



1	Vorhabensbeschreibung .....	3
2	Die Dreikantmuschel ( <i>Dreissena polymorpha</i> ) als biologisches Filter .....	4
3	Stand der Wissenschaft und Technik .....	6
4	Vorarbeiten und Vorversuche .....	7
5	Liste der durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten .....	8
6	Methoden.....	8
7	Die Filtrationskapazität .....	10
8	Zitierte Literatur .....	12

## 1 Vorhabensbeschreibung

Ziel ist es, im Rahmen des BMBF-Förderprogramms „Forschung für die Umwelt“ einen Beitrag zur Verbesserung der Gewässerqualität durch Verringerung der Restbelastungen an Schwebstoffen aus organischen, einschließlich hygienisch relevanter Komponenten aus Kläranlagenabflüssen (**Fäkalkeimen, Parasiten und Viren**) sowie aus gewässerinternen Prozessen (Kontrolle von **Phytoplanktonwachstum, Verringerung partikulärer Stoffe**) zu leisten. Die Entwicklung und Erprobung eines biologischen Filtersystems als innovatives ökotechnologisches Verfahren wird durch die enge interdisziplinäre Arbeit von (Textil) Technologie, Biowissenschaften (Abwasserbiologie, Mikrobiologie) und gesundheitlicher Prävention (Wasserhygiene) erreicht. Dabei sollen hierbei die folgenden Erkenntnisse aus der technischen Hydrobiologie direkt in die Praxis umgesetzt werden:

- Bakterien und Algen wachsen vermehrt auf der Grundlage von Nährstoffen und organischen Substanzen, die durch den Menschen zugeführt werden. Der mikrobielle Abbau von gelösten organischen Substanzen ist der erste Schritt der natürlichen Selbstreinigung.
- Filtrierende Organismen (Zooplankton und Zoobenthos, z.B. Muscheln) entfernen die entstandenen Partikel und formen deren nicht verwertete Reste in Sinkstoffe um, die zu einem großen Teil am Gewässerboden abgelagert werden (Biodeposition).

Innerhalb dieses natürlichen biologischen Filtersystems kann die Dreikantmuschel eine wesentliche Rolle spielen. Mittels einer flexiblen textilen **Trägerstruktur** können benthische Filtrierer, wie z.B. die Dreikantmuschel als biologisches Filter direkt in das entsprechende Zielgewässer eingebracht werden, ohne dass ein gesonderter Behälter oder Reaktor zur Aufnahme der Dreikantmuscheln erforderlich wird. Dieses Filtersystem kann sowohl in natürliche als auch in gebaute Gewässer eingebracht werden.

Das Filter (Muschelfilter) passt sich an die Partikelgröße des zu filtrierenden Mediums an und kann sich im Gegensatz zu mechanischen Filtern selbsttätig regenerieren. Eine Verstopfung ist daher weitgehend ausgeschlossen und eine Rückspülung nicht erforderlich. Dies verringert die laufenden Kosten und den Wartungsaufwand. Bei der Biofiltration durch Suspensionsfresser handelt es sich um ein natürliches Wirkprinzip, das in Gewässern für eine Elimination von partikulären Stoffen verantwortlich ist. Derartige Filter sind beispielsweise zur Leistungssteigerung von Schönungsteichen von Bedeutung. Auf Grund der verlängerten Verweilzeit des Abwassers in den Schönungsteichen und des vergleichsweise hohen Nährstoffangebots ist häufig eine Sekundärverschmutzung der Abläufe durch Algenblüten zu beobachten (Mählmann, 1994, 1996a, Mählmann et al., 1996b). Die Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) zeigt eine sehr hohe Effizienz (50 ml/[ind.\*h]) bei der Elimination von Bakterien, Trübstoffen und Phytoplankton (Silvermann, 1995) in einem Größenspektrum von ca. 700 bis 0,4µm (MacIsaac, 1995). Die nachgewiesene Keimelimination (Ral, 1999) und die potentielle Eliminationskapazität der Dreikantmuschel bezüglich Parasiten der Gattungen *Cryptosporidium* und *Giardia* bzw. enteraler Viren ist im Hinblick auf den Einsatz des Muschelfilters in Erholungsgewässern und Oberflächengewässern, die zur Trinkwasseraufbereitung herangezogen werden von besonderer Bedeutung. Fäkalkeime, humanpathogene Parasiten und schwebstoffgebundene Viren werden von der Dreikantmuschel filtrierte und angereichert. Sie lassen sich im Organismus bestimmen. Es wird innerhalb dieses Vorhabens geprüft, ob sich die Dreikantmuschel als „integrierender“ Expositionsmonitor zur hygienisch-mikrobiologischen Bewertung von Gewässern einsetzen lässt.

Bisher ist ungenügend untersucht worden, welche Faktoren sich auf Leistungsvermögen und Vitalität der Dreikantmuschel auswirken. Eine Analyse der populationsrelevanten Umweltfaktoren ist für den erfolgreichen Einsatz des biologischen Filters von grundlegender Bedeutung. Außerdem sollen Aussagen zu weiteren Einsatzgebieten trägergebundener filtrierender Organismen, z.B. in der Gewässerreinigung wasserarmer und schwächer entwickelter Länder Afrikas, Asiens, Lateinamerikas abgeleitet werden.

## 2 Die Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) als biologisches Filter

Die Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*), auch Wander- oder Zebra-Muschel genannt, ist eine der Miesmuschel ähnliche Art, die im Süß- und Brackwasser lebt. Nach dem die Muschel im Verlauf der letzten Eiszeit in die Schwarzmeerregion abgedrängt wurde, breitete sich die vorher in ganz Europa heimische Art nach dem Ende der Eiszeit wieder aus. 1820 erreichte sie Bremerhafen und wurde Ende der sechziger Jahre im Bodensee erstmals wieder nachgewiesen. In den 80er Jahren sind vermutlich Dreikantmuschellarven mit dem Ballastwasser großer Schiffe in die Großen Seen Nordamerikas eingeschleppt worden. Wo sie sich stark vermehrten.

