



Organische Schadstoffe in Fischen als Endglied der aquatischen Nahrungskette





Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Betriebsstelle Hannover-Hildesheim, 2006

Organische Schadstoffe in Fischen als Endglied der aquatischen Nahrungskette



Niedersachsen

Herausgeber:
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz
Am Sportplatz 23
26506 Norden

Verfasser:
Dr. Dieter Steffen
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Betriebsstelle Hannover-Hildesheim
An der Scharlake 39
31135 Hildesheim
E-Mail: Dieter.Steffen@nlwkn-hi.niedersachsen.de

Hans Wunsch
GALAB Laboratories
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht

Michael Kämmereit
Niedersächsisches Landesamt
für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
Institut für Fischkunde Cuxhaven
Abt. Binnenfischerei – Fischereikundlicher Dienst
Am Waterlooplatz 11
30169 Hannover

Tielbild: Karpfen aus Pappmaché (D. Steffen)

1. Auflage 2006: 300 Exemplare
Schutzgebühr: 5,00 €

Bezug:
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Göttinger Chaussee 76
30453 Hannover
www.nlwkn.de

Verzeichnis der bisher erschienenen Berichte s. Seite 32

Inhalt

1	Einleitung	5
2	Allgemeines	6
3	Methodik	7
3.1	Probenahme	7
3.2	Analytik	8
4	Ergebnisse und Diskussion	9
4.1	DDT und Metabolite sowie Lindan	9
4.2	Polychlorierte Biphenyle (PCB)	10
4.3	Synthetische Moschus-Duftstoffe	11
4.4	Bromierte Biphenylverbindungen	12
4.5	Bisphenol, Octyl- und Nonylphenole	13
4.6	Ranking-Listen der untersuchten Stoffe	14
5	Zusammenfassung	16
6	Literaturverzeichnis	17
	Anlagen A1 bis A14: Statistisch zusammengefasste Untersuchungsergebnisse	18

1 Einleitung

Um die Qualität von Gewässern detailliert beurteilen zu können, treten immer mehr – neben den etablierten und unverzichtbaren Betrachtungen der Kompartimente Wasser und Sedimente/Schwebstoffe – sogenannte Biota-Untersuchungen in den Vordergrund. Was ist unter Biota-Untersuchungen zu verstehen und zu welchen weiteren Erkenntnissen gelangt man durch sie?

Bestimmte Schadstoffe haben die Eigenschaft sich in aquatischen Organismen anzureichern (Bioakkumulation). Bei dieser Betrachtung kommt den Fischen eine besondere Bedeutung zu, weil sie als Wirbeltier am Ende der Nahrungskette stehen und dem Menschen als Nahrung dienen.

Fische können sowohl über die (gelöste) Wasserphase und über Feststoffpartikel (Schwebstoffe/Sedimente) als auch über die Nahrung Schadstoffe aufnehmen. Die hierbei ablaufenden Vorgänge sind äußerst komplex. Während einerseits ein Teil der Schadstoffe von den Fischen – in Abhängigkeit von den Eigenschaften der Schadstoffe und der chemischen Form (Spezie), in welcher sie vorliegen - abgebaut bzw. ausgeschieden wird, kann andererseits eine starke Anreicherung der Schadstoffe in der Muskulatur und insbesondere Leber der Fische stattfinden. Die Aufnahme (in-put) von Schadstoffen erfolgt bei Fischen aus dem umgebenden Medium (Haut, Kiemen) und über die Nahrung (Verdauungstrakt), während eine Ausscheidung (out-put) über die Niere (Harn), Leber (Faeces), Haut und Kiemen stattfinden kann.

Durch eine chemische Analyse von Fisch-Gewebe-proben auf Schadstoffe kann nicht nur eine Aussage über die Belastung der Fische selber gemacht werden, sondern auch, welche der im aquatischen System vorhandenen Schadstoffe besonders bioverfügbar sind. Selbst Schadstoffe, die im Wasser oder im Sediment in nur sehr geringen Konzentrationen vorliegen, können unter bestimmten Bedingungen zu einer hohen Belastung in den Geweben von Fischen führen. Auch ist der umgekehrte Fall dokumentiert worden, dass eine im Sediment festgestellt hohe Schwermetallbelastung nicht zu einer vergleichsweise erhöhten Belastung in

den Fischen geführt hat (NLWKN 2005). Für diese Betrachtungsweisen sind Fische also ein besonders geeigneter und wichtiger Bioindikator.

Nach dem neuesten Vorschlag der KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2006) sollen Biota-Untersuchungen zu einem Bestandteil innerhalb der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie werden, speziell bei der wichtigen Stoffgruppe der prioritären Stoffe.

Aus den geschilderten Gründen sind von der Betriebsstelle Hannover-Hildesheim des NLWKN in Zusammenarbeit mit den Fischereibiologen der Abteilung Binnenfischerei des Niedersächsischen Landesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) und dem Institut GALAB Laboratories in den vergangenen Jahren in ausgewählten Gewässern Niedersachsens Fisch-Untersuchungen durchgeführt worden.

Bei den bisherigen Biota-Untersuchungen sind die folgenden Stoffe berücksichtigt worden:

Die Schwermetalle Zink, Cadmium, Kupfer, Blei, Quecksilber, Chrom, Nickel und das Metalloid Arsen, sowie die zinnorganischen Verbindungen Monobutylzinn, Dibutylzinn, Tributylzinn, Tetrabutylzinn, Monophenylzinn, Diphenylzinn und Triphenylzinn (STEFFEN et al. 2001; STEFFEN 2002; STEFFEN et al. 2003; STEFFEN 2005).

Der vorliegende Bericht beinhaltet nunmehr weitere organische Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen, die sich im Rahmen eines durchgeführten Screenings als relevant heraus kristallisiert haben. Dabei handelt es sich um die Stoffe bzw. Stoffgruppen:

DDT und Metabolite, Lindan, Polychlorierte Biphenyle (PCB), synthetische Moschus-Duftstoffe, Bromierte Biphenylverbindungen, Bisphenol, Octyl- und Nonylphenole.

Im Folgenden werden zunächst die einzelnen Stoffe beschrieben (Anwendung, Herkunft) und die ermittelten Gehalte für die einzelnen Untersuchungsgebiete dargestellt. Eine Bewertung der Stoffe erfolgt nach bestimmten Qualitätsstandards (z. B. Rückstands-Höchst-mengenverordnung), für einige dieser Stoffe liegen jedoch keine verwendbaren Umweltstandards vor.

2 Allgemeines

Die Aufnahme von organischen Schadstoffen in aquatische Organismen kann je nach Lebensraum und Lebensweise über das Wasser, Sediment/Schwwebstoff und/oder die Nahrung erfolgen. Eine schematische Darstellung kann Abb. 1 entnommen werden. Innerhalb der aquatischen Umwelt bilden sich zudem auf den verschiedensten Oberflächen Biofilme, die einen großen Einfluss auf die Sorption und Transformation von Schadstoffen haben. KUBALLA (1997) hat aufgrund von Untersuchungen festgestellt, dass bestimmte organische Stoffe sehr hoch an Biofilmen angereichert sind, wobei die Bindungsstellen sowohl an der Oberfläche als auch im Inneren des Biofilms liegen.

Hinsichtlich der Bioverfügbarkeit spielen die stofflichen Eigenschaften der organischen Schadstoffe eine wichtige Rolle. Es gilt in etwa der Grundsatz: je stärker die lipophilen Eigenschaften eines Stoffes sind, um so eher hat er das Bestreben sich in Biota anzureichern, erhöhte Biokonzentrationsfaktoren (BCF) sind zu erwarten. Daher müsste der Octanol/Wasser-Verteilungskoeffizient (K_{ow}), der hierfür ein Maß darstellt, theoretisch geeignet sein, Biokonzentrationsfaktoren abzuschätzen. In der Praxis zeigte sich jedoch, dass der K_{ow} allein keine derartigen Rückschlüsse zulässt, weil zahlreiche andere Faktoren mit der Bioverfügbarkeit interferieren (LEPPER et al. 1999; ALZIEU 1996).

Als weitere mögliche Einflussgrößen sind zudem der pH-Wert des Wassers, dessen Gehalt an gelöster organischer Substanz (DOC) und dessen Salzgehalt zu nennen (ARGE-ELBE 1999; HEEMKEN et al. 1998).

Neben der Bioverfügbarkeit des Stoffes und der Lebensweise der Organismen hängt die Anreicherungsrate auch von seinem Metabolisierungs- und Ausscheidungsvermögen ab. Das Metabolisierungsverhalten beeinflusst wiederum das Eintreten bzw. das Ausmaß toxischer Wirkungen auf den Organismus. Die aktuelle Belastung des Organismus resultiert aus den gegenläufigen Prozessen der Akkumulation und Metabolisierung/Exkretion, wobei die Akkumulation meistens proportional zur Stoffkonzentration in der Umwelt ist. Metabolisierungs- und Eliminationsraten steigen meist mit der Belastung des Organismus an, weil dieser zur Aufrechterhaltung der Stoffwechsellhomeostase Entgiftungsmechanismen aktiviert. Übersteigt die Aufnahme eines toxisch wirkenden Stoffes die Kapazität eines Organismus zur Detoxifikation, können akut toxische Konzentrationen erreicht werden, die zum Zusammenbruch der Fähigkeit zur Regulierung des Stoffwechsels und zur Detoxifikation und schließlich zum Tod des Organismus führen (LEPPER et al. 1999).

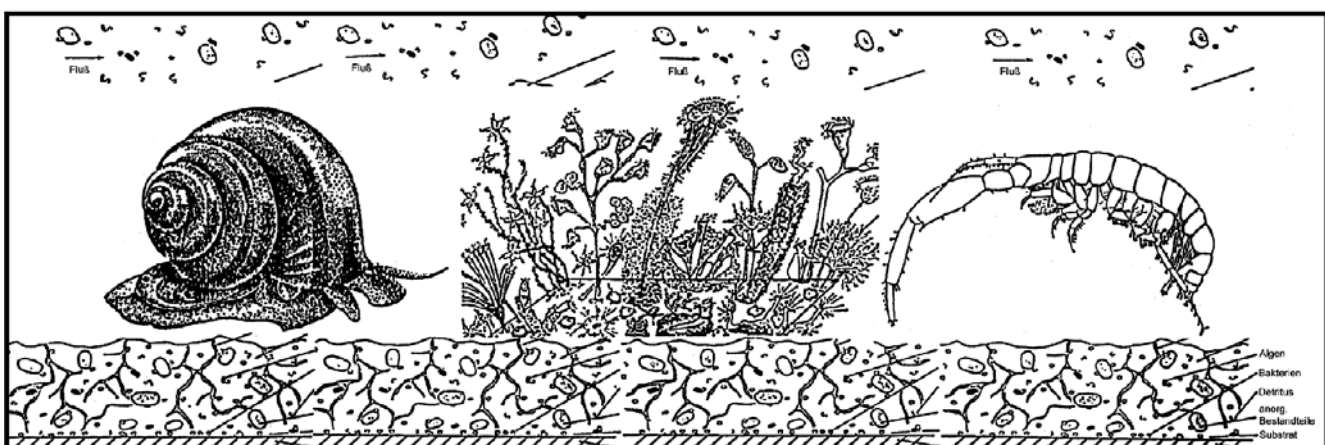
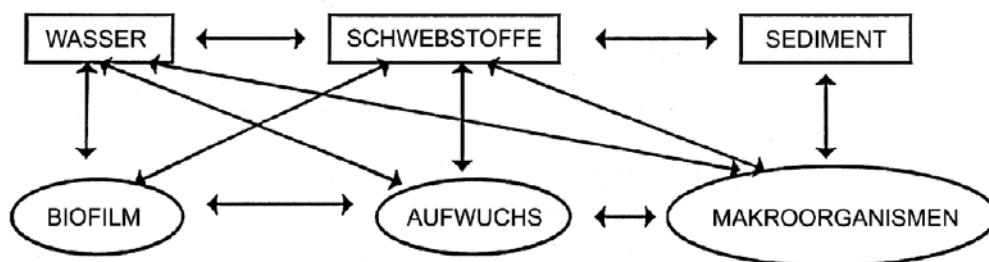


Abb. 1: Wechselwirkungen innerhalb des aquatischen Systems (Quelle: HERBST 2000)

3 Methodik

In den Jahren 2002 und 2003 sind aus der Oker/Gr. Schwülper (unterhalb von Braunschweig), Leine/Neustadt (unterhalb von Hannover), Ems/Geeste (unterhalb von Lingen) und dem Wollingster See (zwischen Bremerhaven und Bremervörde gelegen) Aale (*Anguilla anguilla*) und Rotaugen (*Rutilus rutilus*) gefangen und auf organische Schadstoffe untersucht worden (Abb. 2). Der Wollingster See wurde deshalb in die



Abb.2: Lageplan der Untersuchungsgebiete

Untersuchungen einbezogen, weil er in einem Naturschutzgebiet liegt, besonders geschützt und keinen Abwassereinleitungen ausgesetzt ist, somit also ideale Referenzbedingungen darstellt.

