

# Gefährdung und Rückgang der Najaden-Muscheln (*Unionidae*, *Bivalvia*) in stehenden Gewässern

## Endangering and decline of naiad mussels (*Unionidae*, *Bivalvia*) in standing waters

Robert A. PATZNER & Doris MÜLLER

### Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung
2. Natürliche Einflüsse
  - 2.1 Krankheiten
  - 2.2 Parasiten
  - 2.3 Räuber
  - 2.4 Aufwachsende Organismen
  - 2.5 Sauerstoffmangel bei Eisbedeckung
  - 2.6 Populationsdichte und Reproduktionserfolg
  - 2.7 Verletzungen und Wundheilung bei Najaden
3. Mittelbare anthropogene Einflüsse
  - 3.1 Gewässerverunreinigung
  - 3.2 Sedimentation und Trübung
  - 3.3 Nahrungsmangel
  - 3.4 Wirtsfische
  - 3.5 Bewirtschaftung von Teichen und Absenken des Wasserspiegels
  - 3.6 Entkrautungsmaßnahmen
  - 3.7 Konkurrenz durch eingeschleppte Arten und Formen
4. Unmittelbare anthropogene Einwirkungen
  - 4.1 Sammeln von Perlen und Perlmutter
  - 4.2 Verwendung von Muscheln als Angelköder und Viehfutter
5. Wiederbesiedlung und Umsiedlung von Najaden
6. Ausblick
7. Zusammenfassung  
Summary
8. Literatur

### 1. Einleitung

Die Gruppe der europäischen Najaden besteht aus den Familien Margaritiferidae (Flußperlmuscheln), deren Vertreter nur in Fließgewässern leben und Unionidae (Flußmuscheln), die sowohl in fließenden, als auch in stehenden Gewässern zu finden sind. Die bis zu 30 cm langen Muscheln durchlaufen in ihrer Entwicklung ein Larvenstadium (Glochidien), bei dem sie parasitisch an Fische angeheftet sind. Ein Überblick über die mitteleuropäischen Najaden-Arten, die in stehenden Gewässern leben, ist aus Tab. 1 ersichtlich.

Der Rückgang und das totale Verschwinden von Najaden in fließenden und stehenden Gewässern innerhalb weniger Jahrzehnte ist sowohl in Europa, als auch weltweit so auffallend, daß sich Autoren aus verschiedenen Fachrichtungen mit unterschiedlichen Methoden damit beschäftigt haben. In

Fließgewässern ist dieses Phänomen gut dokumentiert (JAECKEL 1952, BAUER 1988, ENGEL & WÄCHTLER 1989). In Mitteleuropa betrifft es hauptsächlich die Flußperlmuschel *Margaritifera margaritifera* und die Gemeine Flußmuschel *Unio crassus*. Noch vor wenigen Jahrzehnten waren diese Arten in vielen Flüssen und Bächen massenhaft vertreten, heute sind sie vielerorts ausgerottet oder zumindest vom Aussterben bedroht. Hauptgründe dafür sind Einleitung von Abwässern, Begradigung der Fließgewässer und vor allem die Befestigung von Sohle und Ufer.

Auch in nahezu allen Seen und anderen stehenden Gewässern sind die Abundanzen der Najaden rückläufig, in vielen Ländern sind sie in verschiedenem Maß gefährdet (Tab. 1). Und zwar nicht nur in Europa (RICHNOVSZKY et al. 1987, WELLS & CHATFIELD 1992, PATZNER et al. 1993), sondern auch in Nordamerika, wo 297 Najaden-Arten aus 2 Familien vorkommen, kennt man diese Problematik seit vielen Jahren (van der SCHALIE 1938, ATHEARN 1968, JORGENSEN & SHARP 1971, STANSBERRY 1976, NEVES 1987, HAVLIK 1987, ADAMS 1990, BOGAN 1993). In Nordamerika sind bereits 19 Arten ausgestorben, in Europa ist hingegen bisher noch keine Art vollkommen ausgelöscht (WELLS & CHATFIELD 1992, BOGAN 1993).

Sind Wassermollusken in einem Lebensraum einmal ausgerottet, ist eine Wiederbesiedlung oft nicht mehr möglich. Dies trifft besonders in Seen und Teichen zu, denn nur selten können glochidientragende Fische von einem stehenden Gewässer in ein anderes gelangen. Leider fehlen vielfach Aufzeichnungen über Vorkommen und Abundanzen von Muscheln aus den früheren Jahrzehnten. Oft ist man auf relativ unpräzise Aussagen von Fischern, Tauchern oder Badenden angewiesen. Gelegentlich kann das ehemalige Vorkommen von Arten nur mehr anhand von Schalenfunden nachgewiesen werden.

Im vorliegenden Beitrag wird ein Überblick über bisher bekannte oder mögliche Ursachen und Zusammenhänge für einen Rückgang der Najaden dargestellt. Wir unterscheiden dabei drei Kategorien von Einwirkungen:

- (1) In der Natur vorkommende Abläufe, die zum Teil auch vom Menschen beeinflusst sein können,
- (2) mittelbare Einflüsse, die durch menschliche Aktivitäten die Lebensbedingungen für die Muscheln verändern und

Tabelle 1

## Najaden stehender Gewässer Mitteleuropas in Roten Listen

Land	<i>Anodonta anatina</i>	<i>Anodonta cygnea</i>	<i>Pseudanodonta complanata</i> *	<i>Unio pictorum</i>	<i>Unio tumidus</i>
Deutschland <sup>a**</sup>	V	2	1	2	2
Italien <sup>b</sup>	4	-	-	-	-
Österreich <sup>c**</sup>	3/4	2	1	3	1
Polen <sup>d</sup>	-	1	1	3	-
Schweiz <sup>e**</sup>	3	-	-	3	3
Slovenien <sup>f</sup>	-	2	-	2	-
Tschechoslowakei <sup>g</sup>	-	-	2	-	-

1= vom Aussterben bedroht, 2= stark gefährdet, 3= gefährdet, 4= potentiell gefährdet, V= Vorwarnliste; \*= in der IUCN Liste (1994) für alle Länder Europas: „Zu wenig Informationen, um Gefährdungsgrad anzugeben“; a= JUNGBLUTH und KNORRE (1995), b (nur Südtirol)= NISTERS (1994), c= FRANK & REISCHÜTZ (1994), d= DYDUCH-FALNIOWSKA (1992), e= TURNER et al. (1994), f= BOLE (1992), g= SKAPEC (1992); \*\*= es existieren detaillierte Listen von einzelnen Regionen.

(3) unmittelbare Einflüsse, durch die der Mensch direkt auf die Muscheln einwirkt.

Ob in einem Gewässer nur eine Ursache oder eine Kombination von Ursachen für den Rückgang verantwortlich sind, ist oft kaum feststellbar.

## 2. Natürliche Einflüsse

### 2.1 Krankheiten

Über Krankheiten von Najaden liegen bisher nur wenige Berichte vor. Der allgemeine Rückgang der Najaden erinnert an die Krebspest, die vor etwa 100 Jahren in Europa auftrat und einen Großteil der Krebsbestände vernichtete (SMOLIAN 1926). Der Erreger dieser Krankheit ist der Schlauchpilz *Aphanomyces astaci*, der die Haut und das zentrale Nervensystem der Flußkrebse befällt (UNESTAM & WEISS 1970). In mehreren europäischen Unio-nidenarten beschrieb PEKKARINEN (1993) eine Infektion mit Pilzhypen, die die Glochidien in den Marsupien schädigen. Nach HIGGINS (1930) und ELLIS (1931) führen Bakterien und Pilze zu einer hohen Mortalität bei den Glochidien. Im allgemeinen sind jedoch bei den Najaden Krankheiten eher selten anzutreffen (ISOM 1969). Im marinen Bereich kennt man dagegen eine Reihe von Krankheitsüberträgern, die Muscheln in unterschiedlichem Maß gefährden, beziehungsweise schädigen (SPARKS 1985, COUCH & FOURNIE 1993).

Tumorartige Bildungen sind relativ häufig bei der Gattung *Anodonta* zu finden, sowohl in Europa, als auch in den U.S.A. (WILLIAMS 1890, PAULEY 1967a,b). In einem Gebiet der U.S.A. waren 61 %

der Flußperlmuschel *Margaritifera margaritifera* von einer Infektion befallen, bei der Teile des Körpers schwammartig anschwellen (PAULEY 1968). Leider werden in keiner der Arbeiten Angaben über die Gefährdung der Muscheln durch diese Krankheiten gemacht. PEKKARINEN (1993) fand in Najaden von finnischen Gewässern häufig unspezifische Pustelbildungen. Die Pusteln treten zwischen Mantel und Schale auf und können lethal sein.

### 2.2 Parasiten

Muscheln, die bereits durch Umwelteinflüsse geschwächt sind, werden leichter und intensiver von Parasiten befallen. In diesem Zusammenhang spricht man von "Schwächeparasiten" (MATTHES 1988).

In der Mantelhöhle von Najaden findet man immer wieder Milben der Gattung *Unionicola* (DAVIDS 1973). Es gibt davon über 200 Arten, die weltweit vorkommen (VIDRINE 1993). Sie verbringen ihr erstes Larvalstadium parasitisch im Körper von Chironomidenlarven und leben als Nymphen und als Adulttiere in Süßwassermuscheln. In Europa findet man folgende Arten (DAVIDS et al. 1988):

- *Unionicola ypsilophora* nur in *Anodonta cygnea*;
- *U. intermedia* in *A. anatina*, gelegentlich jedoch auch in *A. cygnea*, falls diese nicht von *U. ypsilophora* besetzt sind;
- *U. bonzi* in *Unio pictorum*.

Von anderen *Unionicola*-Arten, *U. aculeata* in *Anodonta anatina* und *A. cygnea*, *U. inusitata* und *U.*

*tricuspis* leben nur die Eier und Ruhestadien in den Muscheln. (HEVERS 1978, 1980). Die erste Gruppe ernährt sich zumindest teilweise parasitisch von Gewebe und Sekreten der Muscheln (BAKER 1977). DUOBINIS-GRAY et al. (1990) konnten bei stark befallenen Muscheln eine Hyperplasie des Subepithelialgewebes feststellen. In wie weit der Wirt effektiv geschädigt wird, ist jedoch nicht bekannt. Nach HUMES & RUSSEL (1951) enthalten mit der Milbe *Najadicola ingens* befallene Muscheln weniger Glochidien als solche ohne Milben. Die Milbenanzahl pro befallener Muschel ist unterschiedlich. DAVIDS et al. (1988) geben durchschnittlich 2,9 Milben pro Muschel an, BAKER et al. (1992) fanden in 40 % von *A. anatina* mehr als 12 weibliche Milben. Eine von uns durchgeführte Untersuchung an Seen mit unterschiedlichem Trophiegrad zeigte einen signifikant höheren Milbenbefall in dem am stärksten mit Nährstoffen belasteten Gewässer (PATZNER & MÜLLER nicht veröff.). Im eutrophen Grabensee fanden wir durchschnittlich 7 Milben pro *A. cygnea*, im gering belasteten Mattsee dagegen nur eine. Nach VIDRINE (1989) sind die Assoziationen zwischen Muscheln und Milben besonders empfindlich gegenüber Umweltveränderungen. Leider existieren jedoch kaum historische Daten dazu.

Außer den Milben leben verschiedene Nematoden und Trematoden in den Muscheln (VOELTZKOW 1888, STEINBERG 1931, BAKKER & DAVIDS 1973, DUOBINIS-GRAY et al. 1990, SCHOLZ 1992, DAVIDS & KRAAK 1993). STADNICHENKO et al. (1994) konstatieren, daß ein starker Befall von parasitischen Trematoden den Einfluß von schlechten Umweltbedingungen auf Najaden verstärkt. Ihr Herzschlag verlangsamt sich dabei bis zum Stillstand. Weiters wird berichtet, daß ein Trematodenbefall zur Sterilität bei Muscheln (DENNIS 1969, ZALE & NEVES 1982, TASKINEN et al. 1995) oder zu Metaplasie (PAULEY & BECKER 1968) führen kann. NELSON et al. (1975) fanden jedoch trotz starkem Trematodenbefall - eine Muschel hatte 1.545 Parasiten - keine Auswirkungen auf den Wirt.

CURRY & VIDRINE (1976) und CURRY (1979) fanden Egel in amerikanischen Unioniden, ohne einen Parasitismus zu erkennen. In mitteleuropäischen Muscheln gibt es keine parasitischen Egel, gelegentlich findet man jedoch räuberische Egel der Gattungen *Erbobdella* und *Haemopsis* in bereits abgestorbenen Muscheln (NESEMANN, pers. Mitteilung). In Nordamerika und Nordeuropa leben parasitische Chironomiden-Larven in der Mantelhöhle von *Anodonta* und anderen Najaden (BEEDHAM 1965, 1971, GORDON et al. 1978, ROBACK et al. 1979). Sie ernähren sich vom Gewebe der Muschelkiemen und können dabei bis 50 % des Gewebes auffressen. PEKKARINEN (1993) beschreibt parasitische Copepoden in nordeuropäischen Najaden. Bitterlinge *Rhodeus sericeus amarus* legen ihre Eier in *Anodonta* und *Unio* ab, indem sie die Kiemen als

Bruttaschen benützen. Die Eier und Larven dieser Fische sind nur als Raumparasiten anzusehen, da sie sich nicht von der Muschel ernähren (BADE 1909). In der Mantelhöhle von Najaden werden auch eine Reihe von Wimpertieren (Ciliata) gefunden. Es handelt sich um Vertreter der Ordnungen Holotricha und Peritricha, von denen nicht bekannt ist, ob und wie weit sie für ihren Wirt schädlich sind (Zusammenstellung bei MATTHES 1978). HIGGINS (1930) beschreibt einen Protozoen ("Clark's bug"), der bei nordamerikanischen Najaden zu einer hohen Mortalität der Glochidien führt.