Die Dreikantmuschel kann in drei bis vier Jahren zu einer Größe von etwa 4 cm heranwachsen. Sie ist in der Lage, sich dauerhaft an eine feste Unterlage zu heften. Dazu bildet sie Proteinfäden (Byssus), die im Wasser erhärten und sie sicher mit der Unterlage verbinden. Es ist erwiesen, dass die hocheffektive Filtrationstätigkeit von *Dreissena* zu einem Rückgang der Gewässertrübung führt. Die Dreikantmuschel ernährt sich von Schwebstoffen (Detritus) und Plankton, welche sie aus der Freiwasserregion von Seen und Talsperren oder aus der fließenden Welle filtriert. Sie zeichnet sich im Vergleich zu anderen Muscheln durch ein besonders hohes Filtrationsvermögen aus. Die von *Dreissena* bevorzugt aus der Wassersäule entnommene Partikelgrößen liegen zwischen 5-45 µm (Ten Winkel & Davids, 1982; Sprung & Rose, 1988). Selbst bei einer Größe von 1 µm kann die Partikelretention noch 90 % betragen (dito). Ein Exemplar ist in der Lage, bis zu 300 ml Wasser pro Stunde partikelfrei zu filtrieren (Noordhuis, 1992). Dies bedeutet, dass bei einer realistischen Besatzdichte von 150.000 Tieren pro m<sup>2</sup> bis zu 1.000 m<sup>3</sup> Wasser pro m<sup>2</sup> und Tag (im Mittel 180 m<sup>3</sup>/[m<sup>2</sup>\*d] = m/d) gefiltert werden können. Die Filterleistung ist aber von verschiedenen Umweltfaktoren abhängig und ist unter ungünstigen Umweltbedingungen weitaus geringer. Von besonderem Interesse ist die Fähigkeit der Dreikantmuschel, Partikel mit einem Durchmesser bis zu etwa 0,4 µm noch effektiv zurückzuhalten (Cotner, zitiert in MacIsaac, 1995). Sie kann deshalb selbst kleinste Algen (Pico-Phytoplankton) und Bakterien aus dem Wasser entfernen. Verschiedene Autoren haben allerdings auch festgestellt, dass die Bestandsdichte von *Dreissena polymorpha* starken Schwankungen unterliegen kann (Stanczykowska, 1987; Breitig, 1969). Andererseits wurden in den unterschiedlichsten Gewässern stabile Populationen festgestellt (z.B. Gewässer bei Dresden, Elbe, Spree, Bodensee, Ohio, Mississippi). Ammonium bzw. Ammoniak in abwasserrelevanten Konzentrationen konnte inzwischen als toxisch wirkende Substanz ausgeschlossen werden (Blüher, 1999). Um die Dreikantmuschel als biologisches Filter einsetzen zu können, sind weitere Untersuchungen notwendig, **unter welchen Bedingungen** sich die Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) **ökotechnologisch** einsetzen lässt.

Die Reproduktionsperiode der Dreikantmuschel erstreckt sich von Mai bis Oktober. In dieser Zeit kann ein Weibchen bis zu 1 Millionen Eier produzieren. Die Dreikantmuschel ist getrenntgeschlechtlich. Die Fortpflanzung wird wahrscheinlich durch das Vorhandensein günstiger Futteralgen induziert. Die Befruchtung findet im Freiwasser statt. Die Dreikantmuschel bildet freischwimmende Veligerlarven, was recht ungewöhnlich für Süßwassermuscheln ist und ihre Herkunft aus dem Brackwasserbereich illustriert. In einer

Entwicklungsperiode von 4-6 Wochen erreichen die Larven das Anheftungsstadium. Die Muschellarven selbst sind sehr empfindlich, starke Turbulenzen vertragen sie nicht. Der größte Teil der Larven erreicht das Anheftungsstadium nicht. Durch ein Mikrosieb (50-100µm) oder durch eine Bodenpassage lassen sie sich einfach sowie effektiv zurückhalten.

Im Rahmen dieses Projektes soll die Filterleistung der Dreikantmuschel in folgenden Typen von Gewässern untersucht werden:

- Schönungsteiche (zur Verringerung des Phytoplanktongehaltes)
- Badeteiche (zur Verringerung des Schwebstoffgehaltes sowie der Belastung mit Fäkalkeimen und Parasiten)
- Fischteiche (zur Verringerung der Schwebstoffbelastung)
- Dorfteiche (zur Verringerung des Phytoplanktongehaltes).

Als ökotechnologischer Lösungsweg zur Verbesserung der Wasserbeschaffenheit kleiner und mittelgroßer, eutrophierter Gewässer eröffnet sich mit diesem Verfahren eine Möglichkeit zur Verbesserung der Nutzungsmöglichkeiten. Die Nachhaltigkeit ist insofern offensichtlich, als das diese Filter sich selbst erhalten und regenerieren. Durch das Bereitstellen zusätzlicher Ansatzflächen in Form textiler Aufwuchsträger wird den Dreikantmuscheln eine besonders günstige Exposition im Freiwasser (Pelagial) ermöglicht. Die große aktive Oberfläche des Benthon, der Lebensgemeinschaft des Gewässergrundes, zu der die Dreikantmuschel gehört, wird in die Freiwasserregion ausgedehnt. Neben einem äußerst günstigen „mittleren Abstand“ zum Plankton, der Hauptnahrung filtrierender Organismen, zeichnet sich die Bestandsdichte benthischer Filtrierer durch eine weitaus größere zeitliche Konstanz aus als die der planktischen Filtrierer wie z.B. Daphnia. Bei dem trägergebundenen Muschelfilter erfolgt der Abtransport von Faeces und Pseudofaeces durch freies Absetzen. Es wird damit gerechnet, daß die weitere Verarbeitung dieses Materials dort durch hohe Bestandsdichten von Oligochaeten (Borstwürmern), Chironomiden (Zuckmückenlarven, keine Stechmücken), Ostracoden (Muschelkrebse) gewährleistet ist. Dazu werden orientierende Untersuchungen durchgeführt. Ein Verschlammen der schwimmenden Muschelbank durch eigenen Kot ist somit nicht möglich. Mögliche nachteilige Auswirkungen wie z.B. die Mobilisierung von Laststoffen aus dem Sediment werden im Rahmen des geplanten Projektes gezielt untersucht. Als Folge der Filtrationstätigkeit der Dreikantmuscheln ist eine Zunahme der Sichttiefe zu erwarten.