3.1 Probenahme

Die Fische wurden vom Boot aus mittels Elektrofischerei und ggf. ergänzend mit Hilfe von Stellnetzen bzw. Reusen gefangen.

Die gefangenen Fische wurden zunächst in einer Wanne gehältert, nach Beendigung der Probenahme erfolgte eine Auswahl nach Fischart und Länge. Die für die Untersuchung bestimmten Individuen wurden anschließend getötet, die übrigen in das Gewässer zurückgesetzt. Noch an Ort und Stelle wurden die für die Untersuchung vorgesehenen Fische nach Messung der Totallänge seziiert. Jedem Fisch wurde die Leber und ein Stück der Muskulatur (Filet, ohne Haut) entnommen und getrennt in 50 ml-Sarstedtröhrchen abgefüllt. War die gewonnene Menge an Leber zu klein für eine separate Untersuchung, wurden Mischproben von mehreren Individuen, z.B. bei Rotaugen, erstellt.

Die Proben wurden anschließend gekühlt zum Labor transportiert und dort innerhalb weniger Tage analysiert.



Abb. 3: Fischfang mittels Reuse (Foto: D. Steffen)

3.2 Analytik

Die Untersuchung der Fische erfolgte von GALAB Laboratories nach der folgend aufgeführten Methode.

Der Arbeitsablauf:

- Die Muskulatur- und Leberproben wurden zunächst aufgetaut
- 2 g des zu untersuchenden feuchten Gewebes wurde in eine 50 ml-Duranflasche eingewogen
- Zugabe von 5 ml Tetramethylammoniumhydroxid (TMAH, 20 % w/w)
- und nach vollständiger Auslösung des Gewebes mit HCl (2 M) neutralisiert
- dann wurden 2 ml Natriumacetat-Puffer (2 M, pH 4) zugegeben
- anschließend 10 ml Hexan und 10 Minuten geschüttelt
- anschließend wurde die organische Phase abgetrennt und auf 1 ml im Stickstoffstrom eingedunstet
- und ein clean-up über Kieselgel (3 % desaktiviert) durchgeführt
- Messung und Quantifizierung mittels GC-MSD bzw. GC-AED.

Dabei kam das folgend aufgeführte Gerät zum Einsatz

- Hewlett Packard 6890 GC (split-splitless Injektor).

Die Gehalte der Fischuntersuchungen beziehen sich auf das Frischgewicht (FG).

4 Ergebnisse und Diskussion

In den beschriebenen Gebieten sind sowohl Aale als auch Rotaugen gefangen und deren Muskulaturen und Lebern untersucht worden. Aus dem Wollingster See konnte jedoch eine für eine repräsentative Aussage nötige Anzahl von Rotaugen nicht gefangen werden. Die vollständige Liste der Stoffe, die im Rahmen dieses Vorhabens betrachtet wurden, kann dem Kap. 4.6 (Tab. 1) entnommen werden. Während die Muskulaturen der einzelnen Fische durchweg untersucht wurden, mussten bei den Lebern – insbesondere bei Rotaugen – Mischproben erstellt werden, um eine für eine Untersuchung ausreichende Substanzmenge zu erhalten.

Die Untersuchungsergebnisse sind in die folgend aufgeführten Stoffgruppen eingeteilt und dargestellt worden (4.1 bis 4.5). Diese Einteilung erfolgte nach den chemisch/analytischen Eigenschaften der Stoffe und zur übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse. Stoffe, bei denen die jeweilige Bestimmungsgrenze durchweg unterschritten wurde, sind im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

Die kompletten, statistisch zusammengefassten Befunde können den Anlagen A1 bis A14 entnommen werden. Aus ihnen geht auch die Anzahl der jeweils untersuchten Fische hervor, die in der Regel jeweils zwischen 10 bis 20 Individuen pro Messstelle liegt.

Um diese Publikation nicht zu umfangreich und im Zeitalter der im Allgemeinen knappen zur Verfügung stehenden Zeit „lesbarer“ werden zu lassen, werden im Folgenden lediglich die arithmetischen Mittelwerte der untersuchten Stoffe dargestellt. Dies entspricht zudem auch der Philosophie der Europäischen Wasser-rahmenrichtlinie (EG-WRRL), in der Jahresmittelwerte zur Bewertung herangezogen werden. Lediglich bei der Rankingbetrachtung (siehe Kap. 4.6) werden sowohl die arithmetischen Mittel- als auch maximalen Werte zur Bewertung verwendet und dargestellt.

In den grafischen Darstellungen sind die unter der Bestimmungsgrenze liegenden Gehalte – mit Ausnahme von Abbildung 8 – als 0-Werte dargestellt.

Die Längen der untersuchten Fische können der Abb. 4 entnommen werden.

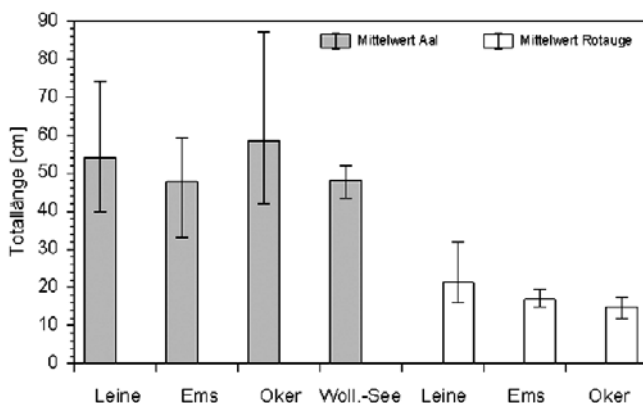


Abb. 4: Totallänge [cm] der untersuchten Fische; Minimum, arithmetisches Mittel und Maximum je Fischart und Fanggebiet

4.1 DDT und Metabolite sowie Lindan (γ -HCH)

DDT (Dichlordiphenylethan) ist ein Insektizid mit Wirkung als Kontakt- und Fraßgift, dass seit Anfang der

1940er Jahre eingesetzt wurde und zu den weltweit am häufigsten verwendeten Insektiziden gehörte. Bereits Mitte der 1950er Jahre wurde in den USA bereits die schädigende Wirkung von DDT bekannt. In Deutschland ist seine Verwendung seit 1972 verboten, und seit Inkrafttreten der Stockholmer Konvention im Jahr 2004 darf es weltweit nur noch zur Bekämpfung der Malariaüberträger verwendet werden (WIKIPEDIA).

DDT weist eine vergleichsweise geringe akute Toxizität auf, reichert sich jedoch über die Nahrungskette insbesondere im Fettgewebe von Mensch und Tier stark an (Bioakkumulation) und wird in der Natur nur sehr langsam abgebaut. Die in der Literatur angegebenen Halbwertszeiten schwanken zwischen 10 und 22 Jahren. DDT weist zudem eine endokrine (hormon-ähnliche) Wirkung auf, die bereits in den 1960er Jahren als Ursache für eine Eierschalenverdünnung bei Vögeln beobachtet wurde.

DDT wird zu den Metaboliten DDE und DDD abgebaut, die – ebenso wie DDT – eine kanzerogene Wirkung (zumindest im Tierversuch bei Ratten und Mäusen) zeigen.

Vom Menschen wird p,p' DDT hauptsächlich zu p,p' DDE abgebaut, wobei o,p' DDT schneller als p,p' DDT ausgeschieden wird.

Lindan (γ -Hexachlorcyclohexan) wurde ab 1942 als Insektizid und als Holzschutzmittel eingesetzt. Seit 1984 wird Lindan in Deutschland nicht mehr hergestellt.

Lindan ist für Wasserorganismen sehr toxisch und reichert sich – ähnlich wie DDT – in der Nahrungskette an. Im Laufe der vergangenen Jahre wurde die Verwendung von Lindan sukzessive eingeschränkt, ab 2002 ist der Einsatz von Lindan in Deutschland verboten; nach einer EU-Verordnung darf Lindan nur noch bis Ende 2007 in Europa als Insektizid verwendet werden.

Die in Aalen und Rotaugen gemessenen arithmetischen Mittelwerte sind in den Abb. 5 bis 8 dargestellt.

Für DDT und Lindan ergeben sich für Fische folgende Qualitätsnormen:

Höchstmenge (RHmV):

Fettgehalt < 10 % bezogen auf FG; > 10 % bezogen auf Fett

DDT (Summe aus p,p' DDT und o,p' DDT):

500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FG

5000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Fett

Lindan: 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FG

500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Fett

Die in der Rückstands-Höchstmengenverordnung (RHmV) aufgeführten Qualitätsnormen für DDT und Lindan sind bei den untersuchten Aalen und Rotaugen sowohl in der Leber als auch Muskulatur durchweg deutlich unterschritten worden (s. Abb. 5 bis 8).

Es ist jedoch erstaunlich, dass nach einem Zeitraum von über 3 Jahrzehnten nach dem Verbot DDT in den Fischen immer noch (mit einem maximalem p,p'-DDT-Gehalt von 3,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FG in Neustadt/Leine) nachgewiesen werden konnte. Lediglich in den Muskulaturen der Rotaugen lagen die Gehalte durchweg unter der Bestimmungsgrenze von 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ FG.

