Decheniana (Bonn) 143, 421–425 (1990)

Toxische Metalle als mögliche Ursachen für die Bestandsgefährdung einer Flußperlmuschelpopulation (*Margaritifera margaritifera*)

Peter Nagel

Mit 4 Tabellen

(Eingegangen am 3. 7. 1989)

Kurzfassung

Die mit etwa 3000 Individuen noch relativ größte Flußperlmuschelpopulation westlich des Rheins ist stark überaltert; Jungmuscheln wurden nicht festgestellt. Unter der Vielzahl möglicher Ursachen für das zu befürchtende Aussterben ergeben sich auch Hinweise auf toxische Metalle, die durch industrielle Einleiter in das Fließgewässer gelangen. Daher wurden mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie die Rückstände von Pb, Cd, Zn, Hg, Cu, Co, Ni, Mn und Wi in den Schalen abgestorbener alter und junger Perlmuscheln untersucht, um mögliche toxische Konzentrationen einzelner Metalle vor Beginn einer umfangreicheren gezielten Studie zu ermitteln.

Die Ergebnisse zeigen, daß fast sämtliche analysierten Metalle in den Zuwachsstreifen der letzten ca. sechs Jahre der jüngeren Schale in z. T. wesentlich höherer Konzentration enthalten sind als in der ca. 40–50 Jahre alten Schale, was eine Zunahme der Einleitungen toxischer Metalle in das Gewässer während der letzten Jahre belegt. Die absoluten Gehalte der Metalle deuten zumindest auf Kadmium als Quelle akuter und chronischer Gefährdung der Perlmuschelpopulation hin.

Résumé

Même la plus grande population de la moule perlière à l'Ouest du Rhin ne comprend plus qu'approximatif 3000 individus et elle est nettement sur-agée, parce qu'on n'a pas trouvé des moules jeunes. Entre les nombreuses causes pour l'extinction craindue de cette population, il y a aussi des indications aux métaux toxiques, qui entrent la rivière par des eaux industrielles. De cette raison nous avons analysé les résidues de Pb, Cd, Zn, Hg, Cu, Co, Ni, Mn et Wi dans les coquilles de jeunes et de vieilles moules perlières recueillit mortes. C'était pour trouver des concentrations éventuelles toxiques de métaux individuels avant le début d'une étude plus pointée.

Les résultats démontrent, que presque touts les métaux analysés sont contenu dans les approx. six dernières strates de croissance de la coquille jeune aux concentrations à part beaucoup plus haut que dans la coquille d'un âge d'approx. 40 à 50 ans. Ceci prouve une augmentation de l'infiltration des métaux toxiques dans la rivière pendant les dernières années. Les concentrations absolues des métaux indiquent qu'au moins le Cadmium est une cause pour la menace aiguë et chronique de la moule perlière dans cette rivière.

1. Einleitung

Die Flußperlmuschel gehört zu den am stärksten gefährdeten Tierarten mit nur wenigen kleinen Populationen innerhalb der Bundesrepublik Deutschland. Auch die noch relativ größte Population westlich des Rheins (Rheinland-Pfalz) wird auf nur etwa 3000 Individuen geschätzt. Bei dieser Population wurden nur ältere lebende Exemplare gefunden, so daß davon auszugehen ist, daß keine Verjüngung mehr stattfindet (JUNGBLUTH et al. 1985, JUNGBLUTH 1988). Die Ursachen dieser fehlenden natürlichen Bestandsverjüngung sind bisher unbekannt, obwohl eine Anzahl möglicher Faktoren diskutiert werden. Hierzu zählen die aktuelle Fließgewässerbelastung mit organischen und anorganischen Schadstoffen, die möglicherweise rezent veränderte Substratbeschaffenheit des Fließgewässers, zu geringe Wirtsfischpopulation (Bachforelle) und/oder inadäquate Altersstruktur der Forellen, unterbundene flußaufwärts gerichtete Fischmigration, Abfallen der Muschellarven vom Wirtsfisch unterhalb des derzeit besiedelbaren Flußabschnittes und vor allem konkrete Hinweise auf Ausbaggerungsarbeiten im Gewässer. Im Rahmen eines öffentlich geförderten Untersuchungsprogramms werden 1989 und 1990 einzelne Aspekte wissenschaftlich untersucht, um die möglichen Ursachen der Bestandsgefährdung herauszuarbeiten und ein Programm zur Bestandssicherung aufzubauen.

