

Untersuchungen zur Mobilität heimischer Großmuscheln der Familie Unionidae

Von Markus M. TAURER und Robert A. PATZNER

Zusammenfassung:

Im Feldsee in Kärnten und im Mattsee in Salzburg wurden individuell markierte Großmuscheln in Hinblick auf ihre migratorische Aktivität untersucht. Es zeigten sich große individuelle Unterschiede in den zurückgelegten Wegstrecken. Die Muscheln bewegten sich in einem umschriebenen Areal. Die Muscheln im Seichteren legten größere Wegstrecken zurück als die in tieferen Arealen. Außerdem war bei wärmeren Wassertemperaturen mehr Aktivität zu erkennen als in den Herbstmonaten. Letztendlich war es aber nicht möglich, eindeutige Parameter zu finden, die erklären würden, warum eine Muschel mehr und eine andere weniger gewandert ist.

Summary:

The migration activity of freshwater mussels was investigated in the Lake Feldsee in Carinthia and in the Lake Mattsee in Salzburg. There were great individual differences in the activity among the mussels. Mussels in the shallow were more active than those in deeper areas. The activity coincided with the water temperature. However, distinctive parameters, which could explain the great differences between the individuals, could not be detected.

Einleitung

Großmuscheln machen im Allgemeinen einen recht ortstabilen Eindruck. Tatsächlich sind sie aber mit Hilfe ihres muskulösen Fußes sehr wohl in der Lage Ortsveränderungen durchzuführen. Als Zeichen dieser Mobilität kann man insbesondere in weichem Sediment oftmals tiefe Furchen erkennen, die manchmal mehr geradlinig verlaufen, oft aber auch durchaus recht verschlungene Spuren bilden.

Nach wie vor ist nur wenig über Migrationen von Muscheln und deren Bedeutung für diese bekannt, und es wird zu weiteren diesbezüglichen Untersuchungen ermutigt (MÜLLER & PATZNER, 1996; AMYOT & DOWNING, 1997). Gelegentlich wird die Frage nach Migrationen beim Vergleich von Wachstumsraten von Muscheln in unterschiedlicher Tiefe aufgeworfen (HANSON et al., 1988). BURLA (1971) fand in seiner Studie eine Wanderung von Muscheln der Gattung *Anodonta* in seichtere Bereiche während des Frühlings und Frühsommers, wobei einige Tiere im Herbst wieder in tiefere Zonen zurück gewandert sind. BURLA et al. (1974) berichten von Gruppenbildungen bei adulten Teichmuscheln (*Anodonta* sp.), die im Zusammenhang mit der Fortpflanzung stehen. Individuelle Wanderungen wurden jedoch nicht beschrieben. ÖKLAND (1963) untersuchte die Populationsdynamik der Gemeinen Teichmuschel *Anodonta anatina* (= *A. piscinalis*) in einem norwegischen See. Bei einem ungewöhnlich niedrigen Wasserstand stellte er fest, dass die Muscheln nicht fähig waren, aus den seichten Bereichen abzuwandern und dort zugrun-

Schlüsselworte:

Wanderung, Großmuscheln, *Anodonta cygnea*, *Anodonta anatina*, *Unio pictorum*, Feldsee, Kärnten, Mattsee, Salzburg.

Keywords:

Migration, freshwater mussels, *Anodonta cygnea*, *Anodonta anatina*, *Unio pictorum*, Feldsee, Carinthia, Mattsee, Salzburg.

de gingen. Andererseits fand er, dass in den Uferbereichen die größeren Muscheln fehlten. Eine langsame Wanderung in tiefere Bereiche wurde vermutet. AMYOT & DOWNING (1997) fanden vertikale Migrationen in Form eines Sich-Eingrabens der Muscheln in das Sediment im Herbst und ein Wiederauftauchen aus dem Sediment im Frühjahr. Die vertikalen Wanderungen korrelierten stark mit der Wassertemperatur. Horizontale Ortsveränderungen zeigten einen Zusammenhang mit dem Tageslicht, aber auch mit Störfaktoren wie durch die Untersuchung bedingte Berührungen der Muscheln.

In den Jahren 1999 und 2000 wurden zu diesem Thema im Feldsee und Vassacher See in Kärnten Übersichtsdaten erhoben (TAURER, 2001). Zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten konnte zwar ein bezüglich der Gewässertiefe unterschiedliches Auftreten der Arten *Anodonta cygnea* und *Unio pictorum* beobachtet werden, Informationen über die Migrationen der einzelnen Tiere ließen sich aber nicht ableiten, da die Muscheln nicht individuell markiert worden sind.

Bei den beiden vorgestellten Studien wurden individuell markierte Muscheln in einem Kärntner und einem Salzburger See über einen längeren Zeitraum beobachtet und deren Migrationen dokumentiert.

Untersuchungsgebiet und Methode

◆ Feldsee (Kärnten)

Die Untersuchung im Feldsee (Kärnten) wurde südlich der Ortseinfahrt von Feld am See durchgeführt (Koordinaten: 46° 46' 07'' N, 13° 44' 55'' O). Der Feldsee ist ein schwach mesotrophes Gewässer mit holomiktischem Durchmischungsmodus. Im ufernächsten Bereich befand sich eine schmale vegetationsfreie Zone. Darauf folgte ein vorwiegend aus der Kanadischen Wasserpest (*Elodea canadensis*) bestehender Vegetationsgürtel, der teilweise bis in eine Tiefe von 5,5 m reichte. Das Transekt wurde so gewählt, dass nur ein kleiner Bereich innerhalb der Vegetation lag. Im Tiefenbereich bis etwa 3,5 m, entsprechend einer Uferentfernung von 8 m, gab es vereinzelte größere Steine. Diese stellten durchaus ein nur schwer überwindbares Hindernis für die Wanderungen der Muscheln dar. Der Böschungswinkel betrug bis etwa 7 m Tiefe über weite Bereiche ungefähr 20°, danach flachte er zunehmend ab. Die 10 m Tiefenlinie ist etwa 35 m vom Ufer entfernt.

Das Sediment war erwartungsgemäß im Seichteren grobkörnig, in der Tiefe sehr fein. Der Übergang zum feinkörnigen Untergrund befand sich in einer Wassertiefe von etwa 4 m, entsprechend einer Uferentfernung von 8,4 m.