Die gemessenen Gehalte der Metabolite DDE und DDD sind in der Regel höher als die des DDT. Der

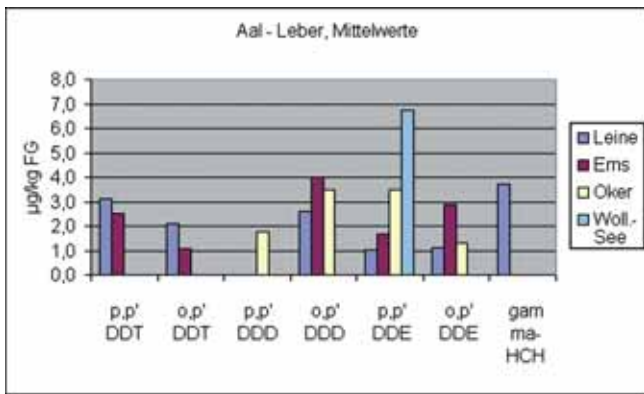


Abb. 5: Aal, Gehalte in der Leber, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

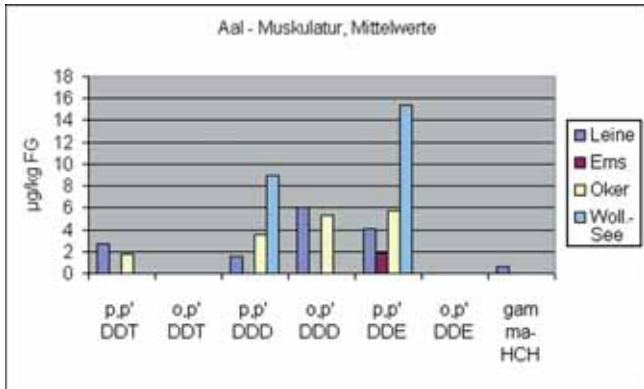


Abb. 6: Aal, Gehalte in der Muskulatur, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

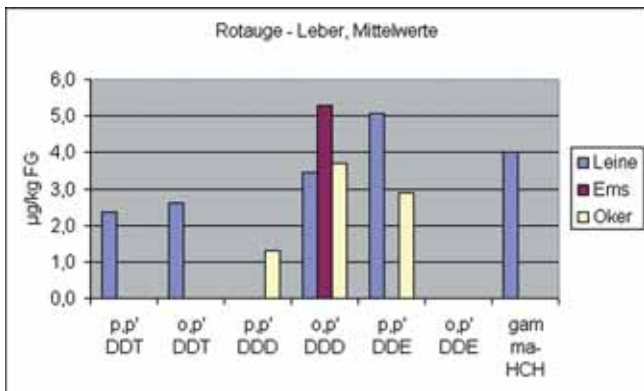


Abb. 7: Rotauge, Gehalte in der Leber, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

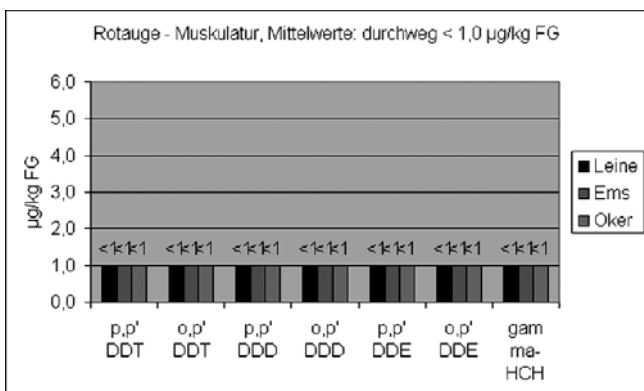


Abb. 8: Rotauge, Gehalte in der Muskulatur, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

Stoff mit dem höchst gemessenen Gehalt ist p,p'-DDE; in den Muskulaturen von aus dem Wollingster See stammenden Aalen wurde ein diesbezüglicher Gehalt von 15 µg/kg FG ermittelt.

Hinsichtlich des Lindan wurden in den Lebern von Aalen und Rotaugen die höchsten Gehalte in Neustadt/Leine mit jeweils 4 µg/kg FG gemessen.

4.2 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Die PCB, deren Stoffgruppe 209 verschiedene Kongenere zuzuordnen sind, wurden bis in die 1980er Jahre hinein vor allem in Wärmeüberträgern, elektrischen Kondensatoren, Transformatoren, in Hydraulikanlagen (insbesondere Untertage) als Hydraulikflüssigkeit und als Weichmacher in Dichtungsmassen, Lacken, Isoliermittel und Kunststoffen (z. B. Kabelummantelungen) verwendet. Die Auswertung von Massenvergiftungen mit PCB-verunreinigten Lebensmitteln in Japan (1968) führte erstmals zu gesicherten Erkenntnissen über Langzeitwirkungen von PCB auf Lebewesen (Umweltbundesamt). Neben chronischen toxischen Wirkungen werden den PCB heute endokrine Wirkungen zugeschrieben; es besteht ein Verdacht bezüglich einer kanzerogenen Wirkung. Als Folge von Havarien und insbesondere unsachgemäßem Abfallmanagement sind die PCB heute in der Umwelt allgegenwärtig und werden über größere Entfernungen durch die Luft sogar bis in die Arktis transportiert. PCB werden durch biologische Prozesse kaum abgebaut, verfügen somit über eine hohe Persistenz und Bioakkumulation. Bei der Verbrennung von PCB-haltigen Abfällen besteht, wie bei allen chlorhaltigen Stoffen, das Risiko der Bildung polychlorierter Dioxine und Furane.

In den meisten Ländern, auch in Deutschland, wurde das Inverkehrbringen von PCB in den 1980er Jahren verboten.

Die im Rahmen dieser Untersuchungen ermittelten PCB-Gehalte sind in den Abb. 9 bis 12 grafisch dargestellt.

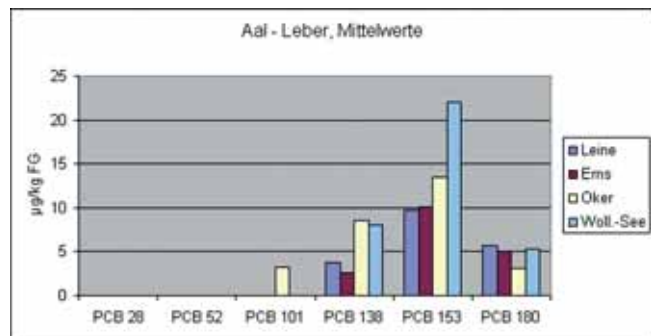


Abb. 9: Aal, Gehalte in der Leber, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

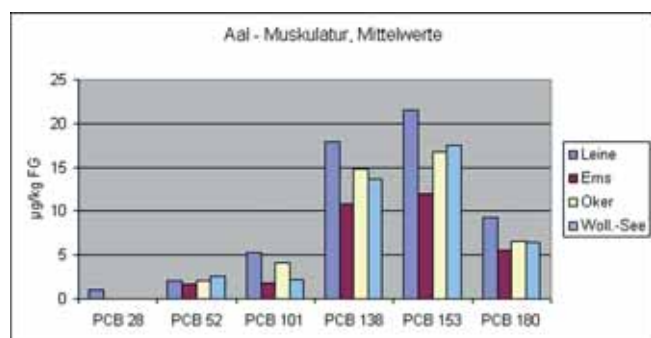


Abb. 10: Aal, Gehalte in der Muskulatur, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

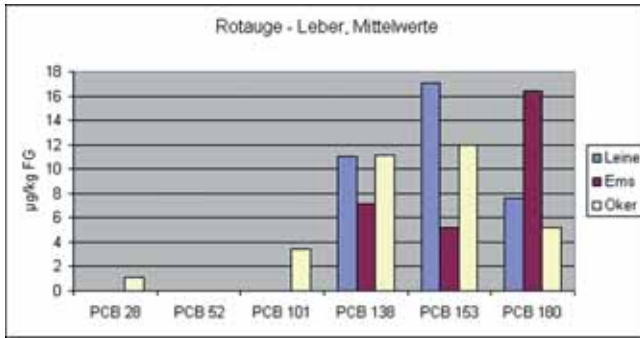


Abb. 11: Rotaue, Gehalte in der Leber, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

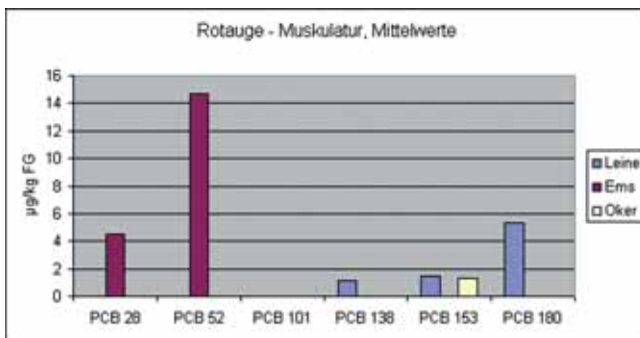


Abb. 12: Rotaue, Gehalte in der Muskulatur, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

Die Höchstmenge (SHMV) für Süßwasserfische beträgt für die Kongenere
 PCB 28, PCB 52, PCB 101 und PCB 180: je 200 µg/kg FG
 PCB 138 und PCB 153 : je 300 µg/kg FG.

Zunächst ist grundsätzlich festzuhalten, dass die in der Schadstoff-Höchstmengenverordnung enthaltenen Qualitätsnormen von jeweils 200 µg/kg FG beziehungsweise 300 µg/kg FG pro Kongener durchweg deutlich unterschritten wurden.

Es ist jedoch bemerkenswert, dass insbesondere die höher chlorierten PCB durchweg in Gehalten von bis zu 22 µg/kg FG (PCB 153: in Aallebern des Wollingster Sees und Aalmuskulaturen der Leine/Neustadt) nachgewiesen werden konnten. Die Gruppe der PCB sollte somit auch weiterhin innerhalb von Biota-Untersuchungsprogrammen beobachtet werden. Ein umgekehrtes Verhalten spiegelt sich dagegen in den Muskulaturen der Rotaugen aus der Ems wider: Hier war PCB 52 mit einem Gehalt von 15 µg/kg FG absolut dominierend, während die höher chlorierten PCB eine eher untergeordnete Rolle spielten.

4.3 Synthetische Moschus-Duftstoffe

Die synthetischen Moschus-Duftstoffe werden sowohl in die Gruppe der Nitro-Moschusverbindungen als auch polycyclisch Moschusverbindungen aufgeteilt und zählen zu den wichtigsten Duftstoffen in Kosmetika, Reinigungs- und Pflegeprodukten (FRAUNHOFER 2001; ARGE-ELBE 2000b).

Zu den Nitro-Moschusverbindungen gehören Moschus Ambrette, - Keton, - Mosken, - Tibeten und - Xylol. Den polycyclischen Moschusverbindungen sind die Stoffe Galaxolide (HHCB), Tonalide (AHTN), Cellesolide (ADBI), Phantolide (AHDl), Traselolide (AITI) und Cashmerane (DPMI) zugehörig.

Da die Anwendung der früher dominierenden Nitro-Moschusverbindungen infolge ungünstiger toxikologischer Eigenschaften gesunken ist, kamen in den letzten Jahren vermehrt polycyclische Moschusverbindungen zum Einsatz, wobei die weltweite Produktion von Galaxolide und Tonalide über 5.000 t pro Jahr beträgt.

Moschusverbindungen werden vorrangig über den Abwasserpfad in die Umwelt eingetragen. Da es sich um sehr lipophile Stoffe mit hoher Persistenz handelt, akkumulieren sie im Fettgewebe und reichern sich in der Nahrungskette an. Zur Toxizität der synthetischen Moschus-Verbindungen liegen bisher nur wenige Daten vor. Es besteht jedoch der Verdacht, dass die polycyclischen Moschusverbindungen Galaxolide und Tonalide phototoxisch sein könnten, sie somit im Zusammenwirken mit Sonnenlicht Allergien auslösen. Beide genannten Stoffe wurden im Tierversuch (Ratten) als möglicherweise leberschädigend eingestuft.

Von den insgesamt untersuchten Moschus-Duftstoffen (siehe oben und Tab. 1) haben sich die Stoffe Galaxolide 1 u. 2, Tonalide, Cellesolide und Cashmerane durch Positivbefunde hervor getan. In den Abb. 13 bis 16 sind die jeweiligen arithmetischen Mittelwerte der Gehalte grafisch dargestellt.

