

Bedeutung der Expositionswege auf Bioakkumulation und Wirkung in *C. elegans*

Wolfgang Ahlf · Anett Matthäi · Kirsten Offermann

Eingegangen: 11. März 2009/Akzeptiert: 29. April 2009/Online veröffentlicht: 15. Mai 2009
© Springer-Verlag 2009

Zusammenfassung Die unterschiedlichen Aufnahmewege von Schadstoffen wurden differenziert, wobei besonders die Bedeutung der partikelgebundenen Stoffe untersucht wurde. Die biologische Verfügbarkeit von Cadmium wurde mithilfe der quantitativen mRNA-Analyse über die Expression des „cadmium responsive gene“ *cdr*- in *Caenorhabditis elegans* bestimmt. Vergleichbare Versuche wurden mit Fluoranthen als organischen Schadstoff durchgeführt. Das Gen *cyp-35C1* in *C. elegans* diente dabei als ein empfindlicher Anzeiger des Entgiftungssystems für PAK. Im Vergleich der Exposition über das Medium, mit und ohne Bakterien als Nahrung, wurde gezeigt, dass der entscheidende Expositionsweg für Bioakkumulation und Wirkung über Nahrungspartikel erfolgte. Partikel mit unterschiedlichen funktionellen Gruppen erhöhten ebenfalls die Cadmiumanreicherung im Nematoden, doch weitaus geringer als durch Bakterien oder einer Kombination aus beiden Partikelarten. Die Genexpression als Reaktion auf die Fluoranthenexposition zeigte nach Überschreiten eines Schwellenwertes, dass die Reproduktionsleistung der Nematoden reduziert wurde. Die Bioverfügbarkeit von Fluoranthen über Nahrungspartikel führte schneller zur *cyp*-Genexpression. Die interne Verfügbarkeit hängt somit entscheidend vom Aufnahmeweg ab.

Schlüsselwörter *C. elegans* · Bioverfügbarkeit · Cd · Fluoranthen · Nahrungspartikel

Importance of uptake routes on bioaccumulation and effects in *C. elegans*

Abstract Different uptake routes of contaminants were analysed with focus on particle-bound pollutants. Bioavailability of cadmium was determined with quantitative mRNA-analysis using the expression of the “cadmium responsive gene” *cdr*- in *Caenorhabditis elegans*. Comparable experiments were performed with fluoranthene as organic pollutant. The exposure in medium was compared with and without bacteria as food particles. Both bioaccumulation and toxic effects were most influenced via the food exposure. Inorganic particles increased also the uptake of cadmium, but significantly less than food or mixtures of food and inorganic particles. The exposure of fluoranthene reduced the reproduction of the nematodes, if a gene expression threshold was exceeded. However, bioavailability of fluoranthene via food particles caused a faster response of the *cyp*-expression. Thus means, the internal availability is crucial influenced by the uptake route.

Keywords *C. elegans* · Bioavailability · Cd · Fluoranthene · Food particles

1 Einleitung

Der benthisch lebende Nematode *Caenorhabditis elegans* kann Schadstoffe sowohl durch die freie Wasserphase, das Porenwasser, aber auch durch die Ingestion kontaminierter Partikel oder Nahrung aufnehmen. Obwohl der Aufnahmeweg von Schadstoffen über die Nahrung allgemein akzeptiert ist, wird er häufig bei einer Risikobewertung nicht als relevant berücksichtigt (z.B. MERAG 2007). Dabei wird das Konzept des biologischen Liganden-Modells (BLM)

Verantwortliche Herausgeber: Jan Schwarzbauer · Peter Heininger · Evelyn Claus

W. Ahlf (✉) · A. Matthäi · K. Offermann
Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, TUHH,
Eißenfelder Straße 40, 21073 Hamburg, Deutschland
E-Mail: ahlf@tu-harburg.de

verwendet, wonach zusätzliche Liganden als Konkurrenten in einer Lösung agieren und somit die biologische Verfügbarkeit herabgesetzt wird (DiToro et al. 2005). Dieser Ansatz sollte sowohl für ein Schwermetall als auch für einen lipophilen Schadstoff geprüft werden.

