wanderverhalten zeigten, oder ein besonderer Feinddruck in diesem Bühnenfeld herrschte. Neben Tauchenten ist die Bisamratte als ärgster Feind der *Unionidae* zu bezeichnen ist. An ihren Fraßstellen können sich über den Winter durchschnittlich 2,5 kg Muschelschalen ansammeln [BRANDER 1955]. Solch eine Fraßstelle konnte von mir allerdings nicht entdeckt werden.

4.1.4 Die Dichte, Verteilung und Wanderung der *Unionidae*

Durch den Bau von Bühnen wurden viele Bereiche im Oderstrom geschaffen, die den *Unionidae* einen Lebensraum bieten, in dem sie auch seit 1761 regelmäßig gefunden werden [BOETTGER 1926, HASTRICH 1993, ZODABA 1995]. Dennoch wurden nie Muscheldichten nachgewiesen, wie sie LEWANDOWSKI [1990] im Szeszupa Fluß (Polen) fand. Dort konnten durchschnittlich 78 Indiv./m² mit Spitzenwerten von 344 Indiv./m² gefunden werden, also fast das hundertfache der von mir dargestellten Dichte (siehe auch Kapitel 3.1.3, Seite 37). Dabei muß berücksichtigt werden, daß ich kein Sieb zum Auffinden von kleinen Jungmuscheln einsetzte und diese deshalb bei der Angabe der Dichte nicht miteinbezogen wurden.

In den beiden von mir beprobten Bühnenfeldern kam es anfänglich zu Dichtezunahmen im Handsammelbereich, wobei *Anodonta anatina* erst Mitte August ihr Dichtemaximum erreichte (im Bühnenfeld 648), während *Unio pictorum* und *Unio tumidus* bereits Ende Juli ihre größten Dichten erlangten. Da in den Sommermonaten nur im Bereich bis 70 cm beprobt wurde, ergibt sich die Frage, ob sich die Muscheln auch in den tieferen Bereichen aufhielten und zunehmend Richtung Ufer wanderten.

BURLA [1972] konnte z.B. im Zürichsee *Anodonta* in einer Tiefe von 1 bis 19 m finden, die Abundanz nahm aber nach 2-3 Metern kontinuierlich ab. Diese Dichteabnahme mit zunehmender Tiefe beschreiben LEWANDOWSKI & STANCZYKOWSKA [1975] ebenfalls. Sie kann beispielsweise mit dem Druck oder der Lichthelligkeit, welche mit der Tiefe korrelieren, in Verbindung gebracht werden [BURLA 1972]. BURLA [1971], der auch eine Dichtezunahme zum Sommer (im Tiefenbereich bis 5 m) von *Anodonta* und *Unio pictorum* feststellte [BURLA 1972], wies im Zürichsee eine Wanderbewegung Richtung Ufer für *Anodonta* von Mitte Mai bis Anfang September nach (ein Rückweg konnte nur ansatzweise bewiesen werden).

Von mir wurden nur vereinzelt Wanderbewegungen Richtung Ufer aufgenommen (siehe auch Kapitel 3.1.6, Seite 52), und die geringe Anzahl an gefundenen Muscheln in den am tiefst möglich beprobten Abschnitten gegenüber den uferwärts liegenden Abschnitten („www-Verteilung“) machen ein Zuwandern aus den hinteren Abschnitten unwahrscheinlich.

Mögliche Ursache für eine Zunahme der Dichte im Handsammelbereich ist weiterhin ein Einwandern von der Seite aus, wobei aufgrund der Lage der Versuchsflächen direkt an den Bühnen nur jeweils eine Seite in Betracht gezogen werden muß. Keine der erfolgten Datenaufnahmen kann diese Bewegung nachweisen, die zunehmende Wanderung in horizontaler Richtung von *Anodonta anatina* und *Unio pictorum* bis Mitte August im Bühnenfeld

648 (siehe auch Kapitel 3.1.8, Seite 66) deutet aber daraufhin.

Eine Dichtezunahme kann auch entstanden sein, indem die Muscheln vorher im Sediment vergraben waren und zunehmend an die Oberfläche gelangten.

Bei ENGEL [1993] waren im Winter bis zu 30 % der Muscheln vergraben, wobei WESENBERG-LUND [1939] vergrabene Tiere in Tiefen bis zu 30 cm fand. Geklärt ist nicht, ob die Muscheln verschüttet wurden oder aktiv in diese Tiefe gewandert sind, im Versuch konnten aber Muscheln bei einer Wassertemperatur von 2 °C zum Eingraben ins Sediment „animiert“ werden [ENGEL 1993], wofür eine Muschel mehrere Tage benötigt [TEVESZ & MCCALL 1980]. Neben dem Bestreben nach Schutz vor dem Einfrieren kann aber auch eine erhöhte Strömung dieses Verhalten auslösen [WILLIAMS 1984].

Der Annahme, daß Muscheln aus Schutz vor der Kälte bis zum Juli im Sediment der Versuchsflächen vergraben waren, gilt es offensichtlich zu widersprechen. Im Juni herrschte in der Oder allerdings noch Hochwasser, wobei das Wasser die Bühnen vollständig überströmte und eine direkte Strömung im Uferbereich die Folge war. Diese erhöhte Strömung könnte einerseits die Muscheln zum Eingraben veranlaßt, oder sie andererseits verschüttet haben. Mit fallendem Wasserstand und abnehmender Strömungsgeschwindigkeit würden die Muscheln wieder zunehmend an die Oberfläche kommen und die dort aufgenommene Dichte erhöhen.

Im Sediment können die Muscheln einen längeren Zeitraum verbleiben. MENTZEN [1926] wies eine gewisse Toleranz gegenüber Sauerstoffmangelsituationen nach. Er hielt eine *Unio pictorum* und eine *Unio tumidus* in einem abgeschlossenen Gefäß 21 bzw. 14 Tage am Leben. KARNAUKHOV [1979] entdeckte einen erhöhten Cartenoidgehalt (bis zu 10 mg /100 g Ganglienfrischgewicht) als Anpassung an solche Mangelsituationen.

Wenn die Muscheln von der Seite oder aus den tieferen Bereichen in den vorderen

Flachwasserbereich wandern oder sich aber aus dem Sediment an die Oberfläche bewegen, hieße es aufgrund der unterschiedlichen Dichtentwicklungen, daß *Anodonta anatina* sich langsamer als *Unio* bewegt oder die Wanderung erst später beginnt. Wie aber auch MENTZEN [1926] und VALERIUS [1991] feststellten, ist *Unio pictorum* bewegungsaktiver als *Anodonta anatina*, so daß von einer später ausgeführten Bewegung ausgegangen werden kann, die zum Anstieg der Dichte führte. Die erhöhte Bewegungsaktivität von *Unio* ist an den gehäuften Wanderungen über zwei Transektabschnitte gut abzulesen. Sollte *Anodonta anatina* tatsächlich langsamer wandern, so hätten ein kleineres Raster auf der Versuchsfläche und zusätzlich eine Beprobung in kürzeren Abständen detaillierte Aussagen ihres Wanderverhaltens ergeben können.

Die bisher beschriebenen, zeitlich verschobenen Bewegungen der beiden Gattungen, die zu zeitlich getrennt liegenden Dichtemaxima führten, lassen sich fortpflanzungsbiologisch begründen. Die Flachwasserbereiche lassen sich nämlich auch als Muschelansammlungen interpretieren, die von BURLA [1972] als :

„...traditionelle[r] Sammelplatz, auf dem sich Muscheln in der Fortpflanzungszeit zusammenfinden“

gedeutet werden. PIECHOCKI [1969] weist diese Ansammlungen sogar nur für geschlechtsreife Muscheln nach, und BURLA [1971] konnte kein unterschiedliches Wanderverhalten zwischen Männchen und Weibchen bei *Anodonta* feststellen.

BRÖNMARK & MALMQVIST [1982] vermuten ebenfalls, daß das Wandern von der Reproduktion abhängt und zeigen ähnliche zeitliche Verschiebungen zwischen den Arten wie oben beschrieben auf. Der Grund könnte die zeitlich verschobene Fortpflanzungszeit sein. PIECHOCKI [1969] stellte ein Kalendarium der Fortpflanzungszeiten wie folgt auf: Bei *Unio* werden die Eier von Ende April bis Mitte Juli befruchtet, und die Glochidien werden anschließend von Mitte Mai bis Anfang August in den Kiemen getragen, während bei *Anodonta* die Befruchtung bereits im

Vorjahr von Mitte Juli bis Oktober erfolgt, und die Kiemen von September bis April mit Glochidien besetzt sind. Das Einfinden von *Anodonta* am „Sammelplatz“ kann daher später erfolgen.

Das Wandern und Verbleiben in flacheren Bereichen in den Sommermonaten erfolgt trotz des dort höherem Feinddrucks und kann neben den fortpflanzungsbiologischen Gründen mit einem hohen Planktongehalt und dem deshalb guten Nahrungsangebot, sowie einem ausreichenden Sauerstoffgehalt im Flachwasser erklärt werden. Erstaunlicherweise konnten die Muscheln in den Bühnenfeldern trotz schwankender Wasserstände nie in einer Tiefe von 0 bis 10 cm (siehe auch Kapitel 3.1.5, Seite 46) gefunden werden. Sie scheinen die Wassertiefe bzw. einen mit ihr korrelierenden Faktor wahrnehmen zu können, wobei das Prinzip noch unentdeckt ist. *Anodonta* ist befähigt Licht wahrzunehmen [GRUNER 1993], sie könnte deshalb die Lichtintensität, aber auch einzelne Lichtkomponenten (z.B. UV-Licht) „messen“. Daß der Planktongehalt die gemessene Sichttiefe bestimmt und die Ergebnisse (siehe auch 3.1.7.5, Seite 65) eine Korrelation der Muscheltiefe zur Sichttiefe andeuten, bestätigt diese Vermutung. Die Wahrnehmung der Wassertiefe durch die Muscheln ist aber nicht nur zur Vermeidung des Trockenfallens sondern auch zur Orientierung bei der Wanderung nützlich.

Die mobilen Muscheln führten am häufigsten eine kombinierte Wanderung in horizontaler und vertikaler Richtung d.h. schräg zur Uferlinie aus. Dies muß der Annahme, daß die Muscheln entlang eines Gradienten (z.B. für Lichtintensität oder Druck) wandern, nicht widersprechen. Hügel und Kuhlen auf dem Gewässerboden können trotz einer Ausrichtung an einem Gradienten eine fehlende Geradlinigkeit und vertikale Ausrichtung der Wanderung zum Ufer verursachen. Ebenso können Pflanzen insbesondere in den vorderen Abschnitten die Wanderrichtung der Muscheln beeinflussen. Der am 9. zum 17. August plötzliche Anstieg der

vertikalen Wanderung von *Unio tumidus* und *Anodonta anatina* könnte daher auch mit dem Erreichen der pflanzenärmeren Abschnitte erklärt werden, so daß nun der direkte Weg Richtung Strommitte „eingeschlagen“ werden konnte. Eine Erklärung, warum bei *Unio pictorum* dieser Anstieg nicht erfolgte, fehlt.

Die Muscheln in den Bühnenfeldern wurden in der Phase des sinkenden Wasserstandes durch den abnehmenden Wasserstand gezwungen, mit diesem Richtung Strommitte zu wandern, um ein Trockenfallen zu verhindern. Hierbei blieben sie in einem bestimmten Tiefenbereich (Vorzugstiefe), der sich erst Mitte bzw. Ende August „erhöhte“ (siehe auch Kapitel 3.1.5, Seite 46). Mit einer Aufnahme der Muscheldaten auch in den Sommermonaten in den tiefen Abschnitten (Taucheinsatz) hätte die Vorzugstiefe der einzelnen Arten präziser angegeben werden können. Als Vorzugstiefe definiert BURLA [1972]:

„Wenn Tiere einer Art auf einer bestimmten Tiefe besonders häufig sind (hier Vorzugstiefe genannt), so wollen wir annehmen, dass es diejenige Tiefe ist, die für sie in bezug auf eine Kombination von Umweltbedingungen ein Optimum darstellt.“

Die Vorzugstiefe (mittlere Fundtiefe) der Muscheln im Juli und August in den Bühnenfeldern war mit 30 bis 50 cm bei allen untersuchten Arten ähnlich, aber geringer als Vergleichswerte von anderen Untersuchungen. Die Berechnung der mittleren Fundtiefe als Median ist jedoch weniger aussagekräftig als beispielsweise das arithmetische Mittel, da nur wenige Höchst- oder Tiefstwerte den Median insbesondere bei einer geringen Datenmenge stark beeinflussen.

HAUKIOJA & HAKALA [1974] und BRÖNMARK & MALMQVIST [1982] fanden im Sommer Unterschiede in der Tiefenverteilung der Arten. *Unio pictorum* wurde am häufigsten in einer Tiefe von 0,5 bis 1 m gefunden, während *Unio tumidus* ihre größte Dichte bei 1 m hatte. *Anodonta anatina* besiedelte von 0,5 bis 2 m den weitesten Bereich. STONE et al. [1981] gibt für *Anodonta cygnea* einen Vorzugsbereich von 1 bis 3 m an

und bestätigt den weiten Tiefenbereich von *Anodonta anatina*.

Die geringere mittlere Fundtiefe der Muscheln in den Bühnenfeldern gegenüber den anderen Untersuchungen, die teilweise Messungen in Seen beschreiben, könnte durch den sinkenden Wasserstand bedingt sein. Dies würde bedeuten, daß die Muscheln, die im Frühjahr aus tieferen Bereichen in den Bereich ihrer frühjährlichen Vorzugstiefe gewandert waren, zu langsam sind, um auf die schnellen Wasserstandsänderungen im Bühnenfeld zum Sommer hin zu reagieren. Ihre mittlere Fundtiefe würde nicht wie bei der Definition von BURLA [1972] der Vorzugstiefe entsprechen, und die Tiere könnten als nicht optimal angepaßt an die Bühnenfelder bezeichnet werden. Das häufige Verweilen aller Arten in den relativ tieferen Abschnitten (siehe auch Kapitel 3.1.6, Seite 52) und die gleichbleibenden mittleren Fundtiefen während der Phase des sinkenden Wasserstandes widersprechen aber dieser Hypothese, so daß andere Standortfaktoren, die unbekannt bleiben, Gründe für den Dissens zwischen den verschiedenen Untersuchungen ergeben müssen. Die mittlere Fundtiefe der *Unionidae* kann damit auch als Vorzugstiefe angesehen werden.

Den Argumenten für eine mittlere Fundtiefe als Vorzugstiefe entsprechend kann die Dichteabnahme von *Unio pictorum* und *Unio tumidus* - auch im Gegensatz zu *Anodonta anatina* -, die sich gleich nach dem Erreichen der Maximaldichte Ende Juli noch während der Phase des sinkenden Wasserstandes anschließt, nicht mit einer Wanderung in tiefere Bereiche erklärt werden. Möglich ist daher nur, daß ein erhöhter Feinddruck die Abnahme bewirkte, wobei *Anodonta anatina* infolge ihrer Größe diesem eventuell geringer ausgesetzt ist oder die Muscheln sich zunehmend im Sediment vergruben. Auslöser dafür könnte die regelmäßige Störung der Tiere meinerseits sein. Wie schon beschrieben, neigen aus dem Wasser genommene Tiere zu einer erhöhten Translokationsrate [VALERIUS 1991]. Daß bei *Anodonta*

anatina diese Störung keine Auswirkungen zeigte, ist mit ihrer geringeren Mobilität zu erklären. Die Tiere vergruben sich innerhalb einer Woche zwischen den Beprobungsterminen nicht so tief, daß sie nicht wiedergefunden werden konnten.

Gleichfalls können so auch die geringeren und selteneren Wiederfangdaten von *Unio tumidus* und *Unio pictorum* gegenüber *Anodonta anatina* erklärt werden.

In der Phase des gleichbleibenden Wasserstandes setzte sich die Dichteabnahme von *Unio pictorum* und *Unio tumidus* fort, während bei *Anodonta anatina* die Dichte annähernd konstant blieb. Minimale Unterschiede zeigten sich auch im Wanderverhalten, wobei *Unio* vermehrt in die tieferen Abschnitte wanderte. Am 31. August kam es in dieser Phase zu einem Temperaturrückgang von etwa 7 °C. Gleichzeitig nahm die Wiederfanghäufigkeit von *Unio tumidus* im Buhnenfeld 648 drastisch ab, während sie bei den anderen Arten unverändert blieb. Der daraus in Kapitel 3.1.7.1 (Seite 63) vermutete Zusammenhang muß weiter hinterfragt werden. *Unio tumidus* wäre damit die einzige Art, die auf die Temperaturveränderung mit einem veränderten Verhalten, welches das Wiederfinden bestimmt, reagiert. Bei den anderen drei Arten konnte erst einen Termin später die gleiche Abnahme an Wiederfunden festgestellt werden, auch bei *Anodonta* nahm nun die Dichte ab. Bei den drei Arten ist der veränderte Wiederfundanteil aber nicht direkt auf den Temperaturwechsel zu beziehen, da sich gleichzeitig auch der Wasserstand wieder erhöhte. Im Buhnenfeld 670 kam es am 31. August bei allen Arten zur Abnahme der Wiederfunde. Temperaturabfall und der Anstieg des Wasserstandes erfolgten aber gleichzeitig, so daß hier keine eindeutige Korrelation zur Temperatur festgestellt werden konnte. Bei *Unio pictorum* konnte am 31. August eine größere Durchschnittstiefe gegenüber den vorherigen Terminen ermittelt werden.

Aus diesen Ergebnissen ergeben sich folgende Schlußfolgerungen:

Die Dichteabnahme von *Unio pictorum* und *Unio tumidus* könnte weiterhin mit einem fortgesetzten Eingraben oder einem hohen Feinddruck erklärt werden. Auch kann die Dichteabnahme als eine Auflösung der „Sammelplätze“ mit einer Wanderung in eine neue Vorzugstiefe interpretiert werden, da die Fortpflanzungszeit wie oben beschrieben bei diesen Arten im August endet. Die vermehrte Wanderung in tiefere Abschnitte und die Zunahme der horizontalen Wanderung sprechen für diese Auflösung der „Sammelplätze“. Bei *Anodonta anatina* setzt zu diesem Zeitpunkt die Befruchtung der Eier ein, so daß ein Verbleiben am „Sammelplatz“ erforderlich ist.

Die Temperaturabnahme am 31. August diente für *Unio pictorum* und *Unio tumidus* eventuell als Auslöser für eine Wanderung in tiefere Bereiche. Während die Wanderung bei beiden auch an erhöhten mittleren Fundtiefen zu erkennen sind, wird es bei *Unio tumidus* ebenso anhand der geringen Wiederfunde deutlich. Der Grund dafür könnte sein, daß *Unio tumidus* bereits vorher eine größere Durchschnittstiefe aufwies als die Vergleichsarten und durch diesen kleinen Tiefenvorsprung bei der Datenaufnahme am 31. August weniger *Unio tumidus* innerhalb der Versuchsfläche gefunden werden konnten. Das Wanderverhalten von *Anodonta anatina* und daraus resultierend ihre Dichte veränderte sich trotz Temperaturabnahme wiederum nicht, da sie vermutlich einen größeren Tiefenbereich besiedelt und keinen klaren Tiefenwechsel zwischen den Jahreszeiten ausführt. Obwohl BURLA [1972] beschreibt:

„Es macht den Anschein, dass jede Art ihre Vorzugstiefe hat, die sich im Jahresablauf zyklisch entweder verlagert oder aber verschmälert und verbreitert“

konnten auch LEWANDOWSKI & STANCZYKOWSKA [1975] zeigen, daß sich das Tiefenspektrum bei *Anodonta* im Jahresverlauf nur geringfügig verändert, während von *Unio tumidus* im August und September deutlich eine größere Tiefe gegenüber den Sommermonaten bevorzugt wird.

Im September in der Phase des steigenden Wasserstandes konnten die Verteilungen der *Unionidae* nicht ausreichend aufgenommen werden. Anfang September entfiel ein wöchentlicher Beprobungstermin aus organisatorischen Gründen. Eine Datenaufnahme zu dieser Zeit hätte vielleicht Wanderbewegungen aufgezeigt, die das Verbleiben der Muscheln und ihre geringe Dichte erklären. Am 14. September konnten die Transektabschnitte, in denen am 31. August noch Muscheln gefunden wurden, aufgrund der Wassertiefe nicht beprobt werden. Der spätere Taucheinsatz erfolgte nur bis zum Transektabschnitt H. Da auch zu diesem Zeitpunkt nur wenige Muscheln gefunden wurden, ist zu vermuten, daß sie entweder in noch tiefere Bereiche gewandert sind und die erfaßten Muschelfunde nur den uferzugewandten Rand der Verbreitzzone darstellten, obwohl der Wasserstand wieder eine Besiedlung der vorderen Abschnitte zuließ, oder daß die Tiere tief im Sediment vergraben waren. Der Auslöser für das Vergraben könnte hier abermals die durch die Wasserstandserhöhung vergrößerte Strömungsgeschwindigkeit sein.

Daß *Anodonta anatina* aber auch wieder in den vorderen Abschnitten gefunden wurde, wenn auch in geringeren Dichten, spricht für den oben erwähnten großen Tiefenbereich der von dieser Art besiedelt wird, und unterstützt die Annahme, daß sich ihre Vorzugstiefe im Jahresverlauf weniger verändert als bei *Unio pictorum* und *Unio tumidus*.

Mit dem Anstieg des Wasserstandes nahm die Wiederfundhäufigkeit ab, dennoch ist dieser Faktor nicht als Auslöser einer Wanderung für die Muscheln in tiefere Bereiche, und somit als Zeichen für einen Jahreszeitenwechsel, zu deuten. Aufschluß darüber würde eine Versuch geben, bei dem das Wanderverhalten von Muscheln aus der Oder in einem Gewässer ohne Wasserstandsschwankungen verfolgt würde.