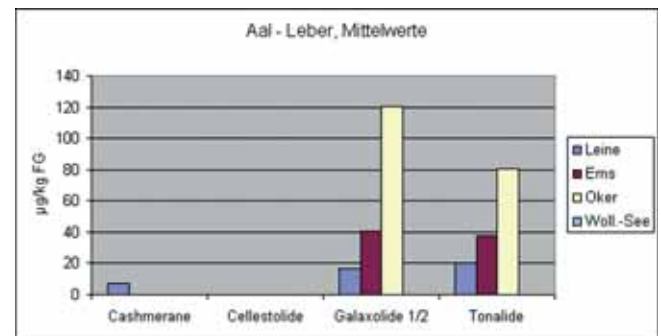


Abb. 13: Aal, Gehalte in der Leber, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

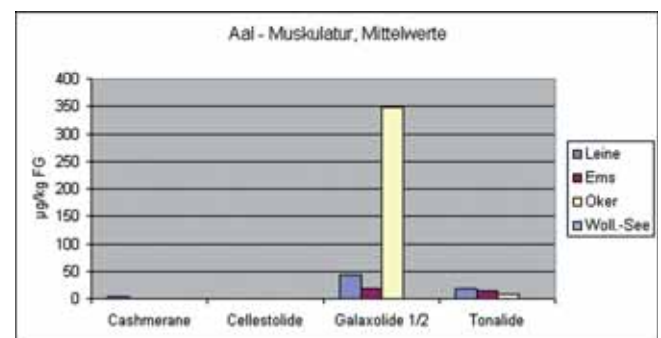


Abb. 14: Aal, Gehalte in der Muskulatur, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

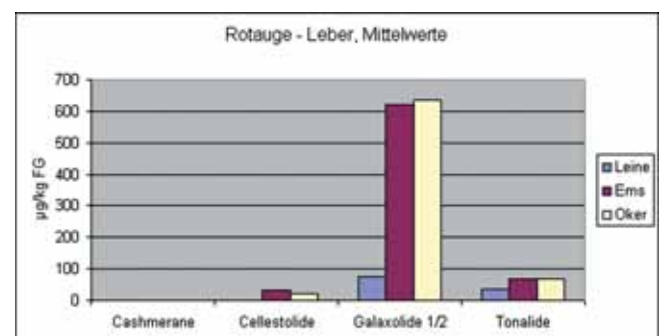


Abb. 15: Rotaue, Gehalte in der Leber, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

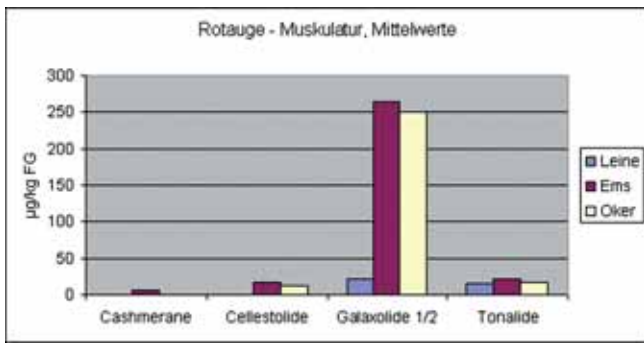


Abb. 16 Rotaugen, Gehalte in der Muskulatur, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

Für diese Stoffgruppe der synthetischen Moschus-Duftstoffe konnten keine gesetzlich verbindlichen Qualitätsnormen für Fische recherchiert werden. Als absolut dominierend hat sich dabei der Duftstoff Galaxolide 1 und 2 herauskristallisiert: in den Lebern der Rotaugen wurden sowohl in der Oker/Gr. Schwülper als auch der Ems/Geeste arithmetische Mittelwerte von etwa 600 µg/kg FG ermittelt, in den Muskulaturen der Rotaugen immerhin noch Gehalte von etwa 250 µg/kg FG. Bei einer Betrachtung der Aale waren die aus der Oker/Gr. Schwülper stammenden mit Gehalten von 350 µg/kg FG in der Muskulatur und 120 µg/kg in der Leber am vergleichsweise höchsten belastet.

Auf einem vergleichsweise deutlich geringerem Belastungs-Niveau ist der Duftstoff Tonalide einzustufen. Mit Gehalten von bis zu 81 µg/kg FG in den Lebern von Aalen und Rotaugen sind die Gehalte dennoch als bemerkenswert und keineswegs zu vernachlässigen einzustufen. Die maximal ermittelten mittleren Gehalte an Cellestolide und Cashmerane bewegen sich zwischen 34 µg/kg FG (Ems/Geeste: Leber der Rotaugen) und 7,2 µg/kg FG (Leine/Neustadt: Lebern der Aale).

Da davon auszugehen ist, dass synthetische Duftstoffe überwiegend über punktuelle Einleitungen von Kläranlagen in die Gewässer gelangen, dürften sich bei diesen Ergebnissen sehr deutlich die Einflüsse von Braunschweig und Lingen widerspiegeln.

4.4 Bromierte Biphenylverbindungen

Die bromierten Biphenylverbindungen sind in von ihren Stoffeigenschaften her in die Gruppe der halogen-organischen Flammschutzmittel einzuordnen (LAWA). Hierbei sind insbesondere die Pentabromdiphenylether zu nennen, die in die Stoffgruppe der prioritären Stoffe der EG-Wasserrahmenrichtlinie aufgenommen wurden.

Mit der Zunahme der Kunststoffanwendungen seit Mitte des letzten Jahrhunderts wurden somit auch immer mehr brennbare Werkstoffe auf den Markt gebracht. Die Aufgabe von Flammschutzmitteln besteht darin, die Entzündung seines Werkstoffes, wie z. B. synthetische Stoffe in Autositzen, zu erschweren und die Flammenausbreitung zu minimieren. Pentabromierte Diphenylether werden als persistent, stark bioakkumulierend und toxisch (insbesondere gegenüber Fischen und Kleinkrebsen) eingestuft. Eine wiederholte orale Aufnahme von Pentabromdiphenylether führte bei Ratten und Mäusen zu Fehlfunktionen der

Leber. Pentabromdiphenylether werden als Flammschutzmittel in Wandanstrichen, Tapeten, Bodenbelägen und Kunststoffen verwendet.

In den Abb. 17 bis 20 sind die im Rahmen dieser Untersuchungen erhobenen arithmetischen Mittelwerte der Gehalte an bromierten Biphenylverbindungen grafisch dargestellt.

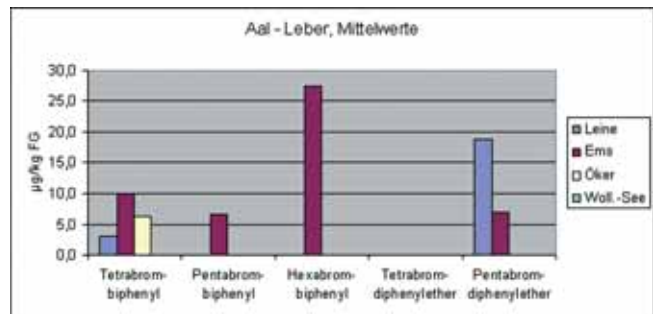


Abb. 17: Aal, Gehalte in der Leber, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

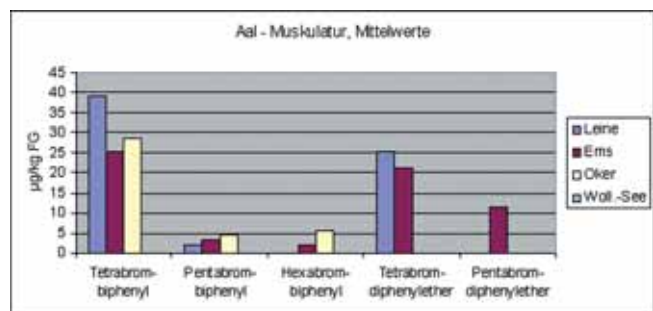


Abb. 18: Aal, Gehalte in der Muskulatur, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

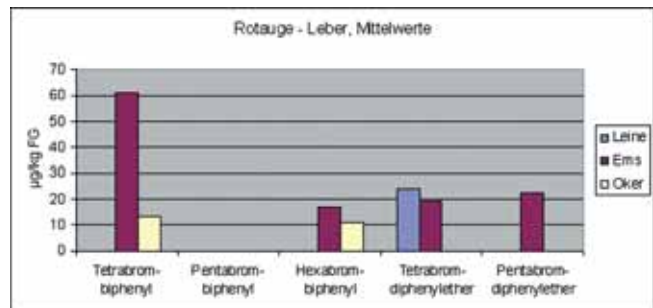


Abb. 19: Rotaugen, Gehalte in der Leber, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

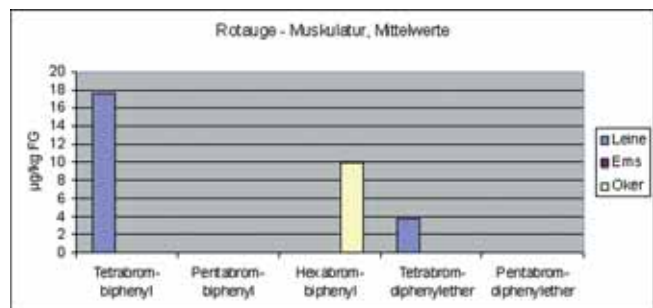


Abb. 20: Rotaugen, Gehalte in der Muskulatur, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

Auch für diese untersuchten Stoffe, nämlich 2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl, 2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl, 2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl, 2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether und 2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether, konnten keine Qualitätsnormen für Fische recherchiert werden.

Der Stoff mit der höchst gemessenen Konzentration war Tetrabrombiphenyl; in aus der Ems stammenden Rotaugen wurde in der Leber ein mittlerer Gehalt von 61 µg/kg FG gemessen. Zudem wurden in den Muskulaturen von Aalen (siehe Abb. 18) an sämtlichen untersuchten Gewässern, mit Ausnahme des Wollingster Sees, Tetrabrombiphenylgehalte von 25 bis 39 µg/kg FG ermittelt; in der Muskulatur von Leine-Rotaugen immerhin noch 18 µg/kg FG.

Ansonsten ergibt sich ein eher inhomogenes Bild. Während bei den Leberbefunden des Aals Hexabrombiphenyl dominierend ist (Ems mit 28 µg/kg FG), ist hinsichtlich der Muskulatur der Aale – neben dem erwähnten Tetrabrombiphenyl – Tetrabromdiphenylether (Leine und Ems mit 25 und 21 µg/kg FG).

Von besonderer Bedeutung ist die Stoffgruppe der Pentabromdiphenylether, da sie zu den prioritären Stoffen der EG-Wasserrahmenrichtlinie zählt. Hinsichtlich der Leine/Neustadt wurde lediglich in Lebern von Aalen ein mittlerer Gehalt von 19 µg/kg FG gemessen, während in den anderen untersuchten Fisch-Geweben die Gehalte im Mittel unter der Bestimmungsgrenze von < 3 µg/kg FG lagen. Ein etwas anderes Bild ergibt sich hinsichtlich der Ems/Geeste: Hier wurden Pentabromdiphenylether-Gehalte sowohl in den Lebern der Rotaugen (23 µg/kg FG), der Muskulatur (11 µg/kg FG) und Lebern von Aalen (7,1 µg/kg FG) festgestellt. Die aus der Oker und des Wollingster Sees untersuchten Aale und Rotaugen wiesen durchweg Pentabromdiphenylether-Gehalte auf, die im Mittel unter 3 µg/kg FG lagen. Bemerkenswert ist zudem, dass in den Muskulaturen der Rotaugen Gehalte ermittelt wurden, die im Mittel ausnahmslos unter der Bestimmungsgrenze von 3 µg/kg FG lagen.