Die Untersuchungen im Feldsee erfolgten vom 16. Mai 2003 bis 31. Oktober 2003 und vom 31. Mai 2004 bis 16. Oktober 2004. Sie wurden durch Tauchgänge mittels Presslufttauchgerät durchgeführt. Ein Maßband wurde normal auf die Uferlinie in einer Länge von 30 m bis in eine Tiefe von 9,3 m gelegt. Alle 5 m wurde eine Markierung angebracht, um zu gewährleisten, dass das Maßband bei jeder Kontrolle gleich ausgebracht werden konnte. Am 16. Mai 2003 wurden 5 Muscheln markiert: eine *Anodonta anatina* (Aa 1) und vier *Unio pictorum* (Up 1, Up 2,

Up 3, Up 4). Am 28. Juni 2003 wurde noch eine *A. anatina* (Aa 2), eine *U. pictorum* (Up 5) und am 11. Juli 2003 eine *Anodonta cygnea* (Ac 1) in die Studie mit einbezogen.

Die individuelle Markierung erfolgte außerhalb des Wassers durch Anbringen einer Nummer auf der Schale mit einer wasserbeständigen Lackfarbe (Pen-Touch™, white, Fine Point 1,0 mm; SAKURA COLOR PRODUCTS CORPORATION, Japan). Anschließend wurden die Tiere wieder an ihren ursprünglichen Fundstellen im Gewässer eingesetzt. Neben den Muscheln positionierte Stäbchen erleichterten bei den Kontrollen das Wiederfinden der Tiere.

Die Kontrollen erfolgten in 14-tägigen Abständen. Die tiefer eingegrabenen Muscheln mussten zum Zweck der Identifikation aus dem Sediment geholt werden, sodass in diesen Fällen ein untersuchungsbedingter Störfaktor nicht zu vermeiden war. Die Fundstellen der Muscheln wurden notiert, jahreszeitliche Änderungen im Bereich der Vegetation sowie das Vorhandensein einer Thermokline wurden registriert. Gelegentlich konnte eine Muschel nicht entdeckt werden. Die aufgewendete Suchzeit betrug mindestens 10 Minuten.

Die Uferentfernung der Muscheln konnte jeweils direkt am Maßband und die Wassertiefe an einem Uferentfernungs-Tiefen-Diagramm abgelesen werden. Die seitliche Entfernung der Muscheln vom Maßband wurde mit dem Vorzeichen „+“ versehen, wenn die Muschel beim Blick zum Ufer rechts vom Maßband aufgefunden wurde, bzw. mit einem „-“, wenn sie links davon gefunden wurde.

Vom 9. Juli 2004 bis zum Ende der Untersuchung (16. Oktober 2004), wurde zusätzlich ein Experiment durchgeführt, welches eine Aussage darüber ermöglichen sollte, ob es Muscheln gibt, die tiefere oder seichtere Gewässerbereiche bevorzugen. Zu diesem Zweck wurden jeweils drei *U. pictorum* aus einem seichten Bereich (1,5 - 1,6 m Tiefe) mit grobkörnigem Sediment und drei aus einem tieferen Bereich (5,6 - 6,5 m Tiefe) mit feinkörnigem Sediment gesammelt und markiert. Danach wurden die Tiere in einer Tiefe von 4,0 m im Übergangsbereich zwischen grob- und feinkörnigem Sediment wieder eingesetzt. Der Ort wurde so gewählt, dass es weder für Wanderungen in seichtere Gebiete noch gegen die Tiefe hin mechanische Hindernisse, wie z.B. Steine, gab. Auch nach den Seiten hin konnten sich die Muscheln frei bewegen. In 14-tägigen Abständen wurden die Muscheln kontrolliert und die Fundtiefen notiert.

◆ Mattsee Salzburg

Die Untersuchung im Mattsee (Salzburg) wurde in der Ortschaft Aug durchgeführt (Koordinaten: 47°59'10"N, 13°07'00 O). Der Mattsee ist ein schwach mesotrophes Gewässer mit holomiktischem Durchmischungsmodus. Im ufernächsten Bereich befand sich eine schmale vegetationsfreie Zone. Darauf folgte ein Makrophytengürtel, der aus dem Krausen Laichkraut (*Potamogeton crispus*) und dem Ährigen Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) bestand. Diese Makrophyten bildeten in den Sommermonaten eine dichte Bedeckung, die das Auffinden der markierten Muscheln sehr schwierig machte. Im Uferbereich besteht das Substrat aus Kies, der in etwa 1 m Tiefe in Schlamm übergeht. Ab hier fällt der Untergrund bis in eine Tiefe von 10 m in einem Winkel



Abb. 1:
Wanderungspur
einer Großen
Teichmuschel.
Foto: M. Taurer

von ca. 20° gleichförmig ab. Die 10 m Tiefenlinie ist etwa 30 m vom Ufer entfernt. Mit zunehmender Tiefe wird der Schlamm feiner und lockerer.

Die Untersuchungen im Mattsee begannen am 26. November 1994 und endeten am 25. November 1995. Sie wurden durch Tauchgänge mit Presslufttauchgeräten durchgeführt. Insgesamt wurden 35 Großmuscheln markiert und wieder ausgesetzt. Fünf *Unio pictorum* und 10 *Anodonta cygnea* wurden in 2 m Tiefe ausgesetzt, 10 *A. cygnea* in 4 m Tiefe und 10 *A. cygnea* in 6 bis 7 m Tiefe. Zur Markierung wurden die Tiere an Land gebracht und mit einem Graviergerät mit einer Nummer versehen. Zusätzlich wurde ein etwa 15 cm langer Nylonfaden mit Sekundenkleber an dem hinteren Bereich einer Schalenhälfte geklebt. An den Faden wurde ein Korkplättchen mit Nummer (Durchmesser 2,5 cm) angebunden. Der jeweilige Standort der Muscheln wurde mit einem nummerierten Stab markiert. Die zurückgelegte Strecke wurde vermessen und die Wanderichtung mit einem Kompass bestimmt. Die Kontrolle erfolgte in etwa 14-tägigem Rhythmus. Gelegentlich ging die Markierung verloren, sodass die Muscheln erneut aus dem Wasser genommen werden mussten. Immer wieder waren Wandermuscheln (*Dreissena polymorpha*) auf den Schalen der markierten Muscheln zu finden. Diese wurden jeweils von den Tauchern entfernt.

Auswertung

In den weichen Sedimentbereichen hinterlassen die Muscheln bei ihrer Wanderung oftmals tiefe Furchen (Abb. 1), die jedoch nicht beständig sind und daher nicht für die Untersuchung der Wanderstrecken herangezogen werden konnten.

Die zurückgelegte Wegstrecke im Gesamten wie auch zwischen den einzelnen Kontrollen wurde entweder mit Hilfe der Vektorgleichung

$$\vec{V} = \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_2 - X_1 \\ Y_2 - Y_1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Länge: } |\vec{V}| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

berechnet oder aus der jeweiligen Grafik bestimmt.

