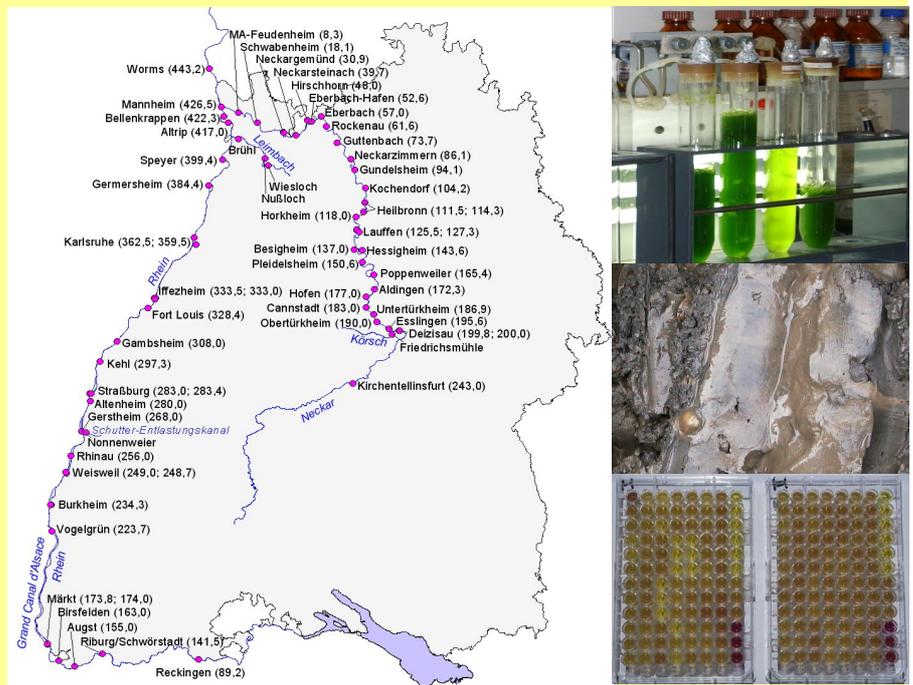


Abschlussbericht

Wirkungsbezogene Sedimentuntersuchungen zur Ableitung von Qualitätsmerkmalen und Handlungsempfehlungen, Teilprojekt 1: Entwicklung und Erprobung einer Strategie zur Beurteilung der Sedimentbeschaffenheit auf der Basis von Wirktests



Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 76157 Karlsruhe, Postfach 21 07 52, http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de
Berichterstattung	Dr. Jürgen Zipperle, Dr. Karin Deventer Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Referat 23 – Biologische Umweltbeobachtung
Projektbearbeitung	Dr. Jürgen Zipperle, Dr. Karin Deventer Susanne Eckert, Elisabetta Vitale Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Referat 23 – Biologische Umweltbeobachtung
Redaktion und Gestaltung	Dr. Jürgen Zipperle, Dr. Karin Deventer Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Referat 23 – Biologische Umweltbeobachtung
gefördert durch	Bundesministerium für Bildung und Forschung (02WU9879/4) Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (L23-99.01)
Druck	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
Umwelthinweis	gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier

Karlsruhe, Dezember 2003

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Danksagung

Verschiedene Institutionen und Personen haben zum Gelingen des Vorhabens beigetragen.

Unser Dank gilt

dem Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg für die geleistete finanzielle Unterstützung,

den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU), besonders von den Referaten 14 und 41 und vom Institut für Seenforschung für die Unterstützung bei der Probenahme und der Analytik,

Herrn Dr. G. P. Dohmen von der BASF, Ludwigshafen, für die Unterstützung bei der Etablierung des Chironomidentests an der LfU,

Herrn Dr. F. Krebs von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz, für die Bereitstellung von Sedimentproben und chemischen Analysedaten,

den Mitarbeitern der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, Außenbezirk Lauffen des Wasser- und Schifffahrtsamtes Stuttgart für die Entnahme von Neckarsediment in der Stauhaltung Lauffen.

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	1
2	EINLEITUNG	3
3	MATERIAL UND METHODEN	7
3.1	Sedimentproben	7
3.2	Probenahme	9
3.3	Probenvorbereitung	9
3.4	Biologische Testverfahren	11
3.5	Remobilisierung von sedimentgebundenen Schwermetallen	14
3.6	Änderung von toxischen Sedimenteigenschaften in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer (Alterung)	15
4	ERGEBNISSE	17
4.1	Klassifizierung und Bewertung der Ergebnisse	17
4.1.1	Biologische Ergebnisse	17
4.1.2	Chemische Ergebnisse	18
4.2	Biologische und chemische Beschaffenheit von Fließgewässersedimenten in Baden-Württemberg	20
4.2.1	Rhein	20
4.2.1.1	Oberflächensediment	20
4.2.1.2	Oberflächen- und Tiefensediment	28
4.2.1.3	Tiefensediment	32
4.2.2	Neckar	36
4.2.2.1	Oberflächensediment	36
4.2.2.2	Oberflächen- und Tiefensediment	50
4.2.3	Nebengewässer	54
4.2.3.1	Oberflächensediment	54
4.3	Biologische und chemische Beschaffenheit von Fließgewässersedimenten in Deutschland	56
4.3.1	Elbe	56
4.3.1.1	Oberflächensediment	56
4.3.2	Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße)	60
4.3.2.1	Oberflächensediment	60
4.3.3	Spree	62
4.3.3.1	Oberflächensediment	62
4.4	Einflüsse auf die toxischen Eigenschaften von Sedimenten	64
4.4.1	Remobilisierung von Sedimentschadstoffen (Schwermetalle)	64
4.4.2	Alterung von Schadstoffwirkungen	66
5	DISKUSSION	69
5.1	Testgut und Testverfahren	69
5.1.1	Testgut	69
5.1.2	Testverfahren	72
5.1.3	Klassifizierung und Bewertung	74
5.2	Biologische und chemische Beschaffenheit von Fließgewässersedimenten	75
5.2.1	Rhein	75
5.2.1.1	Oberflächensediment	75
5.2.1.2	Oberflächen- und Tiefensediment	75
5.2.1.3	Tiefensediment	76
5.2.2	Neckar	76

5.2.2.1	Oberflächensediment	76
5.2.2.2	Oberflächen- und Tiefensediment	77
5.2.3	Leimbach, Körsch und Schutterkanal	78
5.2.3.1	Oberflächensediment	78
5.2.4	Elbe	78
5.2.4.1	Oberflächensediment	78
5.2.5	Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße).....	79
5.2.5.1	Oberflächensediment	79
5.2.6	Spree.....	79
5.2.6.1	Oberflächensediment	79
5.3	Remobilisierung von Sedimentschadstoffen	79
5.4	Alterung von Schadstoffwirkungen.....	80
5.5	Weitere Untersuchungen und zusätzlicher Forschungsbedarf	81
5.6	Handlungsempfehlung	81
5.6.1	Allgemeine Hinweise.....	81
5.6.2	Empfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Gewässersedimenten	82
6	LITERATUR	87
7	VERÖFFENTLICHUNGSLISTE.....	95
Anhang A	- Biologische Charakterisierung	97
Anhang B	- Physikalisch-Chemische Charakterisierung	123
Anhang C	- Methoden.....	195

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sedimentprobenahmestellen in Baden-Württemberg	8
Abbildung 2: Remobilisierung von Schwermetallen aus Tiefensedimenten des Neckars in Abhängigkeit von den Elutionsbedingungen	65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wirkungsbezogene Sedimentuntersuchungen.....	12
Tabelle 2: Klassifizierung der Testergebnisse.....	17
Tabelle 3: Biologische Bewertung der Sedimenteigenschaften anhand von BIO-Klassen.....	18
Tabelle 4: Chemische Sedimentgüteklassen nach dem System der ARGE ELBE.....	19
Tabelle 5: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg).....	21
Tabelle 6: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Polder Altenheim).....	27
Tabelle 7: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg).....	29
Tabelle 8: Biologische und chemische Charakterisierung von Tiefensediment aus dem Rhein (Stauhaltung Weisweil).....	33
Tabelle 9: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg).....	37
Tabelle 10: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Stauhaltung Lauffen).....	46
Tabelle 11: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Flachwasserzone Eberbach).....	49
Tabelle 12: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg).....	51
Tabelle 13: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Leimbach, der Körsch und dem Schutterkanal.....	55
Tabelle 14: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Alte Elbe).....	57
Tabelle 15: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Magdeburg, uh. Fahlberg-List GmbH).....	59
Tabelle 16: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße).....	61
Tabelle 17: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Spree.....	63

Tabelle 18:	Metallkonzentration im Sediment.....	64
Tabelle 19:	Toxizitäts- und Gentoxizitätsklassen von Eluaten aus Tiefensedimenten des Neckars in Abhängigkeit von den Elutionsbedingungen.....	66
Tabelle 20:	Veränderung der Toxizitäts- und Gentoxizitätsklasse von Tiefensedimenten in Abhängigkeit von der Dauer der Lagerung.	67
Tabelle A1:	Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg).	99
Tabelle A2:	Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Polder Altenheim).	102
Tabelle A3:	Biologische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg).	103
Tabelle A4:	Biologische Charakterisierung von Tiefensediment aus dem Rhein (Stauhaltung Weisweil).	105
Tabelle A5:	Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg).	107
Tabelle A6:	Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Stauhaltung Lauffen).	112
Tabelle A7:	Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Flachwasserzone Eberbach).	114
Tabelle A8:	Biologische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg).	115
Tabelle A9:	Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Leimbach, der Körsch und dem Schutterkanal.	117
Tabelle A10:	Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Alte Elbe).	118
Tabelle A11:	Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Magdeburg, uh. Fahlberg-List GmbH).	119
Tabelle A12:	Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße).	120
Tabelle A13:	Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Spree.	121
Tabelle B1:	Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg).	125
Tabelle B2:	Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Polder Altenheim).	134
Tabelle B3:	Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg).	137
Tabelle B4:	Physikalisch-chemische Charakterisierung von Tiefensediment aus dem Rhein (Stauhaltung Weisweil).	143

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg).....	149
Tabelle B6: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Stauhaltung Lauffen).....	164
Tabelle B7: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Flachwasserzone Eberbach).....	170
Tabelle B8: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg).	173
Tabelle B9: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Leimbach, der Körsch und dem Schutterkanal.....	179
Tabelle B10: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Alte Elbe).....	182
Tabelle B11: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Magdeburg, uh. Fahlberg-List GmbH).	185
Tabelle B12: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße).....	188
Tabelle B13: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Spree.	191
Tabelle B14: Analytische Bestimmungsgrenzen.	194

1 Zusammenfassung

In der Studie der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) wurde mit biologischen Testverfahren das ökotoxikologische Gefährdungspotenzial von Gewässersedimenten charakterisiert und aufbauend auf diesen Untersuchungen eine Handlungsempfehlung für die biologische und chemische Sedimentuntersuchung formuliert.

- (1) Im Rahmen des Vorhabens wurde für Baden-Württemberg erstmals eine landesweite ökotoxikologische Sedimentkartierung der Hauptgewässer Rhein und Neckar durchgeführt. Von einigen anthropogen belasteten Nebengewässern (Leimbach, Körsch, Schutterkanal) wurde das Sediment ebenfalls untersucht. Eine mehrere Meter mächtige mit Hexachlorbenzol kontaminierte Sedimentablagerung im Rhein bei Weisweil wurde bis zu einer Tiefe von ca. 5 m beprobt und ein Profil der ökotoxischen Belastung aufgenommen. In Kooperation mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) wurden Sedimente aus der Elbe, dem Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße) und der Spree sowie Oberflächen- und Tiefensedimente von Rhein und Neckar ökotoxikologisch und chemisch untersucht und bewertet.
- (2) Die ökotoxikologischen Methoden wurden erprobt und weiterentwickelt. Der Algentest DIN 38412-33 wurde für die Durchführung auf Mikroplatte miniaturisiert. Die Bedingungen für die Probenahme, die Probenlagerung, die Probenvorbereitung und für die Testung der Proben sowie der Umfang der zu erhebenden chemisch-physikalischen Messgrößen wurden festgelegt. Eine abgestufte Gesamtdarstellung der biologischen und chemischen Daten in BIO- und CHEM-Klassen zur vereinfachten Einteilung der Sedimente in Gefährdungsklassen bzw. in Sedimentqualitätsklassen wurde angewandt.
- (3) Für die Untersuchung von Eluat und Porenwasser standen mit dem Daphnientest, Leuchtbakterientest, Algentest und *umu*-Test genormte und validierte Methoden zur Verfügung. Ebenso war der hER-Screen für die Untersuchung des östrogenen Potenzials einer Sedimentprobe geeignet. Der Chironomidentest erwies sich für die Testung von Gesamtsediment als weniger empfindlich und hatte eine hohe Variabilität bzw. keine ausreichende Reproduzierbarkeit. Der Comet Assay zeigte methodische Probleme, die vor einem routinemäßigen Einsatz behoben sein sollten.
- (4) Die Gewässersedimente wurden sowohl physikalisch-chemisch als auch ökotoxikologisch charakterisiert. In der Regel wurde die ökotoxikologische Einstufung der Probe anhand der Ergebnisse aus den Porenwasseruntersuchungen vorgenommen. Häufig zeigten die Porenwasserproben im Algen- und Leuchtbakterientest, weniger im Daphnientest, eine z. T. deutliche toxische Wirkung. Eluat und Gesamtsediment waren überwiegend – mit Ausnahme einiger Tiefensedimente und den oberflächennahen Elbsedimenten bei Magdeburg – ökotoxikologisch unauffällig. In keiner der untersuchten Proben wurde mit dem hER-Screen eine östrogenen Wirkung festgestellt. Beim Rhein war kein deutlicher Unterschied in der ökotoxikologischen

Belastung von Oberflächen- und Tiefensediment feststellbar. Nur das erheblich kontaminierte Tiefensediment von der Beprobungsstelle Weisweil hatte mit zunehmender Tiefe eine deutlich höhere Toxizität als die übrigen getesteten Rheinsedimente. Die Proben aus dem Polder Altenheim waren in Bezug auf Schadstoffbelastung und biologischer Wirkung unauffällig. Die Tiefensedimente des Neckars hatten eine deutlich toxischere Wirkung als die in direktem Bezug dazu stehenden Oberflächensedimente. Ein jahreszeitlicher Einfluss auf die Belastung des Neckarsediments bei Lauffen wurde nicht festgestellt. Das Porenwasser aus den Sedimenten von Leimbach, Körsch und Schutterkanal wies im Algen- und Leuchtbakterientest toxische Wirkungen auf. Die untersuchten Proben der Alten Elbe waren sowohl im Porenwasser als auch im Eluat toxikologisch unauffällig. Die Elbesedimente unterhalb des ehemaligen Chemiestandorts Fahlberg-List sind mit anorganischen und organischen Schadstoffen hoch belastet und zeigten überwiegend in den Biotests sowohl in den Eluaten als auch im Porenwasser deutliche Toxizität an. Beim Sediment des Eldenburger Kanals (Müritz-Elde-Wasserstraße) wurden im Algen-, Daphnien- und Leuchtbakterientest keine bis geringe Toxizität festgestellt. Die Spreesedimente waren chemisch gering belastet und toxikologisch, mit Ausnahme eines einmaligen positiven Befunds im Comet Assay, unauffällig.

- (5) Zur Remobilisierung von Sedimentschadstoffen und zur Veränderung der Sedimenteigenschaften in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer wurden Untersuchungen durchgeführt. Unter sauren Milieubedingungen wurden die Schwermetalle vom Sediment in die wässrige Phase freigesetzt. Die erhöhte Schwermetallkonzentration hatte eine wesentlich stärkere Toxizität in den Biotestverfahren zur Folge. Nach einer Lagerungsdauer von 25 Monaten waren in den untersuchten Sedimenten keine toxischen Wirkungen mehr nachweisbar.
- (6) Toxische Effekte durch Ammonium und/oder Schwefelwasserstoff waren insbesondere bei Untersuchungen des Porenwassers nicht auszuschließen. Die Toxizität von Ammonium bzw. von Schwefelwasserstoff kann im ungünstigen Fall die Wirkung anderer Sedimentschadstoffe überlagern.
- (7) Auf der Grundlage der Erkenntnisse aus dem Vorhaben wurde eine Handlungsempfehlung vorgeschlagen, die unter Berücksichtigung spezifischer Wirkpfade und Trophieebenen die ökotoxikologische Prüfung von Gewässersedimenten ermöglicht. Die vorgeschlagene Testkombination umfasst weitgehend standardisierte Testverfahren der aquatischen Toxikologie sowie Verfahren für spezielle Fragestellungen wie z. B. die nach der endokrinen Wirkung und Gentoxizität. Entsprechend der Empfehlung werden die Untersuchungen mit Gesamtsediment, Porenwasser und Eluat bzw. mit ethanolischem Extrakt durchgeführt. Mit dem Bewertungskonzept ist eine standardisierte ortsunabhängige Bewertung der Biotestergebnisse möglich. Mit der empfohlenen Vorgehensweise kann das ökotoxikologische Gefährdungspotenzial von Gewässersedimenten charakterisiert werden.

2 Einleitung

Die Sedimente bilden den Grund der Gewässer. Sie bestehen in der Regel aus Erdreich, Sanden, Mineralien und Biomasse. Die einzelnen Bestandteile werden durch Erosion in die Gewässer eingetragen oder entstehen im Gewässer als Partikel bei biologischen Prozessen. Neben ihrer Funktion als Speicherspeicher sind Sedimente auch Lebensraum einer artenreichen Tier- und Pflanzenwelt.

In die Gewässer werden aus Haushalt, Verkehr, Gewerbe und Industrie auch Stoffe mit unerwünschten Wirkungen (z. B. Toxizität, Genotoxizität, Östrogenität) für die belebte Umwelt eingetragen. Aufgrund der stofflichen Eigenschaften lagern sich viele dieser Schadstoffe (z. B. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Pestizide, halogenierte Kohlenwasserstoffverbindungen und Schwermetallverbindungen) an die Gewässersedimente an und bauen damit ein Schädigungspotenzial auf. Akute bzw. chronische Schädigungen an sedimentbewohnenden Organismen bzw. Sedimentschadstoffe in der Nahrungskette sind zu befürchten (Balch et al., 1995, Alchin et al., 1999, Burgess & McKinney, 1999, Kannan et al., 1999, Vetter & Maruya, 2000, Bott & Standley, 2000, Moisey et al., 2001, McLachlan et al., 2001). Unter veränderten Milieubedingungen (Änderung des Redoxzustands, Änderung des pH-Werts, Anwesenheit von komplexbildenden Substanzen), durch mikrobielle Stoffumsetzungsprozesse, bei Hochwasserereignissen oder bei Baggermaßnahmen – z. B. in Flusstauhaltungen – können die sedimentgebundenen Schadstoffe wieder in die Wasserphase eintreten und so die aquatischen Lebensgemeinschaften gefährden (Bremle & Larsson, 1998, Calmano et al., 1992, Dehnad & Förstner, 1988, Dehnad & Radeke, 1993, Förstner & Wittmann, 1979, Gräbe & Frimmel, 1996, Gräbe, 1998, Jennett et al., 1980, Lorenz, 1997, Lu & Chen, 1977, Stein & Wagner, 1984, Simpson et al., 2000, Thibodeaux, 2003). Aus Sicht des vorsorgenden Gewässerschutzes ist es daher geboten, Schadstoffe, die sich aufgrund ihrer stofflichen Eigenschaften in Sedimenten und Biota anreichern und von denen Schädigungen der aquatischen Lebensgemeinschaften zu befürchten sind, wirkungsbezogen zu identifizieren und zu bewerten. Es besteht die Notwendigkeit, die biologische und chemische Sedimentqualität – in Anlehnung an die Wasserqualität – zu erfassen und einer Bewertung zu unterziehen (Calmano, 1996). Aufgrund der bekannten biologischen Wirkungen von sedimentgebundenen Schadstoffen (Balch et al., 1995) ist es aus gewässerökologischer und wasserrechtlicher Sicht geboten, wirkungsbezogene Verfahren in die Bewertung der Sedimentbelastung mit einzubeziehen.

Bislang liegt der Schwerpunkt der Erfassung toxischer Substanzen in Sedimenten überwiegend im Bereich der chemisch-analytischen Messungen. Diese Untersuchungen geben Aufschluss über das Vorkommen von Schadstoffen in Sediment und Wasserkörper. Mögliche Schädwirkungen von Sedimentkontaminationen – insbesondere von Substanzgemischen – auf wasser- und sedimentbewohnende Organismen können mit den chemisch-analytischen Messungen nicht aufgedeckt werden. Zur Abschätzung der durch Fremdstoffe verursachten Umweltschäden ist oftmals nicht nur die Frage nach der Höhe der Konzentration von Fremdstoffen von Interesse, sondern auch, ob und in welchem Umfang eine vorgefundene Schadstoffbelastung noch tolerierbar ist. Aufgrund der Stoffvielfalt und der in der Regel unbekanntem Bioverfügbarkeit der spezifischen Umweltschadstoffe, die auch mit hohem analytischen Aufwand unbekannt bleibt, sind die chemisch-analytischen Möglichkeiten zur Bewertung der Sedimentschadstoffe (Ermittlung von Grenzwerten für Einzelstoffe) bezüglich ihrer Aussagekraft zur Schadstoffwirkung begrenzt.

Eine Untersuchung mit Biotests liefert auf direktem Wege Hinweise auf eine unerwünschte Wirkung (z. B. Toxizität, Gentoxizität u. a.) des Untersuchungsmaterials. Der Vorteil von biologischen Testverfahren bei Bewertungsaufgaben ist die integrale Erfassung von Schadwirkungen auch von analytisch nicht erfassten Schadstoffen. Für die ökotoxikologische Bewertung von Sediment und Wasser sind biologische Wirkungsuntersuchungen daher einer chemischen Analyse vorzuziehen, da sie Aussagen zur Belastungssituation von Flora und Fauna ausgewählter Biozönosen ermöglichen.

Eine biologische Sedimentbewertung kann nicht unter Verwendung eines einzelnen Biotests zu aussagekräftigen Ergebnissen kommen. Unterschiedliche Expositionswege und unterschiedliche Empfindlichkeiten der Testorganismen auf Schadstoffe stehen dagegen. Bei positiven Ergebnissen aus den Biotests besteht akuter Handlungsbedarf, dessen Zielrichtung durch chemische Analysen hinsichtlich Identifizierung und Quantifizierung der für die Toxizität verantwortlichen Stoffe präzisiert werden muss.

Eine Reihe von Verfahren für die wirkungsbezogene Untersuchung von Sedimenten wurde in den vergangenen Jahren bereits eingesetzt (Burton, 1991, Brunström et al., 1992, Zimmerer und Ahlf, 1994, Ahlf, 1995, Canfield et al., 1994, Borgmann et al., 2001). Idealerweise werden in einer Testbatterie mehrere Verfahren kombiniert, mit denen das Gesamtsediment, das Porenwasser und das Eluat untersucht werden kann. Die Testorganismen nehmen hierbei über verschiedene Expositionspfade die Sedimentschadstoffe auf. Die Exposition gegenüber dem Gesamtsediment sollte bei der Zusammenstellung einer Testbatterie immer berücksichtigt werden, da sie die Lebensbedingungen für die sedimentbewohnenden Organismen abbildet. Für den behördlichen Routineeinsatz werden robuste, praktikable und aussagekräftige Testverfahren gefordert. Hierfür sind weitgehend standardisierte und für den Routineeinsatz geeignete Verfahren in Betracht zu ziehen.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden in erster Linie Gewässersedimente mit ökotoxikologischen Verfahren sowie chemischer Begleitanalytik untersucht. Daneben wurden mit der Testbatterie auch Fragen zur Remobilisierung von Sedimentschadstoffen sowie zur Veränderung von toxischen Wirkungen in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer nachgegangen.

Für die Untersuchungen von Porenwasser, Eluat, Gesamtsediment und ethanolischem Extrakt wurden weitgehend standardisierte Biotestverfahren eingesetzt. Die Oberflächensedimente stammten überwiegend aus dem Neckar und dem baden-württembergischen Gewässerabschnitt des Rheins sowie einigen Nebengewässern. Aus dem Rhein bei Weisweil wurde für die chemischen und biologischen Untersuchungen Hexachlorbenzol belastetes Sediment bis zu einer Tiefe von ca. 5 m mittels Kernbohrung entnommen. Darüber hinaus wurden in Kooperation mit dem Projektpartner Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) Oberflächensedimente aus der Elbe, dem Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße) und der Spree in das Untersuchungsprogramm aufgenommen.

Im Rahmen von zwei Untersuchungskampagnen unter Federführung der BfG (Herr Dr. F. Krebs) wurden an mehreren Stellen von Rhein und Neckar Oberflächensedimente und parallel dazu Tiefensedimente entnommen. Die Sedimentproben wurden von der BfG zusammen mit den chemischen Daten

diesem Vorhaben für die vergleichende Untersuchung des ökotoxischen Schädigungspotenzials von Oberflächen- und Tiefensediment zur Verfügung gestellt.

Die chemischen Analysewerte wurden mit Hilfe des Klassifizierungssystems der ARGE ELBE (1996) klassifiziert und damit einer Bewertung zugänglich gemacht. Auf der Basis der erzeugten biologischen Daten wurde für die ökotoxikologische Charakterisierung der Sedimentbeschaffenheit ein vierstufiges Bewertungssystem aufgestellt. Die Ergebnisse aus diesem anwendungsorientierten Vorhaben sollen die Entscheidungsfindung bei Fragen des Umgangs mit kontaminierten Sedimenten für Landes- und Bundesbehörden sowie andere Entscheidungsträger erleichtern. Mit der Methodik können Gewässersedimente bundesweit einheitlich charakterisiert und zu Vergleichszwecken die Ergebnisse in einer Datenbank abgelegt werden.

3 Material und Methoden

3.1 Sedimentproben

In Baden-Württemberg wurden zwischen 1999 und 2001 Oberflächensedimente aus den Flüssen Rhein und Neckar, aus einem mit dem Rhein verbundenen Polder sowie einiger kleinerer Nebenflüsse ökotoxikologisch und chemisch charakterisiert (Abbildung 1). Kernproben einer HCB-belasteten Sedimentablagerung bei Weisweil wurden horizontweise ebenfalls ökotoxikologisch und chemisch analysiert. Darüber hinaus wurden in Kooperation mit der BfG Oberflächensedimente aus Elbe, Spree und Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße) auf Schadstoffwirkung getestet. An der Probestelle Lauffen am Neckar wurden, um mögliche jahreszeitliche Einflüsse berücksichtigen zu können, im Laufe des Jahres 2000 monatlich Proben entnommen. In Zusammenarbeit mit der BfG wurden für die Untersuchungen an einigen ausgewählten Beprobungsstellen an Rhein und Neckar Oberflächen- und Tiefensedimente parallel entnommen. Die chemischen Analysedaten hierzu wurden von der BfG zur Verfügung gestellt.

Die Flusssedimente entstammten unterschiedlich anthropogen belasteten Gewässerabschnitten. Die Schadstoffbelastung der Sedimente war teilweise aus früheren Untersuchungen (Regierungspräsidium Stuttgart, 1993, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg & Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 2000, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1997, 2000) bekannt. Die chemische Bewertung der Schadstoffbelastung erfolgte nach dem Klassifizierungssystem von I bis IV der ARGE Elbe (1996).

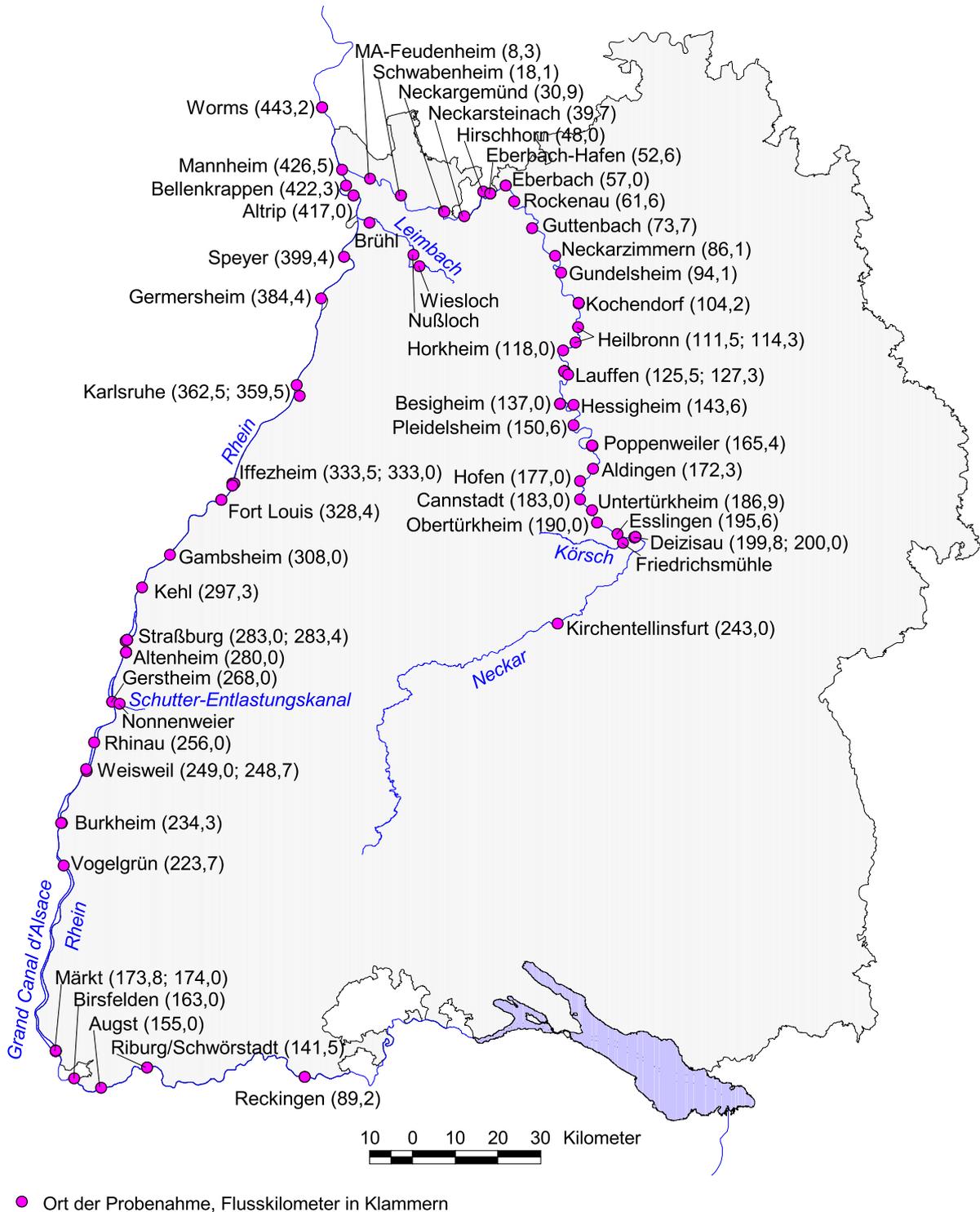


Abbildung 1: Sedimentprobenahmestellen in Baden-Württemberg (Grafik F. Broecker, LfU).

3.2 Probenahme

Oberflächensedimente

Die Proben von den Oberflächensedimenten wurden mit einem van Veen-Greifer entnommen (Burton, 1992). Mit dem van Veen-Greifer wird nur das oberflächennahe Sediment – bis ca. 15 cm – erfasst. Mehrere an einem Standort gezogene Proben wurden homogenisiert, grobe Bestandteile entfernt und in Sammelgefäße aus Polypropylen abgefüllt.

Tiefensedimente

Im Rhein wurde 1998 eine HCB-belastete Sedimentablagerung bei Weisweil (km 248,700) bis zu einer Tiefe von ca. 5 m beprobt. Hierzu wurden jeweils 5 ca. 1 m lange Kernproben mittels Bohrung entnommen. Die Kernproben wurden in 50 cm bzw. in 25 cm Teilstücke zerlegt. Die Teilstücke wurden homogenisiert. Die homogenisierten Proben wurden chemisch und biologisch untersucht.

Aus dem Neckar (1999) bzw. aus dem Rhein (2001) wurden von der BfG Tiefensedimente als Kernproben von etwa 1 m Länge entnommen. Die homogenisierten Proben wurden von der BfG ebenso wie die zugehörigen chemischen Analysedaten der LfU zur Verfügung gestellt.

Probenlagerung

Für die toxikologischen Untersuchungen wurden die Proben bei 4 °C nicht länger als 14 Tage im Dunkeln aufbewahrt bzw. bei –20 °C dauerhaft gelagert. Die analytische Erfassung von Schadstoffparametern erfolgte an gefriergetrockneten Sedimentproben.

3.3 Probenvorbereitung

Porenwassergewinnung

Das Porenwasser ist das Wasser zwischen den Sedimentpartikeln. Es wurde durch Zentrifugation von jeweils 100 g (Nassgewicht) Gesamtsediment mit 11000 g bei 20 °C über 20 min und zusätzlich durch Filtration (0,45 µm) abgetrennt. Am Porenwasser wurden der pH-Wert, die Leitfähigkeit und die Redoxspannung gemessen. Bis zur Testung, jedoch nicht länger als 14 Tage, wurde das Porenwasser bei 4 °C im Dunkeln gelagert.

Eluatherstellung

Neben Porenwasser wurden auch wässrige Eluate untersucht. Hierzu wurden 1 Teil Sediment (\cong 50 g Trockengewicht) und 4 Teile Aqua deion. in einer 1 l Glasflasche suspendiert. Die Suspension wurde bei Raumtemperatur mit einem Überkopfschüttler für 24 h mit 10 Upm rotiert. Feinpartikel wurden durch Zentrifugation mit 11000 g bei 20 °C über 20 min und zusätzlich durch Filtration (0,45 µm) abgetrennt. Am Eluat wurden der pH-Wert, die Leitfähigkeit und die Redoxspannung gemessen. Bis zur Testung, jedoch nicht länger als 14 Tage, wurde das Eluat bei 4 °C im Dunkeln gelagert.

Extraktherstellung

Für die Untersuchung der Sedimentbelastung auf hormonelle Wirkung wurden von den gefriergetrockneten Proben (Sieb-Fraktion <2 mm) ethanolische Extrakte (200 mg gefriergetrocknetes Sediment/ml Ethanol; Überkopfschüttler 20 Upm, 2 h bei Raumtemperatur; Zentrifugation 2000 g, 10 min bei Raumtemperatur) hergestellt. Der ethanolische Extrakt wurde bis zur Testung, jedoch nicht länger als 14 Tage bei 4 °C im Dunkeln gelagert.

Referenzsediment

Für die Biotestuntersuchungen wurde in Anlehnung an das OECD-DRAFT-DOCUMENT (OECD, 1998) ein künstliches Referenzsediment hergestellt. Hierzu wurden 50 g luftgetrockneter Torf (Sieb-Fraktion <2 mm), 50 g Weißer Ton (Merck 101906) und 900 g luftgetrockneter, doppelt gewaschener Sand (Sieb-Fraktion <2 mm) gemischt. Zu der Trockenmischung wurde Testwasser (Karlsruher Leitungswasser) gegeben bis eine cremige Paste entstand. Der pH-Wert der Sedimentmischung wurde durch Zugabe von ca. 50 g Calciumcarbonat (reinst) auf pH 6,5 eingestellt.

Physikalisch-chemische Parameter

Korngröße

Die Korngrößenverteilung wurde am Institut für Seenforschung der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg mit einem automatischen, laseroptischen Verfahren (Galai CIS-1, Fa. LOT-Oriel GmbH & Co. KG, Darmstadt) nach dem Prinzip der Laserabschattung bestimmt. Die automatische Bestimmung der Verteilungsfunktion erlaubt eine Auswertung für Partikelgrößen zwischen 0,5 und 150 µm.

Allgemeine Parameter

Trockenrückstand, pH-Wert, Redoxspannung, Leitfähigkeit, Glühverlust, TC, TIC, TOC, Gesamt-P, S, Ca, Mg, Gesamt-CN⁻, EOX, AOX, MKW.

Chlorierte Insektizide (<2 mm Fraktion)

Pentachlorbenzol, Hexachlorbenzol, Pentachloranisol, Quintozen, α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH, Heptachlor, cis-Heptachlorepoxyd, trans-Heptachlorepoxyd, Aldrin, Isodrin, Octachlorstyrol, α -Endosulfan, p,p'-DDT, o,p-DDT, p,p'-DDE, o,p-DDE, p,p'-DDD, o,p-DDD.

Polychlorierte Biphenyle (<2 mm Fraktion)

PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 170, PCB 180, PCB 194.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (<2 mm Fraktion)

Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benz[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Benzo[a]pyren, Dibenz[a,h]anthracen, Benzo[g,h,i]perylene, Indeno[1,2,3-c,d]pyren.

Xenobiotika (<2 mm Fraktion)

Moschus-Ambrette, Moschus-Tibeten, Moschus-Mosken, Moschus-Keton, Moschus-Xylol, polyzyklische Moschusverbindungen (HHCB, DPMI, ATII, AHTN, AHMI, ADBI), Indometacin, Diclofenac, Ibuprofen, Fenoprofen, Ketoprofen, Gemfibrozil, Fenofibrat, Bezafibrat, Clofibrinsäure, Fenofibrinsäure, Carbamazepin, Pentoxifyllin, iso-Nonylphenol, n-Oktylphenol, Bisphenol A, Bisphenol F, Tetrabrombisphenol A, 2,2',4,4'-Tetrabrombiphenylether, Hexestrol, Diethylstilbestrol, Androsteron, Equilin, Estron, 17- β -Estradiol, Testosteron, Mestranol, Norethisteron, 17- α -Ethinylestradiol, Estriol, Daidzein, β -Sitosterol.

Schwermetalle (<20 μ m Fraktion)

Cd, Cu, Pb, Ni, Cr, Zn, Hg, Fe, Mn, Al, As, Sn.

Zinnorganische Verbindungen (<20 μ m Fraktion)

Monobutylzinn, Dibutylzinn, Tributylzinn, Tetrabutylzinn, Monooctylzinn, Dioctylzinn, Tricyclohexylzinn, Triphenylzinn.

3.4 Biologische Testverfahren

Die Testverfahren für dieses Vorhaben wurden so gewählt, dass mit Organismen aus den verschiedenen Stufen der Nahrungspyramide (Trophieebenen) wie Pflanzen (Produzenten), Bakterien (Destruenten) und Tieren (Konsumenten) das Gefährdungspotenzial eines Sedimentes hinsichtlich giftiger (toxischer), erbgutverändernder (gentoxischer) und hormonartiger (östrogener) Wirkungen erfasst wird (Tabelle 1). Weitere Kriterien waren der Wirkungspfad sowie die Praktikabilität des Verfahrens.

Untersucht wurde das im Porenraum des Sediments befindliche Wasser (Porenwasser) sowie das Eluat, das durch Suspendierung des Sediments mit einer definierten Wassermenge und anschließender Abtrennung der wässrigen Phase gewonnen wird. Im Chironomidentest haben die Testorganismen direkten Kontakt mit dem zu untersuchenden Sediment während beim Test auf hormonähnliche Wirkung (hER-Screen) ein ethanolischer Sedimentextrakt getestet wird. "Unerwünschte" Wirkungen werden in den Testverfahren durch Hemmung von Wachstum, Schwimffähigkeit, Larvalentwicklung oder Stoffwechselfunktionen, durch die Induktion von Reportergenen bzw. durch den Nachweis der Schädigung des Erbguts angezeigt.

Unter Berücksichtigung der Vielzahl von Anforderungen wurde eine „minimale Testpalette“ zusammengestellt, die allerdings bei Bedarf um weitere Testverfahren mit spezifischen Endpunkten erweitert werden kann.

Tabelle 1: Wirkungsbezogene Sedimentuntersuchungen.

Wirkung	Biotest	Testgut	Referenz
Toxizität	Algentest	Porenwasser, Eluat	DIN 38412-33 modifiziert
	Daphnientest	Porenwasser, Eluat	DIN 38412-30
	Leuchtbakterientest	Porenwasser, Eluat	DIN EN ISO 11348-3
	Chironomidentest	Gesamtsediment	OECD, 1998 modifiziert
Gentoxizität	<i>umu</i> -Test	Porenwasser, Eluat	DIN 38415-3
	Comet Assay	Porenwasser, Eluat	Singh et al., 1988 modifiziert
Östrogenität	hER-Screen	EtOH-Extrakt	Routledge & Sumpter, 1996

Algentest in Anlehnung an DIN 38412-33

Beim Algentest wird die akut toxische Wirkung von wässrigem Testgut auf die Biomasseproduktion der Algen bestimmt. Als Maß für die Algenbiomasse gilt die Chlorophyll-Fluoreszenz. Testalge ist die in Kultur meist einzellige Grünalge *Desmodesmus subspicatus* CHODAT stellvertretend für die Primärproduzenten im Plankton. Der Algentest nach DIN 38412-33 wurde im Rahmen dieses Vorhabens modifiziert und so weit miniaturisiert, dass er auf einer Mikroplatte mit 24 Vertiefungen (Testvolumen 2 ml) durchgeführt werden kann. Mit dem Algentest wurden Porenwässer und wässrige Sedimenteluat untersucht. Der höchste Probenanteil im Test betrug 80 % (G=1,25).

Daphnientest DIN 38412-30

Der zu den Blattfußkrebse (Phyllopora) gehörende Testorganismus *Daphnia magna* STRAUS ist ein Teil des Zooplanktons stehender Gewässer. Als Filtrierer von partikulärer organischer Substanz steht diese Art in ihrer ökologischen Funktion als Konsument niedriger Ordnung zwischen den Destruenten (z. B. Bakterien) und den Primärproduzenten (Algen) einerseits und den Konsumenten höherer Ordnung (z. B. Fischen) andererseits. Beim Daphnientest wird die akut toxische Wirkung von wässrigem Testgut auf *Daphnia magna* STRAUS nach 48 h Testdauer bestimmt. Mit dem Daphnientest wurden Porenwässer und wässrige Sedimenteluat untersucht. Der höchste Probenanteil im Test beträgt 100 %.

Leuchtbakterientest DIN EN ISO 11348-3

Der Bakterientest repräsentiert die Gruppe der Destruenten im Gewässerökosystem. Allerdings handelt es sich bei dem Testorganismus um ein marines Bakterium, das in Süßwasser nicht vorkommt. Beim Leuchtbakterientest wird die Hemmwirkung von wässrigem Testgut auf die Lichtemission von *Vibrio fischeri* bestimmt. Der Test wurde mit gefriergetrockneten Bakterien durchgeführt. Mit dem Leuchtbakterientest wurden Porenwässer und wässrige Sedimenteluat untersucht. Der höchste Probenanteil im Test betrug 50 %.

Chironomidentest in Anlehnung an OECD-DRAFT-DOCUMENT (OECD, 1998)

Die zu den Insekten gehörenden Chironomiden umfassen häufig einen wesentlichen Anteil der benthischen Biomasse. Das Larvenstadium gilt als das empfindlichste im Lebenszyklus der Chironomiden. Larven von *Chironomus riparius* wurden in einem Sediment-Wassersystem exponiert. Als Maß für die Toxizität einer Sedimentprobe wurde die Schlupfrate der Tiere bestimmt. Mit dem Chironomidentest wurde Gesamtsediment untersucht. Der höchste Probenanteil im Test betrug 100 %.

Comet Assay (Singh et al., 1988)

Im Comet Assay wird die Schädigung des Erbguts über die Länge der DNA-Wanderungsstrecke im elektrischen Feld bestimmt. Kommt es durch genotoxische Substanzen zu DNA-Brüchen, wandern diese DNA-Bruchstücke im elektrischen Feld aus dem Zellkernbereich hinaus und bilden die so genannten Kometen. Je länger der Komet ist, umso größer ist die durch Gentoxine hervorgerufene Schädigung des genetischen Materials der Zelle. Aus intakten Zellkernbereichen wandern keine DNA-Bruchstücke aus. Als Testorganismen dienen Zellen der Fischzelllinie RTG2 (Rainbow TROUT GONADE), die in dem wässrigen Testgut (Porenwasser und wässrige Sedimenteluat) exponiert wurden. Der höchste Probenanteil im Test betrug 100 %.

umu-Test DIN 38415-3

Der gentechnisch veränderte Testorganismus *Salmonella typhimurium* TA1535/pSK1002 wird unter festgelegten Bedingungen in verschiedenen Konzentrationen des Testguts exponiert. Dabei induzieren Gentoxine durch DNA-Schädigung das an der DNA-Reparatur des Testorganismus beteiligte *umuC*-Gen. Die Induktion des Gens wird mit Hilfe des Reportergens *lacZ* über die Aktivität der β -Galaktosidase nachgewiesen. Mit dem *umu*-Test wurden Porenwasser und wässrige Sedimenteluat untersucht. Der höchste Probenanteil im Test betrug 66,7 %.

hER-Screen (Routledge and Sumpter, 1996)

Als Testorganismus dient die gentechnisch veränderte Hefe *Saccharomyces cerevisiae*. Die DNA-Sequenz des menschlichen Östrogenrezeptors (hER [human Estrogen Receptor]) wurde in das Genom der Hefe integriert. Östrogenaktive Substanzen binden an den Rezeptor. Der Östrogen-Rezeptor-Komplex lagert sich anschließend auf einem Expressionsplasmid an einen DNA-Abschnitt an, der als Estrogen-Responsive-Element (ERE) die Transkription des nachgeschalteten Reportergens *lacZ* kontrolliert. *lacZ* kodiert für das Enzym β -Galaktosidase. In Gegenwart von Östrogen bzw. östrogenartig wirkenden Substanzen wird das Enzym β -Galaktosidase synthetisiert, dessen Aktivität im Testmedium bestimmt wird. Mit dem hER-Screen wurden ethanolische Sedimentextrakte untersucht. Der höchste Extraktanteil im Test betrug 5 %.

3.5 Remobilisierung von sedimentgebundenen Schwermetallen

Probenvorbereitung

Schwermetallbelastete Tiefensedimente (Sedimentkerne bis 1 m Tiefe) aus dem Neckar wurden in Batch-Ansätzen hinsichtlich der Freisetzung von Schwermetallen unter oxidierenden Bedingungen bei pH 3,0 untersucht. Vom feuchten Sediment wurde entsprechend einer Portion von 50 g Trockenmasse in 1l Glasflaschen (Duran, Schott) eingewogen und mit 200 ml deionisiertem Wasser suspendiert. Die Flaschen wurden mit einem Schraubverschluss mit Teflondichtung verschlossen. Während des Versuchs wurden die Flaschen mit einem Überkopfschüttler bei 10 U/min bei Raumtemperatur geschüttelt. Für die Untersuchung wurden zum einen Sedimente ohne Einstellung des pH-Werts für 24 h (entsprechend der in diesem Vorhaben üblichen Vorgehensweise zur Herstellung von Sedimenteluaten) und Sedimente mit Einstellung des pH-Werts (pH = 3,0, Salpetersäure 65 %) für 7 Tage geschüttelt, um eine maximale Remobilisierung zu erreichen. In diesen Ansätzen wurde der pH-Wert täglich durch Zugabe von Salpetersäure nachgestellt. Anschließend wurden die Suspensionen bei 11000 g bei 20 °C für 20 min zentrifugiert und der Überstand über Glasfaserfilter und Cellulosenitratfilter (0,45 µm) filtriert. Mit dem Filtrat wurden die biologischen Testverfahren sowie die Schwermetallbestimmung durchgeführt. Vor Einbringung in die biologischen Testverfahren wurde das Filtrat mit NaOH (5 N) neutralisiert. Bei der Neutralisation des Filtrats sind Metallhydroxide ausgefallen. Der Niederschlag wurde durch Zentrifugation bei 11000 g bei 20 °C für 20 min und durch anschließende Filtration des Überstands über Glasfaserfilter und Cellulosenitratfilter (0,45 µm) abgetrennt. Der Gehalt an Schwermetallen wurde im neutralen, im sauren und im neutralisierten Filtrat analytisch bestimmt.

Auswertung der Messdaten

Für die Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse mit den unterschiedlichen Sedimenten wurden sie normiert. Hierfür wurde die jeweils freigesetzte Metallmenge auf die anfangs im Sediment vorhandene Gesamtmenge bezogen. (Gräbe & Frimmel, 1996). Die prozentuale Freisetzung R ergibt sich nach der Gleichung:

$$R = \frac{\beta_{\text{Me}} \cdot V}{m \cdot w_{\text{Me}}} \cdot 100\%$$

β_{Me} : Metallkonzentration in µg/l

V : Probevolumen in l

m : Probentrockenmasse in g

w_{Me} : Metallgehalt im Originalsediment µg/kg

3.6 Änderung von toxischen Sedimenteigenschaften in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer (Alterung)

Alterungseffekte bei der Toxizität von Sedimentproben sind bislang wenig erforscht. Es sind nur wenige systematische Untersuchungen bekannt, in denen Änderungen der Toxizität in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer erfasst wurden (DeFoe & Ankley, 1998). Gerade im Hinblick auf die Ausbringung von Baggergut auf landwirtschaftlich genutzte Flächen ist die Kenntnis der Alterung der toxischen Sedimenteigenschaften, d. h. die Veränderung der Toxizität in Abhängigkeit von der Zeit, ein wichtiger Aspekt. Aufgrund der Lagerdauer können Schadstoffe zersetzt, abgebaut oder remobilisiert werden. Hierzu wurden unter definierten Bedingungen gelagerte kontaminierte Sedimentproben in verschiedenen Zeitabständen mit den Biotests wiederholt beprobt. Von einigen der als toxisch eingestuften Tiefsedimente aus dem Neckar wurde Probenmaterial bei 4 °C im Dunkeln gelagert. Die Sedimente wurden in Zeitabständen von 5, 12 und 25 Monaten mit den biologischen Verfahren untersucht, um die Veränderung der Sedimenttoxizität in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer zu bestimmen.

4 Ergebnisse

4.1 Klassifizierung und Bewertung der Ergebnisse

4.1.1 Biologische Ergebnisse

Die Ergebnisse aus dem Daphnien-, Algen- und Leuchtbakterientest wurden entsprechend der ermittelten EC₁₀- (Daphnien) bzw. EC₂₀-Werte (Algen, Leuchtbakterien) in 4 Klassen von "keine toxische Wirkung" bis "kritische toxische Wirkung" eingeteilt. Aufgrund der starken Streuung der Ergebnisse des Chironomidentests wurden die Proben erst ab einer Schlupfhemmung von mehr als 50 % als toxisch bewertet. Beim Comet Assay, beim *umu*-Test und beim hER-Screen wurden die Ergebnisse nur zwischen "keine gentoxische Wirkung bzw. keine östrogenartige Wirkung" und „gentoxische Wirkung bzw. östrogenartige Wirkung" unterschieden (Tabelle 2).

Tabelle 2: Klassifizierung der Testergebnisse.

Algen-, Daphnien- und Leuchtbakterientest

Toxizitätsklasse	Bewertung	Parameter
Symbol		Probenanteil im Test*
I	Keine toxische Wirkung	>100 %
II	Geringe toxische Wirkung	≤100 % ≥25 %
III	Mäßige toxische Wirkung	<25 % ≥6,25 %
IV	Kritische toxische Wirkung	<6,25 % >0 %

* Probenanteil im Test, der 10 % (EC₁₀, Daphnien) bzw. 20 % (EC₂₀, Algen, Leuchtbakterien) Hemmung bewirkt, EC: Effect Concentration.

Chironomidentest

Toxizitätsklasse	Bewertung	Parameter
Symbol		Hemmung Schlupf
--	Keine toxische Wirkung	≤50 %
+	Toxische Wirkung	>50 %

Comet Assay und *umu*-Test

Gentoxizitätsklasse	Bewertung	Parameter
Symbol		Wirkung
--	Keine gentoxische Wirkung	nein
+	Gentoxische Wirkung	ja

hER-Screen

Östrogenitätsklasse	Bewertung	Parameter
Symbol		Wirkung
--	Keine östrogenartige Wirkung	nein
+	Östrogenartige Wirkung	ja

Die klassifizierten Ergebnisse waren die Grundlage für ein vierstufiges Verfahren (BIO-Klassen I, II, III und IV) zur biologischen Bewertung der Sedimentprobe (Tabelle 3).

Tabelle 3: Biologische Bewertung der Sedimenteigenschaften anhand von BIO-Klassen.

BIO-Klasse	Sedimentbelastung	Aquatischer Lebensraum
I	keine	nicht beeinträchtigt
II	gering	gering beeinträchtigt
III	mäßig	mäßig beeinträchtigt
IV	kritisch	kritisch beeinträchtigt

Die Einstufung in die BIO-Klasse erfordert eine Mindestanzahl an Testverfahren (minimale Testbatterie). In Anlehnung an das von Krebs (2000) vorgeschlagene Verfahren wurden die Ergebnisse der Eluat- und Porenwasseruntersuchungen mit dem Algen-, Daphnien- und Leuchtbakterientest als gleichrangig betrachtet, und das Ergebnis des Testsystems mit dem schlechtesten Befund, d. h. das mit der stärksten Toxizität, wurde zur Einstufung der Probe in die BIO-Klasse herangezogen. Gentoxizität im Comet Assay oder im *umu*-Test, Schlupfhemmung im Chironomidentest oder östrogenartige Wirkung im hER-Screen führten zur Abwertung um eine BIO-Klasse.

4.1.2 Chemische Ergebnisse

Die chemische Klassifizierung der anorganischen und organischen Belastung der Sedimentproben wurde nach dem siebenstufigen System der ARGE ELBE (1996) vorgenommen (Tabelle 4). Das Bewertungsverfahren der ARGE ELBE mit einer vierstufigen Klassifizierung und drei Zwischenstufen wurde aufbauend auf der natürlichen Hintergrundbelastung, ökotoxikologischen Vorgaben in Bezug auf Anreicherung der Stoffe in Biota, Zielvorgaben des Bund-Länder Arbeitskreises Qualitätsziele sowie weiterer Vorgaben wie z. B. der Klärschlammverordnung und US-EPA-Richtlinien entwickelt. Die Zielvorgaben entsprechen der Güteklasse II (gering anthropogen belastet). Die Güteklasse II erfüllt ebenfalls die Bodengrenzwerte der Klärschlammverordnung von 1992. Für die organischen Verunreinigungen im Sediment verwendet die ARGE ELBE das gleiche Einteilungsschema, nur wird die Güteklasse I als nicht nachweisbar definiert. Aus der Einordnung in eine bestimmte Klasse ergeben sich keine Handlungszwänge bzw. -optionen (ARGE ELBE, 1996).

Die nach dem System der ARGE ELBE klassifizierten Ergebnisse waren die Grundlage für ein entsprechendes vierstufiges Verfahren mit 3 Zwischenstufen (CHEM-Klassen I, I-II, II, II-III, III, III-IV und IV) zur chemischen Bewertung der Sedimentprobe. Die CHEM-Klasse der Probe wurde von dem Parameter mit der schlechtesten Güteklasse bestimmt. Die CHEM-Klasse II steht analog der Sedimentgüteklasse II der ARGE ELBE für geringe anthropogene Belastung. Die Einstufung in eine hohe CHEM-Klasse ermöglicht i. d. R. noch keine Aussage über die Bioverfügbarkeit der Sedimentschadstoffe im aquatischen System.

Tabelle 4: Chemische Sedimentgüteklassen nach dem System der ARGE ELBE (1996).

Messgröße	Dim	I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV
As	mg/kg	3-5	<10	<20	<40	<70	≤100	>100
Pb	mg/kg	25-30	<50	<100	<150	<250	≤500	>500
Cd	mg/kg	0,2-0,4	<0,5	<1,2	<5	<10	≤25	>25
Cr	mg/kg	60-80	<90	<100	<150	<250	≤500	>500
Cu	mg/kg	20-30	<40	<60	<150	<250	≤500	>500
Ni	mg/kg	10-30	<40	<50	<150	<250	≤500	>500
Hg	mg/kg	0,2-0,4	<0,5	<0,8	<5	<10	≤25	>25
Zn	mg/kg	90-110	<150	<200	<500	<1000	≤2000	>2000
PCB 28	µg/kg	n. n.	<2	<5	<10	<25	≤50	>50
PCB 52	µg/kg	n. n.	<2	<5	<10	<25	≤50	>50
PCB 101	µg/kg	n. n.	<2	<5	<10	<25	≤50	>50
PCB 138	µg/kg	n. n.	<2	<5	<10	<25	≤50	>50
PCB 153	µg/kg	n. n.	<2	<5	<10	<25	≤50	>50
PCB 180	µg/kg	n. n.	<2	<5	<10	<25	≤50	>50
α-HCH	µg/kg	n. n.	<5	<10	<20	<50	≤100	>100
β-HCH	µg/kg	n. n.	<5	<10	<20	<50	≤100	>100
γ-HCH	µg/kg	n. n.	<5	<10	<20	<50	≤100	>100
Hexachlorbenzol	µg/kg	n. n.	<20	<40	<100	<200	≤400	>400
p,p'-DDT	µg/kg	n. n.	<20	<40	<100	<200	≤400	>400
p,p'-DDD	µg/kg	n. n.	<20	<40	<100	<200	≤400	>400
p,p'-DDE	µg/kg	n. n.	<20	<40	<100	<200	≤400	>400
AOX	µg/kg	n. n.	<20	<50	<100	<250	≤500	>500
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. n.	<10	<25	<75	<150	≤250	>250
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. n.	<10	<25	<75	<150	≤250	>250
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. n.	<10	<25	<75	<150	≤250	>250
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. n.	<10	<25	<75	<150	≤250	>250
Monoöctylzinn	µg Sn/kg	n. n.	<10	<25	<75	<150	≤250	>250
Diöctylzinn	µg Sn/kg	n. n.	<10	<25	<75	<150	≤250	>250
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. n.	<10	<25	<75	<150	≤250	>250
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. n.	<10	<25	<75	<150	≤250	>250

Dim: Dimension, n. n.: nicht nachweisbar

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) werden im Klassifizierungssystem der ARGE ELBE nicht berücksichtigt. Der Orientierungswert in Böden liegt für Benzo(a)pyren nach BMU (Bundesministerium für Umwelt) bei 0,2 mg/kg bzw. für die Summe der 16 PAK nach EPA (Environmental Protection Agency) nach LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) bei 5 mg/kg (EWERS et al., 1994). Für Xenobiotika und Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) liegen bislang keine Richtwerte vor.

4.2 Biologische und chemische Beschaffenheit von Fließgewässersedimenten in Baden-Württemberg – Rhein, Neckar, Nebengewässer –

4.2.1 Rhein

4.2.1.1 Oberflächensediment

Fließstrecke Baden-Württemberg

Bei den Oberflächensedimentproben des Rheins waren das Gesamtsediment und die daraus hergestellten Eluate ökotoxikologisch nicht auffällig (Tabelle 5). Bei den angewandten Toxizitätstests zeigten sie keine Wirkung. Gentoxizität wurde vom Comet Assay nur im Porenwasser der Probe Vogelgrün (km 223,700, LfU-Nr. 42) angezeigt. Dagegen wurde mit dem *umu*-Test weder im Eluat noch im Porenwasser der Sedimentproben eine gentoxische Wirkung festgestellt. Bei keiner der Proben wurden östrogene Wirkungen nachgewiesen. Dagegen wurden mit dem Algen- und Leuchtbakterientest bei einer Reihe von Porenwässern deutliche Wirkungen angezeigt. Die Ergebnisse aus den Porenwasseruntersuchungen bestimmen deshalb die Einstufung der Rheinsedimente in die BIO-Klasse. In der überwiegenden Zahl erfolgte hier eine Einstufung in die Klasse III bzw. IV. Einige wenige Probenahmestellen waren den Bioklassen I (Rhinau, km 256,000, LfU-Nr. 44; Straßburg, km 283,000, LfU-Nr. S3) und II (Reckingen, km 89,150, LfU-Nr. 148; Riburg/Schwörstadt, km 141,450, LfU-Nr. 150; Augst, km 155,000, LfU-Nr. 47; Fort Louis, km 328,350, LfU-Nr. 136; Germersheim, km 384,400, LfU-Nr. 111) zuzuordnen.

Bei der Ermittlung der CHEM-Klasse anhand der Parameter des Klassifizierungssystems der ARGE ELBE dominierte i. d. R. das Hexachlorbenzol als ausschlaggebender Parameter. Hier wurden z. T. deutlich erhöhte Konzentrationen in den Sedimenten gemessen. Einige Probenahmestellen zeigten eine erhöhte PCB-Belastung. Überwiegend waren die Proben in die Stufen II-III und höher einzuordnen (Tabelle 5). Die Belastung der Rheinsedimente mit PAK bewegte sich bei den Maximalwerten im Bereich der Orientierungswerte. Die Probenahmestelle Germersheim (km 384,400, LfU-Nr. 111) mit einem Benzo(a)pyrengehalt von 1,2 mg/kg war hierbei die Ausnahme.

Tabelle 5: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg).

km	89,150	141,450	155,000	163,000	174,000	174,000
Ort	Reckingen	Riburg/ Schwörstadt	Augst	Birsfelden	Märkt	Märkt
Rechtswert	3451226	3414235	3403506	3397263	3392846	3392847
Hochwert	5270401	5272555	5267817	5270027	5276590	5276581
Datum	10.10.2001	11.10.2001	21.07.1999	28.10.1999	22.07.1999	13.04.1999
LfU-Nr.	148	150	47	28	48	S4
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Argentest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Argentest _{PW}	II	II	II	II	III	III
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	II	II	II	III	III	IV
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	n. b.	n. b.	--	n. b.	--	--
Comet Assay _{PW}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.	--	--	--	--
BIO-Klasse	II	II	II	III	III	IV

Chemische Charakterisierung

As	n. b.	n. b.	II-III	I-II	II	I-II
Pb	n. b.	n. b.	I-II	I-II	II	I-II
Cd	n. b.	n. b.	I	I	II	I
Cr	n. b.	n. b.	I	I	I	I
Cu	n. b.	n. b.	II	II	II	II
Ni	n. b.	n. b.	II	II-III	II	II
Hg	n. b.	n. b.	II	I	II-III	II-III
Zn	n. b.	n. b.	I-II	II	II-III	II
PCB 28	I	I	III	I	I	I
PCB 52	I	I	II-III	I	I	I
PCB 101	I	I	II-III	I	I	I
PCB 138	I	I	III	I	II	II
PCB 153	I	I	III	I	II	II
PCB 180	I	I	II-III	I	I	I
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	I	I	n. b.	I	n. b.	n. b.
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I	I	IV	II-III	II	III
p,p'-DDT	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDD	I	I	I-II	I	I-II	I
p,p'-DDE	I	I	I	I	I	I
AOX	n. b.	n. b.	III	II	II	II
Monobutylzinn	I	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	I	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	I	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	I	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	I	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	I	I	IV	II-III	II-III	III

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 5: Oberflächensediment Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km	173,750	223,700	234,300	234,300	249,000	256,000
Ort	Märkt	Vogelgrün	Burkheim	Burkheim	Weisweil	Rhinau
Rechtswert	3392927	3394726	3394335	3394193	3400068	3401876
Hochwert	5276395	5320239	5330305	5330319	5343043	5349317
Datum	15.08.2001	20.07.1999	14.08.2001	19.07.1999	02.11.1998	19.07.1999
LfU-Nr.	144	42	146	43	25	44
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Algentest _{PW}	III	IV	II	III	III	I
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	I	II	II	I	I	I
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	II	IV	III	III	II	I
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	n. b.	--
Comet Assay _{PW}	--	+	--	--	--	--
umu-Test _{EL ohne S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL mit S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW ohne S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW mit S9}	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	--	n. b.	--	--	--
BIO-Klasse	III	IV	III	III	III	I

Chemische Charakterisierung

As	II	II	II	II	II	II
Pb	II	I-II	I-II	I-II	I-II	I-II
Cd	I-II	I	I-II	I-II	I	II
Cr	I	I	I	I	I	I
Cu	I	II	I	II	II	II
Ni	II-III	II	II-III	II	II	II-III
Hg	I	I	I	II	I	I
Zn	II	II	II	I-II	I-II	II
PCB 28	I	I	I	I	I	I
PCB 52	I	I	I	I	I	I
PCB 101	I	I	I	II	II	I
PCB 138	I	II-III	I	II	II	II-III
PCB 153	I	II-III	I	II	II-III	II-III
PCB 180	I	I	I	I	II	I
α-HCH	I	I-II	I	I	I	I
β-HCH	I	n. b.	I	n. b.	I	n. b.
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I	III-IV	III	II-III	III	III-IV
p,p'-DDT	I	I-II	I	I	I-II	I
p,p'-DDD	I	I-II	I	I-II	I	I-II
p,p'-DDE	I	I	I	I	I	I
AOX	n. b.	III	n. b.	II	II-III	III
Monobutylzinn	I	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	I	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	I	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	I	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	I	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	II-III	III-IV	III	II-III	III	III-IV

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 5: Oberflächensediment Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km	268,000	283,000	283,400	283,400	297,300	308,0
Ort	Gerstheim	Straßburg	Straßburg	Straßburg	Kehl	Gamsheim
Rechtswert	3406086	3409304	3409640	3409649	3413142	3419641
Hochwert	5358905	5373368	5373595	5373602	5385893	5393698
Datum	19.07.1999	14.04.1999	09.05.2001	19.07.1999	16.07.1999	16.07.1999
LfU-Nr.	45	S3	134	46	51	50
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Algentest _{PW}	II	I	III	III	III	IV
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	III	I	III	II	II	IV
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	--	--	n. b.	--	--	--
BIO-Klasse	III	I	III	III	III	IV

Chemische Charakterisierung

As	II	II	II	II	II	II
Pb	I-II	I-II	I-II	II	II-III	I-II
Cd	II	I	I-II	II-III	II-III	II
Cr	I	I	I	I-II	II-III	I
Cu	II	II	II	II-III	II-III	II
Ni	II-III	II	II-III	II-III	II	II
Hg	II	I	I	II-III	II-III	II
Zn	II	II-III	II-III	II-III	III	II
PCB 28	I	I	I	I-II	III	I
PCB 52	I	II	I	II	III	II
PCB 101	I	I	I	I	III-IV	II-III
PCB 138	II-III	II	I	II-III	IV	III
PCB 153	II-III	II	I	II-III	IV	III
PCB 180	I	II	I	I	III-IV	II-III
α-HCH	II	I	I	I-II	I	I
β-HCH	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	III	II-III	IV	III	II	IV
p,p'-DDT	I-II	I	I	I-II	I	II-III
p,p'-DDD	I-II	I	I	I-II	I-II	II
p,p'-DDE	I	I	I	I	I	I
AOX	II-III	II-III	n. b.	II	III	II
Monobutylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	III	II-III	IV	III	III-IV	IV

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 5: Oberflächensediment Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km	328,350	333,000	333,500	333,500	359,900	362,500
Ort	Fort Louis	Iffezheim	Iffezheim	Iffezheim	Karlsruhe	Karlsruhe
Rechtswert	3431650	3434235	3434222	3434703	3450115	3449403
Hochwert	5406660	5410023	5410505	5410479	5431171	5433807
Datum	08.05.2001	08.05.2001	15.04.1999	15.07.1999	15.07.1999	05.11.1999
LfU-Nr.	136	138	S5	54	52	98
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Algentest _{PW}	II	II	IV	IV	III	IV
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	I	III	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	I	III	III	III	IV	III
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--	n. b.
Comet Assay _{PW}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.	--	--	--	n. b.
BIO-Klasse	II	III	IV	IV	IV	IV

Chemische Charakterisierung

As	II	II	II	II	II	II
Pb	II	II	I-II	I-II	I-II	II
Cd	I-II	II	I-II	II	II	II
Cr	I-II	I	I	I	I	I
Cu	II	II	II	II	II	II-III
Ni	II-III	II-III	II	II	II-III	II
Hg	I-II	I	I	II	II	II
Zn	II-III	II-III	II-III	II	II	II
PCB 28	I	I	I	I	I	II
PCB 52	I	I	I-II	I	I	II
PCB 101	I	I	I	II	II	II-III
PCB 138	I	I	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 153	I	I	II	III	II-III	II-III
PCB 180	I	I	II	II	I	II
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	I	I	n. b.	n. b.	n. b.	I
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	II-III	II-III	II-III	III-IV	III	II-III
p,p'-DDT	I	I	I	I-II	I	I
p,p'-DDD	I	I	I	I-II	I-II	I-II
p,p'-DDE	I	I	I	I	I	I
AOX	n. b.	n. b.	II-III	II-III	II-III	II-III
Monobutylzinn	I	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	I	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	I	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	I	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.					
Diocetylzinn	n. b.					
Tricyclohexylzinn	n. b.					
Triphenylzinn	I	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	II-III	II-III	II-III	III-IV	II-III	II-III

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 5: Oberflächensediment Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km	384,400	399,400	416,950	422,300	426,500	443,200
Ort	Germersheim	Speyer	Altrip	Bellenkrappen	Mannheim	Worms
Rechtswert	3455136	3460520	3462645	3460987	3459959	3455327
Hochwert	5454204	5464027	5478535	5480892	5484655	5499358
Datum	18.04.2000	18.04.2000	21.06.2001	13.07.1999	13.07.1999	21.06.2001
LfU-Nr.	111	112	142	55	53	140
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Algentest _{PW}	II	II	III	IV	IV	IV
Daphnientest _{EL}	n. b.	n. b.	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	n. b.	n. b.	I	I	I	II
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	I	III	III	I	III	III
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	--	--	n. b.	--	--	n. b.
BIO-Klasse	II	III	III	IV	IV	IV

Chemische Charakterisierung

As	II	II	II-III	II-III	II	II-III
Pb	II	II	II	II	II	II
Cd	II	II	II	II-III	II	II
Cr	I-II	I-II	I-II	I-II	II-III	II
Cu	II	II-III	I	II-III	II-III	I
Ni	II-III	II-III	II	II	II-III	II-III
Hg	II	II-III	II	II-III	II	II
Zn	II	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 28	I	I	I	I	I	I
PCB 52	II	I	I	II	I	I
PCB 101	III	I	I	II	I	I
PCB 138	III-IV	II	I	III	II	I
PCB 153	III-IV	II	I	III	II	I
PCB 180	III	II	I	II-III	I	I
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	I	I	I	n. b.	I	I
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	IV	II-III	II-III	III-IV	I-II	II-III
p,p'-DDT	I	I	I	I-II	I	I
p,p'-DDD	I-II	I	I	II-III	I-II	I
p,p'-DDE	I	I	I	I-II	I	I
AOX	II-III	II	n. b.	II-III	II-III	n. b.
Monobutylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	I
Dibutylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	I
Tributylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	I
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	I
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dioctylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	I
CHEM-Klasse	IV	II-III	II-III	III-IV	II-III	II-III

n. b.: nicht bestimmt

Polder Altenheim

Die Sedimentablagerungen auf dem Boden des Polder Altenheims hatten einen sehr geringen Wassergehalt, sodass nur das Eluat der Proben untersucht werden konnte. Die Eluatherstellung erfolgte abweichend vom Standardprotokoll im Verhältnis 1 Teil Sediment (Trockengewicht) in 10 Teilen Wasser. Im Eluat wurde keine Toxizität, keine Gentoxizität und keine östrogene Wirkung nachgewiesen (Tabelle 6). Daher wurden alle Proben vom Polder Altenheim der BIO-Klasse I zugeordnet.