4.5 Bisphenol, Octyl- und Nonylphenole

Bisphenol A (2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)propan) wird seit etwa 40 Jahren im großtechnischen Maßstab hergestellt und als Weichmacher bei der Herstellung von Kunststoffen (Polycarbonate, wie z. B. CDs, Nahrungs- und Getränkeverpackungen) und Epoxidharzen (z. B. Konservendosenbeschichtungen) verwendet und gilt als eine der wichtigsten und meistproduzierten Chemikalien weltweit. Bisphenol A hat in der Umwelt eine endokrine (östrogene) Wirkung. Das Umweltbundesamt hat wegen möglicher Gesundheitsgefahren das Entfernen dieser Kunststoff-Chemikalie aus Babyflaschen und Lebensmitteldosen gefordert (WASSERWISSEN). Über Bisphenol F liegen deutlich weniger Informationen vor, prinzipiell gilt für diesen Stoff jedoch eine ähnliche Aussage wie für Bisphenol A.

Alkylphenole sind Phenolderivate, die am aromatischen Ring ein oder mehrere Alkylgruppen tragen. Sie umfassen eine Substanzklasse von etwa 130 Einzelsubstanzen. Alkylphenole mit einer C8-Alkylgruppe werden als Octylphenol bezeichnet, mit einer C9-Alkylgruppe als Nonylphenol.

Nonylphenol wird zur Darstellung von Phenolharzen, Antioxidantien und Härtingsbeschleunigern verwendet. Zudem wird Nonylphenol zu Ethoxylaten umgesetzt und deren Produkte als Wasch- und Reinigungsmittel (Tenside), Hilfsmittel für Pflanzenschutzmittel und als Additiv in Textil-, Leder-, Papier- Metall- und Zementindustrie verwendet (RÄCKER 2004). Diese Aussagen treffen prinzipiell auch für Octylphenol zu.

Sowohl Nonylphenol als auch Octylphenol sind als toxisch, nicht besonders leicht abbaubar und als endokrin wirksam einzustufen. Zudem können sie Allergien auslösen. Aufgrund der ähnlichen Wirkweise von Nonylphenol und Octylphenol wird von einer additiven Wirkung ausgegangen. Aus diesen Gründen sind diese beiden Stoffgruppen in die Liste der prioritären Stoffe der EG-Wasserrahmenrichtlinie aufgenommen worden.

Die im Rahmen dieser Untersuchungen erhobenen mittleren Gehalte an Bisphenol F, Bisphenol A, 4-tert-Octylphenol und iso-Nonylphenol sind in den Abb. 21 bis 24 grafisch dargestellt.

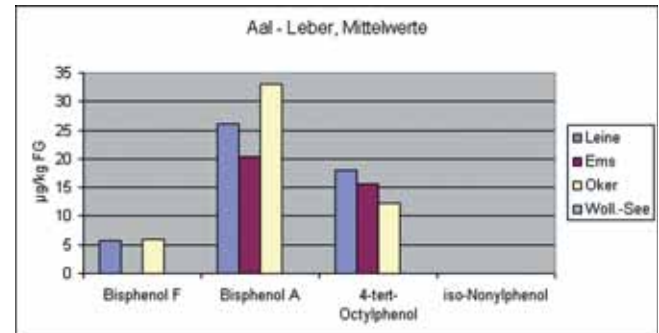


Abb. 21: Aal, Gehalte in der Leber, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

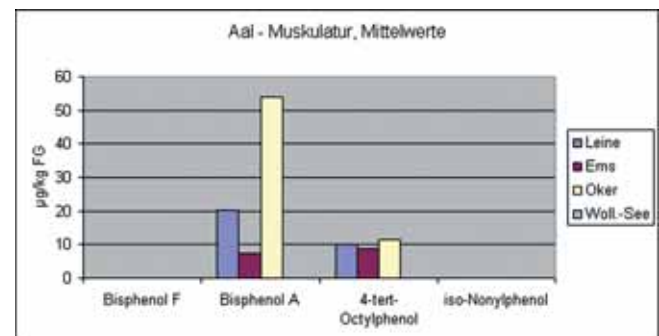


Abb. 22: Aal, Gehalte in der Muskulatur, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

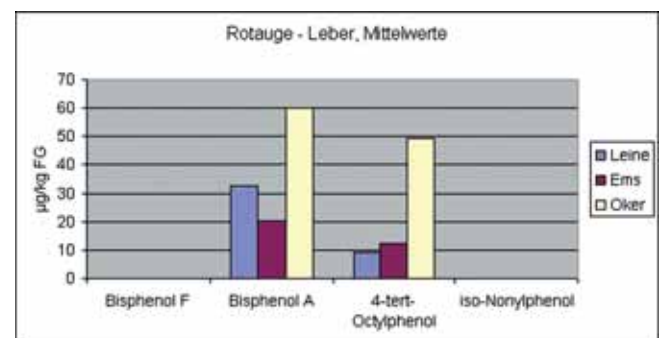


Abb. 23: Rotaugen, Gehalte in der Leber, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

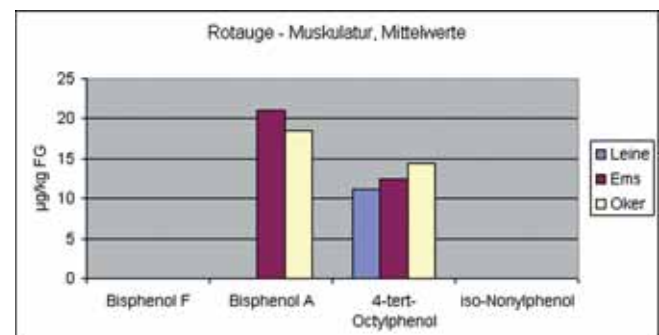


Abb. 24: Rotaugen, Gehalte in der Muskulatur, arithmetische Mittelwerte in µg/kg FG

Auch für diese Stoffgruppen konnten keine Qualitätsnormen für Fische recherchiert werden. Dominierend bei den genannten Substanzen ist zweifellos das Bisphenol A. In sämtlichen untersuchten Gebieten – mit Ausnahme des Wollingster Sees - und Fischgeweben konnte dieser Stoff nachgewiesen werden. Dabei ist besonders die Oker/Gr. Schwülper zu nennen: in der Leber von Rotaugen und der Muskulatur der untersuchten Aale wurden die höchsten Bisphenol A-Gehalte von im Mittel 60 und 54 µg/kg FG registriert.

Neben Bisphenol A ist der Stoff 4-tert-Octylphenol von Bedeutung. Der höchste 4-tert-Octylphenol-Gehalt (im Mittel 49 µg/kg FG) wurde in Lebern von aus der Oker gefangenen Rotaugen ermittelt. Ansonsten ergibt sich hinsichtlich des 4-tert-Octylphenols ein eher homogenes Bild: die sowohl in den Lebern der Aale und Rotaugen als auch in deren Muskulaturen analysierten Gehalte liegen bei sämtlichen Messstellen in der gleichen Größenordnung von etwa 15 bis 10 µg/kg FG.

Während beim Bisphenol F lediglich Positivbefunde bei aus der Leine und der Oker stammenden Aalen (Gehalte in den Lebern von 6 µg/kg FG) zu verzeichnen waren, lagen die iso-Nonylphenol-Gehalte ausnahmslos im Mittel unter der Bestimmungsgrenze von 50 µg/kg FG.

4.6 Ranking-Listen der untersuchten Stoffe

Die im Rahmen dieser Untersuchungen betrachteten Stoffe sind entsprechend ihren Gehalten einem Ranking unterzogen worden. In Tab. 1 sind die Maximal-Gehalte der jeweiligen arithmetischen Mittelwerte – geordnet nach abnehmenden Gehalten – aufgeführt,

wie sie prinzipiell der Philosophie der WG-Wasserrahmenrichtlinie (Jahresmittelwert) entsprechen und oben beschrieben und diskutiert wurden. Die Tab. 2 enthält dagegen die gemessenen maximalen Gehalte. Da bei der Untersuchung von Lebern teilweise – insbesondere bei Rotaugen – Mischproben erstellt werden mussten, um eine für eine Untersuchung ausreichende Probenmenge zu erhalten, können die Angaben in Tab 1. und Tab. 2 unter Umständen – wie das Beispiel Galaxolide 1 u. 2 zeigt – identisch sein.

Bei der Betrachtung dieser Ranking-Listen sollte jedoch berücksichtigt werden, dass die Höhe eines gemessenen Gehaltes eines Stoffes X nicht zwangsläufig den Schluss zulässt, dass dieser Stoff als für die Umwelt übermäßig problematisch anzusehen ist. Für eine derartige Betrachtungsweise wäre eine Ableitung von Umweltqualitätsnormen aufgrund von ökotoxikologischen Daten notwendig. Trotzdem verdeutlichen die Ergebnisse mit welcher hohen Anzahl von organischen Schadstoffen in Fischen zu rechnen ist.

Aus beiden Tabellen geht hervor, dass der synthetische Duftstoff Galaxolide 1 und 2 den mit Abstand höchst gemessenen Gehalt von 635 µg/kg FG darstellt. Bei den weiter folgenden Plätzen treten dann jedoch Verschiebungen zwischen den beiden Listen auf. Unter den ersten 5 Rankingplätzen sind jedoch in beiden Listen des weiteren die Stoffe Tonalide, 2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl und Bisphenol A zu finden. Demgegenüber sind in beiden Listen die Stoffe iso-Nonylphenol, Moschus Ambrette, Moschus Keton, Moschus Mosken, Moschus Tibeten, Moschus Xylol, Phantaloide, Traseolide und 2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether als deren Gehalte durchweg unter den jeweiligen Bestimmungsgrenze liegend auf den letzten Plätzen angesiedelt.