Die Temperatur wäre ein Umweltfaktor, der in allen Lebensräumen der *Unionidae* ein Zeitgeber für den Wechsel der Vorzugstiefen sein könnte und bei der Aufnahme der Daten in

den Bühnfeldern vom Wasserstandswechsel überlagert wurde. Ebenso kommen rein endogene Rhythmen als Zeitgeber in Frage. BURLA [1971] konnte im Freiland bei *Anodonta* ein Wanderverhalten in Abhängigkeit von der Wassertemperatur nachweisen, wobei die größten Wanderwegstrecken bei der höchsten Temperatur erzielt wurden. Er vermutet, daß die Muschel einen jahreszeitlichen Rhythmus der lokomotorischen Aktivität haben, der aber dennoch nicht in erster Linie von der Wassertemperatur gesteuert wird, eine Alternative formuliert er aber nicht. Da die Temperatur neben der Strömungsgeschwindigkeit aber auch einen Einfluß auf das Vergraben ins Sediment hat, halte ich sie für einen potentiellen Umweltfaktor, der den Wechsel der Vorzugstiefen von *Unio* im Jahresverlauf auslöst und mit den Wasserstandsänderungen die Wanderungen der *Unionidae* in den Bühnfeldern beeinflusst.

4.2 Labor

Im Labor sollte die Filtrationsrate der *Unionidae* gemessen werden, um sie zur Bewertung der physiologischen Leistungsfähigkeit der Tiere zu nutzen und die Wirkung von Faktoren, wie die Temperatur, zu prüfen. Die Ergebnisse der Versuche mit Konzentrationsregulation zeigten trotz annähernd gleicher Bedingungen aber, daß erstens die gemessenen Filtrationsraten einzelner Individuen nicht reproduzierbar waren und somit den Individuen keine gesicherten Durchschnittswerte zugewiesen werden konnten, und sich zweitens bei der geringen Zahl von Muscheln noch keine eindeutigen Korrelationen zwischen Filtrationsraten und Körpermaßen ergaben. Unzulänglichkeiten der Versuchsmethode können hier als Grund diskutiert werden, da von verschiedenen Autoren bereits hinreichend nachgewiesen wurde, daß die Filtrationsrate mit der Größe der Muscheln korreliert [THEEDE 1963, WINTER 1973, NAVARRO & WINTER 1982, KRYGER & RISSGÅRD 1988]. Unterschiede in der Höhe der Filtrationsraten zwischen den beiden angewandten Methoden,

machen auch die Betrachtung methodischer Aspekte nötig.

Zur Diskussion stehen deshalb folgenden Fragen:

- Warum treten individuelle Schwankungen auf?
- Warum konnten keine Korrelationen zwischen der Höhe der Filtrationsrate und Muschelkörpermaßen festgestellt werden?
- Wie beeinflußt die Methode die Filtrationsrate?
- Wie vergleichbar sind die Werte mit Literaturangaben?

4.2.1 Versuchsbedingungen

In Anbetracht der Methode zur Messung der Filtrationsrate müssen verschiedene Versuchsbedingungen, wie chemische und physikalische Parameter des Wassers (z.B. Temperatur), Wahl der Futterpartikel, Futterkonzentration und die Versuchsdauer festgelegt und ihre Konstanz über den Versuchszeitraum überprüft werden. Die Höhe der Filtrationsrate kann somit auf diese Umweltbedingungen und ihre Änderungen bezogen werden.

4.2.1.1 Temperatur

Die Temperatur von 20 °C im Versuchsbekken und im Hälterungsaquarium blieben aufgrund des temperierten Raumes relativ gleich (siehe auch Kapitel 3.2.2, Seite 74). Diese konstante Temperatur ist wichtig, denn bei einer Steigerung der Temperatur steigt auch die Filtrationsrate bis auf ein Optimum an und sinkt drastisch bei einer weiteren Temperaturerhöhung ab [WINTER 1978]. Dabei sind Steigung und Lage des Optimums artabhängig. Beispielsweise verdoppelt sich die Filtrationsrate bei einer Temperatursteigerung von 15 °C auf 20 °C bei *Anodonta cygnea* [DE BRUIN & DAVIDS 1970], während bei *Artica islandica* zwischen 12 °C und 20 °C keine signifikanten Veränderungen zu messen waren [WINTER 1969]. Grund für die gesteigerte Filtrationsrate sowie der Pumprate könnte die Abnahme der Viskosität des Wassers

mit steigender Temperatur [JØRGENSEN et al. 1990] wie auch ein gesteigerter Sauerstoffverbrauch [MCLUSKY 1973, DORGELO & SMEENK 1988] sein. 20 °C scheint die Temperatur zu sein, bei denen maximale Filtrationsraten von *Unionidae* zu erwarten sind [ULLRICH 1994].

4.2.1.2 Hälterung der Tiere und deren Einfluß auf die Filtrationsrate

Während bei vielen anderen Untersuchungen oftmals Probleme bei der Muschelhälterung auftraten [ULLRICH 1994, mündl. Mitt. von VILCINSKAS und WÄCHTLER 1995], konnten die Labortiere erstaunlich lange im Aquarium erfolgreich gehältert werden, wenn es auch zu wenigen Todesfällen kam (siehe auch Kapitel 3.2.1, Seite 73).

Der Versuch, anhand von Aufnahmen des Schalenöffnungs- und Bewegungsverhalten auf die Kondition der Tiere im Aquarium zu schließen und einen Zusammenhang zu eintretenden Todesfällen aufzudecken, mißlang ULLRICH [1994]. THEEDE [1963] erkannte aber, daß frisch gesammelte Versuchstiere (*Mytilus edulis*) eine deutlich höhere Filtrationsrate haben als Tiere, die bereits 10 Wochen im Aquarium verweilten.

Die Tatsache, daß die hier durchgeführten Versuche aufgrund eines Geräteausfalles erst vier Wochen nach der Einbringung der Muscheln ins Labor begannen und sich über weitere 11 Wochen erstreckten, läßt eine Beeinflussung der Zeit auf die Filtrationsrate wahrscheinlich werden. Fraglich ist, in welcher Form die Abnahme der Filtrationsrate von der Verweildauer im Aquarium abhängt. Aufgrund der langen Zeit im Aquarium kann jedoch nach THEEDE [1963] davon ausgegangen werden, daß eine insgesamt geringere Filtrationsrate gemessen werden konnte. Ob diese mit zunehmender Zeit bis zum zweiten Versuchsdurchgang der einzelnen Individuen kontinuierlich abnahm, ist nicht eindeutig zu sagen. Bei *Anodonta anatina* lagen mit der Konzentrationsregulation die gemessenen Filtrationsraten des zweiten Versuchsdurchganges unter denen des

ersten (siehe auch Seite 81). Die erneute Steigerung bei der Messung mit der Methode ohne Konzentrationsregulation ist zunächst als methodischer Artefakt zu bezeichnen, läßt sich aber mit Filtrationsrhythmen (siehe unten) erklären. Die beschriebenen Abnahmen der Filtrationsraten von *Anodonta anatina* deuten auf das von THEEDE [1963] formulierte Verhalten hin, welche bei *Unio pictorum* nicht nachgewiesen werden konnten, wenn auch bei dieser Art größere individuelle Schwankungen auftraten. Wie aber schon in Kapitel 3.2.2 (Seite 74) angeführt, scheint *Anodonta anatina* empfindlicher auf eine Umsetzung ins Aquarium als *Unio pictorum* und *Unio tumidus* zu reagieren.

4.2.1.3 Wahl der Futterpartikel

Bei der Frage nach der Hälterung ist die Fütterung der Muscheln ein wichtiger Faktor, wobei Qualität und Quantität entscheidend sind. Die Wahl des Futterpartikels fiel auf *Scenedesmus subspicatus*, eine Grünalge die in der Oder nachgewiesen werden konnte und deshalb von den *Unionidae* im Freiland vermutlich filtriert wird. Als Einzelnahrung über einen längeren Zeitraum verabreicht, können aber Mangelerscheinungen hervorgerufen werden, die zu einem stark herabgesetzten Hungerstoffwechsel [THEEDE 1963] führen. Eine geringe Konzentration der Futterpartikel kann diese Reduktion des Stoffwechsels ebenso auslösen. Der aufgrund von Mangelerscheinung einsetzende Hungerstoffwechsel kann aber bei der Hälterung von Muscheln nicht der alleinige Grund von herabgesetzten Filtrationsraten und Todesfällen sein, da auch mit Teichwasser versorgte Muscheln im Aquarium nach kurzer Zeit verstarben [ULLRICH 1994].

Ein Verderben der Stammalgenlösungen (Bildung von ungenießbaren Inhaltsstoffen) aufgrund der langen Aufbewahrungszeiten könnte gleichfalls hemmend auf die Filtration der Muscheln wirken, wenn auch kein Zusammenhang zwischen Höhe der Filtrationsrate und Alter der Algenlösung festgestellt werden konnte.

4.2.1.4 Konzentration der Partikel

Für die Frage nach der Bestimmung der Konzentration sind beide Methoden, d.h. Auszählung der Algen und Fluorometerbestimmung, von Bedeutung. Während bei den Versuchen ohne Konzentrationsregulation aufgrund der geringen Konzentrationen nur mit dem Fluorometer gearbeitet werden konnte, war es bei den Versuchen mit Konzentrationsregulation möglich, einen Vergleich beider Bestimmungsformen anzustellen, der auch zeigte, daß es zu gravierenden Differenzen kam (siehe auch Seite 77). Die Eichung des Fluorometers basierte auf einer vorangegangenen Auszählung, ein Zählfehler ist somit auch bei der Fluorometerbestimmung miteinbezogen. Die Vergleiche der Konzentrationen der Vorratslösung offenbarten, daß die Werte der Auszählung- und Fluorometerbestimmungen am Anfang der Versuchszeit geringere Differenzen aufwiesen als am Ende. D.h. selbst wenn es in der Vorratslösung zu Veränderungen der Konzentration durch Algenvermehrung oder durch die Entnahme der Pumpe kam, veränderte sich die Lösung derart, daß eine der beiden Bestimmungsmethoden beeinflusst wurde. Zu vermuten ist, daß es zu Verklumpungen kam, die zwar die Auszählung, aber nicht die Bestimmung mit dem Fluorometer beeinflussten. Demnach müßten die auf der Auszählung basierenden Filtrationsratenergebnisse angezweifelt werden.

Trotz der angestrebten konstanten Konzentration bei der ersten Methode traten Konzentrationsschwankungen im Versuchsbecken auf. Diese Schwankungen und die Abnahme der Konzentration bei den Versuchen der zweiten Methode haben einen Einfluß auf die Filtration der Muscheln. Bekannt ist, daß nach dem Überschreiten eines Konzentrationsminimums die Filtrationsrate mit zunehmender Konzentration bis auf ein Maximum ansteigt, über einen weiten Konzentrationsbereich stagniert und bei weiterer Erhöhung wieder abfällt [BAYNE & HAWKINS 1990]. Dabei sind Regulationen durch verschiedene Reduktionen des Zurückhaltungsgrades der Partikel auf den Kiemen bis zum

völligen Stillstand des Wassertransports möglich. Die Laterofrontalwimpern können ihre Schlagfrequenz bis zum Stillstand reduzieren, es kann zu einer Erniedrigung des Wasserstroms durch die Lateralwimpern kommen oder die Ostien werden durch Muskeltätigkeit verengt bzw. erweitert. Dem kann sich ein vollständiger Schalenschluß anschließen [WINTER 1969]. Die von mir gewählte Anfangskonzentration, und die nach dem Versuchsansatz der Methode 1 auch erhoffte konstante Konzentration, sollte bei den Muscheln keine Mangel- und Übersättigungerscheinungen auslösen.

Der gebaute Futterapparat ließ bei den **Versuchen mit Konzentrationsregulation** zwar auch eine lange Versuchsdauer mit annähernd konstanten Umweltbedingungen zu, barg aufgrund seiner Technik und seiner weiteren Versuchsbedingungen aber große Fehlerquellen.

Als größte Fehlerquelle erwies sich die Pumptätigkeit, die von der Einstellung des Potentiometers abhängig war und erst einsetzte, nachdem es im Versuchsbecken zu einer starken Konzentrationsabnahme kam. Der Anspruch, trotz der Filtration immer gleiche Konzentrationen im Versuchsbecken zu halten, wurde deshalb nicht erfüllt. Dafür hätte das Potentiometer exakter regulierbar, und der photometrische Widerstand in seiner Reaktion auf die Konzentrationsabnahme empfindlicher sein müssen. Das Vorhandensein von Sand im Becken, welcher durch die Umwälzung des Wassers ebenso eine Trübung hervorrufen könnte, sowie das große Volumen des Beckens verursachten auch Fehler bei der Volumenbestimmung, der Konzentrationsbestimmung und der Justierung der photometrischen Einheit. Die Differenz der Anfangs- und Endkonzentration im Versuchsbecken wurde über die Berechnung der „Filtriermenge bezogen auf die Abnahme der Beckenkonzentration“ (FM_2) auszugleichen versucht. Die Schwankungen der Filtrationsraten, die, wie oben beschrieben, auf den unterschiedlichen Konzentrationsveränderungen in der Beckenlösung während der Versuche basierten, konnten jedoch nicht ausgeglichen werden. Sie

müssen daher als ein großer Fehler betrachtet werden, der die gemessenen individuellen Schwankungen und die fehlenden Korrelationen zwischen Filtrationsrate und Muschelkörpermaßen erklären kann.

Durch die Tätigkeit der Pumpe wurde auch in der Vorratslösung die Konzentration der Algen verändert. Bei der Berechnung der Filtrationsrate wurde aber versucht, diesen Fehler zu korrigieren (siehe auch Seite 78). Die Versuche, bei denen die „Filtriermenge bezogen auf Änderungen der Vorratslösung“ (FM_1) nicht berechnet werden konnte - eine tatsächliche Zunahme der Algenzahl im Vorratsbehälter ist nicht erklärbar - zeigen eine weitere, nicht kalkulierbare Fehlerquelle auf.

Bei den Versuchen mit *Anodonta anatina* muß eine zusätzliche Fehlerquelle diskutiert werden. Die fehlenden Konzentrationsbestimmungen im Versuchsbecken senkten die Filtrationsraten dieser Art um den Wert, der bei *Unio pictorum* anhand der „Filtriermenge bezogen auf die Abnahme der Beckenkonzentration“ (FM_2) berechnet werden konnte. Dennoch mußten für *Anodonta anatina* keine signifikant geringeren Filtrationsraten angegeben werden, was eine höhere Filtrationsrate von *Anodonta anatina* vermuten läßt. Dies kann aber in den Versuchen der Methode 2 nicht bestätigt werden, und deren durch die Fluorometerbestimmung weniger fehlerbehafteten Ergebnisse deuten darauf hin, daß die Filtrationsratenergebnisse von *Anodonta anatina* bei Methode 1 aufgrund falscher Auszählungen erzielt wurden.

Wenn man bei **Versuchen ohne Konzentrationsregulation** eine Startkonzentration auswählt, die bei den Muscheln weder Mangel- noch Übersättigungerscheinungen auslöst, ist die Versuchszeit stark begrenzt, da die Konzentration aufgrund der Muschelfiltration während der Versuchszeit rasch abnimmt. Dieser Versuchsaufbau birgt aber weniger technische Fehlerquellen als beispielsweise der Futterapparat, so werden die Konzentrationsveränderungen und damit schwankenden Filtrationsraten (siehe oben) nicht willkürlich durch Potentiometer und

Pumpe bestimmt. Dennoch bezeichnet auch COUGHLAN [1969] die Messung und Berechnung nur als Schätzung der Filtrationsrate, welche als Durchschnittswert für einen großen Konzentrationsbereich aufzufassen ist.

Grund für die fehlenden, oder nur ansatzweise erkennbaren Korrelationen bei den von mir durchgeführten Versuchen (siehe auch Seite 83 und Seite 88), könnten die auf Einzeltieren basierenden Berechnungen sein. Viele Untersuchungen von Filtrationsratenmessungen stützten sich auf das gleiche Meßprinzip [THEEDE 1963, KRYGER & RISSGÅRD 1988] und erhielten deutliche Korrelationen zwischen der Höhe der Filtrationsrate und den Muschelgrößen bei einer größeren Anzahl gemessener Tiere. Oftmals wurden die Filtrationsraten aber auf Größenklassen (die aus mehreren Individuen bestehen) bezogen, so daß gebildete Durchschnittswerte individuelle Extremwerte oder verschobene Filtrationsrhythmen ausglich.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß viele Fehlerquellen der Richtigkeit der berechneten Filtrationsraten widersprechen und bei beiden Methoden nur eine grobe Schätzung stattgefunden hat. Dennoch halte ich nach einer technischen Verbesserung der photometrischen Einheit, des Potentiometers und der Pumpe den Versuchsansatz der Methode 1 für geeigneter, um die Filtrationsrate von Muscheln zu bestimmen. Eine genauere Aussage über das Filtrationsverhalten würde zusätzlich erzielt werden, wenn man die Filtrationsrate für kürzere Zeitabschnitte bestimmt, da so das Auftreten von Rhythmen miteinbezogen wird.

Die individuellen Schwankungen zwischen den einzelnen Versuchsdurchgängen, das Fehlen von Korrelationen zwischen den Filtrationsraten und den Muschelgrößen, sowie die signifikanten Unterschiede in der Höhe der Filtrationsrate beider Meßmethoden deuten neben methodischen Bedingungen auf einen weiteren möglichen Faktor hin, der auf die Filtration der Muscheln wirkt.

4.2.2 Rhythmen der Muscheln und deren Einfluß auf die Filtrationsrate

Sollte die Filtration von Rhythmen der Muscheln bestimmt sein, so kann die Versuchsdauer entscheidend bei der Höhe der gemessenen Filtration sein und somit Schwankungen der Filtrationsrate und das Fehlen von Korrelationen erklären. Bei vielen marinen und limnischen Muschelarten wurden bereits Rhythmen nachgewiesen, die synchron mit der Tageslänge, der Mondphase oder den Gezeiten verlaufen [SALANKI & VERO 1969, MORTON 1970, BENEDENS & HINZ 1980, GRUNER 1993]. Neben äußeren Zeitgebern kommt es aber auch zu Filtrationsrhythmen, die von endogenen Faktoren wie z.B. der Sexualphase bestimmt werden [GRUNER 1993].

Bei *Anodonta cygnea* und *Unio pictorum* konnte ein Rhythmus der Adduktoraktivität von einigen Autoren nachgewiesen werden [SALANKI & VERO 1969, MORTON 1970, DE BRUIN & DAVIDS 1970]. Während bei *Unio pictorum* ein 24-Stundenrhythmus festgestellt wurde, wobei die Aktivitätsphasen eher in der Nacht auftreten, konnte MORTON [1970] den Rhythmus von *Anodonta cygnea* nicht mit Umweltfaktoren in Verbindung bringen:

„*Anodonta cygnea* besitzt in der Adduktor-Aktivität und -Ruhe einen Rhythmus, der offensichtlich mit keinem Rhythmus der Umgebung in Beziehung steht. *Unio pictorum* besitzt einen ähnlichen Rhythmus, der seiner Natur nach circadian zu sein scheint. Es ist möglich, daß der Rhythmus bei *Anodonta* ursprünglich exogen war, nun aber durch die Aktivitäts- und Ruhephasen des individuellen Stoffwechsels reguliert wird. Die Rhythmusphasen in der Adduktor-Aktivität und -Ruhe könnten in Relation zu der cytologischen Struktur und Funktion der Verdauungsdivertikel gesetzt werden, wodurch der Verdauungsprozeß mit der Nahrungsaufnahme koordiniert wird.“

Die Adduktoraktivität (Schale öffnet und schließt sich) korreliert mit der Filtration, während bei der ungefähr dreimal längeren Phase der Inaktivität (Schalen geschlossen) die

Verdauung stattfindet (der Kristallstiel im Magen zersetzt sich) [MORTON 1970], die Wasserzirkulation im Mantelraum aber aufrecht erhalten wird [WESENBERG-LUND 1939]⁹.

SALANKI & VERO [1969] beschreiben, daß sich die Anzahl und circadiane Verteilung der Aktivitätsphasen (Adduktoraktivität) von *Anodonta cygnea* im Jahresverlauf verändert. Im Frühjahr sind die Aktivitätsphasen zwischen 18 und 6 Uhr um 50% häufiger als zwischen 6 und 18 Uhr, während im Herbst nur eine 14%ige Steigerung in der Nacht zu verzeichnen ist. DE BRUIN & DAVIDS [1970] konnten bei *Anodonta cygnea* sowohl einen langsamen Rhythmus der Adduktoraktivität (3 bis 30 pro Woche), ein zweitägiger Schalenschluß war dabei möglich, als auch einen schnellen Rhythmus (6 bis 40 pro Stunde) feststellen.

Wenn von den Versuchen mit *Anodonta cygnea* auf die Gattung *Anodonta* geschlossen werden kann, können die aufgetretenen Schwankungen der Filtrationsrate von *Anodonta anatina* erklärt werden. Auch bei der Aufnahme der Filtration über 48 Stunden bei meiner ersten Methode können durch den langsamen Wochenrhythmus, besonders durch einen langanhaltenden Schalenschluß, extreme Schwankungen auftreten, wie sie DE BRUIN & DAVIDS [1970] ebenfalls beschrieben haben. Zur Angabe gesicherter Durchschnittswerte ist eine Verlängerung der Versuchszeit auf beispielsweise eine Woche mit mehreren Parallelansätzen daher unumgänglich und mit dem gebauten Futterapparat im Prinzip auch durchführbar, obgleich es dann zu Problemen wie hohe Stickstoffbelastungen im Versuchsbecken käme¹⁰.

⁹Daß der Rhythmus von Schalenöffnung und -schluß ein kalkulierbarer Parameter ist, macht man sich zunutze und entwickelte Frühwarnsysteme, welche von den Bewegungen der Muschelschalen auf Schadstoffe im Wasser schließen [JENNER et al. 1992, MATTHIAS & RÖMPP 1994]. Dabei werden Abweichungen des „normalen Verhaltens“ von *Unio pictorum* und *Dreissena polymorpha* registriert und folgend auf toxische Einwirkungen geschlossen.