### 2.3 Räuber

Eine Reihe von Autoren berichtet, daß sich Wasservögel, allen voran das Bläßhuhn *Fulica atra*, neben der pflanzlichen Kost von der Wandermuschel *Dreissena polymorpha* ernährt (z.B. GOLLMANN 1984, KNOFLACHER & MÜLLER 1984, HAMILTON et al. 1994). Aber auch die Reiherente *Aythya fuligula* gilt als Molluskenfresser (KOLBE 1981). Bei einer Untersuchung in Polen zeigte es sich, daß Entenvögel zwischen 0,2 und 20 % der Jahresproduktion an Mollusken fressen können (STANCZYKOWSKA et al. 1990). Neben *Dreissena* werden aber auch *Anodonta* und *Unio* aufgenommen. Dies geschieht einerseits gezielt als Nahrung, wobei den Muscheln der herausstehenden Fuß abgerissen wird (KORNOWSKI 1957), oder die Muscheln werden an das Ufer gebracht und aufgehackt (NOLL 1864, KNOFLACHER & MÜLLER 1984). Hier ist besonders *Anodonta cygnea* aufgrund ihrer dünnen Schale gefährdet. Andererseits werden *Dreissena* mitsamt ihrem Untergrund von den Bläßhühnern an Land gebracht. Dieser Untergrund kann aus Steinen, aber auch aus leeren Schalen oder lebenden Teich- und Malermuscheln bestehen (KNOFLACHER & MÜLLER 1984, PATZNER & MÜLLER: Beobachtungen am Obertrumsee 1995). Die Wasservögel können Muscheln von der Uferlinie aus bis zu einer Tiefe von 7 m ertauchen (MÜLLER & KNOFLACHER 1981). Dies entspricht den Lebensbereichen von *Anodonta*- und *Unio*-Arten (PATZNER et al. 1993). Nur einzelne Exemplare sind unterhalb der 7-m-Linie anzutreffen (PATZNER: Beobachtungen an mehreren österreichischen Seen).

Eine weitere Gefährdung der Najaden ist durch die rasant zunehmende Abundanz der Wasservögel an den Seen gegeben. Am Mondsee (Oberösterreich) wurden im Jahr 1968 noch weniger als 200 Bläßhühner gezählt, 1982 waren es bereits über 10.000. Die Reiherente wurde dort erstmals 1971 gesehen, 1982 zählte man über 2.000 Exemplare (KNOFLACHER & MÜLLER 1984). Von 1976 bis 1989 haben beide Arten auch im Bundesland Salzburg zugenommen (HEINISCH & HEINISCH 1990). In der Schweiz wurde von 1967 bis 1987 eine Zunahme vor allem der Reiherente beobachtet (SUTER & SCHIFFERLI 1988). Die Zunahme der Abundan-

zen von Wasservögeln steht teilweise in Zusammenhang mit der Zunahme von *Dreissena*, die gerne als Nahrung genommen wird (Diskussion bei KNOFLACHER & MÜLLER 1984). Der im Alpenvorland gelegene Wallersee war jedoch schon Jahre vor dem Auftreten von *Dreissena* stark mit Entenvögeln besetzt (HEINISCH 1989, PATZNER et al. 1992a,b).

Ein weiterer Feind der Najaden ist der erst Anfang dieses Jahrhunderts aus Nordamerika eingeschleppte Bisam *Ondatra zibethica* (BRANDER 1955, NEVES & ODOM 1989, HOCHWALD 1990). Er bewohnt größere Bäche, ist aber auch an Ufern von Teichen und Seen zu finden. Sein Vorkommen ist leicht an den leeren Muschelschalen zu erkennen, die er vor seinen Bauten anhäuft (AKKERMANN 1972) (Abb. 1). Er ist vorwiegend zwar herbivor, nimmt aber auch tierische Kost (BUTLER 1940). Seine animalische Nahrung dürfte zur Hauptsache aus Najaden bestehen. Besonders im Winter, wenn der Zugang zu grünen Pflanzenteilen erschwert ist, steigt die Muschelkonsumation (BRANDER 1955). Innerhalb weniger Monate können diese Tiere tausende Teichmuscheln (*Anodonta anatina*) verzehren (HOCHWALD 1990), aber auch alle anderen Najadenarten wie *A. cygnea*, *Unio pictorum*, *U. tumidus* und die in Fließgewässern lebende *U. crassus* sind gefährdet (SCHOLZ 1992). Im Bereich des Wallersees kommen beide *Anodonta*-Arten und *Unio pictorum* vor (PATZNER et al. 1992a). Hier konnte beobachtet werden, daß *Anodonta* - wahrscheinlich aufgrund der dünneren Schale - gegenüber *Unio* als Beute bevorzugt wird (PATZNER Beobachtungen in Voralpenseen). Dies stellte auch AKKERMANN (1972) fest. Nach BRANDER (1955) nehmen sie aber auch *Unio* und die noch dickschaligeren *Margaritifera* als Nahrung. Durchschnittlich werden pro Bisampopulation mindestens  $228 \pm 23$  *Anodonta grandis* pro Tag verzehrt. Dies entspricht einer Biomasse von 150 g Muscheln pro Tag (CONVEY et al. 1989). Die Verletzungen der Schalen durch den Bisam sind typisch, meist wird nur eine Schalenhälfte aufgebrochen (Abb. 2).

## 2.4 Aufwachsende Organismen

Seit Ende des 18. Jahrhunderts hat sich die Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha* über ganz Europa massenhaft ausgebreitet. Diese Art, die aus dem pontischen Raum stammt (BANARESCU & JOSEPH 1990), wird hauptsächlich durch die Schifffahrt verbreitet; die wesentliche Ausbreitungsstraße war die Donau (FRANK 1995). In Deutschland kommt sie seit etwa 150 Jahren vor, in Österreich wurde sie durch einen Bagger aus dem Suezkanal in die Alte Donau bei Wien verschleppt (ZAUNICK 1917). Ihre natürliche Verbreitung kann durch Wasservögel und stromabwärts über Fließgewässer erfolgen (PATZNER et al. 1992b). Durch die rasche Vermehrung kann es zu einer Besatzdichte bis 30.000 Individuen pro Quadratmeter kommen (KLEE 1971). Sie besitzen Byssusfäden und benötigen zur Besiedlung hartes Substrat. Die Schalen der Najaden bieten ihnen eine gute Besiedlungsmöglichkeit; in vielen Seen Mitteleuropas ist jede Teich- und Malermuschel dicht mit *Dreissena* bewachsen (Abb. 3).

Auf Tabelle 2 sind eigene Untersuchungen von Besiedlungen durch *Dreissena* an *Anodonta cygnea* und *Unio pictorum* angeführt (PATZNER nicht veröffentlicht.). STRAYER et al. (1994) bezeichnen die Unionidae als Hauptsubstrat für *Dreissena polymorpha*. SCHLOESSER & KOVALAK (1991), SCHLOESSER & NALEPA (1994), NALEPA (1994) und TUCKER (1994) zeigen einen direkten, zum Teil sehr starken negativen Einfluß auf die Najaden. Andere Autoren geben nur eine indirekte Beziehung zwischen dem Auftreten von *Dreissena* und dem Rückgang der Unioniden an (HUNTER & BAILEY 1992). Man vermutet eine generelle Schwächung der physiologischen Kondition der Najaden (NALEPA 1994). HAAG et al. (1993) wiesen bei befallenen Unioniden innerhalb von 3 Monaten einen Rückgang von Glycogen, der wichtigsten Energiereserve, und eine erhöhte Cellulase-Aktivität, somit also Streß, nach. Dies kann folgende Gründe haben: (1) Durch den dichten *Dreissena*-Besatz wird die Einströmöffnung blockiert, (2) das

Tabelle 2

Aufwuchs von *Dreissena* auf *Anodonta* und *Unio* (2 Größenklassen)

Art	Länge in mm	Gewicht in g		Anzahl von <i>Dreissena</i> nach Größenklassen					Summe
		ohne Aufwuchs	<i>Dreissena</i>	2-3 mm	4-6 mm	7-10 mm	11-19 mm	> 19 mm	
<i>A. cygnea</i>	88-98	47,8-56,7	18,0-31,1	56-72	21-55	1-12	33-55	2-9	126-183
	112-113	90,5-97,4	30,2-46,7	56-156	11-32	1-18	61-134	2-7	148-330
<i>U. pictorum</i>	44-51	6,7-9,6	13,8-20,5	63-101	27-46	5-7	25-35	2	117-187
	52-64	10,2-20,1	15,4-34,1	34-65	17-41	8-33	35-58	2-5	130-156

einströmende Wasser ist von *Dreissena* vorgefiltert und arm an Nährstoffen und/oder (3) durch das zusätzliche Gewicht drohen sie im lockeren Schlamm zu versinken und benötigen mehr Energie um dies zu verhindern. Letzteres meint auch ARTER (1989). Nach eigenen Beobachtungen in den schlammreichen Seen des Alpenvorlandes ist dies jedoch fraglich, denn einige Najaden sind so tief in den Schlamm eingegraben, daß nur ihre Atemöffnungen zu sehen ist. Wir konnten jedoch feststellen, daß *Dreissena* über die Schalenhälften wachsen und die Muscheln deshalb die Schalen nicht mehr vollständig schließen können. Dadurch sind sie störenden Umwelteinflüssen wesentlich mehr ausgesetzt. Bei vermehrtem *Dreissena*-Besatz wurden starke Deformationen der Unioniden-Schalen gefunden (PATZNER & MÜLLER eigene Beobachtungen). Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß Najaden aufgrund der Besiedlung durch die Wandermuschel von Vögeln getötet werden (s. Kap. 2.3 "Räuber"). Der Befall von *Dreissena* ist jedoch sicher nicht die alleinige Ursache für den Rückgang oder das Verschwinden der Najaden, da die Populationen auch schon zu Zeiten rückgängig waren, als die Wandermuschel noch nicht oder nur selten in Seen vorhanden war. So waren 1991 und 1992 in den Salzburger Voralpenseen nur vereinzelt *Dreissena* zu finden, dennoch waren die Najaden schon stark im Rückgang (PATZNER et al. 1992b). P. GLÖER (schriftliche Mitteilung) konnte keine Korrelation zwischen dem Rückgang der Unioniden in Deutschland und dem Auftreten von *Dreissena* erkennen, da der Rückgang vor 40 Jahren begann und *Dreissena* aber schon vor 150 Jahren Deutschland erreichte und sich schnell verbreitete.

Neben *Dreissena* können vor allem auf Schnecken (SEIDL 1991), aber sicherlich auch auf Muscheln fadenförmige Algen aufwachsen. Die bis über 50 cm langen Algen können Schnecken beim Umherkriechen in ihrer Bewegungsfreiheit einschränken, ob Muscheln in stehenden Gewässern dadurch behindert werden, ist fraglich.

## 2.5 Sauerstoffmangel bei Eisbedeckung

Im Winter kommt es vor allem in eutrophen Seen und stehenden Kleingewässern bei Eisbildung mit Schneebedeckung durch den Lichtmangel zu einem Absinken des Sauerstoffgehaltes. So verschlechterte sich, infolge einer starken Eutrophierung, die Sauerstoffbilanz des Piburger Sees (Tirol) derart, daß die 4 mg O<sub>2</sub>/l Grenze von 21 m Tiefe (1931/32) auf 3 m Tiefe (1966/67) anstieg (PECHLANER 1968). Auch im eutrophen Schwarzsee bei Kitzbühel konnten Ende Jänner 1978 unter der Eisdecke nur mehr 4 mg O<sub>2</sub>/l gemessen werden (ROTT & SCHABER 1978). Über die Wintermonate tragen die *Anodonta*-Arten in ihren Bruträumen die Glochidienlarven, um sie im Frühjahr auszustoßen. Bei niedrigem Sauerstoffgehalt kann es jedoch zur verfrühten Abgabe von Glochidien kommen, die noch nicht lebensfähig sind (TANKERSLEY & DI-

MOCK 1993). Andererseits berichten ENGLUND und HEINO (1992), daß *A. anatina* bei einer Wassertemperatur von +4°C ohne Sauerstoff 50 Tage lang (LD50) am Leben bleibt.

## 2.6 Populationsdichte und Reproduktionserfolg

Bei Najaden werden Spermien von den männlichen Tieren in das freie Wasser abgesetzt und von den weiblichen Tieren mit dem Atemwasser eingestrudelt (Übersicht bei WATTERS 1994). Besonders in stehenden Gewässern ist eine erfolgreiche Reproduktion von der Populationsdichte der Muscheln abhängig. Sinkt die Dichte unter einen gewissen Wert, so findet keine oder nur eine verringerte Reproduktion statt. Für eine erfolgreiche Befruchtung geben DOWNING et al. (1993) bei *Elliptio complanata* 10 Muscheln pro Quadratmeter als minimale Dichte an. In stehenden Gewässern sind Hermaphroditen im Vorteil, da die Wahrscheinlichkeit einer Befruchtung weitaus höher liegt als bei Getrenntgeschlechtlichen. Bei *Anodonta* treten sowohl getrenntgeschlechtliche als auch hermaphrodite Formen auf. Die Stillwasserart *Anodonta cygnea* ist zu einem hohen Anteil zwittrig (BLOOMER 1934, FALKNER 1990b, FRANKE 1993), während *Anodonta anatina* - sie kommt sowohl in Fließgewässern als auch in Seen und Teichen vor - überwiegend getrenntgeschlechtlich ist (WEISENSEE 1916, FALKNER 1990b). Nur bei sehr geringen Populationsdichten bildet auch diese Art Zwitter aus (FRANKE 1993).