Im Rahmen von ersten Überlegungen über die möglichen Ursachen für die Bestandsgefährdung ergaben sich auch Hinweise auf Metalle als für die Flußperlmuschel toxische Substanzen, wobei bisher aus dem betroffenen Fließgewässer noch keine Informationen über Metallbelastungen im Substrat oder gar der Muscheln selbst vorlagen. Da es sich bei der geringen Bestandsdichte verbietet, lebende Muscheln für die Analysen zu entnehmen, wurde zunächst anhand zweier Schalenfunde unterschiedlichen Alters in einer Screening-Analyse auf eine Reihe verschiedener Metallrückstände getestet, um abzuschätzen, ob sich weitere Analysen in dieser Richtung lohnen, um dem Untersuchungsziel näher zu kommen. Metallkonzentrationen in der Schale spiegeln im Gegensatz zum Weichkörper die potentielle chronische Belastung besser wider, während Weichkörperanalysen detailliertere Aussagen zur akuten Belastung ermöglichen.

2. Material und Methode

Der relativ hohe Analysenaufwand einschließlich Kosten für umfangreiche atomabsorptionsspektrometrische Rückstandsuntersuchungen ließen es sinnvoll erscheinen, zunächst nur eine Screening-Analyse anhand zweier Proben durchzuführen.

Die Muschelschalen wurden am 20. 1. 1989 im überspülten Uferbereich des Fließgewässers mit der noch größten Rheinland-Pfälzischen Population (vgl. JUNGBLUTH 1988) gesammelt. Die Schale B war bereits zerbrochen, so daß keine exakten Maße mehr anzugeben sind (Tab. 1).

Tabelle 1. Schalenmorphologie der Proben.

	Schalenhälfte	Länge (mm)	Höhe (mm)	max.Wölbung halbe Schale(mm)	max.Schalen-dicke (mm)	geschätztes Alter (Jahre)
Muschelschale A:	links	87	42,5	11,5	1,0	15-18
Muschelschale B:	links	?	?	ca 15	2,8	40-50

Die Schalen waren vor der Analyse am Standort mit Umgebungswasser von anhaftendem Sand und Schlamm abgespült und anschließend im Labor mit destilliertem Wasser gereinigt worden. Das Periostrakum wurde nicht entfernt. Bei der jungen Muschelschale wurden im an den Wirbel angrenzenden hinteren Abschnitt Proben vom Schalenrand aus von ca. 2 × 1,5 cm Größe herausgebrochen, was etwa den letzten sechs Zuwachsstreifen, d. h. den jüngsten sechs Jahren entsprach, und auf ihren Metallgehalt analysiert. Von der Schale der älteren Muschel wurde ein Probenstück des hinteren Abschnitts etwa von der Wirbelregion bis zum Schalenrand analysiert. Die weitere Probenvorbereitung und die Aufschlußprozedur erfolgte analog der z. B. bei MERL (1982) dargestellten Standardmethode.

Die Analyse wurde atomabsorptionsspektrometrisch durchgeführt. Der Gehalt der Elemente Cu, Zn und Mn wurde mit der Flamme mit dem Gerät „Perkin Elmer 5000" ermittelt, die Elemente Cd, Pb, Hg, Co, Ni, Wi wurden durch flammlose Atomisierung in der Graphitrohr-Küvette mit dem Gerät „Perkin Elmer Z 3030" gemessen.

Herrn Geza ALTMANN, Institut für Biogeographie der Universität des Saarlandes, Saarbrücken, danke ich für die Durchführung der Analysen.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der atomabsorptionsspektrometrischen Analyse sind in Tab. 2 zusammengefaßt.

Mit Ausnahme der Gehalte an Wismut (in beiden Fällen nicht nachweisbar) und Quecksilber (in beiden Fällen etwa gleich niedrig) sind die Metallrückstände in der Schale der jungen Muschel deutlich höher als in der Schale der alten Muschel (Tab. 3).