¹⁰Da mir für diese Erkenntnis notwendige Literatur erst während der Versuchszeit zukam, konnte sie nicht

Die bei *Anodonta anatina* im zweiten Versuchsdurchgang größtenteils geringeren Filtrationsraten können mit länger wirkenden Hälterungseinflüssen und der unbestimmbaren Rhythmik ansatzweise erklärt werden, aber wegen der wenigen Daten nicht bewiesen werden. Die individuellen Schwankungen bei den Versuchen mit Konzentrationsregulation von *Unio pictorum* sind aufgrund ihres 24 Stunden Rhythmus [MORTON 1970] meinerseits nicht zu erklären.

Obwohl den getesteten Muscheln kein Rhythmus nachgewiesen werden konnte (siehe auch Seite 84), ist aufgrund der oben genannten Literaturangaben ein Vergleich von Filtrationsraten zwischen gemittelten Stundenwerten unterschiedlich langer Versuchszeiten, die oftmals nicht den gesamten Filtrationsrhythmus erfassen, nicht gerechtfertigt. Die signifikant höheren Filtrationsraten der 7-stündigen Versuchen gegenüber den 48-stündigen Versuchen sind daher nicht nur mit den unterschiedlichen Methoden zu erklären, sondern können gleichfalls durch Rhythmen entstanden sein. Da es während der 7-stündigen Versuchszeit anscheinend zu keiner Phase der Inaktivität der Muscheln kam, lag vermutlich ein Rhythmus vor, der eine Aktivität am Tage beinhaltete. Dies widerspricht aber MORTON [1970], der für *Unio pictorum* zwar einen 24 Stundenrhythmus beschrieb, bei dem die Aktivitätsphasen aber gehäuft in der Nacht auftraten. Bei *Anodonta anatina* wäre es zu erklären, daß die Versuchszeiten nur zufällig in die aktiven Phasen des langsamen Wochenrhythmus [DE BRUIN & DAVIDS 1970] fielen, was bei der geringen Datenmenge durchaus wahrscheinlich ist.

4.2.3 Filtrationsraten im Vergleich zu Literaturangaben

Obgleich die Ergebnisse infolge der vielen Fehlerquellen stark angezweifelt werden müssen,

in die Entwicklung der Versuchsmethode miteingehen.

ist ein Vergleich zur Literatur dennoch interessant.

Das Filtrationsverhalten von Frischwassermuscheln ist erst seit wenigen Jahren vermehrt Inhalt wissenschaftlicher Arbeiten geworden, während Meeresmuscheln schon jahrzehntelang untersucht werden. Ein Vergleich der Filtrationsraten von Muscheln beider Ökosysteme ist an dieser Stelle aber nicht zu berücksichtigen, da Meeresmuschel etwa 2-8 mal mehr pumpen und filtrieren als Frischwassermuscheln vergleichbarer Größe [DE BRUIN & DAVIDS 1970, GÖTTING 1974, KRYGER & RISSGÅRD 1988].

Die hier ermittelten Höhen der Filtrationsraten bei den Versuchen mit Konzentrationsregulation liegen durchaus im Bereich von vergleichbaren Untersuchungen. ULLRICH [1994] gibt für *Anodonta cygnea* 55 bis 401 ml/h als Filtrationsrate an. KRYGER & RISSGÅRD [1988] stellten bei frisch ins Aquarium eingebrachten *Unionidae* unter optimalen Versuchsbedingungen maximale Filtrationsraten fest. Dabei filtrierte *Anodonta anatina* 2,6 bis 2,9 l/h, *Unio pictorum* 3,2

bis 4,6 l/h und *Unio tumidus* 2,1 bis 2,4 l/h. Konstante optimale Bedingungen liegen im Freiland aber nur selten vor, so erhielt STANCZYKOWSKA et al. [1976] in Freilanduntersuchungen für *Unionidae* nur Filtrationsraten von 60 bis 490 ml/h, wobei die Muscheln hier den natürlichen Schwankungen von Temperatur, Licht, Futterqualität- und -quantität ausgesetzt waren. Obwohl auch ich ähnliche Versuchsbedingungen wie KRYGER & RISSGÅRD [1988] schuf, erhielt ich geringere Filtrationsraten, deren Höhe zwar den Freilanduntersuchungen nahe kommen, aber dennoch nicht den Anspruch einer Messung mit Freilandbedingungen erfüllen.

Die auf Seite 98 aufgestellten Fragen boten zwar viele Ansatzpunkte für eine Diskussion, konnten aber leider nicht zufriedenstellend beantwortet werden und bedingen daher weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet.

5 Zusammenfassung

Im Sommer 1995 wurde in zwei Bühnenfeldern (Bühnenfeld 648 und Bühnenfeld 670) der Oder das Wanderverhalten von *Anodonta anatina*, *Anodonta cygnea*, *Unio pictorum* und *Unio tumidus* in Abhängigkeit vom Wasserstandswechsel untersucht, wofür wöchentlich eine Positionsbestimmung der Muscheln auf einer definierten Versuchsfläche stattfand. Insgesamt wurden 497 Muscheln individuell markiert, wobei sich die Markierung mit Bienenplättchen als besonders geeignet herausstellte.

82 % der Tiere konnten im Bühnenfeld 648 mindestens einmal wiedergefangen werden, das waren 15 % mehr als in der Vergleichsbühne 670. *Anodonta anatina* war in beiden Bühnenfeldern die Art mit dem höchsten und *Unio tumidus* mit dem geringsten Anteil wiedergefangener Muscheln. Zumindest für das Bühnenfeld 648 kann der Anteil markierter Tiere als repräsentativ für die Gesamtpopulation gewertet werden, und die auf den Wiederfangdaten basierenden Auswertungen weiterer Ergebnisse werden dadurch legitimiert. Davon auszuschließen ist aufgrund der geringen Abundanz die Art *Anodonta cygnea*, die im Bühnenfeld 670 nicht nachgewiesen werden konnte.

Die Dichte der einzelnen Arten veränderte sich im Laufe der Versuchszeit. Arten der Gattung *Unio* erreichten in beprobten, flachen Uferbereichen Ende Juli ihre maximalen Dichten (Werte des Bühnenfeldes 648: 2,3 *Unio tumidus*/m² und 0,9 *Unio pictorum*/m²), die anschließend wieder kontinuierlich abnahmen. *Anodonta anatina* erreichte ihre Maximaldichte von 1,6 Indiv./m² erst Mitte August. Im Bühnenfeld 670 lagen insgesamt geringere Dichten der einzelnen Arten vor. Die im Flachwasser zunehmenden Dichten können

fortpflanzungsbiologisch interpretiert werden, indem sich die Muscheln während der Fortpflanzungszeit dort sammeln. Die aufgeführten Unterschiede in der Dichte und den Wiederfängen der *Unionidae* zwischen den beiden Bühnenfeldern konnten nicht zufriedenstellend erklärt werden.

In den Bühnenfeldern kam es aufgrund der für diesen Fluß charakteristischen Wasserstandsabsenkungen im Juli und August zu einer Verlagerung der Uferlinie um drei Meter Richtung Flußmitte. Eine Wanderung in die gleiche Richtung konnte für alle Arten in der Phase des sinkenden Wasserstandes nachgewiesen werden. Die Muscheln hielten sich dabei bevorzugt in den ufernahen Abschnitten auf, wobei der direkte Uferbereich vermieden wurde und sie deshalb auch nie in einer Tiefe von 0 bis 10 cm gefunden wurden. Als Vorzugstiefe ist für die *Unionidae* in dieser Phase 30 cm bis 50 cm anzugeben, wobei nur kleine Unterschiede zwischen den Arten auftraten.

In der mehrwöchigen Phase des gleichbleibenden Wasserstandes nahm die Dichte von *Unio pictorum* und *Unio tumidus* zunehmend weiter ab. Eine Wanderung in tiefere und nicht mehr untersuchte Abschnitte kann nicht ausschließlich Grund für die Abnahme sein, denn eine Veränderung der Vorzugstiefe konnte zu diesem Zeitpunkt für diese Arten nicht festgestellt werden. So auch nicht bei *Anodonta anatina*, deren Dichte aber auch keine gravierenden Veränderungen zeigte.

Noch bei gleichbleibendem Wasserstand kam es im August zu einer Temperaturabnahme von etwa 7 °C. Mit dieser Senkung nahmen die Wiederfunde von *Unio tumidus* drastisch ab, und die mittlere Fundtiefe beider Unioarten erhöhte sich. Ein Woche später nahm die Anzahl der

Wiederfunde von *Unio pictorum*, *Anodonta anatina* und *Anodonta cygnea* ebenso ab. Gleichzeitig stieg der Wasserstand wieder an. Trotz Taucheinsatz konnten in den zuvor beprobten Abschnitten nur noch wenige Tiere nachgewiesen werden. Im September und Oktober konnte *Anodonta anatina* als einzige Art auch wieder im Uferbereich gefunden werden, dennoch hatte sich ihre Vorzugstiefe wie auch bei den anderen Arten gegenüber der sommerlichen Vorzugstiefe deutlich erhöht. Die Temperatur stellt einen möglichen zeitgebenden Umweltfaktor dar, der den Wechsel der Vorzugstiefen steuert.

Die sich bei *Unio* schon im August andeutende Abnahme der Dichte und die im September und Oktober nur noch vereinzelt Funde aller Arten innerhalb der Versuchsfläche können nicht nur mit Abwanderungen aufgrund der Auflösung der Sammelplätze erklärt werden. Ein auf die Arten unterschiedlich wirkender Feindruck, sowie das Eingraben ins Sediment infolge stärkerer Strömungen und/oder der Störungen meinerseits, müssen gleichfalls in Betracht gezogen werden.

Die aufgeführten Ergebnisse können bei Einzelindividuen, deren Wanderung über einen längeren Zeitraum aufgenommen werden konnten, gut nachvollzogen werden.

Im September 1995 wurden sechs *Anodonta anatina* und vier *Unio pictorum* aus dem Bühnenfeld 648 zur Messung ihrer Filtrationsraten ins Labor gebracht. Die Filtration der Muscheln kann als Ausdruck ihrer Stoffwechselintensität gewertet werden.

Im Aquarium konnten die Tiere mehrere Monate lang erfolgreich gehältert werden. Sporadisch aufgetretene Mortalität von *Anodonta anatina* könnte mit einer individuell empfindlicheren Reaktion auf die im Aquarium veränderten Umweltbedingungen gegenüber dem Freiland erklärt werden.

Die Bestimmung der Filtrationsrate erfolgte zunächst mit einer Methode, bei der die Konzentration des zu filtrierenden Stoffes (hier die Grünalge *Scenedesmus subspicatus*) über einen Zeitraum von 48 Stunden konstant gehalten

wird, um Veränderungen der Filtrationsrate infolge von Konzentrationsschwankungen auszuschließen. Dafür wurde nach einer Vorlage von JANSSEN & DREYER [1981] ein Futterapparat gebaut, der mit Hilfe einer photometrischen Einheit eine Konzentrationsabnahme im Versuchsbecken registrieren und durch Zugabe von Vorratslösung diese ausgleichen sollte. Die angestrebten 11.000 Zellen/ml in der Beckenlösung und die davon hundertfache Konzentration in der Vorratslösung wurden per Auszählung und mit einer Fluorometerbestimmung überprüft.

Für *Anodonta anatina* wurden Filtrationsraten zwischen 28 ml/h und 2330 ml/h und für *Unio pictorum* zwischen 234 ml/h und 1351 ml/h ermittelt.

Folgende Unzulänglichkeiten traten aber bei diesen Versuchen auf:

- die Konzentration im Versuchsbecken nahm während der Versuchszeit ab;
- die Konzentration in der Vorratslösung änderte sich;
- es kam zu Differenzen bei der Bestimmung der Konzentrationen;
- es traten individuelle Schwankungen der Filtrationsrate zwischen zwei Versuchsdurchgängen auf;
- es konnte keine Korrelationen zwischen Höhe der Filtrationsrate und der Größe der Muscheln aufgezeigt werden.

Den Muscheln konnten daher keine gesicherten Filtrationsraten zugewiesen werden.

Die daraufhin erneuten Messungen erfolgten mit einer vereinfachten Methode, bei der keine Konzentrationsregulation stattfand und somit einige technische Fehler ausgeschlossen werden konnten. Über die Abnahme der Partikelmenge im muschelumgebenen Medium wurde nach einer Formel von COUGHLAN [1969] die Filtrationsrate errechnet.

Nach einer 7-stündigen Versuchszeit ergaben sich für *Anodonta anatina* Filtrationsraten in der

Höhe von 911 ml/h bis 1.385 ml/h und für *Unio pictorum* 1.121 ml/h bis 2.543 ml/h.

Die gegenüber der ersten Methode höheren Filtrationsraten zeigten auch bei dieser zweiten Methode keine Korrelationen zur Größe der Muscheln auf, so daß die Ergebnisse erneut in Frage gestellt werden mußten.

Als Gründe für die Schwankungen der Filtrationsraten zwischen zwei Versuchsdurchgängen einzelner Individuen, den unterschiedlichen Höhen der Filtrationsraten beider Methoden und den fehlenden Korrelationen zwischen der Filtrationsrate und den Muschelgrößen können eine allgemeine Beeinflussung durch die Hälterung und technischen Fehlern

beim Versuchsaufbau benannt, und ein weiterer Grund vermutet werden. Die Filtration unterliegt artspezifischen Rhythmen, die bei einer zu kurz gewählten Versuchsdauer die beschriebenen Probleme bei der Festlegung der Filtrationsrate auslösen können.

Aufgrund der hier aufgetretenen Probleme wird deutlich, daß die Filtration der Muscheln eine durchaus schwankende und auf die Umwelt reagierende Größe ist. Die Übertragung von im Labor erzielten Ergebnissen auf das Freiland, wie in mir zugänglicher Literatur oftmals geschehen, erscheint mir daher ohne weitere Forschungen auf diesem Gebiet wenig aussagekräftig.

6 Literatur- und Quellenverzeichnis

- AGRELL, Ivar [1948]: The Shell Morphology of some Swedish Unionides as Affected by Ecological Conditions; *Arkiv För Zoologi* 41 A: 1-30.
- BAUER, Gerhard; HOCHWALD, Susanne; SCHMIDT, Christine & REGER, Karl-Heinz [1991]: Dauerbeobachtung von Muschelbeständen; *Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege* 7: 30-37.
- BAUR, Werner H. [1987]: *Gewässergüte bestimmen und beurteilen*; Hamburg (Paul Parey).
- BAYNE, B.L. & HAWKINS, A.J.S. [1990]: Filter-Feeding in Bivalve Molluscs: Controls on Energy Balance. In: Mellinger, J. (Hrsg.), *Animal Nutrition and Transport Processes, 1. Nutrition in Wild and Domestic Animals*; *Comparative Physiology* 5: 70-83.
- BENEDENS, H.-G. & HINZ, W. [1980]: Zur Tagesperiodizität der Filtrationsleistung von *Dreissena polymorpha* und *Sphaerium corneum* (Bivalvia); *Hydrobiologia* 69: 45-48.
- BERLINER WASSER-BETRIEBE [1993]: *Berliner Wasserqualität*.
- BICK, Hartmut [1993]: *Ökologie*, 2., durchges. und aktualisierte Aufl.; Stuttgart (Gustav Fischer).
- BLAB J.; NOWAK, E.; TRAUTMANN, W. & SUKOPP, H. (Hrsg.) [1984]: *Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland*; 4. erweiterte Auflage; Greven (Kilda).
- BOETTGER, Caesar R. [1931]: Beeinflussung der Schalenformen bei der Muschelgattung *Pseudanodonta* Bourg. in der Oder; *Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin* Jg. 1931: 268-279.
- BOGAN, Arthur [1993]: Freshwater Bivalve Extinctions, Asearch for Causes; *American Zoologist* 33: 599-609.
- BOTNARIUC, N. & TUDORANCEA, C. [1967]: Beiträge zur Populationsdynamik bei *Anodonta piscinalis* im Flachsee Jijila (Überschwemmungsgebiet der Donau); *Archiv für Hydrobiologie/Suppl.* 30: 400-419.
- BRANDER, T. [1955]: Über die Bisamratte, *Ondatra z. zibethica* (L.), als Vernichter von Najaden; *Archiv für Hydrobiologie* 50: 92-103.
- BRÖNMARK, Christer & MALMQUIST, Björn [1982]: Resource partitioning between unionid mussels in a Swedish lake outlet; *Holarctic Ecology* 5: 389-395.
- BUDDENSIEK, V; ENGEL, H.; FLEISCHAUER-RÖSSING, S & WÄCHTLER K. [1993]: Studies on the chemistry of interstitial water taken from defined horizons in the fine sediments of bivalve habitats in several northern German lowland waters II: Microhabitats of *Margaritifera margaritifera* L., *Unio crassus* (PHILIPSSON) and *Unio tumidus* PHILIPSSON; *Archiv für Hydrobiologie* 127,2: 151-166.
- BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU & BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE [1995]: *Stellungnahme zur polnischen Stromregelungskonzeption für die Grenzoder von März 1988 und Juli 1993*; Berlin/Koblenz.
- BURLA, Hans [1971]: Gerichtete Ortsveränderung bei Muscheln der Gattung *Anodonta* im Zürichsee; *Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 116: 181-192.
- BURLA, Hans [1972]: Die Abundanz von *Anodonta*, *Unio pictorum*, *Viviparus ater*, *Lymnaea auricularia* und *Lymnaea ovata* im Zürichsee, in Abhängigkeit von der Wassertiefe und zu verschiedenen Jahreszeiten; *Vierteljahresschrift naturforschende Gesellschaft Zürich* 117: 129-151.
- COUGHLAN, J. [1969]: The estimation of filtering rate from the clearance of suspensions; *Marine Biology* 2: 356-358.
- DE BRUIN, J.P.C. & DAVIDS, C. [1970]: Observations on the rate of water pumping of the freshwater mussel *Anodonta cygnea zellensis* (Gmelin); *Netherlands Journal of Zoology* 20: 380-391.
- DEHMEL, Heike [1992]: Analyse und Auswertung des vorhandenen Datenmaterials zur Bewertung der Wasserbeschaffenheit der Oder; *Veröffentlichungen des Umweltbundesamtes in der Reihe Texte*; 7/92; Berlin.
- DIN 18123: Bestimmung der Korngrößenverteilung, April 1983.
- DIN 38412 L9: Bestimmung der Hemmwirkung von Wasserinhaltsstoffen auf Grünalgen (*Scenedesmus*-Zellvermehrungs-Hemmtest), 1989.
- DIN 38414: Bestimmung des Glührückstandes und des Glühverlustes der Trockenmasse eines Schlammes, November 1985.

- DORGELLO**, Jaap & **SMEENK**, Jan-Willem [1988]: Contribution to the ecophysiology of *Dreissena polymorpha* (Pallas) (Mollusca: Bivalvia): Growth, filtration rate and respiration; *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 23: 2202-2208.
- ENGEL**, H. [1993]: Über das Wanderverhalten adulter Süßwassermuscheln *Unio crassus* PHILIPSSON 1788 und *Anodonta anatina* (LINNAEUS 1758); *Schriften zur Malakozoologie* 6: 69-78.
- FAMME**, P.; **RIISGÅRD**, H.U. & **JØRGENSEN**, C.B. [1986]: On direct measurement of pumping rates in the mussel *Mytilus edulis*; *Marine Biology* 92: 323-327.
- FLÜGEL**, Hansjürgen & **SCHLIEPER**, Carl [1962]: Der Einfluß physikalischer und chemischer Faktoren auf die Cilienaktivität und Pumprate der Miesmuschel *Mytilus edulis* L.; *Kieler Meeresforschungen* 18: 51-66.
- GLÖER**, P.; **MEIER-BROOK**, C. & **OSTERMANN**, O. [1992]: *Süßwassermollusken, Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland*; 10. erweiterte Auflage; Hamburg (Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtungen).
- GÖTTING**, Klaus-Jürgen [1974]: *Malakozoologie, Grundriß der Weichtierkunde*; Stuttgart (Gustav Fischer).
- GRUNER**, Hans-Eckard (Hrsg.); **KAESTNER**, Alfred (Begr.) [1993]: *Lehrbuch der Speziellen Zoologie, Band 1: Wirbellose Tiere*; 5. Auflage; Jena (Gustav-Fischer).
- HAAS**, F. [1909]: Einige Ratschläge zum Fang der einheimischen Süßwasserbivalven; *Beiträge zur Kenntnisse der mitteleuropäischen Najadeen* 8: 33-41 (als Beilage zum Nachrichten-Blatt der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft).
- HANKE-KRANEN** [1991]: *Wasserstrassenlehre*; Duisburg (Binnenschiffahrts-Verlag).
- HARSANYI**, Alexander [1995]: Die Flußperlmuschel- eine aussterbende Tierart; *Fischer & Teichwirt* 10: 370-372.
- HASTRICH**, Andrea [1993]: *Makrozoobenthon der mittleren und unteren Oder im Herbst 1992*; Diplomarbeit an der Technischen Hochschule Darmstadt.
- HAUKIOJA**, Erkki & **HAKALA**, Tuomo [1974]: Vertical distribution of freshwater mussels (Pelecypoda, Unionidae) in southwestern Finland; *Annales Zoologica Fennici* 11: 127-130.
- HINZ**, W. & **SCHEIL**, H.-G. [1972]: Zur Filtrationsleistung von *Dreissena*, *Sphaerium* und *Pisidium* (Eulamellibranchiata); *Oecologia* 11: 45-54.
- JANSSEN**, H.H. & **DREYER**, H.P. [1981]: A Simple and Cheap Apparatus for the Controlled Feeding of Suspension Feeders; *Marine Biology* 62: 313-315.
- JENNER**, Henk A.; **VAN AERSEN**, Guus & **TERWOERT**, Jeroen [1992]: Valve Movement Behavior of the Mussel *Dreissena polymorpha* and the clam *Unio pictorum* for Use in an Early Warning System. In: Neumann/Jenner (Hrsg.), *The Zebra Mussel Dreissena polymorpha*; *Limnologie aktuell* 4; Stuttgart (Gustav Fischer).
- JØRGENSEN**, C. Barker; **LARSEN**, Poul S. & **RIISGÅRD**, H.U. [1990]: Effects of temperature on the mussel pump; *Marine Ecology progress series* 64: 89-97.
- KARNAUKHOV**, V.N. [1979]: The role of filtration Molluscs rich in cartenoid in the self-cleaning of fresh waters; *Symposia biologica hungarica* 19: 151-167.
- KLEMM**, A.; **LUDWIG**, T.; **OPITZ**, M. & **ZSCHUTZSCHKE**, M. [1994/1995]: Zur Bestandssituation charakteristischer Muschelarten des Gulper Sees; *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* 4 und 1: 19-23.
- KÖHLER**, Wolfgang; **SCHACHTEL**, Gabriel & **VOLESKE**, Peter [1992]: *Biostatistik*; Heidelberg (Springer).
- KÖHNLEIN**, Heiko [1992]: *Buhnenfelder in Schiffahrtswegen*; Diplomarbeit an der Technischen Universität Braunschweig.
- KRYGER**, Jakob & **RIISGÅRD**, Hans Ulrik [1988]: Filtration rate capacities in 6 species of European freshwater bivalves; *Oecologia* 77: 34-38.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA)** [1991]: *Die Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland 1990*; Bonn.
- LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG** [1993]: Eine Zusammenfassung, Auswertung und Bewertung des vorhandenen Informationsmaterials über die Oder und ihre deutschen Nebenflüsse; *Fachbeiträge des Landesumweltamtes* Band 1.
- LANGE**, Gerd (Hrsg.) & **LECHER**, Kurt (Hrsg.) [1986]: *Gewässerregelung Gewässerpflege, Naturnaher Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern*; Hamburg (Paul Parey).
- LEWANDOWSKI**, Krysstof & **STANCZYKOWSKA**, Anna [1975]: The occurrence and role of bivalves of the family *Unionidae* in Mikolajskie Lake; *Ekologia Polska* 23,2: 317-334.
- LEWANDOWSKI**, Krysstof [1990]: *Unionidae of Szeszupa river and of the lakes along its course in Suwalski Landscape Park*; *Ekologia Polska* 38,3-4: 271-286.

