

TEXTE 26/2003

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 299 24 275
UBA-FB 000418

Ökotoxikologische Sedimentkartierung der großen Flüsse Deutschlands

Dipl.-Biol. Martina Duft
Dipl.-Biol. Michaela Tillmann

Internationales Hochschulinstitut Zittau

Prof. Dr. Jörg Oehlmann

Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt am Main

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des vorgestellten Forschungsprojekts wurde erstmals eine bundesweite ökotoxikologische Sedimentkartierung großer Fließgewässer durchgeführt. Dazu wurden insgesamt etwa 200 Sedimentproben aus 12 großen Flüssen Deutschlands (Donau, Elbe, Ems, Main, Mosel, Neckar, Neiße, Oder, Rhein, Ruhr, Saar und Weser) auf ausgewählte abiotische Parameter (Schwermetalle, PAK, organischer Kohlenstoffgehalt, Korngröße) analysiert sowie mit zwei biologischen Testverfahren mit benthischen Invertebraten untersucht.

Bei diesen beiden bereits weitgehend standardisierten Biotests handelt es sich um den Nematodentest mit dem Fadenwurm *Caenorhabditis elegans* und den Chironomidentest mit der Zuckmücke *Chironomus riparius*. Als Endpunkte im Nematodentest wurde das Längenwachstum, die Eibildung und Eizahl sowie die Reproduktion untersucht, im Chironomidentest wurden die Parameter Emergenz bzw. Mortalität, Entwicklungsrate, Geschlechterverhältnis und mittlerer Schlupfzeitpunkt analysiert.

Dieses umfangreiche Datenmaterial wurde anschließend statistisch ausgewertet und mit Hilfe eines iterativen Verfahrens ein fünfstufiges, statistisch abgesichertes Bewertungskonzept in Anlehnung an die ökologische Klassifizierung der EG-Wasserrahmenrichtlinie entwickelt. Zunächst wurde für jeden Biotest ein eigenständiges Klassifikationssystem aufgestellt. Für die Bewertung anhand des Nematodentests wird zunächst die Berücksichtigung zweier Hauptparameter (Hemmung des Längenwachstums und Hemmung der Eibildung) empfohlen. Falls diese kein übereinstimmendes Ergebnis zeigen, sollte die Hemmung der Eizahl als Nebenparameter hinzugezogen werden. Aufgrund starker Variabilität sowie hoher Sensitivität ist die Berücksichtigung des Parameters „Hemmung der Reproduktion“ lediglich als Zusatzinformation zu betrachten. Die Bewertung anhand des Chironomidentests erfolgt zunächst über die Mortalität. Liegt diese über 20%, wird die Mortalität als alleinige Bewertungsgrundlage herangezogen, liegt sie hingegen darunter, so erfolgt die Bewertung über die Beeinflussung der Entwicklungsrate. Das Geschlechterverhältnis sollte lediglich als Zusatzinformation betrachtet werden.

Eine durchschnittliche Bewertung der untersuchten Flüsse anhand des Nematodentests ergab, dass die Sedimente aus Main, Rhein, Ruhr und Weser am stärksten und die Sedimente aus Neiße und Oder am geringsten belastet sind. Der Chironomidentest hingegen wies die Sedimente der Elbe, Ems, Mosel und Ruhr als Belastungsschwerpunkte aus und zeigte für Main, Oder und Weser die geringsten Belastungen an. Insgesamt erwies sich die Bewertung anhand des Nematodentests als deutlich sensitiveres Verfahren.

Für die Verrechnung der Ergebnisse beider Biotests stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung: die Bildung des Mittelwertes oder die Berücksichtigung des jeweils sensitiveren Organismus, wobei die resultierende Empfehlung für das Sediment (Handlungsbedarf ja/nein) jeweils gleich bleibt. Die endgültige Bewertung der Sedimente sollte im Sinne eines vorbeugenden Umweltschutzes möglichst auf der Basis des sensitiveren Organismus erfolgen.

Die Abhängigkeit der Biotestergebnisse von abiotischen Parametern wurde über Korrelationen ermittelt. Dabei zeigte sich, dass die Hemmwerte der Parameter des Nematodentests sowie des mittlere Schlupfzeitpunkts im Chironomidentest signifikant positiv mit dem gesamten bzw. organischen Kohlenstoffgehalt korreliert sind, wohingegen die Korngröße einen negativen Zusammenhang mit den Nematodentestparametern und einen positiven Zusammenhang mit der Mortalität im Chironomidentest aufweist. Die Summenkonzentrationen der PAK scheint keinen Einfluss auf die Testergebnisse zu haben. Die Schwermetallbelastung wiederum ist mit den meisten Testparametern signifikant positiv korreliert.

Über eine Hauptkomponentenanalyse sowie Korrelationen konnte gezeigt werden, dass die Parameter der beiden Biotests unterschiedliche Informationen liefern und daher der Einsatz beider Testverfahren sinnvoll ist, um ein breiteres Abbild der Belastungen wiederzugeben. Eine Erweiterung dieses Minimalsets an Biotests um weitere Testverfahren (z.B. mit Organismen aus weiteren Trophiestufen) erscheint jedoch sinnvoll, um Effekte auf zusätzliche Organismen bei der Bewertung mit zu berücksichtigen.