Es ist zu beachten, dass es sich dabei jeweils um die Mindestwegstrecke handelt. Die Muscheln müssen ja keineswegs geradlinig von einem Punkt zum anderen gewandert sein. Bei Ortsveränderungen in Längsrichtung zum Ufer kam es zu Veränderungen der Wassertiefe, in Querrichtung zu keiner Änderung. Um vergleichen zu können, ob eine Muschel eine der beiden Richtungen bevorzugt, wurden die jeweiligen Amplituden (= größte Entfernung der Endpunkte in Längs- und Querrichtung, $A_{\text{längs}}$ und A_{quer}) gegenübergestellt. Zum Vergleich der Muscheln untereinander wurde der Begriff des „Migrationskoeffizienten K_m “ eingeführt. Dieser errechnet sich aus der Wanderungsstrecke in Längsrichtung gebrochen durch die Wanderungsstrecke in Querrichtung: $K_m = A_{\text{längs}} / A_{\text{quer}}$.

Bei $K_m = 1$ wurde, über den gesamten Untersuchungszeitraum gesehen, keine dieser beiden Richtungen bevorzugt. Entsprechend hat bei $K_m < 1$ eine vermehrte Migration in Querrichtung stattgefunden und bei $K_m > 1$ in Längsrichtung. Bei Wanderungen in Längsrichtung ergeben sich aufgrund einer Änderung der Wassertiefe verschiedene Gradienten, wie Wassertemperatur, Licht und Sedimentbeschaffenheit. Auch Wanderungen in rein uferparalleler Richtung sind nicht von vornherein frei von Gradienten. In den Untersuchungsgebieten war diesbezüglich das Vorhandensein oder Fehlen von Unterwasservegetation interessant.

ERGEBNISSE

Feldsee

Tabelle 1 gibt die zurückgelegten Wegstrecken der einzelnen Muscheln und den dabei durchwanderten Tiefenbereich im Feldsee wieder. Abb. 2 und 3 zeigen die Wanderungen der aktivsten Muschel (*U. pictorum* 2) in der Aufsicht und im Bezug zur Wassertiefe. Es gab mobile und weniger mobile Individuen, auch innerhalb derselben Art. Die Spannweite zwischen den zurückgelegten Wegstrecken erstreckte sich von 0,36 m bei *A. cygnea* 1 bis zu 13,30 m bei *U. pictorum* 2. Das bedeutet einen Unterschied um das 37-fache!

See	Spezies	Dauer d. Beob. (Monate)	Start bei Tiefe	Gesamte Tiefe	Gesamte Strecke	Strecke pro Monat	Ampl. Querrichtung	Ampl. Längsrichtung	K _m
Feldsee	<i>A. anatina 1</i>	17	-5,8	1,5	9,93	0,58	4,15	3,75	0,90
	<i>A. anatina 2</i>	15	-4,7	-0,3	2,04	0,14	0,8	0,7	0,88
	<i>A. cygnea 1</i>	15	-7,4	0,0	0,36	0,02	0,35	0,10	0,29
	<i>U. pictorum 1</i>	17	-3,5	0,0	11,18	0,66	2,00	2,95	1,48
	<i>U. pictorum 2</i>	17	-4,5	0,7	13,30	0,78	2,60	5,50	2,12
	<i>U. pictorum 3</i>	17	-3,2	0,4	3,83	0,23	1,05	1,65	1,57
	<i>U. pictorum 4</i>	5	-4,0	-1,2	3,54	0,71	0,60	3,00	5,00
	<i>U. pictorum 5</i>	15	-6,5	0,7	3,61	0,24	0,90	2,65	2,94
Mattsee	<i>A. cygnea 2</i>	5	-2,0	-0,6	3,15	0,63	2,00	1,90	0,95
	<i>A. cygnea 3</i>	5	-2,0	-0,5	2,20	0,44	1,40	1,40	1,00
	<i>A. cygnea 4</i>	4	-2,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>A. cygnea 5</i>	12	-2,0	0,0	1,60	0,13	0,40	0,76	1,90
	<i>A. cygnea 6</i>	8	-2,0	0,3	1,82	0,23	0,55	1,25	2,27
	<i>A. cygnea 7</i>	12	-2,0	-0,5	2,53	0,21	0,19	1,26	6,63
	<i>A. cygnea 8</i>	4	-2,0	0,0	0,74	0,19	0,37	0,18	0,49
	<i>A. cygnea 9</i>	4	-2,0	0,0	0,20	0,05	0,20	0,06	0,30
	<i>A. cygnea 10</i>	6	-2,0	0,0	0,73	0,12	0,72	0,05	0,07
	<i>A. cygnea 11</i>	11	-2,0	0,2	2,70	0,25	2,24	0,76	0,34
		<i>A. cygnea 12</i>	6	-4,0	-0,1	0,75	0,13	0,65	0,32
Mattsee	<i>A. cygnea 13</i>	6	-4,0	-0,5	2,19	0,37	1,60	1,50	0,94
	<i>A. cygnea 14</i>	12	-4,0	-0,3	1,66	0,14	1,45	0,83	0,57
	<i>A. cygnea 15</i>	5	-4,0	0,0	0,10	0,02	0,09	0,02	0,22
	<i>A. cygnea 16</i>	11	-4,0	-0,3	1,74	0,16	1,38	0,95	0,69
	<i>A. cygnea 17</i>	12	-4,0	-0,1	0,80	0,07	0,90	0,28	0,31
	<i>A. cygnea 18</i>	6	-4,0	-0,1	0,59	0,10	0,48	0,32	0,67
	<i>A. cygnea 19</i>	7	-4,0	0,0	0,44	0,06	0,42	0,13	0,31
	<i>A. cygnea 20</i>	5	-4,0	0,0	0,13	0,03	0,12	0,04	0,33
	<i>A. cygnea 21</i>	5	-4,0	0,0	0,22	0,04	0,21	0,03	0,14
	<i>A. cygnea 22</i>	6	-6,2	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>A. cygnea 23</i>	9	-6,3	0,0	0,35	0,04	0,32	0,11	0,34
Mattsee	<i>A. cygnea 24</i>	1	-6,5	0,0	0,15	0,15	0,10	0,12	1,20
	<i>A. cygnea 25</i>	11	-6,4	-0,1	0,40	0,04	0,23	0,33	1,43
	<i>A. cygnea 26</i>	12	-6,5	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>A. cygnea 27</i>	12	-6,5	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>A. cygnea 28</i>	12	-6,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>A. cygnea 29</i>	12	-6,8	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>A. cygnea 30</i>	8	-6,2	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>A. cygnea 31</i>	10	-7,0	0,1	1,38	0,14	1,05	0,78	0,74
	<i>U. pictorum 6</i>	5	-2,0	0,1	0,56	0,11	0,35	0,23	0,66
	<i>U. pictorum 7</i>	4	-2,0	0,1	0,15	0,04	0,10	0,03	0,30
	<i>U. pictorum 8</i>	12	-2,0	-0,3	1,31	0,11	1,74	0,66	0,38
<i>U. pictorum 9</i>	5	-2,0	-0,3	2,88	0,58	0,55	0,90	1,64	
<i>U. pictorum 10</i>	8	-2,0	-0,4	2,40	0,30	0,93	1,23	1,32	