## 2.7 Verletzungen und Wundheilung bei Najaden

Besonders in kalkreichen Gewässern ist es den Unioniden möglich, Verletzungen oder Verstümmelungen der Schalen schnell zu "reparieren". Abgebrochene Ränder und Löcher in der Schale bis mehrere Millimeter im Durchmesser werden mit Schalenmaterial wieder ergänzt (Abb. 4). MESSING (1903) untersuchte Gewebereaktionen von *Anodonta* auf Verletzungen und stellte eine schnelle Wundheilung fest. Zu den gleichen Ergebnissen gelangten PAULEY & HEATON (1969).

## 3. Mittelbare anthropogene Einflüsse

### 3.1 Gewässerverunreinigung

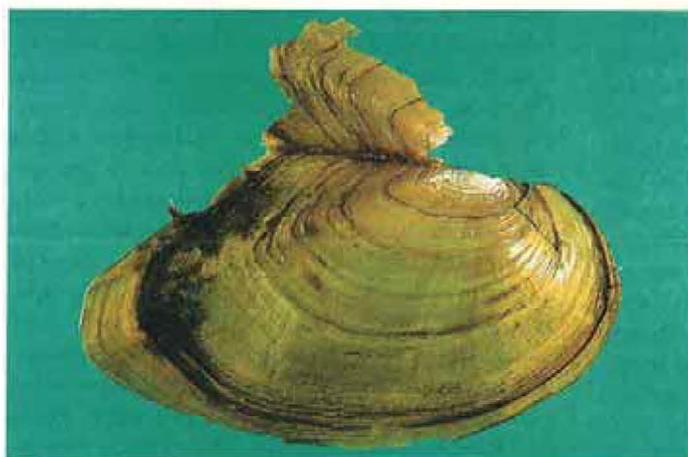
Mit zunehmender Industrialisierung hat eine massive Verunreinigung der Gewässer durch den Menschen eingesetzt. Erst relativ spät hat man die damit verbundenen Gefahren erkannt und Maßnahmen, wie zum Beispiel Kanalisationen, Kläranlagen und Düngeverordnungen, ergriffen. In vielen Fließgewässern aber auch in den meisten Seen Mitteleuropas hat sich die Wasserqualität dadurch wesentlich gebessert.

Durch ihre sedentäre Lebensweise am Gewässerboden und durch ihre Filtertätigkeit sind Muscheln der



**Abbildung 1**

Anhäufung von leeren **Muschelschalen** vor einem **Bau des Bisams** (*Ondatra zibethica*) (Wallersee bei Salzburg)



**Abbildung 2**

Typische Fraßspur durch den **Bisam** an *Anodonta cygnea*. Meist wird nur eine Schalenhälfte aufgebrochen.



**Abbildung 3**

Dicht mit *Dreissena polymorpha* bewachsene **Teichmuschel**. Nur der im Schlamm steckende Teil der Muschel ist unbesiedelt.



**Abbildung 4**

Mit Schalenmaterial "repariertes" Loch (Schalenmitte) einer *Anodonta anatina*.

Verschlechterung der Wasserqualität besonders stark ausgesetzt. Sie sind eine der ersten Gruppen des Makrozoobenthos, die von der Verunreinigung des Wassers betroffen sind (STANSBERY & STEIN 1971, FULLER 1974, HORNE & MCINTOSH 1979, FORESTER 1980). Durch die Verschmutzung verschwinden aber auch oft die Fische, die die Wirte für die Muschellarven sind (ORTMANN 1909). Die Verschlechterung der Wasserqualität ist zweifellos eine der Hauptursachen für das Verschwinden von Muscheln aus Fließgewässern (ATHEARN 1968, BAUER 1988). So haben der erhöhte Nitratgehalt und die schlechten Sauerstoffbedingungen zum Rückgang oder Erlöschen vieler Populationen von *Unio crassus* und *Margaritifera margaritifera* geführt (BAUER & THOMAS 1980, BAUER 1991, 1992, STRECKER et al. 1990, BUDDENSIEK et al. 1993).

Einige Muschelarten profitieren allerdings bis zu einem gewissen Grad von Abwässern, die nicht toxisch sind. Es hat sich gezeigt, daß adulte Muscheln einen leicht erhöhten Nährstoffgehalt des Wassers und des Sediments sehr wohl nützen können und dabei erhöhte Wachstumsraten aufweisen (ARTER 1989, FRANKE 1993, MÜLLER & PATZNER 1998). Es wurde auch beobachtet, daß Unionidae kurz nach einer Einleitungsstelle von Abwässern ungewöhnlich groß wurden (ORTMANN 1909). HEARD (1970) konstatierte dagegen das Fehlen von Muscheln unterhalb einer Abwässereinleitung. FRANKE (1993) stellte noch bei hohen Nitratwerten (18 mg/l) maximale Dichten von *Anodonta anatina* fest. PARMALEE & HUGHES (1993) berichten, daß sich infolge einer starken Eutrophierung im Tellico Lake, U.S.A. der Schlammanteil deutlich erhöht hatte und eine Zunahme der Vertreter der Gattung *Anodonta* registriert wurde, während jedoch empfindliche Arten verschwanden. Die Auswirkungen einer mäßigen Nährstoffhöhung auf Reproduktion und Jugendstadien ist noch unbekannt und nur schwer meßbar (ARTER 1989).

Die Einflüsse der Eutrophierung auf Najaden in stehenden Gewässern wurden von verschiedenen Autoren beschrieben. AGRELL (1948), METCALFE-SMITH & GREEN (1992), Franke (1993), sowie ROPER & HICKEY (1994) untersuchten Wachstumsrate, Biomasse und Fortpflanzung von Muscheln in verschieden eutrophierten Seen und Teichen und stellten sie einander gegenüber. Andere Autoren, wie ÖKLAND (1963), JAMES (1985) und HANSON et al. (1988) verglichen ihre Ergebnisse mit jenen aus der Literatur. Es kann jedoch problematisch sein, verschiedene Populationen miteinander zu vergleichen, da Wachstum und Fortpflanzungsrate genetisch bedingt variieren können. PATERSON & CAMERON (1985) sowie MÜLLER & PATZNER (1998) vermuten genetische Unterschiede als Ursache dafür, daß Najaden in Seen mit stark unterschiedlichen Eutrophiegraden dennoch ähnliche Wachstumsraten und Konditionsfaktoren aufweisen. Bisher wurden nur wenige Untersuchungen durchgeführt, die Einflüsse von ver-

schiedenen Umweltfaktoren auf ein und dieselben Population behandeln: NEGUS (1966) und OSTROVSKY et al. (1993) untersuchten verschiedene Fundorte in ein und demselben Gewässer. ARTER (1989) verglich die Artenzusammensetzung und das Wachstum zwischen alten und neuen Schalenfunden in einem Schweizer See, um den Einfluß der zunehmenden Eutrophierung zu demonstrieren. MÜLLER & PATZNER (1998) untersuchten eine Muschelpopulation in drei Seen des Alpenvorlandes mit unterschiedlichem Eutrophiegrad. Diese Seen waren nach der Eiszeit zu einem See vereinigt und stehen noch immer mit Kanälen untereinander in Verbindung. Es konnte hierbei gezeigt werden, daß die Muscheln in dem See mit dem höchsten Eutrophiegrad (Phosphatgehalt etwa 80 mg/l) einen höheren Konditionsfaktor und eine größere Glochidienmenge aufwiesen, als in den anderen Seen (Abb. 5). In allen drei Seen war jedoch eine große Sterblichkeitsrate zu beobachten.

Die schlechte Sauerstoffsituation in eutrophen Habitaten wirkt sich sowohl als begrenzender Faktor auf die Tiefenverteilung, als auch auf die Mortalitätsrate bei juvenilen Muscheln aus. Da Jungmuscheln einen höheren Sauerstoffbedarf, als die adulten Muscheln haben (ORNATOWSKI 1967), gehen sie in eutrophen Habitaten mit hohem Faulschlammanteil viel eher zu Grunde als in einem gut durchlüfteten Sediment (ARTER 1989). Bei adulten Mu-

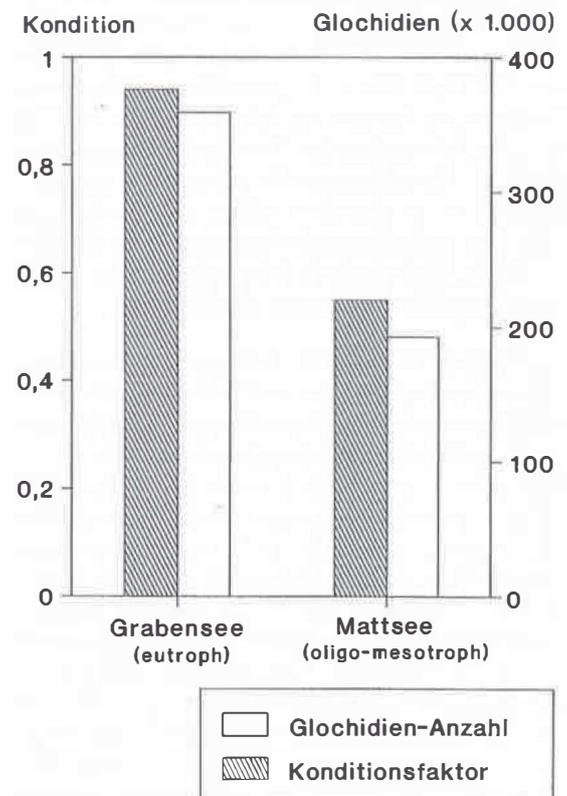


Abbildung 5

Konditionsfaktor und Glochidienanzahl der Großen Teichmuschel *Anodonta cygnea* in zwei Seen mit verschiedenem Eutrophiegrad (Salzburg, Österreich, Daten aus MÜLLER & PATZNER 1998). Konditionsfaktor = Gewicht/Länge

scheln stellt die schlechte Sauerstoffsituation einen begrenzenden Faktor für die Tiefenverteilung dar. Es kann auch zur Abgabe von Glochidien kommen, die noch unreif sind (TANKERSLEY & DIMOCK 1993). ORNATOWSKI (1967) gibt für die große Teichmuschel einen Sauerstoffbedarf von 0,52 mg/Stunde pro 10 g Gewicht an. In eutrophen Seen kann der Sauerstoff im Verlauf der Sommerstagnation durch Zehrungsprozesse im Hypolimnion vollständig fehlen (SCHWOERBEL 1993). So wurden im Spätsommer 1974 in zwei eutrophen Seen des Salzburger Alpenvorlandes in 5 m Tiefe nur 4 mg Sauerstoff pro Liter gemessen (JAGSCH 1975).

Einmalige Einleitungen (oft unbeabsichtigt) und auch dauernde Einleitungen (z.B. Abwässer aus Industrie) gefährden Muscheln in unterschiedlichem Maß. Die Tiere schließen ihre Schalen, um sich kurzfristig von schädlichen Umwelteinflüssen abzugrenzen und können dabei extremen Umweltbedingungen standhalten. Adulte *Anodonta cygnea* können bei 13°C 6 Tage lang ohne Sauerstoff überleben (Holwerda und Veenhof 1984) und 12 Tage lang einen pH-Wert von 3 überdauern (MACHADO et al. 1988). Das Problem in stehendem Gewässern ist jedoch, daß Einleitungen nicht wie in Fließgewässern abtransportiert werden, sondern stets länger auf Fauna und Flora einwirken.

Abwässer aus Industrie und Gewerbe senken einerseits den Gehalt an gelöstem Sauerstoff und beinhalten andererseits toxische Stoffe oder normalerweise nicht-toxische Stoffe in toxischen Quantitäten (HEARD 1970). Aufgrund ihrer filtrierenden Ernährungsweise und der Schalenbildung sind die Najaden, wie auch andere Muscheln, in besonderem Maße als Bioindikatoren für Schadstoffe geeignet. Rückstände in Geweben zeigen eine bestehende oder kurz zurückliegende Belastung (SALANKI et al. 1982), Rückstände in ihren Schalen eine länger zurückliegende Aussetzung (PAHL 1969).

HAVLIK & MARKING (1987) geben einen Überblick über die Einflüsse von Schwermetallen und anderen toxischen Stoffen auf Najaden. Fast alle der in dieser Publikation referierten Arbeiten beziehen sich jedoch auf Fließgewässer. Die Schadstoffe können entweder direkt eine Population vernichten oder indirekt, indem sie die Nahrungsorganismen oder die Wirtsfische schädigen. Hauptsächlich wurden Auswirkungen von Blei, Kadmium, Kupfer, Magnesium und Zink untersucht. Die Schadstoffe haben sich in folgenden Konzentrationen als toxisch erwiesen: Ammoniak 5 ppm, Arsen 16 ppm, Chrom 12,4 ppm, Kadmium 2 ppm, Kalium 11 ppm, Kupfer 19 ppm, Kupfersulfat 2 bis 18,7 ppm und Zink 66 ppm. Es gibt Hinweise, daß speziell Najaden besonders empfindlich auf einen erhöhten Kaliumgehalt im Wasser reagieren (SALANKI 1961, IM-LAY 1973). Magnesium wird schnell aufgenommen und im Gewebe eingelagert, jedoch sind auch durch höhere Dosen keine Schädigungen bekannt. Die Konzentrationen von Blei im Gewässer erwie-

sen sich in keiner der Studien als lethal (HAVLIK & MARKING 1987). PYNNÖNEN (1995) konnte feststellen, daß eine höhere Härte des Wassers in vielen, aber nicht in allen Fällen, die Widerstandskraft von Glochidien gegenüber Schwermetallen erhöht. Weiters zeigte er, daß ein niedriger pH-Wert sowohl einen synergetischen als auch einen antagonistischen Effekt auf die Toxizität von Schwermetallen haben kann. Algizide, die zur Vernichtung von Algen in das Wasser eingebracht werden, enthalten vielfach Kupfersulfat, welches Muscheln und andere Makrozoobenthosarten schädigen oder abtöten kann (HANSON & STEFAN 1984). Kürzlich wurde das erste Mal von einem Muschelsterben durch eine Vergiftung mit Cholesterinase-Inhibitoren berichtet. Die Cholesterinase-Aktivität in den Schließmuskeln der Muscheln wurde dabei bis zu 89 % vermindert (FLEMING et al. 1995).