Die Werte belegen, daß überraschenderweise nicht die ältere, sondern die jüngere Muschel höhere Metallanreicherungen in der Schale aufweist. Auch bei der älteren Muschel war das Periostrakum noch weitgehend erhalten und noch nicht abgewittert, und auch der Verbleib der Schale im Wasser dürfte bei beiden Muscheln nicht zu verschieden gewesen sein, so daß man von ungefähr ähnlicher Auswaschung aus den Schalen bzw. Anlagerung an

Tabelle 2. Metallgehalte in den Muschelschalen (angegeben in mg/kg Trockensubstanz, alle Werte ± 10%).

Flußperlmuschel	Zn	Cu	Mn	Cd	Pb	Hg	Co	Ni	Wi
jung (Schale A)	38,9	18,3	1050	0,3	0,25	0,12	1,60	11,5	n.n.(<1,0)
alt (Schale B)	1,5	5,9	780	<0,01	<0,02	0,10	0,10	1,5	n.n.(<1,0)

Tabelle 3. Ungefähres Verhältnis des Metallgehalts der jungen zur alten Muschel.

Cd (min.)	30:1
Zn:	26:1
Co:	16:1
Pb (min.):	12:1
Ni:	8:1
Cu:	3:1

die Schalen nach Absterben der Tiere ausgehen kann. Auch wenn für einige der analysierten Metalle, wie z. B. Zink und Kobalt, die Muschelschale nicht unbedingt die ideale Matrix als potentieller Belastungsindikator ist, so ist davon auszugehen, daß in der Regel während des Wachstums der Tiere die Metalle je nach der chemischen Verbindung, in der sie vorliegen, der verfügbaren Menge, artspezifischer Aufnahmemechanismen und populationstypischer Allelpolymorphismus-Konfiguration (Prosi 1983, Zadory 1984) aus dem umgebenden Medium (Wasser, Schlamm und Sand) und der Nahrung in die Schale eingelagert werden und somit Auskunft über die durchschnittliche biologisch relevante Metallverfügbarkeit während der gesamten Lebenszeit des Einzeltieres geben. Dies würde bedeuten, daß während der letzten ca. sechs Jahre wesentlich mehr Metalle für die Flußperlmuschel zur Einlagerung zur Verfügung standen als im Durchschnitt der vergangenen 40 bis 50 Jahre, also die Metallbelastung des entsprechenden Fließgewässers in den letzten Jahren deutlich zugenommen hat.

4. Diskussion

Mir sind keine Schalenanalysen der Flußperlmuschel bezüglich Metallgehalten bekannt, und auch bei anderen Süßwasser-Mollusken werden meist die Weichkörper auf Rückstände untersucht (z. B. Segar et al. 1971, Karbe et al. 1975, 1987, Zadory 1984), so daß hier nur wenige Vergleiche mit anderen Süßwassermuscheln vorgenommen werden können. Metallgehalte in Schalen von europäischen Süßwassermuscheln wurden z. B. untersucht von Segar et al. (1971) (*Anodonta* spec.), Bias & Karbe (1985) bzw. Karbe et al. (1987) (*Dreissena polymorpha*) und Merl (1982) bzw. Merl & Müller (1983) (*Dreissena polymorpha*).

Bei der Wander-, Dreikant- oder Dreiecksmuschel (*Dreissena polymorpha*), die allerdings keine Perlmuttschicht aufbaut (vgl. Kennedy et al. 1969), konnte anhand umfangreichen Materials an unterschiedlichen Standorten keine altersabhängige Akkumulation der Schwermetalle Cadmium, Blei und Zink festgestellt werden (Tab. 4) (Merl & Müller 1983). Die Mittelwerte des Standortes mit den höchsten (Mosel bei Neumagen: M) und den geringsten Rückständen (Oedstein-See, Kiesweiher am Rhein: O) sind in Tab. 4 aufgelistet. Auch die maximalen Metallgehalte der Schalenhomogenate lagen in derselben Größenordnung (Cd: 0,21 mg/kg TS: Pb: 20,9 mg/kg TS; Zn: 257 mg/kg TS) (Merl 1982).

Tabelle 4. Mittlere Schwermetallgehalte in Schalen von *Dreissena polymorpha* aus der Mosel (M) und einem Kiesweiher am Rhein (O) (in mg/kg TS) (nach Merl & Müller 1983).

