



Die Umweltprobenbank

Umweltbeobachtung mit Proben
von Mensch und Umwelt

Zeitreisen für den Umweltschutz

In den 1970er Jahren rief die Bundesregierung eine Gruppe hochrangiger Wissenschaftler zusammen. In Deutschland entstanden damals erstmals rechtliche Regelungen, um Menschen und Umwelt vor Chemikalien zu schützen. Politik und Wissenschaft suchten nach einem Weg, um den Erfolg der neuen Gesetze zu überprüfen. So entstand die Umweltprobenbank des Bundes (UPB).

Heute können Umweltfachleute die historischen Proben der UPB als Beweismaterial nutzen, wenn kritische Chemikalien auf dem Prüfstand stehen. Wie auf einer Reise in die Vergangenheit können sie die Belastung von Proben längst zurückliegender Jahre auswerten. Die Ergebnisse zeigen ihnen, ob die Chemikalienbelastung in den UPB-Proben mit der Zeit zu- oder abnimmt. Die Ergebnisse können dann die Verwendung einer Chemikalie in Frage stellen und die Politik zum Handeln auffordern – oder Entwarnung geben.

Wie sieht das in der Praxis aus? Unter der Leitung des Umweltbundesamtes (UBA) sammeln Umweltfachleute systematisch Jahr für Jahr Proben von Mensch und Umwelt. Alle Proben lagern anschließend bei extrem tiefen Temperaturen ohne sich zu verändern. Sie können dann jederzeit als historische Belege für chemische Analysen herangezogen werden.

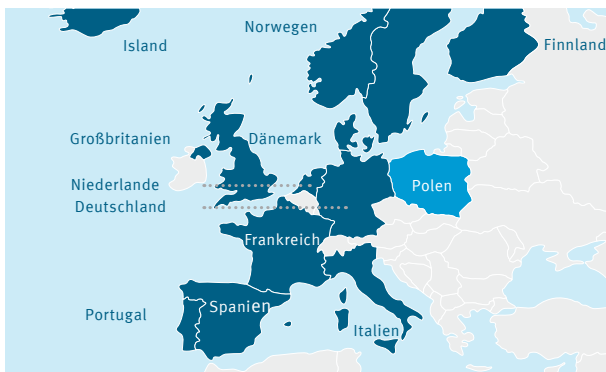
Für viele Problemchemikalien gibt es bereits einzigartige Zeitreihen aus der Umweltprobenbank. Auch für die Zukunft ist die UPB gut gerüstet: In den Archiven lagern eine halbe Million Proben für kommende Untersuchungen ...

Inhalt



01 / 2–15 Auf dem richtigen Weg – Die Umweltprobenbank

- › Welche Proben lagern in der Umweltprobenbank?
- › Wann kam es zur Gründung der Umweltprobenbank?
- › Wie ist die Probenbank organisiert?
- › Welche Proben gibt es und wo kommen sie her?
- › Was passiert bei der Probenaufbereitung?
- › Wo stehen die Archive?
- › Lebenszyklus von Umweltproben
- › Wer untersucht die Proben?
- › Wo finde ich mehr Informationen?



03 / 46–51 Umweltprobenbanken weltweit

- › Die älteste Umweltprobenbank steht in Europa
- › Internationale Netzwerke

02 / 16–45 Der Platz der Umweltprobenbank im Chemikalienmanagement

- › Mikroverunreinigungen: Arzneimittel, Körperpflege- und Reinigungsprodukte in der Umwelt
- › Malachitgrün in Brassenproben
- › Polyzyklische Moschusverbindungen – Künstliche Duftstoffe zeigen Bewegung auf dem Markt
- › Das Biozid Triclosan und das Transformationsprodukt Methyltriclosan
- › Alkylphenole und Alkylphenolethoxylate: Unternehmen gehen mit gutem Beispiel voran
- › Weichmacher und Polykarbonate in menschlichen Proben
- › Bisphenol A in Humanproben der Umweltprobenbank
- › Lebenszyklus von Humanproben
- › Perfluorierte Stoffe in Umweltproben
- › Flammschutzmittel – ein heißes Thema
- › Organozinnverbindungen – sinkende Konzentrationen aber noch keine Entwarnung



04 / 52–57 Die Proben der Umweltprobenbank



Seite 62 Literatur

Seite 64 Abkürzungsverzeichnis

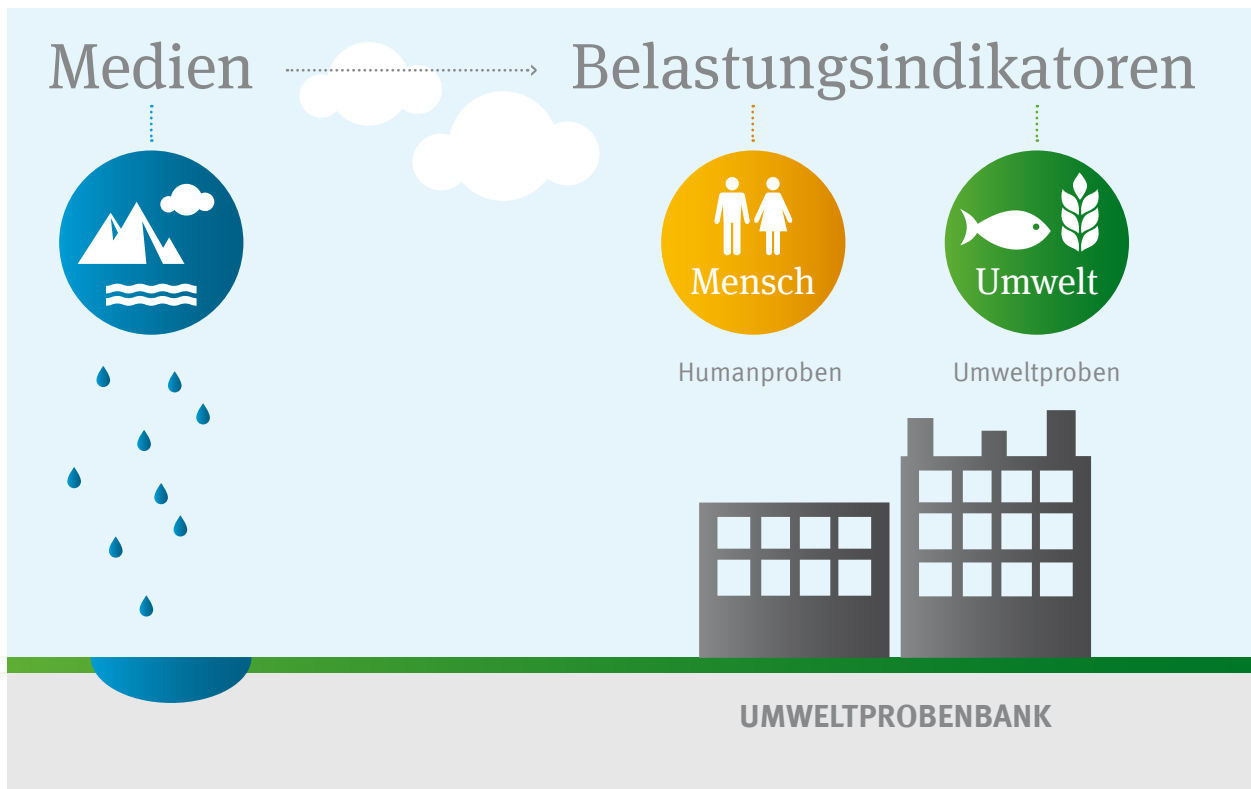


Wie arbeitet die Umweltprobenbank?

Die Umweltprobenbank des Bundes (UPB) ist ein Archiv. Proben des Menschen und der Umwelt lagern dort bei sehr tiefen Temperaturen. Mit den regelmäßig gesammelten Proben können wir den Zustand unserer Umwelt dokumentieren und beobachten, wie sich die Belastung durch natürliche und anthropogene (Schad)Stoffe mit der Zeit verändert. Die Proben der UPB werden so gewonnen, transportiert, aufgearbeitet und gelagert, dass ihre biologische und chemische Information auch über lange Zeiträume konstant bleibt. Auf diese Weise machen es Umweltprobenbanken möglich, dass wir aktuelle Proben mit Archivmaterial vergleichen können, das vor Jahrzehnten gesammelt und eingelagert wurde. >



Mensch und Umwelt in der Umweltprobenbank



Welche Proben lagern in der Umweltprobenbank?

Die Proben aus dem Umweltbereich stammen aus typischen Ökosystemen in ganz Deutschland, beispielsweise von der deutschen Küste, städtischen Siedlungsgebieten und Bergregionen. Sie repräsentieren verschiedene Ebenen des Nahrungsnetzes. Für die Meeresumwelt werden zum Beispiel Algen, Muscheln, Fische und Vogeleier gesammelt. Auch Proben des Menschen werden archiviert, das sind derzeit Vollblut, Blutplasma und Urin von jungen Erwachsenen.

Die Proben werden routinemäßig auf eine breite Auswahl von chemischen Stoffen untersucht, beispielsweise Schwermetalle und Pestizide, bevor sie tief gefroren und eingelagert werden. Die Lagerung bei Tiefsttemperaturen ist entscheidend dafür, dass die Proben unverändert bleiben und viele Jahre später für so genannte retrospektive Analysen entnommen werden können. Um ausreichend Material für künftige Untersuchungen zu haben, sammelt die Umweltprobenbank große Probenmengen. Dazu wird das auf einer Probenahmefläche gesammelte Material einer Probenart gemischt und dann in 200 Teilproben aufgeteilt. Dazu kommen jährlich 10.000 Einzelproben vom Menschen.



UPB-Proben lagern bei sehr tiefen Temperaturen



Rachel Carson warnte früh vor Chemikalien in der Umwelt

Standards für den Gesundheits- und Umweltschutz

Um sicherzustellen, dass die Proben nicht von Fremdeinflüssen betroffen sind, liegt ein großes Augenmerk der Umweltprobenbank auf der Standardisierung und der Nachvollziehbarkeit aller Arbeitsschritte. Der gesamte Arbeitsprozess ist durch Standardarbeitsanweisungen (SOPs) gesteuert, die für das Sammeln, die biometrische Beschreibung, den Transport, die Lagerung und die chemische Analyse entwickelt wurden und zwar für beide Bereiche: Proben des Menschen und der Umwelt.

Der Nutzen der chemischen und biologischen Untersuchungen ist vielfältig: Zunächst werden die UPB-Daten der chemischen Analyse bewertet. Für die Politikberatung ist es entscheidend zu erfahren, ob gefährliche Stoffe vermehrt und in überhöhten Konzentrationen in der Umwelt auftreten, so dass Risikominderungsmaßnahmen für die Verwendung von einzelnen Chemikalien notwendig sein können. Alle Ergebnisse werden in Fachzeitschriften veröffentlicht, um die wissenschaftliche Gemeinschaft über die UPB-Arbeit zu informieren. Außerdem werden die Daten zusammen mit einem kurzen Bewertungsbericht auch auf der UPB-Internetseite www.umweltprobenbank.de eingestellt. Dort stehen auch detaillierte Informationen zu den Probenahmeflächen, den Probenarten und den SOPs.

Wann kam es zur Gründung der Umweltprobenbank?

Bereits in den frühen 1970er Jahren schlugen Fachleute verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen vor, in Deutschland eine Umweltprobenbank zu gründen. 1976 vereinbarten Deutschland und die USA eine enge Zu-

Textbox 1

Bedeutung

Eine besondere Bedeutung haben die Umweltprobenbanken durch die Lagerung von Proben, die jederzeit als ökotoxikologische und toxikologische Beweismittel in der Chemikalienbewertung genutzt werden können. Diese Proben ermöglichen die retrospektive Untersuchung von Stoffen, die zum Zeitpunkt der Probenahme noch unbekannt waren, nicht analytisch bestimmt werden konnten oder für ungefährlich gehalten wurden.

Textbox 2

Aufgabe

Die Umweltprobenbank des Bundes ist ein wichtiges Instrument der Umweltpolitik. Sie schafft Belege für den Zustand der Umwelt und die Belastung der Bevölkerung in Deutschland. Die Umweltprobenbank macht es möglich, mit Proben aus der Vergangenheit die Wirksamkeit umweltpolitischer Maßnahmen zu prüfen und bislang nicht vorhersehbare Fragen der Zukunft aufzuklären.

Textbox 3

Merkmale

Ökologisch repräsentative Umweltproben und Humanproben werden gesammelt, biometrisch bzw. anamnestisch charakterisiert, auf eine Auswahl relevanter Chemikalien untersucht und eingelagert.

Die Langzeitlagerung der Proben wird unter Bedingungen durchgeführt, die eine biologische und chemische Veränderung über viele Jahrzehnte hinweg nahezu ausschließt.

Das Archiv hält einen Vorrat an Proben für retrospektive Untersuchungen aktueller Gesundheits- und Umweltprobleme bereit sowie für bislang nicht vorhersehbare Fragen, die sich in den kommenden Jahrzehnten ergeben können.

sammenarbeit auf diesem Feld und begannen in beiden Ländern mit Vorstudien. Wenige Jahre später förderte die Bundesregierung eine Untersuchung, die feststellen sollte, wie eine nationale Umweltprobenbank aussehen könnte. Mitte der 1980er Jahre wurde dann beschlossen, eine deutsche Umweltprobenbank als Dauereinrichtung zu gründen. 1994 war es dann so weit: Die deutsche Umweltprobenbank nahm ihren Routinebetrieb auf. Die ältesten Proben des Archivs reichen jedoch bis 1981 zurück, dem Jahr der ersten Probenahme.

Wie ist die Umweltprobenbank organisiert?

Seit 1985 ist die Umweltprobenbank ein Bundesinstrument. Ihr Auftrag ist eng mit den hoheitlichen Pflichten der Bundesregierung und ihren behördlichen Einrichtungen verknüpft. In den Archiven befinden sich fast eine halbe Million Proben, sie wachsen jedes Jahr um etwa 10.000 menschliche Proben sowie um 15.000 Teilproben aus der Umwelt. Das UBA steuert die Umweltprobenbank administrativ und wissenschaftlich, die Leitung hat das Bundesumweltministerium.

Die praktische Arbeit, also das Sammeln, die Aufbereitung, die Archivierung und die biologische und chemische Charakterisierung ist an Fachleute wissenschaftlicher Institutionen aus Deutschland vergeben. Das sind Universitäten in Berlin, Erlangen-Nürnberg und Trier, zwei Fraunhofer-Institute im Sauerland und im Saarland sowie ein Auftragslabor in Hamburg.

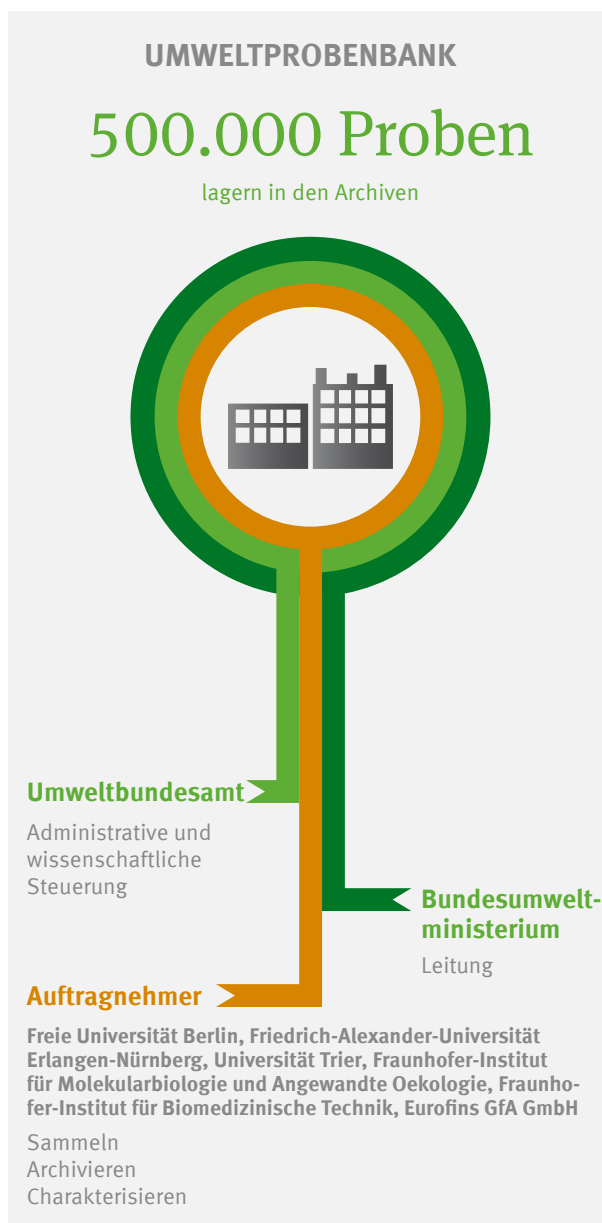
Textbox 4

Die deutsche Einigung: auch bei der Umweltprobenbank

Ende der 1980er Jahre war das Konzept der Umweltprobenbank ausgearbeitet. Fachleute hatten für die Probenahme eine Reihe von Gebieten in typisch westdeutschen Ökosystemen ausgewählt. Das war die Basis für eine systematische Beobachtung der Chemikalienbelastung der damaligen Bundesrepublik Deutschland. Dann fiel die Mauer zwischen den beiden deutschen Staaten. Das vereinigte Deutschland war jetzt viel größer und das Monitoringnetz der Umweltprobenbank zu klein. Die Politik reagierte schnell: Fachleute der Umweltprobenbank wurden beauftragt, eine Bestandsaufnahme der Chemikalienbelastung in der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik (DDR) zu erstellen. Umweltwissenschaftlerinnen und Umweltwissenschaftler aus beiden Teilen Deutschlands einigten sich im Ökologiebereich dann auf eine gesamtdeutsche Umweltprobenbank mit neuen Probenahmegebieten im Harz, der Dübener Heide, der Elbe und Ostsee. Schon im Herbst 1990 kam es zu den ersten Probenahmen. Die Proben sind eine einzigartige Dokumentation der Geschichte der Chemikalienbelastung in Deutschland.

Infografik 2

Arbeitsteilung in der Umweltprobenbank



„Minamata“, Umweltdokumentation von Eugene Smith

Welche Proben gibt es und wo kommen sie her?

Das Konzept der Umweltprobenbank setzt im Umweltbereich auf einen ökosystemaren Ansatz. Hier werden die wesentlichen Zusammenhänge ausgewählter Ökosysteme nachgebildet: Eine relativ kleine Anzahl von Probenarten wird in bestimmten geografischen Gebieten gesammelt, die als typische Ökosysteme in Deutschland gelten: Meeresgebiete, Flüsse, landwirtschaftliche Flächen, bewirtschaftete und weniger genutzte Wälder sowie urbane Siedlungsgebiete.

Die 15 Probenarten werden in 14 Probenahmegebieten gesammelt, die über ganz Deutschland verteilt sind. Die Proben von Vögeln, Pflanzen, Fischen, Muscheln, Rehen und Regenwürmern sammeln die Fachleute der Umweltprobenbank in jedem Jahr. Bodenproben werden nur alle vier Jahre genommen. Schwebstoffe sowie Meeresalgen und Miesmuscheln werden mehrmals im Jahr beprobt. In der Regel wird nicht ein ganzer Pflanzen- oder Tierkörper aufbereitet und archiviert, sondern einzelne Teile, beispielsweise die Filets von Fischen, die Eier von Vögeln und die Lebern von Rehen.

Die Probenahmegebiete sind so ausgewählt, dass sie den Zustand der Umwelt in Deutschland möglichst genau abbilden. Sie sollen zugleich die unterschiedlichen Einflüsse des Menschen auf die Umwelt veranschaulichen können. Das ist der Grund, warum die Umweltprobenbank ihre Proben sowohl in der Nähe von Städten als auch in

Nationalparks sammeln lässt, oder an unterschiedlichen Stellen der großen Flüsse Elbe, Rhein und Donau. Andere Überwachungsprogramme, beispielsweise die Messungen der Bundesländer, beproben häufig nur sehr wenige Arten, dafür aber an sehr vielen Probenahmestellen. Für die Umweltprobenbank wurde ein anderer Ansatz gewählt: Die Zahl der Probenahmeflächen ist eher klein. Dafür werden aber regelmäßig nicht nur eine, sondern mehrere Arten untersucht. So ist es möglich, an jeder Probenahmefläche die stofflichen Beziehungen zwischen der Chemikalienbelastung verschiedener Probenarten zu verfolgen.

Die Probenahmeorte für die Humanproben zu finden, war weniger aufwändig: In der modernen Gesellschaft sind soziale und berufliche Veränderungen, Mobilität und personalisierte Ernährungsgewohnheiten zur Regel geworden. Die individuelle Schadstoffbelastung ist somit weitgehend unabhängig von der Belastung durch einen spezifischen Standort. Es wurde daher beschlossen, Humanproben von Studierenden aus vier ausgewählten Universitätsstädten zu archivieren, um die Entwicklung der Belastung nicht spezifisch exponierter junger Erwachsener beobachten zu können. Jedes Jahr werden etwa 480 Personen im Alter von 20–29 Jahren beprobt: jeweils 120 Probanden aus Münster, Greifswald, Halle/Saale und Ulm.

Infografik 3

Wie sieht der ökosystemare Ansatz aus?



Probenahmegebiete in Deutschland



Legende



Marines Ökosystem



Fließgewässer-
Ökosystem



Standorte für
Humanprobenahmen



Forst-Ökosystem



Agrar-Ökosystem



Naturnahes terres-
trisches Ökosystem



Ballungsraumnahes
Ökosystem

Textbox 5

Die Grundsätze für die Auswahl der Umweltprobenarten

- › Die Arten sollen eine weite Verbreitung haben, die einen Vergleich zwischen verschiedenen Probenahmegebieten ermöglicht, beispielsweise zwischen Nord- und Ostsee, zwischen den Flüssen Elbe, Saar, Rhein und Donau oder zwischen verschiedenen terrestrischen Ökosystemen.
- › Die Arten sollen so zahlreich vorkommen, dass jedes Jahr und an jeder Probenahme fläche zwei Kilogramm Probenmaterial gesammelt werden können.
- › Die Arten sollen gute Indikatoren für die jeweiligen Ökosysteme sein. Mit anderen Worten: Sie sollten typisch für das jeweilige Ökosystem und die Ebenen seines Nahrungsnetzes sein.
- › Die Arten sollen standorttreu sein, um sicher zu stellen, dass sie die Umweltbelastung der Organismen in dem Probenahmegebiet wiedergeben.
- › Die Arten sollen nicht zu empfindlich auf Schadstoffbelastungen reagieren, so dass sie nicht nur in sauberen Regionen, sondern auch in durchaus belasteten Probenahmegebieten leben können, beispielsweise in Siedlungsgebieten.
- › Die Arten sollten zweifelsfrei bestimmbar sein.

Textbox 6

Regenwurm

Die Umweltprobenbank archiviert bestimmte Teile einer Probenart und nicht ganze Organismen. Der Regenwurm ist die Ausnahme von der Regel, da ganze Würmer für die Lagerung aufbereitet werden. Besondere Regeln gelten auch für Fische: Von der Aalmutter werden Filet- und Leberproben gesammelt, bei dem Brassen sind es Filet-, Leber- und Blutproben.

Infografik 5

Ökosystemtypen



Marin

Blasentang, Miesmuschel, Aalmutter, Silbermöwe



Fließgewässer

Brassen, Dreikantmuschel, Schwebstoff



Forst

Regenwurm, Boden, Fichte, Reh, Buche



Agrar

Brassen, Dreikantmuschel, Reh, Fichte, Buche, Regenwurm, Buche, Stadttaube



Naturnah terrestrisch

Boden, Fichte, Buche, Reh



Ballungsraumnah

Brassen, Dreikantmuschel, Schwebstoff, Regenwurm, Boden, Fichte, Kiefer, Reh, Pappel, Stadttaube



Der Regenwurm wird sowohl in den agrarischen als auch den ballungsraumnahen und forstlichen Ökosystemen gesammelt.

Tabelle 1

Die Probenarten

Probenart	Wissenschaftlicher Name	Trophiestufe	Probenmaterial	Probenahmeintervall	Kompartiment	Ökosystemtyp
Blasentang	<i>Fucus vesiculosus</i>	Produzent	Thallus	2 oder 6 pro Jahr	marin	M
Miesmuschel	<i>Mytilus edulis</i>	Konsument	Weichkörper	2 oder 6 pro Jahr	marin	M
Aalmutter	<i>Zoarces viviparus</i>	Konsument	Filet, Leber	jährlich	marin	M
Silbermöwe	<i>Larus argentatus</i>	Konsument	Eiinhalt	jährlich	marin	M
Brassen	<i>Abramis brama</i>	Konsument	Filet, Leber, Blut	jährlich	limnisch	A B FG
Dreikant- muschel	<i>Dreissena polymorpha</i>	Konsument	Weichkörper	jährlich	limnisch	A B FG
Schwebstoff	-	Medium	< 2 mm	monatlich	limnisch	B FG
Regenwurm	<i>Lumbricus terrestris</i> , <i>Aporrectodea longa</i>	Destruent	ganzer Körper (entkotet)	jährlich	terrestrisch	A B F
Boden	-	Medium	3 Horizonte	vierjährlich	terrestrisch	A B F NN
Fichte, Kiefer	<i>Picea abies</i> , <i>Pinus sylvestris</i>	Produzent	Einjährige Triebe	jährlich	terrestrisch	A B F NN
Buche, Pappel	<i>Fagus sylvatica</i> , <i>Populus nigra</i> 'Italica'	Produzent	Blätter	jährlich	terrestrisch	Buche: A F NN Pappel: B
Stadttaube	<i>Columba livia</i> f. <i>domestica</i>	Konsument	Eiinhalt	jährlich	terrestrisch	B A
Reh	<i>Capreolus capreolus</i>	Konsument	Leber	jährlich	terrestrisch	A B F NN
Mensch	<i>Homo sapiens</i>	Konsument	Vollblut, Blut- plasma, 24h-Urin	jährlich	terrestrisch	B

Legende: **A** > Agrarisch, **B** > Ballungsraumnah, **F** > Forstlich, **FG** > Fließgewässer, **M** > Marin, **NN** > Naturnah

Was passiert bei der Probenaufbereitung?