Tab. 1: Ranking-Liste, Stoffe geordnet nach Maximal-Gehalten der arithmetischen Mittelwerte (unabhängig von der Fischart und dem untersuchten Gewebe)

Rank.- Nr.	Parameter	Gehalt in µg/kg FG
1	Galaxolide 1 u. 2	635
2	Tonalide	80,8
3	2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	61,4
4	Bisphenol A	60,0
5	4-tert-Octylphenol	49,2
6	Cellestolide	33,8
7	2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	27,6
8	2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	25,3
9	2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	22,6
10	PCB 153	22,1
11	PCB 138	17,9
12	PCB 180	16,4
13	p,p' DDE	15,4
14	PCB 52	14,7
15	p,p' DDD	8,9
16	Cashmerane	7,2
17	2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	6,7
18	o,p' DDD	6,0
19	Bisphenol F	5,9
20	PCB 101	5,2
21	PCB 28	4,5
22	gamma-HCH	4,0
23	p,p' DDT	3,1
24	o,p' DDE	2,9
25	o,p' DDT	2,6
26	iso-Nonylphenol	< 50,0
27	Moschus Ambrette	< 5,0
28	Moschus Keton	< 5,0
29	Moschus Mosken	< 5,0
30	Moschus Tibeten	< 5,0
31	Moschus Xylol	< 5,0
32	Phantaloide	< 5,0
33	Traseolide	< 5,0
34	2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	< 3,0
35	2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	< 3,0

Tab. 2: Ranking-Liste, Stoffe geordnet nach maximal gemessenen Gehalten (unabhängig von der Fischart und dem untersuchten Gewebe)

Rank.- Nr.	Parameter	Gehalt in µg/kg FG
1	Galaxolide 1 u. 2	635
2	2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	258
3	Bisphenol A	129
4	Tonalide	125
5	2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	85,3
6	PCB 52	73,4
7	2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	70,3
8	2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	63,3
9	PCB 153	56,0
10	2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	52,0
11	4-tert-Octylphenol	49,2
12	Bisphenol F	38,8
13	PCB 138	36,0
14	p,p' DDE	34,0
15	Cellestolide	33,8
16	Cashmerane	24,0
17	PCB 180	23,8
18	p,p' DDD	22,0
19	o,p' DDD	21,1
20	PCB 28	13,7
21	PCB 101	12,5
22	o,p' DDE	11,7
23	p,p' DDT	11,6
24	gamma-HCH	9,4
25	o,p' DDT	6,2
26	2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	4,8
27	iso-Nonylphenol	< 50,0
28	Moschus Ambrette	< 5,0
29	Moschus Keton	< 5,0
30	Moschus Mosken	< 5,0
31	Moschus Tibeten	< 5,0
32	Moschus Xylol	< 5,0
33	Phantaloide	< 5,0
34	Traseolide	< 5,0
35	2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	< 3,0

5 Zusammenfassung

Bestimmte Schadstoffe haben die Eigenschaft sich in aquatischen Organismen anzureichern (Bioakkumulation). Bei dieser Betrachtung kommt den Fischen eine besondere Bedeutung zu, weil sie als Wirbeltier am Ende der Nahrungskette stehen und dem Menschen als Nahrung dienen. Durch eine chemische Analyse von Fisch-Gewebeprobe auf Schadstoffe kann nicht nur eine Aussage über die Belastung der Fische selber gemacht werden, sondern auch, welche der im aquatischen System vorhandenen Schadstoffe besonders bioverfügbar sind. Selbst Schadstoffe, die im Wasser oder im Sediment in nur sehr geringen Konzentrationen vorliegen, können unter bestimmten Bedingungen zu einer hohen Belastung in den Geweben von Fischen führen. Für diese Betrachtungsweise sind Fische ein besonders geeigneter und wichtiger Bioindikator.

Der vorliegende Bericht beinhaltet 35 organische Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen, die sich im Rahmen eines durchgeführten Screenings in niedersächsischen Gewässern als relevant heraus kristallisiert haben. Dabei handelt es sich um die Stoffe bzw. Stoffgruppen: DDT und Metabolite, Lindan, Polychlorierte Biphenyle (PCB), synthetische Moschus-Duftstoffe, Bromierte Biphenylverbindungen, Bisphenol, Octyl- und Nonylphenole.

Die eindeutig höchste Belastung wurde mit einem Gehalt von 635 µg/kg FG an Galaxolide 1 und 2 ermittelt, der als synthetischer Duftstoff Verwendung findet. Auf den weiteren Plätzen einer Rankingliste folgen – mit absteigenden Gehalten - Tonalide, 2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl, Bisphenol A und 4-tert-Octylphenol bzw. 2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether. Dagegen sind die Stoffe iso-Nonylphenol, Moschus Ambrette, Moschus Keton, Moschus Mosken, Moschus Tibetan, Moschus Xylol, Phantaloide, Traseolide und 2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether auf den letzten Plätzen angesiedelt: die gemessenen Gehalte dieser Verbindungen lagen durchweg unter den jeweiligen Bestimmungsgrenze. Trotzdem ist bemerkenswert, dass eine relativ hohe Anzahl an organischen Schadstoffen in den Fischen nachgewiesen werden konnte.

Zudem ist erwähnenswert, dass keineswegs die Lebern der (mit einem erhöhten Fettgehalt versehenen) Aale die durchweg höchsten Gehalte aufwiesen. Teilweise waren es auch die Lebern von Rotaugen (z. B. bei Galaxolide 1 und 2) oder die Muskulaturen der Aale (wie z. B. bei p,p' DDE).

6 Literaturverzeichnis

- ALZIEU, C. (1996): Biological effects of tributyltin. In: De Mora, S. J. (Ed.), Tributyltin: case study of an environmental contaminant. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 167-211.
- ARGE-ELBE (1999): Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe, Herkunft und Verteilung von Organozinnverbindungen in der Elbe und in Elbenebenflüssen, Wassergütestelle Elbe.
- ARGE-ELBE (2000a): Schadstoffe in Elbefischen - Belastung und Vermarktungsfähigkeit - von der Grenze bis zur See 1999/2000, Wassergütestelle Elbe.
- ARGE-ELBE (2000b): Synthetische Moschus-Duftstoffe in der Elbe 2000, Wassergütestelle Elbe.
- FRAUNHOFER (2001): Vorkommen von polyzyklischen Moschusverbindungen in Klärschlämmen,- Fraunhofer-Institut, IME-Jahresbericht 2001, Forschungsarbeiten Angewandte Oekologie, 34-35.
- HEEMKEN, O.; THEOBALD, N.; STACHEL, B. (1998): Verteilung von organischen Kontaminanten zwischen wässriger und partikulärer Phase in der Elbe und der Deutschen Bucht.- Hamburg: Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe.
- HERBST, V. (2000): Belastung von Binnengewässern und Sedimenten durch hormonähnlich wirksame Substanzen.- Vortrag zur Veranstaltung „Endokriner wirksame Schadstoffe – aktueller Stand der Forschung und Anforderungen an die Politik“ am 30. Juni 2000 in Oldenburg.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2006): Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament, Integrierte Vermeidung und Verminderung der chemischen Verschmutzung von Oberflächengewässern in der Europäischen Union, Brüssel, 17.7.2006
- KUBALLA, J. (1997): Speziesanalytik von zinnorganischen Verbindungen zur Aufklärung ihrer Biopfade in der aquatischen Umwelt. - GKSS-Forschungsbericht 97/E/31, 139 Seiten.
- LAWA: Diverse Stoffdatenblätter
- LEPPER, P.; SOHN, H.; STEINHANSES, J. (1999): Verfolgung von Umweltbelastungen durch Alkylphenole, Bisphenol A und organische Zinnverbindungen in repräsentativen Umweltproben.- Abschlußbericht Band I: Organische Zinnverbindungen, F&E-Vorhaben 297 63 155 des Fraunhofer Institutes, Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie in Schmallenberg, im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- NLWKN (2005): Zur Bioverfügbarkeit von Schwermetallen am Beispiel ausgesuchter Gewässer in Niedersachsen.- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Oberirdische Gewässer Band 24, 20 Seiten.
- RÄCKER, T. (2004): Bestimmung von estrogen-aktiven Nonylphenolen und Octylphenol in Säuglings- und Kleinkindernahrung sowie in Biofilmen.- Dissertation, Universität Bonn, 316 Seiten.
- RHMV: Rückstands-Höchstmengenverordnung i.d.F. vom 21.10.1999; Bundesgesetzblatt Jahrgang 1999 Teil I Nr. 49
- SHmV: Verordnung über Höchstmengen an Schadstoffen in Lebensmittel, Fassung v. 19.12.2003 [BGBl. I S. 2755]
- STEFFEN, D.; WUNSCH, H.; KÄMMEREIT, M; KUBALLA, J. (2001): Zinnorganische Verbindungen im Bioindikator Fisch.- NLO, Oberirdische Gewässer 14/2001, 19 Seiten.
- STEFFEN, D. (2002): Triphenylzinn in Gewässern Niedersachsens.- NLO und Universität Lüneburg, Oberirdische Gewässer 15/2002, 173 Seiten.
- STEFFEN, D.; WUNSCH, H.; KÄMMEREIT, M; KUBALLA, J. (2003): Flächendeckendes Biomonitoring zur Triphenylzinnproblematik.- NLO. Oberirdische Gewässer 20/2003, 17 Seiten.
- STEFFEN, D. (2005): Triphenylzinn-Biomonitoring führt zu einer positiven Umweltbilanz.- WASSER UND ABFALL, H. 9, 2005, 35-40.
- UMWELTBUNDESAMT:
<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten>
- WASSER-WISSEN: Institut für Umweltverfahrenstechnik-Universität Bremen, <http://wasser-wissen.de>
- WIKIPEDIA: <http://de.wikipedia.org/wiki>

Anlage der statistisch zusammengefassten Untersuchungsergebnisse

Tabelle: A1

Fischuntersuchungen auf organische Stoffe

Untersuchungszeitraum: 2002/2003

Statistische Kenngrößen

Gehalte in µg/kg FG (Frischgewicht)

(mit N = Anzahl Messwerte)

Untersuchungsgebiet Gewässer	Neustadt Leine N	Neustadt Leine Mittel	Neustadt Leine Min	Neustadt Leine Max	Neustadt Leine Stdabw
Fischart	Aal	Aal	Aal	Aal	Aal
Matrix	Leber	Leber	Leber	Leber	Leber
Länge [cm]	15	54,1	40,0	74,0	7,9
gamma-HCH	15	3,7	1,1	9,4	2,4
o,p' DDD	15	2,6	0,5	7,2	2,6
o,p' DDE	15	1,1	< 1,0	2,9	0,9
o,p' DDT	15	2,1	< 1,0	4,2	0,9
p,p' DDD	15	< 1,0	< 1,0	1,0	0,1
p,p' DDE	15	1,0	< 1,0	2,4	0,6
p,p' DDT	15	3,1	< 1,0	6,8	1,9
PCB 28	15	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB 52	15	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB 101	15	< 1,0	< 1,0	1,8	0,5
PCB 138	15	3,7	2,1	5,9	1,2
PCB 153	15	9,7	2,1	22,6	5,2
PCB 180	15	5,7	1,5	10,2	2,6
PCB Summe	15	20,8	8,5	34,1	7,5
Bisphenol F	15	5,7	< 5,0	38,8	9,1
Bisphenol A	15	26,2	7,8	88,7	18,7
Cashmerane	15	7,2	< 5,0	21,3	6,0
Cellestolide	15	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Galaxolide 1 u. 2	15	16,9	8,3	26,3	5,3
Moschus Ambrette	15	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Keton	15	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Mosken	15	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Tibeten	15	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Xylol	15	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Phantaloide	15	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Tonalide	15	20,1	16,0	28,0	3,1
Traseolide	15	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	15	3,1	< 3,0	16,3	4,2
2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	15	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	15	< 3,0	< 3,0	20,9	4,8
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	15	< 3,0	< 3,0	18,3	4,2
2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	15	18,7	< 3,0	28,1	9,5
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	15	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	15	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
4-tert-Octylphenol	15	17,9	2,5	34,1	9,4
iso-Nonylphenol	15	< 50,0	< 50,0	< 50,0	0,0

Tabelle: A2
 Fischuntersuchungen auf organische Stoffe
 Untersuchungszeitraum: 2002/2003
 Statistische Kenngrößen
 Gehalte in µg/kg FG (Frischgewicht)
 (mit N = Anzahl Messwerte)