Die EG-Trinkwasserrichtlinie und die Trinkwasserverordnung der Bundesrepublik Deutschland schreiben eine entsprechende mikrobiologische Beschaffenheit des Trinkwassers vor. Trinkwasserbürtige Krankheitsausbrüche durch fäkal-oral übertragene Krankheitserreger unterschiedlicher Art sind seit langem bekannt. Trinkwasser muß deshalb frei von pathogenen Mikroorganismen sein. Durch Giardiazysten und Cryptosporidien-Oocysten ausgelöste epidemische Erkrankungen in England und den USA haben deutlich gemacht, daß eine ausschließliche Orientierung auf die Trinkwassererdesinfektion keinen ausreichenden Schutz vor Krankheitsausbrüchen bietet (Schoenen et al. 1997). Parasiten konnten in den vergangenen Jahren auch in Deutschland nicht nur in Rohwässern, sondern auch in aufbereiteten Wässern nachgewiesen werden (Seitz und Karanis 1997). Deshalb müssen alle Anstrengungen unternommen werden, um Rohwässer durch entsprechende Gewässerschutz- und Aufbereitungsmaßnahmen in den Zustand zu überführen, daß von ihnen keine gesundheitliche Gefährdung für die Verbraucher ausgeht. Dies gilt besonders für die Aufbereitung von nur ungenügend vor dem Eintrag von humanpathogenen Erregern geschützten Oberflächenwasser. Deshalb ist hinsichtlich der sicheren Trinkwasserversorgung

aus diesen Ressourcen die Entwicklung von Aufbereitungsschritten von besonderer Bedeutung, deren Eliminationseffizienz im Größenbereich von **3-20µm** liegt (Bernhardt, 1994). Die genannten hygienisch-mikrobiologischen Problemstellungen gelten in vergleichbarer Form auch für die Badenutzung von Oberflächenwässern. Kramer et al. (1999) konnten erstmals die Auslösung einer Cryptosporidien-Epidemie nach Baden in einem See wahrscheinlich machen. Mit den Bestrebungen, naturnahe Bioteiche auf der Basis natürlicher Abbauprozesse (Hässelbarth 1998, Grohmann 1999) zu betreiben, werden die innerhalb des geplanten Projektes durchzuführenden Untersuchungen für den Erholungsbereich interessant. *Dreissena polymorpha* ist potentiell in der Lage, die Zysten und Oocysten der pathogenen Protozoen Giardia und Cryptosporidium zu konzentrieren. Frischer (1998) zeigte, daß die Dreikantmuschel als Biomonitor und auch als Biofilter genutzt werden kann. *Dreissena polymorpha* kann nach Frischer (1998) 72-91% der pathogenen Parasiten aus dem Wasser entfernen. Die Dreikantmuschel ist außerdem in der Lage, diese Mikroorganismen zu inaktivieren. Es gibt Hinweise darauf, daß die Dreikantmuschel nicht nur Parasiten zurückhalten, sondern diese möglicherweise auch vollständig eliminieren kann. Entsprechende Untersuchungen nicht nur hinsichtlich parasitärer Erreger, sondern auch ausgewählter Fäkalindikatoren (*E. coli*, Fäkalstreptokokken) und enteraler Viren werden deshalb ein weiterer Schwerpunkt des vorliegenden Projektes sein.

Die Anwesenheit von *E. coli* und anderer coliformer Bakterien in Bächen, Flüssen und Seen wird als Indikator für die Belastung der Oberflächengewässer mit häuslichen bzw. gewerblichen Abwässern und damit für das mögliche Vorhandensein humanpathogener Keime genutzt. Die übliche stichprobenartige Überwachung kann nur den hygienischen Zustand des Wassers zum Probenahmezeitpunkt wiedergeben. Die Bewertung der Grundbelastung eines Gewässers erfordert ein Meßsystem, in dem der Belastungszustand über die Zeit integriert wird. Zur biologischen Gewässergütebeurteilung werden Indikatororganismen (DIN 38410; Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung) eingesetzt. Gerade öffentliche Badegewässer können u.U. mit Hilfe der Dreikantmuschel überprüft werden. *Dreissena polymorpha* bietet sich als Expositionsmonitor zur Bewertung der hygienischen Gewässergüte an. Zur Detektion von *E. coli* im Gewebe (Kiemen und Verdauungstrakt) von *Dreissena polymorpha* (Expositionsmonitor) liegen lediglich erste Erfahrungen vor (Selegan, im Druck). Diese Untersuchungen werden auf die bereits genannten Keime, Parasiten und Viren ausgedehnt. Bislang gibt es noch keine Befunde bezüglich eines Akkumulationsfaktors der Erreger in der Muschel.