Die PCB-Belastung der Poldersedimente führte zur Einstufung in die CHEM-Klasse II-III (Tabelle 6). Die Gehalte an Benzo(a)pyren lagen unter dem Orientierungswert von 0,2 mg/kg.

Tabelle 6: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Polder Altenheim).

km	280,000	280,000	280,000	280,000
Ort	Polder Altenheim	Polder Altenheim	Polder Altenheim	Polder Altenheim
Rechtswert	3409380	3409380	3409380	3409380
Hochwert	5370617	5370617	5370617	5370617
Datum	12.03.1999	12.03.1999	12.03.1999	12.03.1999
LfU-Nr.	1	2	3	4
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Algentest _{PW}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
umu-Test _{EL ohne S9}	--	--	--	--
umu-Test _{EL mit S9}	--	--	--	--
umu-Test _{PW ohne S9}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
umu-Test _{PW mit S9}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
hER-Screen _{EX}	--	--	--	--
BIO-Klasse	I	I	I	I

Chemische Charakterisierung

As	I-II	I-II	I-II	I-II
Pb	I	I	I	I
Cd	I	I	I	I
Cr	I	I	I	I
Cu	I	I	I	I
Ni	I	I	I	I
Hg	I	I	I	I
Zn	I	I	I	I
PCB 28	I	I	I	I
PCB 52	I	I	I	I
PCB 101	II	II	II	II
PCB 138	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 153	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 180	II-III	II-III	II-III	II-III
α-HCH	I	I	I	I
β-HCH	I	I	I	I
γ-HCH	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I-II	I-II	I-II	I-II
p,p'-DDT	I	I	I	I
p,p'-DDD	I-II	I-II	I-II	I-II
p,p'-DDE	I	I	I	I
AOX	II	II	II	II
Monobutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	II-III	II-III	II-III	II-III

n. b.: nicht bestimmt

4.2.1.2 Oberflächen- und Tiefensediment

Fließstrecke Baden-Württemberg

An 9 Untersuchungspunkten im Rhein wurden von der BfG Oberflächen- und Tiefensedimentproben (Kerne bis ca. 1 m) gezogen. Die Proben und die zugehörigen chemischen Analysedaten wurden von der BfG (Herr Dr. Krebs) der LfU für dieses Vorhaben zur Verfügung gestellt. In der Tiefensedimentprobe aus dem Rhein bei Fort Louis (km 328,350, LfU-Nr. 137) zeigte der Chironomidentest eine Hemmung der Schlupfrate und der Comet Assay im Eluat Gentoxizität an, die aber vom *umu*-Test nicht bestätigt wurde. Ebenso wurde in der Kernprobe bei Märkt (km 173,500, LfU-Nr. 145) Gentoxizität im Comet Assay, aber nicht im *umu*-Test, nachgewiesen. Der Daphnientest und der Leuchtbakterientest wiesen v. a. im Porenwasser sowohl der Oberflächensedimente als auch der Tiefensedimente toxische Effekte nach. Oberflächen- und Tiefensedimente unterschieden sich in ihrer toxikologischen Beurteilung nicht wesentlich voneinander. Die Einstufung erfolgte in die BIO-Klassen II bis IV (Tabelle 7).

Die Oberflächensedimente als auch die Tiefensedimente waren v. a. mit Hexachlorbenzol belastet. Für die Proben aus dem Rhein bei Reckingen (km 89,150, LfU-Nr. 148 und 149) kann keine vollständige chemische Klassifizierung durchgeführt werden, da hier die Analysedaten der Schwermetalle fehlen. Die CHEM-Klassen zeigen keinen deutlichen Unterschied in der chemischen Belastung von Oberflächen- und Tiefensediment an. I. d. R. lagen die Konzentrationen von Benzo(a)pyren und der 16 PAK nach EPA unter den Orientierungswerten. Allerdings waren die Konzentrationen in den Tiefensedimenten höher als in den Oberflächensedimenten (Tabelle 7).

Tabelle 7: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg).

km	89,150	89,150	141,450	141,450	173,750	173,750
Ort	Reckingen	Reckingen	Riburg/ Schwörstadt	Riburg/ Schwörstadt	Märkt	Märkt
Rechtswert	3451226	3451226	3414235	3414235	3392927	3392927
Hochwert	5270401	5270401	5272555	5272555	5276395	5276395
Datum	10.10.2001	10.10.2001	11.10.2001	11.10.2001	15.08.2001	15.08.2001
LfU-Nr.	148	149	150	151	144	145
Art	Oberfläche	Tiefe	Oberfläche	Tiefe	Oberfläche	Tiefe

Biologische Charakterisierung

Argentest _{EL}	I	II	I	III	I	I
Argentest _{PW}	II	II	II	III	III	II
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	I	I	I	II	I	II
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	II	I	II	I	II	I
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	--	+
Comet Assay _{PW}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
BIO-Klasse	II	II	II	III	III	III

Chemische Charakterisierung

As	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	II	II
Pb	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	II	II
Cd	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	I-II	II-III
Cr	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	I	II
Cu	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	I	I
Ni	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	II-III	II-III
Hg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	I	II-III
Zn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	II	II-III
PCB 28	I	I	I	I	I	I
PCB 52	I	I	I	I	I	I
PCB 101	I	I	I	I	I	I
PCB 138	I	I	I	I	I	I
PCB 153	I	I	I	I	I	I
PCB 180	I	I	I	I	I	I
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	I	I	I	I	I	I
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I	I	I	I	I	IV
p,p'-DDT	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDD	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDE	I	I	I	I	I	I
AOX	n. b.	n. b.				
Monobutylzinn	I	I	I	I	I	I
Dibutylzinn	I	I	I	I	I	I
Tributylzinn	I	I	I	I	I	I
Tetrabutylzinn	I	I	I	I	I	I
Monooctylzinn	n. b.	n. b.				
Dioctylzinn	n. b.	n. b.				
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.				
Triphenylzinn	I	I	I	I	I	I
CHEM-Klasse	I	I	I	I	II-III	IV

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 7: Oberflächen- und Tiefensediment Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg)
– Fortsetzung.

km	234,300	234,300	283,400	283,400	328,350	328,350
Ort	Burkheim	Burkheim	Straßburg	Straßburg	Fort Louis	Fort Louis
Rechtswert	3394335	3394335	3409640	3409640	3431650	3431650
Hochwert	5330305	5330305	5373595	5373595	5406660	5406660
Datum	14.08.2001	14.08.2001	09.05.2001	09.05.2001	08.05.2001	08.05.2001
LfU-Nr.	146	147	134	135	136	137
Art	Oberfläche	Tiefe	Oberfläche	Tiefe	Oberfläche	Tiefe

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Algentest _{PW}	III	III	III	I	II	I
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	II	I	I	III	I	I
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	III	II	III	I	I	I
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	+
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--	+
Comet Assay _{PW}	--	n. b.	--	--	--	--
<i>umu</i> -Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--	--
<i>umu</i> -Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--	--
<i>umu</i> -Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--	--
<i>umu</i> -Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
BIO-Klasse	III	III	III	III	II	III

Chemische Charakterisierung

As	II	II	II	II	II	II
Pb	I-II	II	I-II	I-II	II	II
Cd	I-II	II	I-II	I-II	I-II	II
Cr	I	II	I	I	I-II	I-II
Cu	I	I	II	II	II	II-III
Ni	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Hg	I	II	I	I	I-II	II
Zn	II	II-III	II-III	II	II-III	II-III
PCB 28	I	I	I	I	I	I
PCB 52	I	I	I	I	I	I
PCB 101	I	I	I	I	I	I
PCB 138	I	I	I	I	I	I
PCB 153	I	I	I	I	I	I
PCB 180	I	I	I	I	I	I
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	I	I	I	I	I	I
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	III	IV	IV	III-IV	II-III	II
p,p'-DDT	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDD	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDE	I	I	I	I	I	I
AOX	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monobutylzinn	I	I	I	I	I	I
Dibutylzinn	I	I	I	I	I	I
Tributylzinn	I	I	I	I	I	I
Tetrabutylzinn	I	I	I	I	I	I
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	I	I	I	I	I	I
CHEM-Klasse	III	IV	IV	III-IV	II-III	II-III

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 7: Oberflächen- und Tiefensediment Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg)
– Fortsetzung.

km	333,000	333,000	416,950	416,950	443,200	443,200
Ort	Iffezheim	Iffezheim	Altrip	Altrip	Worms	Worms
Rechtswert	3434235	3434235	3462645	3462645	3455327	3455327
Hochwert	5410023	5410023	5478535	5478535	5499358	5499358
Datum	08.05.2001	08.05.2001	21.06.2001	21.06.2001	21.06.2001	21.06.2001
Nr.	138	139	142	143	140	141
Art	Oberfläche	Tiefe	Oberfläche	Tiefe	Oberfläche	Tiefe

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	II	I	I	I	I
Algentest _{PW}	II	II	III	III	IV	II
Daphnientest _{EL}	I	I	I	II	I	I
Daphnientest _{PW}	III	II	I	II	II	II
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	III	III	III	II	III	I
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
BIO-Klasse	III	III	III	III	IV	II

Chemische Charakterisierung

As	II	II	II-III	II-III	II-III	II-III
Pb	II	II	II	II	II	II
Cd	II	I-II	II	II	II	II
Cr	I	I	I-II	II	II	II-III
Cu	II	II-III	I	I	I	I
Ni	II-III	II-III	II	II-III	II-III	II-III
Hg	I	I-II	II	II	II	II-III
Zn	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 28	I	I	I	I	I	I
PCB 52	I	I	I	I	I	I
PCB 101	I	I	I	I	I	I
PCB 138	I	I	I	I	I	I
PCB 153	I	I	I	I	I	I
PCB 180	I	I	I	I	I	I
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	I	I	I	I	I	I
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	II-III	III-IV	II-III	II-III	II-III	II-III
p,p'-DDT	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDD	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDE	I	I	I	I	I	I
AOX	n. b.					
Monobutylzinn	I	I	I	I	I	I
Dibutylzinn	I	I	I	I	I	I
Tributylzinn	I	I	I	I	I	I
Tetrabutylzinn	I	I	I	I	I	I
Monooctylzinn	n. b.					
Diocetylzinn	n. b.					
Tricyclohexylzinn	n. b.					
Triphenylzinn	I	I	I	I	I	I
CHEM-Klasse	II-III	III-IV	II-III	II-III	II-III	II-III

n. b.: nicht bestimmt

4.2.1.3 Tiefensediment

Staustufe Weisweil

Aus dem gestauten Abschnitt des Rheins bei Weisweil wurden Sedimentkerne bis zu einer Tiefe von ca. 5 m entnommen. Die Kerne wurden in 50 cm-Abschnitte bzw. ab einer Tiefe von 310 cm in 25 cm-Abschnitte unterteilt und auf ihre Toxizität untersucht. Aus den Kernen wurden Eluate (1 Teil Sediment (\cong Trockengewicht) : 2 Teile Wasser) hergestellt. Porenwasser wurde wegen des geringen Wassergehalts der Proben nicht gewonnen. Alle Kernproben waren im Chironomidentest toxisch. Die Toxizität im Algen-, Daphnien-, und Leuchtbakterientest nahm ebenso wie die Gentoxizität im Comet Assay und *umu*-Test mit zunehmender Tiefe zu. Beim *umu*-Test wurde Gentoxizität nur nach metabolischer Aktivierung der Schadstoffe mit S9 nachgewiesen. Das ist ein Hinweis darauf, dass die Sedimentproben mit indirekt wirkenden Gentoxinen, wie beispielsweise polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, belastet sind. Die einzelnen Kernabschnitte können den BIO-Klassen II bis IV zugeordnet werden. Die BIO-Klasse II wird nur vom oberflächennahen Sediment erreicht. Mit zunehmender Tiefe nimmt die Ökotoxizität zu und die Kernabschnitte müssen in höhere bis in die höchsten BIO-Klassen eingestuft werden (Tabelle 8).

Die Kernabschnitte bis zu einer Tiefe von ca. 310 cm sind charakterisiert durch einen erhöhten Gehalt an Hexachlorbenzol, was zur CHEM-Klasse IV führt. Ab einer Tiefe von ca. 257 cm nimmt die Belastung mit Hexachlorbenzol wieder ab und die PCB-Belastung zu. Daher gilt auch für die tieferen Kernabschnitte weiterhin die CHEM-Klasse IV (Tabelle 8).

Tabelle 8: Biologische und chemische Charakterisierung von Tiefensediment aus dem Rhein (Stauhaltung Weisweil).

km	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700
Rechtswert	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152
Hochwert	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585
Tiefe	0-50	50-103	103-153	153-207	207-257	257-310
Datum	02.09.1998	02.09.1998	02.09.1998	02.09.1998	02.09.1998	02.09.1998
LfU-Nr.	116	116	116	116	116	116
Art	Kern	Kern	Kern	Kern	Kern	Kern

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	I	II	I	I	I
Algentest _{PW}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daphnientest _{EL}	I	II	II	II	II	II
Daphnientest _{PW}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Leuchtbakterientest _{EL}	I	II	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Chironomidentest _{GS}	+	+	+	+	+	+
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
umu-Test _{EL ohne S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL mit S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW ohne S9}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
umu-Test _{PW mit S9}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
BIO-Klasse	II	III	III	III	III	III

Chemische Charakterisierung

As	n. b.					
Pb	n. b.					
Cd	II	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Cr	n. b.					
Cu	n. b.					
Ni	n. b.					
Hg	II	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Zn	n. b.					
PCB 28	II	II-III	II-III	III	III-IV	IV
PCB 52	II	II-III	III	III	III-IV	III-IV
PCB 101	II-III	II-III	III	III-IV	III-IV	III-IV
PCB 138	II-III	III	III	III	III-IV	III-IV
PCB 153	II-III	III	III	III-IV	III-IV	III-IV
PCB 180	II-III	II-III	III	III	III	III
α-HCH	n. b.					
β-HCH	n. b.					
γ-HCH	n. b.					
Hexachlorbenzol	IV	IV	IV	IV	IV	IV
p,p'-DDT	n. b.					
p,p'-DDD	n. b.					
p,p'-DDE	n. b.					
AOX	n. b.					
Monobutylzinn	n. b.					
Dibutylzinn	n. b.					
Tributylzinn	n. b.					
Tetrabutylzinn	n. b.					
Monooctylzinn	n. b.					
Diocetylzinn	n. b.					
Tricyclohexylzinn	n. b.					
Triphenylzinn	n. b.					
CHEM-Klasse	IV	IV	IV	IV	IV	IV

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 8: Tiefensediment Rhein (Stauhaltung Weisweil) – Fortsetzung.

km	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700
Rechtswert	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152
Hochwert	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585
Tiefe	310-335	335-360	360-385	385-415	415-440	440-465
Datum	02.09.1998	02.09.1998	02.09.1998	02.09.1998	02.09.1998	02.09.1998
Nr.	116	116	116	116	116	116
Art	Kern	Kern	Kern	Kern	Kern	Kern

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	II	III	IV	III	II	II
Algentest _{PW}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daphnientest _{EL}	II	II	III	II	III	II
Daphnientest _{PW}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	III
Leuchtbakterientest _{PW}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Chironomidentest _{GS}	+	+	+	+	+	+
Comet Assay _{EL}	--	--	+	+	--	+
Comet Assay _{PW}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
<i>umu</i> -Test _{EL ohne S9}	--	--	--	--	--	--
<i>umu</i> -Test _{EL mit S9}	--	--	--	--	--	+
<i>umu</i> -Test _{PW ohne S9}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
<i>umu</i> -Test _{PW mit S9}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
BIO-Klasse	III	IV	IV	IV	IV	IV

Chemische Charakterisierung

As	n. b.					
Pb	n. b.					
Cd	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Cr	n. b.					
Cu	n. b.					
Ni	n. b.					
Hg	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Zn	n. b.					
PCB 28	IV	IV	IV	IV	IV	IV
PCB 52	III-IV	IV	III-IV	III-IV	III-IV	IV
PCB 101	III	III-IV	III	III-IV	III	III-IV
PCB 138	III-IV	III-IV	III	III	III	III-IV
PCB 153	III-IV	III	III	III-IV	III	III-IV
PCB 180	III	III	II-III	II-III	II-III	III
α -HCH	n. b.					
β -HCH	n. b.					
γ -HCH	n. b.					
Hexachlorbenzol	II-III	II-III	II	II-III	II	III-IV
p,p'-DDT	n. b.					
p,p'-DDD	n. b.					
p,p'-DDE	n. b.					
AOX	n. b.					
Monobutylzinn	n. b.					
Dibutylzinn	n. b.					
Tributylzinn	n. b.					
Tetrabutylzinn	n. b.					
Monooctylzinn	n. b.					
Diocetylzinn	n. b.					
Tricyclohexylzinn	n. b.					
Triphenylzinn	n. b.					
CHEM-Klasse	IV	IV	IV	IV	IV	IV

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 8: Tiefensediment Rhein (Stauhaltung Weisweil) – Fortsetzung.

km	248,700	248,700
Rechtswert	3400152	3400152
Hochwert	5342585	5342585
Tiefe	465-490	490-518
Datum	02.09.1998	02.09.1998
Nr.	116	116
Art	Kern	Kern

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	II	III
Algentest _{PW}	n. b.	n. b.
Daphnientest _{EL}	III	III
Daphnientest _{PW}	n. b.	n. b.
Leuchtbakterientest _{EL}	III	III
Leuchtbakterientest _{PW}	n. b.	n. b.
Chironomidentest _{GS}	+	+
Comet Assay _{EL}	--	--
Comet Assay _{PW}	n. b.	n. b.
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	+	+
umu-Test _{PW} ohne S9	n. b.	n. b.
umu-Test _{PW} mit S9	n. b.	n. b.
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.
BIO-Klasse	IV	IV

Chemische Charakterisierung

As	n. b.	n. b.
Pb	n. b.	n. b.
Cd	II-III	II-III
Cr	n. b.	n. b.
Cu	n. b.	n. b.
Ni	n. b.	n. b.
Hg	II-III	II-III
Zn	n. b.	n. b.
PCB 28	III	III
PCB 52	III	III-IV
PCB 101	III	III-IV
PCB 138	III	III-IV
PCB 153	III	III-IV
PCB 180	II-III	III
α-HCH	n. b.	n. b.
β-HCH	n. b.	n. b.
γ-HCH	n. b.	n. b.
Hexachlorbenzol	II	II-III
p,p'-DDT	n. b.	n. b.
p,p'-DDD	n. b.	n. b.
p,p'-DDE	n. b.	n. b.
AOX	n. b.	n. b.
Monobutylzinn	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	n. b.
Tributylzinn	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	III	III-IV

n. b.: nicht bestimmt

4.2.2 Neckar

4.2.2.1 Oberflächensediment

Fließstrecke Baden-Württemberg

In der überwiegenden Zahl waren die aus den Sedimentproben hergestellten Eluate toxikologisch nicht auffällig (Tabelle 9). Nur bei den Proben Neckarzimmern (km 86,100, LfU-Nr. 78) und Gundelsheim (km 94,100, LfU-Nr. 79) mit dem Daphnientest und bei den Proben Cannstadt (km 183,000, LfU-Nr. 74), Deizisau (km 199,800, LfU-Nr. 96) sowie Deizisau (km 200,000, LfU-Nr. 94) mit dem Algentest wurde im Eluat eine geringe toxische Wirkung festgestellt. Im Chironomidentest zeigten die Proben Heilbronn (km, 111,450, LfU-Nr. 81) und Esslingen (km 195,600, LfU-Nr. 77) eine hemmende Wirkung auf den Schlupferfolg der Testorganismen. Gentoxizität wurde mit dem Comet Assay im Eluat bei der Probe Neckargmünd (km 31,100, LfU-Nr. 109) und zweimal im Porenwasser bei der Probe Lauffen (km 125,500, LfU-Nr. 20 und 122) und Deizisau (km 200,00, LfU-Nr. 66) angezeigt. Mit dem *umu*-Test wurde weder im Eluat noch im Porenwasser eine gentoxische Wirkung nachgewiesen. Bei keiner der untersuchten Oberflächensedimentproben aus dem Neckar wurden mit dem hER-Screen östrogene Wirkungen nachgewiesen. Im Gegensatz zum Eluat wurden bei einer Reihe von Porenwässern mit dem Algentest und dem Leuchtbakterientest deutliche Wirkungen (Klasse III und Klasse IV) angezeigt. Daher bestimmen die Ergebnisse aus den Porenwasseruntersuchungen die Einstufung der Neckarsedimente in die BIO-Klasse. In der Mehrzahl erfolgte eine Einstufung in die Klasse III und Klasse IV. Ebenfalls eine größere Anzahl von Proben (Schwabenheim, km 18,100, LfU-Nr. 57; Hirschhorn, km 48,000, LfU-Nr. 85; Eberbach, km 56,700, LfU-Nr. 59; Rockenau, km 61,600, LfU-Nr. 86; Kochendorf, km 104,200, LfU-Nr. 63; Heilbronn, km 114,300, LfU-Nr. 82; Horkheim, km 118,000, LfU-Nr. 83; Lauffen, km 125,500, LfU-Nr. 108; Lauffen, km 125,500, LfU-Nr. 113; Lauffen, km 125,500, LfU-Nr. 122; Lauffen, km 127,300, LfU-Nr. S1; Besigheim, km 137,000, LfU-Nr. 90; Hessigheim, km 143,600, LfU-Nr. 70; Hofen, km 177,000, LfU-Nr. 73; Cannstadt, km 183,000, LfU-Nr. 74; Untertürkheim, km 186,900, LfU-Nr. 75) waren der Bioklasse II zuordenbar. Zwei Proben (MA-Feudenheim, km 8,300, LfU-Nr. 89; Aldingen, km 172,300, LfU-Nr. 72) entsprachen der Bio-Klasse I.

Bei der Ermittlung der CHEM-Klasse dominierte bei den Neckarproben i. d. R. die Schwermetall- und PCB-Belastung. Hier wurden z. T. deutlich erhöhte Konzentrationen in den Sedimentproben gemessen. Überwiegend waren die Proben in die CHEM-Klasse II-III und höher einzuordnen (Tabelle 9). Die Konzentration von PAK lag an mehreren Probenahmestellen über den Orientierungswerten für Benzo(a)pyren bzw. für die Summe der 16 PAK nach EPA (Eberbach km 56,970, LfU-Nr. 95; Kochendorf, km 104,150, LfU-Nr. 80/63 und km 104,200, LfU-Nr. 33; Lauffen km 125,500, LfU-Nr. 20, 61, 105, 123 und km 127,200, LfU-Nr. S1; Poppenweiler km 165,400, LfU-Nr. 92, S2; Deizisau km 199,800, LfU-Nr. 96 und km 199,900, LfU-Nr. 23).

Tabelle 9: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg).

Km	8,300	18,100	30,900	31,100	39,700	48,000
Ort	MA-Feudenheim	Schwabenheim	Neckargmünd	Neckargmünd	Neckarsteinach	Hirschhorn
Rechtswert	3466551	3473784	3483887	3483999	3488629	3493127
Hochwert	5482448	5478563	5474751	5474629	5473625	5479491
Datum	08.10.1999	24.08.1999	08.10.1999	13.04.2000	07.10.1999	07.10.1999
LfU-Nr.	89	57	88	109	84	85
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Argentest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Argentest _{PW}	I	II	II	III	III	II
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	I	I	II	II	I	n. b.
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	I	II	II	II	III	I
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	n. b.	--	--	+	--	--
Comet Assay _{PW}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	--	n. b.	--	--	--	--
BIO-Klasse	I	II	II	IV	III	II

Chemische Charakterisierung

As	II	II	II	II	II	II
Pb	II	II	II	II	II	II
Cd	II-III	II	II	II	II	II
Cr	I-II	I	I	II-III	I-II	I
Cu	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Ni	II-III	I-II	II-III	II-III	II-III	II-III
Hg	I	I	I	I	I	I
Zn	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 28	I	II	I	I	I	I
PCB 52	I	II	I	I	I	I
PCB 101	II-III	II	II	III	II	I
PCB 138	III	II-III	III	III-IV	II-III	II-III
PCB 153	III	II-III	III	III	II-III	II-III
PCB 180	III	II	II-III	III	II	II
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	n. b.	I	n. b.	I	n. b.	n. b.
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I	I	I	II-III	I	I
p,p'-DDT	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDD	I-II	I	I-II	I-II	I-II	I-II
p,p'-DDE	I-II	I	I-II	I	I	I
AOX	II-III	n. b.	II	I-II	II	II
Monobutylzinn	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	III	II-III	III	III-IV	II-III	II-III

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 9: Oberflächensediment Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

Km	56,970	61,600	73,700	86,100	94,100	104,100
Ort	Eberbach	Rockenau	Guttenbach	Neckar- zimmern	Gundelsheim	Kochendorf
Rechtswert	3498341	3500364	3504580	3509883	3511266	3515376
Hochwert	5480860	5477070	5470757	5464256	5460285	5453154
Datum	25.08.1999	07.10.1999	07.10.1999	06.10.1999	06.10.1999	06.10.1999
LfU-Nr.	59	86	87	78	79	80
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Algentest _{PW}	II	II	IV	III	IV	IV
Daphnientest _{EL}	I	I	I	II	II	I
Daphnientest _{PW}	I	I	III	II	I	I
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	II	I	II	I	II	III
Chironomidentest _{t_{GS}}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	--	--	--	n. b.	n. b.	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	--	--	--	--	--
BIO-Klasse	II	II	IV	III	IV	IV

Chemische Charakterisierung

As	I-II	II	II	II	II	II
Pb	I-II	II	II	II	II-III	II
Cd	II	II	II	II	IV	II-III
Cr	I	I	II	I	III	II
Cu	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Ni	I-II	II	II	II	II-III	II-III
Hg	I	I	II	I	I	I
Zn	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 28	I-II	I	I	I	IV	I
PCB 52	II	I	I	I	III-IV	I
PCB 101	II-III	I	I	II	III	II
PCB 138	III	II-III	II-III	III	III-IV	III
PCB 153	III	II-III	II-III	II-III	III-IV	III
PCB 180	II-III	II	II	II-III	III	II-III
α-HCH	I	I	I	I	I-II	I
β-HCH	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I	I	I	I	I-II	I
p,p'-DDT	I	I	I	I	I-II	I
p,p'-DDD	I	I-II	I-II	I-II	I-II	I-II
p,p'-DDE	I	I	I	I-II	I-II	I-II
AOX	n. b.	II	II	II	II-III	II
Monobutylzinn	II	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	I-II	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	I-II	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	I	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	III	II-III	II-III	II-III	IV	III

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 9: Oberflächensediment Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

Km	104,150	104,200	104,200	111,450	114,300	118,000
Ort	Kochendorf	Kochendorf	Kochendorf	Heilbronn	Heilbronn	Horkheim
Rechtswert	3515411	3515432	3515455	3515231	3514647	3511810
Hochwert	5453122	5453104	5453082	5447477	5443831	5441971
Datum	23.03.1999	30.11.1998	25.08.1999	06.10.1999	06.10.1999	06.10.1999
Nr.	S33	27	63	81	82	83
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	n. b.	I	I	I	I	I
Algentest _{PW}	II	III	II	IV	II	II
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	I	I	I	n. b.	I	I
Leuchtbakterientest _{EL}	n. b.	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	III	II	I	II	I	I
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	+	n. b.	--
Comet Assay _{EL}	n. b.	n. b.	--	--	n. b.	n. b.
Comet Assay _{PW}	--	--	--	--	n. b.	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	--	--	n. b.	--	--	--
BIO-Klasse	III	III	II	IV	II	II

Chemische Charakterisierung

As	II	II	I-II	I-II	II	II
Pb	II	II	II	II	II	II
Cd	II-III	II-III	II	II-III	II-III	II-III
Cr	I	I-II	I	I-II	II-III	I-II
Cu	II-III	II-III	III	II-III	II-III	II-III
Ni	II	II-III	I-II	II	II-III	II
Hg	I	I	I	I	I	I
Zn	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 28	I	I	I-II	II	I	II
PCB 52	II	I	I-II	II	I	I
PCB 101	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II
PCB 138	III-IV	III	III	III	II-III	III
PCB 153	III-IV	II-III	III	III	II-III	II-III
PCB 180	III	II	II-III	II-III	I	II-III
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	n. b.	I	I	n. b.	n. b.	n. b.
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I-II	I	I	I	I	I
p,p'-DDT	I	I-II	I	I	I	I
p,p'-DDD	I-II	I	I	I-II	I-II	I-II
p,p'-DDE	I	I-II	I	I	I	I
AOX	II	II	n. b.	II	II	II
Monobutylzinn	n. b.	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	III-IV	III	III	II-III	II-III	II-III

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 9: Oberflächensediment Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

Km	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500
Ort	Lauffen	Lauffen	Lauffen	Lauffen	Lauffen	Lauffen
Rechtswert	3512137	3512130	3512122	3512114	3512107	3512098
Hochwert	5436937	5436944	5436952	5436960	5436968	5436975
Datum	30.11.1998	21.06.1999	26.08.1999	05.10.1999	09.03.2000	04.04.2000
LfU-Nr.	20	35	61	67	105	108
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Algentest _{PW}	II	III	IV	IV	II	II
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	n. b.	n. b.	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	III	III	III	III	III	I
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	+	n. b.	--	--	--	--
umu-Test _{EL ohne S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL mit S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW ohne S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW mit S9}	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	--	--	n. b.	--	--	--
BIO-Klasse	IV	III	IV	IV	III	II

Chemische Charakterisierung

As	II	II	II	II	II	II
Pb	II	II	I-II	II	II	II
Cd	II	II	II	II	II	II
Cr	I	I	I	I-II	II	II
Cu	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Ni	II-III	II-III	I-II	II-III	II-III	II-III
Hg	I	I	I	I	I	I
Zn	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 28	I	I	I-II	I	I	I
PCB 52	I	I	II	II	I	I
PCB 101	II	I	II-III	II	II	II-III
PCB 138	III	III	III	III	III	III-IV
PCB 153	II-III	III	II-III	III	II-III	III
PCB 180	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	III
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	I	n. b.	I	n. b.	I	I
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I-II	I	I	I	I	I
p,p'-DDT	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDD	I	I-II	I	I-II	I	I-II
p,p'-DDE	I	I	I	I	I	I
AOX	II-III	II-III	n. b.	II-III	II	II
Monobutylzinn	n. b.	n. b.	II	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	n. b.	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	III	III	III	III	III	III-IV

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 9: Oberflächensediment Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	127,300
Ort	Lauffen	Lauffen	Lauffen	Lauffen	Lauffen	Lauffen
Rechtswert	3512092	3512084	3512077	3512070	3512062	3512964
Hochwert	5436982	5436989	5436997	5437005	5437013	5436175
Datum	10.05.2000	06.06.2000	04.07.2000	29.08.2000	26.09.2000	23.03.1999
Nr.	113	114	121	122	123	S1
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Algentest _{PW}	II	II	II	I	I	n. b.
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	I	I	II	I	I	II
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	II	III	III	I	III	I
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	--	--	--	+	--	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	--	--	--	--	n. b.	--
BIO-Klasse	II	III	III	II	III	II

Chemische Charakterisierung

As	II	II	II	II	II	II
Pb	II	II	II	II	II	II
Cd	II	II	II	II-III	I	II
Cr	II-III	I-II	II-III	II-III	I-II	I
Cu	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Ni	II-III	II-III	II-III	II-III	II	II
Hg	I	I	I	I	I	I
Zn	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 28	I	I	I	I	II	I
PCB 52	I	I	I	I	II	II
PCB 101	II	II	II	II	II-III	II
PCB 138	II-III	II-III	II-III	II-III	III	III
PCB 153	II-III	II-III	II-III	II-III	III	III
PCB 180	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	I	I	I	I	n. b.	n. b.
γ-HCH	I	I	I	I	I-II	I
Hexachlorbenzol	I	I-II	I-II	I	I-II	I
p,p'-DDT	I	I	I	I	I-II	I
p,p'-DDD	I	I	I	I	I	I-II
p,p'-DDE	I	I	I	I	I-II	I
AOX	II	II	II	II	II-III	II-III
Monobutylzinn	n. b.	n. b.				
Dibutylzinn	n. b.	n. b.				
Tributylzinn	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.				
Monooctylzinn	n. b.	n. b.				
Diocetylzinn	n. b.	n. b.				
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.				
Triphenylzinn	n. b.	n. b.				
CHEM-Klasse	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	III

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 9: Oberflächensediment Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km	137,050	137,000	143,600	150,600	165,400	165,400
Ort	Besigheim	Besigheim	Hessigheim	Pleidelsheim	Poppenweiler	Poppenweiler
Rechtswert	3511055	3511023	3514219	3514220	3518635	3518614
Hochwert	5429285	5429298	5429103	5424341	5419433	5419439
Datum	05.10.1999	19.10.1999	05.10.1999	05.10.1999	05.10.1999	19.10.1999
Nr.	69	90	70	71	68	92
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Algentest _{PW}	II	II	II	III	III	III
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	I	I	I	I	II	I
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	III	I	I	III	III	I
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL ohne S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL mit S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW ohne S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW mit S9}	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	--	n. b.	--	--	--	n. b.
BIO-Klasse	III	II	II	III	III	III

Chemische Charakterisierung

As	II	I-II	II	II-III	II	I-II
Pb	II	II	II	II	II	II
Cd	II	II	II	II	II	II
Cr	I	I	I	I	I	I
Cu	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Ni	II	I-II	II	II	II-III	I-II
Hg	I	I	I	I	I	I
Zn	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 28	I	I-II	I	I	I	III
PCB 52	I	I-II	I	I	II	III
PCB 101	I	II	I	II	II	II-III
PCB 138	III	II-III	III	III	III	II-III
PCB 153	III	II-III	III	III	III	II-III
PCB 180	II-III	II	II-III	II-III	II-III	II-III
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.	I
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDT	I	I	I-II	I	I	I
p,p'-DDD	I-II	I	I-II	I-II	I-II	I
p,p'-DDE	I	I	I-II	I	I	I
AOX	II	n. b.	II-III	II	II	n. b.
Monobutylzinn	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.	I-II
Dibutylzinn	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.	I-II
Tributylzinn	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.	I
Tetrabutylzinn	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.	I
Monooctylzinn	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.	I-II
Diocetylzinn	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.	I-II
Tricyclohexylzinn	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.	I
Triphenylzinn	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.	I
CHEM-Klasse	III	II-III	III	III	III	III

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 9: Oberflächensediment Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km	165,400	172,300	177,000	183,000	186,900	190,000
Ort	Poppenweiler	Aldingen	Hofen	Cannstadt	Untertürkheim	Obertürkheim
Rechtswert	3518603	3518845	3515738	3515731	3518554	3519741
Hochwert	5419440	5414031	5411067	5406744	5404141	5401247
Datum	22.03.1999	05.10.1999	05.10.1999	05.10.1999	05.10.1999	05.10.1999
LfU-Nr.	S2	72	73	74	75	76
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	n. b.	I	I	II	I	I
Algentest _{PW}	III	I	II	II	II	III
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	II	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{EL}	n. b.	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	IV	I	I	I	I	I
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	--	--	--	--	--	--
BIO-Klasse	IV	I	II	II	II	III

Chemische Charakterisierung

As	II	II	II	II	II	II
Pb	II	II	II	II	II	II
Cd	II	II	II	II-III	II	II
Cr	I	I	I	II-III	I	I
Cu	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Ni	II-III	II	II	II	II	II
Hg	I	II	I	II-III	I	I
Zn	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 28	I	I	I	I	II	II
PCB 52	I	II	II-III	II	II	II
PCB 101	II	II-III	III-IV	III	II-III	II-III
PCB 138	III	III	IV	III-IV	III	III
PCB 153	III	III	IV	III-IV	III	III
PCB 180	II-III	II-III	III-IV	III	II-III	II-III
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I	I	I-II	I	I	I
p,p'-DDT	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDD	I-II	I-II	I-II	I-II	I-II	I-II
p,p'-DDE	I	I	I	I-II	I	I
AOX	II	II-III	II	II-III	II	II
Monobutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	III	III	IV	III-IV	III	III

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 9: Oberflächensediment Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km	195,600	199,800	199,800	200,000	200,000	243,000
Ort	Esslingen	Deizisau	Deizisau	Deizisau	Deizisau	Kirchentellinsfurt
Rechtswert	3524480	3528493	3528479	3528700	3528688	3510492
Hochwert	5398575	5397781	5397781	5397824	5397820	5377363
Datum	05.10.1999	20.10.1999	01.12.1998	20.10.1999	05.10.1999	08.04.1999
LfU-Nr.	77	96	23	94	66	24
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	II	I	II	n. b.	I
Algentest _{PW}	III	III	III	II	n. b.	III
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	I	I	II	II	II	n. b.
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	I	I	II	III	II	II
Chironomidentest _{tGS}	+	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	n. b.	n. b.	n. b.	--	--
Comet Assay _{PW}	n. b.	n. b.	--	n. b.	+	n. b.
umu-Test _{EL ohne S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL mit S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW ohne S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW mit S9}	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	--	n. b.	--	n. b.	n. b.	--
BIO-Klasse	IV	III	III	III	III	III

Chemische Charakterisierung

As	II	I-II	II	I-II	II	II
Pb	II	I-II	II	I	II	II
Cd	II	II	II	I	II	II
Cr	I	I	I-II	I	I	I
Cu	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Ni	II	I	II-III	I	II-III	II
Hg	I	I	I	I	I	I
Zn	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 28	II	I-II	I	I-II	I	I
PCB 52	II	I-II	I	I-II	II-III	I
PCB 101	II	II-III	II	III	III	I
PCB 138	III	III	II-III	III	III-IV	II-III
PCB 153	III	II-III	II-III	III	III	II-III
PCB 180	II-III	II-III	II	II-III	III	II-III
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	n. b.	I	I	I	n. b.	n. b.
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDT	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDD	I-II	I	I	I	I-II	I
p,p'-DDE	I	I	I	I	I	I
AOX	II	n. b.	II	n. b.	II-III	II
Monobutylzinn	n. b.	II	n. b.	II	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	I-II	n. b.	I-II	n. b.	n. b.
Tributylzinn	n. b.	I	n. b.	I	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	n. b.	I	n. b.	I	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	I	n. b.	I	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	I	n. b.	I	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	I	n. b.	I	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	I	n. b.	I	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	III	III	II-III	III	III-IV	II-III

n. b.: nicht bestimmt

Stauhaltung Lauffen

Aus dem Neckar wurden im Oberwasser der Stauhaltung Lauffen (km 125,500) von November 1998 bis September 2000 in kurzen Zeitabständen 11 Oberflächensedimentproben entnommen und mit den biologischen Testverfahren aus diesem Projekt und den enzymatischen Methoden aus dem Teilprojekt 2, welches von der BfG bearbeitet wurde, untersucht. Die Ergebnisse der enzymatischen Untersuchungen sind im Abschlussbericht der BfG (Tippmann & Heiningen, 2001) dargestellt.

In den Eluaten wurde weder Toxizität noch Gentoizität nachgewiesen. Östrogene Wirkung und eine Hemmung des Schlupferfolgs der Chironomidenlarven wurde ebenfalls nicht festgestellt. Die Porenwasseruntersuchungen zeigten häufig im Algentest und Leuchtbakterientest sowie einmal im Daphnientest z. T. deutliche Toxizität an. Das Porenwasser Probe LfU-Nr. 122 ergab im Comet Assay, nicht aber im *umu*-Test Gentoizität einen positiven Befund. Die Bio-Klassifizierung variierte von BIO-Klasse II bis BIO-Klasse IV (Tabelle 10).

Abgesehen von den Schwankungen der Ergebnisse bei den Porenwasseruntersuchungen mit dem Algen- und Leuchtbakterientest zeigten im Beobachtungszeitraum die Biotestergebnisse keine Auffälligkeiten im jahreszeitlichen Verlauf.

Die Sedimentproben aus dem Neckar bei Lauffen wiesen z. T. erhöhte PCB-Gehalte auf. Die Proben wurden der CHEM-Klasse II-III und höher zugeordnet (Tabelle 10). In 7 der 11 Proben lagen die Benzo(a)pyrengelhalte über dem Orientierungswert von 0,2 mg/kg. Von den 11 Proben wurden bei drei die Gehalte der 16 PAK nach EPA bestimmt. Davon lagen zwei Proben in der Summe der PAK über 5 mg/kg.

Tabelle 10: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Stauhaltung Lauffen).

km	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500
Ort	Lauffen	Lauffen	Lauffen	Lauffen	Lauffen	Lauffen
Rechtswert	3512137	3512130	3512122	3512114	3512107	3512098
Hochwert	5436937	5436944	5436952	5436960	5436968	5436975
Datum	30.11.1998	21.06.1999	26.08.1999	05.10.1999	09.03.2000	04.04.2000
LfU-Nr.	20	35	61	67	105	108
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Algentest _{PW}	II	III	IV	IV	II	II
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	n. b.	n. b.	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	III	III	III	III	III	I
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	+	n. b.	--	--	--	--
<i>umu</i> -Test _{EL ohne S9}	--	--	--	--	--	--
<i>umu</i> -Test _{EL mit S9}	--	--	--	--	--	--
<i>umu</i> -Test _{PW ohne S9}	--	--	--	--	--	--
<i>umu</i> -Test _{PW mit S9}	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	--	--	n. b.	--	--	--
BIO-Klasse	IV	III	IV	IV	III	II

Chemische Charakterisierung

As	II	II	II	II	II	II
Pb	II	II	I-II	II	II	II
Cd	II	II	II	II	II	II
Cr	I	I	I	I-II	II	II
Cu	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Ni	II-III	II-III	I-II	II-III	II-III	II-III
Hg	I	I	I	I	I	I
Zn	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 28	I	I	I-II	I	I	I
PCB 52	I	I	II	II	I	I
PCB 101	II	I	II-III	II	II	II-III
PCB 138	III	III	III	III	III	III-IV
PCB 153	II-III	III	II-III	III	II-III	III
PCB 180	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	III
α -HCH	I	I	I	I	I	I
β -HCH	I	n. b.	I	n. b.	I	I
γ -HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I-II	I	I	I	I	I
p,p'-DDT	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDD	I	I-II	I	I-II	I	I-II
p,p'-DDE	I	I	I	I	I	I
AOX	II-III	II-III	n. b.	II-III	II	II
Monobutylzinn	n. b.	n. b.	II	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	n. b.	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	n. b.	I	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	II-III	II-III	III	III	III	III-IV

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 10: Oberflächensediment Neckar (Stauhaltung Lauffen) – Fortsetzung.

km	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500
Ort	Lauffen	Lauffen	Lauffen	Lauffen	Lauffen
Rechtswert	3512092	3512084	3512077	3512070	3512062
Hochwert	5436982	5436989	5436997	5437005	5437013
Datum	10.05.2000	06.06.2000	04.07.2000	29.08.2000	26.09.2000
Nr.	113	114	121	122	123
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	I	I	I	I
Algentest _{PW}	II	II	II	I	I
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	I	I	II	I	I
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	II	III	III	I	III
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	--	--	--	+	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	--	--	--	--	n. b.
BIO-Klasse	II	III	III	II	III

Chemische Charakterisierung

As	II	II	II	II	II
Pb	II	II	II	II	II
Cd	II	II	II	II-III	I
Cr	II-III	I-II	II-III	II-III	I-II
Cu	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Ni	II-III	II-III	II-III	II-III	II
Hg	I	I	I	I	I
Zn	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 28	I	I	I	I	II
PCB 52	I	I	I	I	II
PCB 101	II	II	II	II	II-III
PCB 138	II-III	II-III	II-III	II-III	III
PCB 153	II-III	II-III	II-III	II-III	III
PCB 180	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
α-HCH	I	I	I	I	I
β-HCH	I	I	I	I	n. b.
γ-HCH	I	I	I	I	I-II
Hexachlorbenzol	I	I-II	I-II	I	I-II
p,p'-DDT	I	I	I	I	I-II
p,p'-DDD	I	I	I	I	I
p,p'-DDE	I	I	I	I	I-II
AOX	II	II	II	II	II-III
Monobutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	n. b.	I-II	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	II-III	II-III	II-III	II-III	III

n. b.: nicht bestimmt

Flachwasserzone Eberbach

In Veröffentlichungen der Universität Heidelberg (Hollert & Braunbeck, 2001) wird aufgrund von Untersuchungen des Zoologischen Instituts der Universität für die Flachwasserzone am Neckar bei Eberbach „ein hohes ökotoxikologisches Schädigungspotenzial der Sedimente sowie auch Störungen der Makrozoobenthos-Biozönose und der Fischfauna“ angenommen. Aufgrund dieses Hinweises wurde von der LfU ebenfalls im Bereich der Flachwasserzone an 5 Stellen Sedimentproben entnommen und mit Ausnahme des hER-Screens mit den biologischen Testverfahren aus diesem Vorhaben untersucht. Die von der LfU eingesetzten Verfahren waren nicht mit den von der Universität Heidelberg angewandeten Verfahren identisch. Die getesteten Sedimenteluat waren mit Ausnahme der Probe Eberbach_1 (LfU-Nr. 152; geringe toxische Wirkung im Daphnientest) nicht toxisch. Eine erbgutverändernde Wirkung wurde bei den untersuchten Proben weder im Eluat noch im Porenwasser festgestellt. Im Chironomidentest wurde keine Schlupfhemmung nachgewiesen. Während beim Algen – bzw. Leuchtbakterientest die Eluatproben nicht toxisch wirkten, treten in den Porenwasseruntersuchungen insbesondere beim Algentest deutliche toxische Wirkungen auf (Tabelle 11).

Hinsichtlich der chemischen Klassifizierung waren die Proben aufgrund erhöhter Schwermetall- und PCB-Gehalte der CHEM-Klasse II-III oder III zuzuordnen (Tabelle 11). Bei zwei der Proben war die Benzo(a)pyrenkonzentration leicht erhöht.

Tabelle 11: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Flachwasserzone Eberbach).

km	52,600	52,600	52,600	52,600	52,600
Ort	Eberbach_1	Eberbach_2	Eberbach_3	Eberbach_4	Eberbach_5
Rechtswert	3494755	3494755	3494755	3494755	3494755
Hochwert	5478962	5478962	5478962	5478962	5478962
Datum	31.10.2001	31.10.2001	31.10.2001	31.10.2001	31.10.2001
LfU-Nr.	152	153	154	155	156
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	I	I	I	I
Algentest _{PW}	III	III	II	III	IV
Daphnientest _{EL}	II	I	n. b.	I	I
Daphnientest _{PW}	II	I	I	II	II
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	I	I	I	I	IV
Chironomidentest _{GS}	n. b.	--	--	n. b.	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
BIO-Klasse	III	III	II	III	IV

Chemische Charakterisierung

As	I-II	I-II	I-II	n. b.	I-II
Pb	I-II	I-II	I-II	n. b.	II
Cd	II	II	II	n. b.	II
Cr	I	I	I	n. b.	I
Cu	II	II	II	n. b.	II-III
Ni	I-II	I-II	I-II	n. b.	II
Hg	I	I	I	n. b.	I
Zn	II-III	II-III	II-III	n. b.	II-III
PCB 28	I	I	I	n. b.	I
PCB 52	II	I	I	n. b.	I
PCB 101	II-III	II	II-III	n. b.	II
PCB 138	III	II-III	III	n. b.	III
PCB 153	III	II-III	III	n. b.	II-III
PCB 180	II-III	II-III	III	n. b.	II-III
α-HCH	I	I	I	n. b.	I
β-HCH	I	I	I	n. b.	I
γ-HCH	I	I	I	n. b.	I
Hexachlorbenzol	I	I	I	n. b.	I
p,p'-DDT	I	I	I	n. b.	I
p,p'-DDD	I	I	I	n. b.	I
p,p'-DDE	I-II	I-II	I-II	n. b.	I-II
AOX	II-III	II	I-II	n. b.	II
Monobutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	III	II-III	III	n. b.	III

n. b.: nicht bestimmt

4.2.2.2 Oberflächen- und Tiefensediment

Fliessstrecke Baden-Württemberg

An 8 Untersuchungspunkten im Neckar (Staustufen) wurden von der BfG Oberflächen- und Tiefensedimentproben (Kerne bis ca. 1 m) gezogen. Die Proben und die zugehörigen chemischen Analysedaten wurden von der BfG (Herr Dr. Krebs) der LfU für dieses Vorhaben zur Verfügung gestellt. Die Oberflächensedimentproben zeigten meist keine bzw. nur geringe Toxizität in den biologischen Testverfahren. Nur im Algentest und im Leuchtbakterientest wurde bei den Porenwasserproben eine zum Teil erhebliche Toxizität angezeigt. Gentoxizität wurde weder in den Oberflächensedimenten noch in den Tiefensedimenten nachgewiesen. Einige der Tiefensedimente hatten einen positiven Befund im Chironomidentest. Insgesamt sind die Tiefensedimente stärker toxisch belastet als die vergleichbaren oberflächennahen Sedimentlagen. Dies zeigte sich in den BIO-Klassen, die für die Oberflächenproben i. d. R. um eine Klasse besser lagen (Tabelle 12).

Die chemische Klassifizierung wurde von den erhöhten Schwermetall- und PCB-Gehalten der Proben bestimmt. Die Tiefensedimente sind stärker schadstoffbelastet als die Oberflächensedimente und daher in einer höheren CHEM-Klasse. Die Oberflächensedimente wurden den CHEM-Klassen II-III und III und die Tiefensedimente den CHEM-Klassen III, III-IV und IV zugeordnet (Tabelle 12). Die Gehalte an Benzo(a)pyren und an den 16 PAK nach EPA waren in den Tiefensedimenten deutlich höher als in den Kernsedimenten. Die Konzentrationen lagen i. d. R. erheblich über den Orientierungswerten. Bei den Tiefensedimenten wurden PAK-Gehalte bis zu 20,1 mg/kg (Schwabenheim, km 18,1 LfU-Nr. 58) bestimmt.

Tabelle 12: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg).

km	18,100	18,100	56,970	56,970	104,200	104,200
Ort	Schwabenheim	Schwabenheim	Eberbach	Eberbach	Kochendorf	Kochendorf
Rechtswert	3473784	3473784	3498341	3498341	3515455	3515455
Hochwert	5478563	5478563	5480860	5480860	5453082	5453082
Datum	24.08.1999	24.08.1999	25.08.1999	25.08.1999	25.08.1999	25.08.1999
LfU-Nr.	57	58	59	60	63	64
Art	Oberfläche	Tiefe	Oberfläche	Tiefe	Oberfläche	Tiefe

Biologische Charakterisierung

Argentest _{EL}	I	I	I	II	I	I
Argentest _{PW}	II	II	II	II	II	I
Daphnientest _{EL}	I	II	I	II	I	I
Daphnientest _{PW}	I	II	I	III	I	III
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	II	III	II	III	I	I
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	--	--	--	n. b.	--	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
BIO-Klasse	II	III	II	III	II	III

Chemische Charakterisierung

As	II	II	I-II	II	I-II	I-II
Pb	II	II-III	I-II	II	II	II
Cd	II	II-III	II	II-III	II	II-III
Cr	I	II-III	I	I	I	I
Cu	II-III	II-III	II-III	II-III	III	II-III
Ni	I-II	I-II	I-II	II	I-II	I-II
Hg	I	II	I	I	I	I
Zn	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 28	II	III	I-II	I-II	I-II	II-III
PCB 52	II	III	II	II	I-II	II-III
PCB 101	II	III	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 138	II-III	III-IV	III	III	III	III
PCB 153	II-III	III-IV	III	III	III	III
PCB 180	II	III-IV	II-III	III	II-III	II-III
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	I	I	I	I	I	I
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDT	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDD	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDE	I	I	I	I	I	I
AOX	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monobutylzinn	I-II	I-II	II	II	I-II	II
Dibutylzinn	I-II	I-II	I-II	I-II	I-II	I-II
Tributylzinn	I	I-II	I-II	I-II	I	I-II
Tetrabutylzinn	I	I	I	I	I	I
Monooctylzinn	I	I	I	I-II	I-II	I
Diocetylzinn	I	I	I	I-II	I	I
Tricyclohexylzinn	I	I	I	I	I	I
Triphenylzinn	I	I	I	I	I	I
CHEM-Klasse	II-III	III-IV	III	III	III	III

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 12: Oberflächen- und Tiefensediment Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg)
– Fortsetzung.

km	125,500	125,500	137,000	137,000	165,400	165,400
Ort	Lauffen	Lauffen	Besigheim	Besigheim	Poppenweiler	Poppenweiler
Rechtswert	3512122	3512122	3511023	3511023	3518614	3518614
Hochwert	5436952	5436952	5429298	5429298	5419439	5419439
Datum	26.08.1999	26.08.1999	19.10.1999	19.10.1999	19.10.1999	19.10.1999
LfU-Nr.	61	62	90	91	92	93
Art	Oberfläche	Tiefe	Oberfläche	Tiefe	Oberfläche	Tiefe

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	II	I	I	I	II
Algentest _{PW}	IV	IV	II	III	III	III
Daphnientest _{EL}	I	II	I	I	I	II
Daphnientest _{PW}	I	III	I	II	I	III
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I	II
Leuchtbakterientest _{PW}	III	III	I	I	I	IV
Chironomidentest _{GS}	--	+	--	+	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL ohne S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL mit S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW ohne S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW mit S9}	--	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.				
BIO-Klasse	IV	IV	II	IV	III	IV

Chemische Charakterisierung

As	II	II	I-II	II	I-II	II
Pb	I-II	II-III	II	II	II	II
Cd	II	III-IV	II	II-III	II	II-III
Cr	I	III	I	III-IV	I	II-III
Cu	II-III	III	II-III	III	II-III	II-III
Ni	I-II	II-III	I-II	II	I-II	II
Hg	I	II	I	II	I	I
Zn	II-III	III	II-III	III	II-III	III
PCB 28	I-II	III-IV	I-II	III	III	II
PCB 52	II	III-IV	I-II	III	III	II-III
PCB 101	II-III	IV	II	III-IV	II-III	III
PCB 138	III	IV	II-III	IV	II-III	III
PCB 153	II-III	IV	II-III	IV	II-III	III
PCB 180	II-III	III-IV	II	III-IV	II-III	III
α-HCH	I	I	I	I	I	I
β-HCH	I	I	I	I	I	I
γ-HCH	I	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDT	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDD	I	I	I	I	I	I
p,p'-DDE	I	I	I	I	I	I
AOX	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monobutylzinn	II	II	I-II	II	I-II	II
Dibutylzinn	I-II	II	I-II	I-II	I-II	II
Tributylzinn	I-II	I-II	I-II	I-II	I	II
Tetrabutylzinn	I	I	I	I	I	I
Monooctylzinn	I-II	I	I	I	I-II	I-II
Diocetylzinn	I-II	I	I	I	I-II	I-II
Tricyclohexylzinn	I	I	I	I	I	I
Triphenylzinn	I	I	I	I	I	I
CHEM-Klasse	III	III-IV	II-III	IV	III	III

n. b.: nicht bestimmt

Tabelle 12: Oberflächen- und Tiefensediment Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km	199,800	199,800	200,000	200,000
Ort	Deizisau	Deizisau	Deizisau	Deizisau
Rechtswert	3528493	3528493	3528700	3528700
Hochwert	5397781	5397781	5397824	5397824
Datum	20.10.1999	20.10.1999	20.10.1999	20.10.1999
LfU-Nr.	96	97	94	95
Art	Oberfläche	Tiefe	Oberfläche	Tiefe

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	II	II	II	II
Algentest _{PW}	III	III	II	III
Daphnientest _{EL}	I	II	I	II
Daphnientest _{PW}	I	III	II	III
Leuchtbakterientest _{EL}	I	II	I	III
Leuchtbakterientest _{PW}	I	III	III	IV
Chironomidentest _{GS}	--	+	--	+
Comet Assay _{EL}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Comet Assay _{PW}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
BIO-Klasse	III	IV	III	IV

Chemische Charakterisierung

As	I-II	II	I-II	II
Pb	I-II	II	I	II
Cd	II	III	I	II-III
Cr	I	II-III	I	I
Cu	II-III	II-III	II-III	II-III
Ni	I	II	I	I-II
Hg	I	II	I	I
Zn	II-III	II-III	II-III	II-III
PCB 28	I-II	III	I-II	III
PCB 52	I-II	III-IV	I-II	III
PCB 101	II-III	III	III	III
PCB 138	III	III-IV	III	III-IV
PCB 153	II-III	III-IV	III	III
PCB 180	II-III	III	II-III	III
α-HCH	I	I	I	I
β-HCH	I	I	I	I
γ-HCH	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I	I	I	I
p,p'-DDT	I	I	I	I
p,p'-DDD	I	I	I	I
p,p'-DDE	I	I	I	I
AOX	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monobutylzinn	II	II-III	II	II
Dibutylzinn	I-II	II-III	I-II	II
Tributylzinn	I	II-III	I	II
Tetrabutylzinn	I	I	I	I
Monooctylzinn	I	I	I	I-II
Diocetylzinn	I	I	I	I-II
Tricyclohexylzinn	I	I	I	I
Triphenylzinn	I	I	I	I
CHEM-Klasse	III	III-IV	III	III-IV

n. b.: nicht bestimmt

4.2.3 Nebengewässer

4.2.3.1 Oberflächensediment

Leimbach

Die Eluate der Sedimentproben des Leimbachs waren toxikologisch unauffällig. Im Chironomidentest zeigte die Probe Nußloch (LfU-Nr. 100) eine hemmende Wirkung auf den Schlupferfolg der Testorganismen. Gentoxizität wurde mit dem Comet Assay im Porenwasser bei der Probe Wiesloch (LfU-Nr. 99) angezeigt. Mit dem *umu*-Test wurde weder im Eluat noch im Porenwasser eine gentoxische Wirkung nachgewiesen. Bei keiner der untersuchten Oberflächensedimentproben wurde im ethanolischen Extrakt mit dem hER-Screen östrogene Wirkungen nachgewiesen. Im Gegensatz zum Eluat wurden bei den Porenwässern mit dem Algen- und dem Leuchtbakterientest deutliche Wirkungen (Klasse III) angezeigt. Daher bestimmten die Ergebnisse aus den Porenwasseruntersuchungen die Einstufung der Leimbachsedimente in die BIO-Klasse. Es erfolgte eine Einstufung in die Klasse III und in die Klasse IV (Tabelle 13).

Am Leimbach waren die Schwermetallkonzentrationen, insbesondere die As und Zn-Konzentrationen an der Probestelle Wiesloch und bei Brühl die PCB-Konzentrationen erhöht. Die Proben waren in die CHEM-Klasse II-III und IV einzuordnen. An den Beprobungspunkten Wiesloch und Nußloch waren die Benzo(a)pyrengehalte leicht erhöht (Tabelle 13).

Körsch

Die Sedimentprobe aus der Körsch bei der Friedrichsmühle wurde aufgrund der zur Verfügung stehenden geringen Menge an Probenmaterial nicht mit allen Testverfahren untersucht, sodass die Einstufung in die BIO-Klasse nur eingeschränkt möglich ist. Gentoxizität und östrogene Wirkung wurden nicht nachgewiesen, auch war der Schlupferfolg der Chironomidenlarven nicht gehemmt. Anhand des Ergebnisses des Porenwassers im Leuchtbakterientest erfolgte die Einstufung in die Bio-Klasse III (Tabelle 13).

Die Einstufung in die CHEM-Klasse erfolgte aufgrund erhöhter PCB-Konzentrationen in die Klasse III. Die Werte für Benzo(a)pyren waren nicht auffällig (Tabelle 13).

Schutterkanal

Das Eluat der Sedimentprobe aus dem Schutterkanal bei Nonnenweiher zeigte keine toxikologischen Auffälligkeiten. Auch der Chironomidentest zeigte keine Schlupfhemmung an. Im Porenwasser wurde mit dem Comet Assay Gentoxizität festgestellt. Dagegen wurde mit dem *umu*-Test weder im Eluat noch im Porenwasser eine gentoxische Wirkung angezeigt. Eine östrogene Wirkung des Probenmaterials war nicht zu beobachten. Die Einstufung erfolgte aufgrund der toxischen und gentoxischen Wirkung des Porenwassers im Algen- und Leuchtbakterientest bzw. im Comet Assay in die BIO-Klasse IV (Tabelle 13).

Bei der chemischen Charakterisierung dominierte die Schwermetallbelastung, die zur Einstufung in die CHEM-Klasse III-IV führte. Der Gehalt an Benzo(a)pyren lag geringfügig über dem Orientierungswert von 0,2 mg/kg (Tabelle 13).

Tabelle 13: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Leimbach, der Körsch und dem Schutterkanal.

Gewässer	Leimbach	Leimbach	Leimbach	Körsch	Schutterkanal
Ort	Wiesloch	Nußloch	Brühl	Friedrichs- mühle	Nonnen- weiher
Rechtswert	3478077	3476653	3466481	3525771	3407915
Hochwert	5461852	5464482	5472118	5396448	5358487
Datum	05.11.1999	05.11.1999	03.03.2000	22.03.2000	02.03.2000
LfU-Nr.	99	100	104	107	103
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Argentest _{EL}	I	I	I	I	I
Argentest _{PW}	III	III	III	n. b.	IV
Daphnientest _{EL}	n. b.	I	n. b.	n. b.	I
Daphnientest _{PW}	II	I	n. b.	n. b.	n. b.
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	III	III	I	III	III
Chironomidentest _{GS}	--	+	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	+	--	--	--	+
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	--	--	--	--	--
BIO-Klasse	IV	IV	III	III	IV

Chemische Charakterisierung

As	IV	II	II-III	II	III
Pb	III	I-II	II-III	II	III
Cd	III	II	II	II	II-III
Cr	I	I	II-III	I	II-III
Cu	II-III	II	II-III	II	II-III
Ni	II-III	II-III	II-III	II	II-III
Hg	II	II	I	I	II
Zn	IV	II	II-III	II-III	III-IV
PCB 28	I	I	I	I	I
PCB 52	I	I	I	I	I
PCB 101	I	I	I-II	II	I
PCB 138	I	II	II-III	III	I
PCB 153	I	II	II-III	III	I
PCB 180	I	I	II-III	III	I
α-HCH	I	I	I	I	I
β-HCH	I	I	I	I	I
γ-HCH	I	I	I	I	I
Hexachlorbenzol	I	I	I	I	I
p,p'-DDT	I	I	I	I	I
p,p'-DDD	I	I	I-II	I-II	I
p,p'-DDE	I	I	I-II	I	I
AOX	I-II	II	II	I-II	II
Monobutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	IV	II-III	II-III	III	III-IV

n. b.: nicht bestimmt

4.3 Biologische und chemische Beschaffenheit von Fließgewässersedimenten in Deutschland – Elbe, Eldenburger Kanal, Spree –

4.3.1 Elbe

4.3.1.1 Oberflächensediment

Alte Elbe bei Klieken (Altarm), km 252,000

Die Sedimentproben wurden von der BfG für das Verbundvorhaben entnommen und mit den biologischen Verfahren aus diesem Projekt und den enzymatischen Methoden aus dem Teilprojekt 2, welches von der BfG bearbeitet wurde, untersucht. Die Ergebnisse der enzymatischen Untersuchungen sind im Abschlussbericht der BfG (Tippmann & Heining, 2001) dargestellt. Die untersuchten Oberflächensedimentproben waren weder im Eluat noch im Porenwasser toxikologisch bzw. genotoxikologisch auffällig (Tabelle 14) und wurden daher in die BIO-Klasse I bzw. II eingestuft.

Die chemische Klassifizierung erfolgte aufgrund erhöhter Schwermetall-, PCB- und HCB-Gehalte in die CHEM-Klasse III bzw. III-IV (Tabelle 14). Die PAK-Gehalte lagen in 3 von 4 Proben über den Orientierungswerten für Benzo(a)pyren und für die Summe der 16 PAK nach EPA.

Tabelle 14: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Alte Elbe).