### 3.2 Sedimentation und Trübung

Suspendierte Sedimente wirken entweder direkt auf die Organismen aquatischer Ökosysteme oder indirekt, indem sie ihre Nahrungsgrundlage zerstören (NEWCOMBE & MACDONALD 1991). Besonders betroffen sind filtrierende Evertebraten, zu denen auch die Muscheln zählen. Eine Zunahme von suspendierten Sedimenten verstopft ihre Kiemen, reduziert dadurch die Nahrungsaufnahme und führt zu Streß und schließlich zum Tod (ELLIS 1936, HYNES 1970). In vielen Fällen hat vermehrte Sedimentation Muschelpopulationen in Fließgewässern reduziert oder ausgerottet (BAUER & THOMAS 1980, BAUER 1991, 1992, STRECKER et al. 1990, BUDDENSIEK et al. 1993). Im Red River (Kentucky, U.S.A.) konnte klar gezeigt werden, daß die einzelnen Arten eine Sedimentation unterschiedlich tolerieren. Nach Zunahme der Sedimentation von 1980 bis 1991 veränderte sich die Artenzusammensetzung der Najaden. Die Anzahl der toleranteren Arten hatte sich stark vergrößert, während intolerante Arten stark abnahmen oder ganz verschwanden (HOUP 1993).

In den Jahren 1961 und 1963 wurden im Zuge des Autobahnbaues entlang des Mondsees (Oberösterreich) etwa 900.000 Kubikmeter lehmiger Bergabraum in den See eingebracht. Dadurch wurden Fische, Plankton und Benthosbewohner schwer geschädigt und teilweise ganz vernichtet. Das eingebrachte Material setzte sich am gesamten Seeboden mindestens 2 cm hoch ab, während ansonsten mit einem Sedimentzuwachs von 0,1 mm pro Jahr zu rechnen war (EINSELE 1963). Über Schäden des Muschelbestandes liegen keine Daten vor. Es ist aber klar, daß sie sowohl durch direkte Verschüttung, als auch durch das aufgeschlemmte Sediment stark in Mitleidenschaft gezogen wurden.

Im allgemeinen kommt es auch im Bereich von Bootsanlegestellen zu starker Sedimentation, da die Boote im Seichten mit ihren Propellerschrauben das

feine Sediment aufwühlen (HILTON & PHILLIPS 1982).

Weiters trägt eine intensive Landwirtschaft durch Nährstoffeintrag und Erosion zu erhöhter Schlamm- bildung in Gewässern bei. Dies führt zum Rückgang von vielen Wasserlebewesen (HEARD 1970).

### 3.3 Nahrungsmangel

Von einigen Autoren gibt es Angaben über die Nahrungszusammensetzung bei den Najaden. ZACHARIAS (1907) berichtet über 24 Arten von Planktonalgen als Nahrungsbestandteil von Muscheln der Plöner Seen (Holstein). SCHRADER (zitiert in COKER et al. 1920) nennt Mineralstoffe, Detritus und Plankton (hauptsächlich Grünalgen und Diatomeen) als Nahrung der Najaden. CLARK (1911) fand im Magen von Unioniden einen hohen Schlammanteil sowie Flagellaten, Diatomeen und Desmidiaceen. COKER et al. (1920) vermuten, daß der limitierende Faktor für das Wachstum das mineralische Nahrungsangebot ist. Durch verschiedene technische Maßnahmen wurde die Wasserqualität der meisten Seen in den letzten Jahren ständig verbessert. Eigentlich hätten sich durch die Wasserverschmutzung geschädigte Najaden-Populationen schon längst wieder erholen müssen. Einer der Gründe für den weiteren Rückgang könnte die Veränderung der Nahrungszusammensetzung sein. So weist BOGAN (schriftliche Mitteilung) darauf hin, daß sich durch die Säuberung der Seen die Zusammensetzung der Bakterien und des Phytoplanktons verändert. Dadurch könnten Tiere aus Populationen, die an eutrophierte Gewässer angepaßt sind, zu wenig Nahrung bekommen.

### 3.4 Wirtsfische

Die Larven der Najaden, die sogenannten Glochidien, parasitieren an den Kiemen und an der Haut von Fischen. Jede Muschelart hat ganz spezifische Wirtsfische, ohne die ein Aufkommen von Jungmuscheln nicht möglich ist. In Tab. 3 werden die Wirtsfischarten für die Glochidien der heimischen Najaden aus stehenden Gewässern aufgelistet. Siehe auch Kapitel 3.5 "Bewirtschaftung" und 5 "Wiederbesiedlung".

Aus Teichen und Fließgewässern werden im Zuge der Bewirtschaftung oft sämtliche standortgerechten Fische entfernt und unter anderem Arten eingesetzt, die sich nicht als Wirtsfische für die Muschelglochidien eignen (ATHEARN 1968). Weiters ist bekannt, daß gelegentlich Rotenon verwendet wird, um fischereiwirtschaftlich unliebsame Fische zu beseitigen. Der Einsatz dieses Fischgiftes ist zwar in Mitteleuropa nicht mehr gestattet, in anderen Ländern wird es jedoch noch immer verwendet. Dabei werden nicht nur eventuelle Wirtsfische für Muschellarven vernichtet, sondern auch die adulten Muscheln (HEARD 1970).

### 3.5 Bewirtschaftung von Teichen und Absenken des Wasserspiegels

In vielen Teichen, die für die Fischereiwirtschaft - hauptsächlich Karpfenzucht - angelegt wurden, haben auch Najaden wichtige Standorte. Voraussetzung dafür ist, daß entsprechende Wirtsfische vorhanden sind (s. Kap. 3.4 "Wirtsfische"). Werden diese entfernt, stirbt die Population aus. Im Rahmen der Bewirtschaftungsmaßnahmen werden gelegentlich Teiche für eine Zeitspanne trocken gelegt. Geschieht dies nur kurzzeitig, können die Muscheln ihre Schalen verschließen und im Schlamm zurückgezogen überleben. Ein Austrocknen des Boden vertragen sie jedoch nicht. Besonders schädlich für die Muscheln ist das gelegentlich angewandte "Kalcken" des Bodens oder der Einsatz von Molluskiziden, um Schnecken und Muscheln bewußt zu vernichten (s. auch Kap. 3.7 "Eingeschleppte Arten").

In Stauseen gibt es aufgrund der energiewirtschaftlichen Nutzung oft beträchtliche Schwankungen des Wasserspiegels. Durch das rasche Absenken ist es den Muscheln nicht möglich, in tiefere Regionen abzuwandern. Sie fallen trocken und sterben ab. LONG (1983) beschreibt schwere Schäden an mehreren Arten von Unioniden in Maryland, U.S.A. Im Hintersee bei Salzburg fand man früher noch einen Schilfgürtel und eine Vielzahl von Molluskenarten, darunter auch *Anodonta anatina* (MIKOLETZKY 1911). Seit einigen Jahrzehnten wird dieser See jedoch energiewirtschaftlich genutzt und der Wasserspiegel mehrmals im Jahr bis zu 8 m abgesenkt (HOFRICHTER et al. 1994). Heute gibt es weder Schilf noch Najaden in diesem See (PATZNER nicht veröff., Abb. 6).

Um eine Wasserverbesserung zu erreichen, wird in Stauseen gelegentlich das eutrophierte, phosphathaltige Wasser bis zur Hälfte abgelassen. Hierbei stirbt ein Großteil (mehr als 98 %) der Muscheln durch Austrocknung ab (SAMAD & STANLEY 1986). In den U.S.A. wird in einigen Gewässern im Winter der Wasserspiegel abgesenkt um den im Seichtwasser liegenden Müll abzusammeln und um den dichten Algenbewuchs durch niedrigere Temperaturen und durch Austrocknung zu vernichten. Bei diesen Maßnahmen sterben auch die meisten Mollusken durch Erfrieren und/oder Trockenfallen. *Anodonta cataraacta* wurde so an verschiedenen Orten vernichtet (ADAMS 1990).

### 3.6 Entkrautungsmaßnahmen

Entkrautungsmaßnahmen werden hauptsächlich in Fließgewässern durchgeführt, gelegentlich werden aber auch Weiher und Badeteiche entkrautet. ENGEL & WÄCHTLER (1990) und SCHOLZ (1992) berichten über die Gefährdung von Unioniden durch den Einsatz von Entkrautungsmaschinen. Die Muscheln werden einerseits mit dem Mähgut aus dem Wasser entfernt und vertrocknen dort, andererseits werden die Schalen durch die Mähmaschinen

Tabelle 3

Wirtsfischarten der einheimischen Unionidae ( kombiniert nach CAMPELL 1974, NAGEL 1985, MAASS 1987, HÜBY 1988, ENGEL & WÄCHTLER 1989, SCHOLZ 1992, ANDERS & WIESE 1993, FRANKE 1993)

Art	<i>Anodonta anatina</i>	<i>Anodonta cygnea</i>	<i>Pseudanodonta complanata</i>	<i>Unio pictorum</i>	<i>Unio tumidus</i>
<i>Osmerus eperlanus</i> (Stint)	X				
<i>Salmo trutta</i> f. <i>fario</i> (Bachforelle)			X		
<i>Salmo trutta</i> (Meerforelle, Lachsforelle)	X				
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Regenbogenforelle)	X	X	X		
<i>Esox lucius</i> (Hecht)		X			
<i>Leuciscus leuciscus</i> (Hasel)	X	X			
<i>Leuciscus cephalus</i> (Döbel, Aitel)		X		X	
<i>Leucaspis delineatus</i> (Moderlieschen)	X				
<i>Rutilus rutilus</i> (Plötze, Rotauge)	X			X	X
<i>Scardinius erythrophth.</i> (Rotfeder)		X		X	X
<i>Abramis brama</i> (Brachse)		X			
<i>Blicca bjoerkna</i> (Güster)	X	X			
<i>Tinca tinca</i> (Schleie)	X			X	X
<i>Gobio gobio</i> (Gründling)				X	
<i>Perca fluviatilis</i> (Flußbarsch)	X	X	X	X	X
<i>Lucioperca lucioperca</i> (Zander)	X	X	X		
<i>Gasterosteus aculeatus</i> (Dreist. Stichling)	X	X	X	X	
<i>Pungitius pungitius</i> (Neunst. Stichling)			X		

Abbildung 6

Durch das ständige Absenken des Wasserspiegels - aufgrund der energiewirtschaftlichen Nutzung - sind der **Schilfgürtel** und die früher dort heimischen **Teichmuscheln im Hintersee bei Salzburg** gänzlich verschwunden

(Foto: R. HOFRICHTER)



zerbrochen oder verstümmelt. Beim Mähen von Hand aus werden hingegen kaum Schädigungen festgestellt (ENGEL & WÄCHTLER 1990).

### 3.7 Konkurrenz durch eingeschleppte Arten und Formen

Gebietsweise scheinen sich die Najaden zu erholen und man kann sogar in Staustufen, Baggerseen und anderen künstlich angelegten Gewässern manchmal ein Massenvorkommen von *Unio pictorum* und *Anodonta anatina* beobachten. Diese Muscheln entsprechen jedoch nicht den alten Formen dieses Verbreitungsgebietes (FALKNER 1990a). Es handelt sich dabei um offenbar über Besatzfische eingeschleppte neue Formen. NESEMANN (in FALKNER 1990a) schlägt vor, die alten Formen als "Primärformen" von den neuen "Sekundärformen" zu unterscheiden. Ob und wie weit diese neuen Formen die alten verdrängen, ist bisher nicht untersucht.

Über die Problematik des vermehrten Auftretens der Wandermuschel *Dreissena polymorpha* wurde bereits in Kapitel 2.4 ("Aufwachsende Organismen") berichtet. Sie spielt sicher eine wesentliche Rolle beim Rückgang der Najaden in Seen. Es ist fraglich, ob die Unioniden auf Dauer diesem Druck überhaupt standhalten können und ihre Populationen in *Dreissena*-Gewässern nicht früher oder später gänzlich erlöschen.

In den U.S.A. wurden seit 1938 verschiedene *Corbicula*-Arten aus Asien eingeschleppt und haben sich dort stark vermehrt. So wurden von *Corbicula manilensis* in Staustufen Dichten bis zu 2.000 Tiere pro Quadratmeter festgestellt (ISOM 1969, GARDNER et al. 1976). In vielen Gebieten, in denen *Corbicula* sich ausbreitete, war ein starker Rückgang vieler Unionidenarten zu beobachten (FULLER 1977, CLARKE 1986, 1988). Die Autoren sehen die hauptsächlichen Gründe in der Raumkonkurrenz und in der Nahrungskonkurrenz. Eine adulte *Corbicula* filtert pro Stunde bis 0,8 Liter Wasser (BUTTNER & HEIDINGER 1981). Mitte der 80er Jahre wurde *Corbicula fluminea* auch nach Deutschland gebracht. Sie lebt dort in Flüssen und Seen des Rheingebietes und ist weiter in Ausbreitung begriffen (GLÖER & MEIER-BROOK 1994). Mit den pflanzenfressenden Gras- oder Amurkarpfen wurden die eher unscheinbaren Blaubandbärblinge *Pseudorasbora parva* eingeschleppt. Diese Fische, die sich bereits an europäische Gewässer akklimatisiert haben und weiter in Ausbreitung sind, sind Wirte für die Glochidien der Chinesischen Teichmuschel *Sinanodonta woodiana*. Diese Muschelart wurde zuerst in Ungarn eingeschleppt und ist inzwischen sowohl in Rumänien als auch in Südfrankreich nachgewiesen (PÉNZES 1994). Ihr Auftreten in mitteleuropäischen Gewässern ist nur mehr eine Frage der Zeit. In ungarischen Karpfenteichen war der Befall durch Glochidien dieser Muschelart teilweise so stark, daß es zu einem Massensterben von Jungkarpfen kam. Es wurde daher empfohlen, junge Fische ständig zu untersuchen und

"bei Muschelgefahr sofort ein geeignetes Molluskozid zum Einsatz bringen" (PÉNZES 1994). Klar ist, daß dabei auch die anderen Muschelarten im Teich und dessen Ausleitungsgewässern getötet werden. *S. woodiana* scheint sich so gut zu vermehren, daß sie pro Hektar zentner- bis tonnenweise Eiweiß liefern kann (PÉNZES 1994). Sie wird als Futter für Geflügel und Zuchtfische in Betracht gezogen. Auch dies gefährdet natürlich die in gleichen Gewässern lebenden autochthonen Najaden, da sie bei der Entnahme von *S. woodiana* sicher nicht von den zu verfütternden Tieren aussortiert werden.