### 3 Stand der Wissenschaft und Technik

Das Filtrationsvermögen der Dreikantmuschel in Flüssen und Seen ist seit langem bekannt (Walz, 1978; Stanczykowska, 1975). Seit dem Einschleppen der Dreikantmuschel nach Nordamerika Mitte der achtziger Jahre (Heber et al., 1989) ist die Forschungsarbeit intensiviert worden. Piesik (1983) und Noordhuis (1992) konnten nach Einsatz eines mit Dreikantmuscheln bewachsenen Kunststoffnetzes eine Abnahme des Schwebstoffgehaltes in den stark belasteten Flüssen Oder und Maas messen. Selegan (1993) versuchte Abwasser in einer Fließrinne (Semibatch) zu reinigen. Das Prinzip der Wasserreinigung mittels Dreikantmuschelreaktor ist bereits als US-Patent angemeldet (Bean, 1997).

Es gibt Bemühungen in den USA (University of Buffalo, N.Y.) ein Muschelfilter zur Elimination von Phytoplankton und partikelgebundenen Radionukleiden aus Industrieabwässern zu bauen. Frischer (1998) stellte auf der achten internationalen

Dreikantmuschel-Konferenz in Sacramento (Californien; März 1998) Forschungsergebnisse vor, bei denen die Dreikantmuschel als Expositionsmonitor und auch als Filter der tierischen Parasiten *Cryptosporidium* und *Giardia* im Rohwasser von Trinkwasserversorgungsanlagen getestet wurde.

Die zukünftigen Kriterien der Wasserqualität befinden sich sowohl hinsichtlich der Rohwässer für die Trinkwasseraufbereitung als auch der Badegewässer in der Diskussion. Fleisher et al. (1996) konnten beispielsweise die begrenzte Aussagefähigkeit des in der EU-Badegewässerrichtlinie festgelegten Enterovirusnachweises deutlich machen. Auch der Nachweis der verschiedenen im Wasser nachzuweisenden Phagenpopulationen als Indikator für die virale Belastung konnte bisher keinem abschließenden Ergebnis zugeführt werden. Die unterschiedlichen Größenverhältnisse der diskutierten Erreger ist ein weiterer Aspekt des Verhaltens der Organismen, der für die geplanten Versuche Bedeutung besitzt. So weisen enterale Viren eine Größe  $\geq 20$  nm auf. Unter den genannten Gesichtspunkten kommt der Einbeziehung verschiedener Mikroorganismen in die durchzuführenden Untersuchungen im Hinblick auf verallgemeinerungsfähige Aussagen besondere Bedeutung zu. Für den Nachweis vieler Erreger existieren nur in begrenztem Umfang standardisierte Methoden (z.B. ISO 10705). Dies schließt die Problematik einer in bestimmten Fällen erforderlichen Anreicherung aus dem Wasser ein. Die eingesetzten Verfahren sind deshalb auf ihre Leistungsfähigkeit hin zu untersuchen. Diese Feststellung trifft auch auf den Nachweis der Erreger aus Muscheltgewebe sowohl mit kulturellen als auch molekularbiologischen Methoden zu, wobei der Schwerpunkt bei den enteralen Viren liegt (z.B. Traore et al., 1998)

#### 4 Vorarbeiten und Vorversuche

*Dreissena polymorpha* ist danach zur Anwendung in einem biologischen Filter geeignet, da sowohl eine beachtliche Toleranz gegen schwankende Wasserbeschaffenheit als auch hohe Filtrationsleistungen gemessen wurden. Ein besonderer Vorteil dieser Art besteht darin, daß sie Bewuchsdichten bis  $350.000 \text{ m}^{-2}$  und mehr erreicht. Auf textilen Aufwuchsträgern des STFI konnten in Vorversuchen Dichten von  $70.000$  Tieren/ $\text{m}^2$  erreicht werden. Nach ersten Untersuchungen in kontinuierlich durchflossenen Systemen zur Ermittlung von Filtrationsraten (Lechner, 1995; Kusserow, 1996) erlaubten erstmalig die Abschätzung einer Massenbilanz: 87% der zugeführten

Feststoffe wurden von den Dreikantmuscheln zurückgehalten. Nur 37% der zugeführten Feststoffe sedimentierten ohne den Einsatz von Dreikantmuscheln (Kontrollreaktor). Die vorliegenden Ergebnisse lassen erkennen, daß eine Eignung der Dreikantmuschel als aktives Schwebstoff-Filter prinzipiell gegeben ist. Die Filtriertätigkeit der Dreikantmuscheln führt zu einer deutlichen Verringerung der Gewässertrübung (Kusserow, 1996).

Für virale Erreger liegen sowohl umfangreiche methodische Erfahrungen (Virusanreicherung, Virusnachweis) als auch Resultate zum Verhalten in verschiedenen Wässern vor (Dumke, 1998). Dumke und Burger (1995) konnten für verschiedenen Enterovirustypen in Abhängigkeit von der Temperatur und der Wasserqualität Inaktivierungszeiten zwischen 8 und 146 Tagen für die Abnahme um eine logarithmische Einheit feststellen. Diese Resultate unterstreichen die Bedeutung weiterführender Untersuchungen hinsichtlich Verbleib und Inaktivierungsfaktoren eingetragener Viruskontaminationen. Die Erreger wurden im Rahmen eines Verbundvorhabens in den Rohwässern verschiedener Aufbereitungsanlagen in Deutschland in z.T. erheblichen Konzentrationen nachgewiesen (Dumke, 1997). Erste Untersuchungen eines Kläranlagenablaufes und eines Fließgewässers ergaben nur geringe Raten der Enterovirus- und Coliphagenadsorption an die partikulären Stoffe im Wasser

(Dumke und Bobsin, 2000). Dieser Befund ist im Hinblick auf die Filtrationseffektivität der Dreikantmuscheln von besonderem Interesse und für weitere Gewässer zu bestätigen.