Untersuchungsgebiet Gewässer	Neustadt Leine N	Neustadt Leine Mittel	Neustadt Leine Min	Neustadt Leine Max	Neustadt Leine Stdabw
Fischart Matrix Länge [cm]	Aal Muskel 18	Aal Muskel 54,1	Aal Muskel 40,0	Aal Muskel 74,0	Aal Muskel 7,9
Gamma-HCH	18	0,6	< 0,5	1,2	0,2
o,p' DDD	18	6,0	< 1,0	10,2	2,7
o,p' DDE	18	< 1,0	< 1,0	1,7	0,4
o,p' DDT	18	< 1,0	< 1,0	1,7	0,3
p,p' DDD	18	1,6	< 1,0	3,0	0,8
p,p' DDE	18	4,1	< 1,0	6,5	1,5
p,p' DDT	18	2,8	< 1,0	11,6	2,4
PCB 28	18	1,0	< 1,0	1,9	0,5
PCB 52	18	2,1	< 1,0	3,6	1,0
PCB 101	18	5,2	< 1,0	11,5	2,6
PCB 138	18	17,9	3,8	28,5	6,9
PCB 153	18	21,5	4,4	32,8	7,7
PCB 180	18	9,3	1,5	14,8	4,0
PCB Summe	18	57,0	11,8	86,9	21,7
Bisphenol F	18	< 5,0	< 5,0	6,6	0,9
Bisphenol A	18	20,4	5,3	59,8	19,3
Cashmerane	18	4,2	< 5,0	12,5	2,9
Cellestolide	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Galaxolide 1 u. 2	18	42,8	18,2	59,9	11,7
Moschus Ambrette	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Keton	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Mosken	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Tibeten	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Xylol	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Phantaloide	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Tonalide	18	18,4	11,2	25,7	4,7
Traseolide	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	18	39,2	< 3,0	67,3	19,7
2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	18	2,0	< 3,0	5,9	1,1
2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	18	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	18	25,3	< 3,0	63,3	21,2
2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	18	< 3,0	< 3,0	7,0	1,3
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	18	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	18	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
4-tert-Octylphenol	18	10,3	< 5,0	49,2	10,3
iso-Nonylphenol	18	< 50,0	< 50,0	< 50,0	0,0

Tabelle: A3
 Fischuntersuchungen auf organische Stoffe
 Untersuchungszeitraum: 2002/2003
 Statistische Kenngrößen
 Gehalte in µg/kg FG (Frischgewicht)
 (mit N = Anzahl Messwerte)

Untersuchungsgebiet Gewässer	Neustadt Leine N	Neustadt Leine Mittel	Neustadt Leine Min	Neustadt Leine Max	Neustadt Leine Stdabw
Fischart Matrix Länge [cm]	Rotaugen Leber 2	Rotaugen Leber 21,2	Rotaugen Leber 16,0	Rotaugen Leber 32,0	Rotaugen Leber 3,7
Gamma-HCH	2	4,0	<0,5	7,7	3,7
o,p' DDD	2	3,5	<1,0	6,4	3,0
o,p' DDE	2	<1,0	<1,0	<1,0	0,0
o,p' DDT	2	2,6	<1,0	4,7	2,1
p,p' DDD	2	<1,0	<1,0	<1,0	0,0
p,p' DDE	2	5,1	3,5	6,6	1,6
p,p' DDT	2	2,4	<1,0	4,2	1,9
PCB 28	2	<1,0	<1,0	<1,0	0,0
PCB 52	2	<1,0	<1,0	<1,0	0,0
PCB 101	2	<1,0	<1,0	1,2	0,4
PCB 138	2	11,0	7,0	15,0	4,0
PCB 153	2	17,1	15,9	18,2	1,2
PCB 180	2	7,6	3,1	12,1	4,5
PCB Summe	2	37,5	28,1	46,9	9,4
Bisphenol F	2	<5,0	<5,0	<5,0	0,0
Bisphenol A	2	32,6	24,6	40,5	8,0
Cashmerane	2	<5,0	<5,0	<5,0	0,0
Cellestolide	2	<5,0	<5,0	<5,0	0,0
Galaxolide 1 u. 2	2	75,4	23,2	128	52,2
Moschus Ambrette	2	<5,0	<5,0	<5,0	0,0
Moschus Keton	2	<5,0	<5,0	<5,0	0,0
Moschus Mosken	2	<5,0	<5,0	<5,0	0,0
Moschus Tibeten	2	<5,0	<5,0	<5,0	0,0
Moschus Xylol	2	<5,0	<5,0	<5,0	0,0
Phantaloide	2	<5,0	<5,0	<5,0	0,0
Tonalide	2	35,1	29,9	40,2	5,2
Traseolide	2	<5,0	<5,0	<5,0	0,0
2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	2	<3,0	<3,0	<3,0	0,0
2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	2	<3,0	<3,0	<3,0	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	2	<3,0	<3,0	<3,0	0,0
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	2	23,8	<3,0	46,1	22,3
2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	2	<3,0	<3,0	<3,0	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	2	<3,0	<3,0	<3,0	0,0
2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	2	<3,0	<3,0	<3,0	0,0
4-tert-Octylphenol	2	9,1	5,7	12,4	3,4
iso-Nonylphenol	2	<50,0	<50,0	<50,0	0,0

Tabelle: A4
 Fischuntersuchungen auf organische Stoffe
 Untersuchungszeitraum: 2002/2003
 Statistische Kenngrößen
 Gehalte in µg/kg FG (Frischgewicht)
 (mit N = Anzahl Messwerte)

Untersuchungsgebiet Gewässer	Neustadt Leine N	Neustadt Leine Mittel	Neustadt Leine Min	Neustadt Leine Max	Neustadt Leine Stdabw
Fischart Matrix Länge [cm]	Rotaugen Muskel 18	Rotaugen Muskel 21,2	Rotaugen Muskel 16,0	Rotaugen Muskel 32,0	Rotaugen Muskel 3,7
Gamma-HCH	18	< 0,5	< 0,5	1,1	0,3
o,p' DDD	18	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
o,p' DDE	18	< 1,0	< 1,0	1,4	0,2
o,p' DDT	18	< 1,0	< 1,0	3,5	0,7
p,p' DDD	18	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
p,p' DDE	18	< 1,0	< 1,0	1,8	0,3
p,p' DDT	18	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB 28	18	< 1,0	< 1,0	2,7	0,6
PCB 52	18	< 1,0	< 1,0	3,2	0,7
PCB 101	18	< 1,0	< 1,0	1,8	0,3
PCB 138	18	1,1	< 1,0	3,3	1,0
PCB 153	18	1,5	< 1,0	3,5	1,0
PCB 180	18	5,4	< 1,0	23,8	7,1
PCB Summe	18	10,1	< 6	32,7	8,9
Bisphenol F	18	< 5,0	< 5,0	9,2	1,5
Bisphenol A	18	< 5,0	< 5,0	6,5	1,6
Cashmerane	18	< 5,0	< 5,0	11,2	2,6
Cellestolide	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Galaxolide 1 u. 2	18	21,7	8,4	51,4	9,6
Moschus Ambrette	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Keton	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Mosken	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Tibet	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Xylol	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Phantaloide	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Tonalide	18	16,1	11,7	24,7	3,6
Traseolide	18	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	18	17,7	< 3,0	258,0	58,5
2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	18	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	18	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	18	3,8	< 3,0	33,9	7,4
2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	18	< 3,0	< 3,0	6,7	1,2
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	18	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	18	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
4-tert-Octylphenol	18	11,2	5,3	32,6	6,3
iso-Nonylphenol	18	< 50,0	< 50,0	< 50,0	0,0

Tabelle: A5
 Fischuntersuchungen auf organische Stoffe
 Untersuchungszeitraum: 2002/2003
 Statistische Kenngrößen
 Gehalte in µg/kg FG (Frischgewicht)
 (mit N = Anzahl Messwerte)

Untersuchungsgebiet Gewässer	Geeste Ems N	Geeste Ems Mittel	Geeste Ems Min	Geeste Ems Max	Geeste Ems Stdabw
Fischart Matrix Länge [cm]	Aal Leber 28	Aal Leber 47,8	Aal Leber 33,0	Aal Leber 59,5	Aal Leber 7,4
Gamma-HCH	28	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,0
o,p' DDD	28	4,0	< 1,0	21,1	4,7
o,p' DDE	28	2,9	< 1,0	11,7	3,6
o,p' DDT	28	1,1	< 1,0	3,4	0,8
p,p' DDD	28	< 1,0	< 1,0	3,5	0,7
p,p' DDE	28	1,7	< 1,0	9,0	2,5
p,p' DDT	28	2,5	< 1,0	8,5	2,0
PCB 28	28	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB 52	28	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB 101	28	< 1,0	< 1,0	1,9	0,4
PCB 138	28	2,6	< 1,0	7,6	1,6
PCB 153	28	10,1	< 1,0	24,1	5,5
PCB 180	28	5,0	< 1,0	9,4	2,7
PCB Summe	28	19,3	< 6	32,9	8,2
Bisphenol F	28	< 5,0	< 5,0	6,4	0,7
Bisphenol A	28	20,3	< 5,0	88,6	14,7
Cashmerane	28	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Cellestolide	28	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Galaxolide 1 u. 2	28	40,8	23,4	52,3	8,5
Moschus Ambrette	28	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Keton	28	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Mosken	28	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Tibeten	28	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Xylol	28	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Phantaloide	28	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Tonalide	28	37,5	21,8	55,8	9,1
Traseolide	28	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	28	10,1	< 3,0	57,2	16,4
2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	28	6,7	< 3,0	45,5	11,4
2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	28	27,6	< 3,0	47,6	11,3
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	28	< 3,0	< 3,0	13,3	2,2
2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	28	7,1	< 3,0	45,5	11,6
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	28	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	28	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
4-tert-Octylphenol	28	15,6	5,6	29,9	7,5
iso-Nonylphenol	28	< 50,0	< 50,0	< 50,0	0,0

Tabelle: A6
 Fischuntersuchungen auf organische Stoffe
 Untersuchungszeitraum: 2002/2003
 Statistische Kenngrößen
 Gehalte in µg/kg FG (Frischgewicht)
 (mit N = Anzahl Messwerte)

Untersuchungsgebiet Gewässer	Geeste Ems N	Geeste Ems Mittel	Geeste Ems Min	Geeste Ems Max	Geeste Ems Stdabw
Fischart Matrix Länge [cm]	Aal Muskel 31	Aal Muskel 47,8	Aal Muskel 33,0	Aal Muskel 59,5	Aal Muskel 7,4
Gamma-HCH	31	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,0
o,p' DDD	31	< 1,0	< 1,0	2,8	0,6
o,p' DDE	31	< 1,0	< 1,0	1,6	0,2
o,p' DDT	31	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
p,p' DDD	31	< 1,0	< 1,0	1,5	0,3
p,p' DDE	31	1,8	< 1,0	3,4	0,7
p,p' DDT	31	< 1,0	< 1,0	2,1	0,5
PCB 28	31	< 1,0	< 1,0	1,9	0,4
PCB 52	31	1,7	< 1,0	3,3	0,8
PCB 101	31	1,8	< 1,0	3,6	0,9
PCB 138	31	10,8	3,6	17,7	3,3
PCB 153	31	12,0	4,5	20,0	3,7
PCB 180	31	5,5	2,3	8,5	1,6
PCB Summe	31	32,6	11,9	52,7	9,4
Bisphenol F	31	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Bisphenol A	31	7,3	< 5,0	27,4	5,3
Cashmerane	31	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Cellestolide	31	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Galaxolide 1 u. 2	31	18,1	9,0	34,3	6,3
Moschus Ambrette	31	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Keton	31	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Mosken	31	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Tibeten	31	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Xylol	31	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Phantaloide	31	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Tonalide	31	14,5	7,0	23,0	3,7
Traseolide	31	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	31	25,2	6,0	79,3	13,2
2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	31	3,3	< 3,0	24,1	5,1
2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	31	2,0	< 3,0	9,2	1,5
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	31	21,2	< 3,0	60,1	13,7
2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	31	11,3	< 3,0	85,3	18,8
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	31	< 3,0	< 3,0	4,8	1,0
2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	31	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
4-tert-Octylphenol	31	8,8	< 5,0	29,3	5,1
iso-Nonylphenol	31	< 50,0	< 50,0	< 50,0	0,0