- LEWANDOWSKI, Krzysztof [1991]: Long-term changes in the fauna of family Unionidae Bivalves in the Mikolajskie Lake; *Ekologia Polska* 39,2: 265-272.
- MATTHIAS, U. & RÖMPP, S. [1994]: Erprobung des Dreissens-Monitors, eines neuen Biosystems mit der Zebrauschel (*Dreissena polymorpha*), in der Rhein-Gütemeßstation Karlsruhe; *Acta Hydrochemica et Hydrobiologica* 22: 161-165.
- McLUSKY, Donald S. [1973]: The effect of temperature on the oxygen consumption and filtration rate of *Chlamys (Aequipecten) opercularis* (L.) (Bivalvia); *Ophelia* 10: 141-154.
- MENTZEN, Rudolf [1926]: Bemerkungen zur Biologie und Ökologie der mitteleuropäischen Unioniden; *Archiv für Hydrobiologie* 17: 381-393.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND RAUMORDNUNG (Hrsg.) [1992]: *Rote Liste- gefährdete Tiere im Land Brandenburg*, 1. Auflage; Potsdam (Unze-Verlagsgesellschaft).
- MODELL, Hans [1930]: *Unio pictorum schrenckianus* Cless. var. *dicki* nov.var. und die Marsupialsulptur der Unioniden; *Archiv für Molluskenkunde* 62: 224-232.
- MOHLENBERG, F. & RIISGÅRD, H.U. [1979]: Filtration Rate, Using a New Indirect Technique, in Thirteen Species of Suspension-Feeding Bivalves; *Marine Biology* 54: 143-147.
- MORTON, Brian [1970]: Rhythmische Verhaltensweisen bei *Anodonta cygnea* L. und *Unio pictorum* L. und ihre biologische Bedeutung; *forma et functio* 1: 110-119.
- MÜHLENBERG, M. [1993]: *Freilandökologie*; 3. überarbeitete Auflage; Heidelberg (Quelle und Meyer).
- NAVARRO, J.M. & WINTER, J.E. [1982]: Ingestion Rate, Assimilation Efficiency and Energy Balance in *Mytilus chilensis* in Relation to Body size and Different Algal Concentrations; *Marine Biology* 67: 255-266.
- NEGUS, Christina [1966]: A quantitative study of growth and production of Unionid mussels in the river Thames at reading; *Journal of Animal Ecology* 35: 513-532.
- OSTER, Hans [1990]: Lebensweise und Filtriertätigkeit von Süßwassermuscheln; *Fisch und Fang* 12: 46-47.
- PIECHOCKI, Andrzej [1969]: Biologische Beobachtungen von Muscheln aus der Familie *Unionidae* im Flusse Grabia; *Acta Hydrobiologica* 11,1: 57-67.
- PONYI, Jenő E. [1992]: The distribution and biomass of Unionidae [Mollusca, Bivalvia], and the production of *Unio tumidus* RETZIUS in Lake Balaton (Hungary); *Archiv für Hydrobiologie* 125,2: 245-251.
- REMANE, Adolf; STORCH, Volker & WELSCH, Ulrich [1985]: *Kurzes Lehrbuch der Zoologie*; 5., neu bearbeitete Auflage; Stuttgart (Gustav-Fischer).
- SALANKI, Janos & VERO, Mihaly [1969]: Diurnal Rhythm of Activity in freshwater mussel (*Anodonta cygnea* L.) under natural conditions; *Annales Instituti Biologici Tihany Hungaricae* 36: 95-107.
- SCHARF, Rolf & WALTER, Günther [1962]: Biologische, bakteriologische und chemische Untersuchungen im Flußgebiet der unteren Oder; *Wissenschaftliche Zeitschrift der Karl-Marx-Universität, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe* 3.
- SCHWARZ, Ulrike [1993]: *Untersuchung des Makrozoobenthon im Unteren Odertal und seine Bedeutung für die Gewässergütemessung*; Diplomarbeit an der Freien Universität Berlin.
- SCHWOERBEL, Jürgen [1994]: *Methoden der Hydrobiologie*; Stuttgart (Gustav Fischer).
- SHAL`CHYUTE, B.P. [1984]: Ecological and physiological features of bivalve mollusks of the superfamily unionacea; *2. Diet. Liet TSR Mokslu Akad Darb Ser C Biol Mokslai O* 4: 67-71.
- SIEWING, Rolf (Hrsg.) [1985]: *Lehrbuch der Zoologie, Band 2*; 3., völlig neubearbeitete Auflage; Stuttgart (Gustav-Fischer).
- STANCZYKOWSKA; LAWACZ; MATTICE & LEWANDOWSKI [1976]: Bivalves as a factor effecting circulation of matter in Lake Mikolajskie [Poland]; *Limnologia* 10: 347-352.
- STEINBACH, Gunter (Hrsg.) [1990]: *Steinbachs Naturführer, Weichtiere*; München (Mosaik).
- STONE, N.M.; EARLL, R.; HODGSON, A.; MATHER, P.J. & WOODWARD, F.R. [1982]: The distribution of three sympatric mussel species (Bivalve: Unionidae) in Budworth Mere, Cheshire; *Journal of Molluscan Studies* 48: 166-175.
- STRAYER, David L. [1981]: Notes on the Microhabitats of Unionid Mussels in some Michigan Streams; *The American Midland Naturalist* 106, 2: 411-415.
- STROMKARTE DER ODER; im Maßstab 1:2500; von der Wasserschiffahrtsdirektion Ost / Wasserschiffahrtsamt Eberswalde; Neuaufnahme 1956 und ständig aktualisiert.
- SUCCOW, Michael [1992]: Nationalpark Unteres Odertal, Grünes Band zwischen Deutschland und Polen; In: SUCCOW, Michael (Hrsg.); *Unbekanntes Deutschland*: 68-87; Gröbenzell (Tomus).
- TEVESZ, M.J.S. & MCCALL, P. [1979]: Evolution of Substratum Preference in Bivalves (Mollusca); *Journal of Palaeontology* 53: 112-120.

- THEEDE**, Hans [1963]: Experimentelle Untersuchungen über die Filtrationsleistung der Miesmuschel *Mytilus edulis* L.; *Kieler Meeresforschungen* 19: 20-41
- TITTIZER**, Thomas & **SCHLEUTER**, Michael [1991]: Über die Auswirkungen der Schifffahrt auf die biologischen Verhältnisse in den Buhnenfeldern; *Limnologische Berichte der 29. Tagung der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung*; Kiew.
- UHLEMANN**, Hans-Joachim [1981a]: Die Entwicklung der Binnenwasserstraßen und des Verkehrswasserbaus (20), Die Oder; *Binnenschifffahrt* 21.
- UHLEMANN**, Hans-Joachim [1981b]: Die Entwicklung der Binnenwasserstraßen und des Verkehrswasserbaus (21), Die Oder; *Binnenschifffahrt* 22.
- UHLEMANN**, Hans-Joachim [1987]: *Berlin und die Märkischen Wasserstraßen*; Berlin (Verlag für Verkehrswesen).
- ULLRICH**, Anke [1994]: *Experimentelle Untersuchungen über die Elimination von Seston bzw. Schwebstoffen durch benthische Filtrierer*; Diplomarbeit an der Technischen Universität Dresden.
- VALERIUS**, Kurt [1991]: *Populationsbeschreibungen und Dispersionsmessung bei Fluß- und Teichmuscheln (Bivalvia: Unionidae) der Haffenschen Landwehr am Niederrhein*, Diplomarbeit an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln.
- VILCINSKAS**, Andreas, Dr.; Institut für Zoologie der Freien Universität Berlin.
- WÄCHTLER**, Klaus, Prof. Dr.; Institut für Zoologie der Tierärztlichen Hochschule Hannover.
- WALTER**, Günther & **SCHARF**, Rolf [1961]: Das biologische Gütebild der Unteren Oder und der Lausitzer Neisse; *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie* 46,1: 130-161.
- WESENBERG-LUND**, C. [1939]: *Biologie der Süßwassertiere, Wirbellose Tiere*; Wien (Julius Springer).
- WILLIAMS**, D.D. [1984]: The Hyporheic Zone as a Habitat for Aquatic Insects and Associated Arthropods. In: Resh, V.H. (Hrsg.) & Rosenberg, D.M. (Hrsg.), *The Ecology of Aquatic Insects*, New York (Praeger).
- WINTER**, J.E. [1969]: Über den Einfluß der Nahrungskonzentration und anderer Faktoren auf Filtrierleistung und Nahrungsausnutzung der Muscheln *Arctica islandica* und *Modiolus modiolus*; *Marine Biology* 4: 87-135.
- WINTER**, J.E. [1973]: The Filtration Rate of *Mytilus edulis* and Its Dependence on Algal Concentration, Measured by a Continuous Automatic Recording Apparatus; *Marine Biology* 22: 317-328.
- WINTER**, J.E. [1978]: A critical review on some aspects of filter-feeding in lamellibranchiate bivalves; *Haliotis* 9: 71-87.
- WOLFF**, W.J. [1968]: The Mollusca of the estuarine region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt in relation to the hydrography of the area. I. The Unionidae; *Basteria* 32: 13-47.
- ZACHARIAS**, Otto [1907]: Planktonalgen als Molluskennahrung; *Archiv für Hydrobiologie* 2.
- ZETTLER**, Michael; **KOLBOW**, Dörte & **GOSSELCK**, Fritz [1994]: Die Unioniden im Warnow-Einzugsgebiet unter besonderer Berücksichtigung der Bachmuschel (*Unio crassus* PHILIPSSON 1788); *Naturschutzarbeit in Mecklenburg-Vorpommern* 37,2: 30-39.
- ZOOLOGISCHE DATENBANK (ZODABA)** der Bundesanstalt für Gewässerkunde, ständig aktualisiert.

7 Anhänge

Anhangsverzeichnis

Anhang I Muschelphotos	112
Anhang II Nährmedium zur Aufzucht von <i>Scenedesmus subspicatus</i>	114
Anhang III Aufbau des Futterautomats	115
Anhang IV Muschelwiederfänge	116
Anhang V Wasserstände an den Pegelanlagen und in den Bühnenfeldern	117
Anhang VI Chemische und Physikalische Parameter der Bühnenfelder	120
Anhang VII Muschelidentität	123
Anhang VIII Verteilung markierter und unmarkierter Muscheln	133
Anhang IX Wanderung der <i>Unionidae</i>	137
Anhang X Muschelhälterung	145
Anhang XI Eichkurven der Algenlösungen	147
Anhang XII Schreiberaufzeichnung	148

Anhang I Muschelphotos

Abbildung 60: *Unio pictorum* Seitenansicht.

Abbildung 61: *Unio tumidus* Seitenansicht.

Abbildung 62: *Anodonta anatina* Seitenansicht.

Anhang II Nährmedium zur Aufzucht von *Scenedesmus subspicatus*

Tabelle 9: Lösung 1 - Nährsalze.

Inhaltsstoff	Konzentration im Stammansatz g/l
Ammoniumchlorid [NH ₄ Cl]	1,5
Magnesiumchlorid [MgCl ₂ 6H ₂ O]	1,2
Calciumchlorid [CaCl ₂ 2H ₂ O]	1,8
Magnesiumsulfat [MgSO ₄ 7H ₂ O]	1,5
Kaliumdihydrogenphosphat [KH ₂ PO ₄]	0,16

Tabelle 10: Lösung 2 - Eisen-Komplex.

Inhaltsstoff	Konzentration im Stammansatz mg/l
Eisen (III) chlorid [FeCl ₃ 6H ₂ O]	80
Ethylendinitrilotetraacetat-Dinatriumsalz [Na ₂ EDTA 2H ₂ O]	100

Tabelle 11: Lösung 3 - Spurenelemente.

Inhaltsstoff	Konzentration im Stammansatz mg/l
Borsäure [H ₃ BO ₃]	185
Mangan(II)chlorid [MnCl ₂ 4H ₂ O]	415
Zinkchlorid [ZnCl ₂]	3
Cobaltchlorid [CoCl ₂ 6H ₂ O]	1,5
Kupfer(II)chlorid [CuCl ₂ 2H ₂ O]	0,01
Natriummolybdat [Na ₂ MoO ₄ 2H ₂ O]	7

Tabelle 12: Lösung 4 - Natriumdihydrogencarbonat.

Inhaltsstoff	Konzentration im Stammansatz g/l
Natriumdihydrogencarbonat [NaHCO ₃]	50

Alle Lösungen werden mit destilliertem Wasser auf ein Volumen von 1 Liter aufgefüllt. Die Lösungen 1-3 werden sterilisiert, die Lösung 4 muß steril filtriert werden. Die eigentliche Nährlösung enthält 870 ml H₂O dest., 100 ml der ersten Lösung und jeweils 10 ml der Lösungen 2 bis 4. Die Nährlösung hat nach der Gleichgewichtseinstellung mit der Luft z.B. durch Luftkontakt über Nacht oder durch halbstündiges Belüften einen pH-Wert von etwa 8,2.

Anhang III Aufbau des Futterautomats

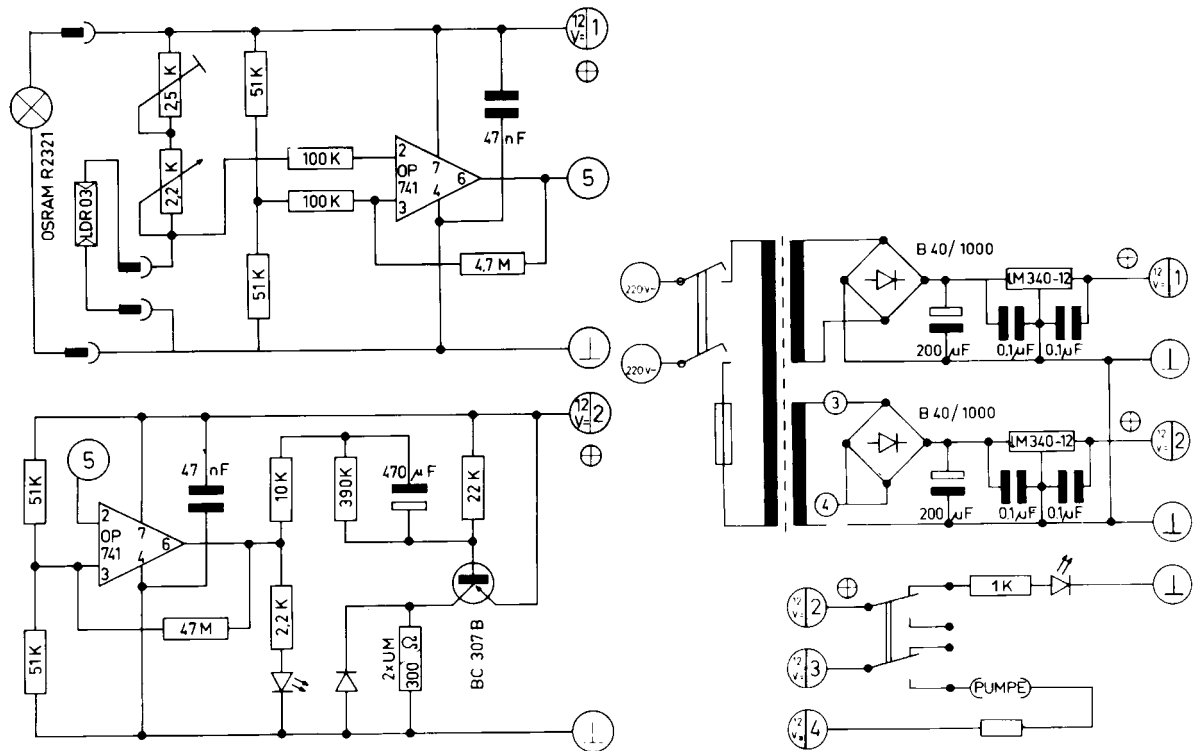


Abbildung 63: Schaltbild.

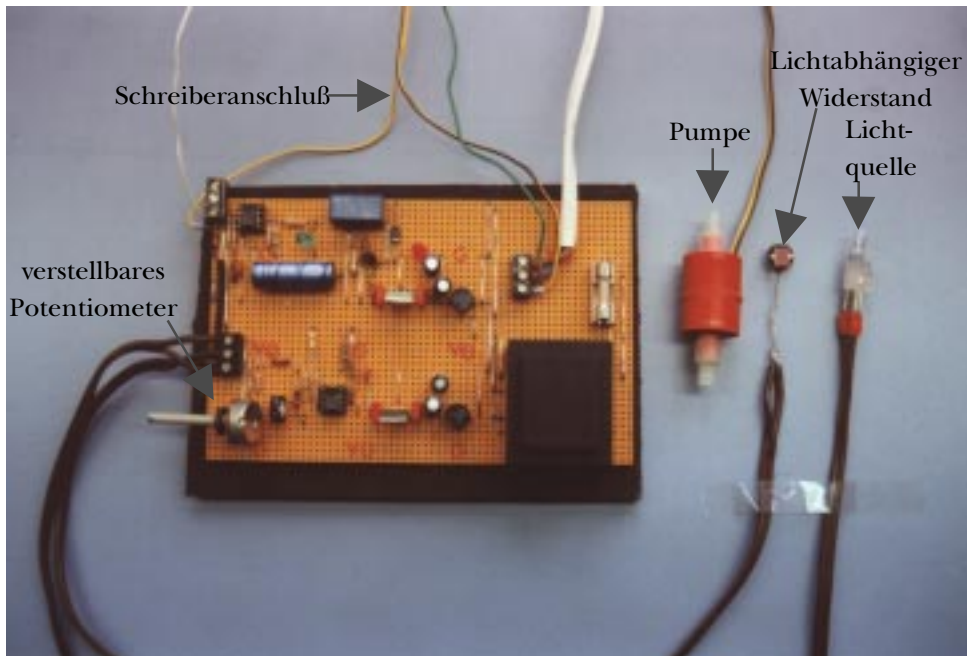


Abbildung 64: Originalbild der Steuereinheit.

Anhang IV Muschelwiederfänge

Tabelle 13: Die Wiederfanghäufigkeit der einzelnen Arten im Bühnenfeld 648.

Häufigkeit der Wiederfänge	<i>Anodonta anatina</i>	<i>Anodonta cygnea</i>	<i>Unio pictorum</i>	<i>Unio tumidus</i>	Summe
	Anzahl der Individuen				
0 mal	16	1	23	16	56
1 mal	13	1	13	17	44
2 mal	15	1	15	20	51
3 mal	32	-	15	27	74
4 mal	22	2	13	15	52
5 mal	12	3	8	17	40
6 mal	6	-	2	7	15
7 mal	7	1	1	-	9
Summe	123	9	90		341

Tabelle 14: Die Wiederfanghäufigkeit der einzelnen Arten im Bühnenfeld 670.

Häufigkeit der Wiederfänge	<i>Anodonta anatina</i>	<i>Unio pictorum</i>	<i>Unio tumidus</i>	Summe
	Anzahl der Individuen			
0 mal	26	6	16	48
1 mal	32	7	11	50
2 mal	17	3	2	22
3 mal	10	1	1	12
4 mal	6	1	-	7
5 mal	4	2	-	6
6 mal	3	-	-	3
Summe	98	20	30	148

Anhang V Wasserstände an den Pegelanlagen und in den Bühnenfeldern

Tabelle 15: Wasserstände in Kienitz, Hohensaaten, Schwedt und in den Bühnenfeldern 648 und 670.