Km	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000
Ort	K. A.				
Rechtswert	K. A.				
Hochwert	K. A.				
Datum	07.06.1999	06.08.1999	26.06.2000	09.10.2000	14.03.2001
Nr.	S11	40	120	124	129
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Argentest _{EL}	n. b.	I	II	II	I
Argentest _{PW}	n. b.	I	II	I	II
Daphnientest _{EL}	I	I	I	I	I
Daphnientest _{PW}	I	I	I	I	II
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	I	I	I	I	I
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	n. b.	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	n. b.	--	--	--	--
umu-Test _{EL ohne S9}	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL mit S9}	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW ohne S9}	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW mit S9}	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
BIO-Klasse	I	I	II	II	II

Chemische Charakterisierung

As	III	III	III	III	III
Pb	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Cd	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Cr	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Cu	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Ni	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Hg	II-III	II-III	II	II-III	II-III
Zn	III	III	III	III	III
PCB 28	II-III	III	III	II-III	n. b.
PCB 52	III	III	III	II-III	n. b.
PCB 101	II-III	II-III	III	II-III	n. b.
PCB 138	III	III	III	III	n. b.
PCB 153	III	III	III	III	n. b.
PCB 180	III	III	III	III	n. b.
α-HCH	I	I-II	I-II	I	n. b.
β-HCH	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
γ-HCH	I-II	I-II	I-II	I-II	n. b.
Hexachlorbenzol	III-IV	II-III	II-III	II	n. b.
p,p'-DDT	III	II	II	I-II	n. b.
p,p'-DDD	II-III	III	III	II-III	n. b.
p,p'-DDE	II	II	II	II	n. b.
AOX	III	III	III	II-III	n. b.
Monobutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	II-III	n. b.	II	II	II
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	III-IV	III	III	III	III

n. b.: nicht bestimmt

Elbe bei Magdeburg (Buhnenfeld unterhalb des ehemaligen Chemiestandorts Fahlberg-List GmbH), km 319,400

Die Sedimentproben wurden von der BfG für das Verbundvorhaben entnommen und mit den biologischen Verfahren aus diesem Projekt und den enzymatischen Methoden aus dem Teilprojekt 2, welches von der BfG bearbeitet wurde, untersucht. Die Ergebnisse der enzymatischen Untersuchungen sind im Abschlussbericht der BfG (Tippmann & Heininger, 2001) dargestellt. Unterhalb des ehemaligen Chemiestandortes der Fahlberg-List GmbH wurden mit den biologischen Testverfahren sowohl im Porenwasser als auch im Eluat zum Teil erhebliche toxische Wirkungen nachgewiesen. Im Chironomidentest wurde in einer Probe eine Hemmung des Schlupferfolges festgestellt. Die Gentoxizitätsprüfung und der Test auf östrogene Wirkung zeigten bei dem untersuchten Probenmaterial keine Wirkung an. Die biologische Klassifizierung variierte von Bio-Klasse II bis IV (Tabelle 15).

Die starke Reaktion des Algentests auf die Sedimentschadstoffe ist ein Hinweis darauf, dass es sich bei dem vorherrschendem Schadstoffspektrum um Pflanzenschutzmittel handelt. Die Elbe ist an dieser Stelle mit organischen Schadstoffen - insbesondere Pflanzenschutzmittel (HCH) - hoch belastet. Aber auch Schwermetalle und AOX wiesen erhöhte Gehalte auf. Die Proben wurden durchgängig in die CHEM-Klasse IV eingestuft (Tabelle 15). In diesem Projekt wiesen die unterhalb der Fahlberg-List GmbH untersuchten Elbsedimente die höchsten Benzo(a)pyrengelalte (Konzentrationsbereich: 0,8-1,9 mg/kg) und die höchsten Summenwerte für die 16 EPA-PAK (Konzentrationsbereich: 11,5–21,1 mg/kg) auf.

Tabelle 15: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Magdeburg, uh. Fahlberg-List GmbH).

km	319,400	319,400	319,400	319,400	319,400	319,400
Ort	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg
Rechtswert	K. A.					
Hochwert	K. A.					
Datum	08.06.1999	11.08.1999	15.09.1999	13.06.2000	19.10.2000	20.03.2001
Nr.	S12	56	65	118	125	130
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	n. b.	II	II	IV	II	IV
Algentest _{PW}	n. b.	III	IV	IV	II	III
Daphnientest _{EL}	I	II	II	II	II	II
Daphnientest _{PW}	II	II	II	II	I	I
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	II	I	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	II	III	III	III	I	II
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	+	--	--
Comet Assay _{EL}	n. b.	--	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	n. b.	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL ohne S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{EL mit S9}	--	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW ohne S9}	n. b.	--	--	--	--	--
umu-Test _{PW mit S9}	n. b.	--	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.	n. b.	--	--	n. b.
BIO-Klasse	II	III	IV	IV	II	IV

Chemische Charakterisierung

As	III	III	II-III	III-IV	III-IV	III
Pb	III	III	II-III	III-IV	III	III
Cd	III-IV	III	III	III-IV	III	III-IV
Cr	III	II	I-II	III-IV	III-IV	III-IV
Cu	III-IV	III	II-III	III-IV	III-IV	III-IV
Ni	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III
Hg	III-IV	III	III	III-IV	III-IV	III-IV
Zn	III-IV	III-IV	III-IV	III-IV	III-IV	III-IV
PCB 28	III	II-III	II	III	II-III	n. b.
PCB 52	III	III	III-IV	III	III	n. b.
PCB 101	III	III	II-III	III	III	n. b.
PCB 138	III-IV	III	III-IV	III	III	n. b.
PCB 153	III	III	III-IV	III	III	n. b.
PCB 180	III	III	III	III	III	n. b.
α-HCH	IV	IV	IV	IV	IV	n. b.
β-HCH	IV	n. b.	n. b.	IV	n. b.	n. b.
γ-HCH	IV	III-IV	IV	IV	III-IV	n. b.
Hexachlorbenzol	III-IV	IV	III-IV	III-IV	III	n. b.
p,p'-DDT	IV	III	III	II-III	III	n. b.
p,p'-DDD	III	II-III	II-III	III	III	n. b.
p,p'-DDE	II-III	II	II	II-III	II-III	n. b.
AOX	IV	III-IV	III-IV	IV	IV	n. b.
Monobutylzinn	n. b.					
Dibutylzinn	n. b.					
Tributylzinn	III-IV	n. b.	n. b.	III-IV	II-III	IV
Tetrabutylzinn	n. b.					
Monooctylzinn	n. b.					
Diocetylzinn	n. b.					
Tricyclohexylzinn	n. b.					
Triphenylzinn	n. b.					
CHEM-Klasse	IV	IV	IV	IV	IV	IV

n. b.: nicht bestimmt

4.3.2 Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße)

4.3.2.1 Oberflächensediment

Die Sedimentproben wurden von der BfG für das Verbundvorhaben entnommen und mit den biologischen Verfahren aus diesem Projekt und den enzymatischen Methoden aus dem Teilprojekt 2, welches von der BfG bearbeitet wurde, untersucht. Die Ergebnisse der enzymatischen Untersuchungen sind im Abschlussbericht der BfG (Tippmann & Heininger, 2001) dargestellt. Die Eluat- und Porenwasserproben waren i. d. R. nicht bzw. gering oder mäßig toxisch. Der Chironomidentest wies keine Schlupfhemmung auf. Gentoxizität wurde weder mit dem Comet Assay noch mit dem *umu*-Test nachgewiesen. Die Klassifizierung erfolgte dreimal meist in die BIO-Klasse II, und einmal in die BIO-Klasse III (Tabelle 16).

Eine chemische Analyse wurde nur bei den Proben mit den LfU-Nummern 119 und 126 durchgeführt. Die Einstufung der Proben erfolgte aufgrund des PCB- und AOX-Gehalts (LfU-Nr. 119) in die CHEM-Klasse II-III bzw. wegen des Tributylzinngehalts (LfU-Nr. 126) in die CHEM-Klasse III (Tabelle 16). Die PAK-Konzentrationen lagen im Bereich der Orientierungswerte.

Tabelle 16: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße).

km	149,000	149,000	149,000	149,000
Ort	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Rechtswert	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Hochwert	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Datum	15.03.2000	12.04.2000	27.06.2000	25.10.2000
LfU-Nr.	106	110	119	126
Art	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	I	I	II	II
Algentest _{PW}	I	III	I	II
Daphnientest _{EL}	I	II	I	II
Daphnientest _{PW}	I	II	I	II
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I	I	II
Leuchtbakterientest _{PW}	II	I	I	I
Chironomidentest _{GS}	--	--	--	--
Comet Assay _{EL}	--	--	--	--
Comet Assay _{PW}	--	--	--	--
umu-Test _{EL} ohne S9	--	--	--	--
umu-Test _{EL} mit S9	--	--	--	--
umu-Test _{PW} ohne S9	--	--	--	--
umu-Test _{PW} mit S9	--	--	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
BIO-Klasse	II	III	II	II

Chemische Charakterisierung

As	n. b.	n. b.	n. b.	I-II
Pb	n. b.	n. b.	I	I
Cd	n. b.	n. b.	I	I
Cr	n. b.	n. b.	I	I
Cu	n. b.	n. b.	II-III	I-II
Ni	n. b.	n. b.	I	I
Hg	n. b.	n. b.	n. b.	I
Zn	n. b.	n. b.	I	I
PCB 28	n. b.	n. b.	I-II	I-II
PCB 52	n. b.	n. b.	I-II	I-II
PCB 101	n. b.	n. b.	II	II
PCB 138	n. b.	n. b.	II-III	II-III
PCB 153	n. b.	n. b.	II-III	II-III
PCB 180	n. b.	n. b.	II	II
α-HCH	n. b.	n. b.	I	I
β-HCH	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
γ-HCH	n. b.	n. b.	I-II	I-II
Hexachlorbenzol	n. b.	n. b.	I	I-II
p,p'-DDT	n. b.	n. b.	I-II	I-II
p,p'-DDD	n. b.	n. b.	I-II	I-II
p,p'-DDE	n. b.	n. b.	I-II	I-II
AOX	n. b.	n. b.	II-III	II-III
Monobutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	n. b.	n. b.	II-III	III
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	n. b.	n. b.	II-III	III

n. b.: nicht bestimmt

4.3.3 Spree

4.3.3.1 Oberflächensediment

Die Sedimentproben wurden von der BfG für das Verbundvorhaben entnommen und mit den biologischen Verfahren aus diesem Projekt und den enzymatischen Methoden aus dem Teilprojekt 2, welches von der BfG bearbeitet wurde, untersucht. Die Ergebnisse der enzymatischen Untersuchungen sind im Abschlussbericht der BfG (Tippmann & Heininger, 2001) dargestellt. Die Sedimente aus der Spree waren weder im Eluat noch im Porenwasser toxisch. Im Chironomidentest erfolgte keine Hemmung des Schlupfs. Im Comet Assay wurde im Eluat der Probe mit der LfU-Nummer 41 Gentoxizität angezeigt, die durch den *umu*-Test nicht bestätigt wurde. Die Probe vom 27.05.1999 (LfU-Nr. S10) wurde in die Bioklasse I und die Probe vom 6.8.1999 (LfU-Nr. 41) aufgrund des Comet Assay-Ergebnisses in die BIO-Klasse II eingestuft (Tabelle 17).

Bei der chemischen Klassifizierung führten erhöhte Schwermetall- und PCB-Gehalte zur Einstufung in die in die CHEM-Klassen II-III (LfU-Nr. S10) und III (LfU-Nr. 41) (Tabelle 17). Die Benzo(a)pyrenkonzentration in den Proben war leicht erhöht.

Tabelle 17: Biologische und chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Spree.

km	21,500	21,500
Ort	Freienbrink	Freienbrink
Rechtswert	K. A.	K. A.
Hochwert	K. A.	K. A.
Datum	27.05.1999	06.08.1999
LfU-Nr.	S10	41
Art	Oberfläche	Oberfläche

Biologische Charakterisierung

Algentest _{EL}	n. b.	I
Algentest _{PW}	n. b.	I
Daphnientest _{EL}	I	I
Daphnientest _{PW}	I	I
Leuchtbakterientest _{EL}	I	I
Leuchtbakterientest _{PW}	I	I
Chironomidentest _{GS}	--	--
Comet Assay _{EL}	--	+
Comet Assay _{PW}	--	--
umu-Test _{EL ohne S9}	--	--
umu-Test _{EL mit S9}	--	--
umu-Test _{PW ohne S9}	--	--
umu-Test _{PW mit S9}	--	--
hER-Screen _{EX}	n. b.	n. b.
BIO-Klasse	I	II

Chemische Charakterisierung

As	II	II
Pb	II	II
Cd	II-III	II-III
Cr	I	I
Cu	II	II-III
Ni	I-II	I-II
Hg	I	I-II
Zn	II-III	III
PCB 28	I-II	I-II
PCB 52	I-II	I-II
PCB 101	I-II	II
PCB 138	II-III	III
PCB 153	II-III	II-III
PCB 180	II	II-III
α-HCH	I-II	I-II
β-HCH	n. b.	n. b.
γ-HCH	I-II	I-II
Hexachlorbenzol	I-II	I-II
p,p'-DDT	I-II	I-II
p,p'-DDD	I-II	II
p,p'-DDE	I-II	I-II
AOX	II	II-III
Monobutylzinn.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	n. b.	n. b.
Tributylzinn	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	n. b.	n. b.
CHEM-Klasse	II-III	III

n. b.: nicht bestimmt

4.4 Einflüsse auf die toxischen Eigenschaften von Sedimenten

4.4.1 Remobilisierung von Sedimentschadstoffen (Schwermetalle)

Insbesondere die Tiefensedimente sind mit Schwermetallen belastet. Die sedimentgebundenen Metalle werden durch Reoxidation (z. B. durch Aufwirbelung in sauerstoffreichem Wasser) und durch saure Milieubedingungen wieder in einen leichter löslichen und damit in einen für die Umwelt besser bioverfügbaren Zustand gebracht. Die Metallkonzentration in der Wasserphase kann dadurch ansteigen.

Das Remobilisierungsverhalten von sedimentgebundenen Schwermetallen und die dadurch bedingte Veränderung der Toxizität in der wässrigen Phase wurden untersucht. Hierzu wurden schwermetallbelastete Tiefensedimente (aus dem Neckar bis 1 m Tiefe; unter oxidierenden Bedingungen bei pH 3,0 im Batch-Ansatz (50 g Trockenmasse : 200 ml deionisiertes Wasser = 1:4) inkubiert.

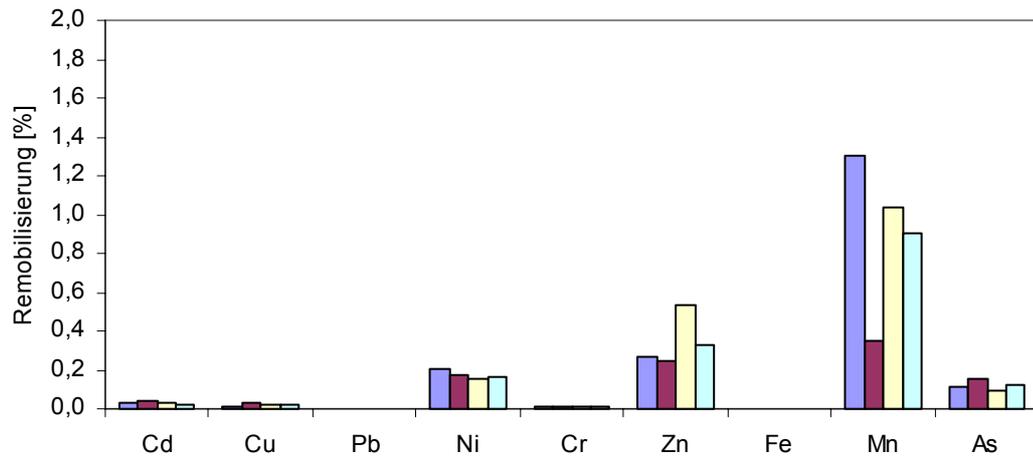
Die Ergebnisse der Sedimentproben wurden aus Gründen der Vergleichbarkeit normiert. Hierfür wurde die jeweils freigesetzte Metallmenge (prozentualer Anteil) auf die im Sediment vorhandene Gesamtmenge (Tabelle 18) bezogen.

Tabelle 18: Metallkonzentration im Sediment [mg/kg Trockensubstanz].

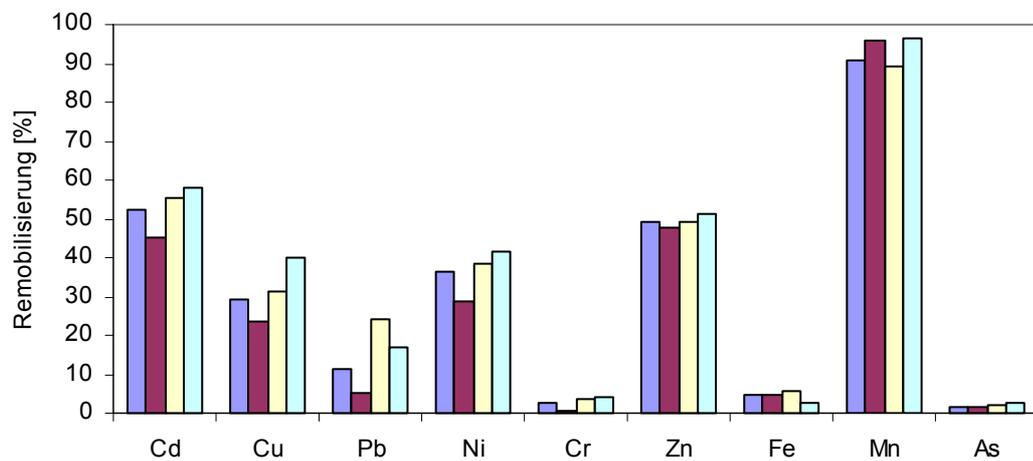
	Besigheim km 137,000 LfU-Nr. 91	Poppenweiler km 165,400 LfU-Nr. 93	Deizisau km 199,800 LfU-Nr. 97	Deizisau km 200,000 LfU-Nr. 95
Cd	3,2	2,2	5,2	2,0
Cu	206	127	148	111
Pb	89	83	84	58
Ni	49	42	48	37
Cr	304	107	112	66
Zn	616	542	426	339
Fe	30500	31100	31100	29900
Mn	471	484	557	583
As	11,5	12,4	12,5	10,7

Im Vergleich zu den Standardelutionsbedingungen (1:4, 1d, pH 7,0) wurden bei saurer Elution (1:4, 7d, pH 3,0) erheblich mehr Schwermetalle aus dem Sediment freigesetzt (Abbildung 2). Nach Neutralisation des Eluats nahm die Konzentration der Schwermetalle in der wässrigen Phase z. T. drastisch ab (Abbildung 2).

Elution 1:4, 1d, pH 7,0



Elution 1:4, 7d, pH 3,0



Elution 1:4, 7d, pH 3,0, neutralisiert (pH 7,0)

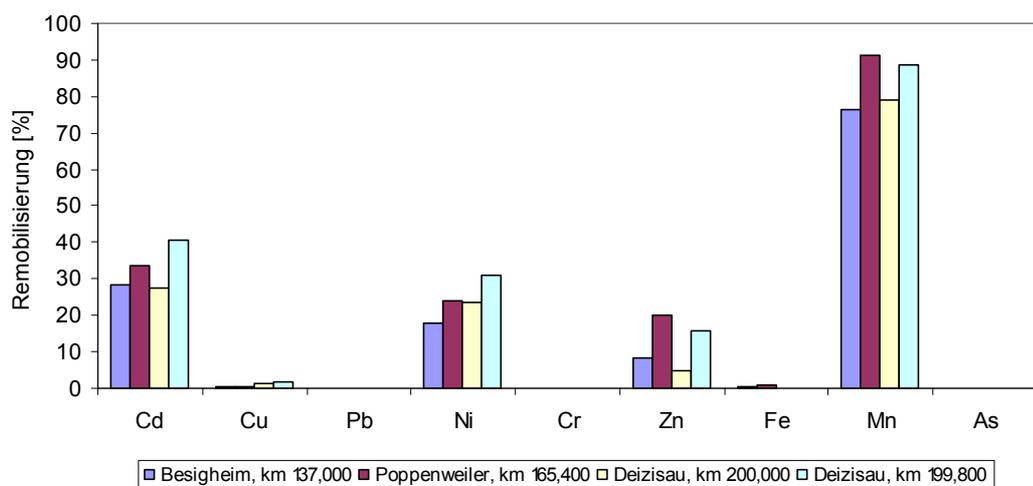


Abbildung 2: Remobilisierung von Schwermetallen aus Tiefensedimenten des Neckars in Abhängigkeit von den Elutionsbedingungen.

Die unter sauren Elutionsbedingungen hergestellten und anschließend neutralisierten Eluate zeigten in den biologischen Testverfahren eine hohe Toxizität (Tabelle 19). Der Comet Assay war aufgrund der Proben-toxizität nicht bewertbar.

Tabelle 19: Toxizitäts- und Gentoxizitätsklassen von Eluaten aus Tiefensedimenten des Neckars in Abhängigkeit von den Elutionsbedingungen.

Elution	pH _{Test}	Alg EL	Dap EL	Leu EL	Com EL	<i>umu</i> EL
LfU-Nr. 91, Besigheim, km 137,000, 19.10.1999						
1:4, 1d, pH 7,0	7,0	I	I	I	--	--
1:4, 7d, pH 3,0 + neutralisiert	7,0	IV	IV	III	Tox	--
LfU-Nr. 93, Poppenweiler, km 165,400, 19.10.1999						
1:4, 1d, pH 7,0	7,0	II	II	II	--	--
1:4, 7d, pH 3,0 + neutralisiert	7,0	IV	III	III	Tox	--
LfU-Nr. 97, Deizisau, km 199,800, 20.10.1999						
1:4, 1d, pH 7,0	7,0	II	II	II	n. b.	--
1:4, 7d, pH 3,0 + neutralisiert	7,0	IV	IV	III	Tox	--
LfU-Nr.95, Deizisau, km 200,000, 20.10.1999						
1:4, 1d, pH 7,0	7,0	II	II	III	n. b.	--
1:4, 7d, pH 3,0 + neutralisiert	7,0	IV	IV	III	Tox	--

Alg: Algentest, Dap: Daphnientest, Leu: Leuchtbakterientest, Com: Comet Assay, *umu*: *umu*-Test, EL: Eluat, pH_{Test}: pH-Wert des Eluats bei Zugabe zum im Biotest, Tox: toxisch, n. b.: nicht bestimmt.

Die Schwermetalle wurden im Wesentlichen durch das saure Milieu (pH 3,0) und nicht durch die oxidierenden Bedingungen mobilisiert. Je nach geologischem Ursprung haben die Sedimente unterschiedlich hohe Carbonatanteile und dadurch ein unterschiedlich starkes Pufferungsvermögen. Bei sauren pH-Werten werden folglich Metalle aus un- bzw. gering gepufferten Sedimenten schneller freigesetzt als aus gut gepufferten Sedimenten. Je niedriger der pH-Wert, umso höher sind die Metallkonzentrationen in der wässrigen Phase.

4.4.2 Alterung von Schadstoffwirkungen

Mit einem Lagerungsversuch sollte geklärt werden, ob sich die Toxizität in Kernproben (bis ca. 1 m Tiefe) aus 4 Stauhaltungen des Neckars (Besigheim, LfU-Nr. 91; Poppenweiler, LfU-Nr. 93; Deizisau, LfU-Nr. 95 und LfU-Nr. 97) mit der Zeit ändert. Die Proben wurden bei 4 °C im Dunkeln in den Probengefäßen gelagert. Zum Zeitpunkt 0, 5, 12 und 25 Monate wurden die Proben mit der biologischen Testbatterie (ohne hER-Screen) getestet.

Nach 5 Monaten Lagerungsdauer hatten sich die Testergebnisse mit Ausnahme der des Leuchtbakterientests nicht wesentlich verändert (Tabelle 20). Außer im Porenwasser der Probe LfU-Nr. 93 war nach 5 Monaten weder im Eluat noch im Porenwasser der Proben noch Leuchtbakterientoxizität messbar. Nach 12 Monaten waren alle Proben nicht mehr leuchtbakterientoxisch. Ebenso nach 12 Monaten war bei der Probe LfU-Nr. 91 im Eluat und im Porenwasser mit dem Algentest und dem

Daphnientest keine Toxizität mehr nachweisbar. Nach 25 Monaten war im Eluat von allen 4 getesteten Proben keine Toxizität mehr vorhanden. Porenwasser konnte nach 25 Monaten Lagerungsdauer nicht mehr getestet werden, da nach dieser Zeit der Wassergehalt der Probe stark reduziert war. Die Ergebnisse im Chironomidentest sowie im Comet Assay waren uneinheitlich. Eine Tendenz war bei diesen Verfahren aufgrund der Schwankungsbreite nicht ersichtlich.

Tabelle 20: Veränderung der Toxizitäts- und Gentoxizitätsklasse von Tiefensedimenten (bis ca. 1 m Tiefe) in Abhängigkeit von der Dauer der Lagerung bei 4 °C im Dunkeln.

Dauer Monate	Alg EL	Alg PW	Dap EL	Dap PW	Leu EL	Leu PW	Chi GS	Com EL	Com PW	umu EL	umu PW
LfU-Nr. 91, Besigheim, km 137,000, 19.10.1999											
0	I	III	I	II	I	I	+	--	--	--	--
5	II	III	I	II	I	I	--	--	+	--	--
12	I	I	I	I	I	I	n. b.	n. b.	+	--	--
25	I	n. b.	I	n. b.	I	n. b.	+	--	n. b.	--	n. b.
LfU-Nr. 93, Poppenweiler, km 165,400, 19.10.1999											
0	II	III	II	III	II	IV	--	--	--	--	--
5	III	III	II	III	I	III	--	--	+	--	--
12	II	III	II	III	I	I	n. b.	n. b.	--	--	--
25	I	n. b.	I	n. b.	I	n. b.	--	--	n. b.	--	n. b.
LfU-Nr. 97, Deizisau, km 199,800, 20.10.1999											
0	II	III	II	III	II	III	+	n. b.	n. b.	--	--
5	III	III	II	III	I	I	--	--	--	--	--
12	III	III	II	III	I	I	n. b.	n. b.	+	--	--
25	I	n. b.	I	n. b.	I	n. b.	--	--	n. b.	--	n. b.
LfU-Nr. 95, Deizisau, km 200,000, 20.10.1999											
0	II	III	II	III	III	IV	+	n. b.	n. b.	--	--
5	III	IV	II	III	I	I	+	--	--	--	--
12	II	III	II	II	I	I	n. b.	n. b.	+	--	--
25	I	n. b.	I	n. b.	I	n. b.	--	--	n. b.	--	n. b.

Alg: Algentest, Dap: Daphnientest, Leu: Leuchtbakterientest, Chi: Chironomidentest, Com: Comet Assay, umu: umu-Test, EL: Eluat, PW: Porenwasser, GS: Gesamtsediment, n. b.: nicht bestimmt.

5 Diskussion

5.1 Testgut und Testverfahren

Die Beschaffenheit eines Sediments hinsichtlich Toxizität, Gentoxizität und endokriner Wirkung kann mit der in diesem Vorhaben eingesetzten biologischen Testbatterie (Comet Assay und Chironomidentest in der angewandten Form mit Einschränkungen) charakterisiert werden. Die Abschätzung der Toxizität von bioverfügbaren Schadstoffkomponenten erfolgte am Originalsediment, am Porenwasser und am Eluat sowie am ethanolischen Extrakt.

5.1.1 Testgut

Porenwasser

Das Porenwasser ist das Wasser in den Sedimentzwischenräumen und umfasst bezogen auf das Volumen normalerweise den größten Anteil des Gesamtsediments. Es steht im Gleichgewicht mit der Festphase des Sediments. Die in der wässrigen Phase gelösten Verbindungen können ingestiert oder über die Oberfläche von Sedimentorganismen resorbiert werden. Untersuchungen mit Porenwasserspiegeln somit diesen Expositionspfad für Gewässerorganismen wieder.

Bei der üblicherweise praktizierten Sedimentprobenahme und Probenvorbereitung kommt das i. d. R. anaerobe Sediment mit Sauerstoff in direkten Kontakt. Durch Reoxidation gelangen die an das Sediment gebundenen Metalle in eine leichter lösliche Form. Dadurch kann die Metallkonzentration im Porenwasser ansteigen und je nach Oxidationsgrad seine toxische Wirkung mehr oder weniger stark beeinflussen.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde festgestellt, dass eine bei Porenwasseruntersuchungen gefundene Toxizität nicht immer in Bezug zur chemischen Belastungssituation des Sediments steht. Für diese Porenwassertoxizität gibt es verschiedene Erklärungsmöglichkeiten:

- Ammoniak und Schwefelwasserstoff können als Produkte von Abbauvorgängen im Porenwasser entstehen und für die angezeigte Porenwassertoxizität verantwortlich sein (NFESC, 2003a, NFESC 2003b). Vor der Testung wurden die Eluate und Porenwässer über einen definierten Zeitraum belüftet, um Ammoniak und Schwefelwasserstoff auszutreiben. Durch die aerobe Vorbehandlung der Porenwässer (Belüften) können Sulfide zum Schwefelwasserstoff oxidiert werden, sodass die Sulfidtoxizität häufig unterbewertet wird und der gebildete Schwefelwasserstoff toxisch wirkt (Wang & Chapman, 1999). Für einige der untersuchten Porenwässer muss in Betracht gezogen werden, dass die Belüftungsdauer nicht ausreichend war, um Ammoniak bzw. Schwefelwasserstoff quantitativ zu entfernen.
- Eine weitere mögliche Ursache der Toxizität ist elementarer Schwefel. Elementarer Schwefel wirkt in organischen Sedimentextrakten in einigen Biotests toxisch (Pardos et al., 1999). Allerdings ist die Löslichkeit von elementarem Schwefel in Wasser sehr gering. In Sedimenten kommen jedoch häufig Mineralöle vor. Die gering wasserlöslichen Bestandteile des Mineralöls könnten den ur-

sprünglich nicht verfügbaren Schwefel lösen, sodass der gelöste Schwefel für die Organismen wirksam werden könnte (Ahlf et al., 2000). Diese neue Hypothese wurde bei der Untersuchung von Sedimentporenwässern bislang nicht berücksichtigt.

Die Porenwasseruntersuchung ist ein hilfreiches Werkzeug zur Bestimmung der Sedimentbeschaffenheit. Allerdings ist das Porenwasser ein instabiles Testgut und sollte daher nach Möglichkeit unmittelbar nach der Gewinnung getestet werden. Die Probenahme, die Gewinnung und die Lagerung des Porenwassers sind kritische Einflussgrößen auf die Porenwasserqualität. Es ist kaum möglich, Veränderungen des Porenwassers bei seiner Gewinnung zu vermeiden (Ministry of Water, Land and Air Protection of British Columbia, 2002). Zum Zwecke der Vergleichbarkeit von Porenwasseruntersuchungen ist eine standardisierte Vorgehensweise bei der Porenwassergewinnung unerlässlich, um die Variabilität zu verringern und die Aussagekraft der Testergebnisse zu vergrößern. Zusätzlich sind die Ergebnisse aus Porenwasseruntersuchungen im Zusammenhang mit den Daten von parallelen Tests mit anderen Sedimentphasen (Gesamtsediment, Eluat) zu beurteilen.

Eluat

Bei der Untersuchung von wässrigem Eluat wird die Lösung der Sediment-assoziierten Schadstoffe in die Wasserphase simuliert. Physikalisch-chemische Vorgänge wie Änderung des Redoxpotenzials bzw. Änderung des pH-Wertes beeinflussen das Lösungsverhalten der Schadstoffe. Die Untersuchung von wässrigem Eluat bildet damit näherungsweise die Vorgänge im Gewässer ab, die bei Umlagerung bzw. Aufwirbelung von Sedimenten ablaufen. Die dadurch in die Wasserphase freigesetzten Substanzen sind dann für die Gewässerorganismen verfügbar. Vorhandene Schadstoffe werden aber im Gegensatz zum Porenwasser durch die Eluatherstellung verdünnt.

Ethanolischer Extrakt

Die Extraktion des Sediments mit Ethanol spiegelt keinen natürlicherweise vorkommenden Expositionspfad für Gewässerorganismen wider. Sie stellt vielmehr ein „Worst-Case“-Szenario dar. Die Testung von ethanolischem Extrakt liefert Hinweise dahingehend, ob prinzipiell östrogenartig wirkende Substanzen im Sediment vorhanden sind. Eine Aussage zur Bioverfügbarkeit bzw. östrogenen Wirksamkeit der Substanzen unter realen Gewässerbedingungen ist nicht möglich.

Gesamtsediment

Ein Toxizitätstest mit Gesamtsediment ist ein wichtiger Bestandteil einer Testkombination für die ökotoxikologische Sedimentbewertung. Sedimentgebundene Schadstoffe können von sedimentbewohnenden Organismen durch direkten Kontakt und/oder durch Aufnahme des Sediments in den Verdauungstrakt inkorporiert werden. Zur Untersuchung dieses Expositionspfades wird üblicherweise ein Benthosorganismus mit dem Gesamtsediment exponiert. Die Toxizität des nativen Sediments ist in hohem Maße vom Redoxpotenzial und vom pH-Wert abhängig. Da die Testorganismen Sauerstoff benötigen, sollten anoxische Sedimente vor der Testdurchführung oxidiert werden (Fretwurst & Gratzner, 1999). In diesem Vorhaben wurde bei nativem Sediment nur selten Toxizität mit dem Chironomi-

dentest nachgewiesen. Aufgrund der hohen Variabilität des Testsystems war allerdings die Empfindlichkeit des Verfahrens gering.

Referenzsediment

Bei der Bewertung der Sedimenttoxizität muss zur Interpretation der Ergebnisse ebenfalls Referenzsediment mit den biologischen Testverfahren untersucht werden, um mögliche geochemische und geophysikalische Auswirkungen auf das Testergebnis gegenüber der Wirkung einer anthropogen bedingten Belastung abgrenzen zu können. Nicht belastetes Referenzsediment kann aber auch aufgrund seiner stofflichen Eigenschaften Toxizität in Biotests anzeigen (Fretwurst & Gratzner, 1999). Ein Referenzsediment sollte ähnliche Eigenschaften wie das Testsediment - mit Ausnahme der anthropogenen Kontaminationen - aufweisen. Die Eigenschaften (z. B. Korngröße, Gehalt an organischem Kohlenstoff) des Referenzsedimentes sollten denen des Testmaterials ähnlich sein. Ein Kontrollsediment kann ein natürliches oder ein künstliches Sediment mit bekannter Zusammensetzung sein, das in den Testverfahren nicht toxisch reagiert. Natürliches Referenzsediment sollte aus einem geologisch ähnlichen Gebiet wie das Testsediment kommen und ähnliche Eigenschaften wie Korngröße, Wassergehalt, Eh, pH, Salinität des interstitiellen Wassers und organischem Kohlenstoff aufweisen, jedoch nicht kontaminiert sein.

Insbesondere bei der Testung der Toxizität von Gesamtsediment muss ein nicht kontaminiertes Referenzsediment in die Testung mit einbezogen werden, um die geochemisch und geophysikalisch bedingten Wirkungen des Sedimentmaterials auf die in direktem Kontakt mit dem Probenmaterial stehenden Testorganismen von der schadstoffbedingten Wirkung unterscheiden zu können.

In Deutschland und speziell in Baden-Württemberg ist es schwierig unkontaminiertes natürliches Referenzmaterial zu den Sedimenten der großen Fließgewässer mit ähnlichen geochemischen und geophysikalischen Eigenschaften wie die des Probenmaterials zu finden. Daher wurde in diesem Vorhaben für alle Biotests ein künstliches Referenzsediment mit definierter Zusammensetzung eingesetzt. Allerdings war dieses Referenzsediment nur eingeschränkt in der Lage, die geochemischen und geophysikalischen Eigenschaften für alle der untersuchten Sedimente aus Baden-Württemberg und Deutschland gleichermaßen nachzubilden. Die Korngröße (Median 4,6 µm, Mittelwert 5,5 µm) entsprach nur den sehr feinen Sedimenten aus dem Probenkollektiv.

In Untersuchungen von Fretwurst und Gratzner (1999) mit Gesamtsediment im Nematodentest erwies sich der Tonanteil, das Kaolin, im Referenzsediment als Ursache für die Toxizität auf die Testorganismen. Es kann nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden, dass stoffliche Eigenschaften der Sedimentkomponenten, z.B. Korngrößenverteilung, Gehalt an organischem Kohlenstoff, die Vitalität von Organismen beeinflussen (Ahlf et al., 2000). In einer Studie von Höss et al. (1999) an unbelasteten Sedimenten wurde ein Zusammenhang zwischen dem Wachstum des Nematoden *Caenorhabditis elegans* und der Korngrößenverteilung gefunden. In der Tendenz wurde ein besseres Wachstum in größerem Sediment festgestellt. Die Änderung der Korngrößenverteilung ist in der Regel aber auch verbunden mit einer qualitativen Änderung, da die Ton- und Organikanteile in einem Feinsediment

zunehmen. Die Tone Montmorillonit und besonders Kaolin hemmen die Entwicklung des Nematoden beträchtlich (Ahlf et. al., 2000). Die geochemischen Partikeleigenschaften sind offensichtlich eine nicht zu unterschätzende Einflussgröße auf die Testorganismen.

Die Wahl des richtigen Referenzsediments ist insbesondere für Tests mit Gesamtsediment wichtig und zugleich schwierig. Ein universelles Referenzsediment, mit dem alle geologischen Gegebenheiten in einem Untersuchungsgebiet abgedeckt werden können, ist i. d. R. nicht verfügbar.

5.1.2 Testverfahren

Algentest in Anlehnung an DIN 38412-33

Die Algen stehen stellvertretend für die Primärproduzenten im Gewässerökosystem. Als pflanzlicher Test ist der Algentest ein wichtiger Bestandteil der in diesem Bericht vorgestellten Testbatterie. Insbesondere für den Nachweis der Toxizität von Pflanzenschutzmitteln ist der Algentest geeignet. Im Rahmen des Vorhabens wurde der Test nach DIN 38412-33 mit *Desmodesmus subspicatus* für die Durchführung auf einer Mikroplatte mit 24 Vertiefungen miniaturisiert. Neben einer Reduzierung des Testvolumens von 100 ml auf 2 ml wurde der Gehalt an Natriumhydrogencarbonat von 300 mg/l auf 90 mg/l verringert. Durch die Verringerung des Gehalts an Hydrogencarbonat wurde die Empfindlichkeit für 3,5-Dichlorphenol gesteigert (Daten nicht gezeigt), wobei der reduzierte Natriumhydrogencarbonatgehalt nicht die Vermehrungsrate beeinträchtigte (Daten nicht gezeigt). Der miniaturisierte Algentest ist gut reproduzierbar und einfach handhabbar. Mit dem Test kann Porenwasser und Eluat untersucht werden. Bei Porenwasseruntersuchungen war der Algentest in vielen Fällen positiv. Aufgrund der nur begrenzt kontrollierbaren Bedingungen der Porenwasserherstellung waren Wirkungen im Algentest nicht immer eindeutig spezifischen Sedimentschadstoffen zuzuordnen. Ammoniak, Schwefelwasserstoff und/oder elementarer Schwefel könnten in diesen Fällen auf das Testergebnis eingewirkt haben. Die positiven Porenwasserbefunde sind durch weitere chemisch-physikalische Untersuchungen zu verifizieren.

Daphnientest DIN 38412-30

Aufgrund der Funktion der Daphnien im Gewässerökosystem als Konsumenten niederer Ordnung sollte der Daphnientest ein weiterer Bestandteil einer minimalen Testbatterie für die Sedimenttestung sein. Mit dem Verfahren kann Porenwasser und Eluat untersucht werden. Bei stark sauerstoffzehrenden Sedimentproben ist eine ausreichende Sauerstoffversorgung der Testorganismen zu gewährleisten. Für die Testung benötigt man im Vergleich zum Algen- oder Leuchtbakterientest relativ viel Probenwasser, was bei der Untersuchung von Porenwasser nicht immer zur Verfügung steht. Im Vergleich zum Algen- und Leuchtbakterientest wurden im Daphnientest bei der Porenwassertestung weniger positive Ergebnisse erhalten.

Leuchtbakterientest DIN EN ISO 11348-3

Der Leuchtbakterientest bildet die toxische Wirkung von Sedimentschadstoffen auf die Gruppe der Bakterien im Gewässer ab. Der Test ist als standardisierte Methode gut reproduzierbar und einfach zu handhaben und sollte daher ebenfalls Bestandteil einer minimalen Testbatterie für die Bewertung der

Sedimenteigenschaften sein. Mit dem Verfahren kann Porenwasser und Eluat getestet werden. Bei Porenwasseruntersuchungen war der Test in vielen Fällen positiv. Aufgrund der nur begrenzt kontrollierbaren Bedingungen der Porenwasserherstellung waren Wirkungen im Leuchtbakterientest nicht immer eindeutig spezifischen Sedimentschadstoffen zuzuordnen. In diesen Fällen könnten Ammoniak, Schwefelwasserstoff und/oder elementarer Schwefel das Testergebnis beeinflusst haben. Die positiven Befunde der Porenwasseruntersuchung sind durch weitere chemisch-physikalische Untersuchungen zu verifizieren.

Chironomidentest in Anlehnung an OECD-DRAFT-DOCUMENT (OECD, 1998)

Ein biologisches Testsystem für die Untersuchung von Gesamtsediment ist ein wichtiger Bestandteil einer Testbatterie zur direkten ökotoxikologischen Untersuchung von Gewässersedimenten. Das Gesamtsediment wurde in diesem Vorhaben mit dem Chironomidentest untersucht. *Chironomus* ist ein Vertreter der Wirbellosenfauna des Sedimentes. Der Test mit *Chironomus riparius* erwies sich in dem angewandten Test-Design als weniger sensitiv und auch als weniger gut reproduzierbar. Für eine Erhöhung der Aussagesicherheit sollten statt der in diesem Vorhaben eingesetzten 3 parallelen Batch-Ansätze mindestens 5 Parallelansätze verwendet werden. Mitunter kritisch ist die Sauerstoffversorgung der Testorganismen bei stark sauerstoffzehrendem Sedimentmaterial. Auch in den Ansätzen mit Kontrollsedimenten wurde nicht immer ein zufrieden stellender Schlupferfolg erzielt. Aufgrund der hohen Variabilität des Verfahrens wurde erst ab einer Hemmung des Schlupferfolgs von mehr als 50 % Hemmung eine Sedimentprobe als toxisch bewertet. Beim Chironomidentest ist noch Entwicklungsbedarf vorhanden, um die Variabilität zu verringern bzw. die Reproduzierbarkeit zu verbessern.

Als Alternative zum Chironomidentest ist der Bakterienkontakttest DIN 38412-48 als Test für Gesamtsediment in Betracht zu ziehen. In einem anderen Vorhaben an der LfU (2003), bei dem die ökotoxikologische Charakterisierung von Abfall im Vordergrund stand, erwies sich der Bakterienkontakttest als sensitiv und gut reproduzierbar. Beim Ersatz des Chironomidentests durch den Bakterienkontakttest würde für die Untersuchung von Gesamtsediment in der Testbatterie ein Vertreter der Wirbellosenfauna fehlen.

Comet Assay (Singh et al., 1988)

Der Comet Assay als eukaryotisches Verfahren zum Nachweis von Gentoxizität ist im Umweltmonitoring eine etablierte Methode. Mit dem Verfahren kann Porenwasser und Eluat von Sedimentproben untersucht werden. Wenn die noch bestehenden methodischen Schwierigkeiten ausgeräumt sind und die Reproduzierbarkeit verbessert ist, ist der Comet Assay als eukaryotisches Verfahren für gentoxikologische Untersuchungen an Porenwasser und Eluat ein geeignetes Instrumentarium.

In wenigen Proben zeigte der Comet Assay eine gentoxische Wirkung an, die - mit Ausnahme der Tiefenproben aus Weisweil im Tiefenhorizont ab 5 m – durch den *umu*-Test nicht bestätigt wurde. In der Regel waren diese positiven Proben schwach gentoxisch. Nur die Probenahmestellen Vogelgrün (Rhein, km 223,7, LfU-Nr. 42) und Nonnenweiher (Schutterkanal, LfU-Nr. 103) stellten sich als beson-

ders gentoxisch heraus. Zur Überprüfung der positiven Befunde des Comet Assays sind an diesen Untersuchungsstellen weitere Untersuchungen hinsichtlich gentoxischer Wirkungen erforderlich.

umu-Test DIN 38415-3

Der *umu*-Test ist ein prokaryotisches Testsystem zum Nachweis von Gentoxizität. Das Verfahren ist einfach in der Anwendung und sehr gut reproduzierbar. Mit dem *umu*-Test kann Porenwasser und Eluat untersucht werden. Die Proben waren im *umu*-Test i. d. R. negativ. Nur in einigen kontaminierten Tiefensedimenten wurde mit dem Verfahren Gentoxizität nachgewiesen. Der *umu*-Test sollte fester Bestandteil der Testbatterie sein.

hER-Screen (Routledge & Sumpter, 1996)

Der hER-Screen ist eine weitgehend standardisierte Methode. Der Test ist einfach durchführbar und für Routineuntersuchungen geeignet. Bislang können mit dem vorliegenden Testprotokoll Porenwasser, Eluat oder Gesamtsediment nicht direkt untersucht werden. Es müssen ethanolsche Extrakte aus den Sedimentproben hergestellt werden, sodass die Ergebnisse nicht direkt vergleichbar sind mit anderen Biotestuntersuchungen. Mit methodischen Anpassungen sollte es möglich sein auch Porenwasser und Eluat direkt zu untersuchen.

Östrogene Wirkung wurde in keiner der untersuchten Proben festgestellt. Es ist zu vermuten, dass östrogen wirksame Substanzen aufgrund ihrer mehr polaren Eigenschaften eher in der Wasserphase zu finden sind als im Sediment.

5.1.3 Klassifizierung und Bewertung

Die Bewertung der Sedimentproben erfordert für eine umfassende Aussage über die Sedimentbeschaffenheit eine Mindestanzahl an Testverfahren (minimale Testbatterie). Aufgrund der Vielzahl der chemischen und biologischen Daten ist es daher empfehlenswert, die Daten durch ein Klassifizierungssystem zu verdichten. In diesem Vorhaben wurden die chemischen Daten zunächst nach dem System der ARGE ELBE (1996) klassifiziert und anhand des Parameters mit der schlechtesten Güteklasse der entsprechenden CHEM-Klasse zugeordnet. Die CHEM-Klasse bewertet die chemische Beschaffenheit der Probe. Die Zuordnung der Probe in eine bestimmte CHEM-Klasse ermöglicht keine Aussage über die Bioverfügbarkeit der Sedimentschadstoffe im Gewässer.

Die biologischen Ergebnisse aus den Toxizitätstests wurden zunächst anhand der ermittelten EC₁₀- bzw. EC₂₀-Werte klassifiziert. Dabei wurden die Ergebnisse der Porenwasser- und Eluatuntersuchungen als gleichrangig betrachtet. Das Testverfahren, das die höchste Probentoxizität anzeigte, bestimmte die Einstufung in die BIO-Klasse. Positive Befunde im Chironomidentest, im Comet Assay sowie im hER-Screen führten zur Abwertung um eine BIO-Klasse.

Aus Gründen der Vorsorge wurden jeweils die Biotestergebnisse mit der höchsten Toxizität und die chemischen Parameter mit der schlechtesten Güteklasse für die Einstufung in die BIO-Klasse bzw. CHEM-Klasse herangezogen.

5.2 Biologische und chemische Beschaffenheit von Fließgewässersedimenten

5.2.1 Rhein

5.2.1.1 Oberflächensediment

Fließstrecke Baden-Württemberg

Wesentliches Merkmal der chemischen Belastung der Oberflächensedimente des Rheins im Bereich der Fließstrecke Baden-Württemberg ist der überwiegend deutlich erhöhte Gehalt an Hexachlorbenzol sowie an einigen Beprobungsstellen die erhöhte Belastung mit PCB. Die Einstufung der Oberflächensedimente des Rheins in die höheren BIO-Klassen erfolgte aufgrund der Porenwasseruntersuchungen mit dem Algen- und Leuchtbakterientest. Im Gegensatz dazu zeigte der Daphnientest überwiegend keine bzw. nur geringe toxische Wirkungen an. Die Sedimentprobe Vogelgrün (km 223,700, LfU-Nr. 42) war im Comet Assay gentoxisch. Bei den übrigen Proben war keine Gentoxizität nachweisbar. Der Chironomidentest war ebenso wie der hER-Screen bei allen Proben negativ.

In der Regel wurde bei den Eluatuntersuchungen keine Toxizität, Gentoxizität bzw. bei den Extraktuntersuchungen keine Östrogenität festgestellt. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei Umlagerung bzw. Aufwirbelung des Sediments aufgrund der eintretenden Verdünnung in der Wasserphase die toxischen Wirkungen vermutlich nicht mehr zum Tragen kommen.

Polder Altenheim

Nach einer Flutung des Polders wurden die auf der Polderfläche abgelagerten Sedimente beprobt. Die Proben zeichneten sich durch einen geringen Wassergehalt aus. Porenwasseruntersuchungen waren daher bei den Polder-Proben nicht möglich. Die Proben waren in Bezug auf Schadstoffbelastung und biologischer Wirkung unauffällig. Die für Rheinsedimente typischerweise erhöhten Gehalte an Hexachlorbenzol waren nicht nachweisbar, lediglich die PCB-Gehalte waren erhöht. Die im Rhein transportierten Schwebstoffe sind gering belastet und bedeuten als Sediment keine Gefährdung für den Lebensraum Polder Altenheim.

5.2.1.2 Oberflächen- und Tiefensediment

Fließstrecke Baden-Württemberg

In den untersuchten Oberflächen- und Tiefensedimenten wurde mit Ausnahme der Probenahmestellen am Oberrhein Reckingen (km 89,150) und Riburg/Schwörstadt (km 141,450) ein erhöhter Gehalt an Hexachlorbenzol festgestellt, wobei ein Unterschied in der Hexachlorbenzolbelastung von Oberflächen- und Tiefensedimentproben nicht erkennbar war. Allerdings wiesen die Tiefensedimente gegenüber den Oberflächensedimenten erhöhte Gehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen auf, die jedoch noch unter den Orientierungswerten der LAGA (Ewers et al., 1994) lagen. Bei den biologischen Untersuchungen zeigte sich ein ähnliches Ergebnis. Zwischen Oberflächen- und Tiefensediment war kein Unterschied bei der Einstufung in die BIO-Klasse erkennbar. Aufgrund der Ergebnisse aus den Porenwasseruntersuchungen im Algen- und Leuchtbakterientest wurden die Sedimente

überwiegend in die BIO-Klasse III eingeteilt. Im Gegensatz dazu zeigte der Daphnientest überwiegend keine bzw. nur geringe toxische Wirkungen an.

Die nicht feststellbaren chemischen und biologischen Unterschiede zwischen Oberflächen- und Tiefensedimenten des Rheins sind vermutlich auf die hohe Fließgeschwindigkeit zurückzuführen. Das hohe Abflussgeschehen bedingt zum einen eine geringere Sedimentationsrate und zum anderen eine hohe Dynamik im Umlagerungsgeschehen der Sedimente.

5.2.1.3 Tiefensediment

Stauhaltung Weisweil

Die Tiefensedimente aus der Staustufe Weisweil sind charakterisiert durch erhöhte Hexachlorbenzol-konzentrationen. Mit zunehmender Tiefe (ab 257 cm) nimmt der Gehalt an Hexachlorbenzol ab und die Konzentration an PCB zu. Die HCB- und PCB-Gehalte bedingen eine Einstufung in die CHEM-Klasse IV.

Aufgrund des geringen Wassergehalts des Probenmaterials wurden nur Eluate (1Teil Sediment : 2 Teile Wasser) untersucht. Die BIO-Klasse erhöhte sich mit zunehmender Tiefe. Oberflächennahes Sediment (0-50 cm) wurde in die BIO-Klasse II eingestuft. Ab 50 cm Tiefe erfolgte die Einstufung in BIO-Klasse III und ab 335 cm in die BIO-Klasse IV, letztere Einstufung auch aufgrund von auftretender Gentoxizität. Bemerkenswert ist, dass die Proben trotz Verdünnung bei der Eluatherstellung in den biologischen Verfahren deutliche toxische und gentoxische Wirkungen anzeigten. Ein weiterer Hinweis für die hohe Toxizität ist die hemmende Wirkung der einzelnen Kernabschnitte im Chironomidentest.

5.2.2 Neckar

5.2.2.1 Oberflächensediment

Fließstrecke Baden-Württemberg

In den Oberflächensedimenten des Neckars dominierte i. d. R. die Schwermetall- und PCB-Belastung, was überwiegend zur Einstufung in die CHEM-Klasse II-III und höher führte. An einigen Probenahmestellen war die Belastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen erhöht.

Die Einstufung der Oberflächensedimente des Neckars in die höheren BIO-Klassen erfolgte aufgrund der Porenwasseruntersuchungen mit dem Algen- und Leuchtbakterientest. Im Gegensatz dazu zeigte der Daphnientest überwiegend keine bzw. nur geringe toxische Wirkungen an. Mit dem Comet Assay wurde vereinzelt Gentoxizität festgestellt.

In der Regel wurde bei den Eluatuntersuchungen keine bzw. geringe Toxizität festgestellt. Diese Ergebnisse zeigen, dass aufgrund der eintretenden Verdünnung in der Wasserphase bei Umlagerung bzw. Aufwirbelung des Sediments die toxischen Wirkungen vermutlich nicht mehr nachweisbar sind.

Stauhaltung Lauffen

Die im Rahmen des Vorhabens im Laufe eines Jahres mehrfach wiederholte Untersuchung an der Probenahmestelle Lauffen zeigte ebenfalls z. T. erhöhte PCB- und PAK-Gehalte. Eine jahreszeitliche

Schwankung in den Schadstoffgehalten wurde nicht nachgewiesen. Die Einstufung der Oberflächen-sedimente aus der Stauhaltung Lauffen in die höheren BIO-Klassen erfolgte aufgrund der Porenwasseruntersuchungen mit dem Algen- und Leuchtbakterientest. Im Gegensatz dazu zeigte der Daphnientest überwiegend keine bzw. nur geringe toxische Wirkungen an. Gentoxizität wurde zweimal im Porenwasser festgestellt. Weder eine östrogene noch eine chironomidentoxische Wirkung war in dem untersuchten Probenmaterial nachweisbar. Ein jahreszeitlicher Einfluss auf die Biotestergebnisse war nicht zu beobachten.

Flachwasserzone Eberbach

Die getesteten Sedimenteluat waren mit Ausnahme der Probe Eberbach_1 (LfU-Nr. 152; geringe toxische Wirkung im Daphnientest) nicht toxisch. Eine erbgutverändernde Wirkung wurde weder im Eluat noch im Porenwasser der Proben festgestellt. Im Chironomidentest wurde keine Schlupfhemmung nachgewiesen. Während beim Algen – bzw. Leuchtbakterientest die Eluatproben nicht toxisch wirkten, traten in den Porenwasseruntersuchungen insbesondere beim Algentest deutliche toxische Wirkungen auf. Die chemische Belastungssituation in diesem Bereich ist typisch für den Neckar und weist keine Besonderheiten auf. Für die ökotoxikologischen Befunde in der Flachwasserzone kann kein Bezug zur chemischen Belastungssituation der Sedimente hergestellt werden. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse liefern keine Hinweise auf eine akute toxische Gefährdung der aquatischen Lebensgemeinschaft in der Flachwasserzone. Die von der Universität Heidelberg vorgenommene Einschätzung der Gefährdungssituation in der Flachwasserzone anhand von ökotoxikologischen Wirkungstests mit zum Teil sehr spezifischen Endpunkten, kann nach derzeitigem Kenntnisstand nicht bestätigt werden. Für das festgestellte Fehlen von Makrozoobenthosarten bzw. von Fischen in der Flachwasserzone dürften dort die äußerst ungünstigen Substratverhältnisse (mit Ausnahme des Einlaufs überwiegend tonig-schluffige Feinsedimente) bzw. die ständigen Aufwirbelungen von Feinsedimenten durch die Neckarschifffahrt (mit zeitweise außerordentlich hohen Schwebstoffgehalten) ursächlich sein.

5.2.2.2 Oberflächen- und Tiefensediment

Fließstrecke Baden-Württemberg

Die an den gleichen Probenahmestellen entnommenen Oberflächen- und Tiefensedimente zeigten deutliche Unterschiede in den BaP- und PAK-Gehalten. Die Gehalte lagen im Gegensatz zu den Rheinsedimenten i. d. R. deutlich über den Orientierungswerten. Besonders die Tiefensedimente bei Schwabenheim zeigten hohe PAK-Gehalte von bis zu 20,1 mg/kg.

Mit Ausnahme der Stelle Lauffen hatten die Tiefensedimente bzw. die daraus gewonnenen Eluate und Porenwässer gegenüber den Oberflächensedimenten eine zum Teil deutliche toxische Wirkung. Ein weiterer Hinweis für die hohe Toxizität der Tiefensedimente ist bei 50 % der Proben die hemmende Wirkung im Chironomidentest. Die festgestellten chemischen und biologischen Unterschiede zwischen Oberflächen- und Tiefensedimenten des Neckars sind auf seine geringe Fließgeschwindigkeit zurückzuführen. Das geringe Abflussgeschehen bedingt eine erhöhte Sedimentationsrate und insbesondere eine geringe Umlagerung der Sedimentschichten.

Die Tiefensedimente des Neckars sind entstehungsgeschichtlich älter. Sie stammen aus einer Zeit in der die Umweltbelastung mit Schadstoffen deutlich höher war als heutzutage. Demgegenüber sind die Oberflächensedimente jünger. Die Gehalte an Schwermetallen in den neu abgelagerten oberen Sedimentschichten des gestauten Neckars sind zurückgegangen und gelten als mäßig belastet (Pinter, 2002). Die oberen Sedimente unterliegen einer höheren Umlagerungsrate als die tieferen Schichten. Dabei kommt es durch Vermischung mit unbelasteten Sedimenten bzw. Schwebstoffen zu einer Verdünnung des kontaminierten Materials. Zudem findet in den Oberflächensedimenten im Gegensatz zu den Tiefensedimenten ein stärkerer Stoffaustausch mit dem Wasserkörper statt. Daher ist i. d. R. in den oberflächennahen Sedimenten mit einer geringeren Schadstoffbelastung zu rechnen als in tieferen Sedimentschichten. Bei einigen Porenwässern von Oberflächensedimenten wurden im Algen- und Leuchtbakterientest ebenfalls deutliche toxische Wirkungen nachgewiesen. Die z. T. mit toxischen Substanzen erheblich belasteten Tiefensedimente können bei einem Hochwasserereignis mobilisiert bzw. in oberflächennahe Bereiche umgelagert werden. Unter diesen Bedingungen können die Schadstoffe für den Lebensraum Gewässer wieder bioverfügbar werden.

5.2.3 Leimbach, Körsch und Schutterkanal

5.2.3.1 Oberflächensediment

Im Flussgebiet des Leimbachs wurde bis in die 50er Jahre des letzten Jahrhunderts Erzbergbau betrieben. Erhöhte Belastungen des Bodens mit Schwermetallen (Blei, Zink, Cadmium, Arsen und Thallium) (Hildebrandt, 1997) sind nachgewiesen. Die Körsch ist ein v. a. durch Landwirtschaft, Kleinindustrie und Kläranlagenabwässern komplex belastetes Gewässer. Der Schutterkanal weist einen hohen Abwasseranteil und eine hohe Nitratbelastung auf (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 2000).

Die kleinen Fließgewässer zeigten unterschiedliche chemische Belastungsmuster, die Oberflächensedimente vom Leimbach und vom Schutterkanal waren überwiegend mit Schwermetallen belastet, das Sediment der Körsch zeigte erhöhte PCB-Konzentrationen. Aufgrund der Porenwasserergebnisse wurden die Sedimentproben aus den Nebengewässern der BIO-Klasse III und IV zugeordnet.

5.2.4 Elbe

5.2.4.1 Oberflächensediment

Alte Elbe

Die Oberflächensedimente der Alten Elbe bei Klieken haben v. a. erhöhte Schwermetall-, PCB-, HCB- und PAK-Gehalte. Toxikologisch waren die untersuchten Proben sowohl im Porenwasser als auch im Eluat unauffällig. An dieser Beprobungsstelle fehlen direkte anthropogene Einflüsse. In der Umgebung wird Weidewirtschaft betrieben. Dieser Untersuchungsabschnitt repräsentiert die diffuse Belastungssituation an der mittleren Elbe. Der Altarm ist ständig mit dem Hauptstrom verbunden, wodurch ein regelmäßiger Stoffaustausch stattfindet (Tippmann & Heininger, 2001).

Magdeburg (Fahlberg-List GmbH)

Die Elbesedimente unterhalb des ehemaligen Chemiestandorts Fahlberg-List sind mit anorganischen und organischen Schadstoffen hoch belastet. Die Biotestergebnisse zeigen überwiegend sowohl in den Eluaten als auch im Porenwasser Toxizität an. Auf dem seit einigen Jahren stillgelegten vormals industriell genutzten Gelände wurden über viele Jahre hinweg Agrochemikalien (u. a. Düngemittel und Schädlingsbekämpfungsmittel), Schwefelsäure und Pharmazeutika hergestellt.

5.2.5 Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße)

5.2.5.1 Oberflächensediment

Die Gehalte an PCB, AOX und Tributylzinn sind in den untersuchten Oberflächensedimenten des Eldenburger Kanals (Müritz-Elde-Wasserstraße) erhöht, bedingt durch diffuse kommunale und schiff-fahrtsbedingte Einträge. Im Algen-, Daphnien- und Leuchtbakterientest wurde überwiegend keine bis geringe Toxizität festgestellt.

5.2.6 Spree

5.2.6.1 Oberflächensediment

Die Probenahmestelle Freienbrink liegt in einem Landschaftsschutzgebiet mit geringem anthropogenem Einfluss. Dementsprechend waren die Spreesedimente chemisch gering belastet und toxikologisch, mit Ausnahme eines einmaligen positiven Befunds im Comet Assay, unauffällig.

5.3 Remobilisierung von Sedimentschadstoffen

Tiefere Sedimentschichten, wie beispielsweise die des Neckars (Regierungspräsidium Stuttgart, 1993), können aufgrund von jahrelangen Einleitungen aus der Industrie mit Schwermetallen besonders stark belastet sein. Schwermetalle sind in der Regel zu über 90 % an die partikuläre Phase der Schwebstoffe und Sedimente gebunden (Calmano et al., 1992). Art und Stabilität der chemischen Bindung sind wesentliche Faktoren für die potentielle Mobilität und Bioverfügbarkeit der Schwermetalle. Wichtigste Einflussgrößen für die Mobilisierung sind die physikalisch-chemischen und biochemischen Bedingungen im Gewässer bzw. im Sediment. Bei der Freisetzung von Schwermetallen aus Sediment sind in erster Linie Änderungen des pH-Wertes und Redoxveränderungen ursächlich.

In den anaeroben Tiefensedimenten liegen die Schwermetalle sulfidisch oder carbonatisch gebunden vor. Unter anoxischen Bedingungen sind die Metallbindungen, insbesondere die sulfidischen, sehr stabil. Durch Aufwirbelung und Reoxidation gelangen die Metalle in einen meist leichter löslichen und damit in einen besser bioverfügbaren Zustand. Dadurch kann die Metallkonzentration in der Wasserphase erheblich ansteigen (Lu & Chen, 1977, Förstner & Wittmann, 1979, 1981). Ein weiterer, die Mobilität von sedimentgebundenen Schwermetallen beeinflussender Faktor, ist neben den Redoxbedingungen der pH-Wert (Calmano et al., 1992, Gräbe & Frimmel, 1996, Jennett et al., 1980). Je nach geologischem Ursprung haben die Sedimente unterschiedlich hohe Carbonatanteile und dadurch ein unterschiedlich starkes Pufferungsvermögen. Je niedriger der pH-Wert, umso höher ist die Metallkonzentration in der wässrigen Phase. Das Ausmaß der Remobilisierung bei entsprechendem pH-Wert ist

weitgehend unabhängig von Herkunft und Zusammensetzung des Sediments. Es wird maßgeblich von der Chemie der einzelnen Metallspezies bestimmt (Gräbe & Frimmel, 1996). Weiterhin stellten Gräbe und Frimmel (1996) fest, dass bei sauren pH-Werten nach 7 Tagen die maximale Mobilisierung der Metalle erreicht wird („Worst Case“-Szenario).

Nach Untersuchungen von Gräbe (1998) enthalten Sedimentpartikel mit einer Korngröße von $<8 \mu\text{m}$ bis zu 30 % der gesamten Metallbelastung. Damit stellen diese langsam sedimentierenden Partikel ein großes Schadstoffpotenzial dar, da sie lange in Kontakt mit der sauerstoffreichen Wasserphase verbleiben und so genügend Zeit für die Reoxidation der Partikel besteht. Die Remobilisierung von Schwermetallen kann die Folge sein (Gräbe, 1998).

Neben Redoxbedingungen und pH-Wert können sedimentgebundene Metalle auch durch komplexbildende Substanzen mobilisiert werden (Stein & Wagner, 1984, Dehnad & Radeke, 1993, Lorenz 1997). Lorenz (1997) zeigte an ruhenden Gewässersedimenten bei aerober und anaerober Wasserphase die remobilisierende Wirkung der Komplexbildner EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid) und NTA (Nitriolotriacetic acid). Die remobilisierende Wirkung der beiden Komplexbildner hängt allerdings stark von den vorherrschenden Milieubedingungen ab. Unter anaeroben, sulfatreduzierenden Bedingungen werden auch in Anwesenheit von EDTA bzw. NTA keine Schwermetalle remobilisiert. Bei aerober Wasserphase erfolgt bei ungestörten ruhenden Sedimenten durch den sich ausbildenden tiefenabhängigen Redoxgradienten eine komplexbildnerbedingte Remobilisierung nur aus der obersten oxidischen Sedimentschicht. Aus dem unterhalb dieser dünnen Grenzschicht befindlichen Sediment wird auch bei Anwesenheit der Komplexbildner keines der untersuchten Metalle freigesetzt. Die vorherrschenden sulfidischen Bedingungen bewirken eine starke Bindung an das Sediment. Durch Aufwirbelung (z. B. durch Hochwasser, Baggerarbeiten, Sedimentumlagerungen) in die aerobe Wasserphase werden die Sedimente reoxidiert und die Metalle durch die Komplexbildner mobilisiert.

Die Bindungsart der Schwermetalle spielt bei Remobilisierungsvorgängen eine erhebliche Rolle. Unter üblichen Chelatbildnerkonzentrationen und pH-Werten ist eine Remobilisierung von Schwermetallen aus geogenen Bestandteilen der Mineralien oder anderen schwerlöslichen Kristallen nicht zu erwarten. Dagegen sind an organischen Sedimentbestandteilen wie Huminstoffen sowie an Schichtsilikaten adsorptiv gebundene anthropogene Schwermetalle relativ mobil und stellen damit eine potentielle Kontaminationsquelle dar (Dehnad & Förstner, 1988).

5.4 Alterung von Schadstoffwirkungen

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Alterung von Sedimentschadstoffen zeigen, dass eine Lagerung von Sedimentproben unter den gegebenen Bedingungen im Vergleich zu frisch getestetem Material die Interpretation bezüglich der Anwesenheit/Abwesenheit von Toxizität verändern kann. Diese Schlussfolgerung ist von Bedeutung für die Beurteilung von Langzeitstudien an gelagerten Sedimentproben. Daher ist es vorzuziehen, die Proben so schnell wie möglich nach Entnahme aus dem Gewässer zu testen. Bis zur Testung sind die Proben bei $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ im Dunkeln zu lagern. Können die Proben

nicht innerhalb von maximal 14 Tagen untersucht werden, so sind sie durch gefrieren (-20 °C) zu konservieren.

Gegenüber den Ergebnissen dieser Studie kamen DeFoe und Ankley (1998) in ihren Untersuchungen zum Einfluss der Lagerungsdauer auf die Toxizität von Frischwassersedimenten auf die benthischen Makroinvertebraten *Hyalella azteca* und *Chironomus tentans* zu einem anderen Ergebnis. Die Autoren sahen bezüglich der Toxizität des Probenmaterials bei Lagerung über einen moderaten Zeitraum keine wesentliche Änderung. Die beobachtete Variabilität wurde von ihnen der natürlichen Schwankungsbreite zugerechnet.

5.5 Weitere Untersuchungen und zusätzlicher Forschungsbedarf

Anhand der vorliegenden chemischen Daten war zu den i. d. R. im Porenwasser festgestellten toxischen Wirkungen im Algen- und Leuchtbakterientest bzw. gentoxischen Wirkungen im Comet Assay nicht immer ein stofflicher Bezug erkennbar. Daher sollte im Anschluß zu diesem Vorhaben den Ursachen dieser z. T. starken biologischen Wirkungen an wenigen ausgewählten Beprobungsstellen nachgegangen werden. Parallel zu den biologischen Verfahren ist eine entsprechend erweiterte physikalisch-chemische Begleitanalytik (z. B. Schwermetalle, Schwefel, Ammoniak, Schwefelwasserstoff) durchzuführen. Durch diese nachgeschaltete Untersuchungsebene sollen die toxischen und gentoxischen Wirkungen verifiziert und die Ursachen hierfür ermittelt werden.