## 4 Unmittelbare anthropogene Einwirkungen

### 4.1 Sammeln von Perlen und Perlmutter

Durch das Sammeln von Muscheln für Süßwasserperlen wurden in den U.S.A. bereits zur Jahrhundertwende eine Reihe von Muschelbeständen stark dezimiert (ORTMANN 1909). Die Schalen von *Unio pictorum* und *Unio crassus* wurden in Mitteleuropa für die Herstellung von Perlmutterknöpfen verwendet und die Reste als Wegschüttung aufgetragen (STEUSLOFF 1943). In den 50er Jahren wurde *Unio pictorum* in Massen aus dem Wallersee (Salzburg, Österreich) gewonnen und "allwöchentlich ein Lastauto voll nach Bayern exportiert" (MAHLER 1952/53). Heute sind in ganz Europa die Populationen bereits soweit zurückgegangen, daß die kommerzielle Nutzung eingestellt wurde. Obwohl 80 % der in den U.S.A. lebenden Unioniden gefährdet sind, werden ihre Schalen weiter für die Perlindustrie verwendet (ISOM 1969, STANSBERRY 1976). Jährlich werden etwa 10.000 Tonnen Muschelschalen nach Japan verschifft, wo sie als "Nucleus" für die Perlenzucht verarbeitet werden (BOWEN et al. 1994). Dies betrifft jedoch hauptsächlich Najaden der Fließgewässer.

### 4.2 Verwendung von Muscheln als Angelköder und Viehfutter

Es ist bekannt, daß Fischer verschiedene Unionidenarten gelegentlich als Angelköder benutzen (OTTE 1993). Manchmal werden dabei große Mengen von Muscheln getötet, um Fische mit den ausgelösten Weichteilen anzuködern. Die dabei übrig gebliebenen Leerschalen erinnern an einen Frebplatz des Bisam (Abb. 1). Früher kamen Najaden stellenweise so häufig vor, daß sie Hühnern schaufelweise als Futter gegeben wurden (KOBELT 1908, PÉNZES 1994).

## 5 Wiederbesiedlung und Umsiedlung von Najaden

Es geschieht immer wieder, daß Najaden im besten Willen in Gewässer wieder eingesetzt oder umgesiedelt werden. Dies ist jedoch keineswegs unumstritten, da es durch genetisch "fremde" Populationen zu einer gewissen Faunenverfälschung kommt. Najaden weisen über genetisch fixierte geographi-

sche Rassen eine erhebliche ökologische Variabilität auf (FALKNER 1990b). So ist zum Beispiel die Abtrennung verschiedener Rassen innerhalb der Gattung *Anodonta* noch ungeklärt (GLÖER & MEIER-BROOK 1994). Heute werden zwei Arten unterschieden: *Anodonta cygnea* und *Anodonta anatina*. Die Trennung der beiden Arten war nicht immer eindeutig. Da die Schale als etwas Konstantes angesehen wurde, wurden unterschiedliche Formen als verschiedene Arten angenommen, was zu einer wahren Artenexplosion führte. So gaben französische Autoren bis zu 251 *Anodonta*-Arten an (SCHNITTER 1922). Erst später wurden die unterschiedlichen Schalenformen als Anpassung an das Wohngewässer erkannt und berücksichtigt. So weisen CLESSIN (1891), BUCHNER (1900), SCHNITTER (1922) und eine Reihe anderer Autoren dieser Zeit auf die Beeinflussung der Schalenbildung durch Wasserchemismus und Zusammensetzung des Bodens hin, und es werden Begriffe wie "Reaktionsformen", "Varietäten" und "Formae" geprägt (MODELL 1941).

Ein Besatz mit Fischen kann über die parasitischen Glochidien zu einer ungewollten Besiedlung von Gewässern mit Muscheln führen. Auf diese Weise sind neue Populationen von Großmuscheln entstanden (FRANK 1995). In Seen mit bereits vorhandener Muschelpopulation ist eine solche Zuwanderung problematisch, da die Gefahr besteht, daß die eingeschleppte Art die ursprüngliche Population verdrängt. Dadurch gehen sogenannte Reaktionsformen - dem Wohngewässer entsprechende Wuchsformen einer Population - verloren. *Unio pictorum* bildete in vielen Gewässern Sonderformen aus, die jedoch weitgehend ausgestorben sind. Durch Wiederbesiedlung dieser Gewässer werden Formen mit gleicher Morphologie und raschem Wachstum verbreitet (FALKNER 1990a, b).

Die genetischen Unterschiede von Populationen unterschiedlicher Gewässer gewinnen aus Sicht des Artenschutzes immer mehr an Bedeutung. Unterschiede im Wachstum verschiedener Populationen können offenbar einerseits durch genetische Unterschiede, andererseits aber auch durch unterschiedlichen Trophiegrad bewirkt werden (PATERSON & CAMERON 1985, MÜLLER & PATZNER 1998). HINCH et al. (1986) und HINCH & GREEN (1989) stellten eine Veränderung der Wachstumsrate bei *Ellitio complanata* fest, nachdem diese von ihrem ursprünglichen Habitat in ein anderes umgesetzt worden war.

Wird eine Wiederbesiedlung überlegt, ist zuerst nachzuprüfen, ob noch Exemplare einer früheren Population leben, beziehungsweise anhand von Schalenfunden oder Literatur festzustellen, welche Najadenarten früher im Gewässer anzutreffen waren. Zu beachten sind dabei auch die oben erwähnten "Formen". Keinesfalls sollen neue Arten oder Formen eingesetzt werden. Leben noch einzelne Exemplare der ursprünglichen Population, ist in jedem Fall ihre gezielte Vermehrung durch Glochi-

dieninfektion von Fischen (siehe unten) vorzunehmen. Werden Muscheln neu eingesetzt, sollen diese nur aus geographisch möglichst nahe gelegenen Gewässern gleichen Typs entnommen werden. Gewässerart, Eutrophiestatus, Sedimente und Wirtsfischspektrum sollen übereinstimmen. Maler- und Teichmuscheln, die im Handel angeboten werden, eignen sich nicht für eine Wiederbesiedlung, da deren Herkunft meist unbekannt ist.

COPE & WALLER (1995) geben eine Übersicht über verschiedene Umsiedlungs- und Wiederbesiedlungsprojekte in den U.S.A. Sie betreffen zwar hauptsächlich Fließgewässer, die wesentlichen Punkte sind jedoch auch auf stehende Gewässer anwendbar. Die Gründe für solche Maßnahmen sind das Entfernen von Muscheln bei Baumaßnahmen wie Brücken oder Straßen (43 %), die Wiederbesiedlung von Gewässern (30 %) und Forschungsprojekte (27 %). Der wahrscheinlich wichtigste Faktor ist das Vorkommen der entsprechenden Wirtsfische, gefolgt vom Habitat, in das die Muscheln ausgesetzt werden. Dabei ist von Bedeutung, daß Wasserqualität und Substrat mit dem ursprünglichen übereinstimmen (HINCH et al. 1986). SHEEHAN et al. (1989) weisen auf die Notwendigkeit hin, sowohl adulte, als auch juvenile Muscheln zu übersiedeln. Sie empfehlen auch, den Vorgang der Wiederbesiedlung mehrmals durchzuführen, um einen nachhaltigen Erfolg zu erzielen. Die Rahmenbedingungen der Übersiedlung selber sind bisher noch wenig untersucht (COPE & WALLER 1995): Die Gesamtdauer, die Dauer der Luftexposition, die Luft- und Wassertemperatur. Welche Rolle die Fortpflanzungszeit der Muscheln dabei spielt, ist noch nicht genauer bekannt. In jedem Fall ist eine Erfolgskontrolle erforderlich. Obwohl in der amerikanischen Studie (COPE & WALLER 1995) 97 % der Wieder- beziehungsweise Umsiedlungen im selben Gewässersystem stattfanden, lag die Mortalitätsrate der Muscheln bei etwa 50 %. In anderen Fällen war sie noch höher (SHEEHAN et al. 1989).

Die Wieder- oder Neubesiedlung erfolgt entweder direkt mit dem Aussetzen von Muscheln oder durch Besatz von glochidientragenden Fischen (siehe auch Kapitel 3.4 "Wirtsfische"). Die letztere Methode eignet sich auch zur Erhöhung der Populationsdichte eines bestehenden Vorkommens (SCHOLZ 1992). Eine adulte *Anodonta anatina* oder *A. cygnea* stößt etwa 100.000 bis 600.000 Glochidien aus (FALKNER 1990b, FRANKE 1993, BAUER 1994), eine *Unio pictorum* 51.150 bis 242.000 (BAUER schriftliche Mitteilung). Bei der aktiven Infektion von Fischen mit parasitischen Glochidien sind 2 Methoden möglich (MOOG 1993). Bei der Kurzzeitinfektion werden Fische von 5 bis 10 cm Länge bei einer Dichte von etwa 100.000 Larven pro Liter 5 min lang infiziert (BAUER & VOGEL 1987). Für Fischbrütlinge reicht eine Larvenkonzentration von 30.000/Liter (BAUER 1987). Bei der günstiger erscheinenden Langzeitinfektion werden die Fische 20 min lang einer Konzentration von

etwa 30.000 Glochidien pro Liter ausgesetzt (RENNER, nach MOOG 1993). Weitere Angaben zur Infektionsmethode findet man bei BEDNARCZUK (1986), MAASS (1987), HOCHWALD (1988) und HÜBY (1988).

## 6. Ausblick

Der vielerorts registrierte Rückgang und die aktuelle Gefährdungssituation (Rote Liste) der Najadenpopulationen lassen es für notwendig erscheinen, auf mehreren Ebenen tätig zu werden. Vor allem ist es erforderlich, detaillierte Angaben und einen Überblick über die gegenwärtige Verbreitung und Abundanz der verschiedenen Arten zu erlangen. Für eine derartige Bestandsaufnahme sind von jedem in Frage kommenden Gewässer folgende Parameter zu erfassen: Artenbestand, Abundanzen und Tiefenverbreitung, Wasseranalyse (Eutrophiegrad) und Wirtsfischspektrum.

Die vorliegende Arbeit zeigt eine Vielzahl von möglichen Ursachen für einen Rückgang der Najaden auf und gibt Anhaltspunkte, um eine weitere Gefährdung zu verhindern. In Gewässern, wo noch Restpopulationen bekannt sind, müssen möglichst rasch Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Werden offensive Strategien zur Vermehrung der ursprünglichen Populationen überlegt, sind jedenfalls entsprechende Experten beizuziehen.

Noch ist eine Reihe von Fragen im Zusammenhang mit dem Rückgang beziehungsweise der Erhaltung der Najaden wissenschaftlich nicht geklärt. So sind zwar die Lebensbedingungen der adulten Muscheln relativ gut untersucht, über die Biologie der juvenilen Muschel, vom Verlassen des Wirtsfisches bis zur Vollendung des ersten Lebensjahres, ist kaum etwas bekannt (RUSSEL-HUNTER 1964). Muscheln in diesem Lebensabschnitt sind jedoch besonders anfällig gegenüber Umwelteinflüssen (DIMOCK & WRIGHT 1993). Hier ist die Wissenschaft aufgerufen, weitere Forschungen anzustellen und dadurch unmittelbar für den angewandten Artenschutz tätig zu werden.

## 7. Zusammenfassung

Die bisher bekannten oder möglichen Gründe für den weltweit registrierten Rückgang der Najadenmuscheln in Seen und anderen stehenden Gewässern werden aufgezeigt. Dabei werden drei Kategorien von Einwirkungen unterschieden: (1) In der Natur vorkommende Abläufe, die zum Teil auch vom Menschen beeinflusst sein können, wie Krankheiten, Parasiten, Räuber, aufwachsende Organismen, Sauerstoffmangel bei Eisbedeckung, Populationsdichte und Reproduktionserfolg sowie Verletzungen und Wundheilung. (2) Mittelbare Einflüsse, die durch menschliche Aktivitäten die Lebensbedingungen verändern, wie Gewässerverunreinigung, Sedimentation und Trübung, Nahrungsmangel, Mangel an Wirtsfischen, Bewirtschaftung von Teichen, Absenken des Wasserspiegels, Entkrau-

tungsmaßnahmen sowie Konkurrenz durch eingeschleppte Arten und Formen. (3) Unmittelbare Einflüsse, durch die der Mensch direkt auf die Muscheln einwirkt, wie Sammeln von Perlen und Perlmutter sowie Verwendung von Muscheln als Angelköder und Viehfutter. Ein weiteres Kapitel beschäftigt sich mit der Wiederbesiedlung und Umsiedlung von Najaden.

## Summary

Endangering and decline of naiad mussels in standing waters (Unionidae, Bivalvia).

The hitherto known or possible reasons for the world-wide registered decline of the najad mussels in lakes and other standing waters are exhibited. Hereby three categories of effects are distinguished: (1) Naturally occurring events which may be partly influenced by man, like diseases, parasites, predators, overgrowing organisms, lack of oxygen during ice cover, population density and reproductive success as well as injury and wound healing. (2) Indirect influences which change the life conditions by activities of man, like water pollution, sedimentation and turbidity, scarcity of food, lack of host fishes, management of ponds, lowering of the water level, removal of aquatic weed, as well as competition by introduced species and forms. (3) Direct influences of man on the mussels, like collection of pearls and mother of pearl as well as utilization of mussels as baits for fishing and as forage. A further chapter deals with relocation and transplantation of najads.