Beide Biotests zeigen in der praktischen Anwendung Vor- und Nachteile. Der Nematodentest bietet den Vorteil eines geringen Platzbedarfs, kurzer Testdauer sowie flexibler Zeiteinteilung. Der Chironomidentest hingegen bietet den Vorteil einer kürzeren

Vorbereitungszeit des Tests und erfordert weniger Erfahrung bei der Testdurchführung bzw. –auswertung als dies für den Nematodentest der Fall ist.

Das Forschungsprojekt lieferte erstmalig eine flächendeckende Bestandsaufnahme des momentanen Zustands der Fließgewässersedimente Deutschlands in Hinblick auf analytisch bestimmte abiotische Parameter sowie auf die Toxizität bei zwei benthischen Invertebraten. Dieser Datensatz kann als Ausgangspunkt für weitere, auch routinemäßig durchgeführte Effektmonitoringstudien im Sedimentbereich dienen. Das entwickelte Bewertungskonzept ermöglicht eine standardisierte Bewertung der mit den Biotests gewonnenen Ergebnisse und damit einen bundesweiten Vergleich der ermittelten Effekte. Aufgrund der ermittelten Effekte können so Schadstoffquellen punktuell lokalisiert werden und Handlungsempfehlungen für die untersuchten Sedimente abgegeben werden.

SUMMARY

In the presented research project, a nation-wide, ecotoxicologically-based sediment survey was carried out for the first time. For this purpose, a total of about 200 sediment samples from 12 selected large German rivers (Danube, Elbe, Ems, Main, Mosel, Neckar, Neisse, Odra, Rhine, Ruhr, Saar and Weser) were analysed with regard to abiotic parameters (heavy metals, PAH, organic carbon content, particle size) and also by means of two biological test systems with benthic invertebrates.

These two already largely standardised biotests are the nematode test with the roundworm *Caenorhabditis elegans* and chironomid test with the non-biting midge *Chironomus riparius*. As toxicological endpoints for the nematode test, growth, fertility, egg number and reproduction were analysed, and for the chironomid test, the parameters emergence (mortality), development rate, sex ratio and mean emergence time were studied.

Subsequently, this comprehensive data set was analysed statistically. By means of an iterative method, a five-stage, statistically-derived assessment concept, which is founded on the results of the biological tests, was developed following the EU water framework directive. First, an individual classification system was set up for each biotest. For the classification based on the nematode test, it is recommended to consider two main parameters (inhibition of growth and inhibition of fertility). If the results of these two parameters are not corresponding, it is suggested also to consider the inhibition of egg number as co-parameter. Due to strong variability and high sensitivity, the parameter inhibition of reproduction should only be looked at as additional information. Classification with the chironomid test starts with consideration of the mortality. If mortality is above 20%, then this parameter is the only classification basis, if mortality is below 20%, then the parameter inhibition of development rate is added for the classification. Sex ratio should only be looked at as additional information.

An average classification of the investigated rivers with the nematode test showed that sediments from the rivers Main, Rhine, Ruhr and Weser are among the most contaminated,

and sediments from the rivers Neisse and Odra are less contaminated. However, the chironomid test assigned sediments from the rivers Elbe, Ems, Mosel and Ruhr as most contaminated and showed the lowest contaminations for the rivers Main, Odra and Weser. In general, the classification with the nematode test turned out to be the more sensitive method.

For the combination of both biotest results, two possibilities are available: to form the mean of both results, or to consider the most sensitive organism. The resulting recommendation for clean-up of the sediment (to take action or not) stays the same in either way.

The influence of abiotic parameters on the biotest results was determined by statistical correlation. It turned out that the results of the nematode test (inhibitions) and the mean emergence time of the chironomid test are significantly and positively correlated with the total and organic carbon content, whereas the particle size is negatively correlated with mortality in the chironomid test. The sum of PAH seems to have no influence on the test results. In contrast, the contamination with heavy metals is positively correlated with most test parameters.

A principal component analysis and correlations showed that the parameters of both biotests provide different information. This suggests that a combined use of both tests provides more detailed information on the contaminations. An extension of this minimal set of biotests with more test systems (e.g. using organisms from additional trophic stages) is useful in order to consider effects on other organisms as well.

Both biotests have advantages and disadvantages in their practical application. The nematode test has the advantages of requiring little space, a short test duration and a flexible time schedule. On the other hand, the chironomid test has the advantage of requiring less time for the test preparation, and it asks less experience for the test procedure than does nematode test.

This project provides for the first time a nation-wide inventory of the actual state of river sediments in Germany with regard to analytically determined abiotic parameters and to toxicity to two benthic invertebrates. This data set can be used as a starting point for further, routine effect monitoring studies of sediments. The developed assessment concept enables a standardized classification of the biotest results and thereby, a nation-wide comparison of the identified effects. Using these results it is possible to localise contamination sources and provide recommendations of action for the respective sediments.