## 5 Liste der durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten

KÖTHER, A. (1992): Nahrungsspektrum sowie Einflußgrößen der Filtrationsleistung von häufig vorkommenden Muscheln. Literaturbeleg Inst. f. Hydrobiologie d. TU Dresden

BALZER, I. (1993): Biomonitoring mit *Dreissena polymorpha* im Elbeabschnitt Pirna/Zehren und methodische Untersuchungen zum Leuchtbakterientest. Diplomarbeit Inst. f. Hydrobiologie, TU Dresden

ULLRICH, A. (1994): Experimentelle Untersuchungen über die Elimination von Seston bzw. Schwebstoffen durch benthische Filtrierer. Diplomarbeit, Inst. f. Hydrobiologie, TU Dresden

LECHNER, T. (1995): Untersuchungen zum Einsatz von benthischen Filtrierern in der ökologischen Nachreinigungsstufe einer biologischen Abwasserreinigungsanlage. Diplomarbeit, Inst. f. Hydrobiologie d. TU Dresden

KUSSEROW, R. (1996): Elimination von Schwebstoffen aus Kläranlagenabflüssen durch Biofiltration und biogene Flockung/Fällung. Diplomarbeit, Inst. f. Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft, TU Dresden

SCHULZ, B. (1998): Elimination von Bakterien aus Kläranlagenabflüssen mit *Dreissena spec.* am Beispiel der Kläranlage Dresden-Kaditz. Diplomarbeit, Inst. f. Hydrobiologie der Fakultät Forst-, Geo-, Hydrowissenschaften d. TU Dresden

BLÜHER, A. (1999): Mosselmonitor ® und *Dreissena*-Monitor im Vergleich hinsichtlich der Alarmauslösung. Diplomarbeit T(2), Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft (UBG) und Inst. f. Mikrobiologie der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät d. TU Dresden

## 6 Methoden

Ziel des Projektes ist die Schaffung eines biologischen Filters mit Dreikantmuscheln. Die Dreikantmuschel kommt zwar in den unterschiedlichsten Gewässern vor, jedoch fehlen für einen technologischen Einsatz auf dem Gebiet der weitergehenden Abwasserbehandlung bisher Untersuchungen über die Auswirkungen von Gewässerbelastung und Chemismus auf die Leistungsfähigkeit (Fitneß) der Dreikantmuscheln. Daher soll ein Expositionsmonitoring verschiedener Gewässertypen (Abflüsse von Kläranlagen insbesondere Schönungsteiche, Dorfteiche, Badeteiche) erfolgen. Die Auswahl erfolgt nach folgenden Kriterien:

- Herkunft und Art des Wassers (kommunale Kläranlagen, Schönungsteich, Badeteiche, Fließgewässer, Talsperren),
- mikroklimatische Umweltfaktoren (Höhenlage, Windexposition, Wintertemperaturen),
- chemisch-physikalische Faktoren (Trübung, pH, Härte, Ammonium-, Sauerstoff- und Salzgehalt, Temperatur),
- Konkurrenz (planktische Filtrierer, vor allem *Daphnia*),
- hygienische Belastung.

Da die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen eines Muschelfilters im Vordergrund stehen, sind die Wirkungen o.g. Faktoren auf die Filtrationsleistung der Dreikantmuscheln Gegenstand



dieser Untersuchung. Die Filtrationsleistung ist direkt von der Filtrationsrate der Tiere abhängig. Die Filtrationsrate ist als partikelfrei gefiltertes Wasservolumen pro Tier (bzw. g Trockenmasse) und Stunde definiert (ml/[ind.\*h]). Die maximale Filtrationsrate wird als Filtrationskapazität bezeichnet. Monatlich sollen die in unterschiedlichen Gewässern exponierten Dreikantmuscheln im Labor auf Unterschiede bezüglich der Filtrationskapazität (Durchflußmeßkammer) ermittelt und den Werten der Gewässerbegleitanalytik gegenübergestellt werden. Damit sollen jahreszeitliche Schwankungen des Schwebstoffrückhaltes erfaßt werden. Die Filtrationskapazität ist neben der Temperatur auch von der Konzentration und Art bzw. Qualität der Schwebstoffe (Bakterien, Algen, mineralischer Anteil) abhängig. Des weiteren werden In-Situ-Versuche zur Ermittlung der effektiven Filtrationsrate im Gewässer durchgeführt (s.S. 12).

Die Respirationsraten geben Auskunft über die Verwertbarkeit und die Menge der zurückgehaltenen Nahrungspartikel und können die Fitneß der Tiere charakterisieren. Das Schalenwachstum zeigt an, ob ein ausreichendes Nahrungsangebot im Zielgewässer vorhanden ist. Ein hoher Wirkungsgrad (Filtrationsrate ml/[ind.\*h], Digestionsrate mg/[ind.\*h], Biodeposition mg/[ind.\*h]) eines Muschelfilters ist nur dann möglich, wenn die Energiebilanz für eine Dreikantmuschel positiv ist.

Eine Aufnahme der Jahresgänge von Filtrationskapazität und Stoffwechselphysiologie (Respirationsraten) sind für die Bemessung eines Muschelfilters unerlässlich.

### Gewässer

Die einzelnen Zielgewässer werden auf folgende chemischen Parameter hin untersucht:

- Sauerstoffgehalt,
- Leitfähigkeit,
- Trübung,
- Ammonium,
- Phosphat
- pH,
- Temperatur,
- Wasserhärte,
- Nitrit, Nitrat,

Zusätzlich werden folgende biochemische Summenparameter aufgenommen:

- CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf),
- BSB (Biochemischer Sauerstoffbedarf i.d.R. in 5 Tagen),
- TOC (organisch gebundener Gesamtkohlenstoff)
- sowie den Chlorophyllgehalt (Chl(a)).