## 8. Literatur

- ADAMS, W.F. (1990): Recent changes in the freshwater molluscan fauna of the Greenfield Lake basin, North Carolina. *Brimleyana* 16: 103-117.
- AGRELL, I. (1948): The shell morphology of some Swedish unionids as affected by ecological conditions. *Arkiv för Zoologi* 41: 1-30.
- AKKERMANN, R. (1972): Süßwassermuscheln als tierische Zuckost des Bismarck *Ondata zibethica*. *Bonner zool. Beitr.* 23: 61-65.
- ANDERS, K. & V. WIESE (1993): Glochidia of the freshwater mussel, *Anodonta anatina*, affecting the anadromous European smelt (*Osmerus eperlanus*) from the Eider estuary, Germany. *J. Fish Biol.* 42: 411-419.
- ARTER, H. E. (1989): Effect of eutrophication on species composition and growth of freshwater mussels in Lake Hallwil (Aargau, Switzerland). *Aquatic Sciences* 51 (2): 87-99.
- ATHEARN, H.D. (1968): Changes and reductions in our fresh-water molluscan populations. *Am. Malacol. Union Ann. Rept.* 1967: 44-45.

- BADE, E. (1909):  
Die mitteleuropäischen Süßwasserfische. Ihre Naturgeschichte, Lebensweis und ihr Fang. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.
- BAKER, R.A. (1977):  
Nutrition of the mite *Unionicola intermedia*, Koenike and its relationship to the inflammatory response induced in its molluscan host *Anodonta anatina* L. Parasitology 75: 301-308.
- BAKER, R.A.; P.E. HICK & V. HILL (1992):  
Seasonal changes in the population of the mite *Unionicola intermedia* (Hydrachnella, Acari) from the freshwater mussel *Anodonta anatina* (Unionidae). Hydrobiologia 242: 63-68.
- BAKKER, K.E. & C. DAVIDS (1973):  
Notes on the life history of *Aspidogaster conchicola* Baer, 1826 (Trematoda: Aspidogastridae). J. Helminthol. 47: 269-276.
- BANARESCU, P. & P. JOSEPH (1990):  
Zoogeography of fresh waters. Vol.1. General distribution and dispersal of freshwater animals. Aula Verlag, Wiesbaden.
- BAUER, G. (1987):  
The parasitic stage of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). III. Host relationships. Arch. Hydrobiol. Suppl. 76: 413-423.
- (1988):  
Threats to the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in central Europe. Biol. Cons. 45: 239-253.
- (1991):  
Plasticity in life history traits of the freshwater pearl mussel - consequences for the danger of extinction and for conservation measures. Species conservation: A population biological approach. Birkhäuser Verlag, pp. 103-119.
- (1992):  
Variation in the life span and size of the freshwater pearl mussel. J. Animal Ecol. 61: 425-436.
- (1994):  
The adaptive value of offspring size among freshwater mussels (Bivalvia; Unionidea). J. Animal Ecol. 63: 933-944.
- BAUER, G. & W. THOMAS (1980):  
Die Ursachen für den Rückgang der Flußperlmuschel im Fichtelgebirge und Maßnahmen für ihren Schutz. Natur und Landschaft 55: 100-103.
- BAUER, G. & C. VOGEL (1987):  
The parasitic stage of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). I. Host response to glochidiosis. Arch. Hydrobiol. Suppl. 76: 393-402.
- BEDNARCZUK, J. (1986):  
Untersuchungen zum Wirtsfischartum und Entwicklung der Bachmuschel *Unio crassus*. Diss. Tierärztl. Hochschule, Hannover.
- BEEDHAM, G.E. (1965):  
A chironomid (Dipt.) larva associated with the lamellibranchiate mollusc, *Anodonta cygnea*. Entomol. Month. Mag. 101: 142-143.
- (1971):  
The extrapallial cavity in *Anodonta cygnea* (L.) inhabited by an insect larva. J. Conch. 26: 380-386.
- BLOOMER, H.H. (1934):  
On the sex and sex modification of the gill of *Anodonta cygnea*. Proc. Malacol. Soc. Lond. 21: 21-28.
- BOGAN, A.E. (1993):  
Freshwater bivalve extinctions (Mollusca: Unionida): A search for causes. Amer. Zool. 33: 599-909.
- BOLE, J. (1992):  
Rdeci seznam ogrozenih kopenskih in sladkovodnih mehkužcev (Mollusca) v Sloveniji. Varstvo Narave 17: 183-189.
- BOWEN, Z.H.; S.R. MALVESTUTO, W.D. DAVIES & J.H. CRANCE (1994):  
Evaluation of the mussel fishery in Wheeler Reservoir, Tennessee River. J. Freshwater Biol. 9: 313-319.
- BRANDER, T. (1955):  
Über die Bisamratte *Ondatra z. zibethica* (L.), als Vernichter von Najaden. Arch. Hydrobiol. 50: 92-103.
- BUCHNER, O. (1900):  
Beiträge zur Formenkenntnis der einheimischen Anodonten. Jahresh. Ver. f. vaterl. Naturk. Württemberg 12.
- BUDDENSIEK, V.; H. ENGEL, S. FLEISCHAUER-RÖSSING & K. WÄCHTLER (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. Arch. Hydrobiol. 127: 151-166.
- BUTLER, L. (1940):  
A quantitative study of muskrat food. Can. Field Nat. 54: 37-40.
- BUTTNER, J. K. & R.C. HEIDINGER (1981):  
Rate of filtration in the Asiatic clam, *Corbicula fluminea*. Transactions 111. St. Acad. Sci. 74 (3-4): 13-17.
- CAMPELL, A.D. (1974):  
The parasites of fish in Loch Leven. Proceedings of the Royal Society of Edingburgh (B) 74: 347-364.
- CLARK, W. (1911):  
Some observations made on Little River, near Wichita, Kans., with reference to the Unionidae. Proceedings, Biological Society of Washington 24: 63-68.
- CLARKE, A.H. (1986):  
Competitive exclusion of *Canthyria* (Unionidae) by *Corbicula fluminea* (Müller). Malacology Data Net 1: 2-10.
- (1988):  
Aspects of corbiculid-unionid sympatry in the United States. Malacology Data Net 2: 57-99.
- CLESSIN, S. (1891):  
Die Mollusken des Süßwassers. In: Tier- und Pflanzenwelt des Süßwassers II, pp 125-150.
- COKER, R. E.; A.F. SHIRA, H.W. CLARK & A.D. HOWARD (1920):  
Natural history and propagation of freshwater mussels. Bulletin of the United States Bureau of Fisheries 37: 79-181.

- CONVEY, L.E.; J.M. HANSON & W.C. MACKAY (1989):  
Size selective predation on unionid clams by muskrats. *J. Wildl. Managem.* 53: 654-657.
- COPE, W.G. & D.L. WALLER (1995):  
Evaluation of freshwater mussel relocation as a conservation and management strategy. *Regul. Rivers: Res. und Manag.* 10:1-9.
- COUCH, J.A. & J.W. FOURNIE (1993):  
Pathobiology of marine and estuarine organisms. CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo.
- CURRY, M.G. (1979):  
New freshwater unionid clam hosts for three glossiphoniid leeches. *Wasmann J. Biol.* 37: 89-92.
- CURRY, M.G. & M.F. VIDRINE (1979):  
New fresh-water host records for the leech *Placobdella montifera*, with distributional notes. *Nautilus* 90: 141-144.
- DAVIDS, C. (1973):  
The relations between mites of the genus *Unionicola* and the mussels *Anodonta* and *Unio*. *Hydrobiologia* 41: 37-44.
- DAVIDS, C.; J. HOLTSLAG & R.V. DIMOK (1988):  
Competitive exclusion, harem behaviour and host specificity of the water mite *Unionicola ypsilophora* (Hydrachnella, Acari) inhabiting *Anodonta cygnea* (Unionidae). *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 73: 651-657.
- DAVIDS, C. & M.H.S. KRAAK (1993):  
Trematode parasites of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). In: Nalepa, T.F. und Schloesser, D.W. (Hrsg.): *Zebra mussels. Biology, impacts, and control*, pp 749-759. Lewis Publ.
- DENNIS, S. (1969):  
Pennsylvania mussel studies. Final report. Center of Aquatic Biology, Ypsilanti, Michigan.
- DIMOCK, R.V. jr. & A.H. WRIGHT (1993):  
Sensitivity of juvenile freshwater mussels to hypoxic, thermal and acid stress. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 109: 183-192.
- DOWNING, J.A., ROCHON, Y. UND PERUSSE, M. (1993):  
Spatial aggregation, body size, and reproductive success in the freshwater mussel *Elliptio complanata*. *J. North Amer. Benthol. Soc.* 12: 148-156.
- DUOBINIS-GRAY, L.; E. URBAN, J. SICKEL, W. MADDOX & D. OWEN (1990):  
Parasites of bivalves in Kentucky Lake. *Assoc. Southeastern Biologists Bulletin* 37: 89 (abstract).
- DYDUCH-FALNIOWSKA, A. (1992):  
Malze Bivalvia. In: Glowacinski, Z. (ed): *Red list of threatened animals in Poland*. Polish Academy of sciences nature protection research centre, pp. 25-29, Krakow.
- EINSELE, W. (1963):  
Schwere Schädigungen der Fischerei und der biologischen Verhältnisse im Mondsee durch Einbringung von lehmig-tonigem Berg-Abraum. *Der spezielle Fall und seine allgemeinen Lehren*. *Österreichs Fischerei* 16: 1-9.
- ELLIS, M.M. (1931):  
Some factors affecting the replacement of the commercial fresh-water mussels. *Bureau of Fisheries, Fishery Circular* 7: 1-10.
- (1936):  
Erosion silt as a factor in aquatic environments. *Ecology* 17: 29-42.
- ENGEL, H. & K. WÄCHTLER (1989):  
Some peculiarities in developmental biology of two forms of the freshwater bivalve *Unio crassus* in northern Germany. *Arch. Hydrobiol.* 115: 441-450.
- (1990):  
Folgen von Bachentkrautungsmaßnahmen auf einen Süßwassermuschelbestand am Beispiel eines kleinen Fließgewässers des südlichen Drawehn (Lüchow-Danzenberg). *Natur und Landschaft* 65: 63-65.
- ENGLUND, V. & M. HEINO (1992):  
The survival of *Anodonta anatina* in cold, anoxic water. *Luonnon Tutkija* 96: 75.
- FALKNER, G. (1990a):  
Vorschlag für eine Neufassung der Roten Liste der in Bayern vorkommenden Mollusken (Weichtiere). *Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Umweltschutz* 97: 61-112.
- (1990b):  
Binnenmollusken. In: FECHTNER, R. und FALKNER, G.: *Weichtiere*. Steinbachs Naturführer, pp 112-286. Moosaik Verlag, München.
- FLEMING, W.J.; T.P. AUGSPURGER & J.A. ALDERMAN (1995):  
Freshwater mussel die-off attributed to anticholesterinase poisoning. *Environ. Toxicol. Chem.* 14: 877-879.
- FORESTER, A.J. (1980):  
Monitoring of the bioavailability of toxic metals in acid-stressed shield lakes using pelecypod molluscs (clams, mussels). *Proc. Univ. Mo. Annu. Conf. Trace Subst. Environ Health* 14: 142-147.
- FRANK, CH. (1995):  
Die Weichtiere (Mollusca): Über Rückwanderer, Einwanderer, Verschleppte; expansive und regressive Areale. *Stapfia* 37: 17-54.
- FRANK, Ch. & P.L. REISCHÜTZ (1994):  
Rote Liste gefährdeter Weichtiere Österreichs (Mollusca: Gastropoda und Bivalvia). In: GEPP, J. (Hrsg.): *Rote Liste gefährdeter Tiere Österreichs*, pp 283-317. Styria Medienservic, Graz.
- FRANKE, G. (1993):  
Zur Populationökologie und Geschlechtsbiologie der Teichmuschel *Anodonta anatina* L. und *Anodonta cygnea* L.. *Diplomarbeit Univ. Bayreuth*.
- FULLER, S.L.H. (1974):  
Clams and mussels (Mollusca: Bivalvia). In: HART, C.W.Jr. und FULLER, S.L.H. (Hrsg.): *Pollution ecology of freshwater invertebrates*, pp 215-273. Academic Press, New York.
- (1977):  
Freshwater and terrestrial mollusks. In: COOPER, J.E., ROBINSON, S.S. und FUNDERBURG, J.B. (Hrsg.): *Endangered plants and animals of North Carolina*, pp

143-174. North Carolina State Museum of Natural History, Raleigh.

GARDNER, J.A. jr.; W.R. WOODALL jr., A.A. STAATS jr. & J.F. NAPOLI (1976):

The invasion of the Asiatic clam (*Corbicula manilensis* Philippi) in the Altamaha River, GA. *Nautilus* 90: 117-125.

GLÖER, P. & C. MEIER-BROOK (1994):

Süßwassermollusken. 11. Auflage. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung (Hrsg.), Hamburg.

GOLLMANN, G. (1984):

Zum Nahrungserwerb des Bläßhuhns (*Fulica atra*): Verzehr von Wandermuscheln (*Dreissena polymorpha*) auf einem Floß. *Egretta* 27: 40-41.

GORDON, M.J.; B.K. SWAN & C.G. PATERSON (1978):

*Baeoetenus bicolor* (Diptera: Chironomidae) parasitic in unionid bivalve molluscs, and notes on other chironomid-bivalve associations. *J. Fish. Res. Board Can.* 35: 154-157.

HAAG, W.R.; D.J. BERG, D.W. GARTON & J.L. FARRIS (1993):

Reduced survival and fitness in native bivalves in response to fouling by the introduced zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in western Lake Erie. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 13-19.