5.6 Handlungsempfehlung

5.6.1 Allgemeine Hinweise

Mit der in diesem Vorhaben dargestellten Vorgehensweise liegt eine Handlungsempfehlung vor, die unter Berücksichtigung spezifischer Wirkpfade und Trophieebenen die ökotoxikologische Prüfung von Gewässersedimenten ermöglicht. Mit der biologischen Testbatterie können toxische, gentoxische und endokrine Wirkungen des Sediments erfasst werden. Hierzu wurden die Methoden erprobt und weiterentwickelt und die Bedingungen für die Probenlagerung, die Probenvorbereitung und die Testung der Proben festgelegt. Eine abgestufte Gesamtdarstellung in BIO- und CHEM-Klassen vereinfacht die Einteilung der Sedimente in Gefährdungsklassen bzw. in Sedimentqualitätsklassen. Für die Untersuchung von Eluat und Porenwasser stehen mit dem Daphnientest, Leuchtbakterientest, Algentest und *umu*-Test genormte und validierte Methoden zur Verfügung. Der Comet Assay zeigte methodische Probleme, die vor einem routinemäßigen Einsatz behoben sein sollten. Der Chironomidentest erwies sich als weniger empfindlich und zeigte eine hohe Variabilität bzw. keine ausreichende Reproduzierbarkeit. Bei diesem Test besteht noch Entwicklungsbedarf. Für die Untersuchung von nativem Sediment sind der Bakterienkontakttest DIN 38412-48 mit *Arthrobacter globiformis*, sowie der Nematodentest (Traunsburger et al., 1997, Höss et al., 1999) auf ihre Einsatzmöglichkeit in einer erweiterten Testbatterie zu prüfen.

Die biologischen Daten zeigen im Gegensatz zu den chemischen Messgrößen die Wirkung der bioverfügbaren Schadstoffe an. Daher müssen die möglichen Einflüsse auf die Bioverfügbarkeit, die bei der

Probenahme oder Probenvorbereitung auftreten können, verstärkt in Betracht gezogen werden. Bei der Sedimentbewertung ist zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse zunächst nur für die Probenahmestelle und nicht für den gesamten Gewässerabschnitt gelten. Bei wiederholten rasterartigen Beprobungen ist die Aussagekraft für einen Gewässerabschnitt besser abgesichert.

5.6.2 Empfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Gewässersedimenten

Auf der Grundlage der in diesem Vorhaben durchgeführten Untersuchungen und den dabei erzielten Ergebnissen wird für die ökotoxikologische Charakterisierung von Gewässersedimenten eine Handlungsempfehlung vorgeschlagen, bestehend aus den folgenden Elementen (modifiziert nach Henschel et al. 2001):

- Stufenverfahren
- Schutzgutübergreifender Ansatz
- Bewertung von Exposition und Wirkung
- Berücksichtigung unterschiedlicher Expositionspfade
- Vorgaben zur Untersuchungsdurchführung
- Pfadspezifische Vorgaben zu ökotoxikologischen Testbatterien
- Bewertung der Ergebnisse unter Einbeziehung von Referenzstandorten bzw. künstlichem Referenzmaterial

Stufenverfahren

➤ **Stufe 1 – ohne Beprobung**

Erhebung und Auswertung von historischem Datenmaterial. Neben Daten aus chemischen Monitoringprogrammen sollten – sofern verfügbar – auch Daten aus biologischen Untersuchungen (Makrozoobenthos, Ökotoxizität) herangezogen werden.

➤ **Stufe 2 – mit Beprobung**

Erhebung der Basisdaten, chemische Analytik und wirkungsbezogene Untersuchungen mit Biotests hinsichtlich Toxizität, Gentoxizität und Östrogenität für die unterschiedlichen Expositionspfade sowie Bewertung der Ergebnisse.

➤ **Stufe 3 (optional)**

Bei nicht eindeutigen Ergebnissen können zusätzliche Untersuchungen in einer optionalen 3. Stufe mit spezifischen Endpunkten wie z. B. Untersuchungen zu Makrozoobenthos, Untersuchung der chronischen Toxizität mit biologischen Verfahren, Einsatz von Biotests mit spezifischen Endpunkten (z. B. dioxinähnliche Wirkung, Hollert & Braunbeck, 2001, Hollert et al., 2001), Bioassay-dirigierte Fraktionierung zur stofflichen Eingrenzung der toxischen Wirkung (Brack et al. 1999, Hollert & Braunbeck, 2001) und einer erweiterten chemischen Analytik zur abschließenden Bewertung durchgeführt werden.

Praktische Durchführung

➤ Auswertung des verfügbaren Datenmaterials

Anhand des verfügbaren Datenmaterials können Hinweise über die Art und den Umfang von Sedimentkontaminationen und damit über die Notwendigkeit der ökotoxikologischen Untersuchungen entnommen werden. Diese Daten bilden eine Grundlage für die Beprobungskampagne.

➤ Planung der Beprobungskampagne

In der Planungsphase werden Probenahmestelle, Beprobungsraster, Probenart, Vorgehensweise bei der Beprobung sowie die durchzuführenden Untersuchungen festgelegt.

➤ Probenahme

Die Oberflächensedimente - oberflächennah bis ca. 15 cm Tiefe - werden mit einem van Veen-Greifer und die Tiefensedimente mit einem Kernbohrer entnommen. Mehrere an einem Standort gezogene Proben werden bei Bedarf homogenisiert, grobe Bestandteile entfernt und in ein Sammelgefäß aus Polypropylen abgefüllt.

➤ Lagerungsdauer

Die Sedimentproben werden innerhalb von 14 Tagen aufgearbeitet. In dieser Zeit werden sie bei 4 °C im Dunkeln aufbewahrt. Ist die Probenaufbereitung innerhalb dieser Frist nicht möglich, werden sie bei -20 °C im Dunkeln dauerhaft gelagert.

➤ Physikalisch-chemische Messgrößen

Die physikalisch-chemischen Messgrößen werden mit standardisierten Verfahren bestimmt. Die Basisuntersuchung zur physikalisch-chemischen Charakterisierung umfasst die Bestimmung von Korngröße, Trockenrückstand, pH-Wert, Redoxspannung, Leitfähigkeit, Glühverlust, TC, TIC, TOC, NH_4^+ , H_2S , S, P_{gesamt} , N_{gesamt} , AOX, und MKW.

Die analytische Erfassung von Schadstoffparametern erfolgt an gefriergetrockneten Sedimentproben definierter Korngröße. In der <20 µm-Fraktion werden Schwermetalle (Cd, Cu, Pb, Ni, Cr, Zn, Hg, Fe, As), Al und zinnorganische Verbindungen (Monobutyl-, Dibutyl-, Tributyl-, Tetrabutyl-, Monoctyl-, Dioctyl-, Tricyclohexyl-, Triphenylzinn) bestimmt. In der <2 mm-Fraktion werden chlorierte Insektizide (Pentachlor-, Hexachlorbenzol, Pentachloranisol, Quintozen, α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH, Heptachlor, cis-Heptachlorepoxyd, trans-Heptachlorepoxyd, Aldrin, Isodrin, Octachlorstyrol, α -Endosulfan, p,p'-DDT, o,p-DDT, p,p'-DDE, o,p-DDE, p,p'-DDD, o,p-DDD), Polychlorierte Biphenyle (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 170, PCB 180, PCB 194) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benz[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Benzo[a]pyren, Dibenz[a,h]anthracen, Benzo[g,h,i]perylen, Indeno[1,2,3-c,d]pyren) bestimmt. Optional wird bei bekannter Kontamination bzw. bei spezifischen Fragestellungen das Spektrum an chemischen Parametern (z. B. Xenobiotika, Arzneimittel) entsprechend erweitert.

➤ Testphasen

Zur Abbildung der Expositionspfade für Gewässerorganismen wird Gesamtsediment, Porenwasser und wässriges Eluat untersucht.

Das Porenwasser wird durch Zentrifugation von jeweils 100 g (Nassgewicht) Gesamtsediment mit 11000 g bei 20 °C über 20 min und anschließender Filtration (0,45 µm) abgetrennt. Am Porenwasser werden der pH-Wert, die Leitfähigkeit und die Redoxspannung gemessen. Die Bestimmung von Ammonium und Schwefelwasserstoff wird empfohlen. Das Porenwasser wird bis zur Testung, jedoch nicht länger als 24 Stunden bei 4 °C im Dunkeln (Carr & Nipper, 2001, NFESC, 2003a) gelagert. Es sollte vor der Testdurchführung mindestens 1 Stunde belüftet werden.

Zur Herstellung von Eluat wird 1 Teil Sediment (≅ 50 g Trockengewicht) und 4 Teile Aqua deion. in einer 1 l Glasflasche suspendiert und bei Raumtemperatur mit einem Überkopfschüttler für 24 h mit 10 Upm rotiert. Feinpartikel werden durch Zentrifugation mit 11000 g bei 20 °C über 20 min und zusätzlich durch Filtration (0,45 µm) abgetrennt. Am Eluat werden der pH-Wert, die Leitfähigkeit und die Redoxspannung bestimmt. Die Messung von Ammonium und Schwefelwasserstoff wird empfohlen. Das Eluat wird bis zur Testung, jedoch nicht länger als 14 Tage bei 4 °C im Dunkeln gelagert. Es sollte vor der Testdurchführung mindestens 1 Stunde belüftet werden.

Der ethanolische Extrakt für die Untersuchung auf hormonelle Wirkung wird von der gefriergetrockneten Sedimentprobe (Sieb-Fraktion <2 mm, 200 mg gefriergetrocknetes Sediment/ml Ethanol, Überkopfschüttler 20 Upm, 2 h bei Raumtemperatur) hergestellt. Der ethanolische Extrakt wird bis zur Testung, jedoch nicht länger als 14 Tage bei 4 °C im Dunkeln gelagert.

Am Gesamtsediment werden die physikalisch-chemischen Messgrößen bestimmt. Bei der Untersuchung von Gesamtsediment ist während der Testdurchführung auf eine ausreichende Sauerstoffversorgung der Testorganismen zu achten. Sauerstoffmangel im Testansatz führt z. B. beim Chironomidentest zu einem falsch-positiven Ergebnis.

➤ Referenzsediment

Insbesondere für die Untersuchungen mit Gesamtsediment muss ein nicht kontaminiertes Referenzsediment in die Testung mit einbezogen werden, um die geochemisch und geophysikalisch bedingten Wirkungen des Sedimentmaterials auf die in direktem Kontakt mit den Probenmaterial stehenden Testorganismen von der schadstoffbedingten Wirkung unterscheiden zu können.

Das Referenzsediment soll ähnliche Eigenschaften (Geologie, Korngröße, Wassergehalt, Eh, pH, Salinität des interstitiellen Wassers, organischer Kohlenstoff) aufweisen, jedoch nicht kontaminiert sein. Als Kontrollsediment kann ein natürliches oder ein künstliches Sediment mit bekannter Zusammensetzung fungieren, das in den Testverfahren nicht toxisch reagiert. Natürliches Referenzsediment sollte aus einem geologisch ähnlichen Gebiet wie das Testsediment kommen.

➤ Ökotoxikologische Testverfahren

Die Testverfahren werden so gewählt, dass mit Organismen aus den verschiedenen Stufen der Nahrungspyramide (Trophieebenen) wie Pflanzen (Produzenten), Bakterien (Destruenten) und Tiere (Konsumenten) das Gefährdungspotenzial eines Sedimentes hinsichtlich giftiger (toxischer), erbgutverändernder (gentoxischer) und hormonartiger (östrogener) Wirkungen erfasst wird. Weitere Kriterien sind der Wirkungspfad sowie die Praktikabilität des Verfahrens.

Testverfahren zur Erfassung der Wirkungen im Porenwasser, Eluat und Extrakt:

Toxizität

Zur Erfassung der toxischen Wirkungen in der wässrigen Phase wird Porenwasser und Eluat untersucht. Pro Probe sind mindestens drei Biotests (empfohlen: Algentest DIN 38412-33, Daphnientest DIN 38412-30 und Leuchtbakterientest EN ISO 11348-3), die unterschiedliche Trophieebenen repräsentieren, einzusetzen.

Gentoxizität

Zur Erfassung der gentoxischen Wirkungen in der wässrigen Phase wird Porenwasser und Eluat untersucht. Pro Probe sind mindestens zwei Biotests (empfohlen: *umu*-Test DIN 38415-3, und eingeschränkt empfohlen: Comet Assay mit der RTG2-Zelllinie), die pro- und eukaryotischen Organisationsformen repräsentieren, einzusetzen. Nach DIN bzw. ISO genormte eukaryotische Gentoxizitätstests sind gegenwärtig nicht verfügbar.

Östrogenität

Östrogenität kann als optionaler Parameter der Sedimentbeschaffenheit bestimmt werden. Für die Routine-Untersuchung wird ein Hefezelltest empfohlen. Bislang können Porenwasser, Eluat oder Gesamtsediment mit dem vorliegenden Testprotokoll für den hER-Screen (Routledge & Sumpter, 1996) nicht direkt untersucht werden. Es müssen ethanolsche Extrakte aus den Sedimentproben hergestellt werden. Untersuchungen an Sedimentextrakten haben nur eine geringe Aussagekraft in Bezug auf die Bioverfügbarkeit von östrogenartig wirkenden Substanzen im Gewässer. Der Hefezelltest sollte für die direkte Untersuchung von Porenwasser und Eluat methodisch angepasst werden.

Testverfahren zur Erfassung der Wirkungen im Gesamtsediment:

Toxizität

Pro Probe ist mindestens ein Biotest im Batch-Verfahren durchzuführen. Der in diesem Vorhaben eingesetzte Chironomidentest kann aufgrund der hohen Variabilität nur eingeschränkt empfohlen werden. Für Untersuchungen am Gesamtsediment könnten alternativ der Nematodentest (Traunsburger et al., 1997, Höss et al., 1999) bzw. der Bakterienkontakttest (DIN 38412-48) in Betracht gezogen werden. Allerdings wurden diese Verfahren in diesem Vorhaben nicht eingesetzt, sodass keine Test-erfahrung mit Sediment vorliegt.

Gentoxizität, Östrogenität

Verfahren für die Routine-Testung von Gesamtsediment hinsichtlich Gentoxizität und Östrogenität sind nicht verfügbar.

➤ Toxizität von Ammonium und Schwefelwasserstoff

Toxische Effekte durch Ammonium und Schwefelwasserstoff sind insbesondere bei Untersuchungen des Porenwassers nicht auszuschließen (NFESC 2003a, 2003b). Die Ammonium- bzw. Schwefelwasserstofftoxizität kann im ungünstigen Fall die Wirkung anderer Sedimentschadstoffe überlagern. Vorsorglich ist daher das Testgut vor der Testdurchführung ausreichend (mindestens 1 Stunde) zu belüften, um Ammonium und/oder Schwefelwasserstoff weitgehend zu eliminieren.

➤ Toxicity Identification Evaluation (TIE)

Bei unklarer Ursache der Sedimenttoxizität sollte versucht werden, die toxische Komponente über ein sequentielles Verfahren, Toxicity Identifikation Evaluation (NFESC 2003a, 2003b), zu identifizieren. Mit dem TIE-Verfahren kann die toxische Wirkung von Schwermetallen, organischen Verbindungen (einschließlich Pestizide und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe) und/oder von Ammonium und Sulfiden unterschieden werden.

➤ Bewertung

Die chemischen Untersuchungsergebnisse werden nach dem System der ARGE ELBE (1996) klassifiziert. Das System ist noch um die Gruppe der polyzyklischen aromatischen Verbindungen zu erweitern. Die so klassifizierten Ergebnisse sind die Grundlage für die abschließende Einstufung der Sedimentprobe in die entsprechende CHEM-Klasse. Die CHEM-Klasse wird von dem Parameter mit der schlechtesten Güteklasse bestimmt.

Zur Bewertung der biologischen Untersuchungsergebnisse werden in einem ersten Schritt die Ergebnisse der Toxizitätstests anhand der ermittelten EC-Werte klassifiziert. Die klassifizierten Ergebnisse sind die Grundlage für die Einteilung in BIO-Klassen zur biologischen Bewertung der Sedimentprobe. Die Einstufung in die BIO-Klasse erfordert eine Mindestanzahl an Testverfahren (minimale Testbatterie). Die Ergebnisse der Eluat- und Porenwasseruntersuchungen werden als gleichrangig betrachtet, und das Ergebnis des Testsystems mit dem schlechtesten Befund, d. h. das mit der stärksten Toxizität, wird zur Einstufung der Probe in die BIO-Klasse herangezogen. Zusätzliche festgestellte Wirkungen wie z. B. Gentoxizität oder Östrogenität führen zur Abwertung um eine BIO-Klasse.

6 Literatur

Ahlf, W. (1995): Ökotoxikologische Sedimentbewertung – Sedimenttoxizität, Biotest, Testkombination. UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 7:84-91.

Ahlf, W.; Gratzner, H.; Heise, S.; Tiemann, J. (2000): Gemeinsame Wirkung von geochemischen und toxischen Komponenten in Sedimenten. In: Weigert, B.; Steinberg, C.; Brüggemann, R. (Hrsg.): Schriftenreihe Wasserforschung Bd. 6: Chemische Stressfaktoren in aquatischen Systemen. Wasserforschung e.V., 1998, Berlin, S. 71-78.

Allchin, C. R.; Law, R. J.; Morris, S. (1999): Polybromated diphenylethers in sediments and biota downstream of potential sources in the UK. Environ. Pollut. 105:197-207.

ARGE ELBE Arbeitsgemeinschaft für die Rheinerhaltung der Elbe (1996): Umgang mit belastetem Baggergut an der Elbe – Zustand und Empfehlungen.

Balch, G. C.; Metcalfe, C. D.; Huestis, S. Y. (1995): Identification of potential fish carcinogens in sediment from Hamilton Harbour, Ontario, Canada. Environ. Toxicol. Chem. 14:79-91.

Borgmann, U.; Neron, R.; Norwood, W. P. (2001): Quantification of bioavailable nickel in sediments and toxic thresholds to *Hyalella azteca*. Environ. Pollut. 111:189-198.

Bott, T. L.; Standley, L. J. (2000): Transfer of benzo[a]pyrene and 2,2',5,5'-tetrachlorobiphenyl from bacteria and algae to sediment-associated freshwater invertebrates. Environ. Sci. Technol. 34:4936-4942.

Brack, W.; Altenburger, R.; Ensenbach, U.; Möder, M.; Segner, H.; Schürmann, G. (1999): Bioassay-directed identification of organic toxicants in river sediments in the industrial region of Bitterfeld (Germany) – A contribution to hazard assessment. Arch. Environ. Cont. Toxicol. 37:164-174.

Bremle, G.; Larsson, P. (1998): PCB concentration in fish in a river system after remediation of contaminated sediment. Environ. Sci. Technol. 32:3491-3495.

Brunström, B.; Broman, D.; Dencker, L.; Näf, C.; Vejlsens, E.; Zebühr, Y. (1992): Extracts from settling particulate matter collected in the Stockholm archipelago waters: Embryo lethality, immunotoxicity and EROD-inducing potency of fractions containing aliphatics/monoaromatics, diaromatics or polyaromatics. Environ. Toxicol. Chem. 11:1441-1449.

Burgess, R. M.; McKinney, R. A. (1999): Importance of interstitial, overlaying water and whole sediment exposures to bioaccumulation by marine bivalves. Environ. Pollut. 104:373-382.

Burton, G. A. (1991): Assessing the toxicity of freshwater sediments. *Environ. Toxicol. Chem.* 10:1585-1627.

Burton, G. A. (1992): Sediment collection and processing: Factors affecting realism. In: Burton, G. A. (ed.): *Sediment Toxicity Assessment*, Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo, 1992, p. 37-66.

Calmano, W.; Hong, J.; Förstner, U. (1992): Einfluß von pH-Wert und Redoxpotential auf die Bindung und Mobilisierung von Schwermetallen in kontaminierten Sedimenten. *Vom Wasser* 78:245-257.

Calmano, W. (1996): Notwendigkeit einer ökotoxikologischen Beurteilung von Sedimenten – Positionspapier des Fachausschusses „Gewässersedimente“ der Fachgruppe Wasserchemie in der GdCh. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 24:101-103.

Canfield, T. J.; Kemble, N. E.; Brumbaugh, W. G.; Dwyer, F. J.; Ingersoll, C. G.; Fairchild J. F. (1994): Use of the benthic invertebrate community structure and the sediment quality triad to evaluate metal-contaminated sediment in the upper Clark Fork River, Montana. *Environ. Toxicol. Chem.* 13:1999-2012.

Carr, R. S.; Nipper, M. (eds.) (2001): Summary of the SETAC Workshop on “Porewater Toxicity Testing: Biological, Chemical, and Ecological Considerations with a Review of Methods and Applications, and Recommendations for Future Areas of Research,” held 18–22 March 2000, in Pensacola, Florida, USA. <http://www.setac.org/files/Porewatersumm.pdf>

DeFoe, D. L.; Ankley, G. T. (1998): Influence of storage time on toxicity of freshwater sediments to benthic macroinvertebrates. *Environ. Pollut.* 99:123-131.

Dehnad, F.; Förstner U. (1988): Einfluß ausgewählter organischer Inhaltsstoffe auf Bindung und Mobilisierung von Schwermetallen an Gewässersedimenten. BMFT-Bericht, Technische Universität Hamburg-Harburg.

Dehnad, F.; Radeke, K.-H. (1993): Beschreibung der Desorption von Zink aus Flußsedimenten mittels Freundlich- und Langmuir-Isotheremen. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 21:221-225.

DIN 38412-30/03.1989: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser und Schlammuntersuchung - Testverfahren mit Wasserorganismen (Gruppe L) - Teil 30: Bestimmung der nicht akut giftigen Wirkung von Abwasser gegenüber Daphnien über Verdünnungsstufen (L 30).

DIN 38412-33/03.1991: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Testverfahren mit Wasserorganismen (Gruppe L) - Teil 33: Bestimmung der nicht giftigen Wirkung von Abwasser gegenüber Grünalgen (Scenedesmus-Chlorophyll-Fluoreszenztest) über Verdünnungsstufen (L33).

DIN 38412-48/09.2002: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Testverfahren mit Wasserorganismen (Gruppe L) - Teil 48: *Arthrobacter globiformis*-Kontakttest für kontaminierte Feststoffe (L 48).

DIN 38415-3/12.1996: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Suborganismische Testverfahren (Gruppe T) - Teil 3: Bestimmung des erbgutverändernden Potentials von Wasser- und Abwasserinhaltsstoffen mit dem *umu*-Test (T3).

DIN EN ISO 11384-3/04.1999: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Wasserbeschaffenheit - Bestimmung der Hemmwirkung von Wasserproben auf die Lichtemission von *Vibrio fischeri* (Leuchtbakterientest), Teil 3: Verfahren mit gefriergetrockneten Bakterien.

Ewers, U.; Viereck, L.; Herget, J. (1994): Bestandsaufnahme der vorliegenden Richtwerte zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen und synoptische Darstellung der diesen Werten zugrundeliegenden Ableitungskriterien und -modelle. Bericht im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz (im Rahmen der LAGA-ALA-Prüfwerte), Berlin.

Ewers, U.; Viereck-Götte, L. (1994): Ableitung und Begründung länderübergreifender nutzungs- und schutzgutbezogener Prüfwerte zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen. Altlasten Spektrum 4/94, 222-230.

Förstner, U.; Wittmann, G. T. W. (1979): Metal pollution in the aquatic environment. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, NewYork, 489 S.

Fretwurst, S.; Gratzner, H. (1999): Erarbeitung von Kriterien zur Ableitung von Qualitätszielen für Sedimente und Schwebstoffe. UBA-Texte 41/99, 168 S.

Gräbe, G.; Frimmel, F. H. (1996): Reaktion von Sedimenten unterschiedlicher Herkunft unter oxidierenden Bedingungen in Abhängigkeit vom pH-Wert. Acta Hydrochim. Hydrobiol. 24:161-167.

Gräbe, G. (1998): Mobilisierung von Metallen bei der Suspendierung von kontaminierten Sedimenten in der Wasserphase. Acta Hydrochim. Hydrobiol. 26:201.

Henschel, T.; Ahlf, W.; Calmano, W.; Krebs, F.; Maaß, V. (2001): Teil III Gefährdungsabschätzung von Gewässersedimenten – Handlungsempfehlungen und Bewertungsvorschläge. In: Calmano, W. (Hrsg.): Untersuchung und Bewertung von Sedimenten – Ökotoxikologische und chemische Testmethoden, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2001, S. 463-544.

Hildebrandt, L. H. (1997): Archäologische Funde aus Alt-Wiesloch, Baiertal und Nußloch und deren Einbindung in die mittelalterliche Ortsgeschichte. In: Hildebrandt, L. H. (Hrsg.): Archäologie und Wüstungsforschung im Kraichgau, Verlag Regionalkultur, Ubstadt-Weiher, 1997, S. 237-240.

Höss, S.; Haitzer, M.; Traunspurger, W.; Steinberg, C.E.W. (1999): Growth and fertility of *Caenorhabditis elegans* (Nematoda) in unpolluted freshwater sediments: Response to particle size distribution and organic content. *Environ. Toxicol. Chem.* 18: 2921-2925.

Hollert, H.; Braunbeck, T. (2001): Identifizierung und Bewertung (öko)toxikologisch belasteter Gewässer in Baden-Württemberg – Abschlussbericht – Projekt BWPLUS Förderkennzeichen PAÖ Ö 97004. <http://bwplus.fzk.de/berichte/SBer/OE97004SBer.pdf>

Hollert, H.; Dürr, M.; Olsman, H.; Halldin, K.; van Bavel, B.; Brack, W.; Tysklind, M.; Engwall, M.; Braunbeck, T. (2001): Biological and chemical determination of dioxin-like compounds in sediments by means of a sediment triad approach in the catchment area of the Neckar River. *Ecotoxicology* 11:323-336.

Jennett, J. C.; Effler, S. W.; Wilson, B. G. (1980): Mobilization and toxicological aspects of sedimentary contaminants. In: Baker, R. A. (ed.): Contaminants and sediments. Vol. 1, Ann Arbor Science, Michigan, 1980, pp. 429-444.

Kannan, K.; Kawano, M.; Kashima, Y.; Matsui, M.; Giesy, J. P. (1999): Extractable organohalogenes (EOX) in sediment and biota collected at an estuarine marsh near a former chloralkali facility. *Environ. Sci. Technol.* 33:1004-1008.

Klärschlammverordnung (AbfKlärV) (1992): Vom 15. April 1992 (BGBl. I S. 912) zuletzt geändert am 25. April 2002 (BGBl. I. S. 1492).

Krebs, F. (2000): Ökotoxikologische Bewertung von Baggergut aus Bundeswasserstraßen mit Hilfe der pT-Wert-Methode. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 44:301-307.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (1997): Jahresdatenkatalog. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (2000): Jahresdatenkatalog. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (2000): Gütebericht 2000 - Entwicklung der Fließgewässerbeschaffenheit in Baden-Württemberg – chemisch – physikalisch - biologisch. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 51 S.

<http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt4/fliessgewaesser/gzustand/gueber2000.pdf>

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (2003): Ökotoxikologische Charakterisierung von Abfall – Verfahrensentwicklung für die Festlegung des Gefährlichkeitskriteriums „Ökotoxisch“ (H14). Abschlußbericht. Veröffentlichung in Vorbereitung. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

Lorenz, J. (1997): Remobilisierung von Schwermetallen aus ruhenden Gewässersedimenten durch EDTA und NTA bei aerober und anaerober Wasserphase. Dissertation, Fakultät Chemie, Universität Karlsruhe. Forschungszentrum Karlsruhe, Technik und Umwelt, Wissenschaftliche Berichte FZKA 5977.

Lu, J. C. S.; Chen, K. Y. (1977): Migration of trace metals in interfaces of seawater and polluted surficial sediments. Environ. Sci. Technol. 11:174-182.

McLachlan, M. S.; Haynes, D.; Müller, J. F. (2001): PCDDs in the water/sediment-seagrass-dugong (Dugong dugon) food chain on the Great Barrier Reef (Australia). Environ. Pollut. 113:129-134.

Ministerium für Umwelt und Verkehr und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2000): Umweltdaten 2000. Ministerium für Umwelt und Verkehr, Stuttgart, und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

<http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt2/umweltdaten2000/>

Ministry of Land, Water and Air Protection of British Columbia (2002): Criteria for Contaminated Sites – Criteria for Managing Contaminated Sediment in British Columbia. Draft Criteria P3 version.

P. O. Box 9342 Stn. Prov. Govt., Victoria, British Columbia, V8W 9M1.

http://wlapwww.gov.bc.ca/epd/epdpa/contam_sites/draft_documents/cmcsed%20p3version-7v9-4.pdf

Moisey, J.; Fisk, A. T.; Hobson, K. A.; Norstrom, R. J. (2001): Hexachlorocyclohexane (HCH) isomers and chiral signatures of α -HCH in the Arctic marine food web of the Northwater Polynya. Environ. Sci. Technol. 35:1920-1927.

NFESC (2003a): Guide for planning and conducting sediment pore water Toxicity Identification Evaluations (TIE) to determine causes of acute toxicity at navy aquatic sites. User's Guide UG-2052-ENV. http://enviro.nfesc.navy.mil/erb/erb_a/restoration/fcs_area/con_sed/ug-2052-tie.pdf

NFESC (2003b): Using sediment toxicity identification evaluations to improve the development of remedial goals for aquatic habitats. Special Publication SP-2132-ENV. Naval Facilities Engineering Service Center. http://enviro.nfesc.navy.mil/erb/erb_a/restoration/fcs_area/con_sed/sp-2132-tie.pdf

OECD Document 9872 (1998): OECD guidelines for the testing of chemicals. Proposal for a new guideline. Chironomid toxicity test using spiked water. <http://www.oecd.org/dataoecd/40/3/2739721.pdf>

Pardos, M.; Benninghoff, C.; Thomas R. L.; Khim-Heang S. (1999): Confirmation of elemental sulphur toxicity in the Microtox® assay during organic extracts assessment of freshwater sediments. Environ. Toxicol. Chem. 18:188-193.

Pinter, I. (2002): Gütezustand und Güteprobleme im Neckareinzugsgebiet. IKONE-Kongreß 2002, 09.04.02, Tübingen.

<http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt4/fliessgewaesser/themen/tagungsmappe-ikone-kongress.pdf>

Regierungspräsidium Stuttgart (1993): Altsedimente in den Stauhaltungen des Neckars - Bericht des Regierungspräsidiums Stuttgart. Regierungspräsidium Stuttgart Abteilung V - Wasserwirtschaft, Stuttgart.

Routledge, E. J.; Sumpter, J. P. (1996): Estrogenic activity of surfactants and some of their degradation products assessed using a recombinant yeast screen. Environ. Toxicol. Chem. 15:241-248.

Simpson, S. L.; Apte, S. C.; Batley, G. E. (2000): Effect of short-term resuspension events on the oxidation of cadmium, lead and zinc sulfide phases in anoxic estuarine sediments. Environ. Sci. Technol. 34:4533-4537.

Singh, N. P.; McCoy, M. T.; Tice R. R.; Schneider, E. L. (1988): A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. Exp. Cell. Res. 175:184-191.

Stein, M.; Wagner, R. (1984): Der Einfluß von NTA auf die Metallrücklösung aus Gewässersedimenten. Z. Wasser- Abwasser-Forsch. 17:252-262.

Thibodeaux, L. J. (2003): The bioturbation driven chemical release process. Environ. Sci. Technol. 37:253A-258A.

Tippmann, P.; Heininger, P. (2001): Wirkungsbezogene Sedimentuntersuchungen zur Ableitung von Qualitätsmerkmalen und Handlungsempfehlungen, Teilprojekt 2 Charakterisierung der Hemmung mikrobieller Stoffwechselaktivitäten in Sedimenten. Abschlussbericht des BMBF-Forschungsvorhabens, Förderkennzeichen 02 WU 9880/0, Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-Bericht Nr. 1331, Koblenz, Berlin.

Traunspurger, W.; Heitzer, M.; Höss, S.; Beier, S.; Ahlf, W. Steinberg, C. (1997): Ecotoxicological assessment of aquatic sediments with *Caenorhabditis elegans* (Nematoda): a method for testing liquid medium and whole-sediment samples. *Environ. Toxicol. Chem.* 16:245-250.

Vetter, W.; Maruya, K. P. (2000): Congener and enantioselective analysis of toxaphene in sediment and food web of a contaminated estuarine wetland. *Environ. Sci. Technol.* 34:1627-1635.

Wang, F.; Chapman, P.M. (1999): The biological implications of sulfide in sediment: A review focusing on sediment toxicity. *Environ. Toxicol. Chem.* 18:2526-2532.

Zimmerer, M.; Ahlf, W. (1994): Erarbeitung von Kriterien zur Ableitung von Qualitätszielen für Sedimente und Schwebstoffe – Literaturstudie -. Umweltbundesamt-Texte 69/94, Berlin, 309 S.

7 Veröffentlichungsliste

Deventer, K.; Zipperle, J. (1999): Wirkungsbezogene Sedimentuntersuchungen an den Hauptgewässern Baden-Württembergs - Projektvorstellung. Poster. International Symposium "Sediment Assessment in European River Basins", 20.-22.04.1999, Berlin.

Deventer, K.; Zipperle, J. (1999): Wirkungsbezogene Sedimentuntersuchungen an den Hauptgewässern Baden-Württembergs - Projektvorstellung. Poster. DVWK-Fachtagung „Sedimente und Schadstoffe in Gewässern“, 27.-28.09.1999, Stuttgart.

Zipperle, J.; Deventer, K. (2000): Gentoxikologische Untersuchungsmethoden als modernes Instrumentarium der biologischen Umweltüberwachung. In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.), Jahresbericht 1998/1999 - 25 Jahre LfU, S. 51-54, ISSN 1439-6270 (Bd. 23, 2000), Karlsruhe.

Deventer K.; Zipperle, J. (2000): Bewertung der Sedimentqualität der Hauptfließgewässer Baden-Württembergs. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.), Mitteilungen Nr. 22, S. 151-153, ISSN 1431-2409, Koblenz.

Deventer, K.; Zipperle, J. (2000): Sedimente - das Gedächtnis unserer Gewässer. In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.), Journal Umweltforschung. S. 36-37, Karlsruhe.
<http://www.umweltforschung.baden-wuerttemberg.de>

Zipperle, J.; Deventer, K. (2000): Entwicklung und Erprobung einer Strategie zur Beurteilung der Sedimentbeschaffenheit auf der Basis von Wirktests. Vortrag. Workshop "Wirkungsbezogene Sedimentuntersuchungen zur Ableitung von Qualitätsmerkmalen und Handlungsempfehlungen, 08.11.2000, Berlin.

Zipperle, J.; Deventer, K. (2000): Entwicklung und Erprobung einer Strategie zur Beurteilung der Sedimentbeschaffenheit auf der Basis von Wirktests. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.), Veranstaltungen 5/2000, Koblenz.

Zipperle, J.; Deventer, K. (2000): Bewertung der Schadstoffbelastung von Gewässersedimenten anhand von biologischen Testverfahren. Poster. Symposium "Zwischen Verharmlosung und Dramatisierung - Kommunikation über Umweltrisiken", 30.11.2000, Stuttgart.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2000). Pressemitteilung 29.12.2000. Wirkungsbezogene Sedimentuntersuchungen zur Ableitung von Qualitätsmerkmalen und Handlungsempfehlungen. Karlsruhe.

Zipperle, J.; Deventer, K. (2001): Bewertung der Schadstoffbelastung von Gewässersedimenten anhand biologischer Testverfahren. Vortrag. Kolloquien im Institut für Seenforschung Langenargen, 16.03.01, Langenargen.

Zipperle, J.; Deventer, K. (2001): Ergebnisse Teilprojekt „Entwicklung und Erprobung einer Strategie zur Beurteilung der Sedimentbeschaffenheit auf der Basis von Wirktests“. Vortrag. Arbeitsgespräch zur Bewertung von Gewässersedimenten mit biologischen Verfahren. 13.11.2001, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Berlin.

Zipperle, J.; Deventer, K. (2001). Bewertungskonzept mit Biotestverfahren und sedimentbürtigen Mikroorganismen. Vortrag. Arbeitsgespräch zur Bewertung von Gewässersedimenten mit biologischen Verfahren. 13.11.2001, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Berlin.

Zipperle, J.; Deventer, K. (2002): Wirkungsbezogene Sedimentuntersuchungen in den großen Flüssen Baden-Württembergs. In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.), Jahresbericht 2000/2001, S. 26-28, ISSN 1439-6270 (Bd. 24, 2002), Karlsruhe.

http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/k-stelle/jahresbericht2001/lfu_jahresbericht.pdf

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (2003): Umweltdaten 2003. In Vorbereitung.

Anhang A - Biologische Charakterisierung

Messwerte:	Mittlerer Wert aus i. d. R. mindestens zwei Untersuchungen
n. b.:	nicht bestimmt
%Hemmung:	Wirkung des im Testansatz größtmöglichen Probenanteils
G-Wert:	Verdünnungsstufe, bei der keine toxische Wirkung mehr nachgewiesen wird
EC:	Effective Concentration - die EC ist die Konzentration, bei der ein bestimmter Prozentsatz der Testorganismen innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums den untersuchten Effekt aufweisen
EC _{10/20} :	Prozentualer Probenanteil, bei der keine toxische Wirkung (10% bzw. 20%ige Wirkschwelle) mehr nachgewiesen wird
>100:	EC wird mit 100% Probenanteil im Test nicht erreicht
EL:	Eluat
PW:	Porenwasser
GS:	Gesamtsediment
-S9:	ohne metabolische Aktivierung
+S9:	mit metabolischer Aktivierung
EX:	Ethanolischer Extrakt
OS:	Oberflächensediment
TS:	Tiefensediment

Tabelle A1: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg).

km		89,150	141,450	155,000	163,000	174,000	174,000	173,750	223,700	234,300	234,300
Ort		Reckingen	Riburg/ Schwör- stadt	Augst	Birsfelden	Märkt	Märkt	Märkt	Vogelgrün	Burkheim	Burkheim
Rechtswert		3451226	3414235	3403506	3397263	3392846	3392847	3392927	3394726	3394335	3394193
Hochwert		5270401	5272555	5267817	5270027	5276590	5276581	5276395	5320239	5330305	5330319
Datum		10.10.01	11.10.01	21.07.99	28.10.99	22.07.99	13.04.99	15.08.01	20.07.99	14.08.01	19.07.99
LfU-Nr.		148	150	47	28	48	S4	144	42	146	43
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim										
Algentest _{EL}	%Hemmung	1,9	15,1	-1	-16,2	13,6	12,2	-31,7	-33,1	-18,4	-12,6
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	83,4	84,4	69,3	80,6	100	85,0	100,0	97,7	99,5	90,0
Algentest _{PW}	G-Wert	3	4	3	3	7	6	9	40	8	10
Algentest _{PW}	EC ₂₀	36,9	26,7	45,3	36,0	18,8	19,1	12,4	3,2	16,8	13,8
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	0,0	0,0	0,0	10,0	15,0	0,0	0,0	100,0	100,0	0,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	62,8	76,5	>100
Leuchtbakterien- test _{EL}	%Hemmung	-5,9	0,9	0,6	5,6	3,9	-2,4	-3,9	16,1	7,5	4,7
Leuchtbakterien- test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien- test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien- test _{PW}	%Hemmung	24,2	25,4	23,5	42,1	45,4	64,1	31,6	79,9	45,6	32,8
Leuchtbakterien- test _{PW}	G-Wert	4	4	3	16	16	32	4	64	16	8
Leuchtbakterien- test _{PW}	EC ₂₀	47,5	35,8	27,7	8,5	11,3	4,4	37,1	1,5	13,1	12,9
Chironomiden- test _{GS}	%Schlupf- erfolg	74,0	74,6	68,0	90,6	96,0	53,3	73,3	76,0	68,0	88,0
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	n. b.	n. b.	nein	n. b.	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	n. b.	n. b.	nein	nein	nein	nein	n. b.	nein	n. b.	nein

Tabelle A1: Biologische Charakterisierung von Oberflächensedimenten aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

Km		249,000	256,000	268,000	283,000	283,400	283,400	297,300	308,000	328,350	333,000
Ort		Weisweil	Rhinau	Gerstheim	Straßburg	Straßburg	Straßburg	Kehl	Gambshheim	Fort Louis	Iffezheim
Rechtswert		3400068	3401876	3406086	3409304	3409640	3409649	3413142	3419641	3431650	3434235
Hochwert		5343043	5349317	5358905	5373368	5373595	5373602	5385893	5393698	5406660	5410023
Datum		02.11.98	19.07.99	19.07.99	14.04.99	09.05.01	19.07.99	16.07.99	16.07.99	08.09.01	08.09.01
LfU-Nr.		25	44	45	S3	134	46	51	50	136	138
Art		OS	OS	OS							
Parameter	Dim										
Algentest _{EL}	%Hemmung	-24,6	-8,3	-8,4	5,8	-32,2	-8,3	15,9	-15,5	-9,9	8,8
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	87,8	-8,0	70,6	0,0	85,3	87,3	100,0	100,0	51,2	73,0
Algentest _{PW}	G-Wert	6	1,25	2,5	1,25	23	6	8	30	4	20
Algentest _{PW}	EC ₂₀	23,1	>100	54,7	>100	10,8	13,1	14,0	6,0	50,2	28,9
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	10,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	23,33
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	20
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	4,5	0,6	4,8	-2,6	2,5	7,2	-2,7	1,4	4,6	-2,6
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	25,3	8,4	32,8	6,8	55,5	25,7	21,5	46,6	17,1	57,8
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	4	2	8	2	16	4	3	32	2	32
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	34,2	>100	22,1	>100	9,9	34,8	38,3	4,5	>100	9,5
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupf-erfolg	67,6	73,3	69,3	50,7	82,0	85,3	85,3	93,3	66,7	70,4
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	n. b.	nein	nein	nein						
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	nein	nein	nein							
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein							
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein							
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	nein	nein	nein	nein	n. b.	nein	nein	nein	n. b.	n. b.

Tabelle A1: Biologische Charakterisierung von Oberflächensedimenten aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		333,500	333,500	359,900	362,500	384,400	399,400	416,950	422,300	426,500	443,200
Ort		Iffezheim	Iffezheim	Karlsruhe	Karlsruhe	Germersheim	Speyer	Altrip	Bellenkrappen	Mannheim	Worms
Rechtswert		3434222	3434703	3450115	3449403	3455136	3460520	3462645	3460987	3459959	3455327
Hochwert		5410505	5410479	5431171	5433807	5454204	5464027	5478535	5480892	5484655	5499358
Datum		15.04.99	15.07.99	15.07.99	05.11.99	18.04.00	18.04.00	12.06.01	13.07.99	13.07.99	12.06.01
LfU-Nr.		S5	54	52	98	111	112	142	55	53	140
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim										
Algentest _{EL}	%Hemmung	8,3	-27,3	-18,1	-22,6	5,6	-0,6	4,0	-35,7	-24,6	-1,4
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	85,7	98,6	100,0	100,0	74,1	97,7	93,4	100,0	98,4	91,6
Algentest _{PW}	G-Wert	21	13	10	24	5	4	35	30	20	70
Algentest _{PW}	EC ₂₀	6,1	5,6	11,6	5,8	25,2	27,2	8,0	6,2	6,2	5,9
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	0,0	0,0	0,0	n. b.	n. b.	0,0	0,0	0,0	0,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	1	1	1	n. b.	n. b.	1	1	1	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	n. b.	n. b.	>100	>100	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	0,0	10,0	0,0	0,0	n. b.	n. b.	0,0	0,0	0,0	33,3
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	1	1	1	n. b.	n. b.	1	1	1	5
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	n. b.	n. b.	>100	>100	>100	36,5
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	-2,5	0,0	-0,5	-8,7	-8,8	-8,2	21,1	-1,5	-2,4	-5,7
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	45,2	32,2	52,5	39	16,0	32,1	45,4	18,4	59,5	47,2
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	16	4	32	8	2	12	8	2	32	8
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	9,5	20,4	4,5	23,5	>100	13,1	14,0	>100	8,9	20,4
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupferfolg	53,3	77,3	78,7	54,7	74,7	65,3	70,7	73,3	82,7	73,3
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein	nein	nein	n. b.	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	nein	nein	nein	n. b.	nein	nein	n. b.	nein	nein	n. b.

Tabelle A2: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Polder Altenheim).

km		280.000	280.000	280.000	280.000
Ort		Polder Altenheim	Polder Altenheim	Polder Altenheim	Polder Altenheim
Rechtswert		3409380	3409380	3409380	3409380
Hochwert		5370617	5370617	5370617	5370617
Datum		12.03.99	12.03.99	12.03.99	12.03.99
LFU-Nr.		1	2	3	4
Art		OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim			
Algentest _{EL}	%Hemmung	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Algentest _{EL}	G-Wert	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Algentest _{EL}	EC20	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Algentest _{PW}	%Hemmung	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Algentest _{PW}	G-Wert	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Algentest _{PW}	EC20	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	0,0	0,0	0,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	1	1	1
Daphnientest _{EL}	EC10	>100	>100	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daphnientest _{PW}	G-Wert	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daphnientest _{PW}	EC10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	8,8	9,5	0,3	-0,3
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC20	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC20	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupf-erfolg	52,0	64,0	64,0	72,0
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein	nein	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	n. b./n. b.	n. b./n. b.	n. b./n. b.	n. b./n. b.
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	nein	nein	nein	nein

Tabelle A3: Biologische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg).

km		89,150	89,150	141,450	141,450	173,750	173,750	234,300	234,300	283,400	283,400
Ort		Reckingen	Reckingen	Riburg/ Schwör- stadt	Riburg/ Schwör- stadt	Märkt	Märkt	Burkheim	Burkheim	Straßburg	Straßburg
Rechtswert		3451226	3451226	3414235	3414235	3392927	3392927	3394335	3394335	3409640	3409640
Hochwert		5270401	5270401	5272555	5272555	5276395	5276395	5330305	5330305	5373595	5373595
Datum		10.10.01	10.10.01	11.10.01	11.10.01	15.08.01	15.08.01	14.08.01	14.08.01	09.05.01	09.05.01
LfU-Nr.		148	149	150	151	144	145	146	147	134	135
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter	Dim										
Algentest _{EL}	%Hemmung	1,9	49,7	15,1	36,6	-31,7	11,6	-18,4	-22,1	-32,2	-5,1
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	3	1,25	4,1	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	39,6	>100	14,4	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	83,4	19,4	84,4	74,0	100,0	83,8	99,5	87,1	85,3	33,6
Algentest _{PW}	G-Wert	3	1,6	4	24	9	4,5	8	28	23	1,25
Algentest _{PW}	EC ₂₀	36,9	62,3	26,7	10,1	12,4	26,7	16,8	6,5	10,8	>100
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	1	1	5	1	2	2	1	1	10
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	>100	>100	33,9	>100	62,8	76,5	>100	>100	10,0
Leuchtbakterien- test _{EL}	%Hemmung	-5,9	-10,4	0,9	-0,9	-3,9	4,9	7,5	-0,3	2,5	-2,5
Leuchtbakterien- test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien- test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien- test _{PW}	%Hemmung	24,2	6,1	25,4	19,2	31,6	13,9	45,6	17,3	55,5	9,5
Leuchtbakterien- test _{PW}	G-Wert	4	2	4	2	4	2	16	2	16	2
Leuchtbakterien- test _{PW}	EC ₂₀	47,5	>100	35,8	>100	37,1	>100	13,1	33,6	9,9	>100
Chironomiden- test _{GS}	%Schlupf- erfolg	74,0	72,7	74,7	81,4	73,3	74,7	68,0	66,7	82,0	52,7
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	nein	ja	nein	nein	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	n. b.	nein	nein
umu-Test _{EL-S9+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle A3: Biologische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		328,350	328,350	333,000	333,000	416,950	416,950	443,200	443,200
Ort		Fort Louis	Fort Louis	Iffezheim	Iffezheim	Altrip	Altrip	Worms	Worms
Rechtswert		3431650	3431650	3434235	3434235	3462645	3462645	3455327	3455327
Hochwert		5406660	5406660	5410023	5410023	5478535	5478535	5499358	5499358
Datum		08.05.01	08.05.01	08.05.01	08.05.01	21.06.01	21.06.01	21.06.01	21.06.01
LfU-Nr.		136	137	138	139	142	143	140	141
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter	Dim								
Algentest _{EL}	%Hemmung	-9,9	7,4	8,8	21,6	4,0	25,1	-1,4	8,7
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	1,25	1,6	1,25	1,25	1,25	1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	74,0	>100	>100	>100	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	51,2	4,6	73,0	48,3	93,4	80,1	91,6	56,8
Algentest _{PW}	G-Wert	4	1,25	20	2,1	35	6,5	70	3
Algentest _{PW}	EC ₂₀	50,2	>100	28,9	47,8	8,0	15,9	5,9	39,5
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,0	0,0	0,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	1	1	1	1	2	1	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	>100	72,4	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	10,0	0,0	23,3	100,0	0,0	100,0	33,3	50,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	1	3	3,5	1	5	5	1,5
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	>100	20,0	52,3	>100	27,0	36,5	62,8
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	4,6	8,1	-2,6	-2,0	21,1	4,9	-5,7	-8,3
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	17,1	7,4	57,7	25,4	45,4	28,1	47,2	17,5
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	2	2	32	4	8	3	8	2
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	>100	>100	9,5	22,7	14,0	47,4	20,4	>100
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupferfolg	66,7	44,4	70,4	62,7	70,7	74,7	73,3	81,4
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle A4: Biologische Charakterisierung von Tiefensediment aus dem Rhein (Stauhaltung Weisweil).

km		248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700
Rechtswert		3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152
Hochwert		5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585
Kernabschnitt (cm)		0-50	50-103	103-153	153-207	207-257	257-310	310-335	335-360	360-385	385-415
Datum		02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98
LfU-Nr.		116	116	116	116	116	116	116	116	116	116
Art		TS									
Parameter	Dim										
Algentest _{EL}	%Hemmung	-8,4	-6,8	41,4	11,2	0,0	0,0	73,7	98,6	99,6	99,4
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	2,1	1,25	1,25	1,25	3	7	18,5	6
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	54,3	>100	>100	>100	54,0	17,6	5,6	20,7
Algentest _{PW}	%Hemmung	n. b.									
Algentest _{PW}	G-Wert	n. b.									
Algentest _{PW}	EC ₂₀	n. b.									
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	10,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	2	5	2	5	5	5	5	5	5
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	62,8	36,4	62,8	35,1	34,5	33,2	27,0	17,9	27,0
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	n. b.									
Daphnientest _{PW}	G-Wert	n. b.									
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	n. b.									
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	0,0	27,9	12,4	18,9	19,3	20,0	3,4	3,2	3,4	11,6
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	29,9	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	n. b.									
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	n. b.									
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	n. b.									
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupf-erfolg	45,3	34,7	44,0	30,7	34,7	34,7	14,7	32,0	29,3	16,0
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein	ja	ja							
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	n. b.									
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein									
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	n. b./n. b.									
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	n. b.									

Tabelle A4: Biologische Charakterisierung von Tiefensediment aus dem Rhein (Stauhaltung Weisweil).

km		248,700	248,700	248,700	248,700
Rechtswert		3400152	3400152	3400152	3400152
Hochwert		5342585	5342585	5342585	5342585
Kernabschnitt (cm)		415-440	440-465	465-490	490-518
Datum		02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.998
LfU-Nr.		116	116	116	116
Art		TS	TS	TS	TS
Parameter	Dim				
Algentest _{EL}	%Hemmung	60,8	94,4	51,7	76,1
Algentest _{EL}	G-Wert	2,5	3,5	3,5	8
Algentest _{EL}	EC ₂₀	64,2	38,5	48,2	12,9
Algentest _{PW}	%Hemmung	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Algentest _{PW}	G-Wert	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Algentest _{PW}	EC ₂₀	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	100,0	100,0	100,0	100,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	5	5	5	5
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	17,9	27,0	17,9	17,9
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daphnientest _{PW}	G-Wert	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	15,5	76,7	79,3	59,6
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	16	16	8
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	10,8	8,0	13,3
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupf-erfolg	29,3	10,7	8,0	2,7
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein	ja	nein	Nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/ja	nein/ja	nein/ja
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	n. b./n. b.	n. b./n. b.	n. b./n. b.	n. b./n. b.
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle A5: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg).

km		8,300	18,100	30,900	31,100	39,700	48,000	56,970	61,600	73,700	86,100
Ort		MA-Feudenheim	Schwabenheim	Neckar-gmünd	Neckar-gmünd	Neckar-steinach	Hirsch-horn	Eberbach	Rockenau	Gutten-bach	Neckar-zimmern
Rechtswert		3466551	3473784	3483887	3483999	3488629	3493127	3498341	3500364	3504580	3509883
Hochwert		5482448	5478563	5474751	5474629	5473625	5479491	5480860	5477070	5470757	5464256
Datum		08.10.99	24.08.99	08.10.99	13.04.00	07.10.99	07.10.99	25.08.99	07.10.99	07.10.99	06.10.99
LfU-Nr.		89	57	88	109	84	85	59	86	87	78
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim										
Algentest _{EL}	%Hemmung	-5,6	-15,1	-6,9	0,0	13,4	-10,4	0,2	-18,6	-1,2	7,1
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	-1,6	52,4	28,2	92,8	93,0	19,6	80,8	70,1	95,9	97,9
Algentest _{PW}	G-Wert	1,25	4	1,6	10	10	1,6	3,5	4	40	19
Algentest _{PW}	EC ₂₀	>100	38,0	55,5	11,0	9,2	59,9	43,5	26,2	4,9	6,7
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	10,0	0,0	10,0	10,0	20,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	1	1	1	1	1	1	1	1	>1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	50,0
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	0,0	0,0	30,0	60,0	0,0	n. b.	5,0	10,0	60,0	25,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	1	2	2	1	n. b.	1	1	5	2
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	>100	50,0	50,0	>100	n. b.	>100	>100	17,8	66,7
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	-9,9	-5,5	1,4	-1,5	5,6	-0,3	3,0	4,7	5,0	3,3
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	8,2	19,0	30,7	14,2	37,5	17,0	23,0	14,8	21,9	9,4
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	2	3	6	3	8	2	4	2	4	2
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	>100	33,1	26,4	30,6	19,3	>100	37,7	>100	37,5	>100
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupf-erfolg	68,0	82,7	89,3	81,3	61,3	92,0	81,3	73,3	85,3	63,0
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	n. b.	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	n. b.
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	nein	n. b.	nein	nein	nein	nein	n. b.	nein	nein	nein

Tabelle A5: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) - Fortsetzung.

km		94,100	104,100	104,150	104,200	104,200	111,450	114,300	118,000	125,500	125,500
Ort		Gundelsheim	Kochendorf	Kochendorf	Kochendorf	Kochendorf	Heilbronn	Heilbronn	Horkheim	Lauffen	Lauffen
Rechtswert		3511266	3515376	3515411	3515432	3515455	3515231	3514647	3511810	3512137	3512130
Hochwert		5460285	5453154	5453122	5453104	5453082	5447477	5443831	5441971	5436937	5436944
Datum		06.10.99	06.10.99	23.03.99	30.11.98	25.08.99	06.10.99	06.10.99	06.10.99	30.11.98	21.06.99
LfU-Nr.		79	80	S33	27	63	81	82	83	20	35
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim										
Algentest _{EL}	%Hemmung	14,4	-10,9	n. b.	-22,4	-1,8	-14,1	-12,1	-15,2	4,1	11,6
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	n. b.	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	n. b.	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	94,3	90,6	86,0	100,0	47,2	99,8	23,4	10,6	70,9	93,3
Algentest _{PW}	G-Wert	25	28,5	3	8	>1,25	66	2,1	1,6	3,5	5
Algentest _{PW}	EC ₂₀	4,3	3,9	50,1	11,2	50,0	2,1	49,1	75,4	39,0	19,8
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	30,0	10,0	0,0	0,0	5,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	>1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	50,0	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	10,0	5,0	0,0	10,0	0,0	n. b.	0,0	0,0	n. b.	n. b.
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	1	1	1	1	n. b.	1	1	n. b.	n. b.
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	>100	n. b.	>100	>100	n. b.	n. b.
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	0,1	-19,0	n. b.	2,7	-11,7	-4,9	-7,8	-10,8	-3,6	-7,0
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2	n. b.	2	2	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	n. b.	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	27,5	51,2	46,0	28,8	5,4	23,0	18,8	-0,4	55,5	52,4
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	4	16	8	4	2	4	2	2	16	16
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	32,5	10,4	22,1	29,6	>100	47,9	>100	>100	8,2	8,6
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupferfolg	57,0	92,0	84,0	85,0	84,0	44,0	n. b.	73,3	66,4	78,7
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein	nein	n. b.	n. b.	nein	nein	n. b.	n. b.	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	n. b.	nein	nein	nein	nein	nein	n. b.	nein	ja	n. b.
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	nein	nein	nein	nein	n. b.	nein	nein	nein	nein	nein

Tabelle A5: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) - Fortsetzung.

km		125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	127,300
Ort		Lauffen									
Rechtswert		3512122	3512114	3512107	3512098	3512092	3512084	3512077	3512070	3512062	3512964
Hochwert		5436952	5436960	5436968	5436975	5436982	5436989	5436997	5437005	5437013	5436175
Datum		26.08.99	05.10.99	09.03.00	04.04.00	10.05.00	06.06.00	04.07.00	29.08.00	26.09.00	23.03.99
LfU-Nr.		61	67	105	108	113	114	121	122	123	S1
Art		OS									
Parameter	Dim										
Algentest _{EL}	%Hemmung	17,2	-16,9	-15,1	0,0	0,0	0,0	14,5	-16,8	-67,5	3,3
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	48,0	87,2	41,3	84,1	83,1	28,4	58,8	15,8	-5,7	n. b.
Algentest _{PW}	G-Wert	16	22	2,1	5,5	3,5	2,1	7	1,25	1,25	n. b.
Algentest _{PW}	EC ₂₀	5,5	5,0	53,3	32,5	30,6	48,9	41,7	>100	>100	n. b.
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	5,0	5,0	6,7	0,0	5,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	0,0	0,0	5,0	0,0	5,0	0,0	40,0	10,0	0,0	70,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	81,4	>100	>100	50,3
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	-0,8	-17,5	-3,9	2,3	9,9	-1,5	-4,0	1,2	-1,3	-4,9
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	32,8	39,0	25,1	14,8	30,2	30,1	57,7	1,3	37,8	20,0
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	5	8	5	2	4	2	16	2	6	2
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	14,9	19,1	11,8	>100	26,9	10,4	7,1	>100	20,0	>100
Chironomiden-test _{GS}	%Schlüpf-erfolg	79,7	92,0	77,8	92,0	89,3	77,3	74,7	74,7	57,3	70,7
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein									
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	nein	ja	nein	nein						
umu-Test _{EL-S9+S9}	Gentoxizität	nein/nein									
umu-Test _{PW-S9+S9}	Gentoxizität	nein/nein									
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	n. b.	nein	n. b.	nein						

Tabelle A 5: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) - Fortsetzung.

km		137,050	137,000	143,600	150,600	165,400	165,400	165,400	172,300	177,000	183,000
Ort		Besigheim	Besigheim	Hessigheim	Pleidelsheim	Poppenweiler	Poppenweiler	Poppenweiler	Aldingen	Hofen	Cannstadt
Rechtswert		3511055	3511023	3514219	3514220	3518635	3518614	3518603	3518845	3515738	3515731
Hochwert		5429285	5429298	5429103	5424341	5419433	5419439	5419440	5414031	5411067	5406744
Datum		05.10.99	19.10.99	05.10.99	05.10.99	05.10.99	19.10.99	22.03.99	05.10.99	05.10.99	05.10.99
LfU-Nr.		69	90	70	71	68	92	S2	72	73	74
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim										
Algentest _{EL}	%Hemmung	-17,6	-10,3	4,1	-4,4	-17,4	-5,1	n. b.	3,4	-25,2	27,6
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	n. b.	1,25	1,25	3
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	n. b.	>100	>100	80,0
Algentest _{PW}	%Hemmung	72,6	60,0	67,4	92,1	90,8	82,9	96,8	-32,0	56,0	45,5
Algentest _{PW}	G-Wert	3,5	3	6	7	10	6	10	1,25	3	2,5
Algentest _{PW}	EC ₂₀	30,9	45,7	35,2	15,8	10,1	20,8	9,7	>100	57,4	56,0
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	100,0	0,0	10,0	0,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	87,4	>100	62,8	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	2,2	0,2	3,1	1,1	-16,1	1,7	n. b.	-0,2	-3,9	-4,9
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2	2	n. b.	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	n. b.	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	33,6	23,8	16,5	37,7	55,9	-1,8	62,3	16,9	0,3	-4,3
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	9	2	2	8	32	2	32	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	8,8	>100	>100	17,7	8,5	>100	4,2	>100	>100	>100
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupferfolg	89,3	97,4	85,3	90,7	93,3	92,6	52,0	94,7	90,7	89,3
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	nein	n. b.	nein	nein	nein	n. b.	nein	nein	nein	nein

Tabelle A5: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		186,900	190,000	195,600	199,800	199,900	200,000	200,000	243,000
Ort		Untertürkheim	Obertürkheim	Esslingen	Deizisau	Deizisau	Deizisau	Deizisau	Kirchentellinsfurt
Rechtswert		3518554	3519741	3524480	3528493	3528479	3528700	3528688	3510492
Hochwert		5404141	5401247	5398575	5397781	5397781	5397824	5397820	5377363
Datum		05.10.99	05.10.99	05.10.99	20.10.99	01.12.98	20.10.99	05.10.99	08.04.99
LfU-Nr.		75	76	77	96	23	94	66	24
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim								
Algentest _{EL}	%Hemmung	-12,3	11,5	7,0	57,1	-15,0	24,7	n. b.	-27,9
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	1,25	>1,25	1,25	2	n. b.	1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	50,0	>100	78,1	n. b.	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	19,6	72,0	95,8	80,9	91,9	88,8	n. b.	93,2
Algentest _{PW}	G-Wert	2,1	7	16	4	8	6	n. b.	8
Algentest _{PW}	EC ₂₀	41,5	15,6	6,3	24,1	16,5	28,8	n. b.	9,4
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	0,0	10,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	1	1	1	1	1	1	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	40,0	15,0	n. b.
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	1	1	1	2	3,5	1,5	n. b.
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	81,4	71,1	89,9	n. b.
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	-3,7	-4,1	0,7	0,7	7,4	0,4	-21,5	5,9
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	-2,3	4,6	22,5	10,2	27,0	54,9	8,3	52,0
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	2	2	2	2	4	16	2	>2
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	31,8	7,9	33,7	25,0
Chironomiden-test _{CS}	%Schlupferfolg	82,0	84,0	1,3	77,4	74,1	86,6	92,0	66,9
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein	nein	nein	n. b.	n. b.	n. b.	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	nein	nein	n. b.	n. b.	nein	n. b.	ja	n. b.
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	nein	nein	nein	n. b.	nein	n. b.	n. b.	nein

Tabelle A6: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Stauhaltung Lauffen).

km		125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500
Ort		Lauffen									
Rechtswert		3512137	3512130	3512122	3512114	3512107	3512098	3512092	3512084	3512077	3512070
Hochwert		5436937	5436944	5436952	5436960	5436968	5436975	5436982	5436989	5436997	5437005
Datum		30.11.98	21.06.99	26.08.99	05.10.99	09.03.00	04.04.00	10.05.00	06.06.00	04.07.00	29.08.00
LfU-Nr.		20	35	61	67	105	108	113	114	121	122
Art		OS									
Parameter	Dim										
Algentest _{EL}	%Hemmung	4,1	11,6	17,2	-16,9	-15,1	0,0	0,0	0,0	14,5	-16,8
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	70,9	93,3	48,0	87,2	41,3	84,1	83,1	28,4	58,8	15,8
Algentest _{PW}	G-Wert	3,5	5	16	22	2,1	5,5	3,5	2,1	7	1,25
Algentest _{PW}	EC ₂₀	39,0	19,8	5,5	5,0	53,3	32,5	30,6	48,9	41,7	>100
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	0,0	5,0	5,0	6,7	0,0	5,0	0,0	0,0	10,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	n. b.	n. b.	0,0	0,0	5,0	0,0	5,0	0,0	40,0	10,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	n. b.	n. b.	1	1	1	1	1	1	2	1
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	n. b.	n. b.	>100	>100	>100	>100	>100	>100	81,4	>100
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	-3,6	-7,0	-0,8	-17,5	-3,9	2,3	9,9	-1,5	-4,0	1,2
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	55,5	52,4	32,8	39,0	25,1	14,8	30,2	30,1	57,7	1,3
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	16	16	5	8	5	2	4	2	16	2
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	8,2	8,6	14,9	19,1	11,8	>100	26,9	10,4	7,1	>100
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupf-erfolg	66,4	78,7	79,7	92,0	77,8	92,0	89,3	77,3	74,7	74,7
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein									
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	ja	n. b.	nein	ja						
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein									
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein									
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	nein	nein	n. b.	nein						

Tabelle A6: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Stauhaltung Lauffen) – Fortsetzung.

km		125,500
Ort		Lauffen
Rechtswert		3512062
Hochwert		5437013
Datum		26.09.00
LfU-Nr.		123
Art	OS	
Parameter	Dim	
Algentest _{EL}	%Hemmung	-67,5
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25
Algentest _{EL}	EC20	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	-5,7
Algentest _{PW}	G-Wert	1,25
Algentest _{PW}	EC20	>100
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1
Daphnientest _{EL}	EC10	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	0,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1
Daphnientest _{PW}	EC10	>100
Leuchtbakterien- test _{EL}	%Hemmung	-1,3
Leuchtbakterien- test _{EL}	G-Wert	2
Leuchtbakterien- test _{EL}	EC20	>100
Leuchtbakterien- test _{PW}	%Hemmung	37,8
Leuchtbakterien- test _{PW}	G-Wert	6
Leuchtbakterien- test _{PW}	EC20	20,0
Chironomiden- test _{CS}	%Schlupf- erfolg	57,3
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	nein
<i>umu</i> -Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein
<i>umu</i> -Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	n. b.

Tabelle A7: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Flachwasserzone Eberbach).

km		52,600	52,600	52,600	52,600	52,600
Ort		Eberbach_1	Eberbach_2	Eberbach_3	Eberbach_4	Eberbach_5
Rechtswert		3494755	3494755	3494755	3494755	3494755
Hochwert		5478962	5478962	5478962	5478962	5478962
Datum		31.10.01	31.10.01	31.10.01	31.10.01	31.10.01
LfU-Nr.		152	153	154	155	156
Art		OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim					
Algentest _{EL}	%Hemmung	-13,6	-11,7	1,3	-18,4	-15,9
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	86,4	82,2	35,8	94,7	91,2
Algentest _{PW}	G-Wert	7,5	7	3	100	20
Algentest _{PW}	EC ₂₀	14,7	16,9	37,9	7,4	4,1
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	60,0	0,0	n. b.	0,0	0,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	2	1	n. b.	1	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	76,5	>100	n. b.	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	50,0	0,0	0,0	20,0	30,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	2	1	1	2	2
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	26,4	>100	>100	89,9	68,2
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	-14,5	-12,4	-12,4	-11,8	-4,4
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	22,3	16,3	5,5	10,6	54,9
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	2	2	2	2	24
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	6,1
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupferfolg	n. b.	52,0	69,3	n. b.	93,3
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein	nein	nein	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	nein
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	n. b.				