2 Material und Methoden

In den Versuchsansätzen wurden entweder Cadmium oder Fluoranthen in wässrigem Medium eingesetzt. In einem zweiten Ansatz wurden dann Partikel als zusätzliche Liganden zugegeben. Die Reaktion der Nematoden wurde mit Biomarkern der Genexpression quantitativ als mRNA-Bildung gemessen (näheres siehe Offermann et al. 2009; Matthäi 2009).

3 Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt die Reaktion auf unterschiedliche Cadmiumexposition. Die biologische Verfügbarkeit wurde mithilfe der quantitativen mRNA-Analyse der Expression des „cadmium responsive gene“ *cdr-1* in *Caenorhabditis elegans* bestimmt. Im Vergleich von Medium mit und ohne Bakterien als Nahrung ist zu sehen, dass der entscheidende Expositionsweg für Bioverfügbarkeit und Wirkung über Nahrungspartikel erfolgte. Die Genexpression wurde etwa um den Faktor 100 durch Bakterien im Vergleich zur Exposition allein über die Wasserphase erhöht. Partikel mit unterschiedlichen funktionellen Gruppen erhöhten ebenfalls die

Abb. 1 Relative *cdr-1*-Genexpression nach Zugabe von Bakterien als Nahrungspartikel sowie Latexkugeln mit einer Belegung durch Carboxylgruppen sowie einer 1:1 Mischung (vgl. Offermann et al. 2009)

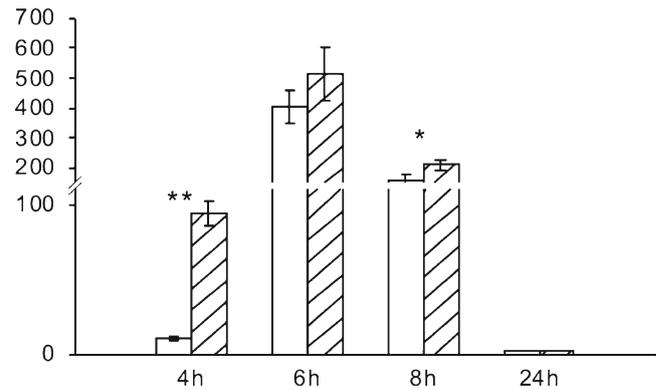
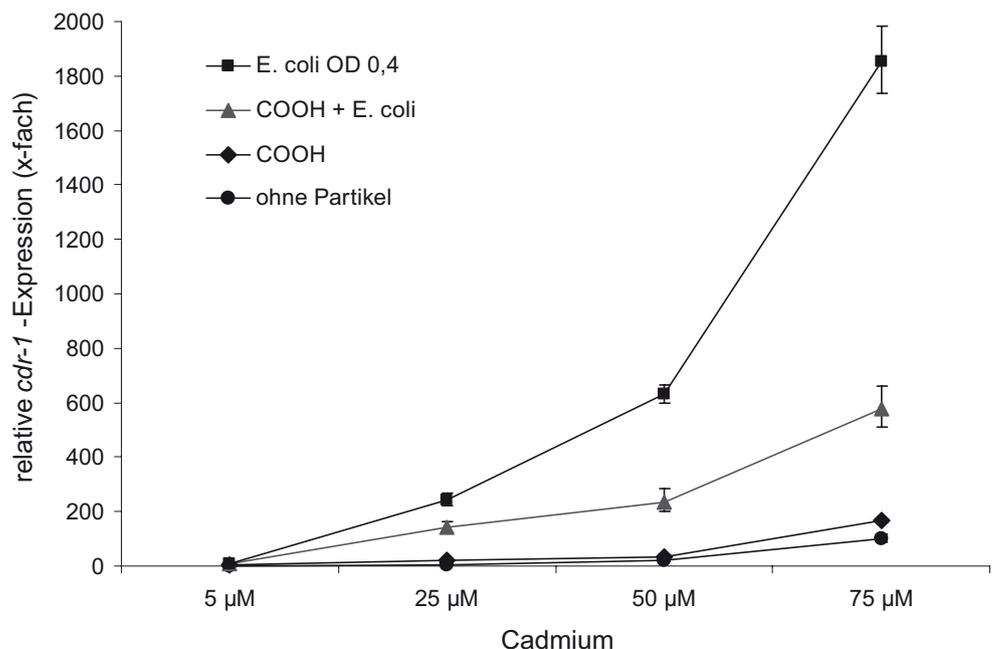