HAMILTON, D.J.; C.D. ANKNEY & R.C. BAILEY (1994):

Predation of zebra mussels by diving ducks: An enclosure study. *Ecology* 75: 521-531.

HANSON, M.J. & H.G. STEFAN (1984):

Side effects of 58 years of copper sulfate treatment of the Fairmount Lakes, Minnesota. *Water Resour. Bull.* 20: 889-900.

HANSON, J.M.; W.C. MACKAY & E.E. PREPAS (1988):

Population size, growth and production of a unionid clam, *Anodonta grandis simpsoniana*, in a small, deep, boreal forest lake in central Alberta. *Can. J. Zool.* 66: 247-253.

HAVLIK, M.E. (1987):

Probable causes and considerations of the naiad mollusk die-off in the upper Mississippi River. In: NEVES, R.J. (Hrsg.): Proceedings of the workshop on die-offs of freshwater mussels in the United States. Va. Polytech. Inst. and State Univ., Blacksburg.

HAVLIK, M.E. & L.L. MARKING (1987):

Effects of contaminants on naiad mollusks (Unionidae): A review. *Resour. Publ.* 164, U.S. Fish Wildl. Serv., Washington D.C.

HEARD, W. H. (1970):

3. Eastern freshwater mollusks (II). The south Atlantic and Gulf drainages. American Malacological Union symposium: Rare and endangered mollusks. *Malacologia* 10: 23-31.

HEINISCH, W. (1989):

Wasservogelzählung - Salzburg 1988/89 (Kurzbericht). *Salzburger Vogelkundl. Ber.* 1: 6-9.

HEINISCH, M. & W. HEINISCH 1990):

Winterliche Schwimmvogelbestände im Bundesland Salzburg. Ergebnisse der internationalen Wasservogelzählungen 1976-1989. Jahresber. Haus der Natur Salzburg 11: 53-60.

HEVERS, J. (1978):

Morphologie und Systematik der in Deutschland auftretenden Schwamm- und Muschel-Milben der Gattung *Unionicola* (Acarina: Hydrachnellae: Unionicolidae). *Entomologica generalis* 5: 57-84.

— (1980):

Biologisch-ökologische Untersuchungen zum Entwicklungszyklus der in Deutschland auftretenden *Unionicola*-Arten (Hydrachnellae, Acari). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 57: 324-373.

HIGGINS, E. (1930):

Fresh-water mussel investigations. Report of commissioner of fisheries for the fiscal year 1929, App. 10: 670-673.

HILTON, J. & G.L. PHILLIPS (1982):

The effects of boat activity on turbidity in a shallow broadland river. *J. Appl. Ecol.* 19: 142-150.

HINCH, S.G.; R.C. BAILEY & R.H. GREEN (1986):

Growth of *Lampsilis radiata* (Bivalvia: Unionidae) in sand and mud: A reciprocal transplant experiment. *Can. J. Aquat. Sci.* 43: 548-552.

HINCH, S.G. & R.H. GREEN (1989):

The effects of source and destination on growth and metal uptake in freshwater clams reciprocally transplanted among Ontario lakes. *Can. J. Zool.* 67: 855-863.

HOCHWALD, S. (1988):

Untersuchungen zur Populationsökologie und Fortpflanzungsbiologie der Bachmuschel *Unio crassus* Phil., 1788. Diplomarbeit Univ. Bayreuth.

— (1990):

Bestandsgefährdung seltener Muschelarten durch den Bisam (*Ondatra zibethica*). Schriftenreihe Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 97: 113-114.

HOFRICHTER, R.; G. BERGTHALER & R.A. PATZNER (1994):

Laichhilfen für Amphibien in einem Gewässer mit stark schwankendem Wasserspiegel. *Herpetozoa* 7: 59-62

HOLWERDA, D.A. & P.R. VEENHOF (1984):

Aspects of anaerobic metabolism in *Anodonta cygnea* L. *Comp. Biochem. Physiol.* 78B: 700-711.

HORNE, F.R. & S. MCINTOSH (1979):

Factors influencing distribution of mussels in Blanco River of central Texas. *Nautilus* 93: 119-133.

HOUPE, R. E. (1993):

Observations on long-term effects of sedimentation on freshwater mussels (Mollusca: Unionidae) in the north fork of Red River, Kentucky. *Trans. Ky. Acad. Sci.* 54: 93-97.

HÜBY, B. (1988):

Zur Entwicklungsbiologie der Fließgewässermuschel *Pseudanodonta complanata*. Diss. Tierärztl. Hochschule, Hannover.

- HUMES, A.G. & H.D. RUSSELL (1951):  
Seasonal distribution of *Najadicola ingens* (K.) (Acarina) in a New Hampshire pond. *Psyche* 58: 111-119.
- HUNTER, R.D. & J.F. BAILEY (1992):  
*Dreissena polymorpha* (zebra mussel): colonization of soft substrata and some effects of unionid bivalves. *Nautilus* 106: 60-67.
- HYNES, H.B.N. (1970):  
The ecology of running waters. Liverpool University Press, Liverpool.
- IMLAY, M.J. (1973):  
Effects of potassium on survival and distribution of freshwater mussels. *Malacologia* 12: 97-113.
- ISOM, B.G. (1969):  
The mussel resource in the Tennessee River. *Malacologia* 7: 397-425.
- IUCN (1994):  
Red list of threatened animals. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre, London.
- JAECKEL, S.H. (1952):  
Unsere Süßwassermuscheln. Die Neue Brehm-Bücherei, Leipzig.
- JAGSCH, A. (1975):  
Zustand des Wallersees und der Trumer Seen 1974. *Salzburgs Fischerei* 6: 2-5.
- JAMES, M. R. (1985):  
Distribution, biomass and production of the freshwater mussel *Hyridella menziesi* (Gray) in Lake Taupo, New Zealand. *Freshwater Biology* 15: 307-314.
- JORGENSEN, S.E. & R.W. SHARP (1971):  
Proceedings of a symposium on rare and endangered mollusks (naiads) of the United States. US Fish and Wildlife Service.
- JUNGBLUTH, J. H. & D. KNORRE (1995):  
Rote Liste der Binnenmollusken/Schnecken (Gastropoda) und Muscheln (Bivalvia) in Deutschland. *Mitt. Deutsch. Malakol. Ges.* 56/57: 1-17.
- KLEE, O. (1971):  
Die größte Kläranlage im Bodensee: Eine Muschel. *Mikrokosmos* 60: 129-132.
- KNOFLACHER, H.M. & G. MÜLLER (1984):  
Beiträge zur Ökologie der überwinternden Wasservögel am Mondsee. Teil II. *Jb. Oö. Mus.-Ver.* 129: 287-316.
- KOBELT, W. (1908):  
Zur Kenntnis unserer Unionen. *Wetterau naturf. Ges., Festschrift* 1908: 84-111.
- KOLBE, H. (1981):  
Die Entenvögel der Welt. Melsungen-Verlag, Berlin, Basel, Wien.
- KORNOVSKI, G. (1957):  
Beiträge zur Ethologie des Bläßhuhns (*Fulica atra* L.). *J. Orn.* 98: 318-355.
- LONG, G.A. (1993):  
The unionids (Bivalvia) of Loch Raven Reservoir, Maryland. *Nautilus* 97: 114-116.
- MAAS, S. (1987):  
Untersuchungen zur Fortpflanzungsbiologie einheimischer Süßwassermuscheln der Gattung *Unio*. Diss. Tierärztl. Hochschule, Hannover.
- MACHADO, J.; J.C. COIMBRA & I. CARDOSO (1988):  
Shell thickening in *Anodonta cygnea* by induced acidosis. *Comp. Biochem. Physiol.* 91A: 645-651.
- MAHLER, F. (1952/53):  
Beitrag zur Verbreitung und Ökologie der Großmuscheln im Lande Salzburg. *Mitt. Naturwiss. Arbeitsgem. Haus der Natur Salzburg. Zool. Arbeitsgr.* 3: 26-48.
- MATTHES, D. (1978):  
Tiersymbiosen und ähnliche Formen der Vergesellschaftung. G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- (1988):  
Tierische Parasiten. Vieweg-Verlag, Braunschweig.
- McCORKL, S.; T.C. SHIRLEY & T.H. DIETZ (1979):  
Rhythms of activity and oxygen consumption in the common pond clam, *Ligumia subrostrata* (Say). *Can. J. Zool.* 57: 1960-1964.
- MESSING, S. (1903):  
Über Entzündung bei den niederen wirbellosen Tieren. *Allg. Pathol. Pathol. Anat.* 14: 915-920.
- METCALFE-SMITH, J. L. & GREEN, R. H. (1992):  
Ageing studies on three species of freshwater mussels from a metal-polluted watershed in Nova Scotia, Canada. *Can. J. Zool.* 70: 1284-1291.
- MICOLETZKY, H. (1911):  
Zur Kenntnis des Faistenauer Hintersees bei Salzburg, mit besonderer Berücksichtigung faunistischer und fischereilicher Verhältnisse. *Intern. Rev. ges. Hydrobiol.* 3: 506-542.
- MODELL, H. (1941):  
Die Rassen der mittel- und osteuropäischen Najaden. *Arch. Moll.* 73: 161-177.
- MOOG, O. (1993):  
Grundlagen zur Erhaltung und Wiedereinbürgerung. In: MOOG, O., NESEMANN, H., OFENBÖCK, T. und STUNDNER, C.: *Grundlagen zum Schutz der Flußperlmuschel in Österreich*, pp 204-212. Bristol Stiftung. Ruth und Herbert Uhl-Forschungsstelle für Natur- und Umweltschutz, Schaan.
- MORTON, B. (1970):  
The rhythmical behaviour of *Anodonta cygnea* L. and *Unio pictorum* L. and its biological significance. *Forma et Functio*. 2: 110-120.
- MÜLLER, D. & R.A. PATZNER (1998):  
Effect of the trophic degree on age structure, growth and production in the swanmussel *Anodonta cygnea* (L.). *Hydrobiologia* (eingereicht).

- MÜLLER, G. & H.M. KNOFLACHER (1981):  
Beiträge zur Ökologie der überwinterten Wasservögel am Mondsee. Jb. Oö. Mus.-Ver. 126: 305-345.
- NAGEL, K.O. (1985):  
Glochidien und Fortpflanzungsbiologie von Najaden des Rheins. Mainzer Naturwiss. Arch. Beih. 5: 163-174.
- NALEPA, T.F. (1994):  
Decline of native unionid bivalves in Lake St. Clair after infestation by the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 2227-2233.
- NEGUS, C. (1966):  
A quantitative study of growth and production of unionid mussels in the River Thames at Reading. J. Animal Ecol. 35, 513-532.
- NELSON, E.N.; J.K. RICHARDSON & H.H. BAILEY (1975):  
Aspects of the occurrence of aspidobothrid parasites (Trematoda: Aspidobothrea) in Oklahoma naiads (Pelecypoda: Unionidae). Proc. Oklahoma Acad. Sci. 55: 159-162.
- NEVES, R.J. (1987):  
Recent die-offs of freshwater mussels in the United States: An overview. Proceedings, workshop on die-offs of freshwater mussels in the United States, Davenport, IA, 1986, pp. 7-18.
- NEVES, R.J. & M.C. ODOM (1989):  
Muskrat predation on endangered freshwater mussels in VA. J. Wildlife Man. 53: 934-941.
- NEWCOMBE, C.P. & D.D. MacDONALD (1991):  
Effects of suspended sediments on aquatic ecosystems. N. Americ. J. Fish. Manag. 11: 72-82.
- NISTERS, H. (1994):  
Rote Liste der gefährdeten Schnecken und Muscheln (Mollusca) Südtirols. In: Rote Liste gefährdeter Tierarten Südtirols, pp. 376-391. Abteilung für Landschaft und Naturschutz der Autonomie Provinz Bozen (Hrsg.).
- NOLL, C.F. (1864):  
Das Wasserhuhn auf dem Main. Zool. Garten 5: 27.
- ÖKLAND, J. (1963):  
Notes on population density, age distribution, growth and habitat of *Anodonta piscinalis* Nilss. (Moll., Lamellibr.) in a eutrophic Norwegian lake. Nytt Magas. Zool. 11: 19-43.
- ORNATOWSKI, Z. (1967):  
Oxygen consumption in several species of freshwater mussels (Bivalvia). Bulletin de la société des Ammis des sciences et des lettres de Poznan D-8: 143-148.
- ORTMANN, A.E. (1909):  
The destruction of the fresh-water fauna in western Pennsylvania. Proc. Am. Philos. Soc. 48: 90-110.
- OSTROVSKY, J.; M. GOPHEN & I. KALIKLIMAN (1993):  
Distribution, growth, production and ecological significance of the clam *Unio terminalis* in Lake Kinneret, Israel. Hydrobiologia 271: 49-63.
- OTTE, G. (1993):  
Schleienköder. In: KOCH, K. (Hrsg.): Schleie. Sonderheft Blinker, 2. Aufl., pp 34-40. Jahr-Verlag, Hamburg.
- PAHL, G. (1969):  
Radioactive and stable strontium analysis of Upper Mississippi River clamshells. In: NELSON, D.J., EVANS, F.C., AUERBACH, S.I., DUNAWAY, P.B., HOOPER, F.F., KUENZLER, E.J., RICE, T.R., TYRON, C.A. und WIEGERT, R.G. (Hrsg.): Proceedings of the second national symposium on radioecology, pp 234-239. U.S. Atomic Energy Commission Conference 670503.
- PARMALEE, P.W. & M.H. HUGHES (1993):  
Freshwater mussels of Tellico Lake: twelve years after impoundment of the little Tennessee River. Annals of Carnegie Museum 62 (1): 81-93.
- PATERSON, C.G. & I.F. CAMERON (1985):  
Comparative energetics of two populations of the unionid, *Anodonta cataracta* (Say). Freshw. Invertebr. Biol. 4: 79-90.
- PATZNER, R.A.; B. LOIDL, R. GLECHNER & R. HOF- RICHTER (1992a):  
Untersuchungen der Großmuschel-Fauna im Wallersee (Bundesland Salzburg). Österreichs Fischerei 45: 88-94.
- PATZNER, R. A.; R. HOFRICHTER, R. GLECHNER & B. LOIDL (1992b):  
Das Vorkommen der Wandermuschel *Dreissena polymorpha* in den Salzburger Alpenvorlandseen. Österreichs Fischerei 45: 158-163.
- PATZNER, R.A.; B. LOIDL, R. GLECHNER & R. HO- FRICHTER (1993):  
Abundanz und Tiefenverteilung von Najaden (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) in den Seen des Salzburger Alpen- vorlandes. Natur und Landschaft 68: 58-62.
- PAULEY, G.B. (1967a): A tumorlike growth on the food of a freshwater mussel (*Anodonta californiensis*). J. Fish. Res. Bd. Canada 24: 679-682.
- (1967b):  
Four freshwater mussels (*Anodonta californiensis*) with pedunculated adenomas arising from the food. J. Invertebr. Pathol. 9: 459-466.
- (1968):  
A disease of the freshwater mussel, *Margaritifera margaritifera*. J. Invertebr. Pathol. 12: 321-328.
- PAULEY, G.B. & C.D. BECKER (1968):  
*Aspidogaster conchicola* in mollusks of the Columbia River system with comments on the host's pathological response. J. Parasitol. 54: 917-920.
- PAULEY, G.B. & L.H. HEATON (1969):  
Experimental wound repair in the freshwater mussel *Ano- donta oregonensis*. J. Invertebr. Pathol. 13: 241-249.
- PEKKARINEN, M. (1993):  
Reproduction and condition of unionid mussels in the Vantaa River, south Finland. Arch. Hydrobiol. 127: 357-375.
- PECHLANER, R. (1968):  
Beschleunigte Eutrophierung im Piburger See (Tirol). Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck (56): 143-161.