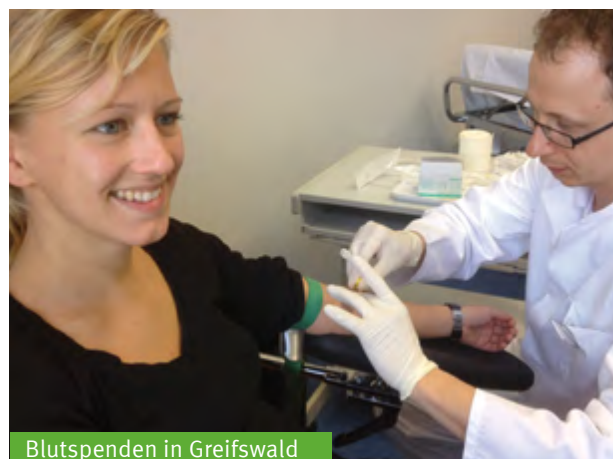
Umweltproben

Mit dem Sammeln der Proben aus der lebenden Umwelt sowie von Boden und Schwebstoffen wurden die Universität Trier, das Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie (Fraunhofer IME) und die Freie Universität Berlin beauftragt. Die meisten Proben werden direkt an der Probenahmestelle in mobilen Laboren präpariert. Schon dort werden die Zielorgane entnommen, auf -150°C gekühlt und dann zum Archiv gebracht.

Die Umweltproben werden zu Sammelproben verarbeitet und nicht als Einzelproben gelagert. Die Sammelproben werden im Fraunhofer IME angefertigt. Dazu werden die einzelnen Biotaprobe in einer speziellen Kryomühle vermahlen, die auch bei sehr tiefen Temperaturen arbeiten kann. Ziel ist es, zwei Kilogramm jeder Probenart zu sammeln und in Form von 200 Teilproben von je 10 Gramm Gewicht in der Umweltprobenbank zu archivieren. Nach diesem Schritt sind die einzelnen Teilproben einer Sammelprobe nahezu identisch. Fachleute, die später verschiedene Teilproben untersuchen, können die Ergebnisse so gut miteinander vergleichen.

Humanproben

Für die Sammlung und Lagerung menschlicher Proben ist seit 2012 das Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik (Fraunhofer IBMT) verantwortlich. Von den 1980er Jahren bis 2011 hatte das Universitätsklinikum Münster diese Arbeit getan. Die Proben des Menschen werden – anders als die Umweltproben – einzeln aufgearbeitet und gelagert. Vollblut, Blutplasma und 24h-Urinproben werden bereits unmittelbar nach der Abnahme portioniert. Anschließend kommen die Proben in einen mobilen Kryotank und werden so in das Lager für Humanproben gebracht.

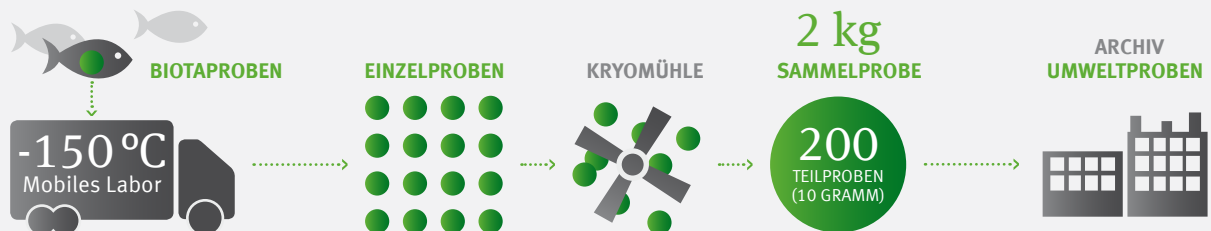


Blutspenden in Greifswald

Wie funktioniert die Probenaufbereitung?

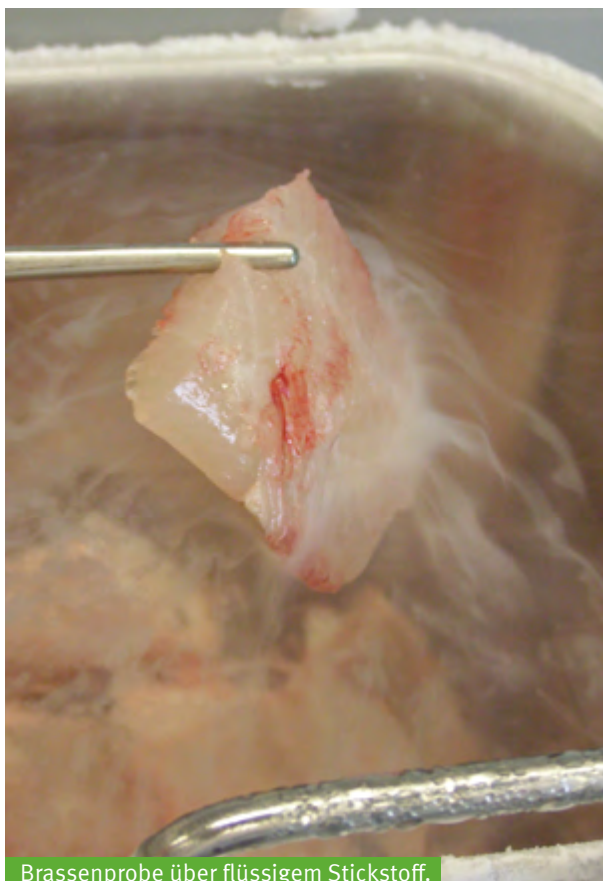
Umweltproben

Sammlung durch die Universität Trier (Biota), Fraunhofer IME (Boden) und FU Berlin (Schwebstoffe)



humanproben

Sammlung und Lagerung durch das Fraunhofer IBMT



Brassenprobe über flüssigem Stickstoff.

Wo stehen die Archive?

Die Umweltprobenbank beauftragt das Fraunhofer IME mit der Lagerung der Umweltproben. Derzeit sind etwa 260.000 Teilproben auf Flüssigstickstoff bei Temperaturen von etwa -150 °C in über 50 Tanks gelagert. Bei diesen Temperaturen sind die biologischen und chemischen Abbauprozesse buchstäblich eingefroren, so dass die Konzentration der Chemikalien in den Proben unverändert bleibt.

In der Universität Münster waren bis 2011 etwa 200.000 menschliche Proben gelagert. Proben, die vor dem Jahr 2005 gewonnen wurden, waren in begehbaren Kühlkammern bei -85°C archiviert. Alle jüngeren Proben lagern – wie die Umweltproben – bei -150 °C.

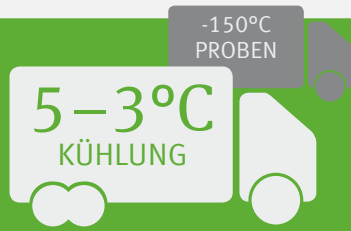
2012 soll ein neues, bundeseigenes Lager für die menschlichen Proben in Betrieb genommen werden. Es ist ein ehemaliges Sanitätsdepot der Bundeswehr in der Nähe von Münster, das für die Zwecke der Umweltprobenbank umgebaut wurde.

Lebenszyklus von Umweltproben:



**75 Eier
Silbermöwe**
NORD- UND OSTSEEINSELN

Silbermöweneier werden auf drei Inseln in Nationalparks in der Nord- und Ostsee beprobt. Etwa 75 Eier werden an jedem Standort gesammelt, um zwei Kilogramm Probenmaterial zu erhalten.



Direkt nach der Probenahme werden die Eier bei 5–3 °C gekühlt und so bis zur weiteren Bearbeitung aufbewahrt. Hiernach wird die Kühlkette zu keinem Zeitpunkt mehr unterbrochen. Andere Proben werden direkt nach der Probenahme auf flüssigem Stickstoff eingefroren, beispielsweise die Brassenproben.



Für die Qualitätssicherung werden die Eier in einen Glasbehälter mit entsalztem Wasser gegeben. Nur die Eier, die auf den Boden sinken, werden für die weiteren Analysen und die Einlagerung verwendet, da bei ihnen die Ei-entwicklung noch in einem frühen Stadium ist.

KRYOTANK IM PROBENLAGER

KRYOMÜHLE

**200
TEILPROBEN**

**2 kg
EINHALT**

Alle Umweltproben werden als Sammelproben eingelagert. In unserem Beispiel werden die Einhalte in Edelstahlgefäße mit Flüssigstickstoff gegeben. Anschließend wird das gesamte tiefgefrorene Material in einer Kryomühle bei Tiefsttemperaturen homogenisiert. Die gemahlene Sammelprobe wird dann in etwa 200 Teilproben von je 10 Gramm aufgeteilt und eingelagert.

POLITIK/BEHÖRDEN



**Real-Time-Monitoring
Retrospektive Untersuchungen**

Im Real-Time-Monitoring werden die Proben auf ein festgelegtes Set von gut bekannten chemischen Stoffen untersucht. Bei den retrospektiven Monitoring-Projekten stehen dagegen neue Stoffe im Mittelpunkt, zu denen es nur wenige Daten gibt. Beispiele hierfür sind Weichmacher, Flammenschutzmittel und perfluorierte Tenside.

Ergebnisse



Die Ergebnisse der retrospektiven Untersuchungen werden den Umweltbehörden und Umweltpolitikern berichtet. Politik-Beratung kann auch anhand der Daten aus dem Real-Time-Monitoring erfolgen. Hier kann die UPB grundlegende Informationen zum Belastungszustand von Mensch und Umwelt liefern.

BIOMETRISCHE UNTERSUCHUNG IM LABOR



25 Eier

Länge / Durchmesser / Ratcliffe Index / Gewicht des ganzen Eis / Gewicht und Dicke der getrockneten Schale

25 Eier werden anhand definierter biometrischer Parameter wie Länge, Durchmesser, Ratcliffe Index, Gewicht des ganzen Eis sowie Gewicht und Dicke der getrockneten Eischale genauer charakterisiert. Die Schalendicke, beispielsweise, entspricht der mittleren Dicke, die durch zehn Messungen an den zwei Eipolen und dem Eiäquator ermittelt wird.

SEZIERUNG



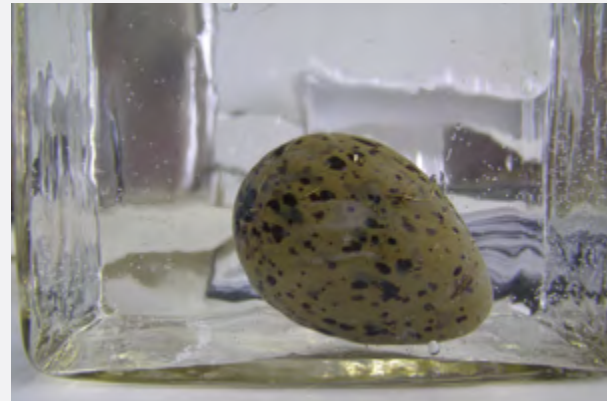
In der UPB werden meist einzelne Gewebe oder Organe und nicht ganze Organismen gelagert. Die relevante Probenmatrix bei Silbermöweneiern ist der Eiinhalt. Während der Probenaufarbeitung unter Reinluft-Bedingungen wird jede Eischale mit einem Skalpell zwischen dem Äquator und dem spitzen Eipol geteilt.

www.umweltprobenbank.de

Im Internetportal der UPB sind die Ergebnisse der chemischen und biometrischen Untersuchungen und viele weitere Informationen frei verfügbar. Die Lebenszyklen von Human- und Umweltproben sind in den jeweiligen Standardarbeitsanweisungen (SOPs) detailliert beschrieben.



Nest mit Eiern der Silbermöwe



Biometrische Untersuchung eines Silbermöweneis





Wer untersucht die Proben?

Die chemischen Analysen der Umweltprobenbank können in Real-Time-Monitoring und in retrospektive Untersuchungen unterteilt werden. Die Routineanalytik deckt ein fest vereinbartes Stoffspektrum ab und untersucht Jahr für Jahr alle neuen Proben nach abgestimmten Methoden. Die Laborarbeiten sind an drei Auftragnehmer vergeben: Das Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Universität Erlangen-Nürnberg untersucht die Humanproben. Das Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie bestimmt die Elementgehalte in den Umweltproben, während die Belastung mit organischen Verbindungen von der Eurofins GfA GmbH ermittelt wird.

In regelmäßigen Abständen beraten das Umweltbundesamt und das Bundesumweltministerium, welche Stoffe in retrospektiven Messprogrammen untersucht werden sollen. Diese Zeittrends spielen den Vorteil der archivierten Proben aus: Anders als bei der Routineanalytik wird neben den neuen Proben des laufenden Jahres auch Material aus der zurückliegenden Zeit untersucht. Gewöhnlich ermittelt ein Vergabeverfahren, wer die Untersuchung durchführt. Dann werden die Proben aus dem Archiv genommen und zu dem Auftragnehmer gebracht. Das kann beispielsweise ein kommerzielles Labor sein, ein staatliches Institut oder die Forschungsgruppe einer Universität.

Wo finde ich mehr Informationen?

Mehr Information über die Umweltprobenbank gibt es im Internet auf der Seite der Umweltprobenbank www.umweltprobenbank.de. Hier finden Interessierte alles Wissenswerte über die Umweltprobenbank mit jeder Menge Details (in Deutsch und Englisch). Auf der Seite gibt es auch einen öffentlichen Zugang zu Datenabfragen. Dort können UPB-Daten abgerufen werden, die zeitliche und räumliche Chemikalienbelastung in den UPB-Proben abbilden. Dabei können die Ergebnisse mühelos durchsucht werden (mit Hilfe von Kriterien wie Probenahmefläche, Probenart, biometrische oder analytische Daten oder Jahr der Untersuchung). Die Suchergebnisse können dann tabellarisch und grafisch dargestellt und auch als Datenblätter heruntergeladen werden. Darüber hinaus bietet die Internetseite die Standardarbeitsanweisungen aller Arbeitsschritte mit Berichten und Veröffentlichungen der Ergebnisse.





02

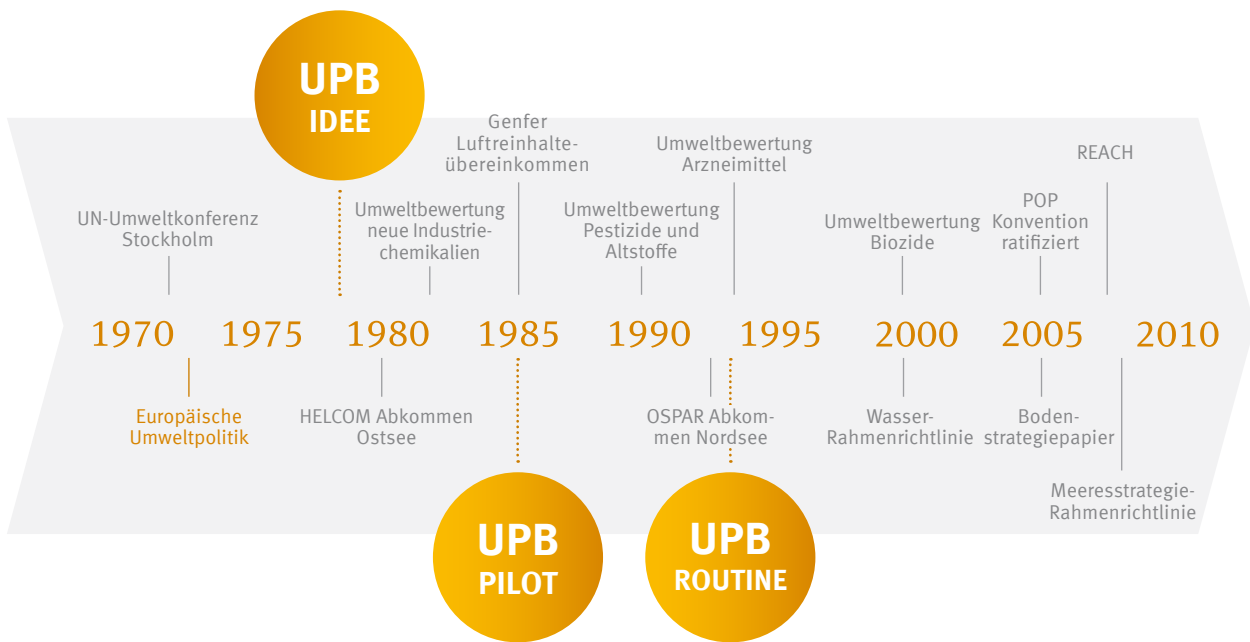
Der Platz der Umwelt-
probenbank im
Chemikalienmanagement



Umweltprobenbanken und Chemikalienpolitik

Die Europäische Umweltpolitik gibt es seit 1973, sie folgte auf die UN-Umweltkonferenz von Stockholm, die sich erstmals der Sorgen der Öffentlichkeit und der Wissenschaft über „die Grenzen des Wachstums“ annahm. Heute – fast 40 Jahre später und mit einer Vielzahl von Regelungen zum Umweltschutz – gibt es viele dieser Sorgen immer noch: Den Fortschritten im Umweltschutz, die beispielsweise neue Technologien erreichten, stehen immer mehr Konsum und Ressourcenverbrauch gegenüber. So bleiben viele altbekannte Umweltprobleme bestehen, etwa die steigende Nachfrage nach natürlichen Ressourcen, die Verarmung der Biodiversität, die Zerstörung natürlicher Lebensräume und die langfristige Verschmutzung der Umweltmedien mitsamt der daraus resultierenden Belastung der menschlichen Gesundheit. >

Die Umweltprobenbank und die europäische Chemikalienpolitik



Seit den 1980er Jahren fordern die deutschen Behörden eine Umweltprüfung als Voraussetzung für die Vermarktung neuer Industriechemikalien: Unternehmen müssen ein Gutachten vorlegen, das die für die Umwelt sichere Verwendung darlegt. In den letzten 30 Jahren folgten ähnliche Anforderungen für Altstoffe, Pflanzenschutzmittel, pharmazeutische Produkte, Tierarzneimittel und Biozide. Kürzlich trat das neue Chemikalienrecht REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) mit dem Ziel in Kraft, die Datenlücken für Altstoffe zu schließen. Wenn es darum geht, den Erfolg dieser Verfahren zu prüfen, dann sind Umweltprobenbanken gefordert.

Konzertierte Monitoringprogramme sind das Instrument der Wahl, um Chemikalien in der Umwelt oder der Bevöl-

kerung nachzuweisen. Wichtige europäische Monitoringprogramme sind in der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), den OSPAR und HELCOM Konventionen zum Schutz der Nord- und Ostsee oder der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) verankert. 2010 hat die Europäische Union die Förderung des COPHES (Consortium to Perform Human Biomonitoring on a European Scale) Konsortiums beschlossen, um die verschiedenen nationalen und regionalen Aktivitäten im Human-Biomonitoring zu harmonisieren und EU-weit zu koordinieren. Umweltprobenbanken sind also nur eines von vielen Monitoringinstrumenten. Durch das Archiv sind sie jedoch mit besonderen Möglichkeiten ausgestattet: Nur Umweltprobenbanken lagern heute Proben ein, anhand derer in der Zukunft Themen untersucht und Fragen beantwortet werden können, die heute noch gar nicht bekannt sind.

Prioritätensetzung in der Chemikalienregulierung

Umweltprobenbanken können Behörden und Unternehmen mit ihren Ergebnissen dabei helfen, Schwerpunkte in ihrer Arbeit zu setzen. Wenn beispielsweise eine Forschungsgruppe eine Chemikalie entdeckt, die möglicherweise ein Risiko für die Umwelt oder die Bevölkerung darstellt, dann sind die Archivproben einer Umweltprobenbank sehr aufschlussreich: Sinkende Zeittrends können Entwarnung bedeuten. Dagegen kann eine mit der Zeit stagnierende oder steigende Chemikalienbelastung auf Handlungsbedarf hinweisen. Dann kann das Chemikalienmanagement die Daten der Umweltprobenbank als toxikologische und ökotoxikologische Beweise nutzen, um weitere Untersuchungen oder Risikominderungsmaßnahmen, wie beispielsweise Marktbeschränkungen oder sogar Totalverbote, zu fordern.



Mikroverunreinigungen: Arzneimittel, Körperpflege- und Reinigungsprodukte in der Umwelt

Arzneimittel, Körperpflege- und Reinigungsprodukte sind regelmäßig verwendete Konsumprodukte der heutigen Gesellschaft. Pharmazeutika gelangen mit Ausscheidungen oder durch nicht sachgemäße Entsorgung in das Abwasser. Reinigungsmittel und Körperpflegeprodukte erreichen den Wasserkreislauf mit Wasch- und Badewasser. Damit werden Kläranlagen zum Sammelbecken für Mikroverunreinigungen aller Art. Mit den Abwässern der Kläranlagen gelangen diese Stoffe dann in Binnengewässer und – letztlich – in die Meere.

Die deutsche Umweltprobenbank archiviert unter anderem Proben, die aus Flüssen und von Probenahmestellen an der Nord- und Ostseeküste stammen. Diese Proben sind gut geeignet, um die Belastung der Umwelt mit Mikroverunreinigungen zu untersuchen. Die Chemikalienkonzentration in einer Probe gibt nicht nur Aufschluss, wie stark ein Gewässer durch Abwasser belastet ist. Abwasser ist immer auch ein Indikator für das Anwendungsmuster von Chemikalien. Anhand von Proben, die aus verschiedenen Jahren stammen, kann die Umweltprobenbank Änderungen im Verbraucherverhalten herausarbeiten.

Infografik 8

Wie kommen Chemikalien vom Menschen zum Fisch?



Arzneimittel: Sind Flussfische durch Abwässer belastet?

In den letzten Jahren hat sich bei Wissenschaft, Behörden und Unternehmen ein breites Interesse für die möglichen Risiken von Arzneimitteln für die Umwelt entwickelt. Die Entwicklung der chemisch-analytischen Methoden macht es Fachleuten heute möglich, eine ganze Reihe pharmazeutischer Wirkstoffe und ihrer Metabolite in der aquatischen und terrestrischen Umwelt nachzuweisen.

Die Sorge, dass Pharmazeutika der Umwelt Schaden zufügen können, führte zu umfangreichen Untersuchungen über das Auftreten von Arzneimitteln in Abwässern, Kläranlagen, Oberflächen- und Grundwasser sowie über ihre möglichen Effekte auf die Tier- und Pflanzenwelt. Im Unterschied dazu gibt es nur sehr wenige Studien zu der Anreicherung von Arzneimitteln in der Tierwelt, beispielsweise in wildlebenden Fischen aus belasteten Oberflächengewässern.

Texanisches Labor untersucht UPB-Proben

2009 veröffentlichte eine texanische Arbeitsgruppe die Ergebnisse einer Screening-Untersuchung von Arzneimitteln und Körperpflegemittelprodukten in Fischproben aus US-Gewässern. Das Umweltbundesamt beauftragte das US-Labor, eine vergleichbare Studie an Brassenfilets der Umweltprobenbank aus dem Jahr 2008 durchzuführen. Zwei Untersuchungsmethoden waren auf 15 Arzneimittel und zwei ihrer Metabolite ausgerichtet sowie auf eine Auswahl von Wirkstoffen, die in Körperpflegeprodukten eingesetzt werden.

Tabelle 2

Arzneimittel-Untersuchungen in Proben der Umweltprobenbank

Therapeutische Verwendung	Wirkstoff/Metabolit
Analgetika / Antirheumatika	Paracetamol, Codein und Ibuprofen
β-Blocker	Atenolol, Metoprolol und Propanolol
Calciumantagonist	Diltiazem
Antibiotika/Chemotherapeutika	Erythromycin, Sulfamethoxazol, Trimethoprim, Lincomycin, und Tylosin
Antimycotika	Miconazol und Thiabendazol
Lipidsenker	Clofibrinsäure, Gemfibrozil
Antiepileptikum	Carbamazepin
Psychopharmaka	Diazepam, Fluoxetin, Norfluoxetin, Sertralin, Desmethylsertralin und Paroxetin
Coffein	Coffein, 1,7-dimethylxanthin
Antihistamine	Diphenhydramin und Cimetidin
Antikoagulanzen	Warfarin

Nur wenige Arzneimittelfunde in deutschen Flussfischen

Fünf der untersuchten 28 Arzneimittelwirkstoffe/-metabolite wurden in Fischproben der Umweltprobenbank nachgewiesen: Die Konzentrationen von Diphenhydramin und Desmethylsertralin lagen oberhalb der statistisch abgeleiteten Methoden-Nachweisgrenze. Carbamazepin und Diltiazem wurden in Konzentrationen oberhalb der instrumentellen Nachweisgrenze gefunden. In Einzelbestimmungen wurde auch Atenolol gefunden. Während Carbamazepin in Fischen aller Standorte bis auf den Belauer See in geringen Konzentrationen nachweisbar war, traten Funde von Diphenhydramin in Fischen der meisten Standorte mit Ausnahme von Prossen und Blankenese an der Elbe, Jochenstein an der Donau sowie dem Belauer See auf. Diltiazem wurde hauptsächlich in Fischen der Elbe gefunden, in Einzelbestimmungen auch in Fischen aus dem Rhein (Weil) sowie der Saar (Güdingen). Desmethylsertralin wurde in Fischen aus der Donau bei Ulm in Konzentrationen von 1,83 – 4,72 Nanogramm/Gramm sowie in Fischen aus der Saar (Güdingen, hier mit 1,65 ng/g in einer Einzelbestimmung) nachgewiesen.