Zeit	Kienitz	Hohensaaten Schleuse	Schwedt Oderbrücke	Bühne 648	Bühne 670
12. Jun	340	427	597		
13. Jun					
14. Jun	336	423	607		
15. Jun	343	426	594		
16. Jun	349	427	592		
17. Jun	364	438	595		
18. Jun	383	453	605		
19. Jun	390	464	616		
20. Jun	393	474	623		
21. Jun	392	480	640		
22. Jun	389	479	648		
23. Jun	385	476	647		
24. Jun	377	472	641		
25. Jun					
26. Jun	362	457	632		
27. Jun	350	446	622		
28. Jun	345	439	611		
29. Jun	338	426	599		
30. Jun	333	426	596		
01. Jul	326	416	592		
02. Jul	319	406	584		
03. Jul	328	408	582		
04. Jul	339	418			
05. Jul	343	426	592		
06. Jul	334	424	596		
07. Jul	324	414	587		
08. Jul	318	407	586		
09. Jul					
10. Jul	306	394	591		
11. Jul	314	392	592		
12. Jul	308	397	581	153	152
13. Jul	301	389	572		
14. Jul	289	375	565		
15. Jul	287	373	567		
16. Jul	279	368	562		
17. Jul	278	367	563		
18. Jul	272	356	550		
19. Jul	269	350	543		
20. Jul	269	348	550	103	
21. Jul	270	347	545		
22. Jul	270	347	557		115
23. Jul	276	349	561		
24. Jul	277	356	557		
25. Jul	267	351	558		
26. Jul	261	345	560		
27. Jul				93	108
28. Jul	253	332	545		
29. Jul					

-Fortsetzung-

Zeit	Kienitz	Hohensaaten Schleuse	Schwedt Oderbrücke	Buhne 648	Buhne 670
30. Jul					
31. Jul	255	335	548		
01. Aug	253	332	549		
02. Aug	246	328	545		
03. Aug				90	83
04. Aug					
05. Aug					
06. Aug					
07. Aug	238	314	521		
08. Aug	233	314	544		
09. Aug	230	303	535	67	
10. Aug	226	301	529		61
11. Aug	227	299	531		
12. Aug	226	300	523		
13. Aug					
14. Aug	212	286	526		
15. Aug	213	290	529		
16. Aug	207	288	532		
17. Aug	207	283	529	50	50
18. Aug	205	282	523		
19. Aug					
20. Aug	206	281	532		
21. Aug	206	278	538		
22. Aug	206	276	523		
23. Aug	211	281	513	54	57
24. Aug	204	279	518		
25. Aug	200	271	513		
26. Aug					
27. Aug	202	273	523		
28. Aug	206	272	525		
29. Aug	211	280	550		
30. Aug	211	284	573		
31. Aug	218	291		55	57
01. Sep	223	297			
02. Sep		305	574		
03. Sep	247	312	566		
04. Sep	264	325	555		
05. Sep	286	350	549		
06. Sep	288	359	555		
07. Sep	288	360	552		
08. Sep	285	360	554		
09. Sep	283	356	561		
10. Sep					
11. Sep	278	358	546		
12. Sep	282	350	544		
13. Sep	282	355	546		
14. Sep				121	124
15. Sep	269	346	548		
16. Sep	268	341	551		
17. Sep	267	344	548		
18. Sep	267	333	537		
19. Sep	277	342	533		
20. Sep	284	354	539		
21. Sep	289	360	563		
22. Sep	296	363	549		
23. Sep	309	374	546		
24. Sep	311	385	549		

-Fortsetzung-

Zeit	Kienitz	Hohensaaten Schleuse	Schwedt Oderbrücke	Buhne 648	Buhne 670
25. Sep	309	384		153	
26. Sep	308	381	547		
27. Sep	309	382	547		
28. Sep	309	381	553		
29. Sep	309	381	552		
30. Sep	313	384	564		
01. Okt	314	387	591		
02. Okt	312	388	586		
03. Okt	310	385	574		
04. Okt	312	384	571		
05. Okt	314	386	569		
06. Okt	313	387	574		
07. Okt	312	387			
08. Okt	310	385	563		
09. Okt	308	384	566		
10. Okt	307	383	567		
11. Okt	306	383	572		
12. Okt	303	378	572		
13. Okt	301	377	568		
14. Okt	298	375	567		
15. Okt	295	369	565		
16. Okt	295	368	565		
17. Okt	297	371	562		
18. Okt	295	369	550		
19. Okt	293	366	552		141
20. Okt	291	365	558		

Anhang VI Chemische und Physikalische Parameter der Bühnenfelder

Tabelle 16: Die Werte sämtlicher aufgenommenen physikalischer und chemischer Parameter in den beiden Bühnenfelder.

-Fortsetzung-

-Fortsetzung-

Anhang VII Muschelidentität

Tabelle 17: Identität (Buhne, Markierungsdatum, Art, Markierungscode, Maße) aller markierten Muscheln.

aa = *Anodonta anatina*; ac = *Anodonta cygnea*; up = *Unio pictorum*; ut = *Unio tumidus*

Muschelnummer	Art	Buhne	Markierungsdatum	Maße: L x H x B in cm	Markierungscode	Sonstiges
1	aa	648	29.06.1995	6,2 x 4,32 x 2,02	weiß weiß weiß	
2	up	648	29.06.1995	8,64 x 3,69 x 2,82	weiß weiß weiß	
3	up	648	29.06.1995	7,39 x 3,10 x 2,27	schw. schw. schw.	
4	ut	648	29.06.1995	7,95 x 3,99 x 2,74	blau blau blau	
5	ut	648	29.06.1995	8,58 x 4,16 x 2,93	gelb gelb gelb	
6	ut	648	29.06.1995	8,16 x 4,01 x 2,61	grün grün grün	
7	up	670	29.06.1995	6,95 x 2,87 x 2,37	weiß rot	
8	up	670	29.06.1995	7,24 x 3,28 x 2,34	weiß rot	
10	ut	670	29.06.1995	8,14 x 4,31 x 2,63	weiß blau	B-verlust 1 tumidus
11	ut	670	29.06.1995	9,33 x 4,78 x 3,27	weiß blau	B-verlust 1 tumidus
12	ut	670	29.06.1995	9,15 x 4,67 x 3,04	weiß blau	B-verlust 1 tumidus
13	ut	670	29.06.1995	7,23 x 3,66 x 2,57	weiß blau	B-verlust 1 tumidus
14	ut	670	29.06.1995	7,55 x 3,73 x 2,65	weiß blau	B-verlust 1 tumidus
15	ut	670	29.06.1995	7,41 x 3,68 x 2,63	weiß blau	B-verlust 1 tumidus
16	ut	670	29.06.1995	9,29 x 4,47 x 2,89	weiß blau	B-verlust 1 tumidus
17	ut	670	29.06.1995	8,8 x 4,42 x 2,8	weiß blau	B-verlust 1 tumidus
18	ut	670	29.06.1995	9,14 x 4,61 x 2,95	weiß blau	B-verlust 1 tumidus
19	ut	670	29.06.1995	6,88 x 3,43 x 2,42	weiß blau	B-verlust 1 tumidus
20	ut	670	29.06.1995	5,27 x 2,64 x 2,87	weiß blau	B-verlust 1 tumidus
21	aa	670	29.06.1995	9,39 x 5,56 x 3,22	weiß grün	B-verlust 2 anatina
22	aa	670	29.06.1995	8,8 x 5,04 x 3,08	weiß grün	B-verlust 2 anatina
23	aa	670	29.06.1995	6,5 x 4,24 x 2,18	weiß grün	B-verlust 2 anatina
24	aa	670	29.06.1995	7,78 x 4,78 x 2,57	weiß grün	B-verlust 2 anatina
25	aa	670	29.06.1995	9,97 x 6,23 x 3,69	weiß grün	B-verlust 2 anatina
26	aa	670	29.06.1995	8,64 x 5,44 x 2,64	weiß grün	B-verlust 2 anatina
27	aa	670	29.06.1995	8,08 x 4,97 x 2,34	weiß blau	B-verlust 2 anatina
28	aa	670	29.06.1995	10,56 x 5,75 x 3,7	weiß blau	B-verlust 2 anatina
29	ut	648	12.07.1995	7,77 x 3,78 x 2,59	Ballon gelb 30	
30	ut	648	12.07.1995	9,17 x 4,59 x 2,76	Ballon gelb 13	
31	ut	648	12.07.1995	8,04 x 3,84 x 2,83	Ballon gelb 18	
32	ac	648	12.07.1995	6,78 x 4,77 x 2,15	Ballon gelb 7	
33	ut	648	12.07.1995	8,6 x 3,99 x 2,65	Ballon gelb 14	
34	aa	648	12.07.1995	8,64 x 5,6 x 3,05	Ballon gelb 27	
35	up	648	12.07.1995	8,25 x 3,9 x 2,67	Ballon gelb 4	
36	aa	648	12.07.1995	9,18 x 5,19 x 3,11	Ballon gelb 22	
37	aa	648	12.07.1995	7,99 x 4,91 x 2,66	Ballon gelb 10	
38	up	648	12.07.1995	8,55 x 3,75 x 2,52	Ballon gelb 32	
39	up	648	12.07.1995	7,96 x 3,95 x 2,28	Ballon gelb 34	
40	ut	648	12.07.1995	8,99 x 4,06 x 2,79	Ballon gelb 29	
41	aa	648	12.07.1995	7,87 x 4,69 x 2,68	Ballon gelb 6	
42	ac	648	12.07.1995	10,5 x 6,09 x 3,95	Ballon gelb 1	
43	aa	648	12.07.1995	9,95 x 4,45 x 3,23	Ballon gelb 8	
44	aa	648	12.07.1995	7,84 x 4,96 x 2,67	Ballon gelb 24	
45	ut	648	12.07.1995	8,77 x 4,16 x 2,82	Ballon gelb 3	
46	ut	648	12.07.1995	7,5 x 3,57 x 2,5	Ballon gelb 26	

-Fortsetzung-

Muschelnummer	Art	Buhne	Markierungsdatum	Maße: L x H x B in cm	Markierungscode	Sonstiges
47	aa	648	12.07.1995	8,06 x 5 x 2,87	Ballon gelb 2	
48	up	648	12.07.1995	5,88 x 3,92 x 2,55	Ballon gelb 9	
49	ut	648	12.07.1995	9,12 x 4,43 x 2,65	Ballon gelb 31	
50	ut	648	12.07.1995	8,71 x 4,29 x 3,92	Ballon gelb 25	
51	up	648	12.07.1995	8,19 x 3,55 x 2,54	Ballon gelb 5	
52	ut	648	12.07.1995	8,55 x 4 x 2,76	Ballon gelb 17	
53	ac	648	12.07.1995	9,73 x 6,18 x 3,37	Ballon gelb 33	
54	ut	648	12.07.1995	8,64 x 4,05 x 2,78	Ballon gelb 19	
55	ut	648	12.07.1995	8,28 x 4,15 x 2,7	Ballon gelb 12	
56	aa	648	12.07.1995	9,66 x 5,96 x 3,5	Ballon gelb 15	
57	ut	648	12.07.1995	8,23 x 4,16 x 2,55	Ballon gelb 16	
58	ut	648	12.07.1995	8,59 x 4,2 x 2,78	Ballon gelb 23	
59	aa	648	12.07.1995	6,5 x 4,16 x 2,78	Ballon gelb 11	
60	ut	648	12.07.1995	8,87 x 4,04 x 2,87	Ballon gelb 20	
61	up	648	12.07.1995	8,5 x 3,75 x 2,7	Ballon gelb 37	
62	up	648	12.07.1995	7,15 x 3 x 2,19	Ballon gelb 28	
63	ut	648	12.07.1995	4,96 x 2,5 x 1,75	Ballon gelb 21	
64	up	648	12.07.1995	7,1 x 3,19 x 2,19	Ballon gelb 36	
65	ut	648	12.07.1995	8,47 x 4,14 x 2,93	Ballon gelb 58	
66	ut	648	12.07.1995	7,49 x 3,69 x 2,28	Ballon gelb 48	
67	ut	648	12.07.1995	7 x 3,49 x 2,39	Ballon gelb 70	
68	up	648	12.07.1995	9,37 x 4,02 x 2,79	Ballon gelb 63	
69	aa	648	12.07.1995	9,05 x 5,45 x 3,19	Ballon gelb 54	
70	ut	648	12.07.1995	8,39 x 4,28 x 2,79	Ballon gelb 50	
71	up	648	12.07.1995	8,8 x 3,59 x 2,49	Ballon gelb 42	
72	up	648	12.07.1995	7,68 x 3,44 x 2,39	Ballon gelb 65	
73	aa	648	12.07.1995	8,68 x 5,5 x 2,75	Ballon gelb 45	
74	ut	648	12.07.1995	8,5 x 4,14 x 2,84	Ballon gelb 51	
75	ut	648	12.07.1995	7,75 x 3,8 x 2,65	Ballon gelb 59	
76	up	648	12.07.1995	9,05 x 3,96 x 2,75	Ballon gelb 43	
77	ut	648	12.07.1995	7,5 x 3,64 x 2,66	Ballon gelb 71	
78	aa	648	12.07.1995	8,96 x 5,18 x 3,16	Ballon gelb 69	
79	up	648	12.07.1995	9,39 x 3,78 x 2,68	Ballon gelb 73	
80	up	648	12.07.1995	8,55 x 3,5 x 2,8	Ballon gelb 56	
81	ut	648	12.07.1995	9,05 x 4,66 x 3,09	Ballon gelb 37	
82	up	648	12.07.1995	7,96 x 3,87 x 2,75	Ballon gelb 62	
83	ut	648	12.07.1995	8,2 x 4 x 2,85	Ballon gelb 66	
84	ut	648	12.07.1995	7,84 x 4,04 x 2,59	Ballon gelb 41	alte Bojenmuschel
85	ut	648	12.07.1995	6,88 x 3,37 x 2,45	Ballon gelb 57	
86	aa	648	12.07.1995	8,63 x 5,2 x 2,75	Ballon gelb 68	
87	up	648	12.07.1995	8,35 x 3,57 x 2,5	Ballon gelb 38	
88	ac	648	12.07.1995	11,46 x 7 x 4,27	Ballon gelb 52	
89	up	648	12.07.1995	8,76 x 4,16 x 3,66	Ballon gelb 72	Tod am 3.8.95
90	ut	648	12.07.1995	7,05 x 3,1 x 2,08	Ballon gelb 53	
91	ut	648	12.07.1995	7,95 x 3,96 x 2,75	Ballon gelb 46	
92	up	648	12.07.1995	8,55 x 3,55 x 2,45	Ballon gelb 47	
93	up	648	12.07.1995	7,4 x 3,94 x 2,46	Ballon gelb 55	
94	ut	648	12.07.1995	6,64 x 2,9 x 2,05	Ballon gelb 44	
95	aa	648	12.07.1995	8,16 x 5,2 x 2,73	Ballon gelb 67	
96	ut	648	12.07.1995	8,4 x 4,1 x 2,85	Ballon gelb 59	
97	ut	648	12.07.1995	7,3 x 3,65 x 2,37	Ballon gelb 61	

-Fortsetzung-

Muschelnummer	Art	Buhne	Markierungsdatum	Maße: L x H x B in cm	Markierungscode	Sonstiges
98	ut	648	12.07.1995	6,96 x 3,45 x 2,32	Ballon gelb 40	
99	ut	648	12.07.1995	7,95 x 4 x 2,69	Ballon rot 1	
100	ut	648	12.07.1995	8,1 x 4,28 x 2,75	Ballon rot 2	
101	ut	648	12.07.1995	8 x 3,65 x 2,47	Ballon rot 3	
102	ut	648	12.07.1995	9,25 x 4,5 x 3,01	Ballon rot 4	
103	up	648	12.07.1995	7,05 x 3,65 x 2,46	Ballon rot 5	
104	ut	648	12.07.1995	7,65 x 3,15 x 2,3	Ballon rot 6	
105	aa	648	12.07.1995	9,26 x 5,25 x 2,97	Ballon rot 7	
106	aa	670	14.07.1995	9,16 x 5,66 x 3,15	Biene rot 1	
107	aa	670	14.07.1995	9,92 x 6,15 x 3,58	Biene rot 2	
108	up	670	14.07.1995	7,97 x 3,38 x 2,48	Biene rot 3	
109	aa	670	14.07.1995	8,92 x 5,66 x 3,05	Biene rot 4	
110	up	670	14.07.1995	9,36 x 4,15 x 2,98	Biene rot 5	
111	aa	670	14.07.1995	8,3 x 4,82 x 2,94	Biene rot 6	
112	aa	670	14.07.1995	9,52 x 5,62 x 4,15	Biene rot 7	
113	aa	670	14.07.1995	9,1 x 5,45 x 3,17	Biene rot 8	
114	aa	670	14.07.1995	8,42 x 5,81 x 2,98	Biene rot 9	
115	ut	670	14.07.1995	7,33 x 3,85 x 2,58	Biene rot 10	
116	up	670	14.07.1995	9,63 x 4,26 x 2,93	Biene rot 11	
117	aa	670	14.07.1995	8,75 x 3,59 x 2,53	Biene rot 12	
118	aa	670	14.07.1995	8,79 x 5,4 x 2,97	Biene rot 13	
119	up	670	14.07.1995	9,12 x 3,85 x 2,94	Biene rot 14	
120	aa	670	14.07.1995	8,97 x 5,3 x 3,08	Biene rot 15	
121	ut	670	14.07.1995	8,35 x 4,16 x 2,59	Biene rot 16	
122	up	670	14.07.1995	9,11 x 3,75 x 2,74	Biene rot 17	
123	aa	670	14.07.1995	11,23 x 6,91 x 4,19	Biene rot 18	
124	aa	670	14.07.1995	7,77 x 5,15 x 2,88	Biene rot 19	
125	aa	670	14.07.1995	9,68 x 6,32 x 3,62	Biene rot 20	
126	ut	670	14.07.1995	8,81 x 4,55 x 2,87	Biene rot 21	
127	ut	670	14.07.1995	6,31 x 2,82 x 1,76	Biene rot 22	
128	ut	670	14.07.1995	6,62 x 3,25 x 2,31	Biene rot 23	
129	up	670	14.07.1995	7,81 x 3,45 x 2,52	Biene rot 24	
130	aa	670	14.07.1995	7,23 x 4,78 x 2,1	Biene rot 25	
131	aa	670	14.07.1995	8,69 x 5,32 x 3,25	Biene rot 26	
132	aa	670	14.07.1995	9,58 x 5,78 x 3,33	Biene rot 27	
133	aa	670	14.07.1995	9,61 x 5,9 x 3,78	Biene rot 28	
134	aa	670	14.07.1995	7,63 x 5,14 x 2,48	Biene rot 29	
135	aa	670	14.07.1995	8,59 x 5,53 x 3,33	Biene rot 30	
136	up	670	14.07.1995	7,44 x 1,13 x 2,38	Biene rot 31	
137	ut	670	14.07.1995	9,12 x 1,16 x 2,9	Biene rot 32	
138	up	670	14.07.1995	7 x 3,03 x 2,25	Biene rot 33	
139	aa	670	14.07.1995	7,28 x 4,59 x 2,65	Biene rot 34	
140	up	670	14.07.1995	8,48 x 3,72 x 2,73	Biene rot 35	Bojenmuschel Nr. 9
141	aa	670	14.07.1995	9,81 x 6,23 x 3	Biene rot 36	
142	aa	670	14.07.1995	10,94 x 6,4 x 3,6	Biene rot 37	
143	ut	670	14.07.1995	8,64 x 4,5 x 2,91	Biene rot 39	
144	up	670	14.07.1995	7,81 x 3,22 x 2,18	Biene rot 40	
145	up	670	14.07.1995	5,16 x 2,08 x 1,52	Biene rot 41	
146	aa	670	14.07.1995	8,55 x 5,46 x 3,14	Biene rot 42	
147	aa	670	14.07.1995	8,78 x 5,52 x 2,61	Biene rot 43	
148	aa	670	14.07.1995	9,73 x 6,52 x 2,95	Biene rot 44	