Neben der Erfassung der physikalischen Umweltfaktoren (links) werden die Zielgewässer nach Möglichkeit täglich auch auf folgende Parameter untersucht:

- Niederschlag,
- Wind,
- Sonnenscheindauer,
- Temperatur.
- Sichttiefe,
- Trübung,
- Wasserfarbe und Geruch,

Die Zusammensetzung des Phytoplanktons im Zielgewässer ist innerhalb repräsentativer Meßkampagnen zu ermitteln.

Im hygienisch-mikrobiologischen Teil erfolgt die regelmäßige Untersuchung der Gewässer auf *E. coli*, Fäkalstreptokokken, humanpathogene enterale Viren, Phagen und Parasiten. Alle Erreger werden quantitativ und parallel erfaßt. Dieses Vorgehen erlaubt Rückschlüsse auf das Verhältnis der einzelnen Kriterien untereinander, um nicht nur im Hinblick auf die Bemühungen zur Vereinheitlichung des Indikatorkeimkonzepts (z.B. in der in Überarbeitung

befindlichen EU-Badegewässerrichtlinie) zu verallgemeinerungsfähigen Aussagen zu gelangen, sondern auch bezüglich weiterer Meßkampagnen im Rahmen des Projektes Zielgrößen zu entwickeln.

Darüber hinaus werden neben den bereits bei den Projektpartnern etablierten Methoden (Fäkalindikatoren, Viren) entsprechende Kriterien für humanpathogene Parasiten erarbeitet. Die Beprobungen werden über das ganze Jahr durchgeführt, um saisonale Aspekte der Erregerkonzentration zu erfassen.

### Exposition im Gewässer

Nach dem Einsetzen von Expositionskäfigen werden monatlich pro Gewässer 100-150 Tiere entnommen. Es erfolgt eine Kontrolle des Besatzes auf

- Größenverteilung, Schalenlänge,
- Sterberate,
- aschefreies Trockengewicht (organische Trockenmasse).

Aus diesen Größen lässt sich auf die Fitneß der Tiere und damit auf deren Leistungsfähigkeit schließen. Als Fitneßparameter werden der Sauerstoffverbrauch, die Kohlendioxid-Abgabe und die Ammonium-Exkretion herangezogen. Die Dreikantmuscheln werden auf ihren Gehalt an *E. coli*, Fäkalstreptokokken, enterale Viren, Phagen und Parasiten hin untersucht. Die Ermittlung der mikrobiellen Belastung erfolgt durch die Bestimmung der Erregerkonzentrationen aus mazeriertem Muschelgewebe. Da hierfür nur begrenzt Standardverfahren existieren, ist die Entwicklung einer einfach handhabbaren Methode ein wissenschaftlich wichtiges Ziel des Projekts, das auch über das beantragte Vorhaben hinaus Relevanz hat. Entsprechende Versuche schließen die Bewertung der Effizienz der Methodik (Wiederfindungsrate natürlich vorkommender oder zudosierter Mikroorganismen) ein. Die parallele Erfassung der mikrobiologischen Qualität des Freiwassers lässt Rückschlüsse auf den Akkumulationsfaktor im Muschelgewebe zu.

## **7 Die Filtrationskapazität**

Die Filtrationskapazität der Dreikantmuschel soll zur ergänzend zu Laborversuche im Freiland untersucht werden. Zwei große Kunststofftrichter ( $\varnothing=25\text{cm}$ ) werden im Zielgewässer auf dem Gewässergrund exponiert. Einer dieser Trichter erhält einen grobmaschigen Siebeinsatz, auf dem Dreikantmuscheln platziert werden. Am Auslauf der Trichter befinden sich Weithalsflaschen, die das abgesetzte Material aufnehmen. Durch die Anwesenheit der Dreikantmuscheln sedimentiert mehr Schlamm (Biodeposition). Dieser Effekt kann als Unterschied im Schlammvolumen zwischen beiden Trichtern erfasst werden. Mit Hilfe des Muschelbesatzes und der Schwebstoffkonzentration in der Wassersäule über der Trichteröffnung lässt sich die effektive Filtrationsrate (ECR) ermitteln:

$$ECR = \frac{GR - GR_0}{TS * n * t} = \left[ \frac{ml}{ind. * h} \right]$$

GR- Glührückstand (Aschegewicht) des Schlammes aus dem mit Dreikantmuscheln besetzten Trichter,

GR<sub>0</sub>- Glührückstand des Schlammes aus dem Kontrolltrichter,

TS- Schwebstoffgehalt des Umgebungswasser

n- Anzahl der Versuchstiere,

t- Versuchszeit.

Die Versuchszeit soll 6 bzw. 24 Stunden betragen. Dabei auftretende Störfaktoren sollen mit erfasst und in die Bewertung einbezogen werden. Der Versuchsaufbau erlaubt ein Aufstellen von Massenbilanzen. Aufbauend auf diesen Ergebnissen sollen Bemessungsgrundlagen für textile Muschelfilter erarbeitet werden. Darüber hinaus ist auf diesem Wege der Anteil der ausgeschiedenen Mikroorganismen im Schlamm quantifizierbar und mit den Konzentrationen im Freiwasser bzw. im Sediment des Versuchsansatzes ohne Muscheln zu vergleichen. Laborversuche mit dem entnommenen Sediment sollen Auskunft darüber geben, in welchem Umfang pathogene Mikroorganismen adsorptiv an das Material gebunden bzw. bei Wechsel der Bedingungen (z.B. Wasserqualität) eventuell wieder desorbiert werden. Im Gewässer eingebrachte Versuchsbehälter (Dialysesäcke, McFeters-Kammern) mit zudosierten Mikroorganismen lassen Rückschlüsse auf die Inaktivierungsraten der Erreger unter weitgehend dem Milieu im Gewässer entsprechenden Bedingungen zu. Auf diesem Wege ist der Weg der aufgenommenen Mikroorganismen nachvollziehbar.