Tabelle A8: Biologische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg).

km		18,100	18,100	56,970	56,970	104,200	104,200	125,500	125,500	137,000	137,000
Ort		Schwa- benheim	Schwa- benheim	Eberbach	Eberbach	Kochen- dorf	Kochen- dorf	Lauffen	Lauffen	Besigheim	Besigheim
Rechtswert		3473784	3473784	3498341	3498341	3515455	3515455	3512122	3512122	3511023	3511023
Hochwert		5478563	5478563	5480860	5480860	5453082	5453082	5436952	5436952	5429298	5429298
Datum		24.08.99	24.08.99	25.08.99	25.08.99	25.08.99	25.08.99	26.08.99	26.08.99	19.10.99	19.10.99
LfU-Nr.		57	58	59	60	63	64	61	62	90	91
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter	Dim										
Algentest _{EL}	%Hemmung	-15,1	34,6	0,2	52,0	-1,8	0,1	17,2	25,5	-10,3	-9,8
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	1,25	3	1,25	1,25	1,25	1,6	1,25	1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	59,7	>100	>100	>100	70,4	>100	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	52,4	0,1	80,8	82,0	47,2	19,8	48,0	91,6	60,0	85,0
Algentest _{PW}	G-Wert	4	1,25	3,5	3	>1,25	1,25	16	24	3	6
Algentest _{PW}	EC ₂₀	38,0	60,6	43,5	37,5	50,0	>100	5,5	4,4	45,7	18,4
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	100,0	0,0	70,0	5,0	10,0	5,0	40,0	0,0	5,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	50,0	>100	74,5	>100	>100	>100	57,6	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	0,0	100,0	5,0	93,3	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	90,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	5	1	5	1	10	1	20	1	2
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	27,5	>100	24,4	>100	15,8	>100	11,0	>100	43,7
Leuchtbakterien- test _{EL}	%Hemmung	-5,5	7,2	3,0	15,9	-11,7	7,6	-0,8	13,8	0,2	11,4
Leuchtbakterien- test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien- test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien- test _{PW}	%Hemmung	19,0	37,3	23,0	31,9	5,4	16,3	32,8	47,8	23,8	7,4
Leuchtbakterien- test _{PW}	G-Wert	3	8	4	8	2	2	5	16	2	2
Leuchtbakterien- test _{PW}	EC ₂₀	33,1	15,5	37,7	16,9	>100	>100	14,9	9,0	>100	>100
Chironomiden- test _{GS}	%Schlupf- erfolg	82,7	74,6	81,3	67,3	84,0	60,0	79,7	46,0	97,4	35,3
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	nein	nein	nein	n. b.	nein	nein	nein	nein	nein	nein
<i>umu</i> -Test _{EL-S9+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
<i>umu</i> -Test _{PW-S9+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle A8: Biologische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		199,800	199,800	200,000	200,000
Ort		Deizisau	Deizisau	Deizisau	Deizisau
Rechtswert		3528493	3528493	3528700	3528700
Hochwert		5397781	5397781	5397824	5397824
Datum		20.10.99	20.10.99	20.10.99	20.10.99
LfU-Nr.		96	97	94	95
Art		OS	TS	OS	TS
Parameter	Dim				
Algentest _{EL}	%Hemmung	57,1	88,3	24,7	79,9
Algentest _{EL}	G-Wert	>1,25	>1,25	2	>1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	50,0	50,0	78,1	50,0
Algentest _{PW}	%Hemmung	80,9	94,7	88,8	98,3
Algentest _{PW}	G-Wert	4	7	6	9
Algentest _{PW}	EC ₂₀	24,1	16,1	28,8	11,1
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	100,0	0,0	100,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	5	1	2
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	27,0	>100	62,8
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	0,0	100,0	40,0	100,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	10	3,5	10
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	10,0	71,1	10,0
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	0,7	33,2	0,4	37,7
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	4	2	8
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	32,0	>100	20,9
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	10,2	47,8	54,9	37,5
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	2	16	16	32
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	>100	9,9	7,9	5,2
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupf-erfolg	77,4	41,3	86,6	32,7
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle A9: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Leimbach, der Körsch und dem Schutterkanal.

Gewässer		Leimbach	Leimbach	Leimbach	Körsch	Schutterkanal
km		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Ort		Wiesloch	Nußloch	Brühl	Friedrichsmühle	Nonnenweiher
Rechtswert		3478077	3476653	3466481	3525771	3407915
Hochwert		5461852	5464482	5472118	5396448	5358487
Datum		05.11.99	05.11.99	03.03.00	22.03.00	02.03.00
LfU-Nr.		99	100	104	107	103
Art		OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim					
Algentest _{EL}	%Hemmung	-14,7	-34,2	-1,8	-3,7	-36,2
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	94,0	100,0	97,1	n. b.	96,7
Algentest _{PW}	G-Wert	28	23	6	n. b.	27
Algentest _{PW}	EC ₂₀	9,4	14,1	18,6	n. b.	4,0
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	n. b.	10,0	n. b.	n. b.	0,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	n. b.	1	n. b.	n. b.	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	n. b.	>100	n. b.	n. b.	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	20,0	55,0	n. b.	n. b.	n. b.
Daphnientest _{PW}	G-Wert	2	1	n. b.	n. b.	n. b.
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	66,7	>100	n. b.	n. b.	n. b.
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	2,9	-0,7	-3,2	-7,5	8,0
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	47,3	43,4	13,2	42,0	49,2
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	8	8	2	6	8
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	18,0	12,4	>100	22,4	17,0
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupferfolg	60,0	49,3	89,3	68,0	86,7
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein	nein	nein	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	ja	nein	nein	nein	ja
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	nein	nein	nein	nein	nein

Tabelle A10: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Alte Elbe).

km		252,000	252,000	252,000	252,000	252,000
Ort		K. A.				
Rechtswert		K. A.				
Hochwert		K. A.				
Datum		07.06.99	06.08.99	26.06.00	09.10.00	14.03.01
LfU-Nr.		S11	40	120	124	129
Art		OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim					
Algentest _{EL}	%Hemmung	n. b.	5,9	27,7	91,9	-19,4
Algentest _{EL}	G-Wert	n. b.	1,25	2,1	5,5	1,25
Algentest _{EL}	EC ₂₀	n. b.	>100	48,5	30,3	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	n. b.	0,0	35,8	-52,6	67,0
Algentest _{PW}	G-Wert	n. b.	1,25	2,6	1,25	2
Algentest _{PW}	EC ₂₀	n. b.	>100	31,0	>100	41,1
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	5,0	0,0	10,0	10,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	1	1	1	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	0,0	5,0	0,0	0,0	10,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	1	1	1	1,5
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	>100	>100	>100	89,9
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	-3,0	3,7	-8,1	20,6	13,8
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	1,6	19,3	13,9	-2,7	16,3
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	2	2	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	>100	>100	>100	>100	>100
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupf-erfolg	95,2	88,7	75,4	70,7	97,3
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	n. b.	nein	nein	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	n. b.	nein	nein	nein	nein
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	n. b.				

Tabelle A11: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Magdeburg, uh. Fahlberg-List GmbH).

km		319,400	319,400	319,400	319,400	319,400	319,400
Ort		Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg
Rechtswert		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Hochwert		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Datum		08.06.99	11.08.99	15.09.99	13.06.00	19.10.00	20.03.01
LfU-Nr.		S12	56	65	118	125	130
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim						
Algentest _{EL}	%Hemmung	n. b.	28,4	25,9	99,9	82,1	99,8
Algentest _{EL}	G-Wert	n. b.	2,1	1,6	160	3	40
Algentest _{EL}	EC ₂₀	n. b.	61,0	66,9	1,2	42,4	4,7
Algentest _{PW}	%Hemmung	n. b.	97,0	93,8	99,9	21,0	100,0
Algentest _{PW}	G-Wert	n. b.	12	24	120	1,6	30
Algentest _{PW}	EC ₂₀	n. b.	11,0	6,2	1,7	79,6	6,4
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	80,0	85,0	60,0	55,0	20,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	2	2	2	2	2
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	72,4	68,6	76,5	61,2	89,9
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	100,0	100,0	100,0	100,0	10,0	0,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	3	2	5	2	1	1
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	47,8	62,8	28,5	38,4	>100	>100
Leuchtbakterientest _{EL}	%Hemmung	8,1	18,9	18,0	8,7	-3,7	-5,8
Leuchtbakterientest _{EL}	G-Wert	2	2	2	2	2	2
Leuchtbakterientest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	42,2	>100	>100	>100
Leuchtbakterientest _{PW}	%Hemmung	21,5	40,1	38,3	35,2	13,7	26,9
Leuchtbakterientest _{PW}	G-Wert	3	8	8	6	2	4
Leuchtbakterientest _{PW}	EC ₂₀	43,1	22,6	17,2	21,4	>100	32,7
Chironomidentest _{GS}	%Schlupferfolg	88,7	70,0	83,3	24,0	73,4	65,3
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	n. b.	nein	nein	nein	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	n. b.	nein	nein	nein	nein	nein
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	n. b./n. b.	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	n. b.	n. b.	n. b.	nein	nein	n. b.

Tabelle A12: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße).

km		149.000	149.000	149.000	149.000
Ort		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Rechtswert		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Hochwert		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Datum		15.03.00	12.04.00	27.06.00	25.10.00
LfU-Nr.		106	110	119	126
Art		OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim				
Algentest _{EL}	%Hemmung	7,5	0,0	58,6	29,4
Algentest _{EL}	G-Wert	1,25	1,25	2	2,1
Algentest _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	66,0	40,7
Algentest _{PW}	%Hemmung	0,0	99,9	0,7	-3,6
Algentest _{PW}	G-Wert	1,25	8	1,25	1,25
Algentest _{PW}	EC ₂₀	>100	14,7	>100	43,2
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	20,0	0,0	90,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	2	1	2
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	89,9	>100	48,2
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	0,0	50,0	0,0	65,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	2	1	6
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	78,8	>100	49,3
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	8,1	8,3	-1,4	26,1
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2	2	4
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100	>100	39,6
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	24,0	13,5	8,7	4,7
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	4	2	2	2
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	36,5	>100	>100	>100
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupf-erfolg	84,0	100,0	80,0	83,3
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein	nein	nein	nein
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	nein	nein	nein	nein
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle A13: Biologische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Spree.

km		21,500	21,500
Ort		Freienbrink	Freienbrink
Rechtswert		K. A.	K. A.
Hochwert		K. A.	K. A.
Datum		27.05.99	06.08.99
LfU-Nr.		S10	41
Art		OS	OS
Parameter	Dim		
Algentest _{EL}	%Hemmung	n. b.	18,0
Algentest _{EL}	G-Wert	n. b.	2
Algentest _{EL}	EC ₂₀	n. b.	>100
Algentest _{PW}	%Hemmung	n. b.	10,8
Algentest _{PW}	G-Wert	n. b.	1,25
Algentest _{PW}	EC ₂₀	n. b.	>100
Daphnientest _{EL}	%Hemmung	0,0	0,0
Daphnientest _{EL}	G-Wert	1	1
Daphnientest _{EL}	EC ₁₀	>100	>100
Daphnientest _{PW}	%Hemmung	0,0	10,0
Daphnientest _{PW}	G-Wert	1	1
Daphnientest _{PW}	EC ₁₀	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{EL}	%Hemmung	3,2	1,6
Leuchtbakterien-test _{EL}	G-Wert	2	2
Leuchtbakterien-test _{EL}	EC ₂₀	>100	>100
Leuchtbakterien-test _{PW}	%Hemmung	-14,9	3,8
Leuchtbakterien-test _{PW}	G-Wert	2	2
Leuchtbakterien-test _{PW}	EC ₂₀	>100	>100
Chironomiden-test _{GS}	%Schlupferfolg	92,7	90,0
Comet Assay _{EL}	Gentoxizität	nein	ja
Comet Assay _{PW}	Gentoxizität	nein	nein
umu-Test _{EL-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein
umu-Test _{PW-S9/+S9}	Gentoxizität	nein/nein	nein/nein
hER-Screen _{EX}	Östrogenität	n. b.	n. b.

Anhang B - Physikalisch-Chemische Charakterisierung

n. b.:	nicht bestimmt
MW:	Mittelwert
<:	kleiner Bestimmungsgrenze
-:	nicht berechenbar, aufgrund fehlender Daten
OS	Oberflächensediment
TS	Tiefensediment
Summe HCH(2):	α -HCH, γ -HCH
Summe HCH(3):	α -HCH, β -HCH, γ -HCH
Summe HCH(4):	α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH
Summe DDT(3):	p,p'-DDT, p,p'-DDE, p,p'-DDD
Summe DDT(6):	p,p'-DDT, o,p-DDT, p,p'-DDE, o,p-DDE, p,p'-DDE, o,p-DDD
Summe PCB(6):	Kongenere 28, 52, 101, 138, 153, 180
Summe PCB(9):	Kongenere 28, 52, 101, 118, 138, 153, 170, 180, 194
Summe PAK(6):	Fluoranthren, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Benzo[a]pyren, Benzo[g,h,i]perylen, Indeno[1,2,3-c,d]pyren
Summe PAK(10):	Fluoranthren, Pyren, Benz[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Benzo[a]pyren, Dibenz[a,h]anthracen, Benzo[g,h,i]perylen, Indeno[1,2,3-c,d]pyren
Summe PAK(12):	Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benz[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Benzo[a]pyren, Dibenz[a,h]anthracen, Benzo[g,h,i]perylen, Indeno[1,2,3-c,d]pyren
Summe PAK(16):	Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benz[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Benzo[a]pyren, Dibenz[a,h]anthracen, Benzo[g,h,i]perylen, Indeno[1,2,3-c,d]pyren

Tabelle B1: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg).

km		89,150	141,450	155,000	163,000	174,000	174,000	173,750	223,700	234,300	234,300
Ort		Reckingen	Riburg/ Schwörstadt	Augst	Birsfelden	Märkt	Märkt	Märkt	Vogelgrün	Burkheim	Burkheim
Rechtswert		3451226	3414235	3403506	3397263	3392846	3392847	3392927	3394726	3394335	3394193
Hochwert		5270401	5272555	5267817	5270027	5276590	5276581	5276395	5320239	5330305	5330319
Datum		10.10.01	11.10.01	21.07.99	28.10.99	22.07.99	13.04.99	15.08.01	20.07.99	14.08.01	19.07.99
LfU-Nr.		148	150	47	28	48	S4	144	42	146	43
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter Dim											
pH-Wert		7,1	7	6,9	6,4	6,4	6,5	6,8	6,5	6,8	6,9
Redoxspannung	mV	26	-4	33	-16	-47	-93	-70	-35	-30	17
Trockengewicht	%	58	55	55	59	60	51	50	53	54	55
Glühverlust	%	5,7	6,5	4,1	n. b.	3,3	6,2	6,1	4,6	7,4	4,5
TC	%	n. b.	n. b.	5,2	4,6	4,7	6,2	n. b.	6,0	n. b.	6,1
TIC	%	n. b.	n. b.	2,7	2,9	2,7	2,9	n. b.	3,0	n. b.	3,2
TOC	%	3,2	4,9	2,5	1,7	2,0	3,3	4,2	3,0	3,7	2,9
Gesamt-P	g/kg	n. b.	n. b.	0,8	0,6	0,5	0,7	0,8	0,7	0,9	0,7
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gesamt-CN ⁻	mg/kg	<0,1	<0,1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<0,1	n. b.	<0,1	n. b.
AOX	mg/kg	n. b.	n. b.	230	20	22	33	n. b.	110	n. b.	34
EOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
MKW	mg/kg	890	670	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	680	n. b.	520	n. b.
Chlorierte Insektizide											
Pentachlorbenzol	µg/kg	<5	<5	11	<2	<2	<2	<5	4,7	<5	9,6
Hexachlorbenzol	µg/kg	<5	<5	2500	44	31	150	<5	250	110	55
Pentachloranisol	µg/kg	n. b.	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2
Quintozen	µg/kg	n. b.	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2
α-HCH	µg/kg	<5	<5	<2	<2	<2	<2	<5	3,8	<5	<2
β-HCH	µg/kg	<5	<5	n. b.	<2	n. b.	n. b.	<5	n. b.	<5	n. b.
γ-HCH	µg/kg	<5	<5	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<5	<2
δ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Heptachlor	µg/kg	n. b.	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2
Aldrin	µg/kg	n. b.	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2
Isodrin	µg/kg	n. b.	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2
Octachlorstyrol	µg/kg	<5	<5	16	<2	<2	<2	<5	<2	<5	<2
α-Endosulfan	µg/kg	n. b.	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2
p,p'-DDT	µg/kg	<5	<5	<2	<2	<2	<2	<5	2,8	<5	<2
o,p'-DDT	µg/kg	<5	<5	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<5	<2
p,p'-DDE	µg/kg	<5	<5	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<5	<2
o,p'-DDE	µg/kg	<5	<5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	<5	n. b.
p,p'-DDD	µg/kg	<5	<5	4,7	<2	8,1	<2	<5	2,3	<5	3,2
o,p'-DDD	µg/kg	<5	<5	<2	<2	2,9	<2	<5	<2	<5	<2
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	0,0	0,0	-	0,0	-	-	0,0	-	0,0	-
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	0,0	0,0	4,7	0,0	8,1	0,0	0,0	5,1	0,0	3,2
Summe DDT(6)	µg/kg	0,0	0,0	-	-	-	-	0,0	-	0,0	-
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 28	µg/kg	<5	<5	11	<2	<2	<2	<5	<2	<5	<2
PCB 52	µg/kg	<5	<5	9,7	<2	<2	<2	<5	<2	<5	<2
PCB 101	µg/kg	<5	<5	8,7	<2	<2	<2	<5	<2	<5	2,2
PCB 118	µg/kg	<5	<5	7,7	<2	2,2	<2	<5	2,3	<5	2,2
PCB 138	µg/kg	<5	<5	17	<2	2,8	3,0	<5	5,8	<5	4,7
PCB 153	µg/kg	<5	<5	15,0	<2	2,7	3,3	<5	5,3	<5	4,8
PCB 170	µg/kg	n. b.	n. b.	3,1	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2

Tabelle B1: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		89,150	141,450	155,000	163,000	174,000	174,000	173,750	223,700	234,300	234,300
Ort		Reckingen	Riburg/ Schwörstadt	Augst	Birsfelden	Märkt	Märkt	Märkt	Vogelgrün	Burkheim	Burkheim
Rechtswert		3451226	3414235	3403506	3397263	3392846	3392847	3392927	3394726	3394335	3394193
Hochwert		5270401	5272555	5267817	5270027	5276590	5276581	5276395	5320239	5330305	5330319
Datum		10.10.01	11.10.01	21.07.99	28.10.99	22.07.99	13.04.99	15.08.01	20.07.99	14.08.01	19.07.99
LfU-Nr.		148	150	47	28	48	S4	144	42	146	43
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim									
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 180	µg/kg	<5	<5	5,5	<2	<2	<2	<5	<2	<5	<2
PCB 194	µg/kg	n. b.	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2
Summe PCB(6)	µg/kg	0,0	0,0	67	0,0	5,5	6,3	0,0	11	0,0	12
Summe PCB(9)	µg/kg	-	-	78	0,0	7,7	6,3	-	13	-	14
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe											
Naphthalin	µg/kg	<100	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	<100	n. b.
Acenaphthylen	µg/kg	<100	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	<100	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	<100	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	<100	n. b.
Fluoren	µg/kg	<100	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	<100	n. b.
Phenanthren	µg/kg	300	200	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	500	n. b.	200	n. b.
Anthracen	µg/kg	<100	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	100	n. b.	<100	n. b.
Fluoranthren	µg/kg	600	500	660	180	230	520	900	180	400	290
Pyren	µg/kg	500	400	510	150	180	390	700	150	300	220
Benz[<i>a</i>]anthracen	µg/kg	200	200	200	120	65	210	300	68	100	130
Chrysen	µg/kg	300	300	240	130	88	270	500	67	200	170
Benzo[<i>b</i>]fluoranthren	µg/kg	300	300	170	140	66	260	400	50	200	140
Benzo[<i>k</i>]fluoranthren	µg/kg	100	100	61	<100	27	160	200	23	<100	40
Benzo[<i>a</i>]pyren	µg/kg	200	200	61	<100	28	220	300	28	100	47
Dibenz[<i>a,h</i>]anthracen	µg/kg	<100	<100	25	<100	<20	58	<100	<20	<100	32
Benzo[<i>g,h,i</i>]perylene	µg/kg	100	100	82	<100	29	180	200	23	<100	74
Indeno[1,2,3- <i>c,d</i>]pyren	µg/kg	100	100	65	<100	36	230	200	32	<100	100
Summe PAK(6)	µg/kg	1400	1300	1099	320	416	1570	2200	336	700	691
Summe PAK(10)	µg/kg	2400	2200	2074	720	749	2498	3700	621	1300	1243
Summe PAK(12)	µg/kg	2700	2400	-	-	-	-	4300	-	1500	-
Summe PAK(16)	µg/kg	2700	2400	-	-	-	-	4300	-	1500	-
Xenobiotika											
Moschus-Ambrette	µg/kg	n. b.	n. b.	<20	<20	<20	<20	n. b.	<20	n. b.	<20
Moschus-Tibeten	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Moschus-Mosken	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Moschus-Keton	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Moschus-Xylol	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
HHCb	µg/kg	n. b.	n. b.	<5	6	<5	7,4	n. b.	9,5	n. b.	5,6
DPMI	µg/kg	n. b.	n. b.	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	n. b.	<5
ATI	µg/kg	n. b.	n. b.	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	n. b.	<5
AHTN	µg/kg	n. b.	n. b.	<5	6	<5	14	n. b.	7,2	n. b.	11
AHMI	µg/kg	n. b.	n. b.	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	n. b.	<5
ADBI	µg/kg	n. b.	n. b.	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	n. b.	<5
Indometacin	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Diclofenac	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Ibuprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Fenoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	28	n. b.	31
Ketoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	41	n. b.	<10	n. b.	<10
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Fenofibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Bezafibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Carbamazepin	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
iso-Nonylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	76	22	31	100	n. b.	27	n. b.	27
n-Oktylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10

Tabelle B1: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		89,150	141,450	155,000	163,000	174,000	174,000	173,750	223,700	234,300	234,300
Ort		Reckingen	Riburg/ Schwörstadt	Augst	Birsfelden	Märkt	Märkt	Märkt	Vogelgrün	Burkheim	Burkheim
Rechtswert		3451226	3414235	3403506	3397263	3392846	3392847	3392927	3394726	3394335	3394193
Hochwert		5270401	5272555	5267817	5270027	5276590	5276581	5276395	5320239	5330305	5330319
Datum		10.10.01	11.10.01	21.07.99	28.10.99	22.07.99	13.04.99	15.08.01	20.07.99	14.08.01	19.07.99
LfU-Nr.		148	150	47	28	48	S4	144	42	146	43
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter Dim											
Xenobiotika											
Bisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Bisphenol F	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	<100	n. b.	<100	<100	n. b.	<100	n. b.	<100
2,2',4,4'-Tetrabrombiphenylether	µg/kg	n. b.	n. b.	<500	n. b.	<500	<500	n. b.	<500	n. b.	<500
Hexestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Androsteron	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Equilin	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Estron	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Testosteron	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Mestranol	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Norethisteron	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Estriol	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
Daidzein	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	<10
β-Sitosterol	µg/kg	n. b.	n. b.	150	790	1200	1.900	n. b.	190	n. b.	370
Organo-Zinn-Verbindungen											
Monobutylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	<5	n. b.
Dibutylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	<5	n. b.
Tributylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	<5	n. b.
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	<5	n. b.
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	<5	n. b.
Schwermetalle											
Cd	mg/kg	n. b.	n. b.	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Cu	mg/kg	n. b.	n. b.	44	46	57	41	26	44	25	42
Pb	mg/kg	n. b.	n. b.	42	42	55	42	51	42	41	43
Ni	mg/kg	n. b.	n. b.	46	50	47	41	53	49	54	46
Cr	mg/kg	n. b.	n. b.	54	61	56	46	80	61	80	54
Zn	mg/kg	n. b.	n. b.	140	152	200	160	173	150	167	140
Hg	mg/kg	n. b.	n. b.	0,5	0,2	0,9	1,1	0,2	0,4	0,3	0,5
Fe	mg/kg	n. b.	n. b.	24000	24000	26000	23300	47000	26000	45000	25000
Mn	mg/kg	n. b.	n. b.	610	607	570	526	531	590	510	630
Al	mg/kg	n. b.	n. b.	24000	23300	27000	21500	n. b.	29000	n. b.	25000
As	mg/kg	n. b.	n. b.	22	8,4	10	8,0	12	15	11	13
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Korngröße											
Median (µm)	µm	5,8	18,0	7,6	17,1	8,7	7,7	10,0	6,0	16,3	7,6
MW (µm)	µm	9,9	18,4	9,8	18,1	10,3	9,6	14,1	6,8	17,7	9,8
Bereich (µm) Anteil											
0,5 - 2,0	%	4,0	3,6	2,3	1,1	1,3	1,9	7,2	5,6	0,7	0,8
2,0 - 6,0	%	48,4	19,3	37,1	16,5	32,1	34,8	27,9	44,8	19,3	38,6
6,0 - 20,0	%	32,9	31,3	54,1	40,1	61,4	55,4	33,6	49,7	36,1	57,6
20,0 - 60,0	%	14,7	45,8	6,5	42,3	5,2	7,9	31,4	0,0	43,9	3,0
60,0-150,0	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle B1: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

Km		249.000	256.000	268.000	283.000	283.400	283.400	297.300	308.000	328.350	333.000
Ort		Weisweil	Rhinau	Gerstheim	Straßburg	Straßburg	Straßburg	Kehl	Gambshheim	Fort Louis	Iffezheim
Rechtswert		3400068	3401876	3406086	3409304	3409640	3409649	3413142	3419641	3431650	3434235
Hochwert		5343043	5349317	5358905	5373368	5373595	5373602	5385893	5393698	5406660	5410023
Datum		02.11.98	19.07.99	19.07.99	14.04.99	09.05.01	19.07.99	16.07.99	16.07.99	08.05.01	08.05.01
LfU-Nr.		25	44	45	S3	134	46	51	50	136	138
Art		OS									
Parameter	Dim										
pH-Wert		6,4	7,4	7	n. b.	6,6	6,9	6,5	6,9	6,7	6,4
Redoxspannung	mV	-7	-31	-39	n. b.	46	-44	-99	-77	-17	4
Trockengewicht	%	50	59	57	42	58	55	44	53	40	39
Glühverlust	%	n. b.	4,2	4,4	7,0	5,4	5,1	6,1	5,1	11	11
TC	%	6,0	5,3	6,1	6,2	n. b.	6,4	6,3	6,2	n. b.	n. b.
TIC	%	2,7	2,9	2,9	3,2	n. b.	3,1	3,0	3,0	n. b.	n. b.
TOC	%	3,3	2,4	3,2	3,0	3,3	3,3	3,3	3,2	4,0	3,2
Gesamt-P	g/kg	0,9	0,8	0,6	0,8	1,2	0,7	0,9	0,8	1,3	1,4
Ca	g/kg	n. b.									
Mg	g/kg	n. b.									
S	g/kg	n. b.									
Gesamt-CN'	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<0,1	n. b.	n. b.	n. b.	<0,1	<0,1
AOX	mg/kg	89	120	54	76	n. b.	33	130	41	n. b.	n. b.
EOX	mg/kg	n. b.									
MKW	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	340	n. b.	n. b.	n. b.	300	550
Chlorierte Insektizide											
Pentachlorbenzol	µg/kg	2,8	9,0	12	4,4	<5	9,2	5,1	7,9	<5	<5
Hexachlorbenzol	µg/kg	130	250	190	59	860	150	21	470	90	81
Pentachloranisol	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	n. b.
Quintozen	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	n. b.
α-HCH	µg/kg	<2	<2	5,6	<2	<5	2,3	<2	<2	<5	<5
β-HCH	µg/kg	<2	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	n. b.	<5	<5
γ-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<5	<5
δ-HCH	µg/kg	n. b.									
Heptachlor	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	n. b.
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	n. b.
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	n. b.
Aldrin	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	n. b.
Isodrin	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	n. b.
Octachlorstyrol	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<5	<5
α-Endosulfan	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	n. b.
p,p'-DDT	µg/kg	4,9	<2	3,7	<2	<5	5,3	<2	80	<5	<5
o,p'-DDT	µg/kg	3,6	<2	3,2	<2	<5	<2	<2	18	<5	<5
p,p'-DDE	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<5	<5
o,p'-DDE	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	n. b.	<5	<5
p,p'-DDD	µg/kg	<2	2,9	4,3	<2	<5	6,4	15	33	<5	<5
o,p'-DDD	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<2	6,3	<5	<5
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	0,0	-	-	-	0,0	-	-	-	0,0	0,0
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	4,9	2,9	8,0	0,0	0,0	12	15	113	0,0	0,0
Summe DDT(6)	µg/kg	-	-	-	-	0,0	-	-	-	0,0	0,0
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 28	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<5	2,0	15	<2	<5	<5
PCB 52	µg/kg	<2	<2	<2	2,1	<5	2,2	17	2,6	<5	<5
PCB 101	µg/kg	3,8	<2	<2	<2	<5	<2	33	5,1	<5	<5
PCB 118	µg/kg	<2	2,1	<2	<2	<5	2,4	55	4,9	<5	<5
PCB 138	µg/kg	3,5	5,2	5,1	4,9	<5	6,3	100	19	<5	<5
PCB 153	µg/kg	3,6	6,4	5,2	3,9	<5	8,0	70	16	<5	<5
PCB 170	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	20	4,5	n. b.	n. b.

Tabelle B1: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		249,000	256,000	268,000	283,000	283,400	283,400	297,300	308,000	328,350	333,000
Ort		Weisweil	Rhinau	Gerstheim	Straßburg	Straßburg	Straßburg	Kehl	Gambshheim	Fort Louis	Iffezheim
Rechtswert		3400068	3401876	3406086	3409304	3409640	3409649	3413142	3419641	3431650	3434235
Hochwert		5343043	5349317	5358905	5373368	5373595	5373602	5385893	5393698	5406660	5410023
Datum		02.11.98	19.07.99	19.07.99	14.04.99	09.05.01	19.07.99	16.07.99	16.07.99	08.05.01	08.05.01
LfU-Nr.		25	44	45	S3	134	46	51	50	136	138
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim										
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 180	µg/kg	2,1	<2	<2	2,6	<5	<2	27	6,9	<5	<5
PCB 194	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	4,1	<2	n. b.	n. b.
Summe PCB(6)	µg/kg	13	12	10	14	0,0	19	262	50	0,0	0,0
Summe PCB(9)	µg/kg	13	14	10	14	-	21	341	59	-	-
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe											
Naphthalin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	<100	<100
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	<100	<100
Acenaphthen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	<100	<100
Fluoren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	<100	<100
Phenanthren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	100	n. b.	n. b.	n. b.	200	200
Anthracen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	<100	<100
Fluoranthren	µg/kg	220	130	200	270	300	290	520	390	300	400
Pyren	µg/kg	170	100	180	200	300	250	480	320	300	400
Benz[a]anthracen	µg/kg	110	39	44	110	100	77	120	130	100	200
Chrysen	µg/kg	110	54	51	150	200	83	140	140	200	200
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	<100	37	40	130	200	70	120	120	200	200
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	<100	<20	<20	72	<100	35	46	57	<100	100
Benzo[a]pyren	µg/kg	<100	21	<20	84	100	27	28	85	100	200
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	<100	<20	<20	27	<100	<20	<20	21	<100	<100
Benzo[g,h,i]perylene	µg/kg	<100	<20	<20	59	<100	35	50	67	<100	<100
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	<100	22	<20	76	<100	38	53	67	<100	<100
Summe PAK(6)	µg/kg	220	210	240	691	600	495	817	786	600	900
Summe PAK(10)	µg/kg	610	403	515	1178	1200	905	1557	1397	1200	1700
Summe PAK(12)	µg/kg	-	-	-	-	1300	-	-	-	1400	1900
Summe PAK(16)	µg/kg	-	-	-	-	1300	-	-	-	1400	1900
Xenobiotika											
Moschus-Ambrette	µg/kg	<20	<20	<20	<20	n. b.	<20	<20	<20	n. b.	n. b.
Moschus-Tibeten	µg/kg	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Moschus-Mosken	µg/kg	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Moschus-Keton	µg/kg	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Moschus-Xylol	µg/kg	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
HHCB	µg/kg	10	19	<5	30	n. b.	<5	<5	9,3	n. b.	n. b.
DPMI	µg/kg	<5	160	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5	n. b.	n. b.
ATII	µg/kg	<5	<5	<5	8,6	n. b.	<5	<5	<5	n. b.	n. b.
AHTN	µg/kg	<5	19	<5	36	n. b.	<5	<5	6,7	n. b.	n. b.
AHMI	µg/kg	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5	n. b.	n. b.
ADBI	µg/kg	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5	n. b.	n. b.
Indometacin	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Diclofenac	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Ibuprofen	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	20	<10	n. b.	n. b.
Fenoprofen	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	72	<10	n. b.	n. b.
Ketoprofen	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Fenofibrat	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Bezafibrat	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Carbamazepin	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
iso-Nonylphenol	µg/kg	24	47	29	80	n. b.	31	26	81	n. b.	n. b.
n-Oktylphenol	µg/kg	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.

Tabelle B1: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

Km		249.000	256.000	268.000	283.000	283.400	283.400	297.300	308.000	328.350	333.000
Ort		Weisweil	Rhinau	Gerstheim	Straßburg	Straßburg	Straßburg	Kehl	Gambshheim	Fort Louis	Iffezheim
Rechtswert		3400068	3401876	3406086	3409304	3409640	3409649	3413142	3419641	3431650	3434235
Hochwert		5343043	5349317	5358905	5373368	5373595	5373602	5385893	5393698	5406660	5410023
Datum		02.11.98	19.07.99	19.07.99	14.04.99	09.05.01	19.07.99	16.07.99	16.07.99	08.05.01	08.05.01
LfU-Nr.		25	44	45	S3	134	46	51	50	136	138
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim										
Xenobiotika											
Bisphenol A	µg/kg	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	13	<10	n. b.	n. b.
Bisphenol F	µg/kg	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.	<100	<100	<100	n. b.	<100	<100	<100	n. b.	n. b.
2,2',4,4'-Tetrabrombiphenylether	µg/kg	n. b.	<500	<500	<500	n. b.	<500	<500	<500	n. b.	n. b.
Hexestrol	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Androsteron	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Equilin	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Estron	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Testosteron	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Mestranol	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Norethisteron	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Estriol	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
Daidzein	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	n. b.
β-Sitosterol	µg/kg	430	58	460	690	n. b.	800	<10	910	n. b.	n. b.
Organo-Zinn-Verbindungen											
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	n. b.	<5	<5
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	n. b.	<5	<5
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	n. b.	<5	<5
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	n. b.	<5	<5
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	n. b.	<5	<5
Schwermetalle											
Cd	mg/kg	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	1,3	1,3	0,5	0,5	0,5
Cu	mg/kg	44	57	47	49	47	71	71	50	59	59
Pb	mg/kg	33	42	45	40	45	94	144	45	52	51
Ni	mg/kg	49	64	50	49	62	55	48	46	53	81
Cr	mg/kg	66	69	55	60	77	89	102	58	83	77
Zn	mg/kg	134	160	160	262	216	340	680	160	215	233
Hg	mg/kg	0,2	0,4	0,6	0,2	0,3	3,5	0,8	0,5	0,4	0,4
Fe	mg/kg	23300	25000	25000	25700	27900	27000	31000	25000	28700	29300
Mn	mg/kg	488	520	640	559	608	650	700	570	587	677
Al	mg/kg	25100	29000	24000	25700	n. b.	27000	26000	25000	n. b.	n. b.
As	mg/kg	16	20	14	15	16	15	14	15	15	14
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Korngröße											
Median (µm)	µm	8,3	26,1	14,9	12,2	5,3	5,7	5,4	7,7	5,8	13,6
MW (µm)	µm	12,5	24,0	22,4	15,7	6,4	6,0	6,8	12,1	7,7	17,8
Bereich (µm)	Anteil										
0,5 - 2,0	%	2,0	1,3	1,0	2,2	3,6	9,0	3,5	1,2	10,6	1,9
2,0 - 6,0	%	36,2	7,7	26,4	24,8	57,6	43,2	53,9	37,3	41,9	22,9
6,0 - 20,0	%	37,8	14,0	26,7	42,9	38,9	47,8	41,4	42,2	41,0	40,1
20,0 - 60,0	%	24,0	77,0	45,9	30,1	0,0	0,0	1,1	19,3	6,6	35,2
60,0-150,0	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle B1: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		333,500	333,500	359,900	362,500	384,400	399,400	416,950	422,300	426,500	443,200
Ort		Iffezheim	Iffezheim	Karlsruhe	Karlsruhe	Germersheim	Speyer	Altrip	Bellenkrappen	Mannheim	Worms
Rechtswert		3434222	3434703	3450115	3449403	3455136	3460520	3462645	3460987	3459959	3455327
Hochwert		5410505	5410479	5431171	5433807	5454204	5464027	5478535	5480892	5484655	5499358
Datum		15.04.99	15.07.99	15.07.99	05.11.99	18.04.00	18.04.00	21.06.01	13.07.99	13.07.99	21.06.01
LfU-Nr.		S5	54	52	98	111	112	142	55	53	140
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim										
pH-Wert		n. b.	6,1	6,1	7,3	-7,7	7,4	7,3	6,3	7	6,7
Redoxspannung	mV	n. b.	-60	-20	-6	10	27	7	-60	40	7
Trockengewicht	%	38	55	50	43	62	56	48	56	60	48
Glühverlust	%	8,2	3,8	5,9	6,3	4,5	4,4	9,7	3,9	2,3	7,9
TC	%	6,6	5,6	6,1	6,0	4,3	4,1	n. b.	5,2	2,8	n. b.
TIC	%	3,0	3,0	3,1	2,7	1,9	1,6	n. b.	2,8	0,9	n. b.
TOC	%	3,6	2,6	3,0	3,3	2,4	2,5	3,1	2,4	1,9	3,4
Gesamt-P	g/kg	1,0	0,7	0,9	1,0	1,0	0,8	1,1	0,8	0,4	1,1
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.				
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.				
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.				
Gesamt-CN ⁻	mg/kg	n. b.	n. b.	<0,1	n. b.	n. b.	<0,1				
AOX	mg/kg	76	53	73	88	60	48	n. b.	82	52	n. b.
EOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.				
MKW	mg/kg	n. b.	n. b.	450	n. b.	n. b.	350				
Chlorierte Insektizide											
Pentachlorbenzol	µg/kg	3,1	6,0	6,7	6,4	4,8	<2	<5	4,2	<2	<5
Hexachlorbenzol	µg/kg	71	390	110	50	900	65	53	370	13	60
Pentachloranisol	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	n. b.
Quintozen	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	n. b.
α-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<5
β-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<2	<2	<2	<5	n. b.	<2	<5
γ-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<5
δ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.				
Heptachlor	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	n. b.
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	n. b.
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	n. b.
Aldrin	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	n. b.
Isodrin	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	n. b.
Octachlorstyrol	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<5	3,1	<2	<5
α-Endosulfan	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	n. b.
p,p'-DDT	µg/kg	<2	3,4	<2	<2	<2	<2	<5	2,4	<2	<5
o,p'-DDT	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<5
p,p'-DDE	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<5	12	<2	<5
o,p'-DDE	µg/kg	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	<5				
p,p'-DDD	µg/kg	<2	5,7	6,4	3,1	5,5	<2	<5	55	2,3	<5
o,p'-DDD	µg/kg	3,1	<2	<2	<2	<2	<2	<5	16	<2	<5
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	0,0	9,1	6,4	3,1	5,5	0,0	0,0	69	2,3	0,0
Summe DDT(6)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	0,0
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 28	µg/kg	<2	<2	<2	3,2	<2	<2	<5	<2	<2	<5
PCB 52	µg/kg	2,0	<2	<2	4,9	3,3	<2	<5	3,9	<2	<5
PCB 101	µg/kg	<2	2,7	2,1	5,3	11	<2	<5	4,5	<2	<5
PCB 118	µg/kg	<2	3,1	4,1	2,5	3,2	<2	<5	5,8	<2	<5
PCB 138	µg/kg	6,5	9,4	6,4	7,7	33	3,4	<5	17	2,9	<5
PCB 153	µg/kg	4,9	10	6,6	6,9	29	3,4	<5	16	2,5	<5
PCB 170	µg/kg	<2	2,4	<2	<2	12	<2	n. b.	3,9	<2	n. b.

Tabelle B1: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

Km		333,500	333,500	359,900	362,500	384,400	399,400	416,950	422,300	426,500	443,200
Ort		Iffezheim	Iffezheim	Karlsruhe	Karlsruhe	Germersheim	Speyer	Altrip	Bellenkrappen	Mannheim	Worms
Rechtswert		3434222	3434703	3450115	3449403	3455136	3460520	3462645	3460987	3459959	3455327
Hochwert		5410505	5410479	5431171	5433807	5454204	5464027	5478535	5480892	5484655	5499358
Datum		15.04.99	15.07.99	15.07.99	05.11.99	18.04.00	18.04.00	21.06.01	13.07.99	13.07.99	21.06.01
LfU-Nr.		S5	54	52	98	111	112	142	55	53	140
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim										
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 180	µg/kg	3,1	4,1	<2	4,2	18	2,3	<5	7,6	<2	<5
PCB 194	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	n. b.
Summe PCB(6)	µg/kg	17	26	15	32	94	9,1	0,0	49	5,4	0,0
Summe PCB(9)	µg/kg	17	32	19	35	110	9,1	-	59	5,4	-
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe											
Naphthalin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	<100
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	<100
Acenaphthen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	<100
Fluoren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	<100
Phenanthren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	200	n. b.	n. b.	200
Anthracen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	<100
Fluoranthren	µg/kg	320	270	170	520	2000	680	300	690	780	400
Pyren	µg/kg	240	220	160	440	1600	520	300	530	600	300
Benz[a]anthracen	µg/kg	120	100	41	180	1200	360	100	200	320	200
Chrysen	µg/kg	170	110	51	230	1300	360	200	240	420	200
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	150	89	45	140	1200	270	200	220	430	200
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	87	36	<20	95	930	250	<100	85	280	<100
Benzo[a]pyren	µg/kg	97	53	<20	140	1200	320	100	93	370	100
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	29	<20	<20	<20	270	29	<100	31	<20	<100
Benzo[g,h,i]perylen	µg/kg	69	40	<20	54	820	180	<100	100	240	<100
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	84	47	24	29	920	210	<100	100	240	<100
Summe PAK(6)	µg/kg	807	535	239	978	7070	1910	600	1288	2340	700
Summe PAK(10)	µg/kg	1366	965	491	1828	11440	3179	1200	2289	3680	1400
Summe PAK(12)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	1400	-	-	1600
Summe PAK(16)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	1400	-	-	1600
Xenobiotika											
Moschus-Ambrette	µg/kg	<20	<20	<20	<20	<20	<20	n. b.	<20	<20	n. b.
Moschus-Tibeten	µg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	n. b.
Moschus-Mosken	µg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	n. b.
Moschus-Keton	µg/kg	11	<10	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	n. b.
Moschus-Xylol	µg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	n. b.
HHCB	µg/kg	20	13	5,3	7	10	13	n. b.	<5	7,0	n. b.
DPMI	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	n. b.
ATII	µg/kg	5,8	<5	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	n. b.
AHTN	µg/kg	24	5,6	<5	<5	11	21	n. b.	6,2	7	n. b.
AHMI	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	n. b.
ADBI	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	n. b.
Indometacin	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Diclofenac	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Ibuprofen	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Fenoprofen	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Ketoprofen	µg/kg	<10	15	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Gemfibrozil	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Fenofibrat	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Bezafibrat	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Clofibrinsäure	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Fenofibrinsäure	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Carbamazepin	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Pentoxifyllin	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
iso-Nonylphenol	µg/kg	95	61	<20	38	53	50	n. b.	<20	27	n. b.
n-Oktylphenol	µg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	n. b.

Tabelle B1: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		333,500	333,500	359,900	362,500	384,400	399,400	416,950	422,300	426,500	443,200
Ort		Iffezheim	Iffezheim	Karlsruhe	Karlsruhe	Germersheim	Speyer	Altrip	Bellenkrappen	Mannheim	Worms
Rechtswert		3434222	3434703	3450115	3449403	3455136	3460520	3462645	3460987	3459959	3455327
Hochwert		5410505	5410479	5431171	5433807	5454204	5464027	5478535	5480892	5484655	5499358
Datum		15.04.99	15.07.99	15.07.99	05.11.99	18.04.00	18.04.00	21.06.01	13.07.99	13.07.99	21.06.01
LfU-Nr.		S5	54	52	98	111	112	142	55	53	140
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim										
Xenobiotika											
Bisphenol A	µg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	n. b.
Bisphenol F	µg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	n. b.
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	<100	<100	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.
2,2',4,4'-Tetrabrom-biphenylether	µg/kg	<500	<500	<500	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<500	n. b.	n. b.
Hexestrol	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Diethylstilbestrol	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Androsteron	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Equilin	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Estron	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
17-β-Estradiol	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Testosteron	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Mestranol	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Norethisteron	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Estriol	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Daidzein	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<10	n. b.	n. b.
β-Sitosterol	µg/kg	1.200	670	75	280	900	810	n. b.	<10	310	n. b.
Organo-Zinn-Verbindungen											
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	<5				
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	<5				
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	<5				
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	<5				
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.				
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.				
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.				
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	<5				
Schwermetalle											
Cd	mg/kg	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	1,3	0,6	0,8
Cu	mg/kg	52	51	52	60	58	62	24	96	62	26
Pb	mg/kg	45	47	44	56	68	59	55	99	65	59
Ni	mg/kg	48	46	54	48	50	51	49	46	65	55
Cr	mg/kg	65	60	61	73	81	83	84	84	104	92
Zn	mg/kg	226	160	160	180	190	200	213	340	200	259
Hg	mg/kg	0,2	0,5	0,5	0,7	0,5	0,8	0,5	1,9	0,7	0,6
Fe	mg/kg	26300	26000	25000	25000	27000	27000	63000	25000	28000	84000
Mn	mg/kg	593	630	540	590	620	640	568	660	810	630
Al	mg/kg	25100	27000	24000	23000	25000	27000	n. b.	25000	27000	n. b.
As	mg/kg	14	13	14	12	15	17	20	20	14	25
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.				
Korngröße											
Median (µm)	µm	15,2	18,8	33,5	8,6	8,7	5,3	6,0	5,5	5,9	10,5
MW (µm)	µm	18,6	20,4	30,5	12,5	10,1	7,0	7,4	7,0	7,3	12,5
Bereich (µm) Anteil											
0,5 - 2,0	%	1,4	1,1	1,0	2,8	1,5	3,7	7,9	3,3	3,8	6,1
2,0 - 6,0	%	15,0	15,0	5,0	32,6	23,5	55,1	42,6	52,9	47,4	29,7
6,0 - 20,0	%	44,5	35,4	13,3	44,1	67,0	36,4	49,5	39,3	46,6	43,3
20,0 - 60,0	%	39,1	48,5	80,7	20,6	8,0	4,8	0,0	4,5	2,2	20,9
60,0-150,0	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle B2: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Polder Altenheim); Parameter z. T. nur bei einer Probe gemessen.

Km		280.000	280.000	280.000	280.000
Ort		Polder Altenheim	Polder Altenheim	Polder Altenheim	Polder Altenheim
Rechtswert		3409380	3409380	3409380	3409380
Hochwert		5370617	5370617	5370617	5370617
Datum		12.03.99	12.03.99	12.03.99	12.03.99
LfU-Nr.		1	2	3	4
Art		OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim				
pH-Wert		n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Redoxspannung	mV	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Trockengewicht	%	86	81	52	56
Glühverlust	%	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
TC	%	6,0	6,0	6,0	6,0
TIC	%	2,6	2,6	2,6	2,6
TOC	%	3,4	3,4	3,4	3,4
Gesamt-P	g/kg	0,8	0,8	0,8	0,8
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gesamt-CN'	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AOX	mg/kg	45	45	45	45
EOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
MKW	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Chlorierte Insektizide					
Pentachlorbenzol	µg/kg	<2	<2	<2	<2
Hexachlorbenzol	µg/kg	7,9	7,9	7,9	7,9
Pentachloranisol	µg/kg	<2	<2	<2	<2
Quintozen	µg/kg	<2	<2	<2	<2
α-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	<2
β-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	<2
γ-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	<2
δ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Heptachlor	µg/kg	<2	<2	<2	<2
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	<2	<2
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	<2	<2
Aldrin	µg/kg	<2	<2	<2	<2
Isodrin	µg/kg	<2	<2	<2	<2
Octachlorstyrol	µg/kg	<2	<2	<2	<2
α-Endosulfan	µg/kg	<2	<2	<2	<2
p,p'-DDT	µg/kg	<2	<2	<2	<2
o,p'-DDT	µg/kg	<2	<2	<2	<2
p,p'-DDE	µg/kg	<2	<2	<2	<2
o,p'-DDE	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
p,p'-DDD	µg/kg	2,2	2,2	2,2	2,2
o,p'-DDD	µg/kg	<2	<2	<2	<2
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	2,2	2,2	2,2	2,2
Summe DDT(6)	µg/kg	-	-	-	-
Polychlorierte Biphenyle					
PCB 28	µg/kg	<2	<2	<2	<2
PCB 52	µg/kg	<2	<2	<2	<2
PCB 101	µg/kg	3,2	3,2	3,2	3,2
PCB 118	µg/kg	<2	<2	<2	<2
PCB 138	µg/kg	8,4	8,4	8,4	8,4
PCB 153	µg/kg	8,1	8,1	8,1	8,1
PCB 170	µg/kg	3,3	3,3	3,3	3,3

Tabelle B2: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Polder Altenheim); Parameter z. T. nur bei einer Probe gemessen – Fortsetzung.

Km		280,000	280,000	280,000	280,000
Ort		Polder Altenheim	Polder Altenheim	Polder Altenheim	Polder Altenheim
Rechtswert		3409380	3409380	3409380	3409380
Hochwert		5370617	5370617	5370617	5370617
Datum		12.03.99	12.03.99	12.03.99	12.03.99
LfU-Nr.		1	2	3	4
Art		OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim			
Polychlorierte Biphenyle					
PCB 180	µg/kg	5,9	5,9	5,9	5,9
PCB 194	µg/kg	<2	<2	<2	<2
Summe PCB(6)	µg/kg	26	26	26	26
Summe PCB(9)	µg/kg	29	29	29	29
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe					
Naphthalin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fluoren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Phenanthren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Anthracen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fluoranthren	µg/kg	260	260	260	260
Pyren	µg/kg	190	190	190	190
Benz[a]anthracen	µg/kg	150	150	150	150
Chrysen	µg/kg	140	140	140	140
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	140	140	140	140
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	110	110	110	110
Benzo[a]pyren	µg/kg	150	150	150	150
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	<100	<100	<100	<100
Benzo[g,h,i]perylen	µg/kg	<100	<100	<100	<100
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	110	110	110	110
Summe PAK(6)	µg/kg	770	770	770	770
Summe PAK(10)	µg/kg	1250	1250	1250	1250
Summe PAK(12)	µg/kg	-	-	-	-
Summe PAK(16)	µg/kg	-	-	-	-
Xenobiotika					
Moschus-Ambrette	µg/kg	<20	<20	<20	<20
Moschus-Tibeten	µg/kg	<10	<10	<10	<10
Moschus-Mosken	µg/kg	<10	<10	<10	<10
Moschus-Keton	µg/kg	<10	<10	<10	<10
Moschus-Xylol	µg/kg	<10	<10	<10	<10
HHCB	µg/kg	<5	<5	7	<5
DPMI	µg/kg	<5	<5	<5	<5
ATII	µg/kg	<5	<5	<5	<5
AHTN	µg/kg	<5	6	5	<5
AHMI	µg/kg	<5	<5	<5	<5
ADBI	µg/kg	<5	<5	<5	<5
Indometacin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diclofenac	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ibuprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ketoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenofibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Bezafibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Carbamazepin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
iso-Nonylphenol	µg/kg	28	31	35	38
n-Oktylphenol	µg/kg	<10	<10	<10	<10

Tabelle B2: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Polder Altenheim); Parameter z. T. nur bei einer Probe gemessen – Fortsetzung.

Km		280.000	280.000	280.000	280.000
Ort		Polder Altenheim	Polder Altenheim	Polder Altenheim	Polder Altenheim
Rechtswert		3409380	3409380	3409380	3409380
Hochwert		5370617	5370617	5370617	5370617
Datum		12.03.99	12.03.99	12.03.99	12.03.99
LfU-Nr.		1	2	3	4
Art		OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim			
Xenobiotika					
Bisphenol A	µg/kg	<10	<10	<10	<10
Bisphenol F	µg/kg	<10	<10	<10	<10
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
2,2',4,4'-Tetrabrom-biphenylether	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Hexestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Androsteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Equilin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Testosteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mestranol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Norethisteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estriol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daidzein	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
β-Sitosterol	µg/kg	280	430	1200	480
Organo-Zinn-Verbindungen					
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Schwermetalle					
Cd	mg/kg	0,3	0,3	0,3	0,3
Cu	mg/kg	21	21	21	21
Pb	mg/kg	26	26	26	26
Ni	mg/kg	24	24	24	24
Cr	mg/kg	30	30	30	30
Zn	mg/kg	79	79	79	79
Hg	mg/kg	0,3	0,3	0,3	0,3
Fe	mg/kg	13300	13300	13300	13300
Mn	mg/kg	447	447	447	447
Al	mg/kg	11500	11500	11500	11500
As	mg/kg	7,4	7,4	7,4	7,4
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Korngröße					
Median (µm)	µm	7,9	10,6	7,7	10,4
MW (µm)	µm	8,0	12,9	11,7	13,4
Bereich (µm)		Anteil			
0,5 - 2,0	%	1,9	2,1	2,0	3,2
2,0 - 6,0	%	31,6	18,1	35,6	27,5
6,0 - 20,0	%	66,5	62,8	46,1	45,8
20,0 - 60,0	%	0,0	17,0	16,3	23,5
60,0-150,0	%	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle B3: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg).

km		89,150	89,150	141,450	141,450	173,750	173,750	234,300	234,300	283,400	283,400
Ort		Reckingen	Reckingen	Riburg/ Schwör- stadt	Riburg/ Schwör- stadt	Märkt	Märkt	Burkheim	Burkheim	Straßburg	Straßburg
Rechtswert		3451226	3451226	3414235	3414235	3392927	3392927	3394335	3394335	3409640	3409640
Hochwert		5270401	5270401	5272555	5272555	5276395	5276395	5330305	5330305	5373595	5373595
Datum		10.10.01	10.10.01	11.10.01	11.10.01	15.08.01	15.08.01	14.08.01	14.08.01	09.05.01	09.05.01
LfU-Nr.		148	149	150	151	144	145	146	147	134	135
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter Dim											
pH-Wert		7,1	7,1	7,0	7,1	6,8	7,0	6,8	6,7	6,6	6,6
Redoxspannung	mV	26	27	-4	13	-70	-117	-30	-32	46	56
Trockengewicht	%	58	63	55	60	50	51	54	60	58	57
Glühverlust	%	5,7	4,9	6,5	5,2	6,1	5,4	7,4	7,5	5,4	6,4
TC	%	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
TIC	%	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
TOC	%	3,2	4,2	4,9	4,1	4,2	4,0	3,7	3,7	3,3	5,1
Gesamt-P	g/kg					0,8	1,0	0,9	1,1	1,2	1,2
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gesamt-CN ⁻	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
AOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
EOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
MKW	mg/kg	890	470	670	760	680	690	520	840	340	330
Chlorierte Insektizide											
Pentachlorbenzol	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Hexachlorbenzol	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	440	110	810	860	230
Pentachloranisol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Quintozen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
α-HCH	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
β-HCH	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
γ-HCH	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
δ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Heptachlor	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
cis-Heptachlorepoxid	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
trans-Heptachlorepoxid	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Aldrin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Isodrin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Octachlorstyrol	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
α-Endosulfan	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
p,p'-DDT	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
o,p'-DDT	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
p,p'-DDE	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
o,p'-DDE	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
p,p'-DDD	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
o,p'-DDD	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe DDT(6)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 28	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PCB 52	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PCB 101	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PCB 118	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PCB 138	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PCB 153	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PCB 170	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle B3: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

Km		89,150	89,150	141,450	141,450	173,750	173,750	234,300	234,300	283,400	283,400
Ort		Reckingen	Reckingen	Riburg/ Schwör- stadt	Riburg/ Schwör- stadt	Märkt	Märkt	Burkheim	Burkheim	Straßburg	Straßburg
Rechtswert		3451226	3451226	3414235	3414235	3392927	3392927	3394335	3394335	3409640	3409640
Hochwert		5270401	5270401	5272555	5272555	5276395	5276395	5330305	5330305	5373595	5373595
Datum		10.10.01	10.10.01	11.10.01	11.10.01	15.08.01	15.08.01	14.08.01	14.08.01	09.05.01	09.05.01
LfU-Nr.		148	149	150	151	144	145	146	147	134	135
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter Dim											
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 180	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PCB 194	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PCB(6)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe PCB(9)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe											
Naphthalin	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Acenaphthylen	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Acenaphthen	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Fluoren	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Phenanthren	µg/kg	300	200	200	300	500	400	200	300	100	200
Anthracen	µg/kg	<100	<100	<100	<100	100	500	<100	<100	<100	<100
Fluoranthren	µg/kg	600	500	500	700	900	900	400	800	300	600
Pyren	µg/kg	500	400	400	600	700	700	300	600	300	500
Benz[<i>a</i>]anthracen	µg/kg	200	200	200	300	300	400	100	200	100	200
Chrysen	µg/kg	300	300	300	500	500	500	200	300	200	300
Benzo[<i>b</i>]fluoranthren	µg/kg	300	200	300	500	400	400	200	300	200	300
Benzo[<i>k</i>]fluoranthren	µg/kg	100	100	100	200	200	<100	<100	100	<100	100
Benzo[<i>a</i>]pyren	µg/kg	200	200	200	300	300	400	100	200	100	200
Dibenz[<i>a,h</i>]anthracen	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Benzo[<i>g,h,i</i>]perylene	µg/kg	100	100	100	200	200	<100	<100	100	<100	200
Indeno[1,2,3- <i>c,d</i>]pyren	µg/kg	100	100	100	200	200	<100	<100	<100	<100	200
Summe PAK(6)	µg/kg	1400	1200	1300	2100	2200	1700	700	1500	600	1600
Summe PAK(10)	µg/kg	2400	2100	2200	3500	3700	3300	1300	2600	1200	2600
Summe PAK(12)	µg/kg	2700	2300	2400	3800	4300	4200	1500	2900	1300	2800
Summe PAK(16)	µg/kg	2700	2300	2400	3800	4300	4200	1500	2900	1300	2800
Xenobiotika											
Moschus-Ambrette	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Tibeten	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Mosken	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Keton	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Xylol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
HHCb	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
DPMI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
ATI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AHTN	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AHMI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
ADBI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Indometacin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diclofenac	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ibuprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ketoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenofibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Bezafibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Carbamazepin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
iso-Nonylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
n-Oktylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle B3: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		89,150	89,150	141,450	141,450	173,750	173,750	234,300	234,300	283,400	283,400
Ort		Reckingen	Reckingen	Riburg/ Schwör- stadt	Riburg/ Schwör- stadt	Märkt	Märkt	Burkheim	Burkheim	Straßburg	Straßburg
Rechtswert		3451226	3451226	3414235	3414235	3392927	3392927	3394335	3394335	3409640	3409640
Hochwert		5270401	5270401	5272555	5272555	5276395	5276395	5330305	5330305	5373595	5373595
Datum		10.10.01	10.10.01	11.10.01	11.10.01	15.08.01	15.08.01	14.08.01	14.08.01	09.05.01	09.05.01
LfU-Nr.		148	149	150	151	144	145	146	147	134	135
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter		Dim									
Xenobiotika											
Bisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Bisphenol F	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
2,2',4,4'-Tetrabrombiphenylether	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Hexestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Androsteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Equilin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Testosteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mestranol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Norethisteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estriol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daidzein	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
β-Sitosterol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Organo-Zinn-Verbindungen											
Monobutylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Dibutylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Tributylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Schwermetalle											
Cd	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,4	1,5	0,4	0,9	0,5	0,4
Cu	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	26	25	25	25	47	52
Pb	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	51	94	41	56	45	43
Ni	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	53	61	54	62	62	56
Cr	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	80	98	80	95	77	78
Zn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	173	323	167	208	216	187
Hg	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,2	1,5	0,3	0,6	0,3	0,4
Fe	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	47000	85000	45000	70000	27900	26500
Mn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	531	490	510	460	608	518
Al	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
As	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	12	12	11	20	16	18
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Korngröße											
Median (µm)	µm	5,8	5,7	18,0	11,6	10,0	7,2	16,3	14,1	5,3	7,2
MW (µm)	µm	9,9	8,2	18,4	14,3	14,1	10,3	17,7	15,6	6,4	10,7
Bereich (µm)		Anteil									
0,5 - 2,0	%	4,0	8,1	3,6	6,7	7,2	7,9	0,7	4,5	3,6	7,5
2,0 - 6,0	%	48,4	45,6	19,3	25,5	27,9	34,7	19,3	23,2	57,6	35,4
6,0 - 20,0	%	32,9	38,6	31,3	35,3	33,6	41,3	36,1	37,8	38,9	38,4
20,0 - 60,0	%	14,7	7,7	45,8	32,5	31,4	16,1	43,9	34,5	0,0	18,7
60,0-150,0	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle B3: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

Km		328,350	328,350	333,000	333,000	416,950	416,950	443,200	443,200
Ort		Fort Louis	Fort Louis	Iffezheim	Iffezheim	Altrip	Altrip	Worms	Worms
Rechtswert		3431650	3431650	3434235	3434235	3462645	3462645	3455327	3455327
Hochwert		5406660	5406660	5410023	5410023	5478535	5478535	5499358	5499358
Datum		08.05.01	08.05.01	08.05.01	08.05.01	21.06.01	21.06.01	21.06.01	21.06.01
LfU-Nr.		136	137	138	139	142	143	140	141
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter	Dim								
pH-Wert		6,7	6,8	6,4	6,4	7,3	6,8	6,7	6,7
Redoxspannung	mV	-17	41	4	13	7	30	7	20
Trockengewicht	%	40	48	39	49	48	48	48	52
Glühverlust	%	11	7,6	11	8,8	9,7	8,9	7,9	7,4
TC	%	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
TIC	%	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
TOC	%	4,0	3,5	3,2	2,9	3,1	3,1	3,4	3,5
Gesamt-P	g/kg	1,3	1,1	1,4	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gesamt-CN	mg/kg	<0,1	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
AOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
EOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
MKW	mg/kg	300	580	550	580	450	910	350	480
Chlorierte Insektizide									
Pentachlorbenzol	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Hexachlorbenzol	µg/kg	90	30	81	270	53	51	60	97
Pentachloranisol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Quintozen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
α-HCH	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
β-HCH	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
γ-HCH	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
δ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Heptachlor	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Aldrin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Isodrin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Octachlorstyrol	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
α-Endosulfan	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
p,p'-DDT	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
o,p'-DDT	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
p,p'-DDE	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
o,p'-DDE	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
p,p'-DDD	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
o,p'-DDD	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe DDT(6)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Polychlorierte Biphenyle									
PCB 28	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PCB 52	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PCB 101	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PCB 118	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PCB 138	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PCB 153	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PCB 170	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle B3: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		328,350	328,350	333,000	333,000	416,950	416,950	443,200	443,200
Ort		Fort Louis	Fort Louis	Iffezheim	Iffezheim	Altrip	Altrip	Worms	Worms
Rechtswert		3431650	3431650	3434235	3434235	3462645	3462645	3455327	3455327
Hochwert		5406660	5406660	5410023	5410023	5478535	5478535	5499358	5499358
Datum		08.05.01	08.05.01	08.05.01	08.05.01	21.06.01	21.06.01	21.06.01	21.06.01
LfU-Nr.		136	137	138	139	142	143	140	141
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter Dim									
Polychlorierte Biphenyle									
PCB 180	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
PCB 194	µg/kg	n. b.							
Summe PCB(6)	µg/kg	0,0							
Summe PCB(9)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe									
Naphthalin	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Acenaphthylen	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Acenaphthen	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Fluoren	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Phenanthren	µg/kg	200	400	200	300	200	300	200	200
Anthracen	µg/kg	<100	100	<100	300	<100	<100	<100	<100
Fluoranthren	µg/kg	300	700	400	1000	300	700	400	400
Pyren	µg/kg	300	600	400	800	300	500	300	300
Benz[a]anthracen	µg/kg	100	300	200	400	100	200	200	100
Chrysen	µg/kg	200	400	200	600	200	300	200	200
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	200	400	200	500	200	200	200	200
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	<100	200	100	200	<100	100	<100	<100
Benzo[a]pyren	µg/kg	100	300	200	300	100	100	100	100
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Benzo[g,h,i]perylene	µg/kg	<100	200	<100	200	<100	100	<100	<100
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	<100	200	<100	200	<100	<100	<100	<100
Summe PAK(6)	µg/kg	600	2000	900	2400	600	1200	700	700
Summe PAK(10)	µg/kg	1200	3300	1700	4200	1200	2200	1400	1300
Summe PAK(12)	µg/kg	1400	3800	1900	4800	1400	2500	1600	1500
Summe PAK(16)	µg/kg	1400	3800	1900	4800	1400	2500	1600	1500
Xenobiotika									
Moschus-Ambrette	µg/kg	n. b.							
Moschus-Tibeten	µg/kg	n. b.							
Moschus-Mosken	µg/kg	n. b.							
Moschus-Keton	µg/kg	n. b.							
Moschus-Xylol	µg/kg	n. b.							
HHCB	µg/kg	n. b.							
DPMI	µg/kg	n. b.							
ATII	µg/kg	n. b.							
AHTN	µg/kg	n. b.							
AHMI	µg/kg	n. b.							
ADBI	µg/kg	n. b.							
Indometacin	µg/kg	n. b.							
Diclofenac	µg/kg	n. b.							
Ibuprofen	µg/kg	n. b.							
Fenoprofen	µg/kg	n. b.							
Ketoprofen	µg/kg	n. b.							
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.							
Fenofibrat	µg/kg	n. b.							
Bezafibrat	µg/kg	n. b.							
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.							
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.							
Carbamazepin	µg/kg	n. b.							
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.							
iso-Nonylphenol	µg/kg	n. b.							
n-Oktylphenol	µg/kg	n. b.							