-Fortsetzung-

Muschelnummer	Art	Buhne	Markierungsdatum	Maße: L x H x B in cm	Markierungscode	Sonstiges
149	ut	670	14.07.1995	8,36 x 4,42 x 2,8	Biene rot 45	
150	aa	670	14.07.1995	8,31 x 5,51 x 3,01	Biene rot 46	
151	ut	670	14.07.1995	7,32 x 3,78 x 2,69	Biene rot 47	alte Bojenmuschel
152	ut	670	14.07.1995	7,39 x 3,85 x 2,55	Biene rot 48	
153	aa	670	14.07.1995	10,68 x 6,52 x 4,28	Biene rot 49	
154	ut	670	14.07.1995	9,1 x 4,45 x 2,96	Biene rot 50	alte Bojenmuschel
155	aa	670	14.07.1995	8,52 x 5,1 x 2,62	Biene rot 51	
156	aa	670	14.07.1995	8,48 x 5,65 x 2,82	Biene rot 52	
157	ut	670	14.07.1995	7,57 x 3,82 x 2,63	Biene rot 53	alte Bojenmuschel
158	ut	670	14.07.1995	8,79 x 4,45 x 2,78	Biene rot 54	alte Bojenmuschel
159	aa	670	14.07.1995	8,71 x 5,57 x 2,76	Biene rot 55	alte Bojenmuschel
160	aa	670	14.07.1995	9,95 x 6,41 x 4,01	Biene rot 56	alte Bojenmuschel
161	aa	670	14.07.1995	7,09 x 5 x 2,51	Biene rot 57	
162	aa	670	14.07.1995	9,22 x 5,37 x 3,14	Biene rot 58	
163	aa	670	14.07.1995	7,53 x 4,97 x 2,26	Biene rot 59	
164	aa	648	20.07.1995	8,95 x 5,47 x 2,83	Biene gelb 1	
165	up	648	20.07.1995	7,73 x 3,37 x 2,36	Biene gelb 2	
166	ut	648	20.07.1995	8,89 x 4,45 x 2,68	Biene gelb 3	
167	ut	648	20.07.1995	7,92 x 4,7 x 2,79	Biene gelb 4	
168	ut	648	20.07.1995	7,56 x 4,05 x 2,81	Biene gelb 5	
169	ut	648	20.07.1995	8,46 x 4,05 x 2,66	Biene gelb 6	
170	ut	648	20.07.1995	8,61 x 4,38 x 2,62	Biene gelb 7	
171	up	648	20.07.1995	8,39 x 3,83 x 3,72	Biene gelb 8	
172	up	648	20.07.1995	8,49 x 3,35 x 2,45	Biene gelb 9	
173	ut	648	20.07.1995	9,38 x 4,75 x 3,01	Biene gelb 10	
174	ut	648	20.07.1995	8,16 x 3,94 x 3,61	Biene gelb 11	
175	ut	648	20.07.1995	8,58 x 4,54 x 2,83	Biene gelb 12	
176	ut	648	20.07.1995	8,19 x 4,06 x 2,73	Biene gelb 13	
177	ut	648	20.07.1995	8,04 x 4,1 x 2,51	Biene gelb 14	
178	ut	648	20.07.1995	7,38 x 3,7 x 2,27	Biene gelb 15	
179	up	648	20.07.1995	7,49 x 3,07 x 2,15	Biene gelb 16	
180	ut	648	20.07.1995	8,37 x 4,01 x 2,71	Biene gelb 17	
181	aa	648	20.07.1995	8,03 x 5,15 x 2,92	Biene gelb 18	
182	ut	648	20.07.1995	8,51 x 4,08 x 2,79	Biene gelb 19	
183	aa	648	20.07.1995	7,89 x 5 x 2,68	Biene gelb 20	
184	up	648	20.07.1995	9,37 x 3,95 x 2,66	Biene gelb 21	
185	ut	648	20.07.1995	7,46 x 3,56 x 2,53	Biene gelb 22	
186	aa	648	20.07.1995	8,85 x 5,48 x 3,31	Biene gelb 23	
187	up	648	20.07.1995	8,49 x 3,59 x 2,43	Biene gelb 24	
188	ut	648	20.07.1995	5,79 x 2,75 x 1,82	Biene gelb 25	
189	aa	648	20.07.1995	8,92 x 4,93 x 2,78	Biene gelb 26	
190	aa	648	20.07.1995	8,92 x 5,44 x 3,14	Biene gelb 27	
191	aa	648	20.07.1995	9,25 x 5,64 x 2,91	Biene gelb 28	
192	ut	648	20.07.1995	8,23 x 4,06 x 2,66	Biene gelb 29	alte Markierungsstelle
193	ut	648	20.07.1995	6,32 x 3,1 x 2,21	Biene gelb 30	
194	up	648	20.07.1995	8,66 x 3,64 x 2,23	Biene gelb 31	
195	ut	648	20.07.1995	7,23 x 3,64 x 2,31	Biene gelb 32	
196	up	648	20.07.1995	7 x 3,06 x 2,09	Biene gelb 33	
197	aa	648	20.07.1995	8,75 x 5,55 x 3,08	Biene gelb 34	
198	aa	648	20.07.1995	8,1 x 5,14 x 3,2	Biene gelb 35	
199	ut	648	20.07.1995	8,48 x 3,79 x 2,78	Biene gelb 36	

-Fortsetzung-

Muschelnummer	Art	Buhne	Markierungsdatum	Maße: L x H x B in cm	Markierungscode	Sonstiges
200	aa	648	20.07.1995	8,49 x 5,28 x 2,64	Biene gelb 37	
201	ut	648	20.07.1995	8,91 x 4,37 x 2,96	Biene gelb 38	
202	ut	648	20.07.1995	7,08 x 3,37 x 2,44	Biene gelb 39	
203	up	648	20.07.1995	8,46 x 3,65 x 2,66	Biene gelb 40	
204	ut	648	20.07.1995	8,67 x 4,21 x 2,61	Biene gelb 41	
205	ut	648	20.07.1995	7,18 x 3,65 x 2,4	Biene gelb 42	
206	ut	648	20.07.1995	8,46 x 9,2 x 2,82	Biene gelb 43	
207	ut	648	20.07.1995	8,34 x 4,24 x 2,58	Biene gelb 44	
208	ut	648	20.07.1995	7,72 x 3,82 x 2,74	Biene gelb 45	
209	ut	648	20.07.1995	9,05 x 4,35 x 3,02	Biene gelb 46	
210	ut	648	20.07.1995	8,99 x 4,44 x 3	Biene gelb 47	
211	aa	648	20.07.1995	9,64 x 5,35 x 3,3	Biene gelb 48	
212	ut	648	20.07.1995	7,72 x 3,6 x 2,57	Biene gelb 49	
213	aa	648	20.07.1995	8,2 x 4,95 x 3,15	Biene gelb 50	
214	ut	648	20.07.1995	8,99 x 4,55 x 3,03	Biene gelb 51	
215	up	648	20.07.1995	9,51 x 3,94 x 3	Biene gelb 52	tot am 14.9.95
216	ut	648	20.07.1995	8,77 x 4,49 x 3,11	Biene gelb 53	
217	ut	648	20.07.1995	9,2 x 4,27 x 2,66	Biene gelb 54	
218	up	648	20.07.1995	7,78 x 3,05 x 2,28	Biene gelb 55	
219	up	648	20.07.1995	8,37 x 3,21 x 2,32	Biene gelb 56	
220	up	648	20.07.1995	8,73 x 3,65 x 2,5	Biene gelb 57	
221	ut	648	20.07.1995	7,61 x 3,62 x 2,51	Biene gelb 58	
222	aa	648	20.07.1995	7,54 x 5,07 x 2,73	Biene gelb 59	
223	ut	648	20.07.1995	8,64 x 3,32 x 2,6	Biene gelb 60	
224	ut	648	20.07.1995	7,69 x 3,93 x 2,8	Biene gelb 61	
225	aa	648	20.07.1995	8,86 x 5,55 x 3,1	Biene gelb 62	
226	ut	648	20.07.1995	7,91 x 3,53 x 2,45	Biene gelb 63	
227	up	648	20.07.1995	8,9 x 3,55 x 2,39	Biene gelb 64	
228	aa	648	20.07.1995	9,24 x 5,54 x 3,37	Biene gelb 65	
229	ut	648	20.07.1995	8,8 x 4,17 x 2,94	Biene gelb 66	
230	ut	648	20.07.1995	8,73 x 4,37 x 2,99	Biene gelb 67	
231	up	648	20.07.1995	9,56 x 3,85 x 2,68	Biene gelb 68	
232	aa	648	20.07.1995	8,64 x 5,36 x 3,03	Biene gelb 69	
233	ut	648	20.07.1995	8,1 x 3,5 x 2,58	Biene gelb 70	
234	ut	648	20.07.1995	7,78 x 3,23 x 2,71	Biene gelb 71	
235	ut	648	20.07.1995	8,82 x 4,55 x 2,92	Biene gelb 72	
236	ut	648	20.07.1995	8,8 x 4,45 x 2,64	Biene gelb 73	
237	up	648	20.07.1995	7,73 x 3,52 x 2,47	Biene gelb 74	
238	aa	648	20.07.1995	7,84 x 5,04 x 2,61	Biene gelb 75	
239	up	648	20.07.1995	7,38 x 3,15 x 2,03	Biene gelb 76	
240	up	648	20.07.1995	8,16 x 3,55 x 2,79	Biene gelb 77	
241	aa	648	20.07.1995	8,76 x 5,16 x 3,54	Biene gelb 78	
242	ut	648	20.07.1995	7,64 x 4,03 x 2,5	Biene gelb 79	
243	up	648	20.07.1995	8,87 x 3,73 x ?	Biene gelb 80	
244	aa	648	20.07.1995	9,1 x 5,35 x 3,11	Biene gelb 81	
245	aa	648	20.07.1995	8,82 x 5,52 x 2,54	Biene gelb 82	
246	ut	648	20.07.1995	7,93 x 3,64 x 2,72	Biene gelb 83	
247	up	648	20.07.1995	9,14 x 4,08 x 2,67	Biene gelb 84	
248	aa	648	20.07.1995	9,14 x 5,87 x 3,18	Biene gelb 85	
249	aa	648	20.07.1995	7,24 x 5 x 2,37	Biene gelb 86	
250	up	648	20.07.1995	8,53 x 3,64 x 2,86	Biene gelb 87	

-Fortsetzung-

Muschelnummer	Art	Buhne	Markierungsdatum	Maße: L x H x B in cm	Markierungscode	Sonstiges
251	aa	648	20.07.1995	9 x 5,37 x 3,34	Biene gelb 88	
252	ac	648	20.07.1995	10,45 x 5,8 x 4,06	Biene gelb 89	
253	aa	648	20.07.1995	9,34 x 5,41 x 3,7	Biene gelb 90	
254	ut	648	20.07.1995	8,35 x 3,96 x 2,94	Biene gelb 91	
255	ut	648	20.07.1995	7,18 x 3,81 x 2,46	Biene gelb 92	
256	ut	648	20.07.1995	7,66 x 3,65 x 2,51	Biene gelb 93	
257	aa	648	20.07.1995	9 x 5,85 x 3,9	Biene gelb 94	
258	aa	648	20.07.1995	9,8 x 5,68 x 3,3	Biene gelb 95	
259	aa	648	20.07.1995	9,6 x 6,15 x 2,91	Biene gelb 96	
260	ut	648	20.07.1995	7,84 x 4,14 x 2,95	Biene gelb 98	
261	aa	648	20.07.1995	6,42 x 4,46 x 2,43	Biene gelb 99	Markierungsstelle
262	up	648	20.07.1995	7,5 x 3,75 x 2,73	Biene rot 60	
263	ut	648	20.07.1995	8,3 x 4,39 x 2,79	Biene rot 61	
264	up	648	20.07.1995	9,37 x 4,31 x 3,05	Biene rot 62	
265	ut	648	20.07.1995	8,95 x 4,5 x 2,82	Biene rot 63	
266	ut	648	20.07.1995	8,38 x 4,14 x 2,75	Biene rot 64	
267	ut	648	20.07.1995	8,14 x 3,99 x 2,51	Biene rot 65	
268	ut	648	20.07.1995	8,17 x 4,2 x 2,71	Biene rot 66	
269	ut	648	20.07.1995	8,5 x 4 x 2,89	Biene rot 67	
270	ut	648	20.07.1995	8,39 x 4 x 2,56	Biene rot 68	
271	ut	648	20.07.1995	7,95 x 4,06 x 2,91	Biene rot 69	
272	ut	648	20.07.1995	8,96 x 4,3 x 2,74	Biene rot 70	
273	ut	648	20.07.1995	8 x 4,1 x 2,64	Biene rot 71	
274	ut	648	20.07.1995	8,41 x 4,29 x 3	Biene rot 72	
275	aa	648	20.07.1995	8,57 x 5,23 x 2,68	Biene rot 73	
276	aa	648	20.07.1995	7,2 x 5,14 x 2	Biene rot 74	
277	up	648	20.07.1995	8,71 x 3,6 x 2,75	Biene rot 75	
278	ut	648	20.07.1995	8,7 x 4,5 x 2,91	Biene rot 76	
279	aa	648	20.07.1995	10,25 x 6,6 x 4	Biene rot 77	
280	ut	648	20.07.1995	8,16 x 3,97 x 2,83	Biene rot 78	
281	ut	648	20.07.1995	8,4 x 4,13 x 3,06	Biene rot 79	
282	ut	648	20.07.1995	8,29 x 4,31 x 2,79	Biene rot 80	
283	aa	648	20.07.1995	8,99 x 5,42 x 3,68	Biene rot 81	
284	ut	648	20.07.1995	8,96 x 4,62 x 2,79	Biene rot 82	
285	aa	648	20.07.1995	9,64 x 5,59 x 2,98	Biene rot 83	
286	ut	648	20.07.1995	8,14 x 4,1 x 2,64	Biene rot 84	
287	aa	648	20.07.1995	10,62 x 5,93 x 3,91	Biene rot 85	
288	ut	648	20.07.1995	9,05 x 4,46 x 3,22	Biene rot 86	
289	ut	648	20.07.1995	8,8 x 4,11 x 2,87	Biene rot 87	
290	ut	648	20.07.1995	7,62 x 3,99 x 2,51	Biene rot 88	
291	up	648	20.07.1995	7,49 x 3,42 x 2,15	Biene rot 89	
292	ut	648	20.07.1995	8,56 x 4,12 x 2,62	Biene rot 90	
293	up	648	20.07.1995	9,76 x 4,06 x 2,93	Biene rot 91	
294	ut	648	20.07.1995	8,89 x 4,62 x 2,79	Biene rot 92	
295	ut	648	20.07.1995	8,09 x 4,11 x 2,71	Biene rot 93	
296	ut	648	20.07.1995	7,59 x 3,39 x 2,28	Biene rot 94	
297	ut	648	20.07.1995	8,96 x 4,72 x 3,17	Biene rot 95	
298	up	648	20.07.1995	8,35 x 3,6 x 2,84	Biene rot 96	
299	ut	648	20.07.1995	7,82 x 4,1 x 2,82	Biene rot 97	
300	ut	648	20.07.1995	7,03 x 3,31 x 2,5	Biene rot 98	
301	ut	648	20.07.1995	7,73 x 4,1 x 3,17	Biene grün 1	

-Fortsetzung-

Muschelnummer	Art	Buhne	Markierungsdatum	Maße: L x H x B in cm	Markierungscode	Sonstiges
302	ut	648	20.07.1995	8,52 x 4,36 x 3	Biene grün 2	
303	ut	648	20.07.1995	8,52 x 4,59 x 2,93	Biene grün 3	
304	ut	648	20.07.1995	8,3 x 4,02 x 2,84	Biene grün 4	
305	aa	648	20.07.1995	9,04 x 5,44 x 3,61	Biene grün 5	
306	ut	648	20.07.1995	7,46 x 3,95 x 2,71	Biene grün 6	
307	ut	648	20.07.1995	8,18 x 4,01 x 2,82	Biene grün 7	
308	ut	648	20.07.1995	6,09 x 3,04 x 2,16	Biene grün 8	
309	ut	648	20.07.1995	7,92 x 3,97 x 2,47	Biene grün 9	
310	up	648	20.07.1995	8,81 x 3,71 x 3,03	Biene grün 10	
311	ut	648	20.07.1995	7,81 x 4 x 2,8	Biene grün 11	
312	ut	648	20.07.1995	7,2 x 3,45 x 2,5	Biene grün 12	
313	ut	648	20.07.1995	8,28 x 4,07 x 2,82	Biene grün 13	
314	up	648	20.07.1995	7,82 x 3,5 x 2,4	Biene grün 14	
315	aa	670	22.07.1995	8,71 x 5,26 x 3,08	Biene grün 1	
316	aa	670	22.07.1995	9,86 x 6 x 3,6	Biene grün 2	
317	up	670	22.07.1995	9,04 x 3,98 x 2,91	Biene grün 3	
318	ut	670	22.07.1995	5,98 x 3,14 x 2,15	Biene grün 4	
319	up	670	22.07.1995	8,52 x 3,88 x 2,73	Biene grün 5	
320	aa	670	22.07.1995	9,08 x 5,3 x 3,39	Biene grün 6	
321	aa	670	22.07.1995	8,78 x 5,32 x 2,88	Biene grün 7	
322	aa	670	22.07.1995	9,34 x 5,93 x 3,23	Biene grün 8	
323	aa	670	22.07.1995	9,64 x 6,3 x 3,35	Biene grün 9	
324	aa	670	22.07.1995	10,68 x 6,26 x 4,32	Biene grün 10	
325	aa	670	22.07.1995	9,94 x 6,34 x 3,29	Biene grün 11	
326	aa	670	22.07.1995	8,37 x 5,4 x 3,15	Biene grün 12	
327	aa	670	22.07.1995	8,87 x 5,64 x 2,99	Biene grün 13	
328	up	670	22.07.1995	8,94 x 3,75 x 2,63	Biene grün 14	
329	aa	670	22.07.1995	8,47 x 5,59 x 2,97	Biene grün 15	
330	aa	670	22.07.1995	9,28 x 5,52 x 3,58	Biene grün 16	
331	aa	670	22.07.1995	9,35 x 5,75 x 3,23	Biene grün 17	
332	aa	670	22.07.1995	8,98 x 5,32 x 3,4	Biene grün 18	
333	aa	670	22.07.1995	9,48 x 5,61 x 3,68	Biene grün 19	
334	ut	670	22.07.1995	8,28 x 4,22 x 2,81	Biene grün 20	
335	ut	670	22.07.1995	6,92 x 3,6 x 2,6	Biene grün 21	
336	ut	670	27.07.1995	8,65 x 4,37 x 2,87	Biene grün 30	
337	aa	670	27.07.1995	10,14 x 6,28 x 3,73	Biene grün 23	
338	aa	670	27.07.1995	9,15 x 6,18 x 3,21	Biene grün 24	
339	aa	670	27.07.1995	8,63 x 5,2 x 3,03	Biene grün 25	
340	ut	670	27.07.1995	5,31 x 3,26 x 2,09	Biene grün 26	
341	aa	670	27.07.1995	8,73 x 5,44 x 3,43	Biene grün 27	
342	aa	670	27.07.1995	7,99 x 5,21 x 2,95	Biene grün 28	
343	up	670	27.07.1995	7,25 x 2,96 x 2,42	Biene grün 29	
344	aa	648	03.08.1995	11,34 x 6,46 x 4,41	Biene grün 15	
345	aa	648	03.08.1995	8,82 x 5,48 x 3,3	Biene grün 16	
346	aa	648	03.08.1995	7,18 x 4,65 x 2,79	Biene grün 17	
347	up	648	03.08.1995	8,26 x 3,5 x 2,66	Biene grün 18	
348	up	648	03.08.1995	8,2 x 3,31 x 2,55	Biene grün 19	
349	up	648	03.08.1995	8,86 x 3,71 x 2,78	Biene grün 20	
350	up	648	03.08.1995	8,05 x 3,4 x 2,65	Biene grün 21	
351	up	648	03.08.1995	8,49 x 3,81 x 2,92	Biene grün 22	
352	aa	648	03.08.1995	8,35 x 5,37 x 3,06	Biene grün 23	

-Fortsetzung-

Muschelnummer	Art	Buhne	Markierungsdatum	Maße: L x H x B in cm	Markierungscode	Sonstiges
353	up	648	03.08.1995	8,02 x 3,46 x 2,62	Biene grün 24	
354	aa	648	03.08.1995	8,92 x 5,5 x 2,81	Biene grün 25	
355	aa	648	03.08.1995	8,76 x 5,56 x 3,1	Biene grün 26	
356	aa	648	03.08.1995	9,39 x 5,57 x 3,37	Biene grün 27	
357	aa	648	03.08.1995	8,91 x 6,17 x 2,97	Biene grün 28	
358	up	648	03.08.1995	8,58 x 3,79 x 2,86	Biene grün 29	
359	ac	648	03.08.1995	10,52 x 6,07 x 4,3	Biene grün 30	
360	up	648	03.08.1995	9,28 x 3,85 x 2,96	Biene grün 31	
361	aa	648	03.08.1995	10,35 x 6,12 x 3,87	Biene grün 32	
362	up	648	03.08.1995	10,16 x 4,33 x 3,16	Biene grün 33	
363	aa	648	03.08.1995	9 x 5,81 x 3,17	Biene grün 34	
364	up	648	03.08.1995	8,92 x 4,14 x 2,53	Biene grün 35	
365	aa	648	03.08.1995	8,53 x 5,48 x 2,87	Biene grün 36	
366	aa	648	03.08.1995	9,5 x 6,2 x 3,02	Biene grün 37	
367	up	648	03.08.1995	7,72 x 3,41 x 2,22	Biene grün 38	
368	aa	648	03.08.1995	9,72 x 6,05 x 3,89	Biene grün 39	
369	up	648	03.08.1995	8,25 x 3,31 x 2,46	Biene grün 40	
370	up	648	03.08.1995	6,8 x 2,76 x 2,08	Biene grün 41	
371	aa	648	03.08.1995	10,91 x 6,9 x 4,07	Biene grün 42	
372	up	648	03.08.1995	8,82 x 3,95 x 2,46	Biene grün 43	
373	aa	648	03.08.1995	9,36 x 5,34 x 3,1	Biene grün 44	
374	up	648	03.08.1995	8,38 x 3,5 x 2,48	Biene grün 45	
375	aa	648	03.08.1995	7,9 x 5,04 x 2,55	Biene grün 46	
376	aa	648	03.08.1995	8,78 x 5,21 x 3	Biene grün 47	
377	aa	648	03.08.1995	10 x 5,74 x 3,78	Biene grün 48	
378	aa	648	03.08.1995	8,97 x 5,68 x 3,14	Biene grün 49	
379	aa	648	03.08.1995	8,97 x 5,38 x 3,3	Biene grün 50	
380	up	648	03.08.1995	9,52 x 3,76 x 2,73	Biene grün 51	
381	up	648	03.08.1995	8,1 x 3,41 x 2,37	Biene grün 52	
382	aa	648	03.08.1995	8,37 x 4,91 x 2,71	Biene grün 53	
383	up	648	03.08.1995	8,13 x 3,56 x 2,42	Biene grün 54	
384	aa	648	03.08.1995	9,82 x 5,91 x 3,82	Biene grün 55	
385	aa	648	03.08.1995	6,34 x 3,57 x 2,25	Biene grün 56	
386	aa	648	03.08.1995	8,83 x 4,85 x 2,65	Biene grün 57	
387	up	648	03.08.1995	8,78 x 3,65 x 3	Biene grün 58	
388	aa	648	03.08.1995	8,31 x 4,98 x 3,09	Biene grün 59	
389	aa	648	03.08.1995	7,81 x 5,02 x 2,7	Biene grün 60	
390	aa	648	03.08.1995	9,34 x 5,74 x 3,73	Biene grün 61	
391	aa	648	03.08.1995	11,19 x 6,31 x 4,14	Biene grün 62	
392	aa	648	03.08.1995	7,29 x 4,56 x 2,07	Biene grün 63	
393	up	648	03.08.1995	7,72 x 3,18 x 2,21	Biene grün 64	
394	up	648	03.08.1995	6,9 x 3,05 x 2,21	Biene grün 66	
395	aa	648	03.08.1995	9,86 x 5,29 x 3,83	Biene grün 67	
396	aa	648	03.08.1995	9 x 5,21 x 3,46	Biene grün 68	
397	aa	648	03.08.1995	7,82 x 4,46 x 2,59	Biene grün 69	
398	up	648	03.08.1995	7,99 x 3,57 x 2,4	Biene grün 70	
399	aa	670	03.08.1995	8,62 x 6,04 x 3,13	Biene grün 31	
400	aa	670	03.08.1995	9,46 x 5,37 x 3,37	Biene grün 32	
401	aa	670	03.08.1995	12 x 6,4 x 4,44	Biene grün 33	
402	aa	670	03.08.1995	8,37 x 4,98 x 3	Biene grün 34	
403	aa	670	03.08.1995	9,06 x 5,82 x 3,06	Biene grün 35	