Die Befunde zeigen zweierlei

Von den untersuchten Arzneimittelwirkstoffen akkumulieren nur wenige im Fischfilet und das in sehr geringen Konzentrationen. Eine Bewertung mit Blick auf die Verbrauchersicherheit ist bislang nicht erfolgt. Die Fische, die für die Umweltprobenbank gefangen wurden, sind weniger mit den untersuchten Arzneimitteln belastet als die Fische aus den US amerikanischen Gewässern. Das gilt sowohl für das Spektrum der nachweisbaren Arzneimittelwirkstoffe als auch für die einzelnen Wirkstoffkonzentrationen.

Malachitgrün in Brassenproben

Unternehmen setzen Malachitgrün zur Färbung von synthetischen Stoffen, Leder und Papierprodukten ein. Forensiker nutzen Malachitgrün zum Nachweis von Blutspuren. Außerdem behandeln Aquarianer mit dieser Substanz Zierfische und Zierfischeier gegen Parasiten, Pilzbefall und bakterielle Infektionen. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA kam zu der Einschätzung, dass Malachitgrün und Leukomalachitgrün zu der Gruppe von Farbstoffen gehören, die das Erbgut schädigen und Krebs auslösen können. Bei Speisefischen darf Malachitgrün daher nicht als Arzneimittel angewendet werden.

Verbraucherschützer untersuchen Umweltproben der UPB

2007 haben Fachleute im Auftrag des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) erstmals in Deutschland nachgewiesen, dass auch unbehandelte freilebende Fische – in diesem Fall Aale aus Berliner Binnengewässern – mit Malachitgrün belastet sein können. Das Umweltbundesamt initiierte eine Screening-Studie mit Brassenproben der Umweltprobenbank, um herauszufinden, ob es sich hier um einen Einzelfall handelt, oder ob Malachitgrün eine Umweltkontaminante ist, also eine weiträumig verteilte Chemikalie. Fachleute des Niedersächsischen Landesamtes für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz (LAVES) untersuchten die Muskulatur von Brassen, die 2007 an 17 Standorten für die Umweltprobenbank gefangen wurden, auf Rückstände von Malachitgrün und den Metaboliten Leukomalachitgrün. In 26 von insgesamt 74 Untersuchungen fanden die LAVES-Fachleute Rückstän-

de von Malachitgrün und/oder seines Metaboliten Leukomalachitgrün. Die in der vorliegenden Studie festgestellten Konzentrationen liegen in einer Größenordnung zwischen 0,1 und 0,9 ng/g Frischgewicht und sind damit den Rückstandsbefunden in den Aalen aus der Berliner Havel ähnlich.

Fische aus dem Rhein am höchsten belastet

Bemerkenswert ist der verhältnismäßig häufige Nachweis dieser Verbindung in Proben aus dem Rhein. Die höchste Konzentration (0,9 ng/g) wurde im Muskelgewebe von Brassen bestimmt, die bei Koblenz gefangen wurden. Mögliche Kontaminationsquellen könnten Einleitungen aus Zierfischaquarien insbesondere in den Ballungszentren (Rhein-Main-Gebiet) oder die chemisch-pharmazeutische Industrie in diesem Bereich sein.

Das BfR gab mit Blick auf die Funde in den Berliner Aalen Entwarnung: Das Risiko einer gesundheitlichen Beeinträchtigung, so das BfR, sei sehr gering, wenn Verbraucherinnen und Verbraucher Lebensmittel, die mit Malachitgrün oder Leukomalachitgrün in Konzentrationen im niedrigen bis mittleren Bereich (max. bis 180 ng/g) kontaminiert sind, einmalig oder gelegentlich

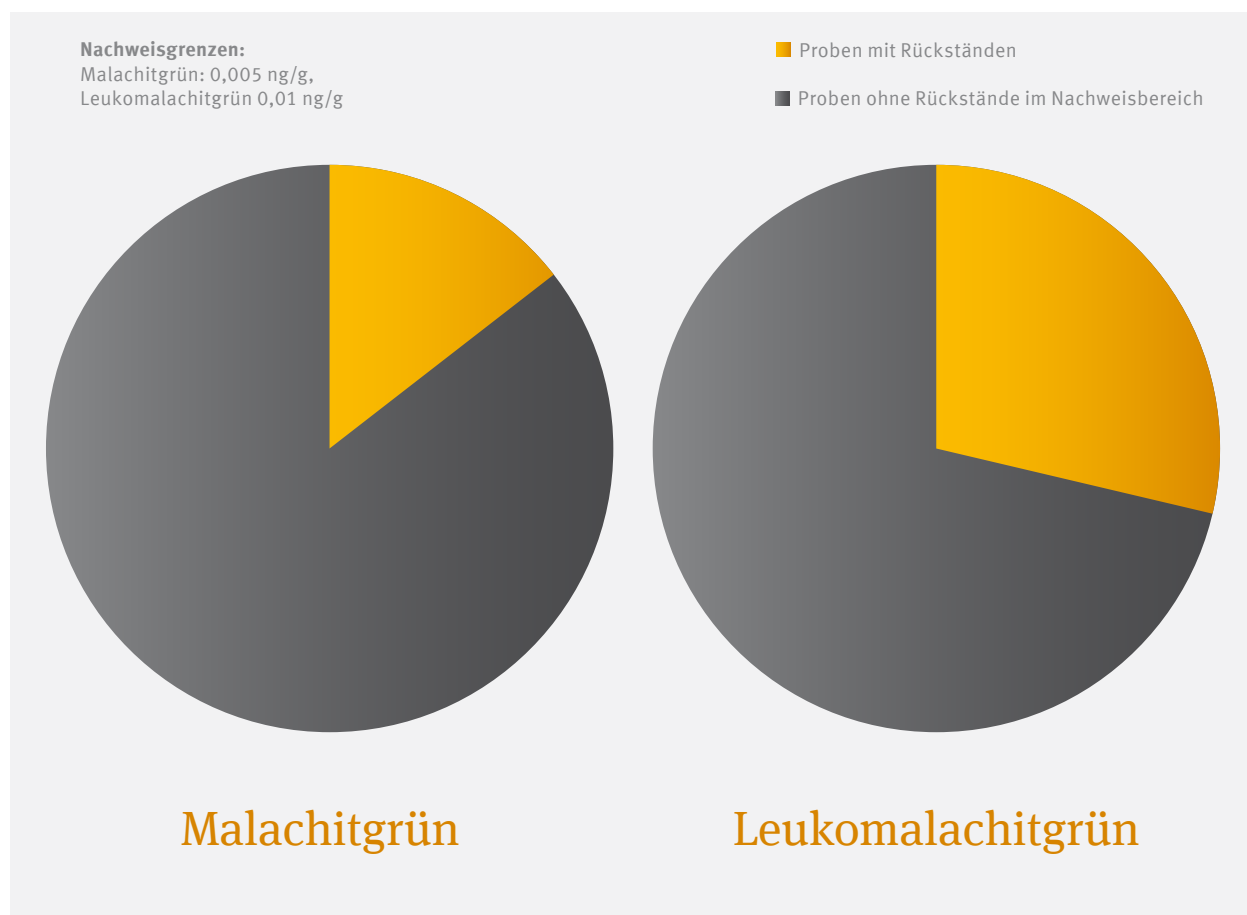
verzehren. Die Brassenproben der Umweltprobenbank überschreiten diese Werte nicht. Die Untersuchung an den Fängen der Umweltprobenbank zeigte jedoch, dass die Belastung nicht auf den Berliner Raum beschränkt ist: Die Hintergrundbelastung der Stoffe in deutschen Flüssen führt zur Anreicherung von Malachitgrün und Leukomalachitgrün in wildlebenden Brassen. Angesichts der negativen Eigenschaften dieses Stoffs sind die Befunde der Umweltprobenbank beunruhigend. Es sollten daher die Belastungsquellen genauer identifiziert werden, um gegebenenfalls expositionsminimierende Maßnahmen einleiten zu können.

Belastungsquellen des Malachitgrün sind noch nicht sicher ermittelt

Die Ergebnisse wurden im Expertenkreis „Stoffe“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) vorgestellt. Einträge erfolgen wahrscheinlich über kommunale Kläranlagen, da der Stoff als Tierarzneimittel für Aquarienfische und Teich-Zierfische im Handel ohne Einschränkung verfügbar ist. Aus Bayern wurde berichtet, dass es vereinzelt Anzeichen dafür gibt, dass Malachitgrün in Teichwirtschaften eingesetzt wurde.

Abbildung 1

Rückstände von Malachitgrün und dem Metaboliten Leukomalachitgrün in Brassenproben



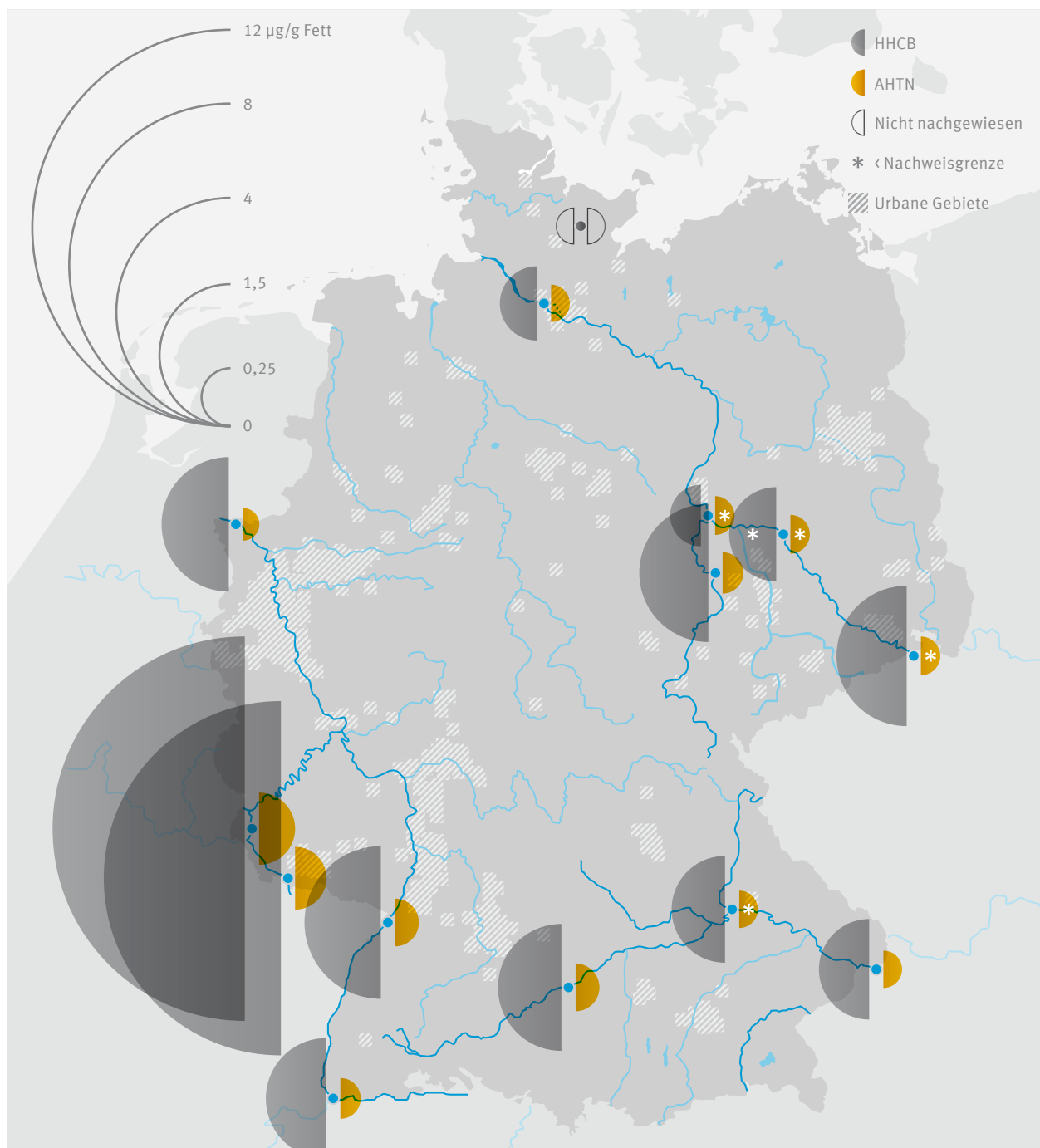
Polyzyklische Moschusverbindungen – Künstliche Duftstoffe zeigen Bewegung auf dem Markt

Unternehmen setzen synthetische Moschusverbindungen als Duftstoffe in Kosmetika, Körperpflegeprodukten, Haushaltsreinigern und Waschmitteln, Papier und Textilien ein. Besonders bedeutsam – vom Standpunkt der Produktion und Anwendung – sind die polyzyklischen Moschusverbindungen HHCB (Handelsname Galaxolid) und AHTN (Tonalid). Galaxolid und Tonalid haben

zusammen mit anderen Verbindungen die langlebigen und giftigen Duftstoffe Moschusxylol und Moschusketon ersetzt, deren Verwendung in den 1990er Jahren stark zurückging. Sowohl HHCB als auch AHTN werden in großem Umfang eingesetzt, aber in Kläranlagen nicht vollständig abgebaut.

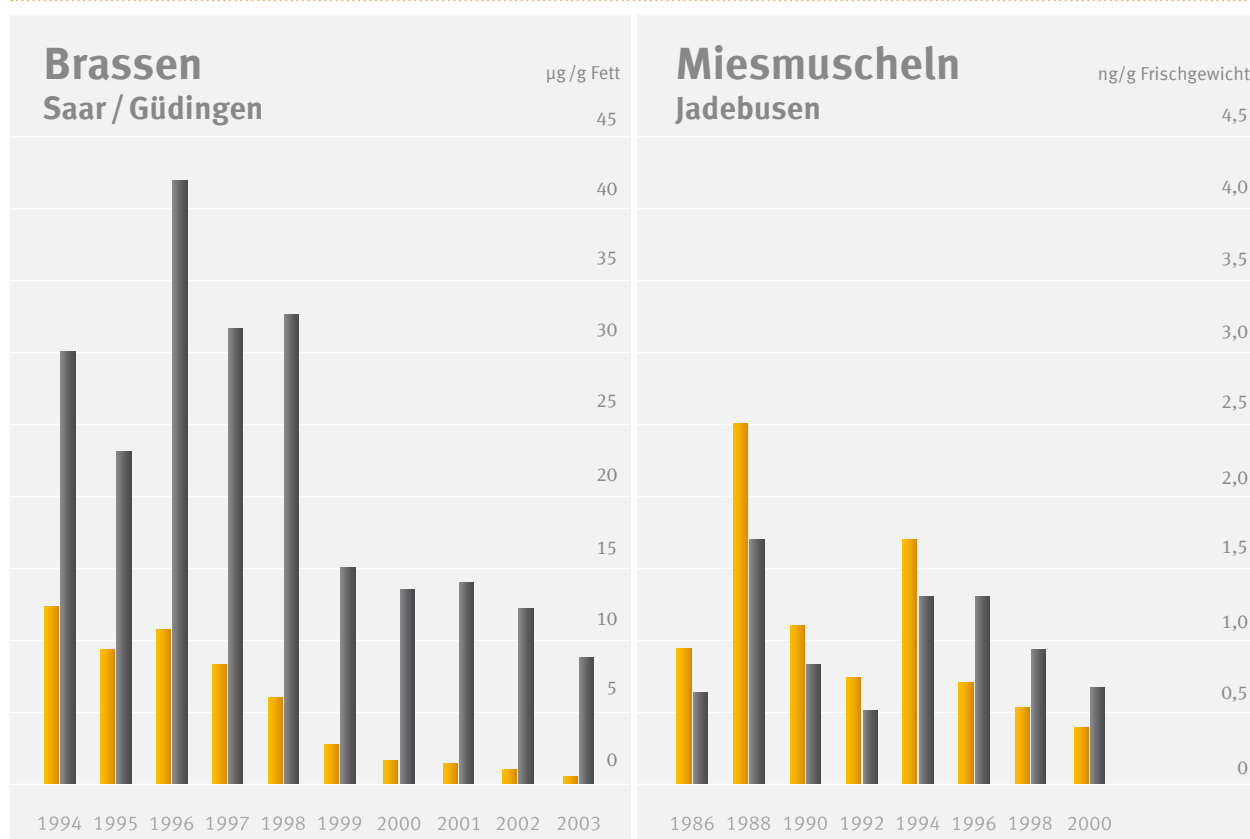
Abbildung 2

Moschusverbindungen in Brassenproben von 2007/2008



Zeitreihen für Moschusverbindungen

■ AHTN ■ HHCB



So gelangen die Stoffe mit dem Abwasser in Oberflächengewässer. Da HHCB und AHTN sich in der Umwelt anreichern können und giftig sind, hat das Umweltbundesamt eine retrospektive Monitoringstudie mit Muschelproben aus der Ost- und Nordsee und Fischproben aus deutschen Flüssen eingeleitet.

Proben aus der Meeresumwelt zeigen veränderte Anwendungsmuster

Die Duftstoffe HHCB und AHTN fanden sich in allen Miesmuschelproben der Nordsee, wobei AHTN bis Mitte der 1990er Jahre dominierte. In den folgenden Jahren stiegen die HHCB-Konzentrationen, so dass sich das Verhältnis zwischen HHCB und AHTN umdrehte. Die Ursache sind vermutlich geänderte Anwendungsmuster in der Produktion. Miesmuscheln aus der Ostsee waren geringer mit AHTN und HHCB belastet: Die Konzentrationen waren geringer als in den Proben aus der Nordsee und sanken 1996 unter die Nachweisgrenze.

In Flussfischen höhere Duftstoffbelastung sichtbar

Im Vergleich zu den Meeresmuscheln fanden sich in Brassen viel höhere AHTN- und insbesondere HHCB-Konzentrationen. Wie bei den Arzneimitteln liegt es auch bei den Duftstoffen daran, dass der Lebensraum der Brassen unmittelbarer durch Kläranlagenabläufe belastet ist als dies bei den Meeresmuscheln der Fall ist. Allgemein lagen die HHCB-Konzentrationen höher als die AHTN-Werte. Die höchsten Konzentrationen fanden sich in Proben aus der Saar, wo bis 42 Mikrogramm HHCB/Gramm und 12 µg AHTN/g Fett gemessen wurden. In den letzten Jahren gingen die Konzentrationen der polyzyklischen Moschusverbindungen an allen Probenahmestellen zurück.



Miesmuscheln sind nicht nur als Nahrungsmittel beliebt. Sie werden auf der ganzen Welt als Indikator für die Meeresverschmutzung untersucht.

Das Biozid Triclosan und das Transformationsprodukt Methyltriclosan

Triclosan ist eine antimikrobiell aktive Verbindung, die beispielsweise als Desinfektions- und Konservierungsmittel in Körperpflegeprodukten oder auch als Geruchshemmer in Textilien eingesetzt wird. In der Europäischen Chemikalienbewertung wurde Triclosan mit dem Hinweis „sehr giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben“ versehen. 2001 hat der deutsche Industrieverband Körperpflege- und Waschmittel e. V. einen freiwilligen Verzicht des Gebrauchs von Triclosan in Wasch- und Reinigungsmitteln erklärt.

Das Transformationsprodukt Methyltriclosan

Anfang des Jahrtausends gab eine Schweizer Arbeitsgruppe auf der Grundlage von Monitoringdaten und Laborergebnissen Hinweise, dass sich in wasserlebenden Tieren das Transformationsprodukt des Triclosan anreichert, nämlich Methyltriclosan. Es wird angenommen, dass sich Methyltriclosan durch mikrobielle Prozesse in Kläranlagen bildet und anschließend die Umwelt mit den Klärwerksabläufen erreicht. Das brachte die Umweltprobenbank dazu, eine retrospektive Untersuchung mit Brassenproben verschiedener deutscher Flüsse anzustellen.

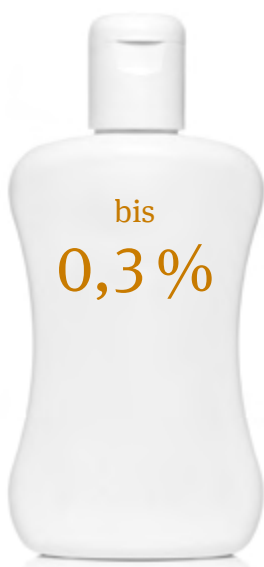
Die Untersuchungen der Umweltprobenbank zeigten sehr niedrige Triclosan-Konzentrationen in Fischen. In vielen Proben lag die Belastung unterhalb der Nachweisgrenzen. Dagegen lagen die Konzentrationen für Methyltriclosan deutlich darüber. Die höchsten Werte wurden in Brassenproben aus den Flüssen Saale und Saar gemessen. Im Rhein stiegen die Methyltriclosan-Konzentrationen in Fischen entlang des Flusslaufs. Das umgekehrte Bild zeigte sich entlang der Elbe. Hier wurden die niedrigsten Konzentrationen bei Blankenese gemessen, das an der Elbmündung liegt.

Der Verzicht der Unternehmen scheint zu wirken

Die Zeitreihen zeigen, dass die Methyltriclosan-Konzentrationen in den Brassenproben ihren Gipfel zwischen 2003 und 2005 erreichten. Seitdem sinken die Konzentrationen. Es hat also den Anschein, dass der freiwillige Verzicht, den der deutsche Industrieverband 2001 ausgesprochen hat, erfolgreich ist. Dass der verbesserte Abbau des Triclosan in effizienteren Kläranlagen dafür ursächlich ist, scheint eher unwahrscheinlich. Schließlich fanden die großen Verbesserungen der Kläranlagentechnik in den 1990er Jahren statt. Und in dieser Periode – das zeigen die UPB-Daten – stiegen die Methyltriclosanwerte noch an.

Infografik 10

Produkte mit Triclosan



KOSMETIKA



THERAPEUTISCHE
KONZENTRATION IN
DESINFIZIATIONSMITTELN



ZAHNPASTA



GERUCHSHEMMER IN
TEXTILIEN

Textbox 7

Europäische Wasser- rahmenrichtlinie

In den letzten drei Jahrzehnten hat die EU große Rahmenwerke für Gemeinschaftshandlungen in der Wasser- und Luftpolitik entwickelt. Vergleichbare Regelungen für den Bodenschutz fehlen noch. Das europäische Flaggschiff des Gewässerschutzes ist die Wasserrahmenrichtlinie, die 2000 in Kraft trat. Diese Richtlinie will in den kommenden Jahren einen guten ökologischen und chemischen Zustand der Gewässer in ganz Europa erreichen. Der gute chemische Zustand ist dann erreicht, wenn sich in der Überwachung zeigt, dass Qualitätsstandards für eine Auswahl prioritärer Chemikalien eingehalten werden können.

Abbildung 6

Methyltriclosan in Brassen Saar / Gündingen

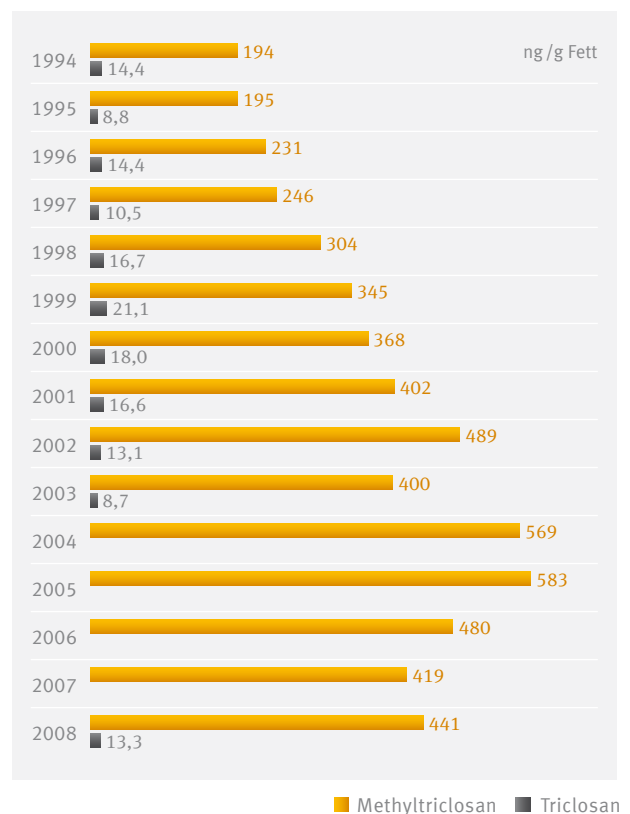
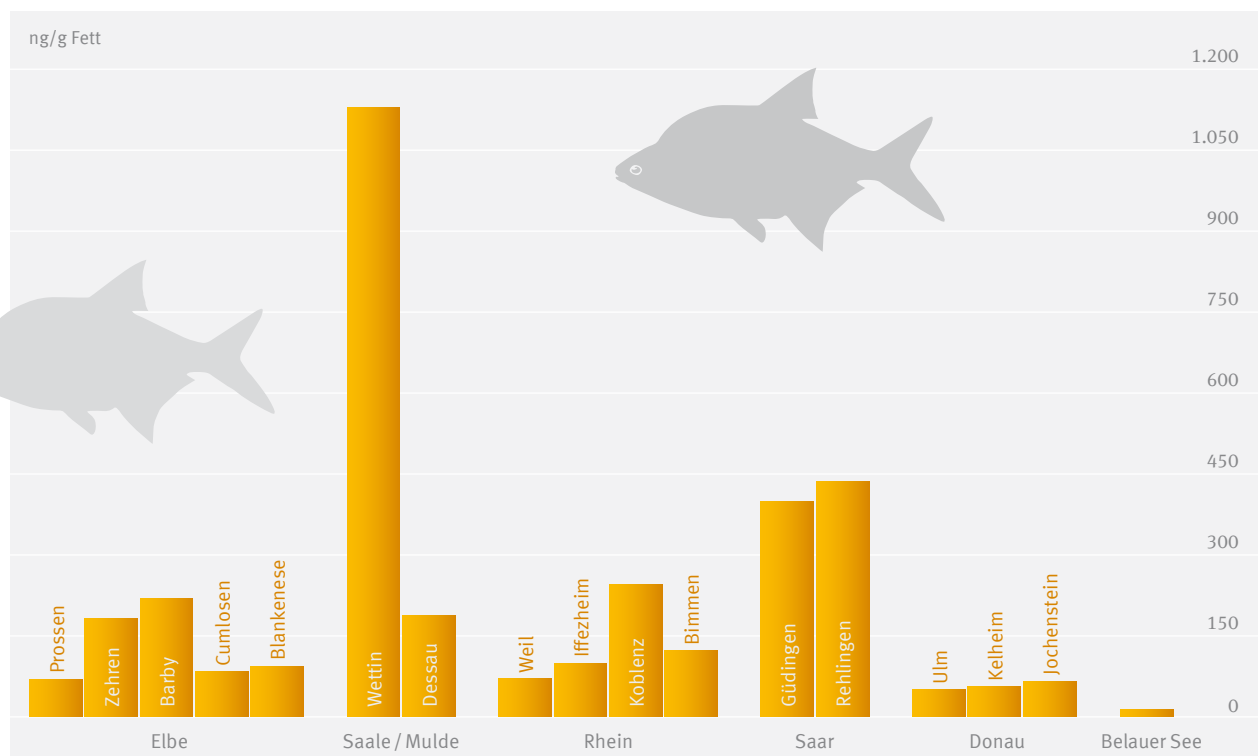


Abbildung 5

Methyltriclosan in Brassenmuskulatur 2007



Alkylphenole und Alkylphenolethoxylate: Unternehmen gehen mit gutem Beispiel voran

Alkylphenolethoxylate (APEO) sind so genannte nicht-ionische Detergentien, die Unternehmen weitflächig in Industrieprodukten einsetzen. Einige ihrer Vorläuferprodukte sind in der Umwelt langlebig, haben endokrine Wirkungen und sind für aquatische Lebewesen hochgiftig. Die größte wirtschaftliche Bedeutung haben 4-Nonyl- und 4-Octyl- Verbindungen. 1997 wurde eine Menge von 1.225 Tonnen Nonylphenoleth-oxylate abwasserintensiven Anwendungen zugerechnet, unter anderem Industriereinigern, der Leder- und Textilverarbeitung sowie Flockungshilfen in Kläranlagen. In Kläranlagen werden APEOs schrittweise durch den Verlust von Ethoxygruppen zu kürzerkettigen Verbindungen und schließlich zu Alkylphenolen abgebaut.