## 8 Zitierte Literatur

- Balzer, I. (1993): Biomonitoring mit *Dreissena polymorpha* im Elbeabschnitt Pirna/Zehren und methodische Untersuchungen zum Leuchtbakterientest. Diplomarbeit Inst. f. Hydrobiologie, TU Dresden
- Bernhardt (1994) Anforderungen an die Wasseraufbereitung zur Gewinnung einwandfreien Trinkwassers aus Oberflächenwässern. Vorlesungsskript, Trinkwasseraufbereitung an der Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften der Technischen Universität Dresden.
- Bean (1997): Process for treatment of wastewater utilizing zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) Patentschrift US 5,628,904
- Blueher, A. (1999): Mosselmonitor und *Dreissena*-Monitor im Vergleich hinsichtlich der Alarmauslösung. Institut für Mikrobiologie der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Technischen Universität Dresden, Dresden
- Bosch, A.; Lucena, F.; Diez, J. M.; Gajardo, R.; Blasi, M.; Jofre, J. (1991): Waterborne viruses associated with hepatitis outbreak. J. Am. Water Works Assoc. **83**, 80-83.
- Breitig, G (1965): Beiträge zur Biologie, Verbreitung und Bekämpfung von *Dreissena polymorpha* (Pall., 1771)- (Lamellibranchia). Dissertation, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald.
- Breitig, G. (1969): Das Molluskenplankton und seine Rolle in der Besiedlung der Binnengewässer. Wasserwirtschaft Wassertechnik **19**, 116-118
- Dumke, R. und Burger, G. (1995): Zur Stabilität enteraler Viren in Wässern unterschiedlicher Qualität. Forum Städte-Hygiene **46**, 278-283.
- Dumke, R. und Feuerpfeil, I. (1997): Verhalten von Enteroviren und Coliphagen in der Trinkwasseraufbereitung. DVGW-Schriftenreihe Wasser **91**, 217-238.
- Dumke, R. (1998): Untersuchungen zum Verhalten enteraler Viren im Wasser. Diss. Technische Universität Dresden. Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften.
- Dumke, R. und Bobsin, U. (2000): Adsorption enteraler Viren und Coliphagen an die partikulären Stoffe in Fluß- und Abwasserproben. Abstracts 8. Kongreß der Gesellschaft für Hygiene und Umweltmedizin. Bonn, 29.-31.3.2000.
- Enriquez, C. E.; Hurst, C. J.; Gerba, C. P. (1995): Survival of the enteric adenoviruses 40 and 41 in tap, sea, and waste water. Wat. Res. **20**, 2548-2553.
- Fleisher, J. M.; Kay, D.; Wyer, M.; Merrett, H. (1996): The enterovirus test in the assessment of recreational water-associated gastroenteritis. Wat. Res. **30**, 2341-2346.

- Frischer, M. E. (1998): Zebra Mussels as possible Biomonitors/Filters of *Cryptosporidium* and *Giardia*. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference of Zebra Mussel and Aquatic Nuisance Species, March 16 to 19, 1998, Sacramento/ CA.
- Grohmann, A. (1999): Anforderungen an Bioteiche zum Schwimmen und Baden. Arch. Badewes. **52**, 106-109.
- ISO 10705-1 (1995): Water quality-detection and enumeration of bacteriophages- enumeration of F-specific RNA bacteriophages.
- Johnson, D. C.; Enriquez, C. E.; Pepper, I. L., Davies, T. L., Gerba, C. P.; Rose, J. B. (1997): Survival of *Giardia*, *Cryptosporidium*, poliovirus and *Salmonella* in marine waters. Wat. Sci. Tech. **35**, 261-268.
- Hässelbarth, U. (1998): Künstliche "Bioteiche" und "Naturteiche" zum Baden. Arch. Badewes. **51**, 262-263.
- Hebert, P. D. N. (1989): Ecological and genetic studies on *Dreissena polymirpha* (Pallas): a new mollusc in the Great Lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **46**, 1587-1591
- Köthe, A. (1992): Nahrungsspektrum sowie Einflußgrößen der Filtrationsleistung von häufig vorkommenden Muscheln. Literaturbeleg Inst. f. Hydrobiologie d. TU Dresden
- Kramer, M. H.; Sorhage, F. E.; Goldstein, S. T.; Dalley, E.; Wahlquist, S.; Herwaldt, B. L. (1999): First-reported U.S. outbreak of cryptosporidiosis associated with a recreational lake. Zbl. Hyg. **201**, M6
- Kusserow, R. (1996): Elimination von Schwebstoffen aus Kläranlagenabflüssen durch Biofiltration und biogene Fällung/Flockung. Diplomarbeit am Inst. für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft; Technische Universität Dresden.
- Kusserow, R.; Uhlmann, D. (1998): Technology of a *Dreissena*-Filter to remove Suspended Matter from the Effluents of Waste Water Treatment Plants. Proceedings Eighth International Zebra Mussel and Aquatic Nuisance Species Conference, March 16 to 19, 1998, S. 229-240.
- Lechner, T. (1995): Untersuchungen zum Einsatz von benthischen Filtrierern (*Dreissena polymorpha*) in der ökologischen Nachreinigungsstufe einer biologischen Abwasserbehandlungsanlage. Diplomarbeit am Inst. für Hydrobiologie der Technischen Universität Dresden.
- MacIsaac, H. J. & Rocha, R (1995): Effects of suspended clay on zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) faeces and pseudofaeces production. Arch. Hydrobiol., **135**, 1, 53-64.
- Mählmann, J. (1994): Erfassung der biologischen Struktur einer mehrstufigen Belebungssteichanlage zur Behandlung kommunaler Abwässer am Beispiel der Belebungssteichanlage des Zweckverbands Unteres Kochertal, Kläranlage Stein. Institut für Hydrobiologie, TU-Dresden.