Tab. 1

Vergleich der zurückgelegten Wegstrecken der Muscheln im Feldsee und im Mattsee. Maße in m. Gesamte Tiefe = zurückgelegte Tiefe zwischen Start und Ende, positive Zahl = Wanderung nach oben, negative Zahl = Wanderung in die Tiefe; K_m = Migrationskoeffizient (siehe Text).

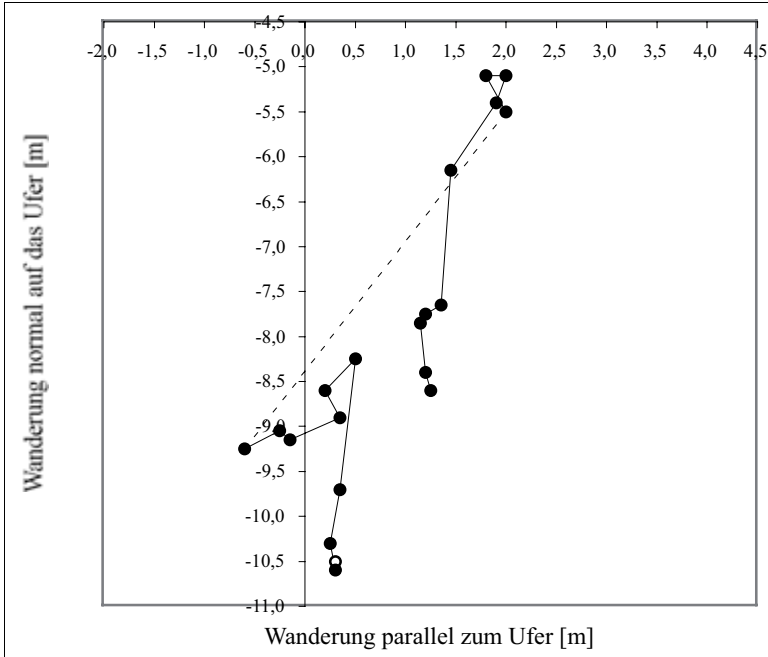
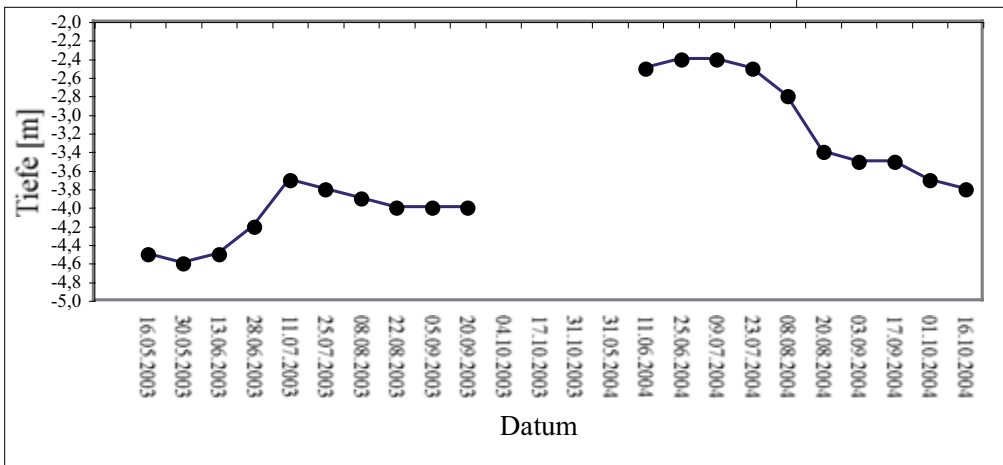


Abb. 2:
Feldsee: *Unio pictorum* 2. Die Migration am Gewässergrund. Der weiße Kreis bezeichnet den Ausgangspunkt der Wanderung. Die gestrichelte Linie zeigt an, dass die Muschel dazwischen ein- oder mehrmals nicht auffindbar war.

Bei Ortsveränderungen in Längsrichtung, die bei dem gegebenen Tiefenprofil automatisch eine Änderung der Wassertiefe bewirkten, war *U. pictorum* 2 mit einer maximalen Differenz der Fundorttiefen von 2,1 m die Spitzenreiterin: mit 4,5 m hatte ihr tiefster Fundort fast die doppelte Tiefe des seichtesten (2,4 m).

Die Muscheln in tieferen Regionen (*A. anatina* 2, *U. pictorum* 5 und *A. cygnea* 1), die in feinem Sediment lebten, zeigten geringere Wanderungsaktivitäten als diejenigen in seichteren Arealen. Die zurückgelegte Wegstrecke aller drei „tiefen“ Muscheln betrug 6,01 m. Die beiden Muscheln, die sich in den tiefsten Bereichen aufhielten (*A. cygnea* 1 und *U. pictorum* 5) waren über große Zeiträume völlig im Sediment vergraben. Ein solches Verhalten konnte bei den Muscheln im Seichteren und damit auf grobkörnigerem Sediment nicht beobachtet werden.

Abb. 3:
Feldsee: *Unio pictorum* 2. Die Migration in Bezug zur Wassertiefe.



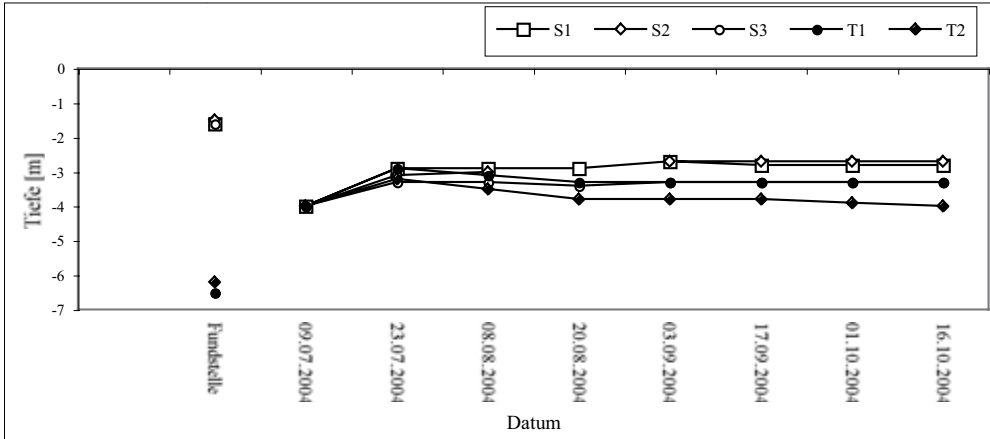


Abb. 4:
Feldsee: Das Verhalten der fünf Malermuscheln in Bezug auf die Wassertiefe. S = *Unio pictorum* aus dem seichten Bereich, T = *U. pictorum* aus dem tiefen Bereich; T3 wurde nicht mehr aufgefunden.