Ein weiterer Unternehmensverzicht und behördliche Maßnahmen

Deutsche Unternehmen verzichteten 1986 freiwillig auf die Verwendung von APEO in Haushaltsprodukten, 1992 folgte ein Ausstieg aus der Verwendung in Industriereinigern. 1995 und 2000 wurden diese Anwendungen europaweit verboten. 2002 wurde dann auch ein Stopp der Anwendung von APEO-haltigen Flockungsmitteln in Kläranlagen verfügt.

Funktionieren die Regelungen?

Fachleute der Umweltprobenbank überprüften die Wirksamkeit dieser Regelungen in einer retrospektiven Untersuchung mit Proben, die aus dem Meer und aus Binnengewässern stammten. Brassen von deutschen Flüssen wurden auf 4-Nonylphenol (4NP), 4-Nonylphenol Monoethoxylat (4NP1EO), 4-tert-Octylphenol (4tOP) und 4-tert-Octylphenol Monoethoxylat (4tOP1EO) untersucht. In den meisten Fällen lagen die nachgewiesenen Konzentrationen der Nonylverbindungen deutlich über denen der Octylverbindungen. Dabei haben die Fachleute bis zu fünfmal höhere Werte des Nonyl-Monoethoxylat gemessen, als es für Nonylphenol der Fall war. Die höchste Belastung stammte von Brassen der an der Saar gelegenen Probenahmeestelle Güdingen. Dort wurden zwischen 1992 und 2001 4NP1EO-Werte von 29,2 – 324 Nanogramm/Gramm und 4NP-Werte von 9,8 – 112 ng/g Frischgewicht gemessen. Bei der Untersuchung

der Meeresproben fiel wiederum auf, dass die APEO und Alkylphenol Belastung der Miesmuscheln verglichen mit den Messwerten für Brassen der Binnengewässer gering war. Auch hier ist die räumliche Verteilung der Belastung typisch für Mikroverunreinigungen, die Oberflächengewässer vornehmlich mit Kläranlagenabläufen erreichen: Flüsse sind diesen Abwässern viel direkter ausgesetzt als dies bei der Meeresumwelt der Fall ist.

Positives Fazit

Die Ergebnisse der retrospektiven Untersuchung belegen die Wirksamkeit der freiwilligen Selbstverpflichtung, die Unternehmen eingeleitet haben, um APEO- und Alkylphenol-Einträge in die aquatische Umwelt zu reduzieren. Werden die Messwerte der Proben in Gewässerkonzentrationen umgerechnet, dann zeigt sich für das Jahr 2001, dass die Gewässer für Nonylphenol und Octylphenol die Umweltqualitätsstandards der Wasserrahmenrichtlinie erfüllen: Das sind 0,3 Mikrogramm/Liter für 4-Nonylphenol sowie 0,1 und 0,01 µg/L für 4-tert-Octylphenol in Binnen- und anderen Oberflächengewässern.

Abbildung 7

Alkylphenolverbindungen in Brassen Saar / Güdingen

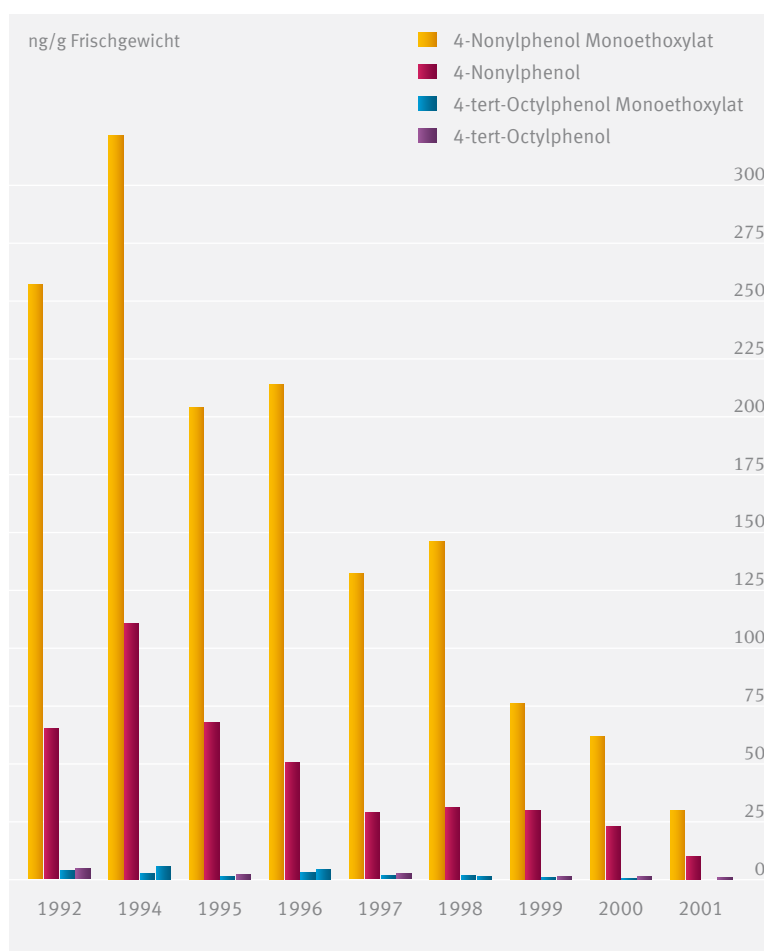
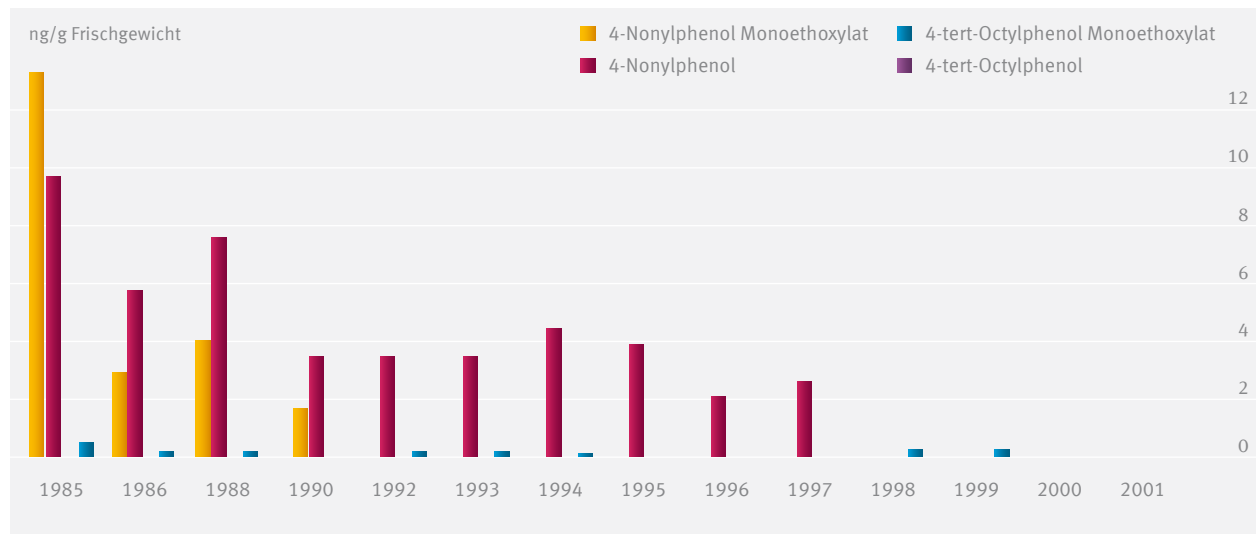


Abbildung 8

Miesmuscheln / Nordsee / Jadebusen / Eckwarderhörne



Textbox 8

Nachhaltige Entwicklung

Nachhaltige Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass zukünftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.

Textbox 9

Chemikalienmanagement

Der Zweck der Umweltgesetze ist es, den Umfang der Umweltverschmutzung durch menschliche Aktivitäten zu beschränken. Wenn die Risiken, die von Chemikalien für die menschliche Gesundheit und die natürlichen Kreisläufe ausgehen, minimiert werden, dann sind auch unsere natürlichen Ressourcen geschützt und bleiben den künftigen Generationen erhalten.

Textbox 10

Vermarktungserlaubnis

In den frühen 1980er Jahren setzte sich durch das Chemikaliengesetz eine prospektive Umweltbewertung durch, die zunächst nur für neue Industriechemikalien gefordert wurde. Diese Sicherheitsbewertungen folgen einem Ansatz, der auf der Risikocharakterisierung fußt. Diese wiederum setzt sich aus einer Expositionsschätzung und Ergebnissen von Toxizitätstests zusammen, die in Laboren durchgeführt werden.



Weichmacher und Polykarbonate in menschlichen Proben

Unternehmen setzen Phthalate vor allem als Weichmacher in PVC ein. Die chemische Industrie in Europa produziert jährlich etwa eine Million Tonnen Phthalate. Über 90 Prozent davon gehen in die Weich-PVC-Herstellung. Als Weichmacher bilden Phthalate keine festen Bindungen mit dem PVC. Dadurch entweicht ein Teil der Phthalate aus den Produkten, wie beispielsweise Fußböden, Tapeten oder Verpackungsmaterial. Das Human-Biomonitoring verschiedener Länder hat gezeigt, dass die Bevölkerung industrialisierter Länder durchgehend mit Phthalaten belastet ist. Unter REACH sind ca. 600 Phthalate vorregistriert worden; die sechs am häufigsten verwendeten Verbindungen sind: DIDP (Diisodecylphthalat), DiNP (Diisononylphthalat), DEHP (Di(2-ethylhexyl)phthalat), DnBP (Di-n-butylphthalat), DiBP (Diisobutylphthalat) und BBzP (Butylbenzylphthalat).

Wie sind Phthalate reguliert?

2011 hat die EU entschieden, dass DEHP, DnBP und BBzP zu den ersten Chemikalien gehören, deren Anwendung durch REACH umfassend geregelt wird: Der Verkauf und die Verwendung dieser Chemikalien ist ab dem 1. Januar 2015 verboten. Ausnahmen gibt es nur, wenn die EU-Kommission einem Unternehmen eine eigene Zulassung für die Verwendung der Phthalate erteilt. Dafür müsste das Unternehmen darlegen, dass mögliche Risiken durch entsprechende Maßnahmen adäquat begrenzt werden können oder dass der sozioökonomische Nutzen der Verwendung dieser Chemikalien die möglichen Risiken für Mensch und Umwelt überwiegt.

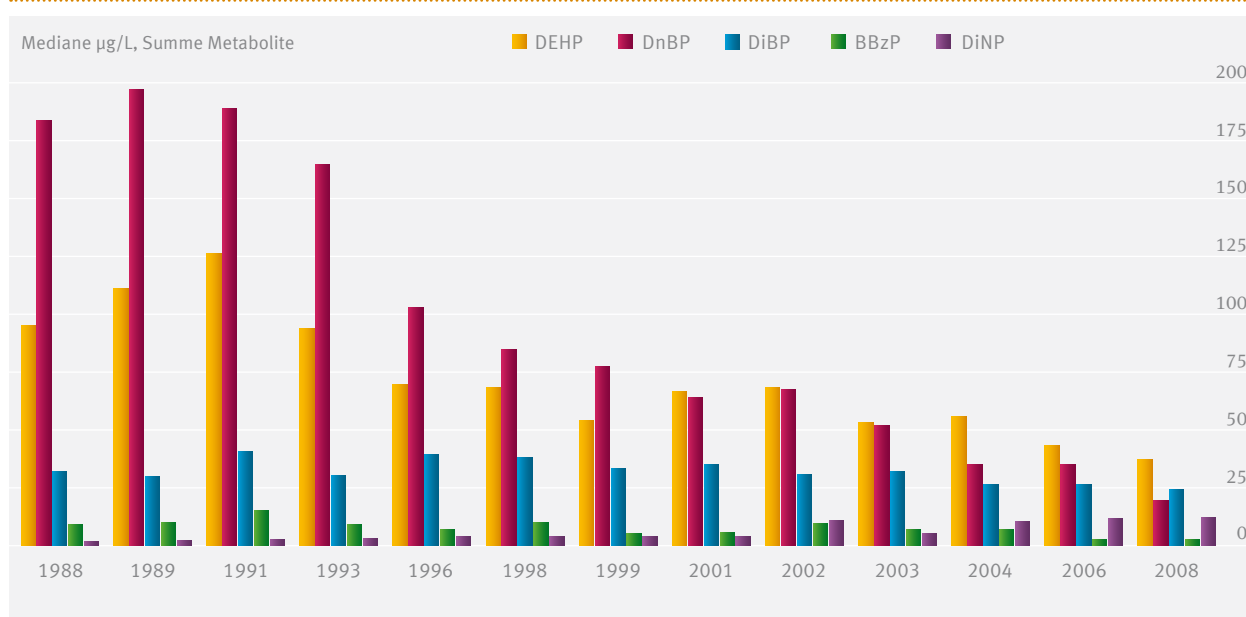
Bereits 2005 hatten die europäischen Mitgliedstaaten DEHP, DnBP und BBzP als reproduktionstoxische Stoffe eingestuft. Seitdem ist die Verwendung dieser Chemikalien in Kinderspielzeug, Babyartikeln und Kosmetika reguliert. Der Gebrauch dreier weiterer Phthalate – DiNP, DnOP (Di-n-octylphthalat) und DIDP – in Kleinspielzeug sowie Babyartikeln, die Kinder in den Mund nehmen können, wurde ebenfalls untersagt. Für diese Phthalate gibt es bereits seit 1999 eine Regulierung entsprechender Verwendungen.

IPASUM untersucht UPB-Proben auf Phthalatmetabolite

Das Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin (IPASUM) in Erlangen untersuchte in einer retrospektiven Studie über 800 archivierte Proben von 24h-Urin auf Primär- sowie Sekundärmetabolite der Phthalate DEHP, BBzP, DnBP, DiBP und DiNP. Studierende der Universität Münster im Alter von 20 bis 29 Jahren spendeten die Proben zwischen 1998 und 2008. Die Fachleute wiesen die Metabolite aller fünf Phthalate in nahezu sämtlichen Urinproben nach. Das weist auf eine ubiquitäre Belastung der Bevölkerung in Deutschland hin. Diese Ergebnisse stimmen gut mit den Untersuchungen in anderen Industrieländern und aus dem Kinder-Umwelt-Survey überein, der repräsentativ für die kindliche Bevölkerung ist. Der Umweltprobenbank-Studie zufolge sank die Phthalat-Belastung deutscher Erwachsener in den letzten zwanzig Jahren. Anfang der 1990er Jahre erreichten die Messwerte für DEHP, BBzP

Abbildung 9

Phthalatbelastung junger Erwachsener / 24h-Urin / Münster



Phthalate in Urinproben von Studierenden



und DnBP ihr Maximum, anschließend gingen die Belastungen zurück. Im Unterschied dazu stieg die Belastung mit DiNP auf das Vierfache an. Die Konzentration von DiBP veränderte sich über den zwanzigjährigen Messzeitraum nicht.

DEHP – greifen die Beschränkungen?

In den 1980er Jahren begann die Diskussion um die Risiken der Verwendung des Weichmachers DEHP in Plastik. Wie der an UPB-Proben gemessene Zeittrend zeigt, stieg die Belastung der weiblichen und männlichen Probanden der UPB mit DEHP in dieser Zeit noch an. Erst Anfang der 1990er Jahre, als die Debatte um die sichere Verwendung von DEHP die breite Öffentlichkeit erreichte, endete der Anstieg der Belastung der Umweltprobenbank-Probanden. 1997 verlangten Dänemark und Spanien von der EU-Kommission eine vorsorgliche Anwendungsbeschränkung. Die EU-Kommission entschied sich wenig später für die zunächst temporäre, dann unbefristete Beschränkungsregelung zum Schutz der Kinder vor DEHP-Weichmachern. Der Zeittrend der Umweltprobenbank deutet an, dass als sich die Pläne der Kommission zur Anwendungsbeschränkung abzeichneten auch die chemischen Unternehmen die Verwendung von DEHP neu bewertet haben: Die Konzentration der DEHP-Metabolite in den Urinproben begann in den 1990er Jahren kontinuierlich zu sinken. Da die UPB-Proben von jungen Erwachsenen stammten, zeigt sich deutlich, dass die Veränderung des Marktes für Weichmacher offensichtlich nicht nur Kinderspielzeug betraf, sondern vor allem auch Produkte, die zu einer Phthalat-Belastung von Lebensmitteln führen. Dies ist von besonderer Bedeutung, da Menschen Phthalate in erster Linie über Lebensmittel aufnehmen.

Tabelle 3

Untersuchte Phthalatmetabolite und ihre Ausgangsverbindungen

Muttersubstanz		Metabolite	
Di-n-butylphthalat	DnBP	Mono-n-butylphthalat	MnBP
Diisobutylphthalat	DiBP	Mono-i-butylphthalat	MiBP
Butylbenzylphthalat	BBzP	Mono-benzylphthalat	MBzP
Di(2-ethylhexyl)phthalat	DEHP	Mono(2-ethylhexyl)phthalat	MEHP
		Mono(2-ethyl-5-hydroxyhexyl)phthalat	5OH-MEHP
		Mono(2-ethyl-5-oxohexyl)phthalat	5oxo-MEHP
		Mono(2-ethyl-5-carboxypentyl)phthalat	5cx-MEPP
		Mono(2-carboxymethyl-hexyl)phthalat	2cx-MMHP
Diisononylphthalat	DiNP	Mono(4-methyl-7-hydroxyoctyl)phthalat	7OH-MMOP
		Mono(4-methyl-7-oxooctyl)phthalat	7oxo-MMOP
		Mono(4-methyl-7-carboxylheptyl)phthalat	7cx-MMHpP



Erste Erfolge sind sichtbar – reichen aber nicht

2008 war die Konzentration der DEHP-Metabolite in den Proben junger Erwachsener aus der UPB auf die Hälfte bis ein Drittel der Messwerte der späten 1980er Jahre gesunken. Dennoch ist DEHP immer noch das Phthalat, das mengenmäßig den größten Anteil der Belastung der Münsteraner Studierenden mit dieser Weichmachergruppe darstellt. Unter Berücksichtigung der Belastungstrends aller untersuchter Phthalate fällt bei einem Vergleich der absoluten Konzentrationen in den UPB-Proben auf, dass die Gesamtbelastung mit den fünf untersuchten, teilweise im Untersuchungszeitraum in einigen Verwendungen verbotenen Phthalaten über zwanzig Jahre zurückgegangen ist. Zwar steigt die Belastung mit DiNP-Metaboliten deutlich an, jedoch sind die absoluten Konzentrationen der DiNP-Metaboliten in den Proben im Vergleich zu DEHP, BBzP und DnBP klein. Es ist daher

wahrscheinlich, dass chemische Unternehmen die PVC-Produktion auf andere Weichmacher umgestellt haben.

Weitere Regulierungsschritte sind sinnvoll

Ergebnisse aus dem Kinder-Umwelt-Survey des Umweltbundesamtes haben gezeigt, dass ca. 2 Prozent der Kinder in Deutschland zwischen 2003 und 2006 so hoch mit DEHP belastet waren, dass eine gesundheitliche Einschränkung nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann. Vor diesem Hintergrund dokumentieren die UPB-Zeittrends eine positive Entwicklung, zeigen aber auch, dass die toxikologisch bedenklichen Phthalate immer noch so breit eingesetzt werden, dass weitere Regulierungsschritte zu prüfen sind. Die Daten für Metabolite zeigen, dass DEHP immer noch der dominante Phthalat-Weichmacher ist, den Unternehmen einsetzen.

Tabelle 4

Höchste und niedrigste Konzentrationen der Phthalatmetabolite (Mikrogramm/Liter)

Phthalatdiester	Phthalatmetabolit	Niedrigster Wert (Jahr)	Höchstwert (Jahr)
DnBP	MnBP	69 (2008)	1208 (1993)
DiBP	MiBP	70 (2004)	465 (1991)
BBzP	MBzP	11 (2008)	154 (1999)
DEHP	MEHP	12 (2006)	47 (1993)
	5OH-MEHP	28 (2008)	120 (1991)
	5oxo-MEHP	15 (2008)	99 (1991)
	5cx-MEPP	25 (2008)	166 (1991)
	2cx-MMHP	15 (2006)	59 (1991)
DiNP	OH-MiNP	9 (1988)	48 (1998)
	oxo-MiNP	4 (1988)	27 (1998)

Bisphenol A in Humanproben der Umweltprobenbank

Bisphenol A (BPA) ist als Ausgangsstoff für Polykarbonat-Kunststoffe und Epoxidharze Teil vieler Alltagsgegenstände: Konservendosen, DVDs, Thermopapier, Lebensmittelverpackungen und Babyflaschen. Aus einigen dieser Produkte kann sich der Stoff lösen und dann auch von Menschen aufgenommen werden. BPA gehört mit 3,8 Millionen Tonnen pro Jahr zu den am meisten produzierten Chemikalien weltweit.

In den vergangenen Jahren haben Behörden und Unternehmen die Risiken der Verwendung von Bisphenol A für Mensch und Umwelt intensiv diskutiert.

In Milchfläschchen seit dem 1. Juni 2011 verboten

Die EU hat mittlerweile beschlossen, den Einsatz von Bisphenol A in Baby-Milchfläschchen zu verbieten. Alle Mitgliedstaaten haben demnach dafür Sorge zu tragen, dass ab dem 1. März 2011 auf ihrem Gebiet keine entsprechenden Produkte mehr produziert werden. Seit dem 1. Juni 2011 sind auch der Import und Verkauf Bisphenolhaltiger Babyflaschen in der EU untersagt.

Fachleute des Instituts für Prävention und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung an der Ruhr-Universität Bochum (IPA) haben archivierte Urinproben der Umweltprobenbank genutzt, um die zeitliche Entwicklung der inneren Bisphenol A Belastung von Münsteraner Studierenden zu rekonstruieren. Bekannte Probleme aus vorangegangenen BPA-Studien anderer Labore erforderten eingangs der Untersuchung besondere Maßnahmen zur Qualitätssicherung. Anschließend haben die Bochumer Fachleute 24h-Urin Proben der Münsteraner Kollektive von 1995 bis 2009 auf die Gehalte an freiem und gebundenem BPA untersucht.

Ubiquitäre Belastung der Bevölkerung

Alle untersuchten 600 Urinproben waren mit BPA belastet, das in nahezu allen Urinproben vollständig konjugiert vorlag. Über die Jahre hinweg nahmen die BPA-Konzentrationen in Urin ab: Die Mediane der BPA-Konzentrationen fielen von knapp 2 Mikrogramm/Liter Urin im Jahr 1997 auf Werte um 1,3 µg/L zum Ende des Untersuchungszeitraums. Auch die arithmetischen Mittelwerte sanken von anfangs etwa 3,3 µg/L auf 2,0 µg/L, die in Proben von 2008 und 2009 gemessen wurden.

In einer getrenntgeschlechtlichen Auswertung deuten beide Werte, Median und arithmetisches Mittel, auf geringfügig niedrigere BPA-Gehalte im Urin der weiblichen im Vergleich zu den männlichen Personen hin. Wenn aus den BPA-Konzentrationen im Urin die tägliche BPA-Aufnahme geschätzt wird, dann liegen auch die höchsten Werte unter der derzeit täglich tolerierbaren Aufnahmemenge (TDI) der Europäischen Lebensmittelbehörde EFSA von 50 µg/kg pro Tag.