-Fortsetzung-

Muschelnummer	Art	Buhne	Markierungsdatum	Maße: L x H x B in cm	Markierungscode	Sonstiges
404	aa	670	03.08.1995	8,79 x 5,5 x 3,48	Biene grün 36	
405	aa	670	03.08.1995	9,43 x 5,67 x 3,54	Biene grün 37	
406	aa	670	03.08.1995	8,73 x 5,32 x 3,45	Biene grün 38	
407	up	648	09.08.1995	9,75 x 4,23 x 2,88	Biene grün 71	
408	up	648	09.08.1995	7,66 x 3,61 x 2,56	Biene grün 72	
409	aa	648	09.08.1995	9,18 x 5,74 x 3,02	Biene grün 73	
410	aa	648	09.08.1995	9,32 x 5,69 x 3,58	Biene grün 74	
411	aa	648	09.08.1995	9,89 x 6,26 x 3,41	Biene grün 75	
412	aa	648	09.08.1995	7,53 x 4,9 x 2,64	Biene grün 76	
413	aa	648	09.08.1995	9 x 6 x 3,02	Biene grün 77	
414	aa	648	09.08.1995	7,78 x 4,93 x 2,83	Biene grün 78	
415	up	648	09.08.1995	8,75 x 4,16 x 2,68	Biene grün 79	
416	aa	648	09.08.1995	9,6 x 5,82 x 3,72	Biene grün 80	
417	ac	648	09.08.1995	10 x 5,41 x 3,67	Biene grün 81	
418	aa	648	09.08.1995	9,3 x 5,53 x 3,28	Biene grün 82	
419	aa	648	09.08.1995	9,47 x 6,08 x 3,26	Biene grün 83	
420	up	648	09.08.1995	10,08 x 4 x 2,98	Biene grün 84	
421	aa	648	09.08.1995	10,3 x 6,33 x 3,77	Biene grün 85	
422	aa	648	09.08.1995	9,84 x 6,44 x 3,72	Biene grün 86	
423	aa	648	09.08.1995	9,22 x 6 x 3,5	Biene grün 87	
424	aa	648	09.08.1995	9,71 x 5,9 x 3,31	Biene grün 88	
425	aa	648	09.08.1995	10,81 x 6,6 x 3,77	Biene grün 89	
426	up	648	09.08.1995	9,76 x 4,42 x 3,08	Biene grün 90	
427	aa	648	09.08.1995	9,51 x 6,16 x 3,68	Biene grün 91	
428	aa	648	09.08.1995	9,18 x 5,42 x 3,12	Biene grün 92	
429	aa	648	09.08.1995	9,4 x 5,72 x 3,38	Biene grün 93	
430	up	648	09.08.1995	8,45 x 3,41 x 2,55	Biene grün 94	
431	aa	648	09.08.1995	10,36 x 5,87 x 3,89	Biene grün 95	
432	up	648	09.08.1995	9,31 x 4,14 x 2,95	Biene grün 96	
433	up	648	09.08.1995	8,87 x 3,82 x 2,57	Biene grün 97	
434	aa	648	09.08.1995	10,6 x 6,36 x 3,32	Biene grün 98	
435	aa	670	10.08.1995	10,76 x 7,05 x 3,78	Biene grün 39	
436	aa	670	10.08.1995	8,88 x 5,53 x 3,02	Biene grün 40	
437	aa	670	10.08.1995	10,58 x 6,34 x 4,41	Biene grün 41	
438	aa	670	10.08.1995	9,46 x 5,87 x 3,5	Biene grün 42	
439	aa	670	10.08.1995	10,35 x 6,28 x 3,64	Biene grün 43	
440	aa	670	10.08.1995	9,62 x 5,64 x 3,7	Biene grün 44	
441	aa	670	10.08.1995	10,72 x 6,6 x 3,68	Biene grün 45	
442	aa	670	10.08.1995	10,27 x 6,57 x 3,76	Biene grün 46	
443	up	670	10.08.1995	8,63 x 3,78 x 2,92	Biene grün 47	
444	aa	648	17.08.1995	9,45 x 5,81 x 3,34	Biene weiß 1	
445	up	648	17.08.1995	7,62 x 3,11 x 2,5	Biene weiß 2	
446	aa	648	17.08.1995	9,19 x 5,06 x 3,18	Biene weiß 3	
447	up	648	17.08.1995	9,08 x 3,72 x 2,78	Biene weiß 4	
448	aa	648	17.08.1995	8,98 x 5,37 x 3,05	Biene weiß 5	
449	aa	648	17.08.1995	7,74 x 4,97 x 2,66	Biene weiß 6	
450	aa	648	17.08.1995	9,34 x 5,51 x 2,72	Biene weiß 19	
451	aa	648	17.08.1995	10,71 x 6,38 x 3,68	Biene weiß 8	
452	aa	648	17.08.1995	9 x 5,76 x 2,68	Biene weiß 9	
453	aa	648	17.08.1995	9,47 x 5,66 x 3,35	Biene weiß 10	
454	up	648	17.08.1995	7,94 x 3,16 x 2,35	Biene weiß 41	

-Fortsetzung-

Muschelnummer	Art	Buhne	Markierungsdatum	Maße: L x H x B in cm	Markierungscode	Sonstiges
455	ac	648	17.08.1995	10,37 x 5,52 x 3,38	Biene weiß 17	
456	ac	648	17.08.1995	10,46 x 6,14 x 3,74	Biene weiß 13	
457	up	648	17.08.1995	8,16 x 3,75 x 2,54	Biene weiß 14	
458	aa	648	17.08.1995	10,07 x 5,93 x 3,82	Biene weiß 15	
459	aa	648	17.08.1995	11,12 x 6,78 x 3,5	Biene weiß 16	
460	aa	648	17.08.1995	8,09 x 5,2 x 2,65	Biene weiß 18	
461	aa	648	17.08.1995	9,78 x 5,83 x 3,13	Biene weiß 20	
462	up	648	17.08.1995	9,3 x 4,27 x 3,15	Biene weiß 21	
463	aa	648	17.08.1995	9,55 x 5,92 x 3,6	Biene weiß 22	
464	aa	648	17.08.1995	9,23 x 5,72 x 3,07	Biene weiß 23	
465	up	648	17.08.1995	7,7 x 3,22 x 2,26	Biene weiß 24	
466	up	648	17.08.1995	7,78 x 3,38 x 2,4	Biene weiß 25	
467	aa	648	17.08.1995	9,3 x 5,49 x 3,45	Biene weiß 27	
468	ut	670	17.08.1995	8,37 x 4,21 x 2,9	Biene grün 48	
469	up	670	17.08.1995	7,41 x 3,43 x 2,39	Biene grün 49	alte Bojenmuschel
470	aa	670	17.08.1995	12 x 7,15 x 4,01	Biene grün 50	
471	aa	670	17.08.1995	10,24 x 6,18 x 3,68	Biene grün 51	
472	aa	670	17.08.1995	8,84 x 5,23 x 3,28	Biene grün 52	
473	aa	670	17.08.1995	9,46 x 5,69 x 3,31	Biene grün 53	
474	aa	670	17.08.1995	9,24 x 5,18 x 3,17	Biene grün 54	
475	aa	670	17.08.1995	9,46 x 5,66 x 3,4	Biene grün 55	
476	aa	670	17.08.1995	10,27 x 6,45 x 3,12	Biene grün 56	
477	aa	670	17.08.1995	9,27 x 5,98 x 3,15	Biene grün 57	
478	aa	670	17.08.1995	9,77 x 6,07 x 3,2	Biene grün 58	
479	aa	670	17.08.1995	7,6 x 4,92 x 2,67	Biene grün 59	
480	aa	670	17.08.1995	9,32 x 5,93 x 3,36	Biene grün 60	
481	aa	648	17.08.1995	9,95 x 6,02 x 3,95	Biene weiß 28	
482	aa	648	17.08.1995	8,92 x 5,1 x 2,74	Biene weiß 29	
483	up	648	23.08.1995	8,8 x 4,1 x 2,69	Biene weiß 59	
484	aa	648	23.08.1995	9,63 x 6,08 x 3,05	Biene weiß 78	
485	up	648	23.08.1995	8,49 x 3,61 x 2,58	Biene weiß 70	Delle
486	aa	648	23.08.1995	9,54 x 5,62 x 3,16	Biene weiß 52	
487	aa	648	23.08.1995	7,67 x 4,97 x 2,08	Biene weiß 36	
488	aa	670	23.08.1995	10,04 x 6,11 x 3,76	Biene grün 61	
489	aa	670	23.08.1995	9,21 x 5,55 x 3,01	Biene grün 62	
490	aa	670	23.08.1995	9,54 x 5,86 x 3,24	Biene grün 63	
491	aa	670	23.08.1995	9,82 x 6,02 x 3,4	Biene grün 64	
492	aa	670	23.08.1995	9,13 x 5,78 x 2,92	Biene grün 66	
493	aa	670	23.08.1995	9,77 x 5,98 x 3,43	Biene grün 67	alte Bojenmuschel
494	aa	670	23.08.1995	11,38 x 6,82 x 3,94	Biene grün 68	alte Bojenmuschel
495	aa	670	23.08.1995	8,1 x 5,25 x 3,1	Biene grün 69	
496	aa	670	23.08.1995	8,11 x 5,21 x 2,84	Biene grün 70	
497	aa	670	23.08.1995	7,16 x 4,37 x 2,64	Biene grün 71	
498	aa	648	31.08.1995	8,64 x 5,67 x 3,26	Biene weiß 40	

Anhang VIII Verteilung markierter und unmarkierter Muscheln

Tabelle 18: Verteilung markierter und unmarkierter Muscheln im Bühnenfeld 648.

Artname	Anzahl der Individuen	Funddatum	Transektabschnitt
<i>Anodonta anatina</i>	6	20.07.1995	C
<i>Anodonta anatina</i>	23	20.07.1995	D
<i>Anodonta anatina</i>	12	20.07.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	2	27.07.1995	C
<i>Anodonta anatina</i>	35	27.07.1995	D
<i>Anodonta anatina</i>	24	27.07.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	9	03.08.1995	D
<i>Anodonta anatina</i>	53	03.08.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	6	03.08.1995	F
<i>Anodonta anatina</i>	1	09.08.1995	D
<i>Anodonta anatina</i>	45	09.08.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	29	09.08.1995	F
<i>Anodonta anatina</i>	6	09.08.1995	G
<i>Anodonta anatina</i>	8	17.08.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	62	17.08.1995	F
<i>Anodonta anatina</i>	34	17.08.1995	G
<i>Anodonta anatina</i>	5	17.08.1995	H
<i>Anodonta anatina</i>	3	23.08.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	44	23.08.1995	F
<i>Anodonta anatina</i>	45	23.08.1995	G
<i>Anodonta anatina</i>	2	23.08.1995	H
<i>Anodonta anatina</i>	25	31.08.1995	F
<i>Anodonta anatina</i>	66	31.08.1995	G
<i>Anodonta anatina</i>	5	31.08.1995	H
<i>Anodonta anatina</i>	4	14.09.1995	D
<i>Anodonta anatina</i>	2	14.09.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	1	25.09.1995	D
<i>Anodonta anatina</i>	11	25.09.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	11	25.09.1995	G
<i>Anodonta anatina</i>	4	25.09.1995	K
<i>Anodonta anatina</i>	4	19.10.1995	C
<i>Anodonta anatina</i>	10	19.10.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	26	19.10.1995	G
<i>Anodonta cygnea</i>	4	12.07.1995	0
<i>Anodonta cygnea</i>	4	20.07.1995	D
<i>Anodonta cygnea</i>	1	20.07.1995	E
<i>Anodonta cygnea</i>	3	27.07.1995	D
<i>Anodonta cygnea</i>	1	27.07.1995	E
<i>Anodonta cygnea</i>	3	03.08.1995	E
<i>Anodonta cygnea</i>	2	09.08.1995	E
<i>Anodonta cygnea</i>	2	09.08.1995	F

-Fortsetzung-

Artname	Anzahl der Individuen	Funddatum	Transektabschnitt
<i>Anodonta cygnea</i>	1	17.08.1995	E
<i>Anodonta cygnea</i>	3	17.08.1995	F
<i>Anodonta cygnea</i>	4	17.08.1995	G
<i>Anodonta cygnea</i>	5	23.08.1995	F
<i>Anodonta cygnea</i>	2	23.08.1995	G
<i>Anodonta cygnea</i>	1	23.08.1995	H
<i>Anodonta cygnea</i>	2	31.08.1995	F
<i>Anodonta cygnea</i>	2	31.08.1995	G
<i>Anodonta cygnea</i>	1	14.09.1995	E
<i>Anodonta cygnea</i>	1	25.09.1995	E
<i>Anodonta cygnea</i>	1	19.10.1995	G
<i>Unio pictorum</i>	2	29.06.1995	0
<i>Unio pictorum</i>	20	12.07.1995	0
<i>Unio pictorum</i>	3	20.07.1995	C
<i>Unio pictorum</i>	31	20.07.1995	D
<i>Unio pictorum</i>	7	20.07.1995	E
<i>Unio pictorum</i>	38	27.07.1995	D
<i>Unio pictorum</i>	15	27.07.1995	E
<i>Unio pictorum</i>	6	03.08.1995	D
<i>Unio pictorum</i>	33	03.08.1995	E
<i>Unio pictorum</i>	6	03.08.1995	F
<i>Unio pictorum</i>	1	09.08.1995	0
<i>Unio pictorum</i>	17	09.08.1995	E
<i>Unio pictorum</i>	26	09.08.1995	F
<i>Unio pictorum</i>	1	09.08.1995	G
<i>Unio pictorum</i>	17	17.08.1995	F
<i>Unio pictorum</i>	20	17.08.1995	G
<i>Unio pictorum</i>	5	17.08.1995	H
<i>Unio pictorum</i>	6	23.08.1995	F
<i>Unio pictorum</i>	19	23.08.1995	G
<i>Unio pictorum</i>	5	23.08.1995	H
<i>Unio pictorum</i>	18	31.08.1995	G
<i>Unio pictorum</i>	7	31.08.1995	H
<i>Unio pictorum</i>	1	14.09.1995	E
<i>Unio pictorum</i>	8	25.09.1995	G
<i>Unio pictorum</i>	1	19.10.1995	C
<i>Unio pictorum</i>	1	19.10.1995	E
<i>Unio pictorum</i>	8	19.10.1995	G
<i>Unio tumidus</i>	3	29.06.1995	0
<i>Unio tumidus</i>	38	12.07.1995	0
<i>Unio tumidus</i>	6	20.07.1995	C
<i>Unio tumidus</i>	86	20.07.1995	D
<i>Unio tumidus</i>	16	20.07.1995	E
<i>Unio tumidus</i>	3	27.07.1995	C
<i>Unio tumidus</i>	100	27.07.1995	D
<i>Unio tumidus</i>	37	27.07.1995	E

-Fortsetzung-

Artname	Anzahl der Individuen	Funddatum	Transektabschnitt
<i>Unio tumidus</i>	9	03.08.1995	D
<i>Unio tumidus</i>	106	03.08.1995	E
<i>Unio tumidus</i>	22	03.08.1995	F
<i>Unio tumidus</i>	1	09.08.1995	0
<i>Unio tumidus</i>	43	09.08.1995	E
<i>Unio tumidus</i>	70	09.08.1995	F
<i>Unio tumidus</i>	21	09.08.1995	G
<i>Unio tumidus</i>	1	17.08.1995	E
<i>Unio tumidus</i>	32	17.08.1995	F
<i>Unio tumidus</i>	47	17.08.1995	G
<i>Unio tumidus</i>	11	17.08.1995	H
<i>Unio tumidus</i>	20	23.08.1995	F
<i>Unio tumidus</i>	53	23.08.1995	G
<i>Unio tumidus</i>	7	23.08.1995	H
<i>Unio tumidus</i>	5	31.08.1995	F
<i>Unio tumidus</i>	33	31.08.1995	G
<i>Unio tumidus</i>	5	31.08.1995	H
<i>Unio tumidus</i>	8	25.09.1995	E
<i>Unio tumidus</i>	18	25.09.1995	G
<i>Unio tumidus</i>	2	25.09.1995	K
<i>Unio tumidus</i>	9	19.10.1995	E
<i>Unio tumidus</i>	17	19.10.1995	G

Tabelle 19: Verteilung markierter und unmarkierter Muscheln im Bühnenfeld 670.

Artname	Anzahl der Individuen	Funddatum	Transektabschnitt
<i>Anodonta anatina</i>	7	14.07.1995	A
<i>Anodonta anatina</i>	26	14.07.1995	B
<i>Anodonta anatina</i>	1	14.07.1995	C
<i>Anodonta anatina</i>	1	22.07.1995	B
<i>Anodonta anatina</i>	29	22.07.1995	C
<i>Anodonta anatina</i>	1	27.07.1995	B
<i>Anodonta anatina</i>	36	27.07.1995	C
<i>Anodonta anatina</i>	16	27.07.1995	D
<i>Anodonta anatina</i>	1	02.08.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	7	03.08.1995	C
<i>Anodonta anatina</i>	33	03.08.1995	D
<i>Anodonta anatina</i>	2	03.08.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	5	10.08.1995	C
<i>Anodonta anatina</i>	27	10.08.1995	D
<i>Anodonta anatina</i>	26	10.08.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	1	10.08.1995	F
<i>Anodonta anatina</i>	6	17.08.1995	D
<i>Anodonta anatina</i>	43	17.08.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	17	17.08.1995	F

-Fortsetzung-

Artnamen	Anzahl der Individuen	Funddatum	Transectabschnitt
<i>Anodonta anatina</i>	2	17.08.1995	G
<i>Anodonta anatina</i>	2	23.08.1995	D
<i>Anodonta anatina</i>	38	23.08.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	28	23.08.1995	F
<i>Anodonta anatina</i>	3	23.08.1995	G
<i>Anodonta anatina</i>	20	31.08.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	10	31.08.1995	F
<i>Anodonta anatina</i>	3	19.10.1995	D
<i>Anodonta anatina</i>	9	19.10.1995	E
<i>Anodonta anatina</i>	11	19.10.1995	G
<i>Unio pictorum</i>	2	29.06.1995	0
<i>Unio pictorum</i>	6	14.07.1995	A
<i>Unio pictorum</i>	8	14.07.1995	B
<i>Unio pictorum</i>	3	22.07.1995	B
<i>Unio pictorum</i>	11	22.07.1995	C
<i>Unio pictorum</i>	3	27.07.1995	C
<i>Unio pictorum</i>	2	27.07.1995	D
<i>Unio pictorum</i>	4	03.08.1995	D
<i>Unio pictorum</i>	1	03.08.1995	E
<i>Unio pictorum</i>	1	10.08.1995	D
<i>Unio pictorum</i>	2	10.08.1995	E
<i>Unio pictorum</i>	4	17.08.1995	E
<i>Unio pictorum</i>	2	17.08.1995	F
<i>Unio pictorum</i>	5	23.08.1995	F
<i>Unio pictorum</i>	2	31.08.1995	F
<i>Unio tumidus</i>	11	29.06.1995	0
<i>Unio tumidus</i>	3	14.07.1995	A
<i>Unio tumidus</i>	15	14.07.1995	B
<i>Unio tumidus</i>	1	22.07.1995	B
<i>Unio tumidus</i>	5	22.07.1995	C
<i>Unio tumidus</i>	5	27.07.1995	B
<i>Unio tumidus</i>	10	27.07.1995	C
<i>Unio tumidus</i>	1	27.07.1995	D
<i>Unio tumidus</i>	1	03.08.1995	C
<i>Unio tumidus</i>	4	03.08.1995	D
<i>Unio tumidus</i>	3	10.08.1995	D
<i>Unio tumidus</i>	2	10.08.1995	E
<i>Unio tumidus</i>	1	10.08.1995	F
<i>Unio tumidus</i>	5	17.08.1995	E
<i>Unio tumidus</i>	4	17.08.1995	F
<i>Unio tumidus</i>	1	23.08.1995	E
<i>Unio tumidus</i>	1	23.08.1995	F
<i>Unio tumidus</i>	2	23.08.1995	G
<i>Unio tumidus</i>	2	31.08.1995	E
<i>Unio tumidus</i>	1	19.10.1995	E
<i>Unio tumidus</i>	1	19.10.1995	G

Anhang IX Wanderung der *Unionidae*

Tabelle 20: Datum der Beprobungen.

Funddatum	Beprobung im Buhnenfeld 670	Beprobung im Buhnenfeld 648
29.06.1995	1	1
12.07.1995		2
14.07.1995	2	
20.07.1995		3
22.07.1995	3	
27.07.1995	4	4
03.08.1995	5	5
09.08.1995		6
10.08.1995	6	
17.08.1995	7	7
23.08.1995	8	8
31.08.1995	9	9
14.09.1995	10	10
25.09.1995		11
19.10.1995	11	12

Tabelle 21: Wanderung markierter Muscheln im Buhnenfeld 648 von Beprobung 1 zu Beprobung 2.