Tabelle B3: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Rhein (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

Km		328,350	328,350	333,000	333,000	416,950	416,950	443,200	443,200
Ort		Fort Louis	Fort Louis	Iffezheim	Iffezheim	Altrip	Altrip	Worms	Worms
Rechtswert		3431650	3431650	3434235	3434235	3462645	3462645	3455327	3455327
Hochwert		5406660	5406660	5410023	5410023	5478535	5478535	5499358	5499358
Datum		08.05.01	08.05.01	08.05.01	08.05.01	21.06.01	21.06.01	21.06.01	21.06.01
LFU-Nr.		136	137	138	139	142	143	140	141
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter		Dim							
Bisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Bisphenol F	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
2,2',4,4'-Tetrabrom-biphenylether	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Hexestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Androsteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Equilin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Testosteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mestranol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Norethisteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estriol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daidzein	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
β-Sitosterol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Organo-Zinn-Verbindungen									
Monobutylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Dibutylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Tributylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Schwermetalle									
Cd	mg/kg	0,5	0,7	0,5	0,5	0,7	0,9	0,8	1,1
Cu	mg/kg	59	75	59	65	24	23	26	26
Pb	mg/kg	52	55	51	54	55	70	59	79
Ni	mg/kg	53	65	81	59	49	55	55	61
Cr	mg/kg	83	89	77	79	84	91	92	115
Zn	mg/kg	215	228	233	213	213	252	259	306
Hg	mg/kg	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	1,0
Fe	mg/kg	28700	27300	29300	28400	63000	71000	84000	98000
Mn	mg/kg	587	471	677	594	568	494	630	520
Al	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
As	mg/kg	15	18	14	15	20	22	25	26
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Korngröße									
Median (µm)	µm	5,8	13,6	13,6	6,7	6,0	8,8	10,5	12,5
MW (µm)	µm	7,7	17,8	17,8	8,4	7,4	11,3	12,5	14,0
Bereich (µm)		Anteil							
0,5 - 2,0	%	10,6	1,9	1,9	9,5	7,9	6,3	6,1	5,3
2,0 - 6,0	%	41,9	22,9	22,9	35,5	42,6	30,5	29,7	24,9
6,0 - 20,0	%	41,0	40,1	40,1	51,1	49,5	47,2	43,3	39,7
20,0 - 60,0	%	6,6	35,2	35,2	3,9	0,0	16,0	20,9	30,1
60,0-150,0	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle B4: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Tiefensediment aus dem Rhein (Stauhaltung Weisweil).

km		248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700
Rechtswert		3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152
Hochwert		5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585
Kernabschnitt (cm)		0-50	50-103	103-153	153-207	207-257	257-310	310-335	335-360	360-385	385-415
Datum		02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98
LfU-Nr.		116	116	116	116	116	116	116	116	116	116
Art		TS									
Parameter Dim											
pH-Wert		n. b.									
Redoxspannung	mV	n. b.									
Trockengewicht	%	55,85	55,40	56,50	54,37	55,70	55,87	59,84	61,51	59,28	62,05
Glühverlust	%	4,86	5,27	5,93	7,30	6,80	6,80	5,2	6,2	6,6	5,8
TC	%	6,0	6,0	6,1	6,6	6,2	6,6	5,6	6,0	6,3	6,2
TIC	%	2,9	2,7	2,8	2,9	2,7	2,9	2,6	2,7	2,9	2,7
TOC	%	3,1	3,3	3,3	3,7	3,5	3,7	3,0	3,3	3,4	3,5
Gesamt-P	g/kg	n. b.									
Ca	g/kg	n. b.									
Mg	g/kg	n. b.									
S	g/kg	n. b.									
Gesamt-CN	mg/kg	n. b.									
AOX	mg/kg	n. b.									
EOX	mg/kg	n. b.									
MKW	mg/kg	n. b.									
Chlorierte Insektizide											
Pentachlorbenzol	µg/kg	20	150	83	210	160	400	4,1	15	3,5	18
Hexachlorbenzol	µg/kg	410	2700	4000	3000	3400	3000	53	69	24	67
Pentachloranisol	µg/kg	n. b.									
Quintozen	µg/kg	n. b.									
α-HCH	µg/kg	n. b.									
β-HCH	µg/kg	n. b.									
γ-HCH	µg/kg	n. b.									
δ-HCH	µg/kg	n. b.									
Heptachlor	µg/kg	n. b.									
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.									
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.									
Aldrin	µg/kg	n. b.									
Isodrin	µg/kg	n. b.									
Octachlorstyrol	µg/kg	n. b.									
α-Endosulfan	µg/kg	n. b.									
p,p'-DDT	µg/kg	n. b.									
o,p'-DDT	µg/kg	n. b.									
p,p'-DDE	µg/kg	n. b.									
o,p'-DDE	µg/kg	n. b.									
p,p'-DDD	µg/kg	n. b.									
o,p'-DDD	µg/kg	n. b.									
Summe HCH(2)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe HCH(3)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe DDT(6)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 28	µg/kg	2,4	8,0	9,3	18	38	83	64	180	93	120
PCB 52	µg/kg	3,2	7,6	12	24	42	47	32	84	36	47
PCB 101	µg/kg	6,4	9,3	16	25	42	34	23	33	23	27
PCB 118	µg/kg	3,8	4,6	8,8	14	28	22	14	22	16	19
PCB 138	µg/kg	8,7	11	18	24	37	35	30	29	21	20
PCB 153	µg/kg	9,0	11	19	25	43	31	26	23	18	25
PCB 170	µg/kg	4,6	4,6	7,6	10	15	12	10	8	4,6	11

Tabelle B4: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Tiefensediment aus dem Rhein (Stauhaltung Weisweil) – Fortsetzung.

km		248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700
Rechtswert		3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152
Hochwert		5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585
Kernabschnitt (cm)		0-50	50-103	103-153	153-207	207-257	257-310	310-335	335-360	360-385	385-415
Datum		02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98
LfU-Nr.		116	116	116	116	116	116	116	116	116	116
Art		TS									
Parameter	Dim										
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 180	µg/kg	7,3	8,2	14	17	22	20	17	13	8,7	5,9
PCB 194	µg/kg	2,4	2,0	3,8	4,3	5,2	5,1	3,4	3,3	<2	<2
Summe PCB(6)	µg/kg	37,0	55,1	88,3	133,0	224,0	250,0	192,0	362,0	199,7	244,9
Summe PCB(9)	µg/kg	47,8	66,3	108,5	161,3	272,2	289,1	219,4	395,5	220,3	274,9
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe											
Naphthalin	µg/kg	n. b.									
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.									
Acenaphthen	µg/kg	n. b.									
Fluoren	µg/kg	n. b.									
Phenanthren	µg/kg	n. b.									
Anthracen	µg/kg	n. b.									
Fluoranthren	µg/kg	n. b.									
Pyren	µg/kg	n. b.									
Benz[a]anthracen	µg/kg	n. b.									
Chrysen	µg/kg	n. b.									
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	n. b.									
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	n. b.									
Benzo[a]pyren	µg/kg	n. b.									
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	n. b.									
Benzo[g,h,i]perylene	µg/kg	n. b.									
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	n. b.									
Summe PAK(6)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe PAK(10)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe PAK(12)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe PAK(16)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xenobiotika											
Moschus-Ambrette	µg/kg	n. b.									
Moschus-Tibeten	µg/kg	n. b.									
Moschus-Mosken	µg/kg	n. b.									
Moschus-Keton	µg/kg	n. b.									
Moschus-Xylol	µg/kg	n. b.									
HHCB	µg/kg	n. b.									
DPMI	µg/kg	n. b.									
ATII	µg/kg	n. b.									
AHTN	µg/kg	n. b.									
AHMI	µg/kg	n. b.									
ADBI	µg/kg	n. b.									
Indometacin	µg/kg	n. b.									
Diclofenac	µg/kg	n. b.									
Ibuprofen	µg/kg	n. b.									
Fenoprofen	µg/kg	n. b.									
Ketoprofen	µg/kg	n. b.									
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.									
Fenofibrat	µg/kg	n. b.									
Bezafibrat	µg/kg	n. b.									
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.									
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.									
Carbamazepin	µg/kg	n. b.									
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.									
iso-Nonylphenol	µg/kg	n. b.									
n-Oktylphenol	µg/kg	n. b.									

Tabelle B4: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Tiefensediment aus dem Rhein (Stauhaltung Weisweil) – Fortsetzung.

km		248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700	248,700
Rechtswert		3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152	3400152
Hochwert		5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585	5342585
Kernabschnitt (cm)		0-50	50-103	103-153	153-207	207-257	257-310	310-335	335-360	360-385	385-415
Datum		02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98
LfU-Nr.		116	116	116	116	116	116	116	116	116	116
Art		TS									
Parameter	Dim										
Xenobiotika											
Bisphenol A	µg/kg	n. b.									
Bisphenol F	µg/kg	n. b.									
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.									
2,2',4,4'-Tetrabrom-biphenylether	µg/kg	n. b.									
Hexestrol	µg/kg	n. b.									
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.									
Androsteron	µg/kg	n. b.									
Equilin	µg/kg	n. b.									
Estron	µg/kg	n. b.									
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.									
Testosteron	µg/kg	n. b.									
Mestranol	µg/kg	n. b.									
Norethisteron	µg/kg	n. b.									
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.									
Estriol	µg/kg	n. b.									
Daidzein	µg/kg	n. b.									
β-Sitosterol	µg/kg	n. b.									
Organo-Zinn-Verbindungen											
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.									
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.									
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.									
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.									
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.									
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.									
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.									
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.									
Schwermetalle											
Cd	mg/kg	0,7	1,4	1,3	1,7	1,6	1,5	1,2	1,5	1,5	1,4
Cu	mg/kg	n. b.									
Pb	mg/kg	n. b.									
Ni	mg/kg	n. b.									
Cr	mg/kg	n. b.									
Zn	mg/kg	n. b.									
Hg	mg/kg	0,5	0,8	1,4	2,3	3,8	3,2	2,3	3,4	2,4	2,5
Fe	mg/kg	n. b.									
Mn	mg/kg	n. b.									
Al	mg/kg	n. b.									
As	mg/kg	n. b.									
Sn	mg/kg	n. b.									
Korngröße											
Median (µm)	µm	17,23	21,2	13,3	22,75	20,6	16,44	12,1	20,8	13,6	16,5
MW (µm)	µm	19,21	22,6	15,8	24,12	24,3	19,21	16,2	22,2	14,3	18,5
Bereich (µm)	Anteil										
0,5 - 2,0	%	1,29	0,9	1,6	1,00	1,2	1,12	1,4	0,8	1,5	1,7
2,0 - 6,0	%	15,83	9,7	21,9	12,45	15,7	17,12	22,3	11,9	20,9	16,5
6,0 - 20,0	%	39,62	34,9	44,3	32,72	32,4	41,58	48,5	34,7	49,8	41,3
20,0 - 60,0	%	43,27	54,4	32,1	51,97	47,0	40,11	27,6	52,6	27,8	40,5
60,0-150,0	%	0,00	0,0	0,0	1,86	3,7	0,08	0,2	0,0	0,0	0,0

Tabelle B4: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Tiefensediment aus dem Rhein (Stauhaltung Weisweil) – Fortsetzung.

km		248,700	248,700	248,700	248,700
Rechtswert		3400152	3400152	3400152	3400152
Hochwert		5342585	5342585	5342585	5342585
Kernabschnitt (cm)		415-440	440-465	465-490	490-518
Datum		02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98
LfU-Nr.		116	116	116	116
Art		TS	TS	TS	TS
Parameter Dim					
pH-Wert		n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Redoxspannung	mV	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Trockengewicht	%	57,78	57,05	59,12	58,30
Glühverlust	%	6,7	7,8	6,7	7,5
TC	%	6,4	7,0	6,5	6,8
TIC	%	2,7	2,6	2,5	2,7
TOC	%	3,7	4,4	4,0	4,1
Gesamt-P	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gesamt-CN	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
EOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
MKW	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Chlorierte Insektizide					
Pentachlorbenzol	µg/kg	4,9	48	9,0	19
Hexachlorbenzol	µg/kg	30	200	27	71
Pentachloranisol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Quintozen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
α-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
β-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
γ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
δ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Heptachlor	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Aldrin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Isodrin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Octachlorstyrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
α-Endosulfan	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
p,p'-DDT	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
o,p-DDT	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
p,p'-DDE	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
o,p'-DDE	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
p,p'-DDD	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
o,p'-DDD	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Summe HCH(2)	µg/kg	-	-	-	-
Summe HCH(3)	µg/kg	-	-	-	-
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	-	-	-	-
Summe DDT(6)	µg/kg	-	-	-	-
Polychlorierte Biphenyle					
PCB 28	µg/kg	96	190	19	21
PCB 52	µg/kg	37	68	18	26
PCB 101	µg/kg	22	38	24	29
PCB 118	µg/kg	15	26	14	18
PCB 138	µg/kg	20	32	22	30
PCB 153	µg/kg	15	26	19	25
PCB 170	µg/kg	3,4	8,5	5	7

Tabelle B4: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Tiefensediment aus dem Rhein (Stauhaltung Weisweil) – Fortsetzung.

km		248,700	248,700	248,700	248,700
Rechtswert		3400152	3400152	3400152	3400152
Hochwert		5342585	5342585	5342585	5342585
Kernabschnitt (cm)		415-440	440-465	465-490	490-518
Datum		02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98
LfU-Nr.		116	116	116	116
Art		TS	TS	TS	TS
Parameter	Dim				
Polychlorierte Biphenyle					
PCB 180	µg/kg	7,0	16	9	13
PCB 194	µg/kg	<2	<2	<2	<2
Summe PCB(6)	µg/kg	197,0	370,0	110,8	144,0
Summe PCB(9)	µg/kg	215,4	404,5	129,5	169,4
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe					
Naphthalin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fluoren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Phenanthren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Anthracen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fluoranthren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Pyren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Benz[a]anthracen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Chrysen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Benzo[a]pyren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Benzo[g,h,i]perylen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PAK(6)	µg/kg	-	-	-	-
Summe PAK(10)	µg/kg	-	-	-	-
Summe PAK(12)	µg/kg	-	-	-	-
Summe PAK(16)	µg/kg	-	-	-	-
Xenobiotika					
Moschus-Ambrette	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Tibeten	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Mosken	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Keton	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Xylol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
HHCB	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
DPMI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
ATII	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AHTN	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AHMI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
ADBI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Indometacin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diclofenac	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ibuprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ketoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenofibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Bezafibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Carbamazepin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
iso-Nonylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
n-Oktylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle B4: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Tiefensediment aus dem Rhein (Stauhaltung Weisweil) – Fortsetzung.

km		248,700	248,700	248,700	248,700
Rechtswert		3400152	3400152	3400152	3400152
Hochwert		5342585	5342585	5342585	5342585
Kernabschnitt (cm)		415-440	440-465	465-490	490-518
Datum		02.03.98	02.03.98	02.03.98	02.03.98
LFU-Nr.		116	116	116	116
Art		TS	TS	TS	TS
Parameter	Dim				
Xenobiotika					
Bisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Bisphenol F	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
2,2',4,4'-Tetrabrom-biphenylether	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Hexestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Androsteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Equilin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Testosteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mestranol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Norethisteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estriol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daidzein	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
β-Sitosterol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Organo-Zinn-Verbindungen					
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Schwermetalle					
Cd	mg/kg	1,2	1,7	1,5	1,4
Cu	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Pb	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ni	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Cr	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Zn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Hg	mg/kg	2,2	2,9	2,6	3,1
Fe	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Al	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
As	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Korngröße					
Median (µm)	µm	9,1	22,8	12,0	25,8
MW (µm)	µm	10,8	25,5	15,6	37,1
Bereich (µm)	Anteil				
0,5 - 2,0	%	2,5	0,5	1,8	0,8
2,0 - 6,0	%	29,2	9,0	24,3	12,5
6,0 - 20,0	%	52,9	28,6	43,0	30,1
20,0 - 60,0	%	15,4	62,0	30,9	29,7
60,0-150,0	%	0,0	0,0	0,0	27,0

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg).

km		8,300	18,100	30,900	31,100	39,700	48,000	56,970	61,600	73,700	86,100
Ort		MA-Feudenheim	Schwaubenheim	Neckar-gmünd	Neckar-gmünd	Neckarsteinach	Hirschhorn	Eberbach	Rockenau	Guttenbach	Neckar-zimmern
Rechtswert		3466551	3473784	3483887	3483999	3488629	3493127	3498341	3500364	3504580	3509883
Hochwert		5482448	5478563	5474751	5474629	5473625	5479491	5480860	5477070	5470757	5464256
Datum		08.10.99	24.08.99	08.10.99	13.04.00	07.10.99	07.10.99	25.08.99	07.10.99	07.10.99	06.10.99
Lfu-Nr.		89	57	88	109	84	85	59	86	87	78
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim									
pH-Wert		7	7,4	n. b.	7,2	7,4	7,6	7,2	7,8	7,9	7,1
Redoxspannung	mV	21	40	n. b.	-65	-45	-96	-26	-40	22	-23
Trockengewicht	%	36	68	39	55	40	42	49	35	41	37
Glühverlust	%	8,7	4,1	8,6	4,8	8,0	107	10	8,4	6,7	9,9
TC	%	5,4	3,6	4,9	2,5	5,0	5,3	5,3	4,7	5,1	6,3
TIC	%	1,6	2,2	1,0	0,6	1,3	1,1	2,3	1,5	1,9	1,7
TOC	%	3,8	1,4	3,9	1,9	3,7	4,2	3,0	3,2	3,2	4,6
Gesamt-P	g/kg	2,2	0,9	1,7	1,0	1,4	1,2	1,7	1,4	1,4	1,6
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gesamt-CN ^I	mg/kg	n. b.	<0,05	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,07	n. b.	n. b.	n. b.
AOX	mg/kg	59	n. b.	39	19	38	42	n. b.	38	33	47
EOX	mg/kg	n. b.	<3	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<3	n. b.	n. b.	n. b.
MKW	mg/kg	n. b.	40	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	185	n. b.	n. b.	n. b.
Chlorierte Insektizide											
Pentachlorbenzol	µg/kg	<2	<1	<2	<2	<2	<2	<1	<2	<2	<2
Hexachlorbenzol	µg/kg	<2	<1	<2	75	<2	<2	<1	<2	<2	<2
Pentachloranisol	µg/kg	<2	<1	<2	<2	<2	<2	<1	<2	<2	<2
Quintozen	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2
α-HCH	µg/kg	<2	<1	<2	<2	<2	<2	<1	<2	<2	<2
β-HCH	µg/kg	n. b.	<1	n. b.	<2	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.
γ-HCH	µg/kg	<2	<1	<2	<2	<2	<2	<1	<2	<2	<2
δ-HCH	µg/kg	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.
Heptachlor	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2
Aldrin	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2
Isodrin	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2
Octachlorstyrol	µg/kg	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<2
α-Endosulfan	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2
p,p'-DDT	µg/kg	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<2
o,p'-DDT	µg/kg	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<2
p,p'-DDE	µg/kg	3,3	<5	2,6	<2	<2	<2	<5	<2	<2	2,7
o,p'-DDE	µg/kg	n. b.	<5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	n. b.
p,p'-DDD	µg/kg	6,4	<5	4,4	2,9	4,1	3,4	<5	3,4	3,5	4,6
o,p'-DDD	µg/kg	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<2
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	-	0,0	-	0,0	-	-	0,0	-	-	-
Summe HCH(4)	µg/kg	-	0,0	-	-	-	-	0,0	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	9,7	0,0	7,0	2,9	4,1	3,4	0,0	3,4	3,5	7,3
Summe DDT(6)	µg/kg	-	0,0	-	-	-	-	0,0	-	-	-
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 28	µg/kg	<2	3,0	<2	<2	<2	<2	2,0	<2	<2	<2
PCB 52	µg/kg	<2	3,0	<2	<2	<2	<2	3,0	<2	<2	<2
PCB 101	µg/kg	6,2	4,0	2,6	11	2,3	<2	5,0	<2	<2	3,6
PCB 118	µg/kg	4,5	n. b.	2,8	3,4	2,5	<2	n. b.	2,5	<2	3,0
PCB 138	µg/kg	21	7,0	12	28	8,1	6,9	10	8,6	7,5	10
PCB 153	µg/kg	21	6,0	10	24	7,9	6,2	10	8,1	5,7	9,9
PCB 170	µg/kg	8,0	n. b.	3,6	14	2,5	<2	n. b.	2,4	2,3	3,4

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		8,300	18,100	30,900	31,100	39,700	48,000	56,970	61,600	73,700	86,100
Ort		MA-Feudenheim	Schwanheim	Neckar-gmünd	Neckar-gmünd	Neckarsteinach	Hirschhorn	Eberbach	Rockenau	Guttenbach	Neckar-zimmern
Rechtswert		3466551	3473784	3483887	3483999	3488629	3493127	3498341	3500364	3504580	3509883
Hochwert		5482448	5478563	5474751	5474629	5473625	5479491	5480860	5477070	5470757	5464256
Datum		08.10.99	24.08.99	08.10.99	13.04.00	07.10.99	07.10.99	25.08.99	07.10.99	07.10.99	06.10.99
Lfu-Nr.		89	57	88	109	84	85	59	86	87	78
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim									
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 180	µg/kg	12	4,0	6,2	19	4,7	2,8	7,0	4,6	3,6	6,1
PCB 194	µg/kg	<2	n. b.	<2	2,5	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2
Summe PCB(6)	µg/kg	60	27	31	82	23	16	37	21	17	30
Summe PCB(9)	µg/kg	73	-	37	102	28	16	-	26	19	36
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe											
Naphthalin	µg/kg	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	n. b.	590	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	510	n. b.	n. b.	n. b.
Fluoren	µg/kg	n. b.	20	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	20	n. b.	n. b.	n. b.
Phenanthren	µg/kg	n. b.	200	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	220	n. b.	n. b.	n. b.
Anthracen	µg/kg	n. b.	40	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	30	n. b.	n. b.	n. b.
Fluoranthren	µg/kg	390	780	360	1600	640	270	730	280	570	660
Pyren	µg/kg	360	430	340	1200	540	240	600	250	550	600
Benz[a]anthracen	µg/kg	66	370	61	970	110	41	250	48	120	97
Chrysen	µg/kg	80	190	71	880	120	49	350	58	120	110
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	57	430	53	890	85	36	480	46	100	79
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	21	160	21	730	26	<20	230	<20	45	24
Benzo[a]pyren	µg/kg	20	320	<20	870	31	<20	360	<20	69	<20
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	<20	<100	<20	180	<20	<20	<100	<20	<20	<20
Benzo[g,h,i]perylen	µg/kg	21	320	<20	640	30	<20	200	<20	69	34
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	23	300	21	730	26	<20	290	<20	47	29
Summe PAK(6)	µg/kg	532	2310	455	5460	838	306	2290	326	900	826
Summe PAK(10)	µg/kg	1038	3300	927	8690	1608	636	3490	682	1690	1633
Summe PAK(12)	µg/kg	-	3540	-	-	-	-	3740	-	-	-
Summe PAK(16)	µg/kg	-	4150	-	-	-	-	4270	-	-	-
Xenobiotika											
Moschus-Ambrette	µg/kg	<20	n. b.	<20	<20	<20	<20	n. b.	<20	<20	<20
Moschus-Tibeten	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10
Moschus-Mosken	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10
Moschus-Keton	µg/kg	11	n. b.	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	11	<10
Moschus-Xylol	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10
HHCB	µg/kg	6,2	n. b.	8,9	17	16	<5	n. b.	<5	5,3	7,1
DPMI	µg/kg	<5	n. b.	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5
ATI	µg/kg	<5	n. b.	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5
AHTN	µg/kg	5,8	n. b.	5,6	19	19	<5	n. b.	8,5	<5	5,5
AHMI	µg/kg	<5	n. b.	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5
ADBI	µg/kg	<5	n. b.	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5
Indometacin	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Diclofenac	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Ibuprofen	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Fenoprofen	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Ketoprofen	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Gemfibrozil	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Fenofibrat	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Bezafibrat	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Clofibrinsäure	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Fenofibrinsäure	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Carbamazepin	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Pentoxifyllin	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
iso-Nonylphenol	µg/kg	50	n. b.	26	34	100	29	n. b.	31	28	32
n-Oktylphenol	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		8,300	18,100	30,900	31,100	39,700	48,000	56,970	61,600	73,700	86,100
Ort		MA-Feudenheim	Schwaubenheim	Neckar- gmünd	Neckar- gmünd	Neckar- steinach	Hirsch- horn	Eberbach	Rockenau	Guten- bach	Neckar- zimmern
Rechtswert		3466551	3473784	3483887	3483999	3488629	3493127	3498341	3500364	3504580	3509883
Hochwert		5482448	5478563	5474751	5474629	5473625	5479491	5480860	5477070	5470757	5464256
Datum		08.10.99	24.08.99	08.10.99	13.04.00	07.10.99	07.10.99	25.08.99	07.10.99	07.10.99	06.10.99
Lfu-Nr.		89	57	88	109	84	85	59	86	87	78
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim									
Xenobiotika											
Bisphenol A	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10
Bisphenol F	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	<100	n. b.	<100	n. b.	n. b.	<100	n. b.	<100	<100	<100
2,2',4,4'-Tetrabrom- biphenylether	µg/kg	<500	n. b.	<500	n. b.	n. b.	<500	n. b.	<500	<500	<500
Hexestrol	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Diethylstilbestrol	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Androsteron	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Equilin	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Estron	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
17-β-Estradiol	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Testosteron	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Mestranol	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Norethisteron	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Estriol	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
Daidzein	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	n. b.	<10	<10	<10
β-Sitosterol	µg/kg	290	n. b.	140	500	2200	1000	n. b.	330	220	1.200
Organo-Zinn-Verbindungen											
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	4,2	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	11	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	2,0	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	5,6	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	1,3	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.
Schwermetalle											
Cd	mg/kg	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	0,9	1,0	1,1
Cu	mg/kg	77	103	74	71	73	71	87	61	74	74
Pb	mg/kg	72	72	58	66	70	64	46	57	91	57
Ni	mg/kg	50	36	54	60	55	50	34	43	48	45
Cr	mg/kg	81	61	75	112	85	78	58	70	90	74
Zn	mg/kg	330	300	280	300	300	300	247	270	310	270
Hg	mg/kg	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,7	0,3
Fe	mg/kg	31000	28600	36000	36000	33000	34000	29300	32000	34000	31000
Mn	mg/kg	940	730	820	1000	980	1100	585	1100	1100	770
Al	mg/kg	35000	n. b.	39000	40000	38000	37000	n. b.	34000	36000	35000
As	mg/kg	11	11	13	13	11	11	8,7	10	13	11
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Korngröße											
Median (µm)	µm	7,7	40,2	19,9	14,8	12,5	8,4	6,1	6,6	9,1	6,9
MW (µm)	µm	9,7	36,8	24,9	23,5	14,9	11,5	8,0	7,9	12,4	7,5
Bereich (µm)		Anteil									
0,5 - 2,0	%	2,3	2,4	1,5	1,0	1,2	2,0	3,2	2,7	2,1	2,6
2,0 - 6,0	%	28,9	16,3	16,0	14,1	16,1	32,9	45,3	41,0	23,8	36,5
6,0 - 20,0	%	62,7	7,3	32,7	40,7	53,1	47,7	50,5	52,6	56,3	60,9
20,0 - 60,0	%	6,1	48,8	48,9	40,4	29,6	17,4	1,0	3,7	17,8	0,0
60,0-150,0	%	0,0	25,2	0,9	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		94,100	104,100	104,150	104,200	104,200	111,450	114,300	118,000	125,500	125,500
Ort		Gundelsheim	Kochendorf	Kochendorf	Kochendorf	Kochendorf	Heilbronn	Heilbronn	Horkheim	Lauffen	Lauffen
Rechtswert		3511266	3515376	3515411	3515432	3515455	3515231	3514647	3511810	3512137	3512130
Hochwert		5460285	5453154	5453122	5453104	5453082	5447477	5443831	5441971	5436937	5436944
Datum		06.10.99	06.10.99	23.03.99	30.11.98	25.08.99	06.10.99	06.10.99	06.10.99	30.11.98	21.06.99
Lfu-Nr.		79	80	S33	27	63	81	82	83	20	35
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim										
pH-Wert		7,4	7,5	6,9	6,5	7,2	7,6	7,8	7,6	n. b.	n. b.
Redoxspannung	mV	-59	-47	-63	30	-28	-66	-50	-25	n. b.	n. b.
Trockengewicht	%	33	43	52	55	55	52	57	39	27	45
Glühverlust	%	9,2	7,4	7,8	n. b.	8,5	5,2	3,3	8,0	n. b.	8,4
TC	%	6,2	5,3	5,6	5,6	5,1	4,9	3,5	5,4	7,4	5,8
TIC	%	2,3	1,7	2,2	1,8	2,2	2,2	1,6	1,6	1,9	1,8
TOC	%	3,9	3,6	3,4	3,8	2,9	2,7	1,9	3,8	5,5	4,0
Gesamt-P	g/kg	3,1	1,8	1,3	1,8	1,6	1,8	1,1	1,6	1,8	1,6
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gesamt-CN ^I	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,08	n. b.				
AOX	mg/kg	54	33	28	34	n. b.	31	27	38	60	51
EOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<3	n. b.				
MKW	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	150	n. b.				
Chlorierte Insektizide											
Pentachlorbenzol	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<1	<2	<2	<2	<2	<2
Hexachlorbenzol	µg/kg	2,3	<2	2,7	<2	<1	<2	<2	<2	2,8	<2
Pentachloranisol	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<1	<2	<2	<2	<2	<2
Quintozen	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2
α-HCH	µg/kg	4,0	<2	<2	<2	<1	<2	<2	<2	<2	<2
β-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<2	<1	n. b.	n. b.	n. b.	<2	n. b.
γ-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<1	<2	<2	<2	<2	<2
δ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.				
Heptachlor	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2
Aldrin	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2
Isodrin	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2
Octachlorstyrol	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<2
α-Endosulfan	µg/kg	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2
p,p'-DDT	µg/kg	11	<2	<2	2,3	<5	<2	<2	<2	<2	<2
o,p'-DDT	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<2
p,p'-DDE	µg/kg	7,0	2,6	<2	2,1	<5	<2	<2	<2	<2	<2
o,p'-DDE	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.				
p,p'-DDD	µg/kg	11	5,1	11	<2	<5	5,4	2,9	4,7	<2	5,5
o,p'-DDD	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<2
Summe HCH(2)	µg/kg	4,0	0,0								
Summe HCH(3)	µg/kg	-	-	-	0,0	0,0	-	-	-	0,0	-
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	29	7,7	11	4,4	0,0	5,4	2,9	4,7	0,0	5,5
Summe DDT(6)	µg/kg	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 28	µg/kg	75	<2	<2	<2	2,0	2,3	<2	2,7	<2	<2
PCB 52	µg/kg	38	<2	3,1	<2	2,0	2,3	<2	<2	<2	<2
PCB 101	µg/kg	20	2,6	6,9	5,1	5,0	6,0	5,8	4,7	4,9	<2
PCB 118	µg/kg	15	2,9	7,3	<2	n. b.	3,4	2,2	2,9	<2	2,8
PCB 138	µg/kg	28	12	36	10	11	12	6,5	11	11	13
PCB 153	µg/kg	35	10	36	6,4	10	11	6,3	9,7	9,0	12
PCB 170	µg/kg	9,8	2,8	14	<2	n. b.	2,7	<2	3,0	4,1	4,4

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		94,100	104,100	104,150	104,200	104,200	111,450	114,300	118,000	125,500	125,500
Ort		Gundelsheim	Kochendorf	Kochendorf	Kochendorf	Kochendorf	Heilbronn	Heilbronn	Horkheim	Lauffen	Lauffen
Rechtswert		3511266	3515376	3515411	3515432	3515455	3515231	3514647	3511810	3512137	3512130
Hochwert		5460285	5453154	5453122	5453104	5453082	5447477	5443831	5441971	5436937	5436944
Datum		06.10.99	06.10.99	23.03.99	30.11.98	25.08.99	06.10.99	06.10.99	06.10.99	30.11.98	21.06.99
Lfu-Nr.		79	80	S33	27	63	81	82	83	20	35
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim									
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 180	µg/kg	16	5,5	21	4,1	7,0	5,6	<2	5,6	7,0	5,7
PCB 194	µg/kg	2,8	<2	3,1	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2
Summe PCB(6)	µg/kg	212	30	103	26	37	39	19	34	32	31
Summe PCB(9)	µg/kg	240	36	127	26	-	45	21	40	36	38
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe											
Naphthalin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	700	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fluoren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	30	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Phenanthren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	380	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Anthracen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	60	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fluoranthren	µg/kg	310	1800	2900	2800	1160	1300	320	1400	1300	570
Pyren	µg/kg	320	1400	2600	2100	1020	1100	280	1100	970	520
Benz[a]anthracen	µg/kg	41	530	1200	1300	520	170	68	250	490	92
Chrysen	µg/kg	56	700	1400	1400	240	230	82	260	480	99
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	36	470	910	1500	650	160	66	190	550	82
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	<20	320	570	680	350	60	31	73	300	29
Benzo[a]pyren	µg/kg	<20	260	1000	1200	540	33	<20	31	450	27
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	<20	52	110	220	<100	20	<20	34	<100	<20
Benzo[g,h,i]perylen	µg/kg	<20	260	690	690	220	72	29	80	290	40
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	<20	250	630	640	480	56	33	64	240	38
Summe PAK(6)	µg/kg	346	3360	6700	7510	3400	1681	479	1838	3130	786
Summe PAK(10)	µg/kg	763	6042	12010	12530	5180	3201	909	3482	5070	1497
Summe PAK(12)	µg/kg	-	-	-	-	5620	-	-	-	-	-
Summe PAK(16)	µg/kg	-	-	-	-	6350	-	-	-	-	-
Xenobiotika											
Moschus-Ambrette	µg/kg	<20	<20	<20	<20	n. b.	<20	<20	<20	<20	<20
Moschus-Tibeten	µg/kg	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10
Moschus-Mosken	µg/kg	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10
Moschus-Keton	µg/kg	11	<10	12	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	11
Moschus-Xylol	µg/kg	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10
HHCB	µg/kg	<5	<5	28	15	n. b.	8,1	<5	14	15	8,1
DPMI	µg/kg	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5	<5	<5
ATI	µg/kg	<5	<5	5,4	<5	n. b.	<5	<5	<5	<5	<5
AHTN	µg/kg	7,8	<5	14	9	n. b.	6,5	13	16	5	<5
AHMI	µg/kg	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5	<5	<5
ADBI	µg/kg	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5	<5	<5
Indometacin	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Diclofenac	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Ibuprofen	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Fenoprofen	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Ketoprofen	µg/kg	<10	n. b.	150	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Gemfibrozil	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Fenofibrat	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Bezafibrat	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Clofibrinsäure	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Fenofibrinsäure	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Carbamazepin	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Pentoxifyllin	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
iso-Nonylphenol	µg/kg	140	74	85	27	n. b.	53	83	54	37	<20
n-Oktylphenol	µg/kg	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		94,100	104,100	104,150	104,200	104,200	111,450	114,300	118,000	125,500	125,500
Ort		Gundelsheim	Kochendorf	Kochendorf	Kochendorf	Kochendorf	Heilbronn	Heilbronn	Horkheim	Lauffen	Lauffen
Rechtswert		3511266	3515376	3515411	3515432	3515455	3515231	3514647	3511810	3512137	3512130
Hochwert		5460285	5453154	5453122	5453104	5453082	5447477	5443831	5441971	5436937	5436944
Datum		06.10.99	06.10.99	23.03.99	30.11.98	25.08.99	06.10.99	06.10.99	06.10.99	30.11.98	21.06.99
Lfu-Nr.		79	80	S33	27	63	81	82	83	20	35
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim									
Xenobiotika											
Bisphenol A	µg/kg	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10
Bisphenol F	µg/kg	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	<100	n. b.	<100	n. b.	n. b.	<100	<100	<100	n. b.	<100
2,2',4,4'-Tetrabrombiphenylether	µg/kg	<500	n. b.	<500	n. b.	n. b.	<500	<500	<500	n. b.	<500
Hexestrol	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Diethylstilbestrol	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Androsteron	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Equilin	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Estron	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
17-β-Estradiol	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Testosteron	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Mestranol	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Norethisteron	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Estriol	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
Daidzein	µg/kg	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10
β-Sitosterol	µg/kg	150	110	2000	1600	n. b.	500	620	590	730	280
Organo-Zinn-Verbindungen											
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	8,0	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	5,5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	1,1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Schwermetalle											
Cd	mg/kg	36	1,2	1,3	1,3	1,0	1,8	1,9	1,4	0,9	1,0
Cu	mg/kg	119	93	64	79	152	94	104	75	66	82
Pb	mg/kg	101	73	64	61	84	78	85	59	54	66
Ni	mg/kg	52	51	46	51	33	46	50	46	51	51
Cr	mg/kg	165	93	76	86	59	86	101	81	73	78
Zn	mg/kg	430	320	335	307	363	360	360	260	241	280
Hg	mg/kg	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
Fe	mg/kg	29000	34000	32600	31200	29800	34000	36000	33000	32400	35000
Mn	mg/kg	990	900	721	628	561	800	1000	620	819	640
Al	mg/kg	36000	36000	32600	35100	n. b.	34000	37000	35000	36200	40000
As	mg/kg	10	11	12	12	9,6	8,5	19	12	14	13
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Korngröße											
Median (µm)	µm	5,8	9,4	10,1	7,1	6,4	10,1	8,0	9,2	n. b.	6,8
MW (µm)	µm	6,8	13,3	13,4	9,6	7,9	13,9	11,7	13,1	n. b.	9,1
Bereich (µm)		Anteil									
0,5 - 2,0	%	3,5	1,6	1,7	1,9	1,1	0,9	2,1	1,9	n. b.	1,7
2,0 - 6,0	%	50,9	25,5	25,9	37,8	44,6	25,1	29,9	34,7	n. b.	35,9
6,0 - 20,0	%	45,7	53,0	45,2	51,6	54,3	51,2	46,8	38,9	n. b.	51,4
20,0 - 60,0	%	0,0	20,0	27,2	8,8	0,0	22,8	21,3	24,5	n. b.	11,0
60,0-150,0	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n. b.	0,0

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,5	125,5	125,5	125,5	127,300
Ort		Lauffen									
Rechtswert		3512122	3512114	3512107	3512098	3512092	3512084	3512077	3512070	3512062	3512964
Hochwert		5436952	5436960	5436968	5436975	5436982	5436989	5436997	5437005	5437013	5436175
Datum		26.08.99	05.10.99	09.03.00	04.04.00	10.05.00	06.06.00	04.07.00	29.08.00	26.09.00	23.03.99
LfU-Nr.		61	67	105	108	113	114	121	122	123	S1
Art		OS									
Parameter Dim											
pH-Wert		7,1	7,3	7,0	7,4	6,5	7,4	6,8	7,2	5,7	n. b.
Redoxspannung	mV	-20	-55	-21	-22	80	-102	-140	-136	-97	n. b.
Trockengewicht	%	46	45	46	45	41	37	33	52	48	45
Glühverlust	%	11	9,1	6,3	7,4	8,1	11	12	8,7	n. b.	11
TC	%	6,2	6,1	4,8	5,1	4,3	6,1	6,7	4,7	n. b.	6,3
TIC	%	1,9	1,7	1,5	1,5	1,1	1,3	1,4	1,4	n. b.	1,8
TOC	%	4,3	4,4	3,3	3,6	3,2	4,8	5,3	3,3	2,0	4,5
Gesamt-P	g/kg	1,6	1,8	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	1,4	n. b.	1,5
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	41	n. b.	39	n. b.	n. b.	40	n. b.
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	14	n. b.	13	n. b.	n. b.	13	n. b.
S	g/kg	n. b.	n. b.	0,9	0,9	2,5	1,1	0,9	1,0	0,9	n. b.
Gesamt-CN ⁻	mg/kg	0,08	n. b.								
AOX	mg/kg	n. b.	55	31	33	41	42	44	26	92	60
EOX	mg/kg	<3	n. b.								
MKW	mg/kg	50	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	485	n. b.	n. b.	150	n. b.
Chlorierte Insektizide											
Pentachlorbenzol	µg/kg	<1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2
Hexachlorbenzol	µg/kg	<1	<2	<2	<2	<2	6,3	2,2	<2	3,0	<2
Pentachloranisol	µg/kg	<1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2
Quintozen	µg/kg	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2
α-HCH	µg/kg	<1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
β-HCH	µg/kg	<1	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	n. b.
γ-HCH	µg/kg	<1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	1,3	<2
δ-HCH	µg/kg	<1	n. b.								
Heptachlor	µg/kg	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2
Aldrin	µg/kg	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2
Isodrin	µg/kg	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2
Octachlorstyrol	µg/kg	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2
α-Endosulfan	µg/kg	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2
p,p'-DDT	µg/kg	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	3,8	<2
o,p'-DDT	µg/kg	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0,8	<2
p,p'-DDE	µg/kg	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2,4	<2
o,p'-DDE	µg/kg	<5	n. b.	1,0	n. b.						
p,p'-DDD	µg/kg	<5	5,5	<2	2,4	<2	<2	<2	<2	<2	5,8
o,p'-DDD	µg/kg	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0,6	2,4
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
Summe HCH(4)	µg/kg	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	0,0	5,5	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	5,8
Summe DDT(6)	µg/kg	0,0	-	-	-	-	-	-	-	8,5	-
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 28	µg/kg	2,0	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2,2	<2
PCB 52	µg/kg	3,0	2,5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	3,3	2,1
PCB 101	µg/kg	5,0	3,9	3,6	9,4	3,4	3,6	3,6	3,0	6,5	3,9
PCB 118	µg/kg	n. b.	5,2	<2	2,9	<2	<2	<2	<2	2,9	3,2
PCB 138	µg/kg	11	15	10	25	8,7	8,9	8,4	8,2	17	15
PCB 153	µg/kg	8,0	14	8,2	22	7,6	7,5	7,0	6,6	14	14
PCB 170	µg/kg	n. b.	4,4	4,4	12	3,6	3,2	3,1	4,2	n. b.	3,1

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,5	125,5	125,5	125,5	127,300
Ort		Lauffen									
Rechtswert		3512122	3512114	3512107	3512098	3512092	3512084	3512077	3512070	3512062	3512964
Hochwert		5436952	5436960	5436968	5436975	5436982	5436989	5436997	5437005	5437013	5436175
Datum		26.08.99	05.10.99	09.03.00	04.04.00	10.05.00	06.06.00	04.07.00	29.08.00	26.09.00	23.03.99
Lfu-Nr.		61	67	105	108	113	114	121	122	123	S1
Art		OS									
Parameter Dim											
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 180	µg/kg	5,0	8,2	7,4	17	6,4	6,1	6,1	6,4	9,9	7,2
PCB 194	µg/kg	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	n. b.	<2
Summe PCB(6)	µg/kg	34	44	29	73	26	26	25	24	53	42
Summe PCB(9)	µg/kg	-	53	34	88	30	29	28	28	-	49
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe											
Naphthalin	µg/kg	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	290	n. b.	n. b.	210	n. b.
Acenaphthylen	µg/kg	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<20	n. b.	n. b.	<20	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	690	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	170	n. b.	n. b.	190	n. b.
Fluoren	µg/kg	30	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	170	n. b.	n. b.	<20	n. b.
Phenanthren	µg/kg	310	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	390	n. b.	n. b.	410	n. b.
Anthracen	µg/kg	60	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	100	n. b.	n. b.	90	n. b.
Fluoranthren	µg/kg	1100	1800	1400	1100	650	720	540	1100	1910	2000
Pyren	µg/kg	760	1500	1100	840	550	580	430	810	1360	1600
Benz[a]anthracen	µg/kg	420	270	650	360	220	250	200	350	1120	1100
Chrysen	µg/kg	230	270	420	370	210	250	180	340	1000	1200
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	550	190	600	320	270	220	180	320	930	1100
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	290	66	340	180	110	93	100	190	510	640
Benzo[a]pyren	µg/kg	560	66	500	300	240	230	200	100	940	960
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	<100	<20	55	<20	35	<20	27	25	80	220
Benzo[g,h,i]perylene	µg/kg	270	69	380	160	180	190	140	200	360	680
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	350	43	320	130	140	140	100	180	640	820
Summe PAK(6)	µg/kg	3120	2234	3540	2190	1590	1593	1260	2090	5290	6200
Summe PAK(10)	µg/kg	4530	4274	5765	3760	2605	2673	2097	3615	8850	10320
Summe PAK(12)	µg/kg	4900	-	-	-	-	3163	-	-	9350	-
Summe PAK(16)	µg/kg	5620	-	-	-	-	3793	-	-	9750	-
Xenobiotika											
Moschus-Ambrette	µg/kg	n. b.	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	n. b.	<20
Moschus-Tibeten	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10
Moschus-Mosken	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10
Moschus-Keton	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	n. b.	13
Moschus-Xylol	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10
HHCB	µg/kg	n. b.	6,0	24	26	19	24	34	15	n. b.	110
DPMI	µg/kg	n. b.	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5
ATII	µg/kg	n. b.	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	n. b.	22
AHTN	µg/kg	n. b.	5	8	9	8	16	9	6	n. b.	110
AHMI	µg/kg	n. b.	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5
ADBI	µg/kg	n. b.	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	n. b.	<5
Indometacin	µg/kg	n. b.	<10								
Diclofenac	µg/kg	n. b.	<10								
Ibuprofen	µg/kg	n. b.	<10								
Fenoprofen	µg/kg	n. b.	<10								
Ketoprofen	µg/kg	n. b.	140								
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.	<10								
Fenofibrat	µg/kg	n. b.	<10								
Bezafibrat	µg/kg	n. b.	<10								
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.	<10								
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.	<10								
Carbamazepin	µg/kg	n. b.	<10								
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.	<10								
iso-Nonylphenol	µg/kg	n. b.	63	39	37	42	36	43	31	n. b.	130
n-Oktylphenol	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,5	125,5	125,5	125,5	127,300
Ort		Lauffen									
Rechtswert		3512122	3512114	3512107	3512098	3512092	3512084	3512077	3512070	3512062	3512964
Hochwert		5436952	5436960	5436968	5436975	5436982	5436989	5436997	5437005	5437013	5436175
Datum		26.08.99	05.10.99	09.03.00	04.04.00	10.05.00	06.06.00	04.07.00	29.08.00	26.09.00	23.03.99
LfU-Nr.		61	67	105	108	113	114	121	122	123	S1
Art		OS									
Parameter Dim											
Xenobiotika											
Bisphenol A	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10
Bisphenol F	µg/kg	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	n. b.	<10
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.	<100								
2,2',4,4'-Tetrabrom-biphenylether	µg/kg	n. b.	<500								
Hexestrol	µg/kg	n. b.	<10								
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.	<10								
Androsteron	µg/kg	n. b.	<10								
Equilin	µg/kg	n. b.	<10								
Estron	µg/kg	n. b.	<10								
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.	<10								
Testosteron	µg/kg	n. b.	<10								
Mestranol	µg/kg	n. b.	<10								
Norethisteron	µg/kg	n. b.	<10								
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.	<10								
Estriol	µg/kg	n. b.	<10								
Daidzein	µg/kg	n. b.	<10								
β-Sitosterol	µg/kg	n. b.	390	290	510	170	840	830	500	n. b.	3.600
Organo-Zinn-Verbindungen											
Monobutylzinn	µg Sn/kg	13	n. b.								
Dibutylzinn	µg Sn/kg	6,8	n. b.								
Tributylzinn	µg Sn/kg	1,2	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	2,0	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	<1	n. b.								
Monooctylzinn	µg Sn/kg	1,1	n. b.								
Diocetylzinn	µg Sn/kg	1,0	n. b.								
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	<1	n. b.								
Triphenylzinn	µg Sn/kg	<1	n. b.								
Schwermetalle											
Cd	mg/kg	0,9	1,1	1,1	0,8	0,9	0,9	0,9	1,6	0,1	0,9
Cu	mg/kg	98	85	92	74	85	89	97	111	86	64
Pb	mg/kg	47	69	73	56	60	64	68	88	50	57
Ni	mg/kg	31	53	53	52	59	52	55	62	42	43
Cr	mg/kg	53	84	98	92	121	89	101	128	85	65
Zn	mg/kg	263	290	320	230	250	300	310	410	285	296
Hg	mg/kg	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,2	0,2
Fe	mg/kg	29400	34000	36000	31000	31000	34000	38000	42000	30000	29700
Mn	mg/kg	512	700	660	580	600	670	770	770	472	658
Al	mg/kg	n. b.	36000	37000	33000	35000	38000	44000	48000	46000	29500
As	mg/kg	11	13	13	11	10	13	14	15	10	11
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<BG	n. b.	<BG	n. b.	n. b.	<BG	n. b.
Korngröße											
Median (µm)	µm	8,7	11,6	16,9	7,6	7,8	20,6	12,8	6,1	9,3	10,5
MW (µm)	µm	11,2	14,0	28,0	10,9	10,3	25,2	18,6	7,6	13,1	15,2
Bereich (µm) Anteil											
0,5 - 2,0	%	3,4	0,7	1,8	1,7	1,4	1,0	2,2	2,4	2,2	2,7
2,0 - 6,0	%	33,5	19,1	11,9	35,6	28,6	15,2	23,5	46,3	30,2	25,2
6,0 - 20,0	%	41,9	58,3	40,0	49,9	59,7	33,0	37,9	48,2	49,8	44,5
20,0 - 60,0	%	21,2	22,0	27,9	12,5	10,3	43,2	36,4	3,1	17,9	27,6
60,0-150,0	%	0,0	0,0	18,4	0,4	0,0	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		137,050	137,000	143,600	150,600	165,400	165,400	165,400	172,300	177,000	183,000
Ort		Besigheim	Besigheim	Hessigheim	Pleidelsheim	Poppenweiler	Poppenweiler	Poppenweiler	Aldingen	Hofen	Cannstadt
Rechtswert		3511055	3511023	3514219	3514220	3518635	3518614	3518603	3518845	3515738	3515731
Hochwert		5429285	5429298	5429103	5424341	5419433	5419439	5419440	5414031	5411067	5406744
Datum		05.10.99	19.10.99	05.10.99	05.10.99	05.10.99	19.10.99	22.03.99	05.10.99	05.10.99	05.10.99
Lfu-Nr.		69	90	70	71	68	92	S2	72	73	74
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim										
pH-Wert		7,3	7,2	7,2	7,4	7,4	7,2	n. b.	7,5	7,4	7,6
Redoxspannung	mV	-66	-13	-55	-53	-60	12	n. b.	-85	-63	-27
Trockengewicht	%	45	54	35	44	39	64	59	34	44	40
Glühverlust	%	7,3	n. b.	9,4	8,2	7,9	n. b.	9,3	9,3	7,9	8,4
TC	%	5,2	5,1	6,1	5,5	5,4	4,9	6,4	6,2	5,6	6,2
TIC	%	1,7	2,3	1,8	1,8	1,8	2,3	1,5	2,2	2,5	2,4
TOC	%	3,5	2,8	4,3	3,7	3,6	2,6	4,9	4,0	3,1	3,8
Gesamt-P	g/kg	1,4	1,4	1,7	1,5	1,6	1,1	1,7	2,1	1,4	1,7
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gesamt-CN ^I	mg/kg	n. b.	0,07	n. b.	n. b.	n. b.	0,07	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AOX	mg/kg	30	n. b.	69	31	34	n. b.	38	54	35	51
EOX	mg/kg	n. b.	<3	n. b.	n. b.	n. b.	<3	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
MKW	mg/kg	n. b.	90	n. b.	n. b.	n. b.	30	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Chlorierte Insektizide											
Pentachlorbenzol	µg/kg	<2	<1	<2	<2	<2	<1	<2	<2	<2	<2
Hexachlorbenzol	µg/kg	<2	<1	<2	<2	<2	<1	<2	<2	2,7	<2
Pentachloranisol	µg/kg	<2	<1	<2	<2	<2	<1	<2	<2	<2	<2
Quintozen	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2
α-HCH	µg/kg	<2	<1	<2	<2	<2	<1	<2	<2	<2	<2
β-HCH	µg/kg	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
γ-HCH	µg/kg	<2	<1	<2	<2	<2	<1	<2	<2	<2	<2
δ-HCH	µg/kg	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Heptachlor	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2
Aldrin	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2
Isodrin	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2
Octachlorstyrol	µg/kg	<2	<5	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<2
α-Endosulfan	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2
p,p'-DDT	µg/kg	<2	<5	4,0	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<2
o,p'-DDT	µg/kg	<2	<5	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<2
p,p'-DDE	µg/kg	<2	<5	2,3	<2	<2	<5	<2	<2	<2	9,5
o,p'-DDE	µg/kg	n. b.	<5	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
p,p'-DDD	µg/kg	9,9	<5	5,0	5,7	3,9	<5	7,4	5,7	12	14
o,p'-DDD	µg/kg	<2	<5	<2	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<2
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	-	0,0	-	-	-	0,0	-	-	-	-
Summe HCH(4)	µg/kg	-	0,0	-	-	-	0,0	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	9,9	0,0	11	5,7	3,9	0,0	7,4	5,7	12	24
Summe DDT(6)	µg/kg	-	0,0	-	-	-	0,0	-	-	-	-
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 28	µg/kg	<2	1,0	<2	<2	<2	11	<2	<2	<2	<2
PCB 52	µg/kg	<2	1,0	<2	<2	2,3	11	<2	4,7	5,5	4,8
PCB 101	µg/kg	<2	4,0	<2	2,3	4,4	6,0	3,0	7,2	29	14
PCB 118	µg/kg	2,6	n. b.	3,8	3,0	3,7	n. b.	2,9	7,1	12	7,9
PCB 138	µg/kg	10	6,0	12	12	13	8,0	13	20	68	30
PCB 153	µg/kg	10	5,0	12	11	12	6,0	12	19	70	33
PCB 170	µg/kg	2,9	n. b.	4,0	4,0	3,9	n. b.	3,0	6,7	24	10

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		137,050	137,000	143,600	150,600	165,400	165,400	165,400	172,300	177,000	183,000
Ort		Besigheim	Besigheim	Hessigheim	Pleidelsheim	Poppenweiler	Poppenweiler	Poppenweiler	Aldingen	Hofen	Cannstadt
Rechtswert		3511055	3511023	3514219	3514220	3518635	3518614	3518603	3518845	3515738	3515731
Hochwert		5429285	5429298	5429103	5424341	5419433	5419439	5419440	5414031	5411067	5406744
Datum		05.10.99	19.10.99	05.10.99	05.10.99	05.10.99	19.10.99	22.03.99	05.10.99	05.10.99	05.10.99
LfU-Nr.		69	90	70	71	68	92	S2	72	73	74
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim									
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 180	µg/kg	5,2	4,0	6,8	5,1	6,6	6,0	5,4	9,7	36	17
PCB 194	µg/kg	<2	n. b.	<2	<2	<2	n. b.	<2	<2	4,6	2,0
Summe PCB(6)	µg/kg	25	21	31	30	38	48	33	61	209	99
Summe PCB(9)	µg/kg	31	-	39	37	46	-	39	74	249	119
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe											
Naphthalin	µg/kg	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	n. b.	530	n. b.	n. b.	n. b.	950	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fluoren	µg/kg	n. b.	<10	n. b.	n. b.	n. b.	60	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Phenanthren	µg/kg	n. b.	400	n. b.	n. b.	n. b.	370	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Anthracen	µg/kg	n. b.	60	n. b.	n. b.	n. b.	70	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fluoranthren	µg/kg	300	850	290	520	390	1100	1600	430	1200	1400
Pyren	µg/kg	270	610	270	480	350	780	1100	410	1200	1200
Benz[a]anthracen	µg/kg	43	240	38	80	60	420	660	59	180	170
Chrysen	µg/kg	54	380	50	87	78	480	720	77	210	270
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	38	280	40	67	51	500	580	77	120	180
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	<20	130	<20	29	22	210	410	21	54	45
Benzo[a]pyren	µg/kg	<20	310	<20	<20	<20	450	530	<20	24	25
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	<20	<100	<20	<20	<20	<100	110	<20	<20	21
Benzo[g,h,i]perylen	µg/kg	<20	160	<20	25	<20	400	380	35	60	93
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	20	170	<20	32	<20	240	420	31	33	60
Summe PAK(6)	µg/kg	358	1900	330	673	463	2900	3920	594	1491	1803
Summe PAK(10)	µg/kg	725	3130	688	1320	951	4580	6510	1140	3081	3464
Summe PAK(12)	µg/kg	-	3590	-	-	-	5020	-	-	-	-
Summe PAK(16)	µg/kg	-	4120	-	-	-	6030	-	-	-	-
Xenobiotika											
Moschus-Ambrette	µg/kg	<20	n. b.	<20	<20	<20	n. b.	<20	<20	<20	<20
Moschus-Tibeten	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	8
Moschus-Mosken	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10
Moschus-Keton	µg/kg	<10	n. b.	11	12	<10	n. b.	11	13	<10	12
Moschus-Xylol	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10
HHCB	µg/kg	<5	n. b.	5,7	<5	10	n. b.	110	11	5,4	<5
DPMI	µg/kg	<5	n. b.	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5	<5
ATI	µg/kg	<5	n. b.	<5	<5	<5	n. b.	19	<5	<5	<5
AHTN	µg/kg	<5	n. b.	<5	<5	<5	n. b.	180	<5	7,5	6,6
AHMI	µg/kg	<5	n. b.	<5	<5	<5	n. b.	5,1	<5	<5	<5
ADBI	µg/kg	<5	n. b.	<5	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5	<5
Indometacin	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Diclofenac	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Ibuprofen	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Fenoprofen	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Ketoprofen	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	67	<10	<10	<10
Gemfibrozil	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Fenofibrat	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Bezafibrat	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Clofibrinsäure	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Fenofibrinsäure	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Carbamazepin	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Pentoxifyllin	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
iso-Nonylphenol	µg/kg	27	n. b.	<20	27	59	n. b.	210	37	30	<20
n-Oktylphenol	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		137,050	137,000	143,600	150,600	165,400	165,400	165,400	172,300	177,000	183,000
Ort		Besigheim	Besigheim	Hessigheim	Pleidelsheim	Poppenweiler	Poppenweiler	Poppenweiler	Aldingen	Hofen	Cannstadt
Rechtswert		3511055	3511023	3514219	3514220	3518635	3518614	3518603	3518845	3515738	3515731
Hochwert		5429285	5429298	5429103	5424341	5419433	5419439	5419440	5414031	5411067	5406744
Datum		05.10.99	19.10.99	05.10.99	05.10.99	05.10.99	19.10.99	22.03.99	05.10.99	05.10.99	05.10.99
Lfu-Nr.		69	90	70	71	68	92	S2	72	73	74
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim									
Xenobiotika											
Bisphenol A	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10
Bisphenol F	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	<100	n. b.	<100	<100	n. b.	n. b.	<100	<100	<100	<100
2,2',4,4'-Tetrabrombiphenylether	µg/kg	<500	n. b.	<500	<500	n. b.	n. b.	<500	<500	<500	<500
Hexestrol	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Diethylstilbestrol	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Androsteron	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Equilin	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Estron	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
17-β-Estradiol	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Testosteron	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Mestranol	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Norethisteron	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	28	<10	<10
Estriol	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
Daidzein	µg/kg	<10	n. b.	<10	<10	n. b.	n. b.	<10	<10	<10	<10
β-Sitosterol	µg/kg	130	n. b.	95	710	540	n. b.	4.300	1.400	1.300	220
Organo-Zinn-Verbindungen											
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	8,9	n. b.	n. b.	n. b.	6,5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	4,2	n. b.	n. b.	n. b.	3,0	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.	1,4	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	1,4	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	1,4	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Schwermetalle											
Cd	mg/kg	0,7	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	1,1	0,7	0,7	2,3
Cu	mg/kg	78	129	79	72	99	120	96	97	83	104
Pb	mg/kg	56	57	53	57	64	50	73	58	57	84
Ni	mg/kg	48	36	45	48	58	35	54	46	49	47
Cr	mg/kg	79	58	73	73	80	53	74	71	65	118
Zn	mg/kg	290	294	270	260	350	289	406	320	300	360
Hg	mg/kg	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5	0,4	3,0
Fe	mg/kg	34000	30600	34000	35000	37000	30300	37100	32000	35000	31000
Mn	mg/kg	670	477	640	730	600	439	771	550	500	610
Al	mg/kg	39000	n. b.	39000	39000	40000	n. b.	38500	34000	36000	35000
As	mg/kg	12	8,2	12	23	14	9,9	14	13	14	12
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Korngröße											
Median (µm)	µm	18,8	7,2	12,4	7,5	8,6	6,7	n. b.	7,1	8,2	6,4
MW (µm)	µm	20,2	10,3	15,4	8,4	10,5	10,1	n. b.	7,8	9,7	9,2
Bereich (µm)		Anteil									
0,5 - 2,0	%	0,9	2,7	0,9	2,6	1,8	2,2	n. b.	1,5	2,7	3,2
2,0 - 6,0	%	15,8	37,2	25,3	32,2	27,7	41,2	n. b.	39,0	25,5	43,3
6,0 - 20,0	%	35,9	45,7	37,8	61,1	62,8	43,8	n. b.	59,5	63,0	42,8
20,0 - 60,0	%	46,3	14,5	36,1	4,1	7,7	12,8	n. b.	0,0	8,8	10,7
60,0-150,0	%	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n. b.	0,0	0,0	0,0

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		186,900	190,000	195,600	199,800	199,900	200,000	200,000	243,000
Ort		Untertürkheim	Obertürkheim	Esslingen	Deizisau	Deizisau	Deizisau	Deizisau	Kirchentellinsfurt
Rechtswert		3518554	3519741	3524480	3528493	3528479	3528700	3528688	3510492
Hochwert		5404141	5401247	5398575	5397781	5397781	5397824	5397820	5377363
Datum		05.10.99	05.10.99	05.10.99	20.10.99	01.12.98	20.10.99	05.10.99	08.04.99
LfU-Nr.		75	76	77	96	23	94	66	24
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim								
pH-Wert		7,6	7,4	7,3	7,5	6,4	7,2	7,1	6,8
Redoxspannung	mV	-9	38	46	-24	-45	-18	-56	75
Trockengewicht	%	35	37	44	41	46	36	30	70
Glühverlust	%	11	10	8,0	n. b.	n. b.	n. b.	13	9,5
TC	%	6,8	6,6	5,9	7,4	5,6	7,5	7,9	7,4
TIC	%	2,1	2,1	2,1	3,1	2,2	2,1	1,9	2,8
TOC	%	4,7	4,5	3,8	4,3	3,4	5,4	6,0	4,6
Gesamt-P	g/kg	1,7	1,7	1,4	1,5	1,8	1,6	1,8	1,5
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gesamt-CN ^I	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<0,05	n. b.	<0,05	n. b.	n. b.
AOX	mg/kg	40	41	31	n. b.	32	n. b.	51	36
EOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<3	n. b.	<3	n. b.	n. b.
MKW	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	40	n. b.	<10	n. b.	n. b.
Chlorierte Insektizide									
Pentachlorbenzol	µg/kg	<2	<2	<2	<1	<2	<1	<2	<2
Hexachlorbenzol	µg/kg	<2	<2	<2	<1	<2	<1	<2	<2
Pentachloranisol	µg/kg	<2	<2	<2	<1	<2	<1	<2	<2
Quintozen	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2	<2
α-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	<1	<2	<1	<2	<2
β-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<1	<2	<1	n. b.	n. b.
γ-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	<1	<2	<1	<2	<2
δ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	<1	n. b.	n. b.
Heptachlor	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2	<2
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2	<2
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2	<2
Aldrin	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2	<2
Isodrin	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2	<2
Octachlorstyrol	µg/kg	<2	<2	<2	<5	<2	<5	<2	<2
α-Endosulfan	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2	<2
p,p'-DDT	µg/kg	<2	<2	<2	<5	<2	<5	<2	<2
o,p'-DDT	µg/kg	<2	<2	<2	<5	<2	<5	<2	<2
p,p'-DDE	µg/kg	<2	<2	<2	<5	<2	<5	<2	<2
o,p'-DDE	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<5	n. b.	<5	n. b.	n. b.
p,p'-DDD	µg/kg	5,4	4,0	4,7	<5	<2	<5	4,0	<2
o,p'-DDD	µg/kg	<2	<2	<2	<5	<2	<5	<2	<2
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	-	-	-	0,0	0,0	0,0	-	-
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	-	0,0	-	0,0	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	5,4	4,0	4,7	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0
Summe DDT(6)	µg/kg	-	-	-	0,0	-	0,0	-	-
Polychlorierte Biphenyle									
PCB 28	µg/kg	4,1	2,2	2,9	2,0	<2	1,0	<2	<2
PCB 52	µg/kg	4,8	3,6	2,6	2,0	<2	1,0	6,8	<2
PCB 101	µg/kg	8,9	8,4	4,2	8,0	3,9	14	12	<2
PCB 118	µg/kg	6,7	8,5	4,7	n. b.	2,5	n. b.	16	<2
PCB 138	µg/kg	19	15	11	11	7,8	16	29	7,1
PCB 153	µg/kg	15	12	10	9,0	7,8	13	23	6,7
PCB 170	µg/kg	4,5	3,9	3,2	n. b.	2,1	n. b.	7,0	3,2

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		186,900	190,000	195,600	199,800	199,900	200,000	200,000	243,000
Ort		Untertürkheim	Obertürkheim	Esslingen	Deizisau	Deizisau	Deizisau	Deizisau	Kirchentellinsfurt
Rechtswert		3518554	3519741	3524480	3528493	3528479	3528700	3528688	3510492
Hochwert		5404141	5401247	5398575	5397781	5397781	5397824	5397820	5377363
Datum		05.10.99	05.10.99	05.10.99	20.10.99	01.12.98	20.10.99	05.10.99	08.04.99
LfU-Nr.		75	76	77	96	23	94	66	24
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim							
Polychlorierte Biphenyle									
PCB 180	µg/kg	8,9	6,6	5,5	5,0	4,9	7,0	11	5,1
PCB 194	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2	n. b.	<2	<2
Summe PCB(6)	µg/kg	61	48	36	37	24	52	82	19
Summe PCB(9)	µg/kg	72	60	44	-	29	-	105	22
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe									
Naphthalin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	<100	n. b.	n. b.
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<100	n. b.	<100	n. b.	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	500	n. b.	350	n. b.	n. b.
Fluoren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	30	n. b.	20	n. b.	n. b.
Phenanthren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	360	n. b.	260	n. b.	n. b.
Anthracen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	50	n. b.	40	n. b.	n. b.
Fluoranthren	µg/kg	3600	850	1500	700	2300	590	500	204
Pyren	µg/kg	3200	730	1200	350	1700	500	460	200
Benz[a]anthracen	µg/kg	150	92	280	270	980	230	83	31
Chrysen	µg/kg	240	120	300	260	1000	160	100	34
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	100	76	220	360	1100	190	72	30
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	41	31	100	160	680	110	37	<20
Benzo[a]pyren	µg/kg	<20	<20	34	400	920	190	33	<20
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	<20	<20	30	<100	<100	<100	<20	<20
Benzo[g,h,i]perylene	µg/kg	36	<20	88	180	570	100	32	<20
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	33	21	91	230	620	120	30	<20
Summe PAK(6)	µg/kg	3810	978	2033	2030	6190	1300	704	234
Summe PAK(10)	µg/kg	7400	1920	3843	2910	9870	2190	1347	499
Summe PAK(12)	µg/kg	-	-	-	3320	-	2490	-	-
Summe PAK(16)	µg/kg	-	-	-	3850	-	2860	-	-
Xenobiotika									
Moschus-Ambrette	µg/kg	<20	<20	<20	n. b.	<20	n. b.	n. b.	<20
Moschus-Tibeten	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10
Moschus-Mosken	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10
Moschus-Keton	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10
Moschus-Xylol	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10
HHCB	µg/kg	5,0	6,1	11	n. b.	7	n. b.	n. b.	<5
DPMI	µg/kg	<5	<5	<5	n. b.	<5	n. b.	n. b.	<5
ATI	µg/kg	<5	<5	<5	n. b.	<5	n. b.	n. b.	<5
AHTN	µg/kg	11	14	20	n. b.	7	n. b.	n. b.	6
AHMI	µg/kg	<5	<5	<5	n. b.	<5	n. b.	n. b.	<5
ADBI	µg/kg	<5	<5	<5	n. b.	<5	n. b.	n. b.	<5
Indometacin	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Diclofenac	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Ibuprofen	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Fenoprofen	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Ketoprofen	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Gemfibrozil	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Fenofibrat	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Bezafibrat	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Clofibrinsäure	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Fenofibrinsäure	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Carbamazepin	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Pentoxifyllin	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
iso-Nonylphenol	µg/kg	65	35	42	n. b.	34	n. b.	n. b.	22
n-Oktylphenol	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10