- Mählmann, J. (1996a): Organismenbestand und Eliminierungsverhalten (Xenobiotika, Bakterien und Viren) zweier unterschiedlich gestalteter Prozeßbecken zur weitergehenden Abwasserbehandlung. Diplomarbeit am Institut für Hydrobiologie, Fakultät Forst-, Geo-, Hydrowissenschaften der TU-Dresden.
- Mählmann, J., Brücker, H.A. und D. Uhlmann (1996b): Biologische Struktur und Leistungsvermögen von Prozeßbecken zur weitergehenden Abwasserbehandlung. Tagungsbericht Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Schwedt. Bd. 2: 607-611
- Mählmann, J. und D. Uhlmann (1997): Jahreszeitlicher Massenwechsel von Cladoceren in Prozeßbecken zur weitergehenden Abwasserreinigung. Schriftenreihe Umwelttechnik und Umweltmanagement 19: 66-82
- Noordhuis, R., Reeders, H.H. & Bij de Vaate, A. (1992): Filtration Rate and Pseudofaeces Production in Zebra Mussels and their Application in Water Quality Management. in Neumann, D. & Jenner, H.A. (1992) *The Zebra Mussel Dreissena polymorpha*. Ecology, Biological Monitoring and First Applications in the Water Quality Management. Limnologie Aktuell, 4, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York.
- Pallin, R.; Wyn-Jones, A. P.; Place, B. M.; Lightfoot, N. K. (1997): The detection of enteroviruses in large volume concentrates of recreational waters by the polymerase chain reaction. *Jour. Virol. Meth.* **67**, 57-67.
- Piesik, Z. (1983): Biology of *Dreissena polymorpha* (Pall.) settling on stylon nets and there role of this mollusc in eliminating the seston and the nutrients from the water-course. *Pol. Arch. Hydrobiol.* **30**, 4, 353-361
- Ral, B.; Röske, I. (1999): Elimination of suspended matter and faecal bacteria from wastewater using the filtering organism *Dreissena* sp., Kurzvortrag auf der Jahrestagung der VAAM<sup>1</sup> vom 07. bis 10. März 1999 in Göttingen; Abstract in: *BIOspektrum*, Sonderausgabe 1999, p. 54, ISSN 0947-0867, Spektrum Akademischer Verlag.
- Reynolds, K. A.; Gerba, C. P.; Pepper, I. L. (1996): Detection of infectious enteroviruses by an integrated cell culture-PCR procedure. *Appl. Environ. Microbiol.* **62**, 1424-1427.
- Schoenen, D.; Botzenhart, K.; Exner, B.; Feuerpfeil, I.; Hoyer, O.; Sacré, C.; Szewzyk R. (1997): Vermeidung einer Übertragung von Cryptosporidien und Giardien mit dem Wasser. *Bundesgesundhbl.* **12**, 466-475.
- Seitz, H. M. und Karanis, P. (1997): Die Elimination parasitischer Protozoen bei der Trinkwasseraufbereitung. *DVGW-Schriftenreihe Wasser* **91**, 205-216.
- Selegan, J. P. (1993): The use of *Dreissena polymorpha* (The Zebra Mussel) as a biofilter of municipal waste water with special reference to the bioaccumulation of heavy metals. thesis, Graduate School of Wayne State University, Detroit, Michigan, USA.

---

<sup>1</sup> VAAM=Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie  
Erstelldatum 25.07.2001 21:25:00 Ralph Kusserow

- Selegan, J. P.; Kusserow, R., Patel, R.; Heidtke, T. and Ram, J. L. (2000): Detection of *E. coli* with the zebra mussel and its application in watershed management. *J. Env. Qual.* (in Veröffentlichung),.
- Silvermann, H; Achberger, E.C.; Lynn, J.W. & Dietz, T.H: (1995): Filtration and Utilization Pseudofaeces Laboratory-Cultured Bacteria by *Dreissena polymorpha*, *Corbicula fluminea*, and *Carunculina texasenses*. *Biol. Bull.* 189, 308-319.
- Sprung, M. (1988): Influence of food size and food quantity in the feeding of the mussel *Dreissena polymorpha*. *Oecologia.*, **77**, 526-532.
- Sprung, M. (1989): Field and laboratory observations of *Dreissena polymorpha* larvae: abundance, growth, mortality and food demands. *Archiv f. Hydrobiol.*, **115**, 537-561.
- Stanczykowska, A. (1987): The place of mussel *Dreissena polymorpha* (Pall.) in the food web of lake ecosystems. *Halictis*, **16**, 129-135
- Stanczykowska, A (1975): Use of field measurements of consumption and assimilation in evaluation of the role of *Dreissena polymorpha* Pallas. in a lake ecosystem. *Pol. Aech, Hydrobiol.* **22**, 4, 509-520.
- Ten Winkel, E.H. & Davids, C (1982): Foodselection by *Dreissena polymorpha* Pallas (Mollusca: Bivalvia). *Freshwat. Biol.* **12**, 553-558
- Traore, O.; Arnal, C.; Mignotte, B.; Maul, A.; Laveran, H.; Billaudel, S.; Schwartzbrod, L. (1998): Reverse transcription PCR detection of astrovirus, hepatitis A virus, and poliovirus in experimentally contaminated mussels: comparison of several extraction and concentration methods. *Appl. Environ. Microbiol.* **64**, 3118-3122.
- Ullrich, A. (1994): Experimentelle Untersuchungen über die Elimination von Seston bzw. Schwebstoffen durch benthische Filtrierer. Diplomarbeit, Inst. f. Hydrobiologie, TU Dresden
- Walz, N. (1978): The energy balance of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* PALLAS in laboratory experiments and in Lake Constance: I. Pattern of activity, feeding and assimilation efficiency. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* **55**, 83-105.