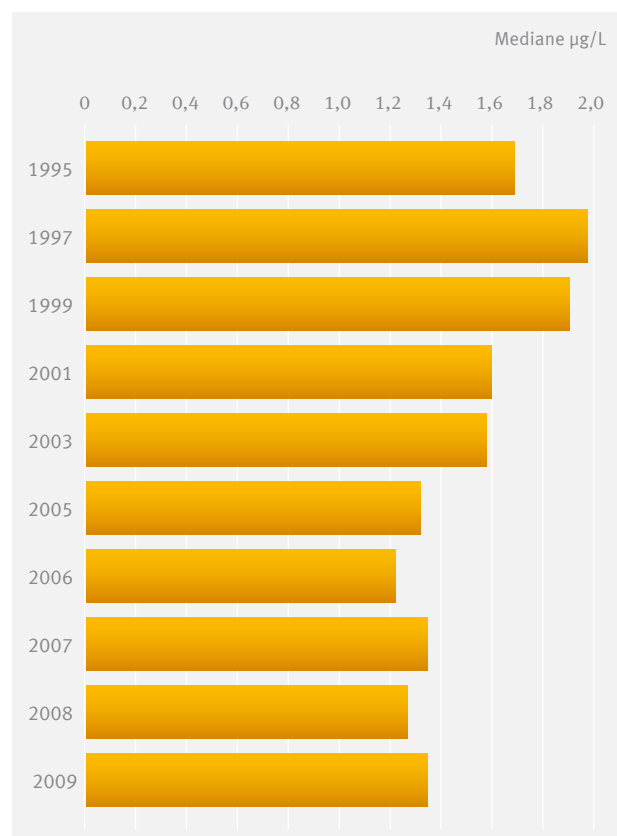
Steigende Verwendung, sinkende Belastung: Wie passt das zusammen?

Die Messwerte bestätigen die Annahme, dass die Bevölkerung in Deutschland ubiquitär mit BPA belastet ist. Auffällig ist, dass der Belastungstrend von 1995 bis 2009 fällt, während Unternehmen im gleichen Zeitraum die BPA-Produktion gesteigert haben. Offensichtlich korrelieren in diesem Fall die Produktionsmengen nicht direkt mit der inneren Belastung. Vermutlich haben Unternehmen wachsende BPA-Mengen in Produktbereichen eingesetzt, von denen die Chemikalie die Verbraucher nicht mehr direkt erreicht.

Insgesamt liegen die Messwerte etwas niedriger als in anderen populationsbasierten Studien. So wurden im Kinder-Umwelt-Survey (2003 – 2006) bzw. dem US amerikanischen Biomonitoring-Programm NHANES (2003 – 2004) Mediane von 2,7 µg/L bzw. 2,5 µg/L gemessen.

Abbildung 10

Bisphenol A in Urinproben



Lebenszyklus von Humanproben:



120 gesunde Personen

24h-URIN /
150 mL BLUT

Jedes Jahr werden Humanproben von 120 gesunden Personen an jeweils vier verschiedenen mittelgroßen Städten gesammelt. Dabei wird ein Geschlechterverhältnis von 50:50 angestrebt. Die Personen sind zwischen 20 und 29 Jahren alt. Jeder von ihnen spendet 24h-Urin-Proben und ca. 150 Milliliter Blut.

ERFASSUNG AM
PROBENNAHMEORT

Anamnese

Persönliche Metadaten wie Geschlecht, Alter und Geburtsort werden anhand standardisierter Fragebögen ermittelt. Weiterhin wird die Krankengeschichte (z.B. Gesundheitszustand, Zahnstatus, Medikation) erfragt sowie Informationen über den Gebrauch bestimmter Produkte und über andere Expositionsquellen und -wege.

MESSUNG AM
PROBENNAHMEORT

Urin
Dichte,
Leitfähigkeit,
Gesamt volumen,
Creatinin

Die biometrische Untersuchung der Urinproben umfasst das Urin-gewicht, die Dichte und die Leitfähigkeit. Diese Parameter werden direkt an den jeweiligen Probe-nahmeorten gemessen. Dagegen werden die klinisch-chemischen Blutparameter wie Cholesterin, Triglyzeride und Creatinin erst später im Labor untersucht.

MESSUNG IM
LABOR

Blut
Cholesterin,
Triglyzeride,
Gesamteiweiß,
Creatinin

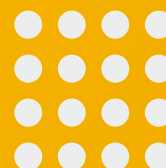
CHEMISCHER
FINGERABDRUCK



ANALYTIK

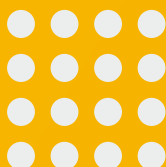


TEILPROBEN



Nachdem die Proben im UPB-Lager für Humanproben eingetroffen sind, werden Teilproben für die Analytik vorbereitet. Für jede einzelne Probe wird ein so genannter chemischer Fingerabdruck erstellt. Im Real-Time-Monitoring wird die Belastung der Personen mit ausgewählten Stoffen untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in der Datenbank der UPB gesammelt.

EINZELPROBEN



**-150°C
Kühlung**

ÜBER FLÜSSIGEM STICKSTOFF

Alle Humanproben werden als Einzel-proben gelagert. Nach der Aufarbeitung werden die Urin-, Vollblut- und Blutplasma-Proben umgehend bei Temperaturen unter -150°C über flüssigem Stickstoff gekühlt.

10.000
Proben je
Kryolagertank



Die Proben werden schließlich in Kryolagertanks eingelagert. Diese Tieftemperaturbehälter haben je ein Volumen von etwa 1.400 Liter. Die inerte Gasatmosphäre und die tiefe Temperatur in den Behältern verhindern eine biologische und chemische Veränderung der Proben während der Lagerung. Das ist eine wesentliche Voraussetzung für die Langzeitlagerung.

200.000 Einzelproben

SIND BEREITS
AUFGEARBEITET WORDEN



Während der Aufarbeitung werden die Vollblut- und Urin-Proben für die Lagerung vorbereitet. Zusätzlich wird Blutplasma aus jeweils 20 mL Gesamtblut hergestellt. Bislang sind so über 200.000 Einzelproben aufgearbeitet worden.

MÜNSTER-WOLBECK



-150 °C
Mobiles Labor

Die Proben aus Greifswald, Halle, Münster und Ulm werden von Fachleuten des Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik (IBMT) transportiert. Ein Spezialfahrzeug stellt dabei sicher, dass während des Transports die Kühlkette nicht unterbrochen wird. Das zentrale UPB-Lager für die Humanproben steht in Wolbeck bei Münster.

Lager- Datenbank

In der Lager-Datenbank des Archivs ist die Information zu den Inhalten eines jeden Behälters gespeichert. Das ermöglicht einen raschen Zugriff auf alle Proben, beispielsweise für die Untersuchung von Zeitreihen. Für eine retrospektive Untersuchung, die 20 Jahre umfasst, werden etwa 200 verschiedene archivierte Proben eingesetzt.



Aus Vollblut werden Plasmaproben gewonnen



Urinproben vor der Routineanalytik



Perfluorierte Stoffe in Umweltproben

Perfluorierte Chemikalien (PFC) haben besondere Eigenschaften, die sie für viele Anwendungen brauchbar machen, vor allem für wasser- und fettabweisende Oberflächenbeschichtungen und Imprägnierungen. Die am besten bekannten Produkte mit perfluorierten Verbindungen sind Funktionstextilien und Haushaltswaren. Perfluorierte Chemikalien sind aber auch Bestandteil vieler anderer Anwendungen, beispielsweise von Reinigungsmitteln, Löschschäumen und Hydraulikflüssigkeiten.

Bestimmte perfluorierte Verbindungen sind extrem stabil in der Umwelt und nahezu resistent gegenüber natürlichen Abbauprozessen. Seit den späten 1980er Jahren ist bekannt, dass diese Verbindungen weltweit verbreitet sind und sich in Nahrungsnetzen anreichern. Bereits in den 1970er Jahren deckten Untersuchungen in PFC-verarbeitenden Betrieben auf, dass die Chemikalien auch in menschliche Organe gelangen. Eine ganze Reihe von Human-Biomonitoring Studien hat seitdem gezeigt, dass perfluorierte Chemikalien Teil der chemischen Signatur in der menschlichen Bevölkerung in industrialisierten und sich entwickelnden Ländern geworden sind. Dazu kommt, dass einige PFC giftig sind, sie stehen im Verdacht krebserregend zu sein und hormonelle Wirkungen hervorzurufen.

Seit 2008 sind daher die Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) und ihre Salze sowie das Zwischenprodukt Perfluorooctansulfonylfluorid (PFOSF) Teil des Anhangs der Stockholm-Konvention zur Regulierung persistenter organischer Stoffe. Jedoch hatte der Hauptproduzent von PFOS, nämlich das Unternehmen 3M, bereits 2000 angekündigt, aus der PFOS-Produktion auszusteigen. Nach wie vor umstritten ist die Verwendung anderer Stoffe, wie die Perfluorooctansäure (PFOA). In einem so genannten Beschränkungs-dossier trägt zurzeit eine gemeinsame Arbeitsgruppe aus Vertreterinnen und Vertretern von Umweltbundesamt (UBA), Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) und Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) zusammen, warum der als reproduktionstoxisch geltende Stoff so schnell wie möglich verboten werden sollte.

Hat der freiwillige PFOS-Produktionsstopp die Belastung des Menschen vermindert?

In verschiedenen Human-Biomonitoring-Untersuchungen für PFOS, die in einer Reihe von Ländern initiiert wurden, zeigen sich ähnliche Trends: Die Werte steigen in den 1980er und 1990er Jahren an. In dieser Zeit wurden ständig steigende PFOS-Mengen in Bedarfsgegenständen eingesetzt, in den 1990er Jahren waren es mehrere Tausend Tonnen. Dann, um das Jahr 2000 herum, erreichten die Konzentrationen in den menschlichen Proben ihr Maximum, in den letzten Jahren sanken sie dann ab. Der Abschwung der Konzentrationen erklärt sich vermutlich durch den Produktionsstopp, den der Hauptproduzent 2000 erklärt hat, und die kurze Halbwertszeit im Blut. Aus dem Human-Biomonitoring kann also berichtet werden, dass der Unternehmensverzicht erfolgreich war.

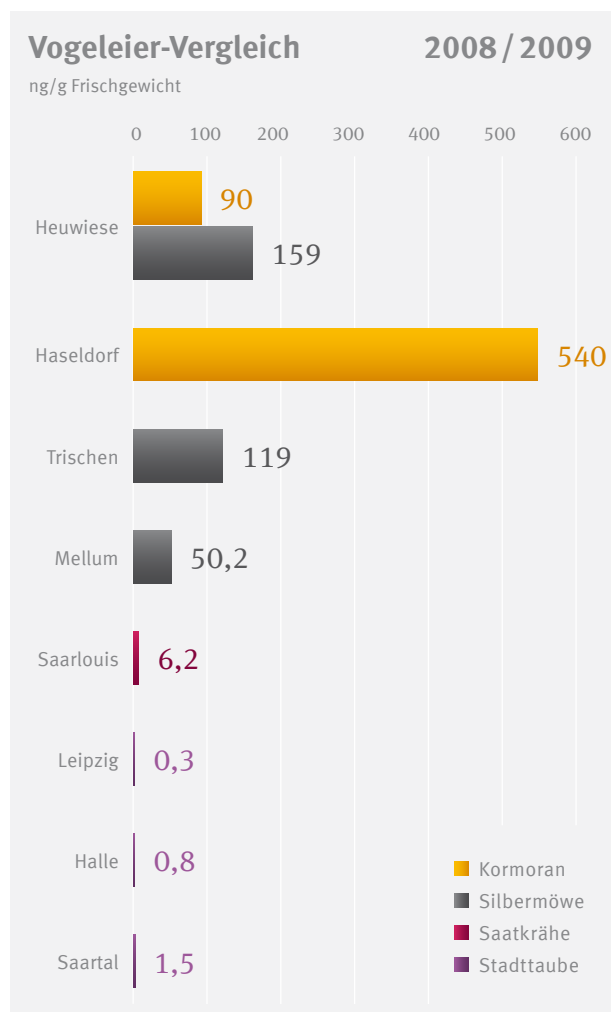
Infografik 12

PFC – Perfluorierte Chemikalien



Abbildung 11

Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)



Aber gilt das auch für das Umweltmonitoring?

Das UBA hat die Analyse von Trends der PFC-Belastung von Möweneiern in Auftrag gegeben, die für die Umweltprobenbank von 1988 bis 2008 an Nistplätzen der Nord- und Ostsee gesammelt wurden. In Eiern von der Ostsee ermittelten die Fachleute des Fraunhofer IME einen Anstieg der PFOS-Gehalte. Dagegen geht die PFOS-Belastung in den Möweneiern von Probenahmestellen an der Nordsee zurück. Das UBA hat daraufhin Anschlussuntersuchungen für archivierte Aalmutter- und Miesmuschelproben von Meeresstandorten der Umweltprobenbank in Auftrag gegeben. Hinzu kamen eine Auswahl von Fischproben aus der Elbe und einem Referenzstandort in Niedersachsen, Kormoraneiern von Nistplätzen, die an der Elbe und der Ostsee liegen, sowie Tauben- und Saatkräheneiern. Ziel der Untersuchung war, der folgenden Frage nachzugehen: Wie ist das Anreicherungsverhalten der perfluorierten Chemikalien in Nahrungsnetzen an der Nord- und Ostseeküste und wie sieht die Belastung fischfressender und anderer Vögel aus?

UPB-Proben zeigen Anreicherung von PFOS und weiteren PFC in der Umwelt

Ein Vergleich der PFC-Belastung der Möwen-, Aalmutter- und Miesmuschelproben zeigt eine Anreicherung entlang der Trophiestufen. In Miesmuscheln fanden die Fachleute PFOS und die Vorläuferverbindung PFOSA, aber keine anderen perfluorierten Chemikalien. Die PFOS-Trends in den Muscheln sind an allen Probenahmestellen ungerichtet. Jedoch nimmt die Belastung der PFOS-Vorläuferverbindung PFOSA in Nordseemuschn ab, nicht aber in Ostseemuschn. Im Vergleich zu den Muschelproben verbreitert sich das Spektrum der PFC-Nachweise in den Aalmutterproben. Neben dem einmal mehr dominanten PFOS haben die Fachleute Perfluorpentansäure (PFPA) gemessen und – aber nicht in allen Proben – PFOA sowie andere perfluorierte Chemikalien. Über den gesamten Beobachtungszeitraum ergeben die PFOS-Werte in den Aalmutterproben keinen schlüssigen Trend. Jedoch sieht es danach aus, dass die Konzentrationen um das Jahr 2000 ihre Spitze erreicht hatten. Signifikante Trends tauchen erst mit den Zeitreihen für Möwen auf, dem Vertreter der höchsten trophischen Ebene im Umweltprobenbank-System: In den Vogeleiern verbreitert sich das Spektrum der PFC-Belastung erneut, in diesen Proben haben die Umweltfachleute auch die höchsten Konzentrationen der einzelnen Verbindungen gemessen.

Kein wirklicher Rückgang der Belastung im marinen Nahrungsnetz

Die Analyse der Zeitreihen zeigt, dass die PFOS-Werte von 1995 bis 2008 in Möweneiprobe der Ostseeinsel Heuwiese steigen. Das sieht bei den Eierproben der Nordsee anders aus: Es gibt keinen klaren Trend der PFOS-Belastungen in Proben der Insel Trischen, die der Elbemündung vorgelagert ist. Dagegen sinken die PFOS-Werte von 1998 bis 2008 um durchschnittlich 4 Prozent pro Jahr in Möweneiprobe von Mellum, der Wattenmeerinsel.

Kormoran, eine neue Probenart für die UPB?

Kormoraneier sind Kandidaten für eine neue Probenart der Umweltprobenbank. Bislang fehlt im limnischen Nahrungsnetz eine Probenart, die die Gruppe der obersten Räuber – so genannte Toppredatoren – repräsentiert und die Probenarten Schwebstoff, Dreikantmuschel und Brassen ergänzt. Als Teststandorte für die Kormoran-Probenahme wurden zwei Nestkolonien herangezogen, die Haseldorfer Marsch an der Binnenelbe und die Ostseeinsel Heuwiese. Perfluorierte Chemikalien belasten die Kormoraneier beider Kolonien, in allen Proben sticht PFOS hervor. In den Kormoraneiern aus der Haseldorfer Marsch war das nachweisbare Spektrum der perfluorierten Chemikalien größer als in Eiern von der Insel Heuwiese.

Kormoranproben der Elbe im kritischen Bereich

Interessanterweise sind die PFOS-Konzentrationen in Kormoran- und Möweneiern, die auf der Insel Heuwiese gesammelt wurden, nahezu gleich hoch. Dabei verfolgen die beiden Tierarten unterschiedliche Ernährungsstrategien. Die Kormoraneier der Kolonie an der Binnenelbe waren wiederum deutlich stärker belastet als die Eier der Küstenbewohner. Das Nachweisspektrum der perfluorierten Chemikalien der Haseldorfer Marsch ähnelt den Befunden für Brassen, die für die Umweltprobenbank etwa 35 Kilometer elbaufwärts gefangen wurden. Auch die PFC-Konzentrationen sind vergleichbar hoch, wobei hier aber beachtet werden muss, dass Messwerte aus Vogelei und Fischleber – und nicht die Gesamtbelastung der Organismen – verglichen werden. Einzelne Kormoranproben überschreiten die von US-Fachleuten abgeleitete Unbedenklichkeitsschwelle (PNEC, predicted no effect concentration) von 1,0 µg PFOS/mL Ei. Im Vergleich zu den PFC-Werten in Möwen- und Kormoraneiern fanden die Umweltfachleute nur eine geringe Belastung von Tauben- und Saatkräheneiern. In den Eiern dieser beiden terrestrischen Probenarten waren nur wenige PFC-Verbindungen nachweisbar, ihre Konzentrationen lagen deutlich unter den Werten der küsten- und flussbewohnenden Möwen und Kormorane.

Abbildung 12

Zeitreihen Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) in Möweneiern

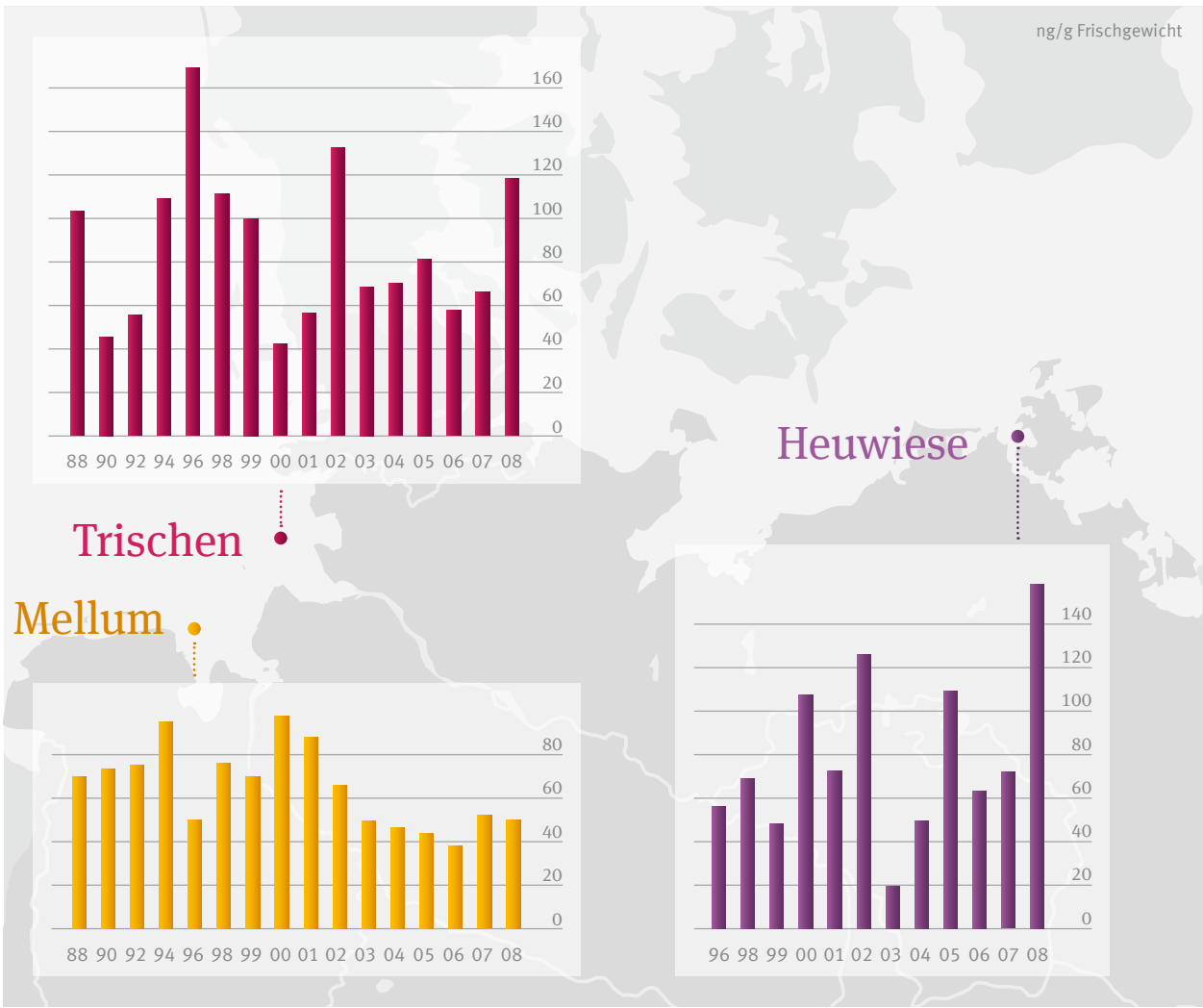


Tabelle 5

Muster der Perfluorierten Chemikalien in Umweltproben

■ dominante PFC-Verbindung in den Proben ■ in einigen Proben nachgewiesen – in vielen Proben aber nicht nachgewiesen
■ oberhalb der Nachweisgrenze nachweisbar ■ methodisch nicht nachweisbar ■ Stoff in den Proben nicht nachweisbar

	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTtA	PFBS	PFHxS	PFHpS	PFOS	PFDS	PFOSA
Miesmuscheln																
Aalmutterleber																
Silbermöweneier																
Brassenleber																
Kormoraneier (Elbe)																
Kormoraneier (Ostsee)																
Kräheneier																
Taubeneier																

Flammschutzmittel – ein heißes Thema

Seit 2008 ist die zeitliche und räumliche Belastung der Umwelt mit bromierten Flammschutzmitteln ein Schwerpunkt der Forschung der UPB. Polybromierte Diphenylether (PBDE) und Hexabromcyclododecan (HBCD) waren bis vor wenigen Jahren die weltweit am meisten verwendeten bromierten Flammhemmer. Mittlerweile haben die Behörden Teil- oder Totalverbote für die Verwendung einiger Vertreter dieser Stoffgruppe erlassen. Seit den 1960er Jahren setzen Unternehmen polybromierte Diphenylether (PBDE) als Flammschutzmittel in Produkten ein. Kommerzielle Bedeutung haben vor allem drei technische Mischungen: Penta-BDE, Octa-BDE und Deca-BDE. In den 1980er Jahren stellte sich heraus, dass beispielsweise Penta-BDE in der Umwelt sehr langlebig ist und dazu neigt, sich in Nahrungsnetzen anzureichern. Zudem erwiesen sich insbesondere die geringer bromierten Verbindungen als giftig. Einige der Stoffe stehen im Verdacht, krebserregend zu sein und endokrine Wirkungen hervorzurufen.

PBDE- und HBCD-Funde in Proben der Meeresumwelt

Archivierte Möwenei-proben der UPB-Küstenstandorte wurden auf 35 Einzelkongenere aus der Gruppe der PBDE sowie auf die sechs wichtigsten Stereoisomere des HBCD analysiert. Die Proben stammen von den Nordseeinseln Mellum und Trischen, wo sie von Fachleuten zwischen 1988 bis 2008 gesammelt wurden, sowie von der Ostseeinsel Heuwiese (1993 – 2008). Neben den für die deutsche UPB-üblichen Sammelpuben wurden auch Ein-

zeleier von 2008 der Inseln Trischen und Heuwiese auf PBDE untersucht und ihre Konzentrationen verglichen. Die PBDE-Trends in Möweneiern sind uneinheitlich.

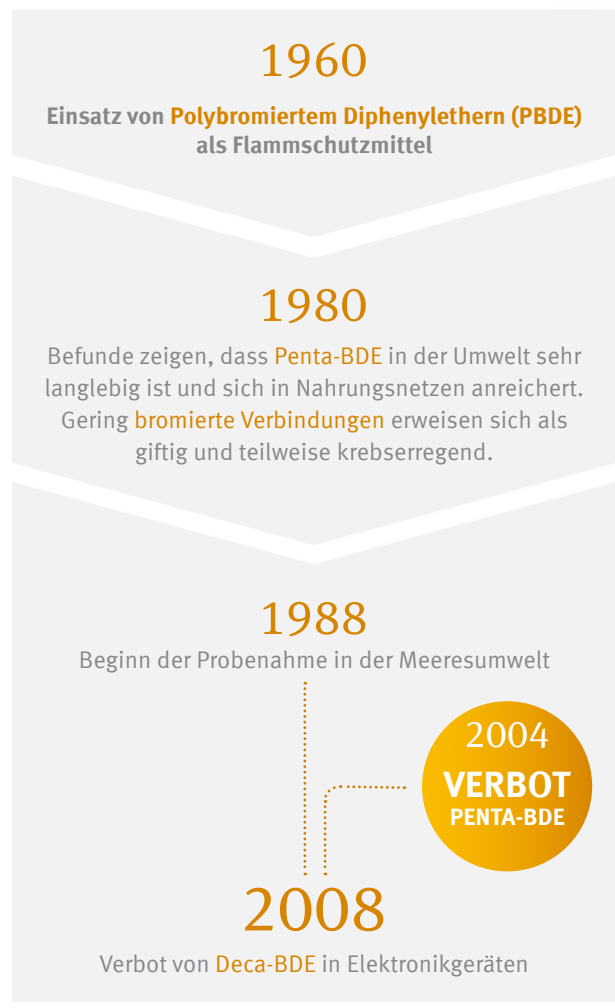
Die Zeitreihen zeigen den Erfolg des EU-weiten Verbots von kommerziellem Penta-BDE im Jahr 2004: In Möweneiern aller drei Standorte sinkt die Belastung mit diesem Flammschutzmittel zwischen 2004 und 2008 kontinuierlich um etwa 30 Prozent des Ausgangswertes.