Mit Ausnahme von *A. cygnea* 1 lagen die ersten Fundorte im Jahr 2004 in seichteren Regionen als die letzten Aufenthaltsorte des Jahres 2003.

Drei *Unio pictorum* wurden aus dem seichten, grobkörnigen Bereich und drei aus dem tiefen, feinkörnigen Bereich in den Übergangsbereich der zwei Sedimenttypen in eine Wassertiefe von 4 m eingesetzt. Es zeigte sich, dass alle Muscheln in Richtung des gröberen Sediments wanderten und auch in diesem Tiefenbereich verblieben (Abb. 4). Eine Muschel wurde nach dem Aussetzen nicht mehr gefunden. Die beiden aus den tieferen Bereichen stammenden Muscheln wanderten etwas tiefer als die drei aus den seichten Bereichen, gingen jedoch nicht in ihre ursprüngliche Fundtiefe zurück.

Mattsee

Alle Muscheln wurden am 26. November 1993 im Mattsee ausgesetzt. Die letzte Kontrolle erfolgte am 25. November 1994. Von den 35 markierten Muscheln waren zu diesem Zeitpunkt nur mehr 9 zu finden. Die anderen starben vorher oder waren unauffindbar.

Tabelle 1 gibt die zurückgelegten Wegstrecken der einzelnen Muscheln und den dabei durchwanderten Tiefenbereich im Mattsee wieder. Abb. 5 zeigt jeweils 3 Beispiele der Wanderungen von *A. cygnea* und *U. pictorum* in den Tiefenstufen 2 und 4 m in der Aufsicht. Die im Durchschnitt pro Monat zurückgelegte Wegstrecke schwankt zwischen 0 und 0,63 m. Im 2-m-Bereich wurden in den meisten Fällen sowohl von *A. cygnea* als auch von *U. pictorum* größere Strecken zurückgelegt als in 4 m Tiefe. In einer Tiefe von 6 bis 7 m blieben einige Muscheln 12 Monate lang völlig unbeweglich, die größte durchschnittliche Monatsleistung lag bei 0,15 m (Tab. 1). Die schnellste Muschel war *U. pictorum* 8, die innerhalb von 2 Wochen eine Strecke von 1,2 m zurücklegte (Abb. 5), entsprechend einer Monatsleistung von 2,4 m. Die schnellste Teichmuschel war *Anodonta cygnea* 11, die in einem Monat 1,3 m zurücklegte; beide hielten sich im 2-m-Tiefenbereich auf (Abb. 5).

Die großen Unterschiede im Migrationskoeffizienten K_m lassen ersehen, dass es keine Tendenz der Wanderungsrichtung gibt. Wie die Beispiele auf Abb. 5 zeigen, gibt es auch keine gemeinsamen jahreszeitlichen Unterschiede in der Muschelwanderung.

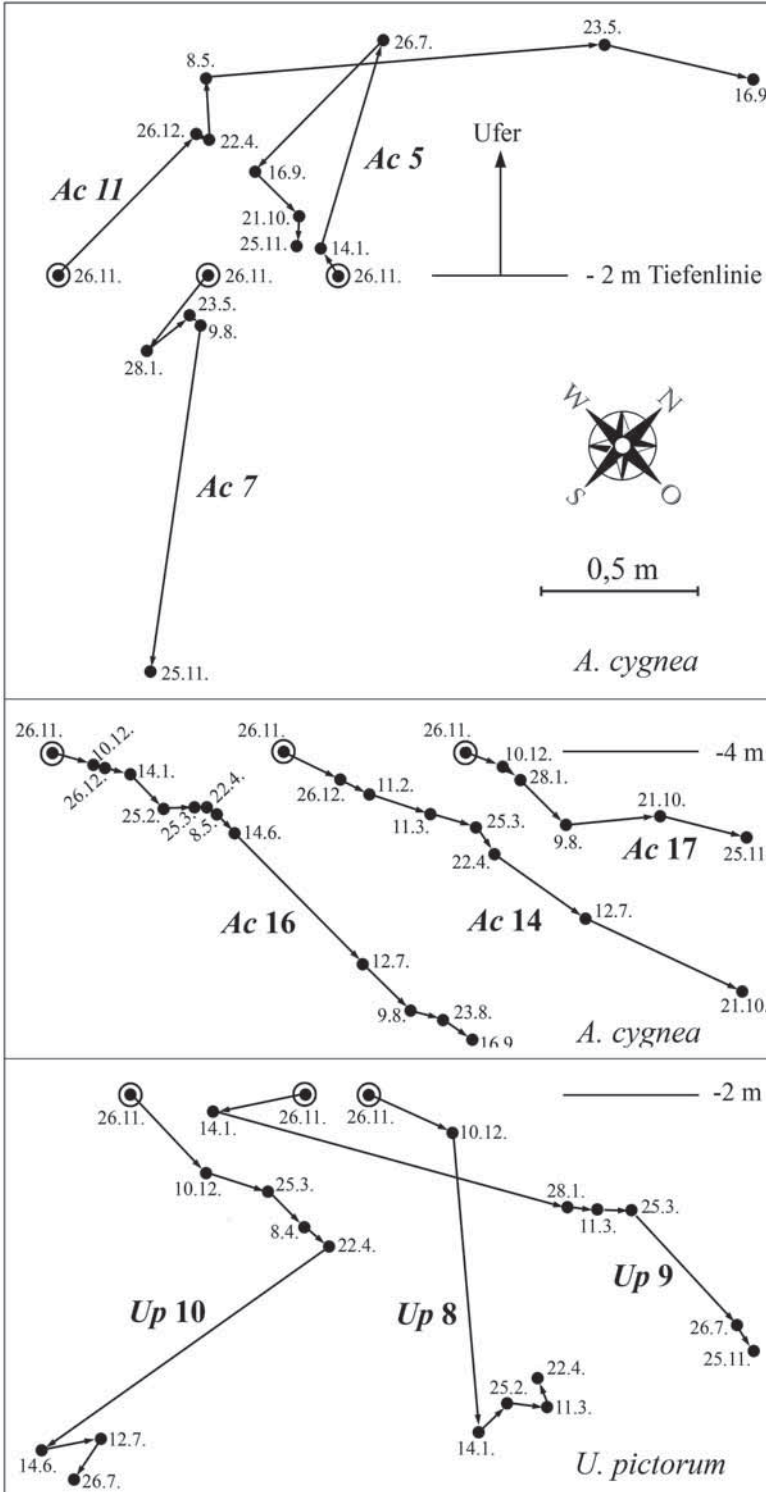


Abb. 5: Mattsee: Beispiele von Wanderungen von jeweils 3 *Anodonta cygnea* und *Unio pictorum*, die im 2 m- bzw. im 4 m-Bereich ausgesetzt wurden. Der eingeringelte Punkt zeigt die Startposition.