Tabelle B5: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		186,900	190,000	195,600	199,800	199,900	200,000	200,000	243,000
Ort		Untertürkheim	Obertürkheim	Esslingen	Deizisau	Deizisau	Deizisau	Deizisau	Kirchentellinsfurt
Rechtswert		3518554	3519741	3524480	3528493	3528479	3528700	3528688	3510492
Hochwert		5404141	5401247	5398575	5397781	5397781	5397824	5397820	5377363
Datum		05.10.99	05.10.99	05.10.99	20.10.99	01.12.98	20.10.99	05.10.99	08.04.99
Lfu-Nr.		75	76	77	96	23	94	66	24
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim							
Xenobiotika									
Bisphenol A	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10
Bisphenol F	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.	<10	n. b.	n. b.	<10
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	<100	<100	<100	n. b.				
2,2',4,4'-Tetrabrombiphenylether	µg/kg	<500	<500	<500	n. b.				
Hexestrol	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Diethylstilbestrol	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Androsteron	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Equilin	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Estron	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
17-β-Estradiol	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Testosteron	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Mestranol	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Norethisteron	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Estriol	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
Daidzein	µg/kg	<10	<10	<10	n. b.				
β-Sitosterol	µg/kg	2.900	900	2000	n. b.	420	n. b.	n. b.	650
Organo-Zinn-Verbindungen									
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	12	n. b.	14	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	7,0	n. b.	8,0	n. b.	n. b.
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	<1	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	<1	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	<1	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	<1	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	<1	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<1	n. b.	<1	n. b.	n. b.
Schwermetalle									
Cd	mg/kg	0,8	0,6	0,7	0,5	1,1	0,2	0,6	0,6
Cu	mg/kg	80	78	72	86	77	83	72	64
Pb	mg/kg	53	50	54	35	71	27	53	50
Ni	mg/kg	48	42	48	30	58	25	51	47
Cr	mg/kg	68	58	62	42	83	48	67	58
Zn	mg/kg	280	270	270	242	302	243	260	240
Hg	mg/kg	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,1
Fe	mg/kg	33000	31000	34000	26800	32400	30600	34000	31000
Mn	mg/kg	570	530	660	402	712	535	630	570
Al	mg/kg	36000	31000	33000	n. b.	35100	n. b.	34000	30000
As	mg/kg	11	14	11	9,7	16	8,3	13	13
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Korngröße									
Median (µm)	µm	8,8	12,7	6,9	6,5	9,9	9,7	n. b.	6,2
MW (µm)	µm	10,6	13,2	9,5	9,5	13,2	14,2	n. b.	6,7
Bereich (µm)		Anteil							
0,5 - 2,0	%	1,3	1,8	1,8	3,7	0,9	1,8	n. b.	4,0
2,0 - 6,0	%	22,5	17,7	38,1	41,4	19,6	30,0	n. b.	42,8
6,0 - 20,0	%	66,2	59,1	53,9	45,5	60,1	42,5	n. b.	53,1
20,0 - 60,0	%	10,0	21,3	6,2	9,5	19,5	25,8	n. b.	0,0
60,0-150,0	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n. b.	0,0

Tabelle B6: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Stauhaltung Lauffen).

km		125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500
Ort		Lauffen	Lauffen									
Rechtswert		3512137	3512130	3512122	3512114	3512107	3512098	3512092	3512084	3512077	3512070	
Hochwert		5436937	5436944	5436952	5436960	5436968	5436975	5436982	5436989	5436997	5437005	
Datum		30.11.98	21.06.99	26.08.99	05.10.99	09.03.00	04.04.00	10.05.00	06.06.00	04.07.00	29.08.00	
LfU-Nr.		20	35	61	67	105	108	113	114	121	122	
Art		OS										
Parameter Dim												
pH-Wert		n. b.	n. b.	7,1	7,3	7,0	7,4	6,5	7,4	6,8	7,2	
Redoxspannung	mV	n. b.	n. b.	-20	-55	-21	-22	-68	-102	-140	-136	
Trockengewicht	%	27	45	46	45	46	45	41	37	33	52	
Glühverlust	%	n. b.	8,4	11	9,1	6,3	7,4	8,1	11	12	8,7	
TC	%	7,4	5,8	6,2	6,1	4,8	5,1	4,3	6,1	6,7	4,7	
TIC	%	1,9	1,8	1,9	1,7	1,5	1,5	1,1	1,3	1,4	1,4	
TOC	%	5,5	4,0	4,3	4,4	3,3	3,6	3,2	4,8	5,3	3,3	
Gesamt-P	g/kg	1,8	1,6	1,6	1,8	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	1,4	
Ca	g/kg	n. b.	41	n. b.	39	n. b.	n. b.					
Mg	g/kg	n. b.	14	n. b.	13	n. b.	n. b.					
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,9	0,9	2,5	1,1	0,9	1,0	
Gesamt-CN	mg/kg	n. b.	n. b.	0,08	n. b.							
AOX	mg/kg	60	51	n. b.	55	31	33	41	42	44	26	
EOX	mg/kg	n. b.	n. b.	<3	n. b.							
MKW	mg/kg	n. b.	n. b.	50	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	485	n. b.	n. b.	
Chlorierte Insektizide												
Pentachlorbenzol	µg/kg	<2	<2	<1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Hexachlorbenzol	µg/kg	2,8	<2	<1	<2	<2	<2	<2	6,3	2,2	<2	<2
Pentachloranisol	µg/kg	<2	<2	<1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Quintozen	µg/kg	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
α-HCH	µg/kg	<2	<2	<1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
β-HCH	µg/kg	<2	n. b.	<1	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
γ-HCH	µg/kg	<2	<2	<1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
δ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	<1	n. b.	n. b.						
Heptachlor	µg/kg	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Aldrin	µg/kg	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Isodrin	µg/kg	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Octachlorstyrol	µg/kg	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
α-Endosulfan	µg/kg	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
p,p'-DDT	µg/kg	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
o,p'-DDT	µg/kg	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
p,p'-DDE	µg/kg	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
o,p'-DDE	µg/kg	n. b.	n. b.	<5	n. b.	n. b.						
p,p'-DDD	µg/kg	<2	5,5	<5	5,5	<2	2,4	<2	<2	<2	<2	<2
o,p'-DDD	µg/kg	<2	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	0,0	5,5	0,0	5,5	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe DDT(6)	µg/kg	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Polychlorierte Biphenyle												
PCB 28	µg/kg	<2	<2	2,0	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
PCB 52	µg/kg	<2	<2	3,0	2,5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
PCB 101	µg/kg	4,9	<2	5,0	3,9	3,6	9,4	3,4	3,6	3,6	3,0	3,0
PCB 118	µg/kg	<2	2,8	n. b.	5,2	<2	2,9	<2	<2	<2	<2	<2
PCB 138	µg/kg	11	13	11	15	10	25	8,7	8,9	8,4	8,2	8,2
PCB 153	µg/kg	9,0	12	8,0	14	8,2	22	7,6	7,5	7,0	6,6	6,6
PCB 170	µg/kg	4,1	4,4	n. b.	4,4	4,4	12	3,6	3,2	3,1	4,2	4,2

Tabelle B6: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Stauhaltung Lauffen) – Fortsetzung.

km		125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500
Ort		Lauffen									
Rechtswert		3512137	3512130	3512122	3512114	3512107	3512098	3512092	3512084	3512077	3512070
Hochwert		5436937	5436944	5436952	5436960	5436968	5436975	5436982	5436989	5436997	5437005
Datum		30.11.98	21.06.99	26.08.99	05.10.99	09.03.00	04.04.00	10.05.00	06.06.00	04.07.00	29.08.00
LfU-Nr.		20	35	61	67	105	108	113	114	121	122
Art		OS									
Parameter Dim											
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 180	µg/kg	7,0	5,7	5,0	8,2	7,4	17	6,4	6,1	6,1	6,4
PCB 194	µg/kg	<2	<2	n. b.	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Summe PCB(6)	µg/kg	32	31	34	44	29	73	26	26	25	24
Summe PCB(9)	µg/kg	36	38	-	53	34	88	30	29	28	28
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe											
Naphthalin	µg/kg	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	290	n. b.	n. b.
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.	n. b.	<100	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	<20	n. b.	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	n. b.	n. b.	690	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	170	n. b.	n. b.
Fluoren	µg/kg	n. b.	n. b.	30	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	170	n. b.	n. b.
Phenanthren	µg/kg	n. b.	n. b.	310	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	390	n. b.	n. b.
Anthracen	µg/kg	n. b.	n. b.	60	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	100	n. b.	n. b.
Fluoranthren	µg/kg	1300	570	1100	1800	1400	1100	650	720	540	1100
Pyren	µg/kg	970	520	760	1500	1100	840	550	580	430	810
Benz[a]anthracen	µg/kg	490	92	420	270	650	360	220	250	200	350
Chrysen	µg/kg	480	99	230	270	420	370	210	250	180	340
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	550	82	550	190	600	320	270	220	180	320
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	300	29	290	66	340	180	110	93	100	190
Benzo[a]pyren	µg/kg	450	27	560	66	500	300	240	230	200	100
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	<100	<20	<100	<20	55	<20	35	<20	27	25
Benzo[g,h,i]perylen	µg/kg	290	40	270	69	380	160	180	190	140	200
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	240	38	350	43	320	130	140	140	100	180
Summe PAK(6)	µg/kg	3130	786	3120	2234	3540	2190	1590	1593	1260	2090
Summe PAK(10)	µg/kg	5070	1497	4530	4274	5765	3760	2605	2673	2097	3615
Summe PAK(12)	µg/kg	-	-	4900	-	-	-	-	3163	-	-
Summe PAK(16)	µg/kg	-	-	5620	-	-	-	-	3793	-	-
Xenobiotika											
Moschus-Ambrette	µg/kg	<20	<20	n. b.	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Moschus-Tibeten	µg/kg	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Moschus-Mosken	µg/kg	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Moschus-Keton	µg/kg	<10	11	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Moschus-Xylol	µg/kg	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
HHCB	µg/kg	15	8,1	n. b.	6,0	24	26	19	24	34	15
DPMI	µg/kg	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ATII	µg/kg	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
AHTN	µg/kg	5	<5	n. b.	5	8	9	8	16	9	6
AHMI	µg/kg	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ADBI	µg/kg	<5	<5	n. b.	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Indometacin	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Diclofenac	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Ibuprofen	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Fenoprofen	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Ketoprofen	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Fenofibrat	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Bezafibrat	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Carbamazepin	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
iso-Nonylphenol	µg/kg	37	<20	n. b.	63	39	37	42	36	43	31
n-Oktylphenol	µg/kg	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Tabelle B6: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Stauhaltung Lauffen) – Fortsetzung.

km		125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500	125,500
Ort		Lauffen									
Rechtswert		3512137	3512130	3512122	3512114	3512107	3512098	3512092	3512084	3512077	3512070
Hochwert		5436937	5436944	5436952	5436960	5436968	5436975	5436982	5436989	5436997	5437005
Datum		30.11.98	21.06.99	26.08.99	05.10.99	09.03.00	04.04.00	10.05.00	06.06.00	04.07.00	29.08.00
LfU-Nr.		20	35	61	67	105	108	113	114	121	122
Art		OS									
Parameter Dim											
Xenobiotika											
Bisphenol A	µg/kg	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Bisphenol F	µg/kg	<10	<10	n. b.	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.	<100	n. b.							
2,2',4,4'-Tetrabrom-biphenylether	µg/kg	n. b.	<500	n. b.							
Hexestrol	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Androsteron	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Equilin	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Estron	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Testosteron	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Mestranol	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Norethisteron	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Estriol	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
Daidzein	µg/kg	n. b.	<10	n. b.							
β-Sitosterol	µg/kg	730	280	n. b.	390	290	510	170	840	830	500
Organo-Zinn-Verbindungen											
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	13	n. b.						
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	6,8	n. b.						
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	1,2	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	2,0	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	<1	n. b.						
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	1,1	n. b.						
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	1,0	n. b.						
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	<1	n. b.						
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	<1	n. b.						
Schwermetalle											
Cd	mg/kg	0,9	1,0	0,9	1,1	1,1	0,8	0,9	0,9	0,9	1,6
Cu	mg/kg	66	82	98	85	92	74	85	89	97	111
Pb	mg/kg	54	66	47	69	73	56	60	64	68	88
Ni	mg/kg	51	51	31	53	53	52	59	52	55	62
Cr	mg/kg	73	78	53	84	98	92	121	89	101	128
Zn	mg/kg	241	280	263	290	320	230	250	300	310	410
Hg	mg/kg	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4
Fe	mg/kg	32400	35000	29400	34000	36000	31000	31000	34000	38000	42000
Mn	mg/kg	819	640	512	700	660	580	600	670	770	770
Al	mg/kg	36200	40000	n. b.	36000	37000	33000	35000	38000	44000	48000
As	mg/kg	14	13	11	13	13	11	10	13	14	15
Sn	mg/kg	n. b.	<BG	n. b.	<BG	n. b.	n. b.				
Korngröße											
Median (µm)	µm	n. b.	6,8	8,7	11,6	16,9	7,6	7,8	20,6	12,8	6,1
MW (µm)	µm	n. b.	9,1	11,2	14,0	28,0	10,9	10,3	25,2	18,6	7,6
Bereich (µm) Anteil											
0,5 - 2,0	%	n. b.	1,7	3,4	0,7	1,8	1,7	1,4	1,0	2,2	2,4
2,0 - 6,0	%	n. b.	35,9	33,5	19,1	11,9	35,6	28,6	15,2	23,5	46,3
6,0 - 20,0	%	n. b.	51,4	41,9	58,3	40,0	49,9	59,7	33,0	37,9	48,2
20,0 - 60,0	%	n. b.	11,0	21,2	22,0	27,9	12,5	10,3	43,2	36,4	3,1
60,0-150,0	%	n. b.	0,0	0,0	0,0	18,4	0,4	0,0	7,7	0,0	0,0

Tabelle B6: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Stauhaltung Lauffen) – Fortsetzung.

km		125,500
Ort		Lauffen
Rechtswert		3512062
Hochwert		5437013
Datum		26.09.00
LfU-Nr.		123
Art		OS
Parameter Dim		
pH-Wert		5,7
Redoxspannung	mV	-97
Trockengewicht	%	48
Glühverlust	%	n. b.
TC	%	n. b.
TIC	%	n. b.
TOC	%	2,0
Gesamt-P	g/kg	n. b.
Ca	g/kg	40
Mg	g/kg	13
S	g/kg	0,9
Gesamt-CN	mg/kg	n. b.
AOX	mg/kg	92
EOX	mg/kg	n. b.
MKW	mg/kg	150
Chlorierte Insektizide		
Pentachlorbenzol	µg/kg	n. b.
Hexachlorbenzol	µg/kg	3,0
Pentachloranisol	µg/kg	n. b.
Quintozen	µg/kg	n. b.
α-HCH	µg/kg	<2
β-HCH	µg/kg	n. b.
γ-HCH	µg/kg	1,3
δ-HCH	µg/kg	n. b.
Heptachlor	µg/kg	n. b.
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.
Aldrin	µg/kg	n. b.
Isodrin	µg/kg	n. b.
Octachlorstyrol	µg/kg	n. b.
α-Endosulfan	µg/kg	n. b.
p,p'-DDT	µg/kg	3,8
o,p-DDT	µg/kg	0,8
p,p'-DDE	µg/kg	2,4
o,p-DDE	µg/kg	1,0
p,p'-DDD	µg/kg	<2
o,p-DDD	µg/kg	0,6
Summe HCH(2)	µg/kg	1,3
Summe HCH(3)	µg/kg	-
Summe HCH(4)	µg/kg	-
Summe DDT(3)	µg/kg	6,2
Summe DDT(6)	µg/kg	8,5
Polychlorierte Biphenyle		
PCB 28	µg/kg	2,2
PCB 52	µg/kg	3,3
PCB 101	µg/kg	6,5
PCB 118	µg/kg	2,9
PCB 138	µg/kg	17
PCB 153	µg/kg	14
PCB 170	µg/kg	n. b.

Tabelle B6: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Stauhaltung Lauffen) – Fortsetzung.

km		125,500
Ort		Lauffen
Rechtswert		3512062
Hochwert		5437013
Datum		26.09.00
LfU-Nr.		123
Art		OS
Parameter	Dim	
Polychlorierte Biphenyle		
PCB 180	µg/kg	9,9
PCB 194	µg/kg	n. b.
Summe PCB(6)	µg/kg	53
Summe PCB(9)	µg/kg	-
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe		
Naphthalin	µg/kg	210
Acenaphthylen	µg/kg	<20
Acenaphthen	µg/kg	190
Fluoren	µg/kg	<20
Phenanthren	µg/kg	410
Anthracen	µg/kg	90
Fluoranthren	µg/kg	1910
Pyren	µg/kg	1360
Benz[a]anthracen	µg/kg	1120
Chrysen	µg/kg	1000
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	930
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	510
Benzo[a]pyren	µg/kg	940
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	80
Benzo[g,h,i]perylen	µg/kg	360
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	640
Summe PAK(6)	µg/kg	5290
Summe PAK(10)	µg/kg	8850
Summe PAK(12)	µg/kg	9350
Summe PAK(16)	µg/kg	9750
Xenobiotika		
Moschus-Ambrette	µg/kg	n. b.
Moschus-Tibeten	µg/kg	n. b.
Moschus-Mosken	µg/kg	n. b.
Moschus-Keton	µg/kg	n. b.
Moschus-Xylol	µg/kg	n. b.
HHCB	µg/kg	n. b.
DPMI	µg/kg	n. b.
ATI	µg/kg	n. b.
AHTN	µg/kg	n. b.
AHMI	µg/kg	n. b.
ADBI	µg/kg	n. b.
Indometacin	µg/kg	n. b.
Diclofenac	µg/kg	n. b.
Ibuprofen	µg/kg	n. b.
Fenoprofen	µg/kg	n. b.
Ketoprofen	µg/kg	n. b.
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.
Fenofibrat	µg/kg	n. b.
Bezafibrat	µg/kg	n. b.
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.
Carbamazepin	µg/kg	n. b.
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.
iso-Nonylphenol	µg/kg	n. b.
n-Oktylphenol	µg/kg	n. b.

Tabelle B6: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Stauhaltung Lauffen) – Fortsetzung.

km		125,500
Ort		Lauffen
Rechtswert		3512062
Hochwert		5437013
Datum		26.09.00
LfU-Nr.		123
Art		OS
Parameter Dim		
Xenobiotika		
Bisphenol A	µg/kg	n. b.
Bisphenol F	µg/kg	n. b.
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.
2,2',4,4'-Tetrabrom-biphenylether	µg/kg	n. b.
Hexestrol	µg/kg	n. b.
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.
Androsteron	µg/kg	n. b.
Equilin	µg/kg	n. b.
Estron	µg/kg	n. b.
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.
Testosteron	µg/kg	n. b.
Mestranol	µg/kg	n. b.
Norethisteron	µg/kg	n. b.
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.
Estriol	µg/kg	n. b.
Daidzein	µg/kg	n. b.
β-Sitosterol	µg/kg	n. b.
Organo-Zinn-Verbindungen		
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.
Schwermetalle		
Cd	mg/kg	0,1
Cu	mg/kg	86
Pb	mg/kg	50
Ni	mg/kg	42
Cr	mg/kg	85
Zn	mg/kg	285
Hg	mg/kg	0,2
Fe	mg/kg	30000
Mn	mg/kg	472
Al	mg/kg	46000
As	mg/kg	10
Sn	mg/kg	<BG
Korngröße		
Median (µm)	µm	9,3
MW (µm)	µm	13,1
Bereich (µm)	Anteil	
0,5 - 2,0	%	2,2
2,0 - 6,0	%	30,2
6,0 - 20,0	%	49,8
20,0 - 60,0	%	17,9
60,0-150,0	%	0,0

Tabelle B7: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Flachwasserzone Eberbach).

km		52,600	52,600	52,600	52,600	52,600
Ort		Eberbach1	Eberbach2	Eberbach3	Eberbach4	Eberbach5
Rechtswert		3494755	3494755	3494755	3494755	3494755
Hochwert		5478962	5478962	5478962	5478962	5478962
Datum		31.10.01	31.10.01	31.10.01	31.10.01	31.10.01
LfU-Nr.		152	153	154	155	156
Art		OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim					
pH-Wert		6,1	7,1	6,7	6,6	6,8
Redoxspannung	mV	-14	72	9	53	63
Trockengewicht	%	40	44	49	53	68
Glühverlust	%	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
TC	%	6,5	6,5	3,5	n. b.	5,5
TIC	%	1,2	0,5	1,3	n. b.	1,5
TOC	%	5,3	6,0	2,2	n. b.	4,0
Gesamt-P	g/kg	1,9	1,2	1,3	n. b.	1,0
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gesamt-CN ^I	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AOX	mg/kg	53	28	18	n. b.	26
EOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
MKW	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Chlorierte Insektizide						
Pentachlorbenzol	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
Hexachlorbenzol	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
Pentachloranisol	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
Quintozen	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
α-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
β-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
γ-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
δ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Heptachlor	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
Aldrin	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
Isodrin	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
Octachlorstyrol	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
α-Endosulfan	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
p,p'-DDT	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
o,p'-DDT	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
p,p'-DDE	µg/kg	2,9	2,6	2,8	n. b.	2,5
o,p'-DDE	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
p,p'-DDD	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
o,p'-DDD	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	-	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	-	0,0
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	2,9	2,6	2,8	-	2,5
Summe DDT(6)	µg/kg	-	-	-	-	-
Polychlorierte Biphenyle						
PCB 28	µg/kg	<2	<2	<2		<2
PCB 52	µg/kg	2,7	<2	<2	n. b.	<2
PCB 101	µg/kg	6,6	3,6	8,5	n. b.	4,7
PCB 118	µg/kg	2,5	<2	2,5	n. b.	<2
PCB 138	µg/kg	10	6,9	19	n. b.	10
PCB 153	µg/kg	10	7,0	20	n. b.	8,8
PCB 170	µg/kg	4,1	3,0	8,6	n. b.	4,2

Tabelle B7: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Flachwasserzone Eberbach) – Fortsetzung.

km		52,600	52,600	52,600	52,600	52,600
Ort		Eberbach1	Eberbach2	Eberbach3	Eberbach4	Eberbach5
Rechtswert		3494755	3494755	3494755	3494755	3494755
Hochwert		5478962	5478962	5478962	5478962	5478962
Datum		31.10.01	31.10.01	31.10.01	31.10.01	31.10.01
LfU-Nr.		152	153	154	155	156
Art		OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim					
Polychlorierte Biphenyle						
PCB 180	µg/kg	5,7	5,3	12	n. b.	6,0
PCB 194	µg/kg	<2	<2	<2	n. b.	<2
Summe PCB(6)	µg/kg	35	23	60	-	30
Summe PCB(9)	µg/kg	42	26	71	-	34
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe						
Naphthalin	µg/kg		n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fluoren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Phenanthren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Anthracen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fluoranthren	µg/kg	610	1300	700	n. b.	470
Pyren	µg/kg	530	980	520	n. b.	400
Benz[a]anthracen	µg/kg	230	730	410	n. b.	190
Chrysen	µg/kg	190	530	320	n. b.	150
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	170	500	350	n. b.	160
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	140	420	310	n. b.	110
Benzo[a]pyren	µg/kg	140	540	320	n. b.	130
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	37	120	83	n. b.	34
Benzo[g,h,i]perylene	µg/kg	120	330	260	n. b.	120
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	98	420	290	n. b.	96
Summe PAK(6)	µg/kg	1278	3510	2230	-	1086
Summe PAK(10)	µg/kg	2265	5870	3563	-	1860
Summe PAK(12)	µg/kg	-	-	-	-	-
Summe PAK(16)	µg/kg	-	-	-	-	-
Xenobiotika						
Moschus-Ambrette	µg/kg		n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Tibeten	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Mosken	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Keton	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Xylol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
HHCB	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
DPMI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
ATI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AHTN	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AHMI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
ADBI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Indometacin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diclofenac	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ibuprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ketoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenofibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Bezafibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Carbamazepin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
iso-Nonylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
n-Oktylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle B7: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Flachwasserzone Eberbach) – Fortsetzung.

km		52,600	52,600	52,600	52,600	52,600
Ort		Eberbach1	Eberbach2	Eberbach3	Eberbach4	Eberbach5
Rechtswert		3494755	3494755	3494755	3494755	3494755
Hochwert		5478962	5478962	5478962	5478962	5478962
Datum		31.10.01	31.10.01	31.10.01	31.10.01	31.10.01
Lfu-Nr.		152	153	154	155	156
Art		OS	OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim				
Xenobiotika						
Bisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Bisphenol F	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
2,2',4,4'-Tetrabrombiphenylether	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Hexestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Androsteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Equilin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Testosteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mestranol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Norethisteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estriol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daidzein	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
β-Sitosterol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Organo-Zinn-Verbindungen						
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Schwermetalle						
Cd	mg/kg	0,6	0,7	0,7	n. b.	0,7
Cu	mg/kg	58	59	57	n. b.	71
Pb	mg/kg	43	45	49	n. b.	55
Ni	mg/kg	37	35	39	n. b.	48
Cr	mg/kg	60	58	65	n. b.	78
Zn	mg/kg	210	210	240	n. b.	280
Hg	mg/kg	0,3	0,3	0,3	n. b.	0,3
Fe	mg/kg	29000	28000	30000	n. b.	34000
Mn	mg/kg	860	860	810	n. b.	730
Al	mg/kg	31000	28000	32000	n. b.	38000
As	mg/kg	7,5	7,2	8,3	n. b.	8,5
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Korngröße						
Median (µm)	µm	23,2	16,9	11,6	6,2	10,0
MW (µm)	µm	23,9	19,5	12,2	9,5	16,8
Bereich (µm)		Anteil				
0,5 - 2,0	%	2,4	0,7	5,6	8,3	1,5
2,0 - 6,0	%	12,8	18,2	22,3	40,2	32,5
6,0 - 20,0	%	23,2	38,6	58,3	34,8	28,9
20,0 - 60,0	%	61,6	42,6	13,7	16,7	37,2
60,0-150,0	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle B8: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg).

km		18,100	18,100	56,970	56,970	104,200	104,200	125,500	125,500	137,000	137,000
Ort		Schwa- benheim	Schwa- benheim	Eberbach	Eberbach	Kochen- dorf	Kochen- dorf	Lauffen	Lauffen	Besigheim	Besigheim
Rechtswert		3473784	3473784	3498341	3498341	3515455	3515455	3512122	3512122	3511023	3511023
Hochwert		5478563	5478563	5480860	5480860	5453082	5453082	5436952	5436952	5429298	5429298
Datum		24.08.99	24.08.99	25.08.99	25.08.99	25.08.99	25.08.99	26.08.99	26.08.99	19.10.99	19.10.99
Lfu-Nr.		57	58	59	60	63	64	61	62	90	91
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter	Dim										
pH-Wert		7,4	7,3	7,2	7,3	7,2	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2
Redoxspannung	mV	40	35	-26	16	-28	-5	-20	13	-13	10
Trockengewicht	%	68	63	49	49	55	55	46	52	54	55
Glühverlust	%	4,1	7,8	10	11	8,5	9,1	11	11	n. b.	n. b.
TC	%	3,6	5,3	5,3	5,9	5,1	6,3	6,2	5,6	5,1	5,0
TIC	%	2,2	2,2	2,3	2,3	2,2	3,8	1,9	1,6	2,3	1,9
TOC	%	1,4	3,1	3,0	3,6	2,9	2,5	4,3	4,0	2,8	3,1
Gesamt-P	g/kg	0,9	1,6	1,7	2,3	1,6	2,4	1,6	2,7	1,4	2,3
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gesamt-CN ^I	mg/kg	<0,05	0,06	0,07	0,05	0,08	0,07	0,08	1,2	0,07	0,8
AOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
EOX	mg/kg	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
MKW	mg/kg	40	230	185	190	150	190	50	275	90	210
Chlorierte Insektizide											
Pentachlorbenzol	µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Hexachlorbenzol	µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Pentachloranisol	µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Quintozen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
α-HCH	µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
β-HCH	µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
γ-HCH	µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
δ-HCH	µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Heptachlor	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Aldrin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Isodrin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Octachlorstyrol	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
α-Endosulfan	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
p,p'-DDT	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
o,p'-DDT	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
p,p'-DDE	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
o,p'-DDE	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
p,p'-DDD	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
o,p'-DDD	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(4)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe DDT(3)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe DDT(6)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 28	µg/kg	3,0	10	2,0	2,0	2,0	5,0	2,0	49	1,0	23
PCB 52	µg/kg	3,0	10	3,0	3,0	2,0	6,0	3,0	30	1,0	24
PCB 101	µg/kg	4,0	21	5,0	6,0	5,0	8,0	5,0	53	4,0	43
PCB 118	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
PCB 138	µg/kg	7,0	38	10	15	11	14	11	58	6,0	71
PCB 153	µg/kg	6,0	33	10	12	10	13	8,0	53	5,0	63
PCB 170	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle B8: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		18,100	18,100	56,970	56,970	104,200	104,200	125,500	125,500	137,000	137,000
Ort		Schwa- benheim	Schwa- benheim	Eberbach	Eberbach	Kochen- dorf	Kochen- dorf	Lauffen	Lauffen	Besigheim	Besigheim
Rechtswert		3473784	3473784	3498341	3498341	3515455	3515455	3512122	3512122	3511023	3511023
Hochwert		5478563	5478563	5480860	5480860	5453082	5453082	5436952	5436952	5429298	5429298
Datum		24.08.99	24.08.99	25.08.99	25.08.99	25.08.99	25.08.99	26.08.99	26.08.99	19.10.99	19.10.99
Lfu-Nr.		57	58	59	60	63	64	61	62	90	91
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter	Dim										
Polychlorierte Biphenyle											
PCB 180	µg/kg	4,0	27	7,0	10	7,0	5,0	5,0	38	4,0	40
PCB 194	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PCB(6)	µg/kg	27	139	37	48	37	51	34	281	21	264
Summe PCB(9)	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe											
Naphthalin	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Acenaphthylen	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	200	<100	230
Acenaphthen	µg/kg	590	1700	510	730	700	600	690	1700	530	1700
Fluoren	µg/kg	20	160	20	50	30	40	30	120	<10	170
Phenanthren	µg/kg	200	1500	220	300	380	400	310	1000	400	1300
Anthracen	µg/kg	40	390	30	30	60	60	60	170	60	210
Fluoranthren	µg/kg	780	4500	730	1000	1160	1200	1100	3000	850	2400
Pyren	µg/kg	430	2500	600	540	1020	1000	760	2100	610	1800
Benz[a]anthracen	µg/kg	370	1500	250	360	520	390	420	660	240	1100
Chrysen	µg/kg	190	1600	350	340	240	280	230	800	380	1000
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	430	2000	480	510	650	490	550	1400	280	1700
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	160	1100	230	310	350	270	290	780	130	860
Benzo[a]pyren	µg/kg	320	1400	360	420	540	500	560	1000	310	990
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	110
Benzo[g,h,i]perylen	µg/kg	320	790	200	330	220	440	270	920	160	900
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	300	1000	290	430	480	480	350	1000	170	800
Summe PAK(6)	µg/kg	2310	10790	2290	3000	3400	3380	3120	8100	1900	7650
Summe PAK(10)	µg/kg	3300	16390	3490	4240	5180	5050	4530	11660	3130	11660
Summe PAK(12)	µg/kg	3540	18280	3740	4570	5620	5510	4900	12830	3590	13170
Summe PAK(16)	µg/kg	4150	20140	4270	5350	6350	6150	5620	14850	4120	15270
Xenobiotika											
Moschus-Ambrette	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Tibeten	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Mosken	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Keton	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Xylol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
HHCB	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
DPMI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
ATI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AHTN	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AHMI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
ADBI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Indometacin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diclofenac	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ibuprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ketoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenofibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Bezafibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Carbamazepin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
iso-Nonylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
n-Oktylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle B8: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		18,100	18,100	56,970	56,970	104,200	104,200	125,500	125,500	137,000	137,000
Ort		Schwa- benheim	Schwa- benheim	Eberbach	Eberbach	Kochen- dorf	Kochen- dorf	Lauffen	Lauffen	Besigheim	Besigheim
Rechtswert		3473784	3473784	3498341	3498341	3515455	3515455	3512122	3512122	3511023	3511023
Hochwert		5478563	5478563	5480860	5480860	5453082	5453082	5436952	5436952	5429298	5429298
Datum		24.08.99	24.08.99	25.08.99	25.08.99	25.08.99	25.08.99	26.08.99	26.08.99	19.10.99	19.10.99
Lfu-Nr.		57	58	59	60	63	64	61	62	90	91
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter	Dim										
Xenobiotika											
Bisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Bisphenol F	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
2,2',4,4'-Tetrabrom- biphenylether	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Hexestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Androsteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Equilin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Testosteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mestranol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Norethisteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estriol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daidzein	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
β-Sitosterol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Organo-Zinn-Verbindungen											
Monobutylzinn	µg Sn/kg	4,2	5,9	11	15	8,0	15	13	16	8,9	11
Dibutylzinn	µg Sn/kg	2,0	3,5	5,6	8,5	5,5	7,2	6,8	13	4,2	7,4
Tributylzinn	µg Sn/kg	<1	2,7	1,3	6,2	<1	3,2	1,2	9,3	1,4	4,4
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Monooctylzinn	µg Sn/kg	<1	<1	<1	1,2	1,1	<1	1,1	<1	<1	<1
Diocetylzinn	µg Sn/kg	<1	<1	<1	1,3	<1	<1	1,0	<1	<1	<1
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Triphenylzinn	µg Sn/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Schwermetalle											
Cd	mg/kg	1,1	3,9	1,1	2,0	1,0	1,6	0,9	15	0,9	3,2
Cu	mg/kg	103	117	87	113	152	95	98	218	129	206
Pb	mg/kg	72	105	46	60	84	51	47	111	57	89
Ni	mg/kg	36	33	34	46	33	31	31	51	36	49
Cr	mg/kg	61	109	58	76	59	62	53	234	58	304
Zn	mg/kg	300	390	247	316	363	292	263	560	294	616
Hg	mg/kg	0,3	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,3	0,6
Fe	mg/kg	28600	26600	29300	31900	29800	24900	29400	30800	30600	30500
Mn	mg/kg	730	727	585	617	561	584	512	460	477	471
Al	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
As	mg/kg	11	11	8,7	10	9,6	9,5	11	11	8,2	12
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Korngröße											
Median (µm)	µm	40,2	6,9	6,1	5,3	6,4	8,0	8,7	5,3	7,2	6,4
MW (µm)	µm	36,8	10,1	8,0	6,6	7,9	10,8	11,2	6,6	10,3	8,4
Bereich (µm) Anteil											
0,5 - 2,0	%	2,4	2,7	3,2	4,0	1,1	4,2	3,4	4,4	2,7	4,2
2,0 - 6,0	%	16,3	40,3	45,3	55,5	44,6	36,3	33,5	59,2	37,2	41,5
6,0 - 20,0	%	7,3	43,6	50,5	40,1	54,3	42,9	41,9	36,1	45,7	48,6
20,0 - 60,0	%	48,8	13,4	1,0	0,4	0,0	16,7	21,2	0,3	14,5	5,7
60,0-150,0	%	25,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle B8: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		165,400	165,400	199,800	199,800	200,000	200,000
Ort		Poppenweiler	Poppenweiler	Deizisau	Deizisau	Deizisau	Deizisau
Rechtswert		3518614	3518614	3528493	3528493	3528700	3528700
Hochwert		5419439	5419439	5397781	5397781	5397824	5397824
Datum		19.10.99	19.10.99	20.10.99	20.10.99	20.10.99	20.10.99
Lfu-Nr.		92	93	96	97	94	95
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter	Dim						
pH-Wert		7,2	7,2	7,5	7,4	7,2	7,2
Redoxspannung	mV	12	54	-24	92	-18	34
Trockengewicht	%	64	51	41	48	36	44
Glühverlust	%	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
TC	%	4,9	5,7	7,4	6,6	7,5	7,2
TIC	%	2,3	1,9	3,1	2,4	2,1	2,3
TOC	%	2,6	3,8	4,3	4,2	5,4	4,9
Gesamt-P	g/kg	1,1	2,7	1,5	2,7	1,6	2,5
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gesamt-CN ^I	mg/kg	0,07	1,1	<0,05	0,8	<0,05	0,4
AOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
EOX	mg/kg	<3	<3	<3	<3	<3	<3
MKW	mg/kg	30	285	40	200	<10	50
Chlorierte Insektizide							
Pentachlorbenzol	µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Hexachlorbenzol	µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Pentachloranisol	µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Quintozen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
α-HCH	µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
β-HCH	µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
γ-HCH	µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
δ-HCH	µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Heptachlor	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Aldrin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Isodrin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Octachlorstyrol	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5
α-Endosulfan	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
p,p'-DDT	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5
o,p'-DDT	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5
p,p'-DDE	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5
o,p'-DDE	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5
p,p'-DDD	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5
o,p'-DDD	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(4)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe DDT(3)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe DDT(6)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Polychlorierte Biphenyle							
PCB 28	µg/kg	11	4,0	2,0	14	1,0	10
PCB 52	µg/kg	11	5,0	2,0	27	1,0	13
PCB 101	µg/kg	6,0	12	8,0	24	14	14
PCB 118	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
PCB 138	µg/kg	8,0	20	11	39	16	26
PCB 153	µg/kg	6,0	17	9,0	35	13	21
PCB 170	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle B8: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		165,400	165,400	199,800	199,800	200,000	200,000
Ort		Poppenweiler	Poppenweiler	Deizisau	Deizisau	Deizisau	Deizisau
Rechtswert		3518614	3518614	3528493	3528493	3528700	3528700
Hochwert		5419439	5419439	5397781	5397781	5397824	5397824
Datum		19.10.99	19.10.99	20.10.99	20.10.99	20.10.99	20.10.99
LfU-Nr.		92	93	96	97	94	95
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter	Dim						
Polychlorierte Biphenyle							
PCB 180	µg/kg	6,0	12	5,0	22	7,0	13
PCB 194	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PCB(6)	µg/kg	48	70	37	161	52	97
Summe PCB(9)	µg/kg	-	-	-	-	-	-
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe							
Naphthalin	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Acenaphthylen	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Acenaphthen	µg/kg	950	900	500	1100	350	630
Fluoren	µg/kg	60	50	30	150	20	40
Phenanthren	µg/kg	370	680	360	850	260	260
Anthracen	µg/kg	70	80	50	110	40	70
Fluoranthren	µg/kg	1100	1400	700	2000	590	820
Pyren	µg/kg	780	1300	350	1500	500	560
Benz[a]anthracen	µg/kg	420	630	270	690	230	210
Chrysen	µg/kg	480	400	260	550	160	380
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	500	670	360	770	190	430
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	210	330	160	350	110	200
Benzo[a]pyren	µg/kg	450	510	400	460	190	500
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Benzo[g,h,i]perylen	µg/kg	400	250	180	380	100	200
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	240	220	230	320	120	260
Summe PAK(6)	µg/kg	2900	3380	2030	4280	1300	2410
Summe PAK(10)	µg/kg	4580	5710	2910	7020	2190	3560
Summe PAK(12)	µg/kg	5020	6470	3320	7980	2490	3890
Summe PAK(16)	µg/kg	6030	7420	3850	9230	2860	4560
Xenobiotika							
Moschus-Ambrette	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Tibeten	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Mosken	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Keton	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Xylol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
HHCB	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
DPMI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
ATI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AHTN	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AHMI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
ADBI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Indometacin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diclofenac	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ibuprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ketoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenofibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Bezafibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Carbamazepin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
iso-Nonylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
n-Oktylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle B8: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensediment aus dem Neckar (Fließstrecke Baden-Württemberg) – Fortsetzung.

km		165,400	165,400	199,800	199,800	200,000	200,000
Ort		Poppenweiler	Poppenweiler	Deizisau	Deizisau	Deizisau	Deizisau
Rechtswert		3518614	3518614	3528493	3528493	3528700	3528700
Hochwert		5419439	5419439	5397781	5397781	5397824	5397824
Datum		19.10.99	19.10.99	20.10.99	20.10.99	20.10.99	20.10.99
LfU-Nr.		92	93	96	97	94	95
Art		OS	TS	OS	TS	OS	TS
Parameter	Dim						
Xenobiotika							
Bisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Bisphenol F	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
2,2',4,4'-Tetrabrombiphenylether	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Hexestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Androsteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Equilin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Testosteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mestranol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Norethisteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estriol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daidzein	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
β-Sitosterol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Organo-Zinn-Verbindungen							
Monobutylzinn	µg Sn/kg	6,5	23	12	37	14	24
Dibutylzinn	µg Sn/kg	3,0	16	7,0	45	8,0	21
Tributylzinn	µg Sn/kg	<1	12	<1	52	<1	18
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Monooctylzinn	µg Sn/kg	1,4	1,8	<1	<1	<1	1,6
Diocetylzinn	µg Sn/kg	1,4	1,0	<1	<1	<1	1,3
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Triphenylzinn	µg Sn/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Schwermetalle							
Cd	mg/kg	0,7	2,2	0,5	5,2	0,2	2,0
Cu	mg/kg	120	127	86	148	83	111
Pb	mg/kg	50	83	35	84	27	58
Ni	mg/kg	35	42	30	48	25	37
Cr	mg/kg	53	107	42	112	48	66
Zn	mg/kg	289	542	242	426	243	339
Hg	mg/kg	0,3	0,4	0,2	0,5	0,2	0,4
Fe	mg/kg	30300	31100	26800	31100	30600	29900
Mn	mg/kg	439	484	402	557	535	583
Al	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
As	mg/kg	9,9	12	9,7	13	8,3	11
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Korngröße							
Median (µm)	µm	6,7	5,0	6,5	5,8	9,7	7,9
MW (µm)	µm	10,1	6,2	9,5	7,4	14,2	9,7
Bereich (µm)	Anteil						
0,5 - 2,0	%	2,2	5,8	3,7	2,7	1,8	2,9
2,0 - 6,0	%	41,2	57,4	41,4	50,5	30,0	31,6
6,0 - 20,0	%	43,8	35,0	45,5	44,3	42,5	57,4
20,0 - 60,0	%	12,8	1,7	9,5	2,6	25,8	8,1
60,0-150,0	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle B9: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Leimbach, der Körsch und dem Schutterkanal.

km		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Ort		Wiesloch	Nußloch	Brühl	Friedrichsmühle	Nonnenweiher
Rechtswert		3478077	3476653	3466481	3525771	3407915
Hochwert		5461852	5464482	5472118	5396448	5358487
Datum		05.11.99	05.11.99	03.03.00	22.03.00	02.03.00
Lfu-Nr.		99	100	104	107	103
Art		OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim					
pH-Wert		7,6	7,5	7,4	7,5	7,8
Redoxspannung	mV	81	87	-42	20	189
Trockengewicht	%	58	49	51	67	80
Glühverlust	%	2,8	2,9	5,3	4,1	1,8
TC	%	3,2	2,7	3,8	3,6	0,9
TIC	%	1,6	1,5	1,7	2,6	<0,1
TOC	%	1,6	1,2	2,1	1,0	0,9
Gesamt-P	g/kg	0,8	0,9	1,5	1,0	0,5
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
S	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gesamt-CN ^I	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AOX	mg/kg	18	20	26	13	28
EOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
MKW	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Chlorierte Insektizide						
Pentachlorbenzol	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
Hexachlorbenzol	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
Pentachloranisol	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
Quintozen	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
α-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
β-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
γ-HCH	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
δ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Heptachlor	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
Aldrin	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
Isodrin	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
Octachlorstyrol	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
α-Endosulfan	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
p,p'-DDT	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
o,p'-DDT	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
p,p'-DDE	µg/kg	<2	<2	3,1	<2	<2
o,p'-DDE	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
p,p'-DDD	µg/kg	<2	<2	2,3	2,1	<2
o,p'-DDD	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
Summe HCH(2)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(3)	µg/kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	0,0	0,0	5,4	2,1	0,0
Summe DDT(6)	µg/kg	-	-	-	-	-
Polychlorierte Biphenyle						
PCB 28	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
PCB 52	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
PCB 101	µg/kg	<2	<2	2,0	3,6	<2
PCB 118	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
PCB 138	µg/kg	<2	2,4	7,7	16	<2
PCB 153	µg/kg	<2	2,2	6,5	14	<2
PCB 170	µg/kg	<2	<2	4,5	9,4	<2

Tabelle B9: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Leimbach, der Körsch und dem Schutterkanal – Fortsetzung.

km		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Ort		Wiesloch	Nußloch	Brühl	Friedrichsmühle	Nonnenweiher
Rechtswert		3478077	3476653	3466481	3525771	3407915
Hochwert		5461852	5464482	5472118	5396448	5358487
Datum		05.11.99	05.11.99	03.03.00	22.03.00	02.03.00
Lfu-Nr.		99	100	104	107	103
Art		OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim					
Polychlorierte Biphenyle						
PCB 180	µg/kg	<2	<2	6,2	13	<2
PCB 194	µg/kg	<2	<2	<2	<2	<2
Summe PCB(6)	µg/kg	0,0	4,6	22	47	0,0
Summe PCB(9)	µg/kg	0,0	4,6	27	56	0,0
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe						
Naphthalin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fluoren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Phenanthren	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Anthracen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fluoranthren	µg/kg	1400	400	390	1200	450
Pyren	µg/kg	1100	290	320	780	310
Benz[a]anthracen	µg/kg	860	220	160	410	260
Chrysen	µg/kg	830	240	140	360	230
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	710	220	160	310	340
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	580	180	62	200	140
Benzo[a]pyren	µg/kg	750	230	79	41	240
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	76	<20	<20	25	45
Benzo[g,h,i]perylen	µg/kg	420	120	110	140	130
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	460	150	98	180	180
Summe PAK(6)	µg/kg	4320	1300	899	2071	1480
Summe PAK(10)	µg/kg	7186	2050	1519	3646	2325
Summe PAK(12)	µg/kg	-	-	-	-	-
Summe PAK(16)	µg/kg	-	-	-	-	-
Xenobiotika						
Moschus-Ambrette	µg/kg	<20	<20	<20	<20	<20
Moschus-Tibeten	µg/kg	<10	<10	<10	<10	<10
Moschus-Mosken	µg/kg	<10	<10	<10	<10	<10
Moschus-Keton	µg/kg	<10	<10	<10	<10	<10
Moschus-Xylol	µg/kg	<10	<10	<10	<10	<10
HHCB	µg/kg	11	23	39	71	12
DPMI	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5
ATII	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5
AHTN	µg/kg	11	26	<5	38	6
AHMI	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5
ADBI	µg/kg	<5	<5	<5	<5	<5
Indometacin	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10
Diclofenac	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10
Ibuprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10
Fenoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10
Ketoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10
Fenofibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10
Bezafibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10
Carbamazepin	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.	n. b.	<10	<10	<10
iso-Nonylphenol	µg/kg	54	40	<20	<20	<20
n-Oktylphenol	µg/kg	<10	<10	<10	<10	<10

Tabelle B9: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Leimbach, der Körsch und dem Schutterkanal – Fortsetzung.

km		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Ort		Wiesloch	Nußloch	Brühl	Friedrichs- mühle	Nonnen- weiher
Rechtswert		3478077	3476653	3466481	3525771	3407915
Hochwert		5461852	5464482	5472118	5396448	5358487
Datum		05.11.99	05.11.99	03.03.00	22.03.00	02.03.00
Lfu-Nr.		99	100	104	107	103
Art		OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim					
Xenobiotika						
Bisphenol A	µg/kg	<10	<10	<10	<10	<10
Bisphenol F	µg/kg	<10	<10	<10	<10	<10
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
2,2',4,4'-Tetrabrom- biphenylether	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Hexestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Androsteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Equilin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Testosteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mestranol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Norethisteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estriol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daidzein	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
β-Sitosterol	µg/kg	930	1200	21	73	610
Organo-Zinn-Verbindungen						
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Schwermetalle						
Cd	mg/kg	5,2	0,5	0,6	0,7	3,5
Cu	mg/kg	90	53	100	55	126
Pb	mg/kg	191	49	130	84	215
Ni	mg/kg	57	50	57	49	52
Cr	mg/kg	63	76	129	78	113
Zn	mg/kg	2200	150	390	300	1200
Hg	mg/kg	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6
Fe	mg/kg	32000	26000	29000	41000	33000
Mn	mg/kg	1200	560	1100	1200	660
Al	mg/kg	30000	25000	28000	36000	34000
As	mg/kg	126	15	21	15	58
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Korngröße						
Median (µm)	µm	8,7	11,9	24,0	10,9	6,1
MW (µm)	µm	11,7	12,5	26,7	16,0	6,9
Bereich (µm)	Anteil					
0,5 - 2,0	%	1,1	1,1	0,8	1,9	4,4
2,0 - 6,0	%	25,2	18,5	8,1	20,8	44,7
6,0 - 20,0	%	56,0	65,1	33,7	49,0	50,9
20,0 - 60,0	%	17,8	15,3	55,9	28,3	0,0
60,0-150,0	%	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0

Tabelle B10: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Alte Elbe).

km		252,000	252,000	252,000	252,000	252,000
Ort		Klieken	Klieken	Klieken	Klieken	Klieken
Rechtswert		K. A.				
Hochwert		K. A.				
Datum		07.06.99	06.08.99	26.06.00	09.10.00	14.03.01
Lfu-Nr.		S11	40	120	124	129
Art		OS	OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim				
pH-Wert		7,6	n. b.	7,0	7,2	7,4
Redoxspannung	mV	-149	n. b.	-150	-137	-122
Trockenrückstand	%	16	15	16	15	21
Glühverlust	%	n. b.				
TC	%	n. b.				
TIC	%	n. b.				
TOC	%	6,1	6,1	5,3	5,7	n. b.
Gesamt-P	g/kg	n. b.				
Ca	g/kg	9,7	11	11	15	12
Mg	g/kg	5,1	9,6	5,5	5,8	5,5
S	g/kg	8,0	7,1	7,3	8,9	n. b.
Gesamt-CN'	mg/kg	n. b.				
AOX	mg/kg	102	108	144	94	n. b.
EOX	mg/kg	n. b.				
MKW	mg/kg	854	781	410	380	n. b.
Chlorierte Insektizide						
Pentachlorbenzol	µg/kg	n. b.				
Hexachlorbenzol	µg/kg	236	89	60	38	n. b.
Pentachloranisol	µg/kg	n. b.				
Quintozen	µg/kg	n. b.				
α-HCH	µg/kg	<2	3,2	1,6	<1	n. b.
β-HCH	µg/kg	n. b.				
γ-HCH	µg/kg	1,1	1,4	2,1	1,2	n. b.
δ-HCH	µg/kg	n. b.				
Heptachlor	µg/kg	n. b.				
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.				
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.				
Aldrin	µg/kg	n. b.				
Isodrin	µg/kg	n. b.				
Octachlorstyrol	µg/kg	n. b.				
α-Endosulfan	µg/kg	n. b.				
p,p'-DDT	µg/kg	154	25	29	12	n. b.
o,p'-DDT	µg/kg	33	4,2	1,9	3,1	n. b.
p,p'-DDE	µg/kg	21	23	24	19	n. b.
o,p'-DDE	µg/kg	1,6	1,1	3,3	1,2	n. b.
p,p'-DDD	µg/kg	67	110	126	91	n. b.
o,p'-DDD	µg/kg	16	15	31	24	n. b.
Summe HCH(2)	µg/kg	1,1	4,6	3,6	1,2	-
Summe HCH(3)	µg/kg	-	-	-	-	-
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	242	158	179	123	-
Summe DDT(6)	µg/kg	292	179	215	151	-
Polychlorierte Biphenyle						
PCB 28	µg/kg	9,4	11	12	7,6	n. b.
PCB 52	µg/kg	23	14	11	9,4	n. b.
PCB 101	µg/kg	8,5	9,5	11	9,5	n. b.
PCB 118	µg/kg	3,8	5,3	5,7	4,3	n. b.
PCB 138	µg/kg	25	20	21	20	n. b.
PCB 153	µg/kg	24	20	19	19	n. b.
PCB 170	µg/kg	n. b.				

Tabelle B10: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Alte Elbe) – Fortsetzung.

km		252,000	252,000	252,000	252,000	252,000
Ort		Klieken	Klieken	Klieken	Klieken	Klieken
Rechtswert		K. A.				
Hochwert		K. A.				
Datum		07.06.99	06.08.99	26.06.00	09.10.00	14.03.01
Lfu-Nr.		S11	40	120	124	129
Art		OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim					
Polychlorierte Biphenyle						
PCB 180	µg/kg	19	16	13	14	n. b.
PCB 194	µg/kg	n. b.				
Summe PCB(6)	µg/kg	109	90	87	80	-
Summe PCB(9)	µg/kg	-	-	-	-	-
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe						
Naphthalin	µg/kg	710	1020	490	270	n. b.
Acenaphthylen	µg/kg	<20	<20	<20	<20	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	<20	60	110	80	n. b.
Fluoren	µg/kg	<20	120	70	90	n. b.
Phenanthren	µg/kg	90	560	680	480	n. b.
Anthracen	µg/kg	10	190	230	180	n. b.
Fluoranthren	µg/kg	90	1280	1430	1160	n. b.
Pyren	µg/kg	70	1030	1090	880	n. b.
Benz[a]anthracen	µg/kg	30	500	740	580	n. b.
Chrysen	µg/kg	20	430	520	440	n. b.
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	30	630	650	570	n. b.
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	20	310	330	320	n. b.
Benzo[a]pyren	µg/kg	30	520	600	570	n. b.
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	<20	90	430	60	n. b.
Benzo[g,h,i]perylen	µg/kg	<20	400	390	330	n. b.
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	40	460	490	430	n. b.
Summe PAK(6)	µg/kg	210	3600	3890	3380	n. b.
Summe PAK(10)	µg/kg	330	5650	6670	5340	n. b.
Summe PAK(12)	µg/kg	430	6400	7580	6000	n. b.
Summe PAK(16)	µg/kg	1140	7600	8250	6440	n. b.
Xenobiotika						
Moschus-Ambrette	µg/kg	n. b.				
Moschus-Tibeten	µg/kg	n. b.				
Moschus-Mosken	µg/kg	n. b.				
Moschus-Keton	µg/kg	n. b.				
Moschus-Xylol	µg/kg	n. b.				
HHCB	µg/kg	n. b.				
DPMI	µg/kg	n. b.				
ATII	µg/kg	n. b.				
AHTN	µg/kg	n. b.				
AHMI	µg/kg	n. b.				
ADBI	µg/kg	n. b.				
Indometacin	µg/kg	n. b.				
Diclofenac	µg/kg	n. b.				
Ibuprofen	µg/kg	n. b.				
Fenoprofen	µg/kg	n. b.				
Ketoprofen	µg/kg	n. b.				
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.				
Fenofibrat	µg/kg	n. b.				
Bezafibrat	µg/kg	n. b.				
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.				
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.				
Carbamazepin	µg/kg	n. b.				
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.				
iso-Nonylphenol	µg/kg	n. b.				
n-Oktylphenol	µg/kg	n. b.				

Tabelle B10: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Alte Elbe) – Fortsetzung.

km		252,000	252,000	252,000	252,000	252,000
Ort		Klieken	Klieken	Klieken	Klieken	Klieken
Rechtswert		K. A.				
Hochwert		K. A.				
Datum		07.06.99	06.08.99	26.06.00	09.10.00	14.03.01
Lfu-Nr.		S11	40	120	124	129
Art		OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim					
Xenobiotika						
Bisphenol A	µg/kg	n. b.				
Bisphenol F	µg/kg	n. b.				
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.				
2,2',4,4'-Tetrabrom-biphenylether	µg/kg	n. b.				
Hexestrol	µg/kg	n. b.				
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.				
Androsteron	µg/kg	n. b.				
Equilin	µg/kg	n. b.				
Estron	µg/kg	n. b.				
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.				
Testosteron	µg/kg	n. b.				
Mestranol	µg/kg	n. b.				
Norethisteron	µg/kg	n. b.				
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.				
Estriol	µg/kg	n. b.				
Daidzein	µg/kg	n. b.				
β-Sitosterol	µg/kg	n. b.				
Organo-Zinn-Verbindungen						
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.				
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.				
Tributylzinn	µg Sn/kg	28	n. b.	12	13	20
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.				
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.				
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.				
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.				
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.				
Schwermetalle						
Cd	mg/kg	4,8	4,4	4,3	4,6	4,3
Cu	mg/kg	127	116	119	116	111
Pb	mg/kg	123	104	110	117	104
Ni	mg/kg	55	51	51	57	50
Cr	mg/kg	128	119	139	141	128
Zn	mg/kg	882	769	738	836	729
Hg	mg/kg	1,9	1,6	0,7	1,8	1,5
Fe	mg/kg	71000	55000	54000	60000	61000
Mn	mg/kg	1370	1430	1440	1600	1430
Al	mg/kg	27000	35000	39000	39000	37000
As	mg/kg	57	61	58	50	51
Sn	mg/kg	14	13	5,6	5,8	6,1
Korngröße						
Median (µm)	µm	10,4	n. b.	n. b.	10,6	16,2
MW (µm)	µm	11,3	n. b.	n. b.	11,9	20,2
Bereich (µm) Anteil						
0,5 - 2,0	%	1,0	n. b.	n. b.	1,1	5,6
2,0 - 6,0	%	12,8	n. b.	n. b.	22,6	20,3
6,0 - 20,0	%	78,7	n. b.	n. b.	59,1	32,9
20,0 - 60,0	%	7,5	n. b.	n. b.	17,2	41,3
60,0-150,0	%	0,0	n. b.	n. b.	0,0	0,0

Tabelle B11: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Magdeburg, uh. Fahlberg-List GmbH).

km		319,400	319,400	319,400	319,400	319,400	319,400
Ort		Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg
Rechtswert		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Hochwert		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Datum		08.06.99	11.08.99	15.09.99	13.06.00	19.10.00	20.03.01
Lfu-Nr.		S12	56	65	118	125	130
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim					
pH-Wert		7,4	n. b.	7,1	7,2	7,4	7,2
Redoxspannung	mV	-95	n. b.	-90	-110	-182	28
Trockengewicht	%	33	25	30	34	32	43
Glühverlust	%	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
TC	%	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
TIC	%	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
TOC	%	6,7	n. b.	6,2	6,4	5,1	n. b.
Gesamt-P	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ca	g/kg	31	37	47	27	27	25
Mg	g/kg	8,5	6,7	6,4	7,0	8,7	6,9
S	g/kg	2,5	3,0	2,2	4,6	3,3	n. b.
Gesamt-CN ^I	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AOX	mg/kg	692	323	323	776	546	n. b.
EOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
MKW	mg/kg	1770	749	570	1709	1300	n. b.
Chlorierte Insektizide							
Pentachlorbenzol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Hexachlorbenzol	µg/kg	230	639	363	331	162	n. b.
Pentachloranisol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Quintozen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
α-HCH	µg/kg	5990	768	1021	942	489	n. b.
β-HCH	µg/kg	351	n. b.	n. b.	121	n. b.	n. b.
γ-HCH	µg/kg	234	68	104	109	74	n. b.
δ-HCH	µg/kg	300	n. b.	n. b.	73	n. b.	n. b.
Heptachlor	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Aldrin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Isodrin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Octachlorstyrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
α-Endosulfan	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
p,p'-DDT	µg/kg	484	132	159	45	143	n. b.
o,p'-DDT	µg/kg	95	24	41	17	8,2	n. b.
p,p'-DDE	µg/kg	87	29	32	48	83	n. b.
o,p'-DDE	µg/kg	1,1	1,1	2	5,2	4,0	n. b.
p,p'-DDD	µg/kg	125	98	96	169	196	n. b.
o,p'-DDD	µg/kg	11	16	19	57	82	n. b.
Summe HCH(2)	µg/kg	6224	836	1125	1051	563	-
Summe HCH(3)	µg/kg	6575	-	-	1172	-	-
Summe HCH(4)	µg/kg	6875	-	-	1245	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	696	259	287	262	422	-
Summe DDT(6)	µg/kg	803	300	349	340	516	-
Polychlorierte Biphenyle							
PCB 28	µg/kg	15	5,9	4,8	13	9,3	n. b.
PCB 52	µg/kg	14	10	29	19	14	n. b.
PCB 101	µg/kg	18	12	7,6	12	15	n. b.
PCB 118	µg/kg	6,3	5,5	1,4	8,4	11	n. b.
PCB 138	µg/kg	27	19	26	24	23	n. b.
PCB 153	µg/kg	19	20	26	20	21	n. b.
PCB 170	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle B11: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Magdeburg, uh. Fahlberg-List GmbH) – Fortsetzung.

km		319,400	319,400	319,400	319,400	319,400	319,400
Ort		Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg
Rechtswert		K. A.					
Hochwert		K. A.					
Datum		08.06.99	11.08.99	15.09.99	13.06.00	19.10.00	20.03.01
Lfu-Nr.		S12	56	65	118	125	130
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter		Dim					
Polychlorierte Biphenyle							
PCB 180	µg/kg	12	15	19	12	12	n. b.
PCB 194	µg/kg	n. b.					
Summe PCB(6)	µg/kg	105	82	113	99	94	-
Summe PCB(9)	µg/kg	-	-	-	-	-	-
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe							
Naphthalin	µg/kg	1090	1240	1430	870	1310	n. b.
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.	<20	n. b.	<20	<20	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	80	60	260	210	290	n. b.
Fluoren	µg/kg	160	170	160	210	300	n. b.
Phenanthren	µg/kg	2230	1140	2560	1550	2340	n. b.
Anthracen	µg/kg	590	400	610	570	900	n. b.
Fluoranthren	µg/kg	2490	2120	3610	2780	4030	n. b.
Pyren	µg/kg	2230	1820	2820	2600	3530	n. b.
Benz[a]anthracen	µg/kg	1070	690	1090	1920	1740	n. b.
Chrysen	µg/kg	1030	660	1580	1050	1590	n. b.
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	880	800	1260	910	1350	n. b.
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	440	410	700	490	710	n. b.
Benzo[a]pyren	µg/kg	1050	840	1940	1020	1510	n. b.
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	80	60	160	90	80	n. b.
Benzo[g,h,i]perylene	µg/kg	600	540	1040	430	540	n. b.
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	620	560	1230	600	910	n. b.
Summe PAK(6)	µg/kg	6080	5270	9780	6230	9050	n. b.
Summe PAK(10)	µg/kg	10490	8500	15430	11890	15990	n. b.
Summe PAK(12)	µg/kg	13310	10040	18600	14010	19230	n. b.
Summe PAK(16)	µg/kg	14640	11510	-	15300	21130	n. b.
Xenobiotika							
Moschus-Ambrette	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<20	<20	n. b.
Moschus-Tibeten	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<10	<10	n. b.
Moschus-Mosken	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<10	<10	n. b.
Moschus-Keton	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<10	<10	n. b.
Moschus-Xylol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<10	<10	n. b.
HHCB	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	8	<5	n. b.
DPMI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<5	<5	n. b.
ATI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<5	<5	n. b.
AHTN	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	35	<5	n. b.
AHMI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<5	<5	n. b.
ADBI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<5	<5	n. b.
Indometacin	µg/kg	n. b.					
Diclofenac	µg/kg	n. b.					
Ibuprofen	µg/kg	n. b.					
Fenoprofen	µg/kg	n. b.					
Ketoprofen	µg/kg	n. b.					
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.					
Fenofibrat	µg/kg	n. b.					
Bezafibrat	µg/kg	n. b.					
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.					
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.					
Carbamazepin	µg/kg	n. b.					
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.					
iso-Nonylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	110	220	n. b.
n-Oktylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<10	<10	n. b.