Möweneier eignen sich besonders gut, um Stoffe zu verfolgen, die sich in Nahrungsnetzen anreichern.



Infografik 13

Flammschutzmittel



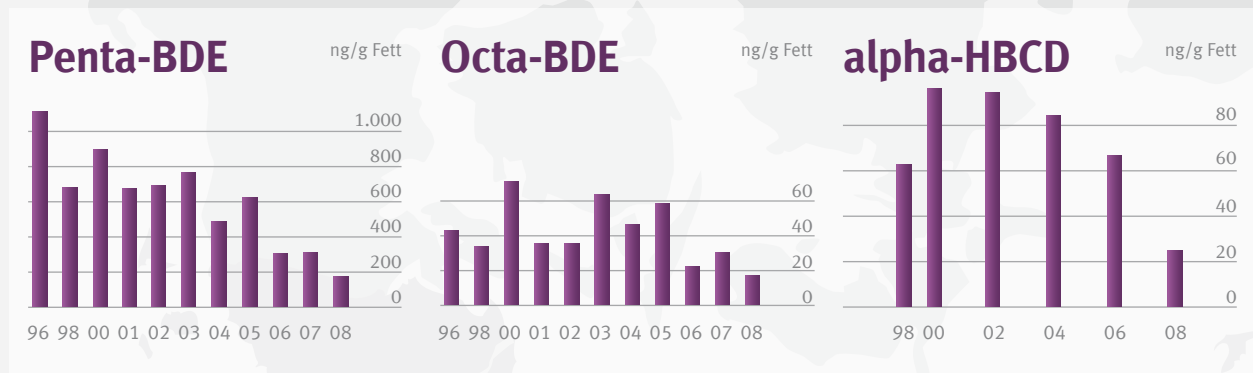
Textbox 11

Die Stockholm-Konvention

Die Stockholm-Konvention ist ein internationales Umweltübereinkommen, das zum Ziel hat, die Produktion und die Anwendung langlebiger organischer Schadstoffe (POPs), wenn sie eine nicht tolerierbare Gefahr für die menschliche Gesundheit und die Umwelt darstellen, zu verbieten oder zumindest zu beschränken. Sie trat am 17. Mai 2004 in Kraft. POPs sind nicht nur sehr langlebig in der Umwelt, sie sind auch giftig für den Menschen oder die Umwelt, neigen dazu, sich in Nahrungsnetzen anzureichern und überwinden in der Luft oder im Wasser große Strecken. POPs bestehen aus drei Gruppen: Industriechemikalien, beispielsweise die Polychlorierten Biphenyle (PCBs) und die Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) sowie ihre Salze, Nebenprodukten wie Dioxine und Furane sowie Pestiziden und Bioziden, beispielsweise DDT. Gegenwärtig sind 24 POPs im Anhang der Stockholm-Konvention gelistet.

Abbildung 13

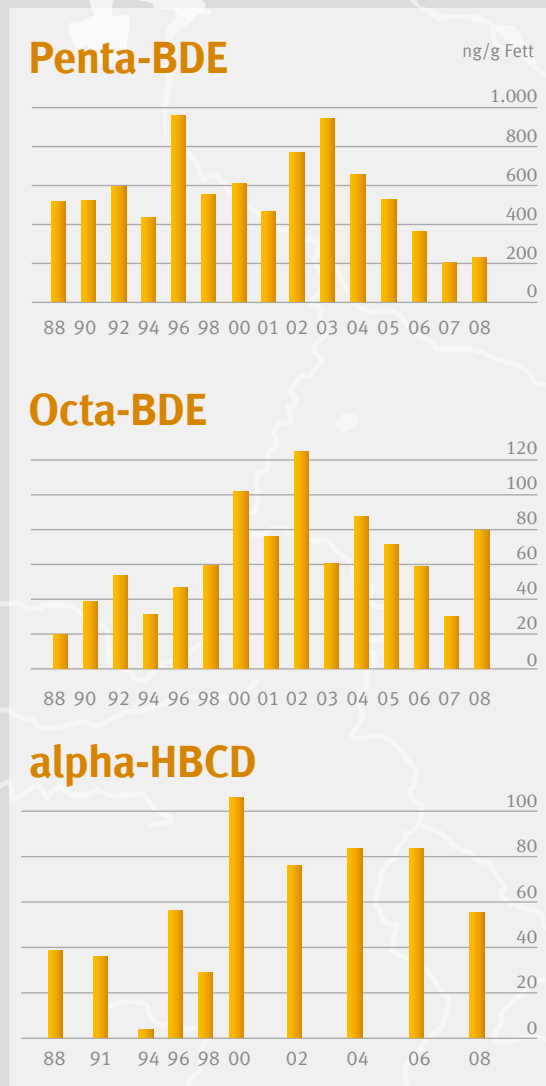
Zeitreihen Flammenschutzmittel in Möweneiern



Heuwiese

Trischen

Mellum



Penta-BDE

Octa-BDE

alpha-HBCD

Für das ebenfalls 2004 von der EU verbotene Octa-BDE ist der Befund weniger eindeutig: Zwar stoppt im Jahr des Verbots der seit den 1990er Jahren ansteigende Trend und beginnt dann ebenfalls zu sinken. Jedoch stiegen die Octa-BDE Werte in den Nordsee-Möweneiprobe n der Jahre 2007 und 2008 wieder an. Die Belastung der Möweneiprobe n mit Deca-BDE, dem dritten kommerziell genutzten Flammhemmer folgte keinem klaren Zeittrend. Deca-BDE ist seit 2008 in Elektronikgeräten verboten, die in Europa auf den Markt kommen. Die Verwendung in anderen Produktgruppen ist jedoch weiterhin erlaubt, beispielsweise in Textilien, da die Bewertung des Verhaltens von Deca-BDE in der Umwelt nach wie vor umstritten ist. Das gilt insbesondere für den Stofftransport des Flammhemmers zwischen den Umweltmedien.

HBCD-Belastung der Möweneier sinkt in den letzten Jahren

In den Möweneiprobe n aller drei Probenahme flächen zeigt sich, dass auch die HBCD-Konzentrationen von Mitte der 1980er bis Ende der 1990er Jahre signifikant anstiegen und dann um die Jahrtausendwende ihr Maximum erreichten. Anschließend sanken die Konzentrationen an allen Standorten, in den Proben der Nordseeinsel Trischen sogar bis auf das Niveau der 1980er Jahre. Ob der zeitliche Verlauf der Belastung mit sinkenden Produktionsmengen korreliert, ist nicht bekannt, da entsprechende Marktangaben der Industrie fehlen.

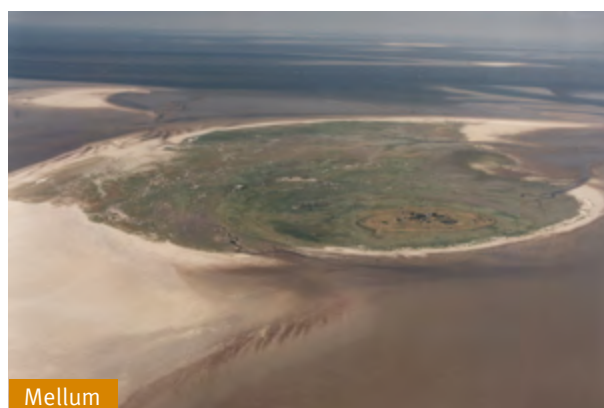
Wie sieht es in Fischproben der Binnengewässer aus?

Beide Flammhemmer, PBDE und HBCD, wurden auch in Brassenfilets untersucht, um einen Überblick über die Belastung der Binnengewässer zu erhalten. Die Proben stammten aus den Flüssen Rhein, Saar, Donau, Elbe und den Nebenflüssen Saale und Mulde sowie dem Referenzstandort Belauer See. Zusätzlich haben die Fachleute ein umfangreiches Spektrum weiterer bromierter Flammschutzmittel analysiert.

In den Gewässern stieg die Belastung der Brassenmuskulatur mit bromierten Flammschutzmitteln in dieser Reihenfolge: Belauer See < Mulde, Elbe, Donau < Saale < Rhein < Saar. Die PBDE-Gehalte der Fischproben des Rheins wuchsen flussabwärts an. Dagegen wurden an der Elbe die niedrigsten Belastungen im Unterlauf bei Blankenese nahe Hamburg gefunden. In den aus der Saar stammenden Proben fanden die Fachleute die höchsten PBDE-Gehalte von allen untersuchten Proben. Die Fische waren hier teilweise bis zu einem Faktor zehn höher belastet als die Brassen der anderen Gewässer. Anders als in den marinen Proben ist von 1995 bis 2009 keine kontinuierliche Abnahme der PBDE- oder HBCD-Konzentrationen in Fischen aus Binnengewässern zu beobachten.

Wie steht es um die Risiken durch Ersatzstoffe?

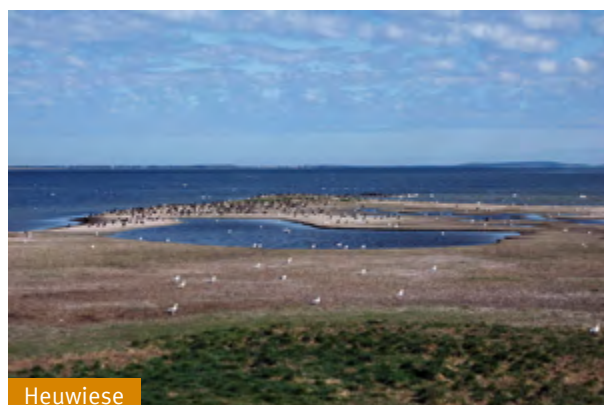
Die Flammschutzmittel BB 153 (Hexabromdiphenyl), BB 209 (Decabromdiphenyl), PBT (Pentabromtoluol), HBB (Hexabrombenzol), PBEB (Pentabromethylbenzol) und BTBPE (1,2-Bis(2,4,6-tribromphenoxy)ethan), die als



Mellum



Trischen



Heuwiese

Ersatz für mittlerweile verbotene Substanzen vermutet werden, konnten in den untersuchten Fischproben nur vereinzelt nachgewiesen werden. Hinweise auf einen zeitlichen Anstieg der Konzentrationen dieser Flammhemmer in Fischen gibt es zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht.

Wie verteilen sich Flammhemmer in der terrestrischen Umwelt?

Für den terrestrischen Bereich wurden archivierte Bodenproben der Jahre 2002 und 2006 sowie Leberproben von Rehen aus korrespondierenden Probenahmegebieten und Jahren auf PBDE-Flammhemmer untersucht. In Bodenaufgaben, also der obersten Bodenschicht, lag die Summe aller gemessenen PBDE-Kongenerne im niedrigen Konzentrationsbereich von 0,5 bis 10 Nanogramm/Gramm Trockensubstanz. Das Deca-BDE machte hierbei

den Hauptanteil (30 bis 80 Prozent) aus. Überraschenderweise waren nicht die urbanen Gebiete (Saarländischer Verdichtungsraum, Dübener Heide) oder die Probenorte der Hochlagen (Berchtesgaden, Bayerischer Wald) am stärksten mit den bromierten Flammmhemmern belastet, sondern die Mittelgebirgsstandorte Solling und Harz. In der tieferen Bodenschicht, dem mineralischen Oberboden, konnten kaum noch PBDE-Kongeneren oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden. Allgemein gilt die Abnahme einer Belastung mit zunehmender Bodentiefe als ein Hinweis auf das geringe Verlagerungspotential einer Chemikalie – in diesem Fall der PBDE – und auf den überwiegenden Eintrag aus der Luft und mit Laub. In Leberproben von Rehen, die zwischen 2002 und 2006 gesammelt wurden, fanden die Fachleute PBDE in nur geringen Konzentrationen. Es waren 1 bis 30 ng PBDE/g Fett in den Leberproben, wobei – wie in den Bodenproben – Deca-BDE den Hauptanteil ausmacht. Weitere Korrelationen zwischen Rehlebern und Bodenproben gab es mit Blick auf die PBDE-Konzentrationen oder -Kongenerenmuster nicht. Auch die Zeittrends der Belastung

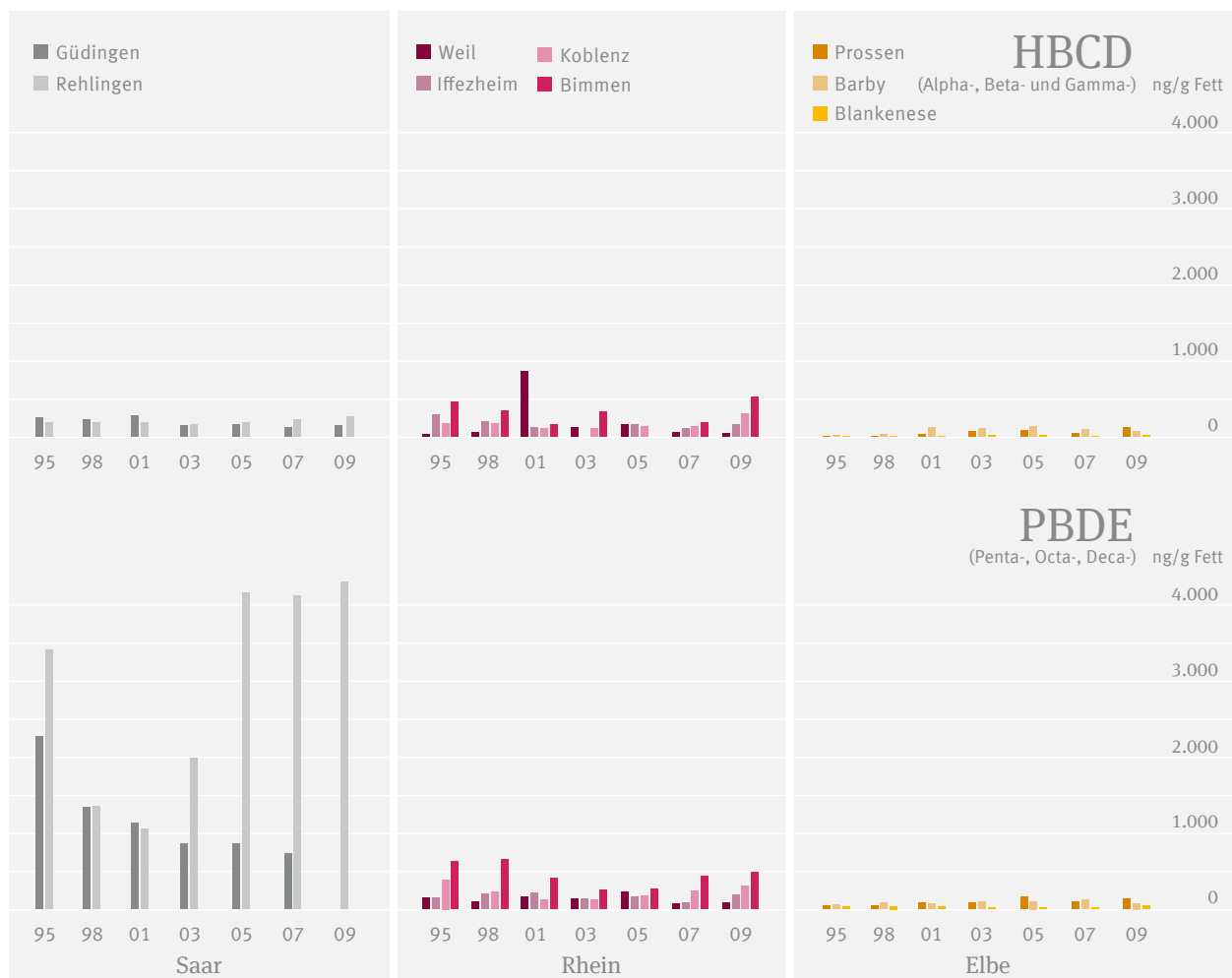
ergeben kein Gesamtbild: Von den frühen zu den späten 2000er Jahren haben die Fachleute sowohl signifikant steigende, abnehmende als auch in etwa gleichbleibende PBDE-Konzentrationen an den Standorten gefunden.

Fazit: Vorsichtige Entwarnung für einzelne Flammmhemmer gilt nur für die Meeresumwelt

Die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen zeigen für die 1990er Jahre einen Anstieg der Konzentrationen der bromierten Flammmhemmer Penta- und Octa-BDE sowie HBCD in Möweneiern der deutschen Küste. Die Werte erreichten mit der Jahrhundertwende ihr Maximum und fielen dann in der Regel ab. Unklarheiten gibt es bei der Trendentwicklung von Octa-BDE in Proben des Wattenmeers sowie von Deca-BDE an allen marinen Standorten. Im vergleichbaren Zeitraum gab es keine kontinuierliche Abnahme der Belastung in Brassen, die für die UPB in deutschen Binnengewässern gefangen wurden. Die Belastung terrestrischer Proben mit PBDE ist vergleichbar geringer und durch Deca-BDE geprägt, vermutlich von Lufttransport bestimmt und ohne klaren Trend.

Abbildung 14

Flammschutzmittel in Brassen



Organozinnverbindungen - sinkende Konzentrationen aber noch keine Entwarnung

Dass Organozinnverbindungen weiträumig Risiken für Meereslebewesen darstellen können, wurde in den 1980er Jahren bekannt. Umweltfachleute hatten damals in französischen Austernbänken eine verminderte Fortpflanzungsfähigkeit der Tiere festgestellt, die sich bis zur Unfruchtbarkeit ausprägen konnte. Diese Effekte wurden der Verwendung von Triorganozinnverbindungen zugeschrieben. Triphenylzinn (TPT) und Tributylzinn (TBT) wurden damals weitläufig in Antifoulinganstrichen eingesetzt, um Schiffsrümpfe vor Aufwuchs zu schützen. Unternehmen reagierten auf die Bedenken, indem sie Triphenylzinn aus ihren Produkten nahmen. Behördenseits wurde 1989 die Verwendung von TBT auf größere, kommerzielle Schiffe beschränkt. 1995 wurde der Einsatz von TPT verboten. 2003 schließlich folgte ein allgemeines Anwendungsverbot für TBT-haltige Schiffsschutzanstriche in Europa.

Erfolg der Verbote auf dem Prüfstand

Die Auswirkung des Verwendungsverbotes für Organozinnverbindungen wurde mit archivierten UPB-Proben untersucht. Fachleute verwendeten hierfür Proben der Aalmutter und der Miesmuschel, die aus Probenahmeplätzen der Nord- und Ostseeküste stammen, und untersuchten sie auf ihren Gehalt an verschiedenen Butylzinn-

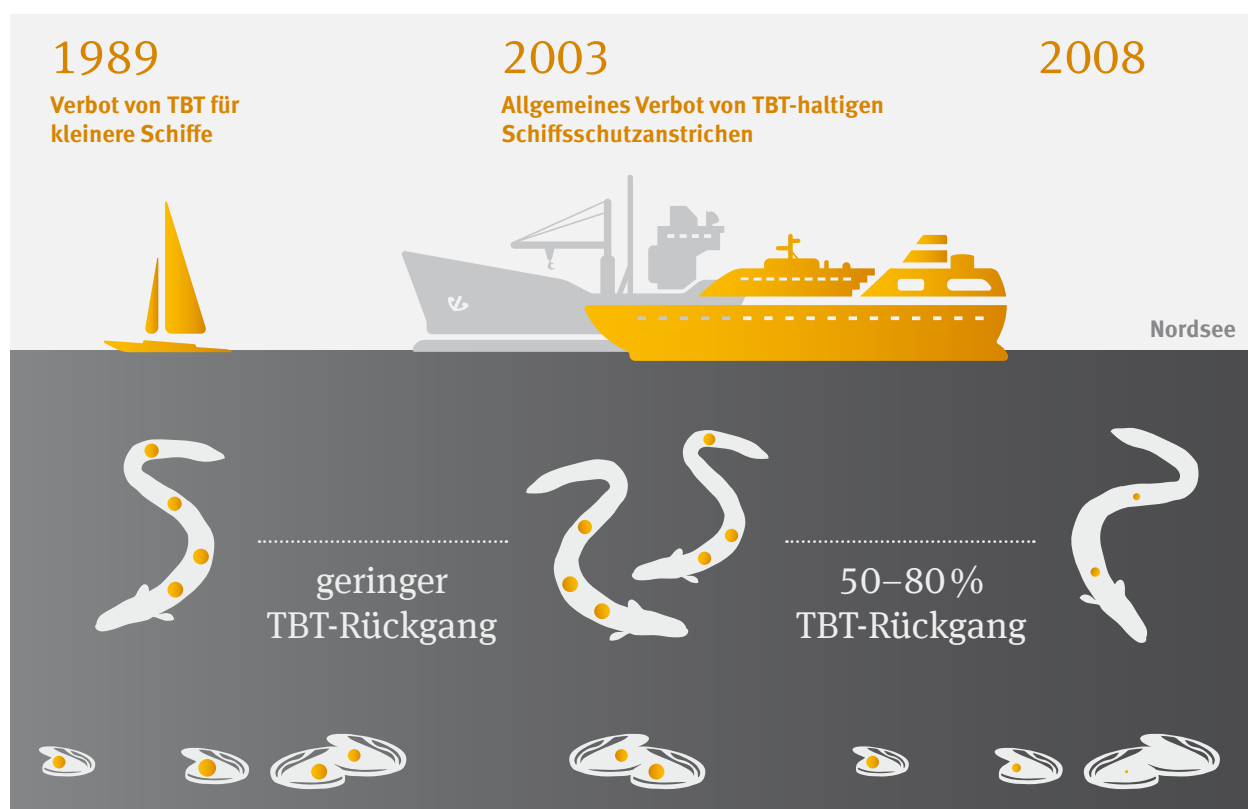
spezies. Eine zweite Studie untersuchte Brassenproben aus deutschen Flüssen und einem Referenzgewässer.

Was bringt das Anwendungsverbot für kleine Schiffe?

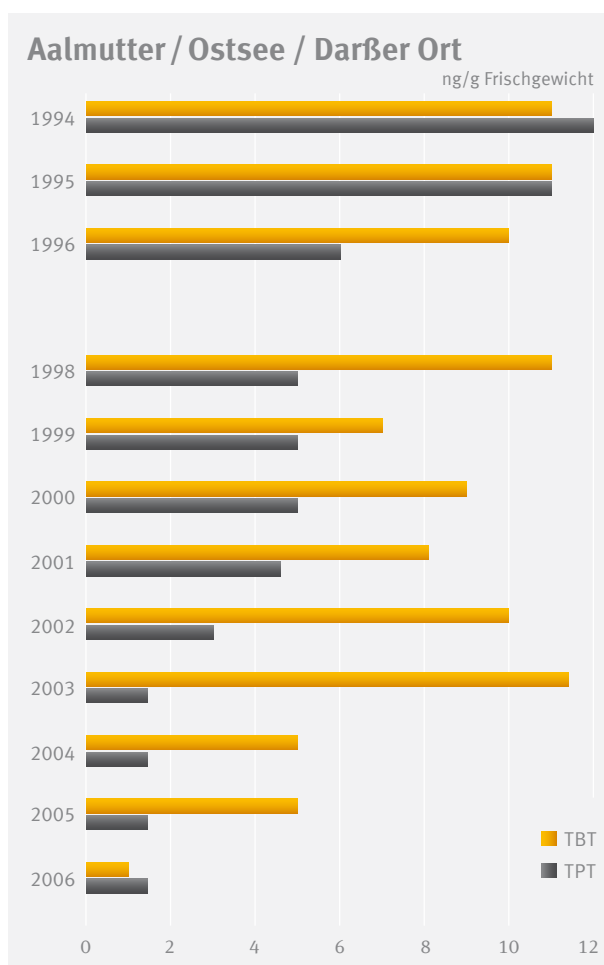
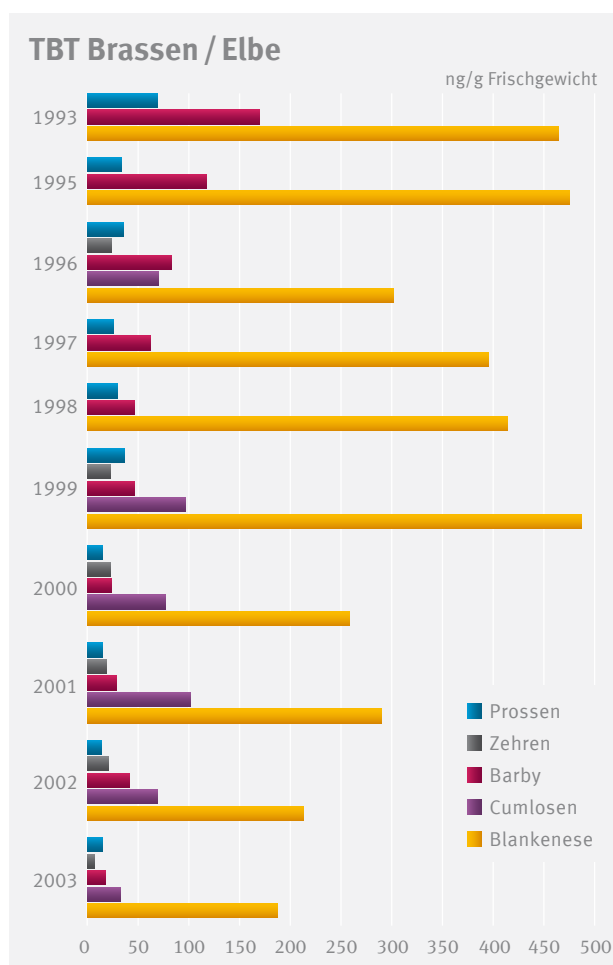
Die Binnenschifffahrt war lange Zeit die Hauptbelastungsquelle der Flüsse mit Organozinnverbindungen. Es sind rund 5.000 deutsche Schiffe und 10.000 Wasserfahrzeuge anderer EU-Länder für die Binnenschifffahrt registriert. Nach dem TBT-Verbot von 1989 für kleinere Schiffe sanken die Konzentrationen um 50 – 90 Prozent in Brassen, die aus Fängen in zahlreichen deutschen Binnengewässern stammen. Die Trends für TPT sehen ganz ähnlich aus. Sehr hohe Organozinnwerte fanden sich in Brassenproben von der Unterelbe an der Probenahmefläche Blankenese. Die wahrscheinliche Ursache sind Dockarbeiten im Hamburger Hafen, der in der Nähe der Probenahmefläche Blankenese liegt. Im Zeitraum von 1993 bis 2003 sanken die TBT-Konzentrationen in den Blankeneser Fischen um etwa 9 Prozent pro Jahr. Die höchste Konzentration (481 Nanogramm/Gramm Frischgewicht) haben die Fachleute in Proben von 1999 gemessen, während sie die niedrigste Konzentration (185 ng/g Frischgewicht) in Blankeneser Proben aus dem Jahr 2003 feststellten. Die TPT-Konzentrationen fallen im gleichen

Infografik 14

Wirkung des TBT-Verbots für Schiffsschutzanstriche



Organozinnverbindungen



Zeitraum um 33 Prozent pro Jahr. Ein ähnlich deutlicher Abfall der Messwerte ist in Miesmuschel- und Aalmutterproben aus der Nordsee erkennbar, die zwischen 1985 und 2006 gesammelt wurden. Die stetig fallenden TPT- Werte stimmen gut mit dem Unternehmensverzicht und den darauf folgenden behördlichen Beschränkungen überein.