Alter (Jahre)	Cd		Pb		Zn	
	M	O	M	O	M	O
3	0,15	<0,04	20,2	0,43	235	<25
4	0,15	<0,04	18,4	<0,003	211	<25
5	0,09	<0,04	8,2	<0,003	146	<25
6	0,11		15,7		185	
7		<0,04		0,40		<25

Ein Vergleich dieser Werte mit den Ergebnissen der Perlmuscheln macht deutlich, daß das essentielle Spurenelement Zink in beiden Altersstufen nur gering enthalten ist. Auch der Bleigehalt ist sehr gering, was darauf hinweist, daß das Fließgewässer weder umfangreiche industrielle Bleiimmissionen erhält noch in stärkerem Maße durch Regenabläufe von stark befahrenen Straßen belastet ist. Weder der Kobalt-, noch der Kupfer- oder der Wismut-Gehalt indiziert eine Gewässerbelastung im toxischen Bereich durch diese Metalle, wobei aber zumindest Kobalt und Kupfer von der Muschel nicht primär in der Schale eingelagert und angereichert werden (vgl. auch PROSI 1983). Muscheln reichern Mangan bis zum zehntausendfachen des Gehalts der Umgebung an (SCHIELE 1984), ohne daß akut oder chronisch toxische Auswirkungen bekannt sind. Ähnlich scheint sich Nickel zu verhalten. Der Quecksilbergehalt liegt wesentlich niedriger als bei Meeresmuscheln stark belasteter Standorte (PROSI 1983), jedoch etwa in derselben Größenordnung wie bei Wandermuscheln der Elbemündung (KARBE et al. 1975). Während Cadmium in der älteren Muschel nicht nachweisbar war, lag der Cadmiumgehalt der jüngeren Muschel sogar höher als der in Schalen der Wandermuschel aus der Mosel festgestellte Maximalgehalt (0,21 mg/kg TS) (MERL 1982). Muscheln der Cd-kontaminierten Elbmündung wiesen Gehalte um 0,3 mg/kg auf (HAPKE 1984), die Schale einer englischen Teichmuschel (*Anodonta* spec.) enthielt 0,43 mg/kg Cadmium (SEGAR et al. 1971). Grundsätzlich scheinen die Konzentrationen der meisten Metalle in den Schalen wesentlich geringer zu sein als in manchen Teilen des Weichkörpers (SEGAR et al. 1971), wobei aber KARBE et al. (1987) bei der Dreikantmuschel den hohen Anreicherungsgrad von Cadmium in der Schale und hier speziell im Periostrakum belegen.

5. Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Schalen-Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Elemente Wismut, Zink und Quecksilber scheinen wegen der relativ geringen Gehalte keine Rolle bezüglich möglicher toxischer Einflüsse auf die Perlmuschelpopulationen zu spielen. Auch die hohen Mangangehalte belegen zunächst nur das taxon-spezifische Akkumulationsverhalten.
2. Während die absoluten Gehalte der übrigen analysierten Metalle auch in der jüngeren Muschel keinen eindeutigen Hinweis auf toxische Konzentrationen ergeben, deutet der hohe Cadmiumgehalt der jungen Muschel auf eine mögliche akute und chronische Gefährdung hin.
3. Die deutlich höheren Konzentrationen der Metalle Zink, Kobalt, Cadmium, Blei, Nickel und Kupfer in der jüngeren Muschel belegen, daß die Belastung des Fließgewässers auch mit toxischen Inhaltsstoffen innerhalb des letzten Jahrzehnts deutlich zugenommen hat.

6. Schlußfolgerungen und Ausblick

Auch wenn weitere Analysen anhand von umfangreicherem Material obige Aussagen bestätigen sollten, so wäre damit noch nicht der Nachweis erbracht, daß einige dieser Metalle als Einzelstoffe oder in ihrer synergistischen Wirkung toxisch auf die Flußperlmuscheln wirken und schon gar nicht, daß die Verjüngung durch die hohen Metallgehalte unterbunden wird. Es liegen aber zumindest Hinweise darauf vor, daß die jüngsten Larvalstadien z. B. von Austern deutlich stärker durch höhere Konzentrationen einiger Metalle gefährdet sind als ältere Larven oder auch die adulten Tiere (vgl. WATLING 1982). Hinweise auf chromhaltige Einleiter im Oberlauf dieses Perlmuschelgewässers sollten bei zukünftigen Untersuchungen durch entsprechende Rückstandsanalysen berücksichtigt werden.