Tabelle B11: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Elbe (Magdeburg, uh. Fahlberg-List GmbH) – Fortsetzung.

km	Dim	319,400	319,400	319,400	319,400	319,400	319,400
Ort		Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg	Magdeburg
Rechtswert		K. A.					
Hochwert		K. A.					
Datum		08.06.99	11.08.99	15.09.99	13.06.00	19.10.00	20.03.01
Lfu-Nr.		S12	56	65	118	125	130
Art		OS	OS	OS	OS	OS	OS
Parameter	Dim						
Xenobiotika							
Bisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<10	<10	n. b.
Bisphenol F	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	<10	<10	n. b.
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.					
2,2',4,4'-Tetrabrombiphenylether	µg/kg	n. b.					
Hexestrol	µg/kg	n. b.					
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.					
Androsteron	µg/kg	n. b.					
Equilin	µg/kg	n. b.					
Estron	µg/kg	n. b.					
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.					
Testosteron	µg/kg	n. b.					
Mestranol	µg/kg	n. b.					
Norethisteron	µg/kg	n. b.					
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.					
Estriol	µg/kg	n. b.					
Daidzein	µg/kg	n. b.					
β-Sitosterol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	570	1500	n. b.
Organo-Zinn-Verbindungen							
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.					
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.					
Tributylzinn	µg Sn/kg	193	n. b.	n. b.	167	72	290
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.					
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.					
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.					
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.					
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.					
Schwermetalle							
Cd	mg/kg	12	8,9	8,1	19	8,2	12
Cu	mg/kg	368	153	138	381	325	350
Pb	mg/kg	197	152	142	269	243	199
Ni	mg/kg	90	64	58	108	90	92
Cr	mg/kg	226	92	82	308	251	263
Zn	mg/kg	1520	1590	1440	1700	1500	1780
Hg	mg/kg	21,9	5,6	5,1	24	23	24
Fe	mg/kg	39000	36000	33000	40000	39000	35000
Mn	mg/kg	939	1800	1560	930	1100	1040
Al	mg/kg	38000	22000	22000	32000	33000	36000
As	mg/kg	49	41	31	76	74	53
Sn	mg/kg	43	16	11	21	<BG	17
Korngröße							
Median (µm)	µm	5,8	n. b.	6,5	14,1	8,9	11,1
MW (µm)	µm	7,1	n. b.	8,5	20,0	11,4	13,3
Bereich (µm)	Anteil						
0,5 - 2,0	%	2,4	n. b.	1,4	2,0	1,8	6,9
2,0 - 6,0	%	51,6	n. b.	39,9	16,1	26,1	28,8
6,0 - 20,0	%	46,0	n. b.	58,6	41,8	56,0	36,4
20,0 - 60,0	%	0,0	n. b.	0,0	40,1	16,1	27,9
0,0-150,0	%	0,0	n. b.	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle B12: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße).

km		149,000	149,000	149,000	149,000
Ort		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Rechtswert		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Hochwert		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Datum		15.03.00	12.04.00	27.06.00	25.10.00
LfU-Nr.		106	110	119	126
Art		OS	OS	OS	OS
Parameter Dim					
pH-Wert		7,3	7,0	6,8	6,7
Redoxspannung	mV	-20	-146	-170	-152
Trockengewicht	%	14	14	20	15
Glühverlust	%	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
TC	%	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
TIC	%	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
TOC	%	9,6	10	5,7	9,4
Gesamt-P	g/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ca	g/kg	n. b.	n. b.	157	163
Mg	g/kg	n. b.	n. b.	2,9	3,0
S	g/kg	7,0	8,5	5,7	9,0
Gesamt-CN ⁻	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AOX	mg/kg	n. b.	n. b.	64	86
EOX	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
MKW	mg/kg	n. b.	n. b.	900	490
Chlorierte Insektizide					
Pentachlorbenzol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Hexachlorbenzol	µg/kg	n. b.	n. b.	<1	2,1
Pentachloranisol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Quintozen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
α-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	<1	<1
β-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
γ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	1,1	1,2
δ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Heptachlor	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Aldrin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Isodrin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Octachlorstyrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
α-Endosulfan	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
p,p'-DDT	µg/kg	n. b.	n. b.	2,2	14
o,p-DDT	µg/kg	n. b.	n. b.	0,45	2,5
p,p'-DDE	µg/kg	n. b.	n. b.	11	13,4
o,p-DDE	µg/kg	n. b.	n. b.	1,9	0,9
p,p'-DDD	µg/kg	n. b.	n. b.	10	12
o,p-DDD	µg/kg	n. b.	n. b.	2,1	0,9
Summe HCH(2)	µg/kg	-	-	1,1	1,2
Summe HCH(3)	µg/kg	-	-	-	-
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	-	-	23	39
Summe DDT(6)	µg/kg	-	-	28	43
Polychlorierte Biphenyle					
PCB 28	µg/kg	n. b.	n. b.	1,0	1,6
PCB 52	µg/kg	n. b.	n. b.	1,4	1,6
PCB 101	µg/kg	n. b.	n. b.	2,6	2,8
PCB 118	µg/kg	n. b.	n. b.	1,2	1,3
PCB 138	µg/kg	n. b.	n. b.	5,7	5,9
PCB 153	µg/kg	n. b.	n. b.	5,0	6,2
PCB 170	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle B12: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße) – Fortsetzung.

km		149,000	149,000	149,000	149,000
Ort		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Rechtswert		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Hochwert		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Datum		15.03.00	12.04.00	27.06.00	25.10.00
LfU-Nr.		106	110	119	126
Art		OS	OS	OS	OS
Parameter Dim					
Polychlorierte Biphenyle					
PCB 180	µg/kg	n. b.	n. b.	2,7	3,0
PCB 194	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PCB(6)	µg/kg	-	-	18	21
Summe PCB(9)	µg/kg	-	-	-	-
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe					
Naphthalin	µg/kg	n. b.	n. b.	410	210
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.	n. b.	<20	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	n. b.	n. b.	70	60
Fluoren	µg/kg	n. b.	n. b.	330	<20
Phenanthren	µg/kg	n. b.	n. b.	80	270
Anthracen	µg/kg	n. b.	n. b.	850	80
Fluoranthren	µg/kg	n. b.	n. b.	610	800
Pyren	µg/kg	n. b.	n. b.	440	630
Benzo[a]anthracen	µg/kg	n. b.	n. b.	280	420
Chrysen	µg/kg	n. b.	n. b.	210	370
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	n. b.	n. b.	200	420
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	n. b.	n. b.	90	230
Benzo[a]pyren	µg/kg	n. b.	n. b.	230	450
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	n. b.	n. b.	40	40
Benzo[g,h,i]perylene	µg/kg	n. b.	n. b.	<20	170
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	n. b.	n. b.	160	300
Summe PAK(6)	µg/kg	n. b.	n. b.	1290	2370
Summe PAK(10)	µg/kg	n. b.	n. b.	2260	3830
Summe PAK(12)	µg/kg	n. b.	n. b.	3190	4180
Summe PAK(16)	µg/kg	n. b.	n. b.	4000	-
Xenobiotika					
Moschus-Ambrette	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Tibeten	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Mosken	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Keton	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Moschus-Xylol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
HHCB	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
DPMI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
ATI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AHTN	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
AHMI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
ADBI	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Indometacin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diclofenac	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ibuprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Ketoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenofibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Bezafibrat	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Carbamazepin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
iso-Nonylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
n-Oktylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Tabelle B12: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus dem Eldenburger Kanal (Müritz-Elde-Wasserstraße) – Fortsetzung.

km		149,000	149,000	149,000	149,000
Ort		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Rechtswert		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Hochwert		K. A.	K. A.	K. A.	K. A.
Datum		15.03.00	12.04.00	27.06.00	25.10.00
LfU-Nr.		106	110	119	126
Art		OS	OS	OS	OS
Parameter Dim					
Xenobiotika					
Bisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Bisphenol F	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
2,2',4,4'-Tetrabrom-biphenylether	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Hexestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Androsteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Equilin	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Testosteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Mestranol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Norethisteron	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Estriol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Daidzein	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
β-Sitosterol	µg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Organo-Zinn-Verbindungen					
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	27	100
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Schwermetalle					
Cd	mg/kg	n. b.	n. b.	0,1	0,1
Cu	mg/kg	n. b.	n. b.	91	39
Pb	mg/kg	n. b.	n. b.	28	30
Ni	mg/kg	n. b.	n. b.	<1	<1
Cr	mg/kg	n. b.	n. b.	9,2	10
Zn	mg/kg	n. b.	n. b.	96	103
Hg	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	0,3
Fe	mg/kg	n. b.	n. b.	10000	11000
Mn	mg/kg	n. b.	n. b.	444	531
Al	mg/kg	n. b.	n. b.	7000	6000
As	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	7,9
Sn	mg/kg	n. b.	n. b.	<BG	<BG
Korngröße					
Median (µm)	µm	18,2	35,8	21,1	10,9
MW (µm)	µm	22,3	36,5	25,0	11,0
Bereich (µm) Anteil					
0,5 - 2,0	%	0,8	0,4	0,5	0,8
2,0 - 6,0	%	8,6	5,3	11,3	11,3
6,0 - 20,0	%	46,5	23,6	35,6	87,6
20,0 - 60,0	%	44,1	53,4	51,1	0,2
60,0-150,0	%	0,0	17,3	1,6	0,0

Tabelle B13: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Spree.

km		21,500	21,500
Ort		Freienbrink	Freienbrink
Rechtswert		K. A.	K. A.
Hochwert		K. A.	K. A.
Datum		27.05.99	06.08.99
LfU-Nr.		S10	41
Art		OS	OS
Parameter	Dim		
pH-Wert		7,3	n. b.
Redoxspannung	mV	-39	n. b.
Trockengewicht	%	15	18
Glühverlust	%	n. b.	n. b.
TC	%	n. b.	n. b.
TIC	%	n. b.	n. b.
TOC	%	7,8	12
Gesamt-P	g/kg	n. b.	n. b.
Ca	g/kg	22	20
Mg	g/kg	1,8	2,0
S	g/kg	13	15
Gesamt-CN ⁻	mg/kg	n. b.	n. b.
AOX	mg/kg	44	70
EOX	mg/kg	n. b.	n. b.
MKW	mg/kg	640	557
Chlorierte Insektizide			
Pentachlorbenzol	µg/kg	n. b.	n. b.
Hexachlorbenzol	µg/kg	2	4,1
Pentachloranisol	µg/kg	n. b.	n. b.
Quintozen	µg/kg	n. b.	n. b.
α-HCH	µg/kg	1,1	1,8
β-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.
γ-HCH	µg/kg	1,2	1,7
δ-HCH	µg/kg	n. b.	n. b.
Heptachlor	µg/kg	n. b.	n. b.
cis-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.
trans-Heptachlorepoxyd	µg/kg	n. b.	n. b.
Aldrin	µg/kg	n. b.	n. b.
Isodrin	µg/kg	n. b.	n. b.
Octachlorstyrol	µg/kg	n. b.	n. b.
α-Endosulfan	µg/kg	n. b.	n. b.
p,p'-DDT	µg/kg	7,7	17
o,p-DDT	µg/kg	1,6	5,8
p,p'-DDE	µg/kg	9,6	14
o,p-DDE	µg/kg	1,8	0,6
p,p'-DDD	µg/kg	17	23
o,p-DDD	µg/kg	3,0	4,1
Summe HCH(2)	µg/kg	2,3	3,5
Summe HCH(3)	µg/kg	-	-
Summe HCH(4)	µg/kg	-	-
Summe DDT(3)	µg/kg	34	53
Summe DDT(6)	µg/kg	41	64
Polychlorierte Biphenyle			
PCB 28	µg/kg	0,6	1,2
PCB 52	µg/kg	0,3	1,7
PCB 101	µg/kg	1,3	3,0
PCB 118	µg/kg	1,3	2,0
PCB 138	µg/kg	7,0	10
PCB 153	µg/kg	6,5	9,2
PCB 170	µg/kg	n. b.	n. b.

Tabelle B13: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Spree
- Fortsetzung.

km		21,500	21,500
Ort		Freienbrink	Freienbrink
Rechtswert		K. A.	K. A.
Hochwert		K. A.	K. A.
Datum		27.05.99	06.08.99
LfU-Nr.		S10	41
Art		OS	OS
Parameter	Dim		
Polychlorierte Biphenyle			
PCB 180	µg/kg	3,5	6,6
PCB 194	µg/kg	n. b.	n. b.
Summe PCB(6)	µg/kg	19	32
Summe PCB(9)	µg/kg	-	-
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe			
Naphthalin	µg/kg	840	870
Acenaphthylen	µg/kg	n. b.	n. b.
Acenaphthen	µg/kg	80	130
Fluoren	µg/kg	n. b.	90
Phenanthren	µg/kg	740	1000
Anthracen	µg/kg	90	150
Fluoranthren	µg/kg	1310	1820
Pyren	µg/kg	770	112
Benz[a]anthracen	µg/kg	300	430
Chrysen	µg/kg	430	570
Benzo[b]fluoranthren	µg/kg	710	900
Benzo[k]fluoranthren	µg/kg	320	440
Benzo[a]pyren	µg/kg	580	860
Dibenz[a,h]anthracen	µg/kg	130	130
Benzo[g,h,i]perylene	µg/kg	520	820
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	µg/kg	650	830
Summe PAK(6)	µg/kg	4090	5670
Summe PAK(10)	µg/kg	5720	6912
Summe PAK(12)	µg/kg	6550	8062
Summe PAK(16)	µg/kg	-	-
Xenobiotika			
Moschus-Ambrette	µg/kg	n. b.	n. b.
Moschus-Tibeten	µg/kg	n. b.	n. b.
Moschus-Mosken	µg/kg	n. b.	n. b.
Moschus-Keton	µg/kg	n. b.	n. b.
Moschus-Xylol	µg/kg	n. b.	n. b.
HHCB	µg/kg	n. b.	n. b.
DPMI	µg/kg	n. b.	n. b.
ATI	µg/kg	n. b.	n. b.
AHTN	µg/kg	n. b.	n. b.
AHMI	µg/kg	n. b.	n. b.
ADBI	µg/kg	n. b.	n. b.
Indometacin	µg/kg	n. b.	n. b.
Diclofenac	µg/kg	n. b.	n. b.
Ibuprofen	µg/kg	n. b.	n. b.
Fenoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.
Ketoprofen	µg/kg	n. b.	n. b.
Gemfibrozil	µg/kg	n. b.	n. b.
Fenofibrat	µg/kg	n. b.	n. b.
Bezafibrat	µg/kg	n. b.	n. b.
Clofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.
Fenofibrinsäure	µg/kg	n. b.	n. b.
Carbamazepin	µg/kg	n. b.	n. b.
Pentoxifyllin	µg/kg	n. b.	n. b.
iso-Nonylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.
n-Oktylphenol	µg/kg	n. b.	n. b.

Tabelle B13: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Oberflächensediment aus der Spree
- Fortsetzung.

km		21,500	21,500
Ort		Freienbrink	Freienbrink
Rechtswert		K. A.	K. A.
Hochwert		K. A.	K. A.
Datum		27.05.99	06.08.99
Lfu-Nr.		S10	41
Art		OS	OS
Parameter	Dim		
Xenobiotika			
Bisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.
Bisphenol F	µg/kg	n. b.	n. b.
Tetrabrombisphenol A	µg/kg	n. b.	n. b.
2,2',4,4'-Tetrabrombiphenylether	µg/kg	n. b.	n. b.
Hexestrol	µg/kg	n. b.	n. b.
Diethylstilbestrol	µg/kg	n. b.	n. b.
Androsteron	µg/kg	n. b.	n. b.
Equilin	µg/kg	n. b.	n. b.
Estron	µg/kg	n. b.	n. b.
17-β-Estradiol	µg/kg	n. b.	n. b.
Testosteron	µg/kg	n. b.	n. b.
Mestranol	µg/kg	n. b.	n. b.
Norethisteron	µg/kg	n. b.	n. b.
17-α-Ethinylestradiol	µg/kg	n. b.	n. b.
Estriol	µg/kg	n. b.	n. b.
Daidzein	µg/kg	n. b.	n. b.
β-Sitosterol	µg/kg	n. b.	n. b.
Organo-Zinn-Verbindungen			
Monobutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.
Dibutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.
Tributylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.
Tetrabutylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.
Monooctylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.
Diocetylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.
Tricyclohexylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.
Triphenylzinn	µg Sn/kg	n. b.	n. b.
Schwermetalle			
Cd	mg/kg	1,9	2,0
Cu	mg/kg	56	61
Pb	mg/kg	69	78
Ni	mg/kg	32	38
Cr	mg/kg	35	41
Zn	mg/kg	491	646
Hg	mg/kg	0,3	0,4
Fe	mg/kg	100000	68000
Mn	mg/kg	5430	5450
Al	mg/kg	13000	12000
As	mg/kg	15	11
Sn	mg/kg	14	14
Korngröße			
Median (µm)	µm	14,9	n. b.
MW (µm)	µm	13,9	n. b.
Bereich (µm)	Anteil		
0,5 - 2,0	%	1,0	n. b.
2,0 - 6,0	%	11,4	n. b.
6,0 - 20,0	%	68,5	n. b.
20,0 - 60,0	%	19,1	n. b.
60,0-150,0	%	0,0	n. b.

Tabelle B14: Analytische Bestimmungsgrenzen.

Parameter	Bestimmungsgrenze	Parameter	Bestimmungsgrenze	Parameter	Bestimmungsgrenze
TC	0,1 %	Benzo[b]fluoranthen	20µg/kg, früher 100 µg/kg	Pb	0,5 mg/kg
TIC	0,1 %	Benzo[k]fluoranthen	20µg/kg, früher 100 µg/kg	Ni	1 mg/kg
TOC	0,1 %	Benzo[a]pyren	20µg/kg, früher 100 µg/kg	Cr	2 mg/kg
Gesamt-P	0,5 g/kg	Indeno[1,2,3-c,d]pyren	20µg/kg, früher 100 µg/kg	Zn	2 mg/kg
AOX	10 mg/kg	Dibenz[a,h]anthracen	20µg/kg, früher 100 µg/kg	Hg	0,2 mg/kg
Ca	K. A.	Benzo[g,h,i]perylen	20µg/kg, früher 100 µg/kg	Fe	120 mg/kg
Mg	K. A.	Xenobiotika		Mn	20 mg/kg
S	K. A.	Moschus-Ambrette	20 µg/kg	Al	180 mg/kg
Gesamt-CN	K. A.	Moschus-Tibeten	10 µg/kg	As	0,3 mg/kg
EOX	K. A.	Moschus-Mosken	10 µg/kg	Sn	K. A.
MKW	K. A.	Moschus-Keton	10 µg/kg		
Chlorierte Insektizide		Moschus-Xylol	10 µg/kg		
Pentachlorbenzol	2 µg/kg	HHCB	5 µg/kg		
Hexachlorbenzol	2 µg/kg	DPMI	5 µg/kg		
Pentachloranisol	2 µg/kg	ATII	5 µg/kg		
Quintozen	2 µg/kg	AHTN	5 µg/kg		
α-HCH	2 µg/kg	AHMI	5 µg/kg		
β-HCH	2 µg/kg	ADBI	5 µg/kg		
γ-HCH	2 µg/kg	Indometacin	10 µg/kg		
Heptachlor	2 µg/kg	Diclofenac	10 µg/kg		
cis-Heptachlorepoxyd	2 µg/kg	Ibuprofen	10 µg/kg		
trans-Heptachlorepoxyd	2 µg/kg	Fenoprofen	10 µg/kg		
Aldrin	2 µg/kg	Ketoprofen	10 µg/kg		
Isodrin	2 µg/kg	Gemfibrozil	10 µg/kg		
Octachlorstyrol	2 µg/kg	Fenofibrat	10 µg/kg		
α-Endosulfan	2 µg/kg	Bezafibrat	10 µg/kg		
p,p'-DDT	2 µg/kg	Clofibrinsäure	10 µg/kg		
o,p'-DDT	2 µg/kg	Fenofibrinsäure	10 µg/kg		
p,p'-DDE	2 µg/kg	Carbamazepin	10 µg/kg		
p,p'-DDD	2 µg/kg	Pentoxifyllin	10 µg/kg		
o,p'-DDD	2 µg/kg	iso-Nonylphenol	20 µg/kg		
Polychlorierte Biphenyle		n-Oktylphenol	10 µg/kg		
PCB 28	2 µg/kg	Bisphenol A	10 µg/kg		
PCB 52	2 µg/kg	Bisphenol F	10 µg/kg		
PCB 101	2 µg/kg	Tetrabrombisphenol A	100 µg/kg		
PCB 118	2 µg/kg	2,2',4,4'-Tetrabrombiphenylether	500 µg/kg		
PCB 138	2 µg/kg	Hexestrol	10 µg/kg		
PCB 153	2 µg/kg	Diethylstilbestrol	10 µg/kg		
PCB 170	2 µg/kg	Androsteron	10 µg/kg		
PCB 180	2 µg/kg	Equilin	10 µg/kg		
PCB 194	2 µg/kg	Estron	10 µg/kg		
PAK		17-β-Estradiol	10 µg/kg		
Naphthalin	k. A.	Testosteron	10 µg/kg		
Acenaphthylen	k. A.	Mestranol	10 µg/kg		
Acenaphthen	k. A.	Norethisteron	10 µg/kg		
Fluoren	k. A.	17-α-Ethinylestradiol	10 µg/kg		
Phenanthren	k. A.	Estriol	10 µg/kg		
Anthracen	k. A.	Daidzein	10 µg/kg		
Fluoranthren	20µg/kg, früher 100 µg/kg	β-Sitosterol	10 µg/kg		
Pyren	20µg/kg, früher 100 µg/kg	Schwermetalle			
Benz[a]anthracen	20µg/kg, früher 100 µg/kg	Cd	0,2 mg/kg		
Chrysen	20µg/kg, früher 100 µg/kg	Cu	0,5 mg/kg		

K. A.: Analysedaten von der BfG ohne Angabe der Bestimmungsgrenzen zur Verfügung gestellt.

Anhang C - Methoden

Im Anhang C - Methoden wird die Durchführung der in dieser Studie angewandten Biotestverfahren beschrieben, für die keine DIN oder ISO-Normen zur Verfügung stehen bzw. deren nach DIN oder ISO standardisierte Durchführung für dieses Vorhaben modifiziert wurden. Für die Durchführung der übrigen hier eingesetzten Verfahren sind die gültigen DIN bzw. ISO-Normen heranzuziehen.

C1: Algentest auf Mikroplatte

Zur Durchführung des Algentests ist die DIN 38 412-33 zusätzlich heranzuziehen. Hier werden die Unterschiede des Mikroplattenverfahrens im Vergleich zur Testdurchführung nach DIN 38 412-33 beschrieben.

Grundlage des Verfahrens

Siehe DIN 38 412-33

Störungen

Siehe DIN 38 412-33

Geräte

Siehe DIN 38 412-33

zusätzlich

- Mikroplatte mit 24 Vertiefungen (z. B. Falcon 1147)
- Fluorometer für Mikroplatten zur Messung der Chlorophyll-Fluoreszenz

Nährmedien

- Lösungen I-III

siehe DIN 38 412-33

- 10fach Nährlösung

Vor jedem Testansatz aus den Lösungen I-III die Nährlösung entsprechend den Angaben in der DIN 38 412-33 ansetzen. Abweichend davon erfolgt keine Zugabe von NaHCO_3 .

Algenkultur

- Testorganismus

Desmodesmus subspicatus CODAT

- Stammkultur

Die Stammkultur kann in flüssigem (10fach Nährlösung ohne NaHCO_3) oder auf festem Medium (10fach Nährlösung ohne NaHCO_3 , 1,5% Agar) gehalten werden.

- Vorkultur

3 Tage vor Beginn des Tests wird mit der Anzucht der Vorkultur begonnen. Die Vorkultur wird wie die Kontrolle im Test direkt auf der Mikroplatte angesetzt. Wird von einer Kultur auf Festmedium (z. B. Agar-Schrägröhrchen) angesetzt, muss zunächst in ca. 50 ml 10fach Nährlösung (ohne NaHCO_3) für ca. 12-24 h vorinkubiert werden. Erscheint die Algensuspension hellgrün, kann daraus die Vorkultur auf der Mikroplatte inokuliert werden. Die Vorkultur wird unter gleichen Licht- und Temperaturbedingungen wie bei der Untersuchung etwa 2-3 Tage inkubiert. Die Algen werden durch Schütteln (Mikroplattenschüttler) in Suspension gehalten.

Probenvorbehandlung

Siehe DIN 38 412-33

Testdurchführung

➤ Testansatz

Nach 72 h wird aus der Vorkultur das Inokulum für den Test entnommen. Durch Verdünnen mit 10fach Nährlösung (ohne NaHCO₃) wird die Zellzahl des Inokulums auf 10⁵ Zellen/ml eingestellt. Im Testansatz ergibt das eine Zellzahl von etwa 10⁴ Zellen/ml. Enthält das Impfmateriale abnorme Zellen, ist es für den Test nicht geeignet. Definierte Volumina von Probe, Verdünnungswasser, 10fach Nährlösung (ergänzt mit 900 mg/l NaHCO₃) und Inokulum werden in die Vertiefungen der Mikroplatte gegeben, so dass sich das testbedingte Endvolumen von 2 ml einstellt (siehe Zusammensetzung der Testansätze). Es werden so viele Testansätze in unterschiedlichen Verdünnungsstufen hergestellt, bis eine Hemmwirkung von < 20 % erreicht wird. In gleicher Weise werden Kontrollansätze hergestellt, die anstelle von Probe ein entsprechendes Volumen an Verdünnungswasser enthalten. Als Positivkontrolle wird 0,588 ml einer wässrigen 3, 5-Dichlorphenol-Lösung (10 mg 3,5-DCP/l Aqua deion.) verwendet. Zusätzlich wird ein Leerwertansatz auf der Platte positioniert. Für jede Verdünnungsstufe und den Kontrollansatz werden 4 Parallelansätze untersucht. Die Mikroplatten werden mit einem Deckel (keine Folie), der einen Gasaustausch ermöglicht, abgedeckt. Die Verdunstung aus den Ansätzen ist durch eine ausreichende Luftfeuchtigkeit während der Inkubation gering zu halten.

➤ Zusammensetzung der Testansätze

Die 10fach Nährlösung wird mit 900 mg/l NaHCO₃ ergänzt, das entspricht einer Konzentration im Test von 90 mg/l NaHCO₃. Verdünnungswasser ist deionisiertes Wasser.

Verdünnung	Verdünnungsstufe G	Probe ml	Verdünnungswasser ml	10fach Nährlösung mit NaHCO ₃ ml	Inokulum 10 ⁵ Zellen/ml ml	Gesamtvolumen ml
+Kontrolle	0	0,588*	1,012	0,2	0,2	2,00
Kontrolle	0	0	1,60	0,2	0,2	2,00
Leerwert	0	0	1,80	0,2	0	2,00
1 : 1,25	1,25	1,60	0,00	0,2	0,2	2,00
1 : 2	2	1,00	0,60	0,2	0,2	2,00
1 : 3	3	0,66	0,94	0,2	0,2	2,00
1 : 4	4	0,50	1,10	0,2	0,2	2,00
1 : 6	6	0,33	1,27	0,2	0,2	2,00
1 : 8	8	0,25	1,35	0,2	0,2	2,00
1:10	10	0,20	1,40	0,2	0,2	2,00
1:20	20	0,10	1,50	0,2	0,2	2,00
1:40	40	0,05	1,55	0,2	0,2	2,00
1:80	80	0,025	1,575	0,2	0,2	2,00
1:160	160	0,0125	1,588	0,2	0,2	2,00
1:320	320	0,00625	1,594	0,2	0,2	2,00

*10mg/l 3, 5-DCP-Lösung

➤ Plattenbelegung

	1	2	3	4	5	6
A	L	K	P 1:1,25	P 1:2	P 1:3	P 1:4
B	L	K	P 1:1,25	P 1:2	P 1:3	P 1:
C	+K	K	P 1:1,25	P 1:2	P 1:3	P 1:4
D	+K	K	P 1:1,25	P 1:2	P 1:3	P 1:4

P: Probenverdünnungsstufe
 K: Kontrolle
 +K: Positiv-Kontrolle
 L: Leerwert

➤ Inkubation

Siehe DIN 38 412-33

Unterschiede in der Temperatur und der Beleuchtungsstärke zwischen einzelnen Positionen auf der Mikroplatte können zu Abweichungen im Wachstum identischer Ansätze führen. Daher müssen alle Positionen auf der Mikroplatte bei erstmaliger Inbetriebnahme oder Veränderung der Inkubationseinrichtung mit Kontrollansätzen auf ihre Abweichungen hin überprüft werden. Dabei soll die Standardabweichung nicht mehr als 15 % betragen.

➤ Messung

Nach 72 h Inkubation wird von allen Testansätzen die Fluoreszenz bei $\lambda = 685$ nm gemessen (Anregungswellenlänge $\lambda = 485$ nm). Die Messung erfolgt von unten. Unmittelbar vor der Messung wird die Mikroplatte gründlich geschüttelt.

Gültigkeitskriterien

Siehe DIN 38 412-33

Auswertung der Ergebnisse

Siehe DIN 38 412-33

Abweichend hierzu wird der Leerwert für den Blank bei der Berechnung der Hemmwirkung auf die Biomasseproduktion berücksichtigt.

C2: Chironomidentest

modifiziert nach Streloke & Köpp (1995) und OECD-DRAFT-DOCUMENT (1998).

Grundlage des Verfahrens

Die zu den Insekten gehörenden Chironomiden (Zuckmücken) umfassen häufig einen wesentlichen Anteil der benthischen Biomasse. Das Larvenstadium gilt als das empfindlichste im Lebenszyklus der Chironomiden. Für die Sedimentuntersuchungen werden Larven von *Chironomus riparius* in einem Sediment-Wassersystem exponiert. Als Maß für die Toxizität einer Sedimentprobe wird die Schlupfrate (Emergenz) sowie die mittlere Entwicklungsrate der adulten Tiere bestimmt.

Zucht der Testorganismen

Die Tiere werden in einem mit Gaze verkleideten Käfig (ca. 60X60X60 cm) gehalten. Die Chironomidenlarven werden in Glasschalen (Durchmesser ca. 14 cm) mit einer Bodenschicht von ca. 1 cm Sand und einem Wasserüberstand von ca. 5 cm gezüchtet. Zuchtwasser ist belüftetes chlorfreies Karlsruher Leitungswasser. Pro Glasschale werden zwei Eigelege eingesetzt sowie Futteralgen und/oder etwas fein gemahlene Fischfutter (TetraMin®) zugegeben. Der Zuchtansatz wird aktiv (Aquariumpumpe) belüftet. Nach 2-3 Tagen schlüpfen die Larven.

Die Futtergabe ist kritisch. Eine Über- bzw. Unterdosierung des Futters ist zu vermeiden (Faustregel 1mg/Larve/Tag). Nach ca. 14 Tagen entwickeln sich aus den Larven die Mücken. Nach der Paarung legen die Mücken ihre Eier am Gefäßrand nahe der Wasseroberfläche ab. Je 2 Eigelege werden in weitere Glasschalen mit einer Bodenschicht Sand überführt. Diese Zuchtansätze werden ebenfalls gefüttert und belüftet. Der Entwicklungszyklus beginnt erneut. Die Zucht erfolgt bei 20 ± 2 °C. Die Luftfeuchtigkeit sollte über 60% betragen, da zu geringe Luftfeuchtigkeit die Zucht beeinträchtigen kann.

Eine Fütterung der adulten Tiere ist nicht erforderlich.

Probenvorbereitung

Durch Einfrieren des Sedimentes vor der Testdurchführung wird die in der Probe natürlicherweise vorkommende Fauna (u. a. Chironomiden) abgetötet.

Testdurchführung

Für den Test werden die in der Zucht an einem Tag abgelegten Eipakete mit einer Pasteurpipette gesammelt und in einer mit Zuchtwasser befüllten Glasschale (ohne Sand) bei 20 ± 2 °C aufbewahrt. Die nach 2-3 Tagen geschlüpften Larven werden mit fein gemahlenem TetraMin® gefüttert (1mg/Larve/Tag). 1-2 Tage nach dem Schlupf können die Larven im Test eingesetzt werden. Die Inkubationsbedingungen sind identisch mit denen der Zucht.

Für den Test wird in einem 400 ml Becherglas (ca. 10-12 cm Durchmesser) der Boden mit einer ca. 2-3 cm dicken Schicht der zu untersuchenden Probe bedeckt und mit 8-10 cm belüftetes Wasser (ohne

Verwirbelung) überschichtet. Pro Probe werden drei Parallelansätze hergestellt. Die Testansätze werden bei 20 °C für 24 h belüftet. Die Ansätze werden in der Wasserphase so belüftet, dass das Sediment nicht aufgewirbelt wird. Danach werden unter Zuhilfenahme eines Binokulars die Larven mit einer Pasteurpipette aus der Glasschale aufgenommen und in den Testansatz eingegeben. Es werden pro Testansatz 25 maximal 2 Tage alte Larven (2Tage nach dem Schlüpfen bzw. 4-5 Tage nach der Eiablage) eingesetzt und die Testansätze mit Parafilm (in den kleine Löcher gestoßen werden, damit die Luft entweichen kann) verschlossen. 2 Stunden nach dem Einsatz der Larven werden die Testansätze wieder belüftet. Bei nativen Sedimentproben reicht i. d. R. eine Belüftung mit ca. einer Luftblase/pro Sekunde nicht aus, da die Proben Sauerstoff zehren können. Es wird deshalb so belüftet, dass in der Wasserphase der Sauerstoffgehalt nicht unter 4 mg/l liegt. Es ist darauf zu achten, dass kein Sediment aufgewirbelt wird.

Die Inkubation der Testansätze erfolgt bei 20 °C. Die Tiere werden in einem Hell-Dunkel-Rhythmus im Verhältnis von 16:8 gehalten. Die Larven werden 3x wöchentlich gefüttert (TetraMin®, ca. 1mg/Larve).

Nach 12 Tagen Inkubationszeit muss auf eine gute Abdeckung der Gefäße (Parafilm, in den kleine Löcher gestoßen werden, damit die Luft entweichen kann) geachtet werden, damit kein geschlüpfes Tier aus dem Testansatz entweicht.

Die Ansätze werden nach 12 Tagen täglich auf Schlupf kontrolliert und die geschlüpfen Zuckmücken entfernt und protokolliert. Männliche und weibliche Tiere werden getrennt erfasst. Festzuhalten ist außerdem eine eventuelle Eiablage und Veränderungen der Sedimentprobe wie z.B. Gasentwicklung. Die Testdauer beträgt 28 Tage. Als Kontrollsediment dient ein künstliches Referenzsediment.

Physikalisch-chemische Begleitmessung

Bei Testbeginn, kurz vor Beginn des Schlupfes (12-14 Tage nach Testbeginn) und am Ende der Inkubationszeit wird der pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit und der Sauerstoffgehalt in den Testansätzen bestimmt.

Referenzsediment

Als Kontrolle für die Biotestuntersuchungen dient in Anlehnung an das OECD-DRAFT-DOCUMENT 9872 (1998) ein künstliches Referenzsediment. Hierzu werden 50 g luftgetrockneter Torf (Sieb-Fraktion <2 mm), 50 g weißer Ton (Kaolin, Merck 101906) und 900 g luftgetrockneter Sand (doppelt gewaschen (Sieb-Fraktion <2 mm) gemischt. Zu der Trockenmischung wird Testwasser (Karlsruher Leitungswasser, ca. 300 ml) gegeben bis eine cremige Paste entsteht. Der pH-Wert der Sedimentmischung wird durch Zugabe von ca. 50 g Calciumcarbonat (reinst) auf pH 6,5 eingestellt.

Testauswertung

Die Testdauer beträgt 28 Tage, protokolliert wird längstens bis 5 Tage nachdem die letzte Mücke geschlüpft ist. Ein Abbruch bei verzögertem Schlupf sollte frühestens, nachdem 90% der Tiere geschlüpft sind und/oder die letzte Mücke der Kontrolle geschlüpft ist, durchgeführt werden. Wenn es

keine Hinweise auf unterschiedliche Schlupferfolge der Weibchen oder Männchen gibt, dann können die Ergebnisse zusammen ausgewertet werden. Die Toxizität des Sediments auf Larven von *Chironomus riparius* wird entsprechend dem OECD-DRAFT-DOCUMENT 9872 (1998) über die Ermittlung der Emergenz (Schlupfrate der adulten Tiere) und/oder der mittleren Entwicklungsrate bestimmt.

➤ Berechnung des Schlupferfolgs

Die Schlupfrate pro Testansatz wird nach folgender Formel berechnet:

$$SR = \frac{n_e}{n_a}$$

n_e : Anzahl geschlüpfter Mücken pro Testansatz

n_a : Anzahl eingesetzter Larven pro Testansatz

➤ Berechnung der mittleren Entwicklungsrate

Die mittlere Entwicklungsrate pro Testansatz wird nach folgender Formel berechnet:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^m \frac{f_i x_i}{n_e}$$

i : Länge des Beobachtungsintervalls (normalerweise 1Tag)

m : maximale Anzahl an Beobachtungsintervallen

f_i : Anzahl der geschlüpften Mücken im Beobachtungsintervall i

n_e : Gesamtzahl geschlüpfter Mücken bis zum Ende des Versuchs (= $\sum f_i$)

x_i : Entwicklungsrate der geschlüpften Mücken im Intervall

$$x_i = \frac{1}{\left(Tag_i - \frac{l_i}{2} \right)}$$

Tag_i : Beobachtungstag (Tage nach Testbeginn)

l_i : Länge des Beobachtungsintervalls i (normalerweise 1 Tag)

Die mittlere Entwicklungszeit entspricht der mittleren Schlupfzeit zwischen Testbeginn und dem Schlupf aller Mücken. Die Entwicklungsrate ist reziprok der Entwicklungszeit (1/Tag) und repräsentiert den Anteil der larvalen Entwicklung pro Tag.

Gültigkeitskriterien

In der Kontrolle sollten mindestens 70% der Tiere geschlüpft sein. Die mittlere Entwicklungszeit sollte nicht mehr als 20 Tage und nicht weniger als 10 Tage betragen, die mittlere Entwicklungsrate sollte zwischen 0,1 und 0,05 betragen. Der Sauerstoffgehalt sollte über 2,5 mg/l, der pH zwischen 6-9 liegen.

Literatur

Becker, C. (1994): Ein Beitrag zur Zuckmückenfauna des Rheins. Dissertation. Universität Bonn.

OECD Document 9872 (1998): OECD guidelines for the testing of chemicals. Proposal for a new guideline. Chironomid toxicity test using spiked water. <http://www.oecd.org/dataoecd/40/3/2739721.pdf>

Streloke, M.; Köpp, H. (1995): Long-term toxicity test with *Chironomus riparius*: Development and validation of a new test system. Mitt. Aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, Heft 315.

C3: Comet Assay mit RTG2-Zellen

Grundlage des Verfahrens

Im Comet Assay wird die genotoxische Schädigung der DNA über die Länge der DNA-Migration (Wanderungstrecke) im elektrischen Feld bestimmt. Kommt es zu Strangbrüchen oder alkali-labilen Stellen in der DNA, so wandern die DNA-Bruchstücke im elektrischen Feld aus dem Zellkernbereich Richtung Anode hinaus; es entstehen so genannte Kometen. Aus intakten Zellkernbereichen wandern keine DNA-Bruchstücke heraus. Es kann die Kometenlänge im Mikroskop ausgemessen oder mit Hilfe eines Bildanalysesystems die Fluoreszenzintensität bestimmt werden.

Zellkultur

Die Zellen werden in Zellkulturflächen (75 cm²) in MEM-Vollmedium (1 % [w/v] MEM-Instamed-Pulver, 2 % [v/v] HEPES 1 M Stammlösung, 0,5 % [v/v] NaHCO₃ 7,5 %ige Stammlösung, 1 % [v/v] L-Glutaminlösung 200 mM Stammlösung, 0,5 % [v/v] Neomycinsulfat 10000 UG/ml Stammlösung, 10 % fötales Kälberserum) kultiviert. Das Medium wird mindestens einmal die Woche gewechselt, bzw. wenn es sich zu entfärben beginnt. Sobald der Boden der Zellkulturflasche gut bewachsen ist werden die Zellen unter sterilen Bedingungen in zwei neue Kulturflasche mit 25 ml MEM-Vollmedium passagiert. Hierzu wird das Medium aus der bewachsenen Flasche entfernt. Der Zellrasen wird zweimal mit je 5 ml PBS (ohne Ca, ohne Mg) gespült. Danach werden die Zellen durch Zugabe von 1,5 ml eiskaltem Trypsin vom Boden der Zellkulturflasche abgelöst. Die abgelösten Zellen werden durch mehrmaliges Aufziehen mit einer Pipette homogenisiert. Nach ca. 2 min wird der Ablösevorgang durch Zugabe von 2 ml MEM-Vollmedium gestoppt. Die Zellsuspension wird in die neuen Zellkulturflaschen gleichmäßig aufgeteilt und bei 20 °C inkubiert.

Vorbereitung der Objektträger

Vollständig mattierte Objektträger werden in alkoholischer Lösung entfettet und danach getrocknet. Anschließend wird je Objektträger 1ml einer 1 %igen NMA-Lösung (Normal Melting Agarose) aufgetragen und auf einer Wärmeplatte (37 °C) 3 min getrocknet. Ist das Gel fest geworden, wird dieses mit Hilfe eines zweiten Objektträgers durch Abschaben entfernt und weitere 3 min getrocknet. Durch die Vorbehandlung werden die Poren der matten Glasoberfläche mit Gel gefüllt, so dass sich diese mit der nächsten aufgetragenen Gelschicht verbindet und die Haftfestigkeit des Gels auf dem Objektträger verbessert wird.

Als erste auf dem Objektträger bleibende Gelschicht werden 300 µl einer 0,6 %igen NMA-Lösung aufgetragen, vor dem Festwerden ein Deckglas der gleichen Größe aufgelegt und der so präparierte Objektträger dann auf eine eisgekühlte Unterlage gelegt. Nach 3 min wird der Objektträger 2 min auf einer 37 °C warmen Heizplatte getrocknet. Dann wird das Deckglas vorsichtig vom Objektträger heruntergezogen. Der Objektträger mit der ersten Gelbeschichtung kann in einer feuchten Kammer wenige Tage im Kühlschrank aufbewahrt werden.

Präparation der Zellsuspension

Einen Tag vor Testbeginn werden Multiwellschalen (für Zellkultur) mit 6 Vertiefungen mit den Zellen beimpft. Hierzu werden drei Tage alte RTG2-Zellkulturen mit je 5 ml PBS (ohne Ca, ohne Mg) zweimal gespült und dann mit 1,5 ml eiskaltem Trypsin abgelöst. Nach Lösung des Zellrasens gelöst, wird die Zellsuspension mit einer Pipette nochmals gemischt, damit sich noch vorhandene Zellverbände lösen. Die Trypsinierung wird mit ca. 2 ml MEM-Vollmedium (siehe Abschnitt Zellkultur) nach ca. 2 min gestoppt. Anschließend wird die Zellzahl bestimmt. Die Zellen werden in Multiwellschalen einpipettiert (1×10^6 Zellen pro Vertiefung) und 3 ml MEM-Vollmedium dazugegeben. Die Multiwellschalen werden mit dem Deckel abgedeckt und bei 20 °C für 24 h inkubiert. Eine gut bewachsene große Zellkulturflasche reicht i. d. R. für einen kompletten Testansatz.

Testansatz

Die Probe wird direkt mit den Bestandteilen des MEM-Vollmediums (ohne fötales Kälberserum) Salzen angesetzt. Hierzu werden 0,04845 g MEM-Instamed-Pulver, 0,1 ml 1 M HEPES-Lösung und 0,025 ml 7,5 %ige NaHCO_3 -Lösung mit 4,875 ml Probe auf insgesamt 5 ml aufgefüllt. Der pH-Wert wird auf 7,3 eingestellt. Anschließend werden 0,05 ml 200 mM L-Glutamin-Lösung und 0,025 ml Neomycinsulfatlösung (10000 UG/ml) zugegeben. Der Probenanteil im Test beträgt 96 %. Für die Negativkontrolle wird Aqua deion. und für die Positivkontrolle eine 1 %ige DMSO-Lösung mit 10 µg/l NQO anstatt Probenwasser eingesetzt.

Nach der 24 stündigen Inkubation der Zellen in den Multiwellschalen, wird der Überstand abgeschüttet und jeweils 3 ml Probe pro Vertiefung einpipettiert. Die Negativ- und Positivkontrolle wird ebenfalls auf der Platte positioniert. Anschließend werden die Zellen mit den Proben 2 h bei 20 °C inkubiert.

Nach der Inkubation wird der Überstand in den Multiwellschalen dekantiert und die Zellen mit zweimal je 0,5 ml PBS (ohne Ca, ohne Mg) gespült. Zur Ablösung der Zellen vom Boden der Multiwellschale wird 250 µl Trypsin zugegeben und ca. 2 min einwirken gelassen. Zum Abstoppen der Trypsinwirkung wird anschließend mit 250 µl MEM-Vollmedium (siehe Abschnitt Zellkultur) gemischt.

Pro Testansatz werden 3 x 30 µl der Zellsuspensionen aus den Vertiefungen der Multiwellschale in Reaktionsgefäße (Eppendorf) überführt. Davon ist ein Teil für die Vitalitätsbestimmung und zwei Teile für die Präparation der Objektträger bestimmt.

Präparation der Zellen auf dem Objektträger

30 µl der Zellsuspensionen aus den Wells werden mit 75 µl einer auf 34 °C temperierten, 0,7 %igen LMA-Lösung (Low Melting Agarose) vorsichtig gemischt und davon 75 µl auf den vorbereiteten Objektträger pipettiert. Ein Deckglas gleicher Größe wird vorsichtig aufgelegt und der Objektträger dann auf einer eisgekühlten Unterlage 3 min gekühlt, so dass die Gelschicht fest wird. Anschließend wird das Deckglas wieder vorsichtig abgezogen, 75 µl einer 0,7 %igen LMA-Lösung aufpipettiert, ein Deckglas aufgelegt und wieder 3 min auf eine eisgekühlte Unterlage gelegt. Ein letztes Mal wird das

Deckglas entfernt und der fertig präparierte Objektträger, der jetzt in den Gelschichten die Zellen enthält, in die eisgekühlte Lyse-Lösung gestellt.

Lyse

Die Zellen werden mindestens eine Stunde in der Lyse-Lösung (4 °C) behandelt.

Alkalische Denaturierung

Nach 1 Stunde Lyse-Zeit werden die Objektträger entnommen und in die vorbereitete Elektrophoresekammer gelegt. Diese wird mit dem Elektrophoresepuffer gefüllt und auf 4 °C gekühlt. Die Objektträger werden mit dem Elektrophoresepuffer überschichtet und die DNA über 45 min in dem alkalischen Elektrophoresepuffer denaturiert.

Elektrophorese

Nach Ablauf der Denaturierungsphase wird die Elektrophorese bei 25 V und 300 mA gestartet. Die Stromstärke wird über das Volumen des Elektrophoresepuffers eingestellt. Die Elektrophoresedauer beträgt 35 min bei 4 °C.

Neutralisation

Die Objektträger werden nach der Elektrophorese aus der Kammer entnommen, waagrecht in eine Färbekammer gelegt und mit dem Neutralisationspuffer dreimal über insgesamt 10 min gespült und damit der pH für die anschließende Färbung neutralisiert. In einer feuchten Kammer können die Präparate im Kühlschrank bei 4 °C bis zur Auswertung aufbewahrt werden.

Färbung

Die Präparate werden mit 50 µl Ethidiumbromidlösung direkt vor der Auswertung gefärbt.

Lösungen für den Comet Assay

Agarosen

Normal Melting Agarose NMA (Seakem HGT, Fa. Biozym) 1 %, 0,6 %

Low Melting Agarose LMA (Seaplaque, GTG, Fa. Biozym) 0,7 % in PBS (ohne Ca, ohne Mg)

Lyse-Lösung

146,4 g NaCl (2,5 M), 37,2g EDTA (100 mM) und 1,2 g TrizmaBase (10 mM) werden in 1000 ml Aqua deion. gelöst. Der pH-Wert der Lösung wird mit ca. 8 g Natriumhydroxidpellets auf 10 eingestellt. Anschließend werden 10 g N-Lauroylsarcosin-Na-Salz unter Rühren bis zum vollständigen Auflösen des Na-Sarcosinats dazugegeben. Kurz vor Gebrauch der Lösung werden zu je 178 ml Lyse-Lösung werden 2 ml Triton X-100 und 20 ml DMSO dazugegeben. Die fertige Lösung wird auf 4 °C gekühlt.

Elektrophoresepuffer

12 g NaOH (300 mM) und 0,37 g EDTA (1 mM) werden in 1000 ml Aqua deion gelöst. Die Lösung wird jeweils frisch zubereitet. Für die Elektrophoresekammer sind ca. 2 l der auf 4 °C gekühlten Lösung erforderlich.

Neutralisationspuffer

48,5 g TrizmaBase (0,4 M) werden in 1000 ml Aqua deion. gelöst. Der pH-Wert der Lösung wird mit 30 %iger Salzsäure auf 7,5 eingestellt.

Färbelösung

Für die Stammlösung werden 10 mg Ethidiumbromid in 50 ml Aqua deion. gelöst. Für den Gebrauch wird die Stammlösung 10fach Aqua deion. verdünnt.

Belegung der Elektrophoresekammer

Die Objektträger eines Versuchsansatzes werden in der Kammer nebeneinander und nicht hintereinander angeordnet, die 3. Reihe wird nicht belegt. Daraus ergibt sich eine maximale Belegung mit 12 Objektträgern.

Bestimmung der Vitalität

Zytotoxische Wirkmechanismen können eine DNA-Schädigung bewirken, so dass zwischen einer gentoxischen und einer zytotoxischen Wirkung unterschieden werden muss. Dies erfolgt über die Bestimmung der Zellvitalität mit der Fluoresceindiacetat-Propidiumjodid-Methode. Fluoresceindiacetat (FDA) wird in lebende Zellen aufgenommen und dort das Acetat durch Esterasen abgespalten. Das nun im Cytosol vorliegende Fluorescein fluoresziert bei Blauanregung grün und markiert so lebende, stoffwechselaktive Zellen. Propidiumjodid (PJ) lagert sich nur in toten oder membrangeschädigten Zellen an der DNA an und fluoresziert dann bei Grünanregung rot.

Die Zellsuspension und Färbelösung werden im Verhältnis 1:1 gemischt, in eine Zählkammer pipettiert und eine Minute stehen gelassen. Die Anzahl grün und rot fluoreszierender Zellen wird fluoreszenzmikroskopisch bestimmt und daraus Vitalität und Zellzahl ermittelt. Die Ansätze zur Bestimmung der Vitalität werden gekühlt (4 °C).

Einstellung für die fluoreszenzmikroskopische Bestimmung der Zellvitalität

Fluoreszenzmikroskopische Bestimmung	Anregungsfilter	Sperrfilter	Farbteiler
vitale Zellen grün fluoreszierend	450-490	520	510
nicht vitale Zellen rot fluoreszierend	510-560	590	580

FDA-PJ-Lösung

FDA-Stammlösung:	5 mg Fluoresceindiacetat /ml Aceton
PJ-Stammlösung:	1 mg Propidiumjodid /50 ml PBS (ohne Ca, ohne Mg)
FDA-Gebrauchslösung:	0,04 ml der Stammlösung in 10 ml PBS (ohne Ca, ohne Mg)
FDA-PJ-Gebrauchslösung:	0,1 ml der FDA-Gebrauchslösung und 0,03 ml der PJ-Stammlösung

Auswertung

Die Präparate werden fluoreszenzmikroskopisch ausgewertet. Das verwendete Bildanalysesystem stammt von Kinetic Imaging Ltd. Liverpool UK; Vertrieb Fa. Optilas, Software Komet 3.0. Es werden je Versuchsansatz 2 Objektträger mit je 50 Zellen ausgewertet. Die Auswertung erfolgte innerhalb eines Tages, da die DNA bei längerer Lagerung in den Agar diffundiert. Von der Auswertung ausgeschlossen sind die Randbereiche des Objektträgers und nicht vereinzelte Zellverbände. Ausgewertet wird manuell, d. h. Zellkernmitte und Ende des Kometen werden dem Auswerteprogramm bei jeder einzelnen Messung vorgegeben. Die Kometenlänge wird von der Zellkernmitte aus gemessen.

Vor Beginn der Messung wird bei jedem Objektträger der Kontrast mittels Software eingestellt. Bei Veränderung der Integrationsfunktion (z.B. bei schwachem Kontrast) muss der gesamte Objektträger mit dieser Einstellung ausgewertet werden.

Bestimmt wird neben der Tail Length (TL) und dem prozentualen Anteil der DNA-Fluoreszenzintensität im Tail auch das Tailmoment (TM), das für die Auswertung herangezogen wird. Es berechnet sich aus der Tail Length, multipliziert mit dem relativen Anteil der Fluoreszenzintensität im Tail, dividiert durch 100.

Tail Length = Länge des Kometen ab Zellkernmitte

Tailmoment = Tail Length x %-DNA im Tail/100

% DNA-Tail = Anteil der Fluoreszenzintensität im Schweif an der Gesamtfluoreszenzintensität des Kometen

Die statistische Auswertung erfolgt mit dem Student t-Test. Voraussetzung ist die Normalverteilung der Messdaten, die durch logarithmische Transformierung der Messdaten erreicht wurde. Nach Logarithmierung der Messdaten wird ein Signifikanzfaktor berechnet, in welchem die Varianzen, also die Streubreite der Daten aus Kontrolle und Probe eingeht. Wenn der beobachtete Faktor, das Verhältnis von geometrischem Mittel der Probe zu geometrischem Mittel der Kontrolle, größer als der Signifikanzfaktor ist, wird die betroffene Probe als genotoxisch eingestuft.

Folgende statistische Kenngrößen werden ermittelt:

- geometrisches Mittel der Messdaten (GM = n-te Wurzel aus dem Produkt der Einzelwerte)

$$GM = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n Tailmoment_i}$$

- Faktor (beobachtet) = geometrisches Mittel_{Probe} / geometrisches Mittel_{Kontrolle},

- Signifikanzfaktor (SF), welcher überschritten werden muss,

- SF = f = 10^{l_{sd}},

- l_{sd} = lowest significant difference,

- t = Wert aus Tabelle für die t-Verteilung,

$$\text{wobei } l_{sd} = t_{1-\alpha; FG=n_1+n_2-2} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_1} (x_{\log i}^{Kontrolle} - \bar{x}_{\log 1})^2 + \sum_{j=1}^{n_2} (x_{\log j}^{Probe} - \bar{x}_{\log 2})^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \frac{n_1 * n_2}{n_1 + n_2}}$$

$\alpha = 2,5 \%$, einseitig,

wenn $n_1 = n_2$, dann vereinfacht sich die Formel nach

$$l_{sd} = t_{1-\alpha; FG=2n-2} \times \sqrt{\frac{S_{\log, Probe}^2 + S_{\log, Kontrolle}^2}{n}}$$

Messwerte mit dem Wert 0 haben, werden auf 0,01 korrigiert, damit diese in die Berechnung einbezogen werden.

Gültigkeitskriterien

Die Vitalität der RTG2-Zellen soll nach der Inkubation >70% sein. Der Tailmoment der Negativkontrolle soll <3 sein.

Eine Probe wurde nur dann als gentoxisch eingestuft, wenn

- die Positivkontrolle positiv signifikant unterschiedlich zur Kontrolle war,
- die Medianwerte der beiden Objektträger der Probe über den beiden Medianwerten der Objektträger der Negativkontrolle lagen
- der Signifikanzfaktor >2 ist.

C4: Hefezelltest auf östrogene Wirkung - hER-Screen -

(modifiziert nach Routledge & Sumpter, 1996)

Grundlagen

Als Testorganismus dient die gentechnisch veränderte Hefe *Saccharomyces cerevisiae*. Die DNA-Sequenz des menschlichen Östrogenrezeptors (hER [human estrogen receptor]) wurde in das Genom der Hefe integriert. Östrogenaktive Substanzen binden an den Rezeptor. Der Östrogen-Rezeptor-Komplex bindet dann an einen DNA-Abschnitt eines Expressionsplasmids der als Estrogen-Responsive-Element (ERE) die Transkription des nachgeschalteten Reportergens *lacZ* kontrolliert. *lacZ* kodiert für das Enzym β -Galaktosidase. In Gegenwart von Östrogen bzw. östrogenartig wirkenden Substanzen wird das Enzym β -Galaktosidase synthetisiert, dessen Aktivität im Testmedium bestimmt wird. Für die Untersuchung der Sedimentbelastung mit hormonell wirkenden Substanzen werden von den gefriergetrockneten Proben ethanolische Extrakte hergestellt.

Medien und Medienbestandteile

Minimalmedium (pH 7,1 \pm 0,1)

Bei der Herstellung des Minimalmediums ist es vorteilhaft, zunächst die Aminosäuren (Lösung B) getrennt von den übrigen Medienbestandteilen (Lösung A) in Aqua deion. zu lösen und die Lösungen anschließend zu mischen.

Lösung A

KH ₂ PO ₄	13,61 g
(NH ₄) ₂ SO ₄	1,98 g
KOH	4,20 g
MgSO ₄	0,20 g
Fe ₂ (SO ₄) ₃ -Lösung	1 ml (40 mg Fe ₂ (SO ₄) ₃ / 50 ml Aqua deion.)

Die Bestandteile von Lösung A werden in ca. 400 ml Aqua deion. bei ca. 50 °C unter Rühren gelöst.

Lösung B

L-Leucin	50 mg
L-Histidin	50 mg
Adenin	50 mg
L-Arginin-HCl	20 mg
L-Methionin	20 mg
L-Thyrosin	30 mg
L-Isoleucin	30 mg
L-Lysin-HCl	30 mg
L-Phenylalanin	25 mg
L-Glutaminsäure	100 mg
L-Valin	150 mg
L-Serin	375 mg

Die Bestandteile von Lösung B werden in ca. 400 ml Aqua deion. bei ca. 50 °C unter Rühren gelöst.

Die Lösungen A und B werden gemischt. Das Lösungsgemisch wird auf 1 l mit Aqua deion. aufgefüllt. Der pH-Wert muss kontrolliert und ggfs. eingestellt werden. Aliquots (45 ml) des Minimalmediums werden bei 121 °C für 10 min autoklaviert. Die Aufbewahrung des Minimalmediums erfolgt bei Raumtemperatur.

Vitamin-Lösung

Thiamin	8 mg
Pyroxidine	8 mg
Pantothensäure	8 mg
Myo-Inositol	40 mg
Biotin-Lösung	20 ml (2 mg Biotin /100 ml Aqua deion.)

Die Bestandteile der Vitaminlösung werden in 180 ml Aqua deion. gelöst und anschließend sterilfiltriert in sterile Gefäße. Aliquots (1 ml) werden bei 4 °C aufbewahrt.

Glucose-Lösung

D-(+)Glucose	40 g
--------------	------

Die Glucose wird in 200 ml Aqua deion. gelöst. Aliquots (20 ml) werden bei 121 °C für 10 min autoklaviert und bei Raumtemperatur aufbewahrt.

Aspartat-Lösung

L-Asparaginsäure	160 mg
------------------	--------

Die Asparaginsäure wird in 40 ml Aqua deion. gelöst und die Lösung bei 121 °C für 10 min autoklaviert. Aliquots (1,5 ml) werden bei Raumtemperatur aufbewahrt.

Threonin-Lösung

L-Threonin 480 mg

Das Threonin wird in 20 ml Aqua deion. gelöst und die Lösung bei 121 °C für 10 min autoklaviert. Aliquots (10 ml) werden bei 4 °C aufbewahrt.

Kupfer(II)sulfat-Lösung

CuSO₄ 319,2 mg

Das Kupfersulfat wird in 100 ml Aqua deion. gelöst und die Lösung sterilfiltriert in sterile Gefäße. Aliquots (5 ml) werden bei Raumtemperatur aufbewahrt.

Chlorphenolrot-β-D-Galactopyranosid (CPRG) –Lösung

CPRG (Roche Diagnostics) 100 mg

Das CPRG wird in 10 ml Aqua deion. gelöst und die Lösung in sterile Gefäße sterilfiltriert. Die CPRG-Lösung wird lichtgeschützt bei 4 °C aufbewahrt.

Wachstumsmedium

Glucose-Lösung	5 ml
L-Asparaginsäurelösung	1,25 ml
Vitaminlösung	0,5 ml
L-Threoninlösung	0,4 ml
Kupfersulfatlösung	125 µl
Minimalmedium	45 ml

Testmedium

Wachstumsmedium	50 ml
CPRG-Lösung	0,5 ml
Hefezellsuspension	250 µl

(24 h-Kultur mit OD_{630nm} = 1,0; bei anderen Optischen Dichten muss das Volumen der Hefezellsuspension umgerechnet werden).

Positivkontrolle

17-β-Estradiol-Stammlösung (200 nM)

17-β-Estradiol 54,48 µg

in 1000 ml Ethanol absolut lösen.

Herstellung und Lagerung von Hefe-Stammkulturen

Kurzzeitlagerung (-20 °C)

1. Tag

Die Komponenten des Wachstumsmediums werden in einen sterilen Kulturkolben (Endvolumen ca. 50 ml) gegeben. Das Medium wird mit 125 µl einer 10fach-konzentrierten Hefesuspension (Stammkultur) inokuliert. Die Inkubation erfolgt bei 30 °C für ca. 24 h in einem Schüttelwasserbad mit 120 Upm.

2. Tag

Die Komponenten des Wachstumsmediums werden in 2 sterile Kulturkolben (Endvolumen jeweils ca. 50 ml) gegeben. Je 1 ml Zellsuspension aus der 24 h-Kultur vom Vortag werden zu jedem Kolben zugegeben. Die Inkubation erfolgt bei 30 °C für ca. 24 h in einem Schüttelwasserbad mit 120 Upm.

3. Tag

Die beiden 24 h-Kulturen vom Vortag werden jeweils in ein steriles 50 ml Zentrifugenröhrchen überführt. Die Zellsuspension wird bei 4 °C für 10 min bei 2000 g zentrifugiert. Der Überstand wird dekantiert und das Pellet in 5 ml Minimalmedium mit 15 % Glycerin resuspendiert. Aliquots (0,5 ml) der 10fach-konzentrierten Hefezellen werden in sterile Kryogefäße überführt. Die Aufbewahrung erfolgt bei -20 °C für maximal 4 Monate.

Langzeitlagerung (-70/-80 °C)

Präparation von Minimalmedium-Schrägagararröhrchen:

Zu 90 ml Minimalmedium wird 1 g Agar gegeben und das Medium anschließend bei 121 °C für 10 min autoklaviert. Nach Abkühlung des autoklavierten Minimal-Agar-Mediums auf ca. 50 °C werden die Komponenten des Wachstumsmediums steril zugegeben. Das Medium wird gemischt und in sterile Kulturröhrchen portioniert (ca. 10 ml/Röhrchen). Die Röhrchen werden schräg gelegt (ca. 45°) bis der Agar erstarrt ist. Vor Verwendung muss der Schrägagar ausreichend getrocknet werden.

Mit einer sterilen Impföse wird etwas 10fach-konzentrierte Hefesuspension aus einem Kryogefäß entnommen und der Oberfläche des Schrägagars ausgestrichen. Die beimpften Schrägagararröhrchen werden bei 30 °C für 3 Tage inkubiert. Am Ende der Inkubation wird in jedes Schrägagararröhrchen 1 ml steriles Glycerin gegeben und die Zellen mit einer sterilen Impföse resuspendiert. Die Glycerin-Hefesuspension wird in sterile Kryogefäße aliquotiert (250 µl). Die Aufbewahrung erfolgt bei -70 °C bzw. -80 °C.

Durchführung des hER-Screens

Herstellung von ethanolischen Sedimentextrakten

Für die Untersuchung der Sedimentbelastung mit hormonell wirkenden Substanzen wurden von den gefriergetrockneten Proben (Sieb-Fraktion <2 mm) ethanolische Extrakte (200 mg gefriergetrocknetes Sediment/ml absolutem Ethanol, Überkopfschüttler 20 Upm, 2 h bei Raumtemperatur) hergestellt. Für den Test werden die ethanolischen Sedimentextrakte mit absolutem Ethanol um den Faktor 2, 4, und 8 verdünnt.

Vorkultur

Am Tag vor dem Test werden 50 ml Wachstumsmedium mit 125 µl 10-fach konzentrierter Stammkultur aus dem Kryogefäß beimpft und für ca. 24 h bei 30 °C in einem Schüttelwasserbad bei 120 Upm inkubiert. Die Vorkultur dient zur Herstellung des Testmediums.

Testdurchführung

Jede Probe wurde im Dreifachansatz auf einer Mikroplatte mit 96 Vertiefungen und flachem Boden getestet. Auf der Mikroplatte wurden neben den Proben auch Leerwertansätze und Kontrollen positioniert. Die Positivkontrolle wird durch eine Verdünnung mit absolutem Ethanol der 200 nM 17-β-Estradiolstammlösung um den Faktor 40000 hergestellt. Für die Negativkontrollen sowie für die Leerwertansätze wird absoluter Ethanol eingesetzt. Von den ethanolischen Extrakten bzw. den davon hergestellten Verdünnungen, den Positiv- und Negativkontrollen werden jeweils 10 µl in die dafür vorgesehenen Vertiefungen auf der Platte pipettiert. Vor Zugabe des Testmediums muss der Ethanol vollständig verdunstet sein.

Belegung der Mikroplatte für den hER-Screen

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	V _{a1}	V _{a1}	V _{a1}	V _{a2}	V _{a2}	V _{a2}	V _{a4}	V _{a4}	V _{a4}	V _{a8}	V _{a8}	V _{a8}
B	V _{b1}	V _{b1}	V _{b1}	V _{b2}	V _{b2}	V _{b2}	V _{b4}	V _{b4}	V _{b4}	V _{b8}	V _{b8}	V _{b8}
C	V _{c1}	V _{c1}	V _{c1}	V _{c2}	V _{c2}	V _{c2}	V _{c4}	V _{c4}	V _{c4}	V _{c8}	V _{c8}	V _{c8}
D	V _{d1}	V _{d1}	V _{d1}	V _{d2}	V _{d2}	V _{d2}	V _{d4}	V _{d4}	V _{d4}	V _{d8}	V _{d8}	V _{d8}
E	V _{e1}	V _{e1}	V _{e1}	V _{e2}	V _{e2}	V _{e2}	V _{e4}	V _{e4}	V _{e4}	V _{e8}	V _{e8}	V _{e8}
F	V _{f1}	V _{f1}	V _{f1}	V _{f2}	V _{f2}	V _{f2}	V _{f4}	V _{f4}	V _{f4}	V _{f8}	V _{f8}	V _{f8}
G	NK											
H	PK	PK	PK	PK	PK	PK	L	L	L	L	L	L

V: Verdünnungsstufe, NK: Negativ-Kontrolle, PK: Positiv-Kontrolle (17-β-Estradiol), L: Leerwert (Negativkontrolle ohne Zellen)

Anschließend werden 200 µl Testmedium pro Vertiefung auf die Mikroplatten aufgetragen. Dadurch erfolgt eine testbedingte Probenverdünnung um den Faktor 20. Die Platten werden mit Abdeckfolie verschlossen und für 72 h bei 30 °C ohne Schütteln inkubiert. Nach der Inkubation wird die Folie vorsichtig wieder entfernt und die Ansätze gemischt. Die Biomasse wurde über die optische Dichte bei 630 nm und die Menge des gebildeten Enzymproduktes durch Messung der Extinktion bei 540 nm mit einem Mikrotestplattenlesegerät bestimmt.

Statistische Auswertung mit dem t-Test¹

Ziel der statistischen Auswertung ist, berechenbare Grenzen für die Einstufung des Testguts bzw. der Probe als östrogen wirksam im Vergleich zur Kontrolle anzugeben. Beim hER-Screen werden von Probe und Kontrolle die Induktionsraten der Mehrfachansätze einzeln bestimmt. Bei der statistischen Analyse dieser Ergebnisse wird angenommen, dass diese Induktionsraten normal verteilt sind, d.h. dass die Induktionsraten eine Normalverteilung mit einem Mittelwert μ und einer Standardabweichung σ haben. Dieser Mittelwert kennzeichnet die Verteilung der Induktionsraten in der Probe bzw. Kontrol-

¹ modifiziert nach Angaben von Prof. B. Schneider und F. Moldenhauer, Institut für Biometrie, Med. Hochschule Hannover

le. Der Mittelwert der Induktionsraten der Kontrolle ist gleich eins. Je größer die Mittelwert der Probe ist, desto stärker östrogen wirksam ist diese einzuschätzen.

Zur Kennzeichnung der Östrogenität wird der Quotient Q aus dem Mittel der Induktionsraten IR_{Probe} der Probe zum Mittel $IR_{Kontrolle}$ der Kontrolle gebildet ($IR_{Kontrolle} = 1$):

$$Q = \frac{IR_{Probe}}{IR_{Kontrolle}}$$

Die Variabilität dieses Quotienten hängt von der Varianz s^2_{Probe} der Induktionsraten der Probe und von der Varianz $s^2_{Kontrolle}$ der Induktionsraten der Kontrolle ab. Mit diesen beiden Varianzen wird der 'kleinste signifikante Faktor' (significant factor) SF für die Induktionsraten gebildet.

Die Berechnung des Wachstumsfaktors und der Induktionsrate erfolgt entsprechend den Gleichungen (1) und (2):

$$(1) \quad \text{Wachstumsfaktor} \quad WF = \frac{E_{630} - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n E_{630}^{Leerwert} \right)}{\frac{1}{m} \left(\sum_{j=1}^m E_{630}^{Kontrolle} \right) - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n E_{630}^{Leerwert} \right)}$$

$$(2) \quad \text{Induktionsrate} \quad IR = \frac{1}{WF} \times \frac{E_{540} - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n E_{540}^{Leerwert} \right)}{\frac{1}{m} \left(\sum_{i=1}^m E_{540}^{Kontrolle} \right) - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n E_{540}^{Leerwert} \right)}$$

In diese Darstellung gehen die Anzahl der Wiederholungen von Kontrolle und Leerwert mit ein. Die beiden Gleichungen wurden bezüglich der Mittelwertbildung der Induktionsraten für Proben und Kontrolle nach Gleichungen (3) bis (6) realisiert. Damit der t-Test angewendet werden kann, muss die Streuung der Kontrolle und/oder der Probe berechenbar sein. Für jede einzelne Vertiefung der Platte wird zuerst die Induktionsrate IR und anschließend daraus Mittelwert aus den Induktionsraten berechnet. Die Gleichungen lauten:

$$(3) \quad E'_{630} = E_{630} - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n E_{630}^{Leerwert}_i \right)$$

$$(4) \quad E'_{540} = E_{540} - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n E_{540}^{Leerwert}_i \right)$$

$$(5) \quad \text{Konstant} = \frac{1}{m} \left(\sum_{i=1}^m \left(\frac{E'_{630}}{E'_{540}} \right)_i^{\text{Kontrolle}} \right)$$

$$(6) \quad IR = \frac{E'_{540}}{E'_{630}} \times \text{Konstant}$$

$$(7) \quad SF = 1 + t_{\alpha=0,025; FG=n+m-2; \text{einseitig}} \times \frac{\sqrt{\frac{s_{\text{Probe}}^2(n-1) + s_{\text{Kontrolle}}^2(m-1)}{n+m-2}}{\sqrt{\frac{n \cdot m}{n+m}}}}$$

Der Wert t in der Formel (7) entspricht der 97,5%-Perzentile der t -Verteilung. Die Größe SF ist eine obere 97,5%-Normgrenze für die Differenz des arithmetischen Mittels der Induktionsraten von Probe zu Kontrolle, wenn beide Zufallsgrößen identisch verteilt sind; d.h. mit einer Wahrscheinlichkeit von 97,5% sind Differenzen des arithmetischen Mittels der Induktionsraten von Probe zu Kontrolle von kleiner gleich SF zu erwarten, wenn die Induktionsraten der Probe die gleiche Normalverteilung haben wie die Induktionsraten der Kontrolle. In diesem Fall ist der Signifikanzfaktor SF eine obere 97,5%-Normgrenze für die Quotienten Q . $Q > SF$ zeigt somit einen 'signifikant' größeren Mittelwert in der Probe im Vergleich zur Kontrolle an (bei einer Signifikanzwahrscheinlichkeit von 2,5%, einseitig).

Eine Probe ist östrogen wirksam, wenn für die Induktionsrate $IR_{\text{Probe}} \geq SF$ gilt. Zusätzlich wurde festgelegt, dass der kleinste Wert für SF 1,1 beträgt. Als weitere Bedingung muss der Wert für die Wachstumsrate $WF_{\text{Probe}} \geq 0,75$ sein.

Die Signifikanzfaktoren hängen nur von der Variabilität der Induktionsraten in Probe und Kontrolle, aber nicht von den Mittelwerten der Induktionsraten ab. Ihre Variation kennzeichnet die durch die Versuchsbedingungen verursachte Variabilität, unabhängig von einer möglichen Östrogenität der Proben.

Die Berechnung von Wachstumsfaktor, Induktionsrate und Signifikanzfaktor aus den Messdaten erfolgte unter Zuhilfenahme eines von F. Moldenhauer, Med. Hochschule Hannover, Institut für Biometrie, programmierten EXCEL-Makros.

Literatur

Routledge, E. J.; Sumpter, J. P. (1996). Estrogenic activity of surfactants and some of their degradation products assessed using a recombinant yeast screen. *Environ. Toxicol. Chem.* 15:3241-3248.