TBT-Teilverbot hat nur wenig Wirkung im Meer

Dagegen brachte das Anwendungsverbot, das 1989 für die Verwendung von organozinnhaltigen Schiffsschutzanstriche an kleinen Schiffen erlassen wurde, wenig Entlastung für die Meeresumwelt: Die TBT-Messwerte in Miesmuschel- und Aalmutterproben blieben bis 2003 mehr oder weniger unverändert. Das gilt insbesondere für die Proben der Nordsee, wo große Schiffe im Vergleich zu kleineren Booten den Schiffsverkehr dominieren: Über 70 Prozent des deutschen Außenhandels wird über den Schiffsverkehr abgewickelt, allein Hamburg wird jedes Jahr von etwa 10.000 Frachtschiffen angesteuert. Das Teilverbot konnte hier offenbar wenig Wirkung entfalten.

Das Totalverbot bringt die Wende

Jedoch änderte sich 2003 das Bild, als die EU einer Empfehlung der Internationalen Seeschiffahrts-Organisation (IMO) folgte, die sich für ein weltweites Verbot der TBT-haltigen Schiffsschutzanstriche aussprach. So sanken die TBT-Werte in Proben von Miesmuscheln und Aalmuttern der Nord- und Ostsee zwischen 2004 und 2008 um 50–80 Prozent beziehungsweise 55–75 Prozent. Die Ergebnisse belegen den Erfolg der behördlichen Maßnahmen zur Reduzierung der TBT-Einträge in die aquatischen Lebensräume. Trotz der beobachteten Konzentrationsabnahmen ist TBT in den untersuchten marinen Ökosystemen aber ein unverändert relevanter Schadstoff. Denn rechnet man aus den Gewebekonzentrationen mit Hilfe von Biokonzentrationsfaktoren auf die TBT-Konzentration im Wasser zurück, so liegt das Ergebnis im Bereich der Umweltqualitätsnorm der Wasserrahmenrichtlinie. Das bedeutet, dass die aktuelle Belastungssituation nachteilige Effekte auf marine Organismen noch nicht sicher ausschließt.

Textbox 12

Ein Klassiker: Das Benzinbleigesetz und seine Folgen

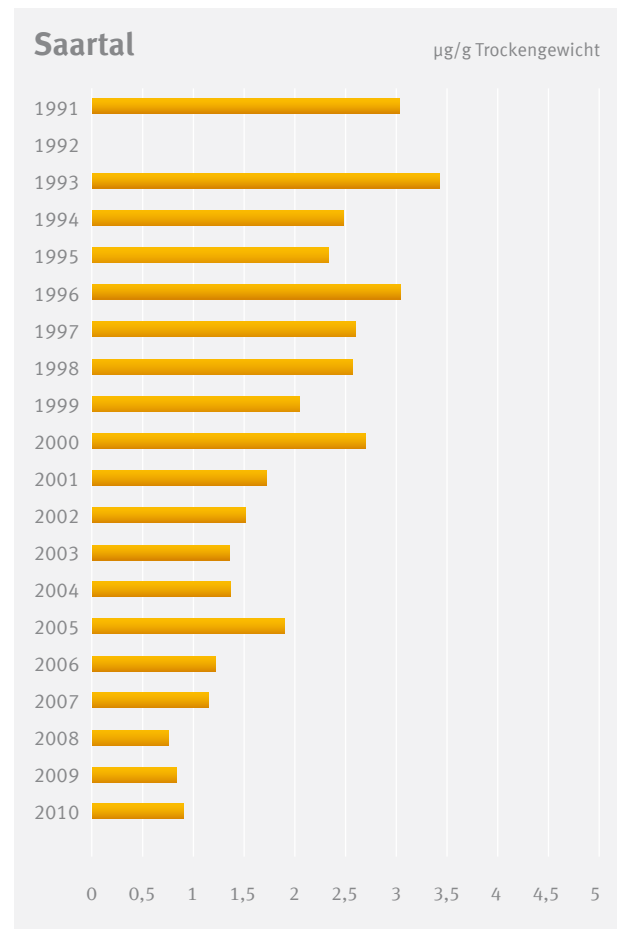
Blei gilt als besonders ernsthafte Gefahr für die Umwelt und die menschliche Gesundheit. Blei und seine Verbindungen reichern sich in Klärschlämmen und Sedimenten, aber auch in Lebewesen an. Von besonderer Tragweite waren lange Zeit die Bleikonzentrationen in der Luft, die vor der Einführung bleifreien Benzins von der weiträumigen Verteilung bleihaltiger Emissionen von Fahrzeugen stammten, aber auch von Müllverbrennungsanlagen, industriellen Hochöfen und Produktionsbetrieben für bleihaltige Artikel.

Mit dem Ziel, die Bleikonzentrationen in der Umwelt zu reduzieren, wurden in den 1980er Jahren rechtliche Schritte eingeleitet, die Schritt für Schritt den Zusatz von Blei in Benzin auf null absenkten. In der Folge des Benzinbleigesetzes halbierten sich die atmosphärischen Bleieinträge in Deutschland in den folgenden zwanzig Jahren.

Die Proben der Umweltprobenbank zeigen den klaren Erfolg des Benzinbleigesetzes: Beispielsweise beobachten die Fachleute eine signifikante Reduktion der Bleikonzentrationen in Blättern und Nadeln von Bäumen – ein deutlicher Hinweis auf eine verbesserte Luftqualität. Die verminderte Bleibelastung des Menschen ist ebenfalls sichtbar: Studien mit Humanproben aus dem UPB-Archiv zeigen, dass die Bleikonzentrationen im Blut Münsteraner Studentinnen und Studenten seit 1981, als das Human-Biomonitoring startete, bis heute um zwei Drittel gesunken ist.

Abbildung 17

Blei in Pappeln



Politische Botschaften

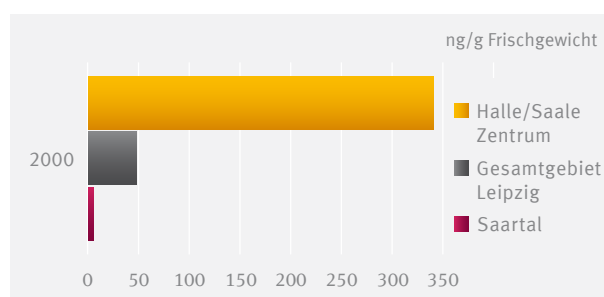
Textbox 13

DDT im Osten Deutschlands

Das Insektenbekämpfungsmittel DDT ist eine Verbindung, die in der Umwelt sehr beständig ist. Die Abbauprodukte sind DDD und DDE, deren Langlebigkeit und Neigung zur Anreicherung in Nahrungsnetzen noch ausgeprägter sind, als es für die Muttersubstanz DDT gilt. Insbesondere das sehr langlebige DDE ist gut geeignet, um die ursprüngliche DDT-Belastung zu rekonstruieren. Die höchsten DDE-Werte haben die Fachleute der Umweltprobenbank in Brassenproben von Probenahmeflächen gemessen, die im Gebiet der ehemaligen DDR liegen. Die DDE-Gehalte in den Proben von Stadtauben und Silbermöwen bestätigen diese Beobachtung. Die Silbermöweneier von der Ostsee überschreiten den Höchstwert, der für DDT und seine Metabolite in Lebensmitteln festgelegt wurde. Das sind 100 ng/g Frischgewicht. Die Probenahmestelle ist die Insel Heuwiese, die zu dem Gebiet der ehemaligen DDR gehörte. Deutlich geringer sind im Gegensatz dazu die Messwerte in Eiern von den Probenahmeflächen an der Nordseeküste, die auf dem Gebiet der ehemaligen Bundesrepublik liegen. Es gibt eine einfache Erklärung für das räumliche Verteilungsmuster von DDT und seinen Metaboliten in den Proben der Brassen und der Silbermöwen: Während die Anwendung des DDT in Westdeutschland bereits 1972 verboten wurde, kam es in der ehemaligen DDR noch bis 1988 zur Anwendung. Und es gab einen weiteren Eintragspfad in die Umwelt: Zwischen 1970 und 1989 wurden große Mengen des Holzschutzmittels Hylotox in der ehemaligen DDR eingesetzt. Stadtauben, die in mit Hylotox behandelten Holzdächern lebten, waren stark mit DDT belastet. Im Jahr 2000 fielen Taubeneiprobe aus Halle durch extrem hohe Konzentrationen auf. Eine mögliche Erklärung ist, dass das inzwischen verbotene Hylotox immer noch verwendet wurde oder dass mit Hylotox behandeltes Holz noch im Verkehr war.

Abbildung 18

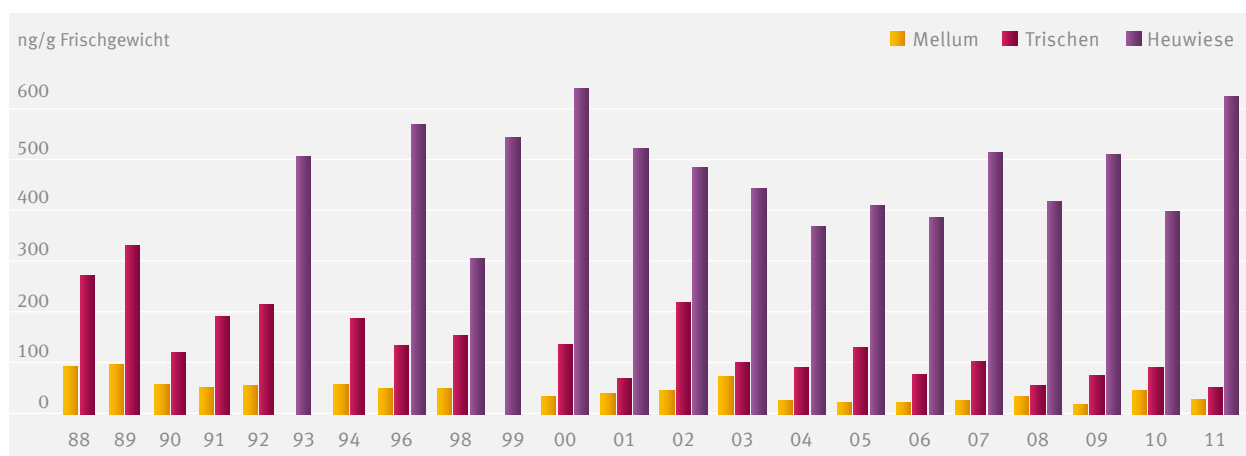
DDE in Taubeneiern



Die Eier der Haustaube bilden die städtische und ländliche Belastung ab.

Abbildung 19

DDE – Möweneier / Nordsee / Ostsee



Textbox 14

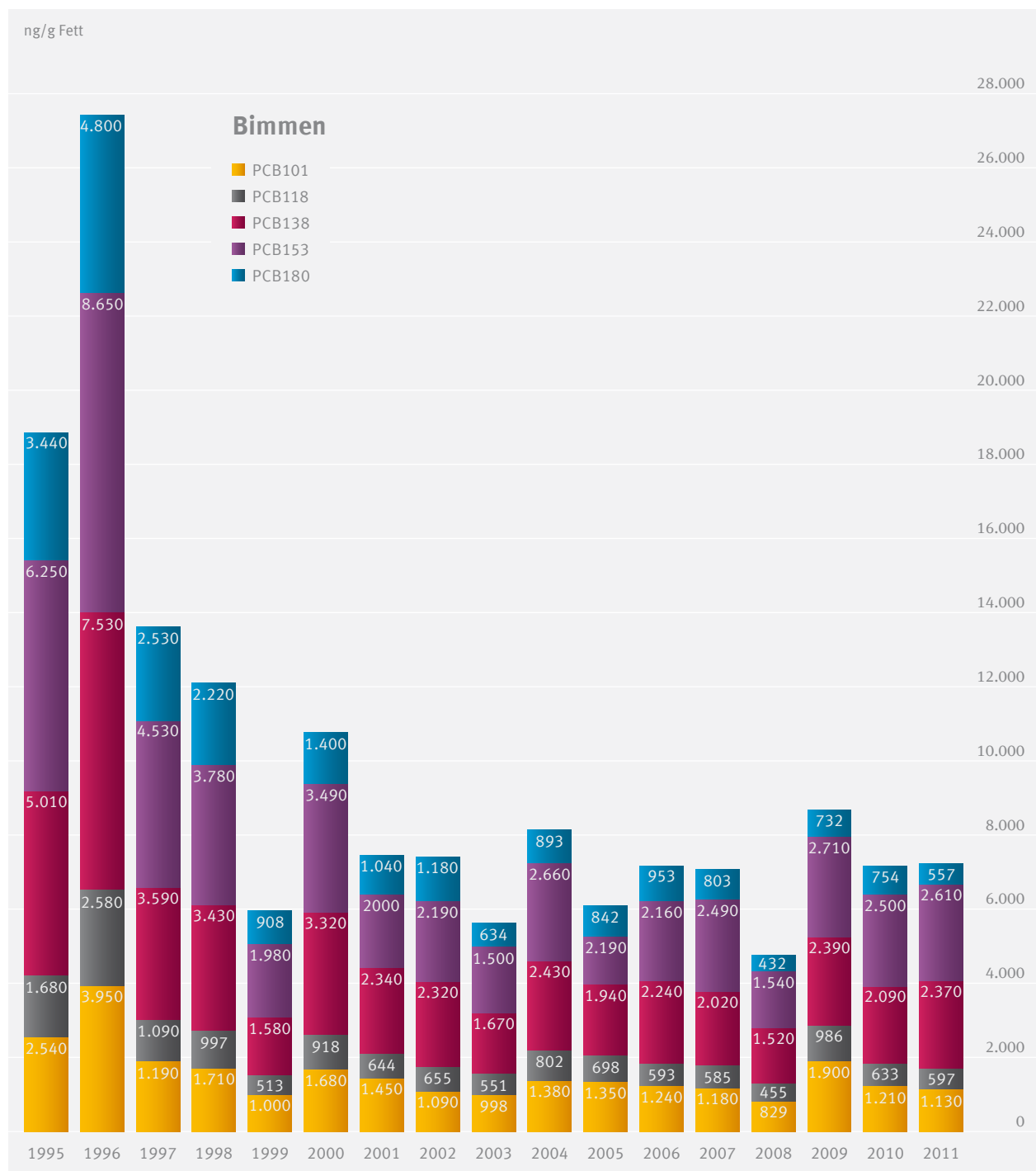
PCBs im Westen Deutschlands

Während also DDT im Osten Deutschlands länger vermarktet wurde als im Westen, gelangte umgekehrt eine größere Menge der PCBs in der ehemaligen Bundesrepublik auf den Markt als das in der ehemaligen DDR der Fall war. Denn PCBs waren ein klassisches Produkt der westdeutschen Chemieunternehmen. Die höchsten PCB-Wer-

te finden sich in den Brassenproben der beiden industriegeprägten Flüsse Rhein und Saar. Im Rhein steigen die PCB-Werte flussabwärts an. Die höchste PCB-Belastung wird in Brassen bei Bimmen gemessen, flussabwärts der Ruhrmündung an der deutsch-niederländischen Grenze.

Abbildung 20

PCBs in Brassen / Rhein





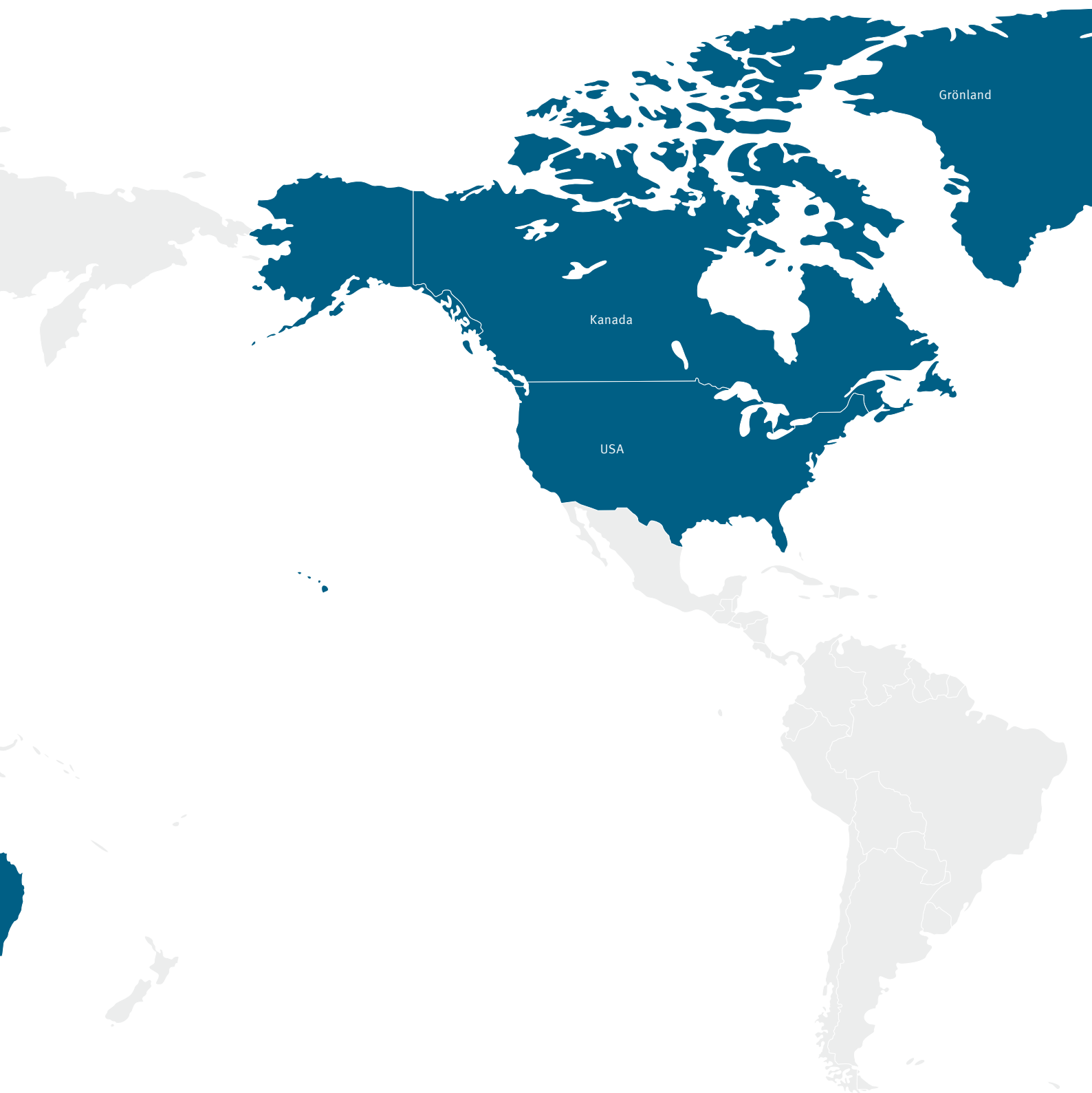
03

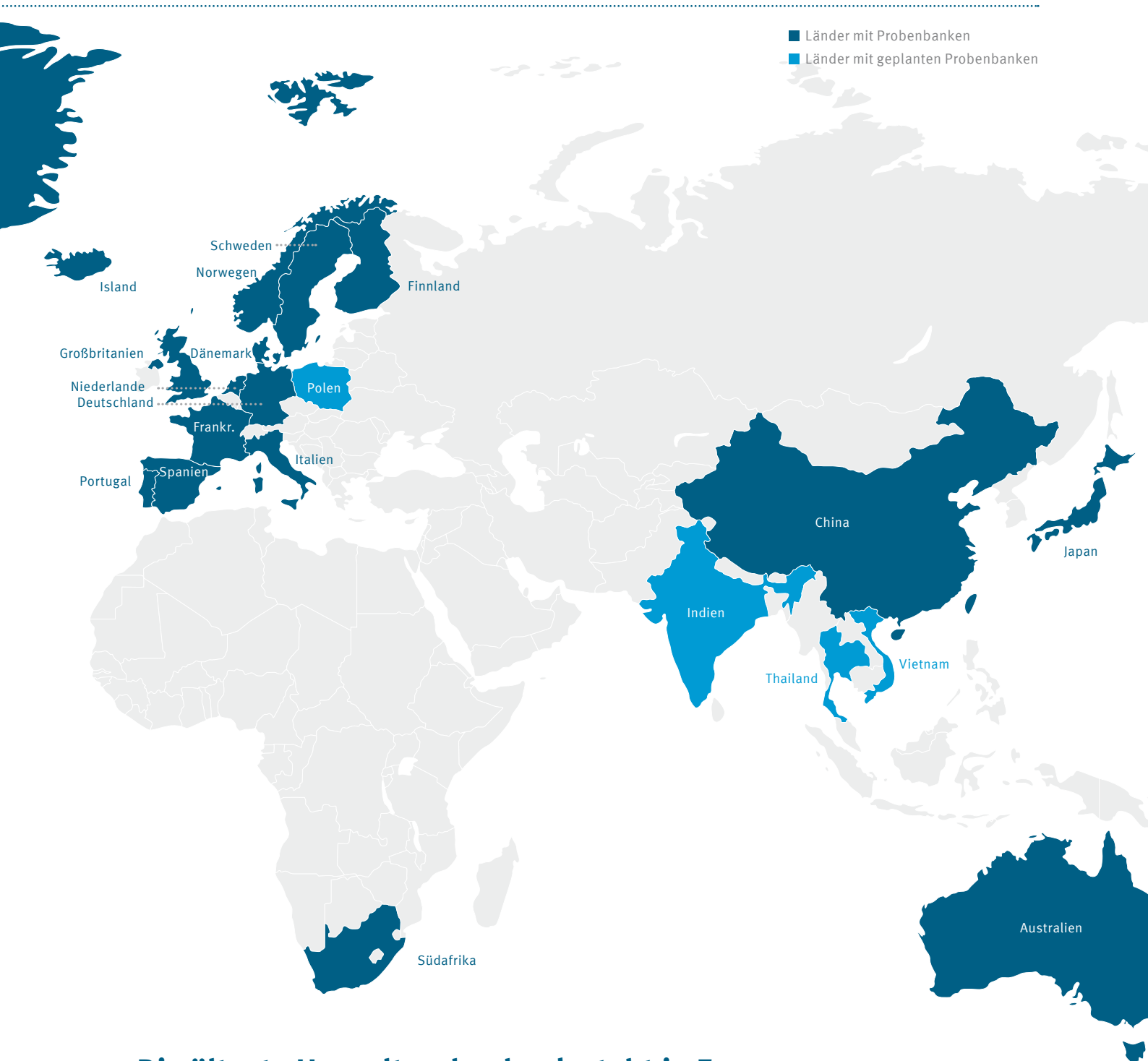
Umweltprobenbanken weltweit

Heute sind Regelungen der Chemikaliensicherheit weniger eine nationale Sache sondern gehen meist auf die Initiative mehrerer Staaten oder internationaler Abkommen zurück. Umweltprobenbanken können diese Initiativen mit retrospektiven Chemikalienuntersuchungen unterstützen, indem sie auf Proben aus ihren Archiven zurückgreifen. Je mehr Umweltprobenbanken sich an solchen Untersuchungen beteiligen, desto aussagekräftiger wird das Bild der chemischen Belastung. >



Weltweite Probenbanken





Die älteste Umweltprobenbank steht in Europa

Es gibt über zwanzig Umweltprobenbanken auf der Welt. Die ältesten Archive stammen aus den 1960er und 1970er Jahren. Erfreulicherweise ging in diesen Jahren gleich eine ganze Reihe von neuen Umweltprobenbanken an den Start. Die erste Umweltprobenbank wurde im Schwedischen Museum für Naturgeschichte in Stockholm gegründet. Sie gibt es seit den 1960er Jahren. Einige Zeitreihen decken über 50 Jahre ab. Jährliche Proben von Tieren, die auf dem Land, in Binnengewässern und in Meeren leben, werden als Einzelproben eingelagert.

Heute gibt es in Europa mehr als ein Dutzend Umweltprobenbanken, einschließlich der deutschen Umweltprobenbank. Norwegen und Frankreich rufen derzeit neue Umweltprobenbanken ins Leben. Einige Archive beherbergen Proben, die außerhalb des Europäischen Kontinents gesammelt wurden: In Dänemark arbeitet eine Probenbank mit Proben aus Grönland und italienische Fachleute reisen bis in die Antarktis, um Proben zu sammeln.