Art	Beprobung 1	Transekt- abschnitt	Anzahl der Muscheln	Beprobung 2	Transekt- abschnitt	Wiederfunde Anzahl	Wiederfunde in Prozent
aa	3	C	6	4	C	1	16,67%
ut	3	C	6	4	C	2	33,33%
aa	3	C	6	4	D	3	50,00%
up	3	C	3	4	D	1	33,33%
ut	3	C	6	4	D	2	33,33%
aa	3	D	23	4	D	12	52,17%
ac	3	D	4	4	D	2	50,00%
up	3	D	31	4	D	13	41,94%
ut	3	D	86	4	D	43	50,00%
aa	3	D	23	4	E	6	26,09%
up	3	D	31	4	E	7	22,58%
ut	3	D	86	4	E	16	18,60%
aa	3	E	12	4	E	3	25,00%
ac	3	E	1	4	E	1	100,00%
up	3	E	7	4	E	1	14,29%
ut	3	E	16	4	E	9	56,25%
aa	4	C	1	5	D	1	100,00%
ut	4	C	3	5	E	1	33,33%

-Fortsetzung-

Art	Beprobung 1	Transekt- abschnitt	Anzahl der Muscheln	Beprobung 2	Transekt- abschnitt	Wiederfunde Anzahl	Wiederfunde in Prozent
aa	4	D	17	5	D	2	11,76%
up	4	D	20	5	D	2	10,00%
ut	4	D	48	5	D	4	8,33%
aa	4	D	17	5	E	8	47,06%
ac	4	D	2	5	E	1	50,00%
up	4	D	20	5	E	5	25,00%
ut	4	D	48	5	E	24	50,00%
up	4	D	20	5	F	1	5,00%
ut	4	D	48	5	F	5	10,42%
aa	4	E	15	5	E	10	66,67%
ac	4	E	1	5	E	1	100,00%
up	4	E	8	5	E	4	50,00%
ut	4	E	26	5	E	14	53,85%
ut	4	E	26	5	F	7	26,92%
aa	5	D	6	6	E	5	83,33%
up	5	D	6	6	E	1	16,67%
ut	5	D	6	6	E	2	33,33%
up	5	D	6	6	F	2	33,33%
aa	5	E	50	6	E	26	52,00%
ac	5	E	3	6	E	2	66,67%
up	5	E	33	6	E	6	18,18%
ut	5	E	55	6	E	9	16,36%
aa	5	E	50	6	F	11	22,00%
ac	5	E	3	6	F	1	33,33%
up	5	E	33	6	F	11	33,33%
ut	5	E	55	6	F	15	27,27%
ut	5	E	55	6	G	2	3,64%
ut	5	F	15	6	E	1	6,67%
aa	5	F	5	6	F	3	60,00%
up	5	F	6	6	F	2	33,33%
ut	5	F	15	6	F	6	40,00%
ut	5	F	15	6	G	3	20,00%
aa	6	E	41	7	E	4	9,76%
aa	6	E	41	7	F	22	53,66%
ac	6	E	2	7	F	2	100,00%
up	6	E	17	7	F	6	35,29%
ut	6	E	15	7	F	5	33,33%
aa	6	E	50	7	G	2	4,00%
up	6	E	17	7	G	3	17,65%
ut	6	E	15	7	G	1	6,67%
aa	6	F	29	7	E	1	3,45%
aa	6	F	29	7	F	15	51,72%
up	6	F	26	7	F	4	15,38%
ut	6	F	35	7	F	3	8,57%
aa	6	F	29	7	G	4	13,79%
ac	6	F	2	7	G	2	100,00%

-Fortsetzung-

Art	Beprobung 1	Transekt- abschnitt	Anzahl der Muscheln	Beprobung 2	Transekt- abschnitt	Wiederfunde Anzahl	Wiederfunde in Prozent
up	6	F	26	7	G	7	26,92%
ut	6	F	35	7	G	6	17,14%
ut	6	F	35	7	H	4	11,43%
aa	6	G	5	7	G	4	80,00%
ut	6	G	8	7	H	2	25,00%
aa	7	E	7	8	E	1	14,29%
aa	7	E	7	8	F	3	42,86%
ac	7	E	1	8	F	1	100,00%
aa	7	E	7	8	G	1	14,29%
aa	7	F	48	8	E	1	2,08%
aa	7	F	48	8	F	18	37,50%
ac	7	F	3	8	F	3	100,00%
up	7	F	16	8	F	4	25,00%
ut	7	F	16	8	F	4	25,00%
aa	7	F	48	8	G	13	27,08%
up	7	F	16	8	G	3	18,75%
ut	7	F	16	8	G	5	31,25%
aa	7	G	27	8	F	4	14,81%
aa	7	G	27	8	G	12	44,44%
ac	7	G	4	8	G	2	50,00%
up	7	G	19	8	G	7	36,84%
ut	7	G	16	8	G	7	43,75%
ac	7	G	4	8	H	1	25,00%
ut	7	G	16	8	H	1	6,25%
ut	7	H	9	8	F	1	11,11%
aa	7	H	4	8	G	1	25,00%
aa	7	H	4	8	H	1	25,00%
up	7	H	4	8	H	1	25,00%
ut	7	H	9	8	H	3	33,33%
aa	8	E	3	9	F	1	33,33%
aa	8	E	3	9	G	1	33,33%
aa	8	F	33	9	F	11	33,33%
ac	8	F	5	9	F	2	40,00%
aa	8	F	33	9	G	13	39,39%
ac	8	F	5	9	G	2	40,00%
up	8	F	5	9	G	3	60,00%
ut	8	F	5	9	G	2	40,00%
aa	8	G	34	9	G	19	55,88%
up	8	G	19	9	G	9	47,37%
ut	8	G	20	9	G	5	25,00%
aa	8	G	34	9	H	1	2,94%
up	8	G	19	9	H	3	15,79%
aa	8	H	2	9	G	1	50,00%
aa	9	F	18	10	D	3	16,67%
ac	9	F	2	10	E	1	50,00%
aa	11	E	10	12	G	4	40,00%

-Fortsetzung-

Art	Beprobung 1	Transektabschnitt	Anzahl der Muscheln	Beprobung 2	Transektabschnitt	Wiederfunde Anzahl	Wiederfunde in Prozent
ac	11	E	1	12	G	1	100,00%
aa	11	G	5	12	G	2	40,00%
up	11	G	7	12	G	2	28,57%
ut	11	G	5	12	G	2	40,00%

Tabelle 22: Wanderung markierter Muscheln im Bühnenfeld 670 von Beprobung 1 zu Beprobung 2.

Art	Beprobung 1	Transektabschnitt	Anzahl der Muscheln	Beprobung 2	Transektabschnitt	Wiederfunde Anzahl	Wiederfunde in Prozent
up	2	A	6	3	B	2	33,33%
aa	2	A	7	3	C	4	57,14%
up	2	A	6	3	C	4	66,67%
ut	2	A	3	3	C	1	33,33%
ut	2	B	15	3	B	1	6,67%
aa	2	B	26	3	C	11	42,31%
up	2	B	8	3	C	5	62,50%
ut	2	B	15	3	C	1	6,67%
aa	3	B	1	4	C	1	100,00%
ut	3	B	1	4	C	1	100,00%
aa	3	C	29	4	B	1	3,45%
aa	3	C	29	4	C	19	65,52%
up	3	C	11	4	C	2	18,18%
ut	3	C	5	4	C	1	20,00%
aa	3	C	29	4	D	2	6,90%
up	3	C	11	4	D	1	9,09%
aa	4	C	24	5	C	2	8,33%
aa	4	C	24	5	D	2	8,33%
aa	4	D	10	5	C	1	10,00%
aa	4	D	10	5	D	3	30,00%
up	4	D	2	5	D	1	50,00%
aa	5	C	5	6	D	2	40,00%
aa	5	C	5	6	E	2	40,00%
aa	5	D	12	6	D	2	16,67%
aa	5	D	12	6	E	5	41,67%
up	5	D	4	6	E	1	25,00%
aa	5	E	1	6	D	1	100,00%
aa	6	D	8	7	E	4	50,00%
aa	6	E	15	7	E	10	66,67%
aa	6	E	15	7	F	2	13,33%
aa	7	E	21	8	E	11	52,38%
aa	7	E	21	8	F	5	23,81%
up	7	E	2	8	F	1	50,00%
aa	7	E	12	8	F	1	8,33%
aa	7	F	12	8	F	5	41,67%
up	7	F	1	8	F	1	100,00%

-Fortsetzung-

Art	Beprobung 1	Transekt- abschnitt	Anzahl der Muscheln	Beprobung 2	Transekt- abschnitt	Wiederfunde Anzahl	Wiederfunde in Prozent
aa	7	F	12	8	G	1	8,33%
aa	8	E	22	9	E	7	31,82%
aa	8	F	23	9	E	2	8,70%
aa	8	F	23	9	F	2	8,70%
up	8	F	3	9	F	2	66,67%

Tabelle 23: Wanderwege von *Anodonta anatina*, die im Herbst im Uferbereich zu finden waren.

Buhne	Muschelkenn- nummer	Funddatum	Transekt abschnitt	Fundtiefe in cm
648	37	12.07.1995	0	57
648	37	03.08.1995	E	37
648	37	09.08.1995	E	20
648	37	23.08.1995	F	25
648	37	31.08.1995	F	31
648	37	19.10.1995	E	85
648	47	12.07.1995	0	52
648	47	20.07.1995	D	30
648	47	27.07.1995	D	25
648	47	09.08.1995	E	20
648	47	17.08.1995	F	18
648	47	31.08.1995	G	47
648	47	19.10.1995	E	85
648	69	12.07.1995	0	35
648	69	20.07.1995	D	37
648	69	27.07.1995	D	36
648	69	03.08.1995	E	39
648	69	09.08.1995	E	27
648	69	23.08.1995	F	41
648	69	31.08.1995	F	45
648	69	19.10.1995	E	85
648	78	12.07.1995	0	32
648	78	27.07.1995	E	66
648	78	03.08.1995	E	49
648	78	09.08.1995	E	32
648	78	17.08.1995	F	28
648	78	25.09.1995	G	150
648	78	19.10.1995	G	120
648	181	20.07.1995	D	40
648	181	27.07.1995	D	37
648	181	03.08.1995	E	27
648	181	09.08.1995	E	20
648	181	17.08.1995	F	16
648	181	23.08.1995	G	42

-Fortsetzung-

Buhne	Muschelkenn- nummer	Funddatum	Transekt abschnitt	Fundtiefe in cm
648	189	20.07.1995	E	56
648	189	03.08.1995	F	57
648	189	31.08.1995	G	59
648	189	19.10.1995	G	120
648	211	20.07.1995	D	35
648	211	27.07.1995	E	48
648	211	03.08.1995	E	38
648	211	09.08.1995	E	25
648	211	23.08.1995	F	29
648	211	31.08.1995	F	40
648	211	25.09.1995	E	100
648	211	19.10.1995	G	120
648	222	20.07.1995	D	46
648	222	03.08.1995	E	43
648	222	09.08.1995	E	18
648	222	17.08.1995	F	28
648	222	31.08.1995	G	12
648	222	19.10.1995	E	85
648	228	20.07.1995	E	69
648	228	17.08.1995	G	55
648	228	23.08.1995	G	64
648	228	25.09.1995	G	150
648	232	20.07.1995	D	36
648	232	27.07.1995	D	43
648	232	03.08.1995	E	33
648	232	17.08.1995	F	24
648	232	23.08.1995	F	35
648	232	31.08.1995	G	48
648	232	25.09.1995	E	100
648	232	19.10.1995	G	120
648	244	20.07.1995	C	34
648	244	27.07.1995	C	18
648	244	03.08.1995	D	28
648	244	09.08.1995	E	16
648	244	17.08.1995	E	13
648	244	23.08.1995	E	22
648	244	25.09.1995	E	100
648	249	20.07.1995	C	35
648	249	09.08.1995	E	22
648	249	17.08.1995	E	23
648	249	23.08.1995	F	35
648	249	19.10.1995	E	85
648	276	20.07.1995	D	38
648	276	27.07.1995	D	33
648	276	17.08.1995	E	16
648	276	31.08.1995	F	39

-Fortsetzung-

Buhne	Muschelkenn- nummer	Funddatum	Transekt abschnitt	Fundtiefe in cm
648	276	25.09.1995	E	100
648	279	20.07.1995	E	60
648	279	09.08.1995	F	54
648	279	31.08.1995	G	62
648	279	25.09.1995	E	100
648	363	03.08.1995	E	50
648	363	09.08.1995	F	55
648	363	19.10.1995	G	120
648	375	03.08.1995	D	30
648	375	09.08.1995	E	20
648	375	17.08.1995	F	30
648	375	23.08.1995	F	34
648	375	31.08.1995	F	40
648	375	25.09.1995	E	100
648	376	03.08.1995	E	41
648	376	09.08.1995	E	29
648	376	23.08.1995	G	45
648	376	31.08.1995	G	54
648	376	25.09.1995	E	100
648	376	19.10.1995	G	120
648	377	03.08.1995	E	43
648	377	09.08.1995	E	35
648	377	31.08.1995	G	53
648	377	19.10.1995	G	120
648	389	03.08.1995	E	38
648	389	17.08.1995	F	34
648	389	31.08.1995	G	58
648	389	25.09.1995	G	140
648	395	03.08.1995	F	57
648	395	09.08.1995	F	43
648	395	17.08.1995	F	29
648	395	23.08.1995	F	34
648	395	31.08.1995	F	37
648	395	14.09.1995	D	58
648	395	19.10.1995	C	60
648	416	09.08.1995	F	33
648	416	23.08.1995	G	67
648	416	19.10.1995	G	120
648	422	09.08.1995	F	52
648	422	17.08.1995	G	36
648	422	23.08.1995	F	41
648	422	31.08.1995	G	43
648	422	25.09.1995	E	100
648	425	09.08.1995	F	58
648	425	17.08.1995	F	33
648	425	23.08.1995	G	46

-Fortsetzung-

Buhne	Muschelkenn- nummer	Funddatum	Transekt abschnitt	Fundtiefe in cm
648	425	31.08.1995	G	53
648	425	19.10.1995	G	120
648	444	17.08.1995	F	23
648	444	19.10.1995	G	120
648	446	17.08.1995	G	47
648	446	31.08.1995	G	56
648	446	25.09.1995	G	150
648	458	17.08.1995	G	62
648	458	23.08.1995	G	68
648	458	25.09.1995	G	150
648	458	19.10.1995	G	120
648	460	17.08.1995	E	14
648	460	23.08.1995	F	29
648	460	31.08.1995	F	38
648	460	25.09.1995	E	100
648	461	17.08.1995	F	46
648	461	31.08.1995	F	40
648	461	25.09.1995	E	100
648	461	19.10.1995	G	120
648	463	17.08.1995	G	55
648	463	23.08.1995	G	61
648	463	31.08.1995	G	64
648	463	19.10.1995	G	120

Anhang X Muschelhalterung

Tabelle 24: Aquariumwerte.

Datum	Temp. in C°	O ₂ in mg/l und % Sättigung	pH	NH ₄ ; NH ₃ in mg/l	NO ₂ in mg/l	NO ₃ in mg/l	Leitfähigkeit in µS	Karbonathärte in Grad	Wasserwechsel	Futter
20. Sep.	21	8,2; 91	8,2	0,5; 0,02	< 0,1	10	1096	13	-	
26. Sep.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hefe
27. Sep.	20,6	9,0; 99	8,7	0,5; 0,05	< 0,1	20	980	14	-	
29. Sep.	20,4	9,3; 101	8,8	0,5; 0,12	< 0,1	40	980	-	½	
2. Okt.	20,3	9,3; 101	8,8	0,5; 0,12	< 0,1	80	1100	13	2/3	Hefe
6. Okt.	20,6	9,3; 101	8,8	0,5; 0,12	< 0,1	60	1082	-	½	Hefe
9. Okt.	20,4	8,9; 97	8,8	0,5; 0,12	< 0,1	20	1092	-	-	
13. Okt.	20,9	9,0; 98	8,7	0,5; 0,05	< 0,1	20	1080	14	-	Algen
16. Okt.	-	-	-	-	-	-	-	-	½	
17. Okt.	20,2	9,2; 98	8,9	0,5; 0,12	< 0,1	20	1078	-	-	
20. Okt.	-	-	-	-	-	-	-	-	total	Hefe
21. Okt.	18,5	9,5; 99	8,4	0,5; 0,05	< 0,1	5	1077	15	-	
23. Okt.	-	-	-	-	0,1	40	-	-	2/3	
27. Okt.	19,3	7,8; 82	8,3	0,5; 0,05	< 0,1	20	961	-	-	Hefe
30. Okt.	-	-	-	-	-	80	-	-	2/3	
2. Nov.	20,6	9,4; 102	8,8	0,5; 0,12	0,1	80	947	-	2/3	Algen
7. Nov.	-	-	-	-	-	80	-	-	2/3	
8. Nov.	18,7	9,8; 102	8,6	0,5; 0,05	< 0,1	20	966	-	-	
9. Nov.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Algen
10. Nov.	-	-	-	-	-	20	-	-	-	
13. Nov.	-	-	-	-	-	?	-	-	½	Algen
15. Nov.	19,7	8,0; 88	8,8	0,5; 0,12	< 0,1	20	956	-	-	
17. Nov.	-	-	-	-	-	-	-	-	2/3	
20. Nov.	-	-	-	-	-	20	-	-	-	Algen
22. Nov.	19,3	9,8; 102	8,8	0,5; 0,12	< 0,1	-	955	-	-	
24. Nov.	-	-	-	-	-	20	-	-	-	Algen
27. Nov.	19,1	8,3; 87	8,9	0,5; 0,12	< 0,1	20	969	-	-	
29. Nov.	19,1	9,0; 94	8,9	0,5; 0,12	< 0,1	20	1092	-	-	Algen
1. Dez.	-	-	-	-	-	40	-	-	2/3	Algen
4. Dez.	-	-	-	-	-	20	-	-	-	
6. Dez.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Algen
7. Dez.	18,5	9,4; 98	8,9	0,5; 0,12	< 0,1	20	1087	12	-	
11. Dez.	-	-	-	-	-	20	-	-	-	
13. Dez.	19	9,3; 99	8,9	0,5; 0,12	< 0,1	40	1110	-	2/3	
15. Dez.	-	-	-	-	-	20	-	-	-	Algen
20. Dez.	19,1	9,3; 99	9,0	0,5; 0,12	< 0,1	20	1104	-	-	
21. Dez.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Algen
22. Dez.	-	-	-	-	-	-	-	-	2/3	Algen
27. Dez.	18,6	9,2; 97	9,0	0,5; 0,12	< 0,1	10	1094	-	-	-
29. Dez.	-	-	-	-	-	20	-	-	2/3	-

-Fortsetzung-

Datum	Temp. in C°	O ₂ in mg/l und % Sättigung	pH	NH ₄ /NH ₃ in mg/l	NO ₂ in mg/l	NO ₃ in mg/l	Leitfähigkeit in µS	Karbonathärte in Grad	Wasserwechsel	Futter
3. Jan.	17,7	9,8; 100	9,0	0,5; 0,12	< 0,1	20	1102	13	-	-
5. Jan.	-	-	-	-	-	20	-	-	-	Algen
9. Jan.	-	-	-	-	-	-	-	-	2/3	-
11. Jan.	19,5	9,0; 96	8,9	0,5; 0,12	< 0,1	20	1086	-	-	-
15. Jan.	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-
17. Jan.	19,5	9,4; 99	8,9	0,5; 0,12	< 0,1	20	1105	-	-	-
19. Jan.	-	-	-	-	-	-	-	-	½	Algen

Tabelle 25: Versuchsbeckenwerte.

Datum	Versuchszeit	Temp. in C°	O ₂ in mg/l und % Sättigung	pH	Leitfähigkeit in µS	NH ₄ in mg/l	NO ₂ in mg/l	NO ₃ in mg/l
25. 10.	Beginn	20,1	9,6; 102	8,8	899	0,5	< 0,1	20
27. 10.	Ende	20,5	9,6; 104	8,8	983	0,5	< 0,1	40
27. 10.	K- Beginn	19,9	9,3; 100	8,9	955	0,5	< 0,1	20
30. 10.	K-Ende	20,1	9,4; 101	8,9	960	0,5	< 0,1	20
6. 11.	Beginn	19,8	9,8; 104	8,9	957	0,5	< 0,1	20
8. 11.	Ende	20,1	10,2; 109	8,9	971	0,5	< 0,1	40
13. 11.	Beginn	19	10,3; 108	8,9	960	0,5	< 0,1	10
15. 11.	Ende	20,2	9,8; 107	8,8	974	0,5	< 0,1	20
27. 11.	Beginn	19,9	9,2; 99	8,7	980	0,5	< 0,1	5
29. 11.	Ende	20,3	9,3; 99	8,9	1102	0,5	< 0,1	10
11. 12.	Beginn	18,9	9,9; 103	8,8	1079	0,5	< 0,1	10
13. 12.	Ende	19,6	9,5; 100	8,9	1101	0,5	< 0,1	10
27. 12.	Beginn	17,7	9,1; 93	8,9	1066	0,5	< 0,1	10
29. 12.	Ende	18,5	10,1; 105	9,0	1086	0,5	< 0,1	20

Anhang XI Eichkurven der Algenlösungen

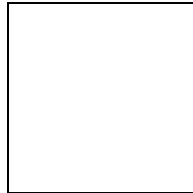


Abbildung 65: Eichkurven für die Algenstammlösungen.

Funktionsvorschrift für die Regressionsgerade der Stammlösung Nr.3: $y = x * 5996 - 1109$

Funktionsvorschrift für die Regressionsgerade der Stammlösung Nr.4: $y = x * 4509 - 493$

Ich versichere, daß ich die vorliegende Arbeit über das Thema „Das Wander- und Filtrierverhalten von *Unionidae* aus der Oder“ selbständig verfaßt habe und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen benutzt habe.

Berlin, im Juni 1996

gez.