DISKUSSION

Verglichen mit den bereits zitierten Arbeiten wurden die beiden vorliegenden Studien nur mit einer relativ geringen Anzahl an Muscheln durchgeführt. BURLA (1971) sammelte 212 Muscheln der Gattung *Anodonta*. 144 Tiere wurden markiert und von März bis Dezember 1970 beobachtet. 41 lebende Muscheln waren am Ende des Experimentes noch auffindbar. AMYOT & DOWNING (1997) markierten insgesamt 781 Individuen der Art *Elliptio complanata*, 527 Tiere konnten von Juli 1988 bis Juli 1990 beobachtet werden. In Kärnten gibt es aktuell mit Ausnahme des Goggausees nirgends eine auch nur annähernd so hohe Dichte an Großmuscheln. Im Feldsee wurden in einem nahezu identischen Transekt (32 m Länge, 1 m Breite) an der gleichen Lokalisation am 30. 9. 1999 44 Großmuscheln (29 *A. cygnea*, 15 *U. pictorum*) und am 14. 5. 2000 31 Großmuscheln (22 *A. cygnea*, 9 *U. pictorum*) vorgefunden. Zu Beginn der vorliegenden Studie wurden in dem 30 m langen und 1 m breiten Transekt gerade 5 Muscheln (4 *U. pictorum*, 1 *A. anatina*) entdeckt. Der drastische Rückgang der Unionidenpopulation innerhalb der letzten Jahrzehnte ist weltweit dokumentiert (z.B. PATZNER & MÜLLER, 1996; BAKER & HORNBAACH, 1997; HOCHWALD, 1997) und ist nicht Bestandteil dieser Arbeit.

Bei BURLA (1971) wurden wie auch in der vorliegenden Studie die Muscheln außerhalb des Wassers markiert. AMYOT & DOWNING (1997) markierten die Muscheln in situ im Rahmen von Tauchgängen durch angeklebte Plastikschildchen. Eine gewisse Störung der Muscheln lässt sich auch bei dieser Methode nicht verhindern. Die Muscheln waren auch bei den Kontrollen immer wieder untersuchungsbedingten Störeinflüssen ausgesetzt, sei es, dass sie aus dem Sediment geholt werden mussten, um die Markierungen ablesen zu können, sei es, dass Markierungen aufgefrischt werden mussten oder dass aufsitzende *Dreissena* entfernt wurden. Man muss annehmen, dass diese Manipulationen der Muscheln eine Beeinflussung des Verhaltens der Tiere darstellen (BURLA, 1971; AMYOT & DOWNING, 1997). Die letzten beiden Autoren beobachteten eine vermehrte migratorische Aktivität von Muscheln nach erfolgter Störung innerhalb der nächsten Stunde. Dies wurde bei der vorliegende Studie bei *A. cygnea* 1 im Feldsee beobachtet: Sie bewegte sich während des gesamten Beobachtungszeitraumes nur ein einziges Mal (Ortsveränderung um 35 cm). Das Sediment in der Umgebung der Muschel war zu diesem Zeitpunkt durchwühlt, am ehesten durch die Aktivität von Fischen.

Die über drei Jahre erfolgten Beobachtungen bei AMYOT & DOWNING (1997) wurden jeweils in den Wintermonaten wegen Eisbedeckung des Gewässers unterbrochen. Dies geschah auch in der vorliegenden Studie im Feldsee. Im Mattsee waren in den Sommermonaten durch den starken Makrophytenbewuchs manche Individuen über einen längeren Zeitraum nicht zu finden. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass die gemessenen zurückgelegten Gesamtwegstrecken geringer sind als die tatsächlichen Migrationen.

BURLA (1971) hat ab August das dicht wachsende Laichkraut im Untersuchungsgebiet entfernt. Im Untersuchungsareal der vorliegenden Studie im Feldsee war in einer Uferentfernung von 3 bis 6 m (entsprechend einer Tiefe von 1,5 bis 3 m) ein Bestand der Kanadischen Wasserpfeife (*Elodea canadensis*) ausgebildet. In einer Uferentfernung von 6 bis

14 m (entsprechend einer Tiefe von 3 bis 5,5 m) wurde es seitlich von *E. canadensis* begrenzt. Bei vermuteten Wanderungen von Muscheln in diese Vegetation wurde beim Suchen mit größter Sorgfalt bezüglich der Wasserpflanzen vorgegangen. Eine Veränderung oder gar Entfernung der Vegetation zum Zwecke des leichteren Auffindens von Muscheln wurde nicht als sinnvoll erachtet. Eine derartige Veränderung des Habitats könnte Auswirkungen auf die Migrationsaktivität der Muscheln haben. SHEEHAN et al. (1989) vermuten, dass dichte aquatische Vegetation sogar einen Einfluss auf das Überleben von Muscheln hat, da dadurch eine verminderte Wasserströmung und eine vermehrte Sedimentation auftritt. ALLEN (1923) kam ebenfalls zum Schluss, dass Vegetation durch die Verminderung der Wasserströmung ein ungünstigeres Habitat für Muscheln darstellt. Tatsächlich hat man auch im Feldsee den Eindruck, dass die Muscheln die dichte Vegetation meiden: *A. anatina* 1 erreichte im September 2003 die Grenze des *E. canadensis*-Bestandes und hielt sich im Herbst 2004 in dichter Vegetation auf. *U. pictorum* 2 war im Herbst 2003 in dicht stehender Vegetation, entfernte sich im Jahr 2004 aber wieder aus dieser. Alle anderen Muscheln blieben während des gesamten Beobachtungszeitraumes in einem vegetationsfreien oder zumindest vegetationsarmen Areal. Das Auftreten einer dichten Unterwasservegetation könnte möglicherweise auf die migratorische Aktivität der Großmuscheln hemmend wirken. Aus diesem Grund ist die Maßnahme der artifiziellen Beseitigung der Unterwasservegetation während des Experimentes bei BURLA (1971) sehr kritisch zu sehen.