Nordamerika

In den USA gibt es die Marine Environmental Specimen Bank (Marine ESB) am Hollings Marine Laboratory in Charleston, South Carolina. Sie ist Teil des US-amerikanischen Regierungsprogramms für Meeresforschung und Monitoring. Zu den Proben, die dort lagern, gehören u. a. Gewebe von Meeressäugtieren, Muscheln, Fische und Eier von Meerestvögeln. Für die Umweltprobenbank der kanadischen Umweltbehörde Environment Canada werden Proben aus einer Reihe von Seen und Flüssen im ganzen Land gesammelt. Die National Aquatic Biological Specimen Bank (NABS) ist als ein integraler Bestandteil der Umweltbeobachtungs- und Forschungsprogramme am Canada Centre for Inland Waters in Burlington, Ontario, angesiedelt. Das Archiv beherbergt mehr als 37.000 Proben von Fischen und Wirbellosen, die in den letzten 30 Jahren gesammelt wurden.

Asien

Es gibt zwei Umweltprobenbanken in Japan. Eine Institution steht in der Universität von Ehime, es ist die „Environmental Specimen Bank for Global Monitoring“. Hier lagern die Proben von Meeresorganismen, die in mehreren Probenahmekampagnen gesammelt wurden. Die Ehime-

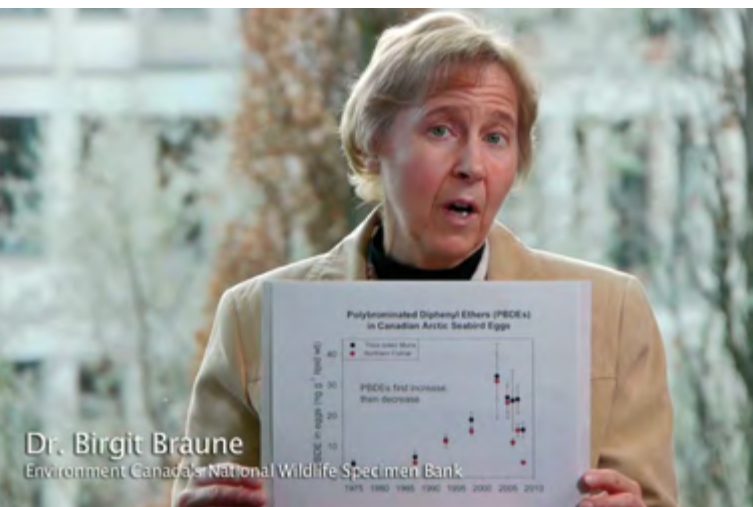
Universität engagiert sich auch dabei, Kompetenz für die Errichtung von Umweltprobenbanken in sich entwickelnden Ländern anzusiedeln.

Die zweite japanische Institution, die eine Umweltprobenbank betreut, ist das National Institute for Environmental Studies (NIES). In dem so genannten „Environmental Specimen Time Capsule Program“ werden Umweltproben und genetische Ressourcen gefährdeter Arten archiviert.

Die neue Umweltprobenbank von Süd-Korea ist der deutschen UPB sehr ähnlich. Andere asiatische Länder gründen ebenfalls Umweltprobenbanken, beispielsweise China und Vietnam.

Australien

Die australische Umweltprobenbank steht noch am Anfang. Letztes Jahr wurden die ersten Proben so bei Tiefsttemperaturen eingelagert, dass sie künftig für zeitliche Vergleiche der Chemikalienbelastung genutzt werden können. Bislang stehen noch nicht viele Kühleinheiten in der Universität von Queensland, dem Standort der Umweltprobenbank. Doch ein staatliches Förderprogramm stellt sicher, dass das Probenlager wachsen wird.



Internationale Netzwerke

In den letzten 20 Jahren haben Vertreterinnen und Vertreter der Umweltprobenbanken regelmäßig Treffen durchgeführt, um ihre Erfahrungen auszutauschen und die Standards der Umweltbeobachtung zu diskutieren. 2010 haben das Bundesumweltministerium und das Umweltbundesamt zwei Treffen in Berlin ausgerichtet, um die Netzwerke zwischen den Umweltprobenbanken engmaschiger zu knüpfen. Ein Treffen richtete sich an die europäischen Umweltprobenbanken. Hier wurden mögliche Schnittstellen zwischen den Chemikalienuntersuchungen der Umweltprobenbanken und dem europäischen Chemikalienmanagement diskutiert. Das zweite Treffen erweiterte den Kreis um die Umweltprobenbanken aus Asien, Australien und Nordamerika. Unter anderem wurde dort die spannende Frage diskutiert, wie ein gemeinsames Monitoringprojekt aussehen könnte, das mehrere Kontinente umspannt.



Textbox 16

Filmdokumentation

Fachleute der Umweltprobenbanken erklären immer wieder, wie wichtig Kooperationen der Umweltprobenbanken sind. Weitere Vorteile sehen sie in der Verknüpfung von Umwelt- und Human-Biomonitoring-Programmen. Außerdem sollten verstärkt Erfahrungen aus den etablierten Umweltprobenbanken zur Verfügung gestellt werden, wenn Pilotprogramme ins Leben gerufen werden. Das UBA hat diese Stimmen in einer Videodokumentation eingefangen. Daraus sind zwei Filme entstanden, die im Internet veröffentlicht sind. Ein Trailer bietet einen sechsminütigen Einblick in Aktivitäten der Umweltprobenbanken und stellt ausgewählte Akteure vor. In einem zweiten Film von zwanzig Minuten Länge stellen sich 23 Umweltprobenbanken aus verschiedenen Kontinenten vor.

Vimeo: www.vimeo.com/18706748

Youtube: www.youtube.com/watch?v=7PXE4rEw0qs

Vimeo: www.vimeo.com/18749195



Textbox 17

Webseite für internationale Umweltprobenbanken

Mehr Information zu den Umweltprobenbank-Programmen finden Sie auf der Webseite der International Environmental Specimen Bank Group (IESB):

www.inter-esb.org



04

Die Proben der Umweltprobenbank



01. Menschliches Vollblut

Eine Probenahme pro Jahr.

Blut ist eine ausgezeichnete Matrix für das Chemikalienmonitoring. Blut zirkuliert durch den gesamten Körper und steht im Gleichgewicht mit den menschlichen Organen und Geweben, die wiederum Chemikalien einlagern. Vollblut besteht aus mehreren Kompartimenten, nämlich dem Blutplasma und den Zellbestandteilen. Natürliche und Fremdstoffe verteilen sich in diesen Kompartimenten unterschiedlich. Das Vollblut stammt von Personen aus vier Universitäts-Städten: Münster, Greifswald, Halle/Saale und Ulm.



02. Menschliches Blutplasma

Eine Probenahme pro Jahr.

Blutplasma, ein Kompartiment des Vollblutes ohne Zellbestandteile, stellt in der klinischen Diagnostik die wichtigste Körperflüssigkeit dar. Essentielle Spuren- und Bulk-Elemente werden hier homöostatisch geregelt. Aufgrund des Fettgehalts kann es auch zum Nachweis von organischen, fettlöslichen Fremdstoffen herangezogen werden. In Abhängigkeit von der Verteilung eines Stoffes zwischen Blutplasma und den zellulären Bestandteilen des Blutes wird entschieden, ob Analysen im Vollblut oder im Blutplasma sinnvoll sind.



03. Menschlicher Urin

24h-Urin. Eine Probenahme pro Jahr.

Eine ideale Matrix für das Human-Biomonitoring, weil mit dem Urin Chemikalien und/oder deren Metabolite ausgeschieden werden, die zuvor in direktem Kontakt mit dem Organismus standen. Messungen im Urin können somit zuverlässige Aussagen über die interne Belastung des Menschen liefern. Die Niere ist das Hauptausscheidungsorgan für resorbierte anorganische und organische Fremdstoffe. Für essentielle Bestandteile des menschlichen Körpers fungiert sie als Regulationsorgan. Über die Konzentrationsbestimmungen im Urin lässt sich die körperliche Belastung mit vielen Fremdstoffen erkennen. Gleichmaßen liefert diese Matrix wertvolle Informationen über den individuellen Gesundheitszustand.

04. Boden

Humusaufgabe und die mineralische Bodenschicht. Die erste Bodenprobenahme wurde 2002 durchgeführt. Seitdem erfolgen die Probenahmen im vierjährigen Rhythmus jeweils im Herbst.

Der Boden hat als Biosphäre für Bodenorganismen, als Wurzelraum und Nährstoffreservoir eine besondere Bedeutung. Dort können sich Chemikalien in Abhängigkeit von ihren Stoffeigenschaften und der Zusammensetzung des Bodens auch anreichern.

05. Reh (Capreolus Capreolus)

Leber von einjährigen Rehen. Die Probenahme erfolgt jährlich zwischen Anfang Mai und Mitte Juli.

Das Reh ist der häufigste größere freilebende Pflanzenfresser in Europa. Im terrestrischen Nahrungsnetz nimmt es eine Position als Primärkonsument ein. Rehe sind gut untersuchte Bioindikatoren mit ausreichender Standorttreue und großer Anpassungsfähigkeit.

06. Fichte (*Picea abies*) Kiefer (*Pinus sylvestris*)

Einjährige Triebe. Die Probenahme erfolgt jährlich im Frühjahr ab März bis Ende Mai vor Beginn des Neuaustriebs.

Beide Bäume sind bedeutende Primärproduzenten in vielen naturnahen und anthropogen beeinflussten Ökosystemen. Die einjährigen Triebe der immergrünen Pflanzen erlauben ein umfassendes Bild der Belastung der Pflanzen über das ganze Jahr, einschließlich des Winters. Beide, Fichte und Kiefer, haben eine ökonomische und ökologische Bedeutung. Die Kiefer wird dort beprobt, wo sie gegenüber der Fichte dominiert, beispielsweise in der Dübener Heide.

07. Buche (*Fagus sylvatica*) Pyramidenpappel (*Populus nigra* 'Italica')

Blätter ohne Stiel. Die Probenahme erfolgt jährlich im Spätsommer von August bis Mitte September bevor die Blätter anfangen, sich zu verfärben.

Die Buche ist der am weitesten verbreitete Laubbaum in Zentraleuropa. Sie spielt als Primärproduzent eine große Rolle in den meisten naturnahen oder anthropogen beeinflussten Waldökosystemen bis in eine Höhe von 1.100 Metern. Im Unterschied dazu sind Pappeln typische Laubbäume der städtisch geprägten Gebiete, wo die Wachstumsbedingungen ganz anders sind als in den naturnahen Räumen.

08. Stadtaube (*Columba livia* f. *domestica*)

Eiinhalt. Die Eiprüben werden jährlich während der Hauptlegezeit von März bis August gesammelt.

Die Stadtaube wurde als Vertreter ballungsraumnaher Verdichtungsräume und Agrargebiete ausgewählt. Sie zeichnet sich durch ein hohes Vorkommen und große Standorttreue aus. Gegenüber Schadstoffen ist sie sehr resistent. Als Kosmopolit ist die Stadtaube für vergleichende Betrachtungen der Schadstoffbelastung ihrer Lebensräume geeignet.



07

09. Regenwurm (*Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea longa*)

Entkoteter Gesamtkörper geschlechtsreifer Regenwürmer. Die Probenahme erfolgt von Oktober bis Mitte Dezember jährlich.

Regenwürmer leben im Boden, wo sie vor allem dafür sorgen, dass organisches Material abgebaut wird (beispielsweise Laub). Sie sind an den komplexen Prozessen beteiligt, die mit der Bodenformation und dem Nährstoffkreislauf zu tun haben. Beide Regenwurmarten sind aufgrund ihrer ökologischen Funktion, der großen Häufigkeit, ihrer geringen Sensitivität gegenüber Chemikalien und dem Akkumulationspotenzial für viele Schadstoffe für die Umweltprobenbank geeignet.

10. Schwebstoffe

Feine mineralische und organische Partikel < 2mm. Die Probenahme erfolgt monatlich. Am Ende eines Jahres werden die Monatsproben zu einer Jahressammelprobe zusammengeführt.

Schwebstoffe sind feine Partikel, die teilweise einen natürlichen Ursprung haben, beispielsweise Plankton, feine Pflanzenreste und Mineralien. Der andere Teil geht auf die Aktivitäten des Menschen zurück. Chemikalien binden an Schwebstoff und belasten auf diesem Weg Filterer, beispielsweise Muscheln, planktonfressende Fische oder Sedimentbewohner.



09

11. Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*)

Der gesamte Weichkörper. Die Probenahme erfolgt jährlich von September bis Ende November, möglichst nach dem letzten Ablaichen.

Die Dreikantmuschel, auch Zebra- oder Wandermuschel, lebt in vielen langsam fließenden oder stehenden Gewässern und ernährt sich durch Filtration von Mikroorganismen. Durch ihre Lebensweise ist sie partikelgebundenen Schadstoffen ausgesetzt. Sie spielt als Nahrungsquelle für Räuber eine wichtige Rolle in den Nahrungsnetzen der Flüsse, so auch für die UPB-Probenart Brassen. Zur Sicherung der Verfügbarkeit ausreichender Probenmengen, leichter Zugänglichkeit und besserer Reproduzierbarkeit wird ein Expositionssystem aus Besiedlungsplatten verwendet, auf denen sich Larven ansiedeln und heranwachsen können.



12. Brassen (*Abramis brama*)

Muskulatur, Leber und Blut von 8- bis 12-jährigen Tieren. Die Probenahme erfolgt jährlich im Spätsommer nach Abschluss der Laichperiode.

Der Brassen lebt überwiegend in Schwärmen in langsam fließenden oder stehenden Gewässern. Er ernährt sich vorzugsweise an der Gewässersohle von Würmern, Larven, Schnecken, kleinen Muscheln, aber auch Plankton und Pflanzen. Da der Brassen relativ weit verbreitet ist, stabile Populationen bildet und nur begrenzt Wanderungen durchführt, ist er als Probenart gut geeignet. Der Brassen wird als Speisefisch genutzt, wodurch ein direkter Bezug zur menschlichen Nahrungskette besteht.



13. Blasentang (*Fucus vesiculosus*)

Dichotom verzweigter Thallus. Die Probenahme erfolgt im zweimonatigen Rhythmus in den Wattenmeeren und zweimal jährlich im Juni und November in der Ostsee. Am Ende eines Jahres werden die Monatsproben zu einer Jahressammelprobe zusammengeführt.

Der Blasentang ist eine Braunalge, die in den Ufer- und Brandungszonen der Nord- und Ostsee weit verbreitet ist. Er repräsentiert den Primärproduzenten im marinen Nahrungsnetz. Der Blasentang ist relativ unempfindlich gegenüber Schadstoffen und Schwankungen im Salzgehalt. Die europäische Nahrungsmittelindustrie verwendet den Blasentang als Nahrungszusatzstoff und Farbstoff. Aufgrund seines häufigen Auftretens und als im Sediment siedelnder Organismus eignet er sich als Probenart für die Umweltprobenbank.





14. Miesmuschel (*Mytilus edulis*)

Gesamter Weichkörper. Die Probenahme erfolgt im zweimonatigen Rhythmus in den Wattenmeeren und zweimal jährlich im Juni und November in der Ostsee. Am Ende eines Jahres werden die Monatsproben zu einer Jahressammelprobe zusammengeführt.

Die Miesmuschel ist eine in Nord- und Ostsee weit verbreitete Muschelart, die zu den wichtigsten essbaren Muscheln zählt. Im marinen Ökosystem sind Miesmuscheln Primärkonsumenten, die ihre Nahrung durch Filtrieren des vorbeiströmenden Wassers gewinnen. Miesmuscheln haben für zahlreiche Stoffe eine gute Aufnahme- und Akkumulationsrate und sind dabei relativ schadstoffresistent. Aufgrund dieser Eigenschaften sowie ihrer sesshaften Lebensweise und damit großen Standorttreue, ihrer weiten Verbreitung und guten Verfügbarkeit gehören sie zu den bevorzugten Monitoringarten in nationalen und internationalen Überwachungsprogrammen.

15. Aalmutter (*Zoarces viviparus*)

Muskulatur und Leber. Die Probenahme erfolgt einmal pro Jahr im Mai bis Juni vor der Paarung.

Aalmuttern sind lebendgebärende Fische in den Küstengewässern der Nord- und Ostsee. Der Grundfisch ernährt sich hauptsächlich von wirbellosen Bodentieren und ist somit ein typischer Sekundärkonsument im marinen Nahrungsnetz. Wegen ihrer Standorttreue und weiten Verbreitung ist die Aalmutter als Probenart für Umweltbeobachtungsprogramme gut geeignet. Die Aalmutter wird in zahlreichen nationalen und internationalen Monitoringprogrammen eingesetzt, beispielsweise in Programmen der zwischenstaatlichen Kommission für den Schutz der Meeresumwelt im Ostseeraum (HELCOM) und dem Ostsee-Monitoringprogramm.

16. Silbermöwe (*Larus argentatus*)

Einhalt. Die Probenahme der Eier erfolgt jährlich während der Hauptbrutzeit von April bis Mai.

Die Silbermöwe ernährt sich in Küstennähe hauptsächlich aus dem Meer: von Fischen, Muscheln und Krebstieren. Damit ist sie ein bedeutender Indikator für die Anreicherung von Schadstoffen im marinen Ökosystem. Aufgrund ihrer weiten Verbreitung an den Küsten von Nord- und Ostsee, ihrem Vorkommen in stabilen Populationen sowie der guten Erreichbarkeit ihrer Brutplätze ist sie als Monitoring-Organismus für die Umweltprobenbank besonders geeignet. Darüber hinaus wird die Möwe weltweit in Monitoringprogrammen als Probenart genutzt, wodurch gute Vergleichsmöglichkeiten für Schadstoffbelastungen bestehen.



Literatur

Böhmer W, Rüdell H, Wenzel A, Schröter-Kermani C (2004): Retrospective monitoring of Triclosan and Methyltriclosan in fish: Results from the German Environmental Specimen Bank. *Organohalogen Comp.* 66: 1516–1521

Esslinger S, Becker R, Jung C, Schröter-Kermani C, Bremser W, Nehl I (2011): Temporal trend (1988–2008) of hexabromocyclododecane enantiomers in herring gull eggs from the German coast. *Chemosphere* 83 (2): 161–167

Fliedner A, Rüdell H, Jüriling H, Müller J, Neugebauer F, Schröter-Kermani C (2012): Levels and trends of industrial chemicals (PCBs, PFCs, PBDEs) in archived herring gull eggs from German coastal regions. *Environ. Sci. Europe* 24: 7

Göen T, Dobler L, Koschorreck J, Müller J, Wiesmüller G, Drexler H, Kolossa-Gehring M (2011): Trends of the internal phthalate exposure of young adults in Germany - Follow-up of a retrospective human biomonitoring study. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 215 (1): 36–45

Kolossa-Gehring M, Becker K, Conrad A, Schröter-Kermani C, Seiwert M (2012): Environmental surveys, specimen bank and health related environmental monitoring in Germany. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 215 (2): 120–126

Päpke O, Schröter-Kermani C, Stegemann D, Neugebauer F, Ebsen P (2011): Analytical experiences with the German Environmental Specimen Bank: Polybrominated diphenylethers in deer liver samples and corresponding soils. *Organohalogen Comp.* 73: 416–419

Rüdell H, Böhmer W, Schröter-Kermani C (2006): Retrospective monitoring of synthetic musk compounds in aquatic biota from German rivers and coastal areas. *J. Environ. Monit.* 8: 812–823

Rüdell H, Lepper P, Steinhanses J, Schröter-Kermani C (2003): Retrospective monitoring of organotin compounds in marine biota from 1985 to 1999. Results from the German environmental specimen bank. *Environ. Sci. Technol.* 37: 1731–1738

Rüdell H, Müller J, Jüriling H, Bartel-Steinbach M, Koschorreck J (2011): Survey of patterns, levels and trends of perfluorinated compounds in aquatic organisms and bird eggs from representative German ecosystems. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 18 (9): 1457–1470

Rüdell H, Müller J, Steinhanses J, Schröter-Kermani C (2007): Retrospective monitoring of organotin compounds in freshwater fish from 1988 to 2003: Results from the German environmental specimen bank. *Chemosphere* 66: 1884–1894

Sawal G, Windmüller L, Würtz A, Duffek A, Schröter-Kermani C, Lepom P (2011): Brominated flame retardants in bream (*Abramis brama*) from six rivers and a lake in Germany. *Organohalogen Comp.* 73: 515–518

Subedi B, Du B, Chambliss CK, Koschorreck J, Rüdell H, Quack M, Brooks BW, Usenko S (2012): Occurrence of pharmaceuticals and personal care products in German fish tissue: A national study. *Environ. Sci. Technol.* 46: 9047–9054.

Wenzel A, Böhmer W, Müller J, Rüdell H, Schröter-Kermani C (2004): Retrospective monitoring of alkylphenols and alkylphenol monoethoxylates in aquatic biota from 1985 - 2001: Results from the German Environmental Specimen Bank. *Environ. Sci. Technol.* 38: 1654–166

Wittassek M, Wiesmüller GA, Koch HM, Eckard R, Dobler L, Müller J, Angerer J, Schlüter C (2007): Internal phthalate exposure over the last two decades - A retrospective human biomonitoring study. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 210: 319–333

Weitere Informationen
und Ergebnisse:



Abkürzungsverzeichnis

AP	Alkylphenol	Octa-BDE	Octabromdiphenylether
AHTN	6-Acetyl-1,1,2,4,4,7-hexamethyl- tetraline (Tonalid)	OSPAR	Oslo-Paris Konvention
APEO	Alkylphenolethoxylat	PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
BBzP	Butylbenzylphthalat	PBDE	Polybromierte Diphenylether
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung	PCB	Polychlorierte Biphenyle
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	Penta-BDE	Pentabromdiphenylether
BPA	Bisphenol A	PFC	Perfluorierte Chemikalien
DDD	Dichlordiphenyldichlorethan	PFOA	Perfluorooctansäure
DDE	Dichlordiphenyldichlorethen	PFOS	Perfluorooctansulfonsäure
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan	PNF	Probenahmefläche
Deca-BDE	Decabromdiphenylether	POPs	Persistent Organic Pollutants – langlebige organische Schadstoffe
DEHP	Di(2-ethylhexyl)phthalat	PVC	Polyvinylchlorid
DiBP	Di-(iso)-butylphthalat	REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
DIDP	Di-isodecylphthalat	SOP	Standardarbeitsanweisung
DiNP	Di-isononylphthalat	TBT	Tributylzinn
DnBP	Di-n-butylphthalat	TCS	Triclosan
DnOP	Di-n-octylphthalat	TDI	Tolerable Daily Intake - Zumutbare tägliche Aufnahmemenge
EFSA	European Food Safety Authority - Europäische Behörde für Lebensmittel- sicherheit	TPT	Triphenylzinn
EU	Europäische Union	UBA	Umweltbundesamt
Fraunhofer IBMT	Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik	UN	United Nations – Vereinte Nationen
Fraunhofer IME	Fraunhofer-Institut für Molekularbiolo- gie und Angewandte Oekologie	UPB	Umweltprobenbank
HELCOM	Helsinki Konvention	WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
HBCD	Hexabromcyclododecan	4NP	4-Nonylphenol
HHCB	1,3,4,6,7,8-Hexahydro-4,6,6,7,8,8- hexamethylcyclopenta(g)-2- benzopyran (Galaxolid)	4NP1EO	4-nonylphenol Monoethoxylat
IKSR	Internationale Kommission zum Schutz des Rheins	4tOP	4-tert-octylphenol
IPASUM	Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin	4tOP1EO	4-tert-octylphenol Monoethoxylat
LAVES	Niedersächsischen Landesamtes für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz		
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser		
MTCS	Methyltriclosan		

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Fachgebiet [Fachgebiet]
Postfach 14 06
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de
 /umweltbundesamt

Konzeption und Redaktion:

Jan Koschorreck

Autoren:

UBA:
Jan Koschorreck, André Conrad, Andrea Körner,
Maria Rüther, Christa Schröter-Kermani,
Volker Mohaupt und Marike Kolossa-Gehring

Fraunhofer IME:
Annette Fliedner, Heinz Rüdell

Gestaltung:

Studio GOOD, Berlin

Druck:

Bosch-Druck, Landshut
gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier

Broschüren bestellen (optional):

Umweltbundesamt
c/o GVP
Postfach 30 03 61 | 53183 Bonn
Service-Telefon: 0340 2103-6688
Service-Fax: 0340 2104-6688
E-Mail: uba@broschuerenversand.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Publikationen als pdf:
<http://www.uba.de/uba-info-medien/4319.html>

Bildquellen:

Titel	Eurofins GfA GmbH
Seite 2/3	Eurofins GfA GmbH
Seite 4 oben	Fraunhofer IME
Seite 4 unten	Fraunhofer IBMT
Seite 5	Mit Genehmigung der Lear/Carson Sammlung
Seite 6	W. Eugene Smith & Aileen M. Smith
Seite 7	Shutterstock.com
Seite 8	Universität Trier
Seite 9	Universität Trier
Seite 10	Fraunhofer IBMT
Seite 11	Universität Trier
Seite 13, alle	Universität Trier
Seite 14,15	Eurofins GfA GmbH
Seite 16/17	Fraunhofer IME
Seite 18	Eurofins GfA
Seite 23	Shutterstock.com
Seite 24	Shutterstock.com
Seite 27	Fraunhofer IME
Seite 30	Fraunhofer IME
Seite 33, alle	Fraunhofer IBMT
Seite 34	Shutterstock.com
Seite 37	Shutterstock.com
Seite 39, alle	Universität Trier
Seite 43	Universität Trier
Seite 44	Shutterstock.com
Seite 46, 47	Fraunhofer IME
Seite 50, 51	UBA
Seite 52, 53	Fraunhofer IME
Seite 54 oben	Fraunhofer IBMT
Seite 54 unten	UBA
Seite 55	Shutterstock.com
Seite 56 oben	Universität Trier
Seite 56, alle	Universität Trier
Seite 57	Shutterstock.com

Stand: November 2013



► Diese Broschüre als Download

www.umweltbundesamt.de/umweltprobenbank

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de

 www.twitter.com/umweltbundesamt