Abb. 2 Relative Expression von *C. elegans* *cyp-35C1*, induziert durch Inkubation in 0,9 mg/L Fluoranthen für 4–24 Stunden mit Bakterien (*E. coli*) (gestreifte Säulen) und ohne Bakterien (weiße Säulen)

Cadmiumverfügbarkeit im Nematoden, doch weitaus geringer als durch Bakterien oder einer Kombination aus beiden Partikelarten (Offermann et al. 2009).

Ähnliche Versuche wurden mit Fluoranthen (Flu) als organischen Schadstoff durchgeführt. Das Gen *cyp-35C1* in *C. elegans* wurde als ein empfindlicher Anzeiger des Entgiftungssystems für PAK ausgewählt. Die Expression des Gens war konzentrationsabhängig zur Flu-Konzentration im wässrigen Medium bei einer Expositionsdauer von 6 h. Diese Expositionszeit erzeugte keine irreversiblen Effekte, gemessen als Wachstum und Reproduktionsleistung (Matthäi 2009).

Bei einer Konzentration von 0,9 mg/L Flu wurden zeit- und expositionsabhängige Effekte gemessen. Die Induktion

des Gens hatte ein Maximum nach 6 h bei einer Exposition über das Flüssigmedium, in Anwesenheit von *E. coli* als Nahrungspartikel war das Induktionsmaximum bereits nach 4 h erreicht (Abb. 2). Die Exposition über Bakterien verstärkte nicht nur die cyp-35C1-Expression, sondern auch die negativen Effekte auf die Reproduktion. Die Flu-Anreicherung dagegen wurde bei dieser Expositionsart verringert. Die interne Verfügbarkeit ist somit wichtiger für die Erzeugung irreversibler Wirkungen als die Gesamtbelastung, was auf einen spezifischen Wirkmechanismus hinweist.

4 Ausblick

Durch die vorgelegten Untersuchungen wurde gezeigt, dass für benthische Organismen, die sich von Bakterien ernähren, eine Schadstoffexposition über Nahrungspartikel entscheidend für toxische Wirkungen sein kann. Eine Risikoanalyse und eine Entwicklung von Qualitätskriterien

für Sedimente und Biota muss daher die Exposition über Partikel allgemein und speziell über Nahrungspartikel berücksichtigen.

Literatur

- Di Toro DM, McGrath JA, Hansen DJ, Berry WJ, Paquin PR, Mathew R et al. (2005) Predicting sediment metal toxicity using a sediment biotic ligand model, Methodology and initial application. *Environ Toxicol Chem* 24:2410–2427
- Matthäi A (2009) Zur Bedeutung der Schadstoffexposition auf die Genexpression und Reproduktion von *Caenorhabditis elegans*. Dissertation der TUHH, Hamburg, 88 S
- MERAG (2007) Incorporation of Bioavailability for Water, Soils and Sediments. Metals Risk Assessment Guidance (MERAG) Fact Sheet 05. ICMM, London, 23 pp, <http://www.euras.be/assets/files/MERAG/MERAG%20FS%2005%20Jan%2007.pdf>, 12.05.2009
- Offermann K, Matthäi A, Ahlf W (2009) Assessing the importance of dietborne cadmium and particle characteristics on bioavailability and bioaccumulation in the nematode *Caenorhabditis elegans*. *Environ Toxicol Chem*. DOI 10.1897/08-272.1