Beim Vergleich der erhobenen Daten der acht Muscheln aus dem Feldsee zeigten sich deutliche individuelle Unterschiede in der Wanderungsaktivität. Diese zurückgelegten Wegstrecken reichten von den bescheidenen 0,36 m der *A. cygnea* 1 bis zu den beachtlichen 13,3 m von *U. pictorum* 2. *U. pictorum* 3 lebte im selben Bereich und war damit mit den identischen Umweltbedingungen konfrontiert wie *U. pictorum* 2, bewegte sich aber nur 3,83 m weit. Solche individuellen Aktivitätsunterschiede beobachtete schon BURLA (1971). Er unterschied entsprechend zwischen mobilen und sessilen Individuen, wobei er für die strikt sessilen Tiere eine Schädigung vermutete. Außerdem beschrieb er noch Tiere, die nur gelegentliche Ortsveränderungen durchführten. Das die Wanderungsaktivitäten große individuelle Unterschiede aufweisen, zeigen auch die Beobachtungen von AMYOT & DOWNING (1997): innerhalb einer 18-tägigen Periode wanderten 38 % von 157 markierten Muscheln zumindest einmal und nur 4 % führten mehr als eine Ortsveränderung durch.

Es hat den Anschein als würden die Muscheln „von sich aus“ Ortsveränderungen vornehmen. Andererseits könnten auch Störungen von außen, wie z.B. Berührungen durch Fische, die im Sediment nach Nahrung suchen, Ortswechsel auslösen. Auch eine methodische Beeinträchtigung kann nicht ausgeschlossen werden: Die Muscheln mussten immer wieder zum Zwecke der Identifikation ausgegraben werden.

Bei der vorliegenden Studie konnte für keine Muschel eine gerichtete Wanderung nachgewiesen werden. Meist waren die Wegstrecken der Muscheln mehr oder weniger verschlungen. Die Muscheln bewegten sich innerhalb eines verhältnismäßig kleinen Areals. Im Feldsee kann man wohl davon ausgehen, dass dieses umschriebene Areal günstige Be-

dingungen für die Tiere geboten hat und es nach allen Seiten hin diesbezügliche Gradienten gegeben hat: zum Ufer hin überforderten die großen Steine die migratorischen Fähigkeiten, an den Seiten war offensichtlich der dichter werdende Bestand von *Elodea canadensis* eine Barriere und gegen die Tiefe hin waren es möglicherweise die sich ändernden Sedimentverhältnisse. Die Muscheln in den tieferen Regionen (*A. anatina* 2, *U. pictorum* 5, *A. cygnea* 1) bewegten sich generell zu wenig, um an Bewuchs- oder Sedimentgrenzen zu stoßen. Eine Ausnahme bildete *A. anatina* 1, die vom vegetationsfreien Bereich letztlich in dichte *E. canadensis*-Vegetation eingewandert ist. Trotz ihrer weiten Wanderung (insgesamt 9,93 m) bewegte sie sich immer in feinkörnigem Sediment.

BURLA (1971) beschreibt ein Maximum an lokomotorischer Aktivität im Sommer. AMYOT & DOWNING (1997) fanden die größte migratorische Aktivität im Juni. Dies korrelierte nicht mit dem Maximum der Wassertemperatur. BURLA (1971) und AMYOT & DOWNING (1997) sehen einen Zusammenhang der migratorischen Aktivität mit der Tageslänge. Im Feldsee und im Mattsee waren keine derartigen Tendenzen zu beobachten.

Die von BURLA (1971) und BLOOMER (1946) beschriebene gerichtete Ortsveränderung der Muscheln im Frühjahr und Sommer hangaufwärts war weder im Feldsee noch im Mattsee zu bemerken. Auffallend war aber, dass im Feldsee die ersten Fundorte der Muscheln im Jahr 2004 mit Ausnahme von *A. cygnea* 1 (gleiche Tiefe) alle in seichteren Bereichen waren als die letzten des Jahres 2003. Es muss also im Winter 2003/04 oder in den ersten Frühjahrsmonaten des Jahres 2004 zu einer Hangaufwärtsbewegung gekommen sein.

Die Ursache für die geringere Wanderungsaktivität der Muscheln im tieferen Bereich der Untersuchungsgebiete liegt möglicherweise auch darin, dass die Tiere im feinen Sediment besser geschützt sind. Viele waren dort zumindest bis auf die Ebene der Ein- und Ausströmöffnungen im Grund vergraben und daher geringeren exogenen Störungen ausgesetzt. Man kann außerdem vermuten, dass Ortsveränderungen in feinem Sediment energetisch aufwendiger sind. Die niedrigere Wassertemperatur könnte die lokomotorische Aktivität ebenfalls reduzieren.

Auch AMYOT & DOWNING (1997) halten fest, dass im Sediment vergrabene Muscheln vermutlich keine horizontalen Wanderungen durchführen.

Wie schon in der Literatur beschrieben (AMYOT und DOWNING 1991; 1997) zeigten sich auch in der Studie vom Feldsee vertikale Migrationen. Dies bedeutet, dass Muscheln manchmal mehr und manchmal weniger weit im Sediment eingegraben sind. Die Muscheln sind insbesondere während der Wintermonate im Sediment vergraben. Dies könnte ein Schutz vor Predation sein (NEGUS 1966. In: AMYOT und DOWNING 1997). Ein vollständiges Eingraben in das Sediment war im Feldsee während der Beobachtungszeit nur bei den beiden Muscheln im tieferen Abschnitt des Untersuchungsgebietes (*A. cygnea* 1, *U. pictorum* 5) zu beobachten, die sich auch nach Ausbilden einer Thermokline unterhalb dieser in kühlem Wasser aufgehalten haben. *U. pictorum* 5 war mehr als die Hälfte der Untersuchungszeit vollständig im Sediment vergraben. *A. cygnea* 1 konnte überhaupt nur zwischen dem 11. 7. und 5. 9. 2003 und noch ein-

mal am 28. 8. 2004 filtrierend vorgefunden werden. Ansonsten war sie vollständig im Sediment versteckt.