Allein die bisher vorliegenden Ergebnisse scheinen mir jedoch genug Hinweis dafür zu sein, daß bezüglich möglicher Schädigungen der Flußperlmuschelpopulation durch toxische Wirkungen der Metalle weiter und intensiver nachgeforscht werden muß.

Literatur

BIAS, W.-R. & KARBE, L. (1985): Bioaccumulation and partitioning of Cadmium within the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* PALLAS. – Intenat. Revue ges. Hydrobiol. **70** (1), 113–125.

HAPKE, H.-J. (1984): Metallbelastungen von Futter- und Lebensmitteln, Akkumulationen in der Nahrungskette. – In: MERIAN, E. (Hrsg.), Metalle in der Umwelt. S. 35–44. – Weinheim (Verlag Chemie).

JUNGBLUTH, J. H. (1988): Zur Situation der Flußperlmuschel *Margaritifera margaritifera* (L.) in der ehemaligen Preußischen Rheinprovinz (Mollusca: Bivalvia: Margaritiferidae). – Decheniana (Bonn) **141**, 209–229.

JUNGBLUTH, J. H. et al. (1985): Flußperlmuschel-Erfassung in den Mittelgebirgen: Rheinland-Pfalz. – Unveröff. Gutachten (Mainz & Neckarsteinach).

KARBE, L., ANTONACOPOULOS, N. & SCHNIER, C. (1975): The influence of water quality on accumulation of heavy metals in aquatic organisms. – Verh. Internat. Verein. Limnol. (Stuttgart) **19**, 2094–2101.

KARBE, L., BIAS, R. & BORCHARDT, T. (1987): Aufnahmekinetik und Anreicherung von Blei und Cadmium in Muscheln und Fischen. – In: LILLELUND, K. et al. (Hrsg.), Bioakkumulation in Nahrungsketten, DFG Forschungsbericht, S. 219–225. – Weinheim (VCH Verlagsgesellschaft mbH).

KENNEDY, W. J., TAYLER, J. D. & HALL, A. (1969): Environmental and biological controls on Bivalve shell mineralogy. – Biol. Rev. **44**, 499–530.

MERL, G. (1982): Rückstandsanalytische Untersuchungen an mitteleuropäischen Populationen von *Dreissena polymorpha* PALLAS, 1771. – Unveröff. Diplomarbeit, Institut für Biogeographie der Universität, Saarbrücken, 207 S.

– & P. MÜLLER (1983): Schwermetalle und chlorierte Kohlenwasserstoffe in *Dreissena polymorpha*-Populationen Mitteleuropas. – Forum Städte-Hygiene **34**, 178–180.

PROSI, F. (1983): Heavy Metals in Aquatic Organisms. – In: FÖRSTNER, U. & WITTMANN, G. T. W. (Hrsg.), Metal Pollution in the Aquatic Environment. – 2nd printing, 2nd revised ed., S. 271–323, 374–397. – Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verlag).

SCHIELE, R. (1984): Mangan. – In: MERIAN, E. (Hrsg.): Metalle in der Umwelt. S. 471–477. – Weinheim (Verlag Chemie).

SEGAR, D. A., COLLINS, J. D. & RILEY, J. P. (1971): The distribution of the major and some minor elements in marine animals. Part II. Molluscs. – J. mar. biol. Ass. U. K. **51**, 131–136.

WATLING, H. R. (1982): Comparative study of the effects of zinc, cadmium, and copper on the larval growth of three oyster species. – Bull. Env. Cont. Tox. **28**, 195–201.

ZADORY, L. (1984): Untersuchungen zu Beziehungen zwischen Allelpolymorphismen und Schwermetallgehalten bei aquatischen Invertebraten. 268 S. – München (Profil Verlag).

Anschrift des Verfassers: Privatdozent Dr. Peter Nagel, Institut für Biogeographie, Zentrum für Umweltforschung, Universität des Saarlandes, D-6600 Saarbrücken.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Decheniana

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: 143

Autor(en)/Author(s): Nagel Peter

Artikel/Article: Toxische Metalle als mögliche Ursachen für die Bestandsgefährdung einer Flußperlmuschelpopulation (Margaritifera margaritifera) 421-425