- PÉNZES, B. (1994):  
Vorsicht - Muschelgefahr! Österr. Fischerei 47: 219-220.
- PYNNÖNEN, K. (1995):  
Effect of pH, hardness and maternal pre-exposure on the toxicity of Cd, Cu, and Zn to the glochidial larvae of a freshwater clam *Anodonta cygnea*. Wat. Res. 29: 147-154.
- RICHNOVSZKY, A.; J. PONYI & J. JÁRAI (1987):  
Zum Vorkommen von *Unio pictorum* im Balaton. Soosiana 15: 43-48.
- ROBACK, S.S.; D.J. BEREZA & M.F. VIDRINE (1979):  
Description of an *Ablabesmya* (Diptera: Chironomidae: Tanypodinae) symbiont of unionid fresh-water mussels (Mollusca: Bivalvia: Unionacea), with notes on its biology and zoogeography. Trans. Amer. Entomol. Soc. 105: 577-620.
- ROPER, D. S. & C.W. HICKEY (1994):  
Population structure, shell morphology, age and condition of the freshwater mussel *Hydrella menziesi* (Unionacea: Hyriidae) from seven lake and river sites in the Waikato River system. Hydrobiologia 284: 205-217.
- ROTT, E. & P. SCHABER (1978):  
Die Entwicklung des eutrophen Schwarzsees bei Kitzbühel seit 1974. Jber. Abt. Limnol. Innsbruck 4: 239-251.
- RUSSEL-HUNTER, D.W. (1964):  
Physiological aspects of ecology of non marine molluscs. In: Wilbur Young, K.M. und C.M. (Hrsg.): Physiology of mollusca. Academic Press, New York.
- SALANKI, J. (1961):  
Role of afferentation in the regulation of the slow rhythm in the periodic activity of fresh-water mussels. Acta Biol. 12: 161-167.
- SALANKI, J.; K.V. BALOGH & E. BERTA (1982):  
Heavy metals in animals of Lake Balaton. Water Res. 16: 1147-1152.
- SAMAD, F. & J.G. STANLEY (1986):  
Loss of freshwater shellfish after a water drawdown in Lake Sebasticook, Maine. J. Freshwater Ecol. 3: 519-523.
- SCHLOESSER, D.W. & W. KOVALAK (1991):  
Infestation of unionids by *Dreissena polymorpha* in a power plant canal in Lake Erie. J. Shellfish Res. 10: 355-359.
- SCHLOESSER, D.W. & T.F. NALEPA (1994):  
Dramatic decline of unionid bivalves in offshore waters of western Lake Erie after infestation by the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 2234-2242.
- SCHNITZER, H. (1922):  
Die Najaden der Schweiz - Mit besonderer Berücksichtigung der Umgebung Basels. Z. Hydrobiol. 2: Suppl. 1-200.
- SCHOLZ, A. (1992):  
Die Großmuscheln (Unionidae) im Regierungsbezirk Detmold - Verbreitung, Biologie und Ökologie der ost-westfälischen Najaden. Naturschutz - Landschaftspflege im Regierungsbezirk Detmold 9: 1-73.
- SCHWOERBEL, J. (1993):  
Einführung in die Limnologie. 7. Auflage. G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- SEIDL, F. (1991):  
Extremer Aufwuchs auf Süßwasserschnecken und seine Präparation. Mitt. Zool. Ges. Braunau 5: 295-302.
- 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.
- SKAPEC, L. (1992):  
Cervena Kniha 3 ohrozenych a vvacnych druhov rastlin a zivocichov CSFR, pp. 22-39, Bratislava.
- SMOLIAN, K. (1926):  
Der Flußkreb, seine Verwandten und die Krebsgewässer. In: DEMOLL, R. und MAIER, H.N. (Hrsg.): Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas Bd. 5, 425-523.
- SPARKS, A.K. (1985):  
Synopsis of invertebrate pathology. Exclusive of insects. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York.
- STADNICHENKO, O.A.; V.V. ANISTRATENCO, O.V. GRANINSKAYA, O.V. MARTYNYUK, O.A. MIROSHNICHENKO, N.G. OLEINIK, S.A. SERGEI-CHIK & O.I. FASOLYA (1994):  
The infection of unionid mussels (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) with parthenites *Bucephalus polymorphus* (Trematoda) and effect of the parasites on the host activity [russisch]. Parazitologiya (St. Petersburg) 28: 124-130.
- STANCZYKOWSKA, A.; P. ZYSKA, A. DOMBROWSKI, H. KOT & E. ZYSKA (1990):  
The distribution of waterfowl in relation to mollusc populations in the man-made Lake Zegrzynskie. Hydrobiologia 191: 233-240.
- STANSBERRY, D.H. (1976):  
Naiad Molluscs. In: BOSCHUNG, H. (Hrsg.): Endangered and threatened plants and animals of Alabama, pp 42-52. Bulletin of the Alabama Museum of Natural History, Bd. 2, Alabama.
- STANSBERRY, D.H. & C.B. STEIN (1971):  
Why naiades (pearly freshwater mussels) should be preserved. 92. Congress of Committee on Government Operation, House of Representatives, June 1971: 2177-2179.
- STEINBERG, D. (1931):  
Die Geschlechtsorgane von *Aspidogaster conchicola*. Zool. Anz. 94: 153-170.
- STEUSLOFF, U. (1943):  
Perlmutterknöpfe aus Schalen von *Unio pictorum* und *Unio crassus*. Arch. Moll. 75: 197-198.
- STRAYER, D.L.; D.C. HUNTER, L.C. SMITH & Ch.K. BORG (1994):  
Distribution, abundance and roles of freshwater clams (Bivalvia, Unionidae) in the freshwater tidal Hudson River. Freshwater Biology 31: 239-248.

STRECKER, U.; G. BAUER & K. WÄCHTLER (1990):  
Untersuchungen über die Entwicklungsbedingungen junger Flußperlmuscheln. Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Umweltschutz 97: 25-30.

SUTER, W. & L. SCHIFFERLI (1988):  
Überwinternde Wasservögel in der Schweiz und ihren Grenzgebieten: Bestandentwicklungen 1967 - 1987 im internationalen Vergleich. Der Ornithologische Beobachter 85: 261-298.

TANKERSLEY, R.A. & R.V. DIMOCK jr. (1993):  
The effect of larval brooding on the respiratory physiology of the freshwater unionid mussel *Pyganodon cataracta*. Am. Midl. Nat. 130: 146-163.

TASKINEN J.; E.T. VALTONEN & T. MÄKELÄ (1995):  
Site selection and reproductive period of two digeneans in a freshwater bivalve - parasite adaptations to host longevity? Funct. Ecol. (eingereicht).

TUCKER, J.K. (1994):  
Colonization of unionid bivalves by the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in Pool 26 of the Mississippi River. J. Freshwater Ecol. 9: 129-134.

TURNER, H.; M. WÜTHRICH & J. RÜETSCHI (1994):  
Rote Liste der gefährdeten Weichtiere in der Schweiz. In: DUELLI, P. (ed.): Rote Liste der gefährdeten Tierarten in der Schweiz, pp. 75-97. BUWAL (Hrsg.) Reihe Rote Listen, EDMZ Bern.

UNESTAM, T. & D.W. WEISS (1970):  
The host-parasite relationship between freshwater crayfish and the crayfish disease fungus *Aphanomyces astaci*: Responses to infection by a susceptible and a resident species. J. Gen. Microbiol. 60: 77-90.

van der SCHALIE, H. (1938):  
Contributing factors in the depletion of naiades in eastern United States. Basteria 3: 51-57.

VIDRINE, M.F. (1989):  
A summary of the mollusk-mite associations of Louisiana and adjacent waters. Louisiana Environm. Profess. 6: 30-63.

— (1993):  
*Majumderatax*, new subgenus (Acari: Unionicolidae: Unionicolinae: *Unionicola*), in Europe and Asia. Internat. J. Acarol. 19: 101-102.

VOELZKOW, A. (1888):  
*Aspidogaster conchicola*. Arbeit. Zool. Inst. Würzburg 8: 249-289.

WATTERS, G.T. (1994):  
An annotated bibliography of the reproduction and propa-

gation of the Unionidea (primarily of North America). Ohio Biological Survey Miscellaneous Contributions 1: 1-165.

WEISENSEE, H. (1916):  
Die Geschlechtsverhältnisse und der Geschlechtsapparat bei *Anodonta*. Zeitschr. wiss. Zoologie 115: 262-335.

WELLS, S.M. & J.E. CHATFIELD (1992):  
Threatened non-marine molluscs of Europe. Nature and Environment, Nr. 64. Council of Europe Press, Strassbourg.

WILLIAMS, J.W. (1890):  
A tumor in the freshwater mussel *Anodonta cygnea* L.. J. Anat. Physiol. Norm. Pathol. Homme Anim. 24: 307-308.

ZACHARIAS, O. (1907):  
Planktonalgen als Molluskennahrung. Arch. Hydrobiol. Planktonkd. 2: 358-361.

ZALE, A.V. & R.J. NEVES (1982):  
Reproductive biology of four freshwater mussel species (Mollusca: Unionidae) in Virginia. Freshw. Invertebr. Biol. 1: 17-28.

ZAUNIG, R. (1917):  
*Dreissena* in der Alten Donau bei Wien. Nachr. Bl. Dtsch. Malak. Ges. 49: 137-138.

#### Danksagung

Wir danken folgenden Personen für wertvolle Anregungen: Karoly Baba, Gerhard Bauer, Arthur E. Bogan, James Coupland, Cees Davids, Ron Dimock, Tamás Domokos, Amy Edwards, Gerhard Falkner, Susan E. Ford, Christa Frank, Peter Glöer, Jürgen Hevers, Jürgen H. Jungbluth, Hasko Neseemann, Anne-Marie Patzner, Peter L. Reischütz, Malcolm Vidrine, Diane L. Waller, G. Thomas Watters. Weitere Informationen erhielten wir durch die "mollusca list" im Internet: "mollusca@ucmp1.berkeley.edu".

#### Anschrift der Verfasser:

Univ. Prof. Dr. Robert A. Patzner und  
Mag. Doris Müller  
Institut für Zoologie  
Universität Salzburg  
Hellbrunnerstraße 34  
A-5020 Salzburg  
E-mail: robert.patzner@sbg.ac.at

# Berichte der ANL 20 (1996)

Herausgeber:

Bayerische Akademie für Naturschutz  
und Landschaftspflege (ANL)

Seethaler Str. 6

D-83410 Laufen

Telefon: 08682/8963-0

Telefax: 08682/8963-17 (Verwaltung)  
08682/1560 (Fachbereiche)

E-Mail: [Naturschutzakademie@t-online.de](mailto:Naturschutzakademie@t-online.de)

Internet: <http://www.anl.de>

Die Bayerische Akademie für Naturschutz  
und Landschaftspflege ist eine dem  
Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums  
für Landesentwicklung und Umweltfragen  
angehörnde Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion:

Dr. Notker Mallach, ANL

Für die Einzelbeiträge zeichnen die  
jeweiligen Autoren verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen -  
auch auszugsweise -  
aus den Veröffentlichungen der  
Bayerischen Akademie für Naturschutz  
und Landschaftspflege sowie die  
Benutzung zur Herstellung anderer  
Veröffentlichungen bedürfen der  
schriftlichen Genehmigung unseres Hauses.

Erscheinungsweise:

Einmal jährlich

Bezugsbedingungen:

Siehe Publikationsliste am Ende des Heftes

Satz: Christina Brüderl, ANL

Druck und Buchbinderei: Fa. Kurt Grauer,

Moosham 41, 83410 Laufen

Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

ISSN 0344-6042

ISBN 3-931175-26-X

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege \(ANL\)](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Patzner Robert A., Müller Doris

Artikel/Article: [Gefährdung und Rückgang der Najaden-Muscheln \( Unionidae, Bivalvia\) in stehenden Gewässern 177-196](#)