Es ist anzunehmen, dass während der Phasen, in denen kein erkennbarer Kontakt zur freien Wasseroberfläche bestand und die Muscheln daher auch nicht filtrieren konnten, der Stoffwechsel reduziert sein dürfte. Eine Aufnahme von Nährstoffen über den Fuß aus dem Sediment ist denkbar (VAUGHN & HAKENKAMP 2001). Im Feldsee war das Sediment bereits direkt unter der Oberfläche als Zeichen eines reduzierten Zustandes dunkel gefärbt. Es ist daher schwer vorstellbar, dass eine ausreichende Sauerstoffaufnahme direkt aus dem Sediment ohne eine Reduktion des Stoffwechsels der Muscheln möglich ist.

Das im Feldsee durchgeführte Experiment, bei dem Muscheln aus einem seichten Areal mit grobkörnigem Sediment und aus einem tiefen Areal mit feinkörnigem Sediment in eine intermediäre Zone versetzt wurden, zeigte zwar für die ursprünglich im Seichten positionierten Muscheln eine gewisse Rückwanderungstendenz in seichtere Bereiche. Bei den Muscheln, die ursprünglich tiefer lebten, zeigte sich keine Tendenz, in den Bereich ihrer Fundtiefen zurückzukehren. Sie fühlten sich offenbar im Tiefenbereich zwischen 3 m und 4 m und auf dem im Vergleich zu ihren ursprünglichen Fundorten deutlich grobkörnigerem Sediment recht wohl. Das deckt sich mit der allgemeinen Beobachtung, dass oberhalb von etwa 4 m Wassertiefe der Großteil der Malermuscheln angetroffen werden konnte. Es fanden sich bei diesen Muscheln somit keine Hinweise dafür, dass sie den Tiefenbereich, aus dem sie ursprünglich stammten, und das dort feinkörnige Sediment bevorzugen würden.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen jedenfalls, dass trotz teilweise großer zurückgelegter Wegstrecken die Muscheln in einem umschriebenen Gebiet blieben. Somit sollte in einem Gewässer mit devastierten Uferregionen schon die Renaturierung eines kleinen Areals eine erfolgreiche Wiederansiedelung einer Muschelpopulation ermöglichen.

AMYOT & DOWNING (1997) schreiben abschließend: "Although mussel locomotion is slow, its strong seasonal variation and association with physical cues suggests that locomotory behaviour is an essential component of their life history strategies. Given the precarious state of mussel populations and species in North America, care should be taken not to impede the deliberate spatial dynamics of this fragile fauna."

Diesbezügliche Beeinträchtigungen können z.B. leicht durch in das Gewässer eingebrachte Fremdkörper wie Steine, aber auch durch dichten Unterwasserbewuchs mit eingeschleppten Pflanzen, wie *Elodea canadensis*, entstehen. Nicht nur aus diesem Grund ist es wichtig, solche Veränderungen eines Gewässers zu vermeiden.

Danksagung

Für Tauchgänge im Mattsee bedanken wir uns bei Albert Abele, Herbert Aufhauser, Ingeborg und Hans Kaidusch sowie Hanspeter Leitner.

LITERATUR

- ALLEN, W. R. (1923): Studies of the biology of freshwater mussels II. The nature and degree of response to certain physical and chemical stimuli. *Ohio J Sci* 23:57-82.
- AMYOT, J. P. & J. A. DOWNING (1991): Endo- and epibenthic distribution of the unionid mollusc *Elliptio complanata*. *Journal of the North American Benthological Society*, 10: 280-285.
- AMYOT, J. P. & J. A. DOWNING (1997): Seasonal variation in vertical and horizontal movement of the freshwater bivalve *Elliptio complanata* (Mollusca: Unionidae). *Freshwater Biol* 37: 345-354.
- BAKER, S. M. & D. J. HORNBACH (1997): Acute physiological effects of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) infestation on two unionid mussels, *Actinonaias ligamentina* and *Amblema plicata*. *Can J Fish Aquat Sci* 54: 512-519.
- BLOOMER, H. H. (1946): The seasonal production of spermatozoa and other notes on the biology of *Anodonta cygnea* (L.). *Proc malacol Soc* 27: 62-68.
- BURLA, H. (1971): Gerichtete Ortsveränderungen bei Muscheln der Gattung *Anodonta* im Zürichsee. *Vierteljahresschr. naturforsch. Ges Zürich* 116: 181-194.
- BURLA, H., H.-J. SCHENKER & W. STAHEL (1974): Das Dispersionsmuster von Teichmuscheln (*Anodonta*) im Zürichsee. *Oecologia* 17: 131-140.
- HANSON, J. M., W. C. MACKAY & E. E. PREPAS (1988): The effects of water depth and density on the growth of a unionid clam. *Freshwat Biol* 19: 345-355.
- HOCHWALD, S. (1997): Das Beziehungsgefüge innerhalb der Größenwachstums- und Fortpflanzungsparameter bayerischer Bachmuschelpopulationen (*Unio crassus* Phil. 1788) und dessen Abhängigkeit von Umweltparametern. *Bayreuther Forum Ökologie*, Band 50.
- MÜLLER, D. & R. A. PATZNER (1996): Growth and age structure of the swan mussel *Anodonta cygnea* (L.) at different depths in Lake Mattsee (Salzburg, Austria). *Hydrobiologia* 341: 65-70.
- NEGUS, C. L. (1966): A quantitative study of growth and production of unionid mussels in the River Thames at Reading. *J. Anim Ecol* 35: 513-532.
- ÖKLAND, J. (1963): Notes on population density, age distribution, growth, and habitat of *Anodonta piscinalis* NILSS. (Moll., Lamellibr.) in a eutrophic Norwegian lake. *Nytt Mag Zool* 11: 19-43.
- PATZNER, R. A. & D. MÜLLER (1996): Gefährdung und Rückgang der Najaden-Muscheln (Unionidae, Bivalvia) in stehenden Gewässern. *Berichte der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ANL* 20: 177-196.
- SHEEHAN, R. J., R. J. NEVES & H. E. KITCHEL (1989): Fate of freshwater mussels transplanted to formerly polluted reaches of the Clinch and North Fork Holston Rivers, Virginia. *J. Freshwater Ecol* 5: 139-149.
- TAURER, M. M. (2001): Verbreitung und Ökologie der Großmuscheln in den Stillgewässern Kärntens (Österreich). Diplomarbeit an der Karl Franzens Universität Graz.
- VAUGHN, C. C. & C. C. HAKENKAMP (2001): The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biol* 46: 1431-1446.

Anschrift der Verfasser:

DDr. Markus
M. Taurer
Jessernigstraße 12
9220 Velden
E-Mail: schwauk@
hotmail.com

Univ.-Prof.
Dr. Robert A. Patzner
Organismische
Biologie
Universität Salzburg
Hellbrunner
Straße 34
5020 Salzburg
E-Mail: robert.
patzner@sbg.ac.at