Tabelle: A7
 Fischuntersuchungen auf organische Stoffe
 Untersuchungszeitraum: 2002/2003
 Statistische Kenngrößen
 Gehalte in µg/kg FG (Frischgewicht)
 (mit N = Anzahl Messwerte)

Untersuchungsgebiet Gewässer	Geeste Ems N	Geeste Ems Mittel	Geeste Ems Min	Geeste Ems Max	Geeste Ems Stdabw
Fischart Matrix Länge [cm]	Rotaugen Leber 1	Rotaugen Leber 16,8	Rotaugen Leber 15,0	Rotaugen Leber 19,5	Rotaugen Leber 1,4
Gamma-HCH	1	-	< 0,5	< 0,5	-
o,p' DDD	1	-	5,3	5,3	-
o,p' DDE	1	-	< 1,0	< 1,0	-
o,p' DDT	1	-	< 1,0	< 1,0	-
p,p' DDD	1	-	< 1,0	< 1,0	-
p,p' DDE	1	-	< 1,0	< 1,0	-
p,p' DDT	1	-	< 1,0	< 1,0	-
PCB 28	1	-	< 1,0	< 1,0	-
PCB 52	1	-	< 1,0	< 1,0	-
PCB 101	1	-	< 1,0	< 1,0	-
PCB 138	1	-	7,1	7,1	-
PCB 153	1	-	5,2	5,2	-
PCB 180	1	-	16,4	16,4	-
PCB Summe	1	-	30,2	30,2	-
Bisphenol F	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Bisphenol A	1	-	20,3	20,3	-
Cashmerane	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Cellestolide	1	-	33,8	33,8	-
Galaxolide 1 u. 2	1	-	620	620	-
Moschus Ambrette	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Moschus Keton	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Moschus Mosken	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Moschus Tibeten	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Moschus Xylol	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Phantaloide	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Tonalide	1	-	69,2	69,2	-
Traseolide	1	-	< 5,0	< 5,0	-
2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	1	-	61,4	61,4	-
2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	1	-	< 3,0	< 3,0	-
2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	1	-	16,8	16,8	-
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	1	-	19,1	19,1	-
2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	1	-	22,6	22,6	-
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	1	-	< 3,0	< 3,0	-
2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	1	-	< 3,0	< 3,0	-
4-tert-Octylphenol	1	-	12,4	12,4	-
iso-Nonylphenol	1	-	< 50,0	< 50,0	-

Tabelle: A8
 Fischuntersuchungen auf organische Stoffe
 Untersuchungszeitraum: 2002/2003
 Statistische Kenngrößen
 Gehalte in µg/kg FG (Frischgewicht)
 (mit N = Anzahl Messwerte)

Untersuchungsgebiet Gewässer	Geeste Ems N	Geeste Ems Mittel	Geeste Ems Min	Geeste Ems Max	Geeste Ems Stdabw
Fischart Matrix Länge [cm]	Rotaugen Muskel 6	Rotaugen Muskel 16,8	Rotaugen Muskel 15,0	Rotaugen Muskel 19,5	Rotaugen Muskel 1,4
Gamma-HCH	6	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,0
o,p' DDD	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
o,p' DDE	6	< 1,0	< 1,0	2,4	0,7
o,p' DDT	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
p,p' DDD	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
p,p' DDE	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
p,p' DDT	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB 28	6	4,5	< 1,0	13,7	4,9
PCB 52	6	14,7	< 1,0	73,4	26,4
PCB 101	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB 138	6	< 1,0	< 1,0	1,7	0,4
PCB 153	6	< 1,0	< 1,0	2,0	0,6
PCB 180	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB Summe	6	22,0	< 6	89,1	30,4
Bisphenol F	6	< 5,0	< 5,0	7,3	1,9
Bisphenol A	6	21,1	< 5,0	41,2	13,9
Cashmerane	6	6,1	< 5,0	24,0	8,0
Cellestolide	6	16,5	12,2	19,6	2,9
Galaxolide 1 u. 2	6	264,0	227,0	340,0	40,1
Moschus Ambrette	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Keton	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Mosken	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Tibet	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Xylol	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Phantaloide	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Tonalide	6	21,5	17,6	25,6	3,2
Traseolide	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	6	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	6	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	6	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	6	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	6	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	6	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	6	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
4-tert-Octylphenol	6	12,5	< 5,0	19,8	6,4
iso-Nonylphenol	6	< 50,0	< 50,0	< 50,0	0,0

Tabelle: A9
 Fischuntersuchungen auf organische Stoffe
 Untersuchungszeitraum: 2002/2003
 Statistische Kenngrößen
 Gehalte in µg/kg FG (Frischgewicht)
 (mit N = Anzahl Messwerte)

Untersuchungsgebiet Gewässer	Gr.Schwülper Oker N	Gr.Schwülper Oker Mittel	Gr.Schwülper Oker Min	Gr.Schwülper Oker Max	Gr.Schwülper Oker Stdabw
Fischart Matrix Länge [cm]	Aal Leber 23	Aal Leber 58,5	Aal Leber 42,0	Aal Leber 87,0	Aal Leber 11,2
Gamma-HCH	23	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,0
o,p' DDD	23	3,5	< 1,0	6,1	1,3
o,p' DDE	23	1,3	< 1,0	4,4	0,9
o,p' DDT	23	< 1,0	< 1,0	6,2	1,2
p,p' DDD	23	1,8	< 1,0	9,6	1,8
p,p' DDE	23	3,5	< 1,0	10,0	1,9
p,p' DDT	23	< 1,0	< 1,0	1,4	0,2
PCB 28	23	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB 52	23	< 1,0	< 1,0	4,3	0,9
PCB 101	23	3,3	1,0	7,4	1,5
PCB 138	23	8,5	< 1,0	16,2	4,6
PCB 153	23	13,4	3,4	23,1	5,3
PCB 180	23	3,2	< 1,0	6,6	1,7
PCB Summe	23	29,3	< 6	48,5	12,6
Bisphenol F	23	5,9	< 5,0	21,2	5,2
Bisphenol A	23	33,0	11,2	99,8	23,8
Cashmerane	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Cellestolide	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Galaxolide 1 u. 2	23	120,6	52,4	197,0	48,9
Moschus Ambrette	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Keton	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Mosken	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Tibeten	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Xylol	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Phantaloide	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Tonalide	23	80,8	42,2	125,0	21,1
Traseolide	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	23	6,4	< 3,0	24,3	7,3
2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	23	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	23	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	23	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	23	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	23	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	23	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
4-tert-Octylphenol	23	12,3	< 5,0	23,0	6,2
iso-Nonylphenol	23	< 50,0	< 50,0	< 50,0	0,0

Tabelle: A10
 Fischuntersuchungen auf organische Stoffe
 Untersuchungszeitraum: 2002/2003
 Statistische Kenngrößen
 Gehalte in µg/kg FG (Frischgewicht)
 (mit N = Anzahl Messwerte)

Untersuchungsgebiet	Gr.Schwülper	Gr.Schwülper	Gr.Schwülper	Gr.Schwülper	Gr.Schwülper
Gewässer	Oker	Oker	Oker	Oker	Oker
Fischart	N	Mittel	Min	Max	Stdabw
Matrix	Aal	Aal	Aal	Aal	Aal
Länge [cm]	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel	Muskel
	23	58,5	42,0	87,0	11,2
Gamma-HCH	23	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,0
o,p' DDD	23	5,3	< 1,0	11,9	3,3
o,p' DDE	23	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
o,p' DDT	23	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
p,p' DDD	23	3,5	< 1,0	12,7	2,8
p,p' DDE	23	5,8	< 1,0	13,3	2,9
p,p' DDT	23	1,8	< 1,0	5,4	1,2
PCB 28	23	< 1,0	< 1,0	1,0	0,1
PCB 52	23	2,0	< 1,0	6,9	1,5
PCB 101	23	4,2	< 1,0	12,5	2,7
PCB 138	23	14,9	3,2	26,5	7,2
PCB 153	23	16,8	3,1	34,3	8,8
PCB 180	23	6,6	1,1	15,7	3,6
PCB Summe	23	44,9	8,9	84,5	22,3
Bisphenol F	23	< 5,0	< 5,0	11,3	2,0
Bisphenol A	23	53,9	11,9	129,0	29,7
Cashmerane	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Cellestolide	23	< 5,0	< 5,0	6,1	0,9
Galaxolide 1 u. 2	23	347,4	210,0	554,0	85,4
Moschus Ambrette	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Keton	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Mosken	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Tibeten	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Xylol	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Phantaloide	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Tonalide	23	8,6	3,6	15,4	3,3
Traseolide	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	23	28,8	< 3,0	94,2	19,8
2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	23	4,5	< 3,0	70,3	14,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	23	5,5	< 3,0	18,2	5,6
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	23	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	23	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	23	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	23	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
4-tert-Octylphenol	23	11,4	< 5,0	28,4	5,5
iso-Nonylphenol	23	< 50,0	< 50,0	< 50,0	0,0

Tabelle: A11
 Fischuntersuchungen auf organische Stoffe
 Untersuchungszeitraum: 2002/2003
 Statistische Kenngrößen
 Gehalte in µg/kg FG (Frischgewicht)
 (mit N = Anzahl Messwerte)

Untersuchungsgebiet Gewässer	Gr.Schwülper Oker N	Gr.Schwülper Oker Mittel	Gr.Schwülper Oker Min	Gr.Schwülper Oker Max	Gr.Schwülper Oker Stdabw
Fischart Matrix Länge [cm]	Rotaugen Leber 1	Rotaugen Leber 14,9	Rotaugen Leber 12,0	Rotaugen Leber 17,5	Rotaugen Leber 1,8
Gamma-HCH	1	-	< 0,5	< 0,5	-
o,p' DDD	1	-	3,7	3,7	-
o,p' DDE	1	-	< 1,0	< 1,0	-
o,p' DDT	1	-	< 1,0	< 1,0	-
p,p' DDD	1	-	1,3	1,3	-
p,p' DDE	1	-	2,9	2,9	-
p,p' DDT	1	-	< 1,0	< 1,0	-
PCB 28	1	-	1,1	1,1	-
PCB 52	1	-	< 1,0	< 1,0	-
PCB 101	1	-	3,4	3,4	-
PCB 138	1	-	11,1	11,1	-
PCB 153	1	-	12,0	12,0	-
PCB 180	1	-	5,2	5,2	-
PCB Summe	1	-	33,3	33,3	-
Bisphenol F	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Bisphenol A	1	-	60,0	60,0	-
Cashmerane	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Cellestolide	1	-	22,3	22,3	-
Galaxolide 1 u. 2	1	-	635	635	-
Moschus Ambrette	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Moschus Keton	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Moschus Mosken	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Moschus Tibeten	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Moschus Xylol	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Phantaloide	1	-	< 5,0	< 5,0	-
Tonalide	1	-	68,1	68,1	-
Traseolide	1	-	< 5,0	< 5,0	-
2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	1	-	13,6	13,6	-
2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	1	-	< 3,0	< 3,0	-
2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	1	-	11,1	11,1	-
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	1	-	< 3,0	< 3,0	-
2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	1	-	< 3,0	< 3,0	-
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	1	-	< 3,0	< 3,0	-
2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	1	-	< 3,0	< 3,0	-
4-tert-Octylphenol	1	-	49,2	49,2	-
iso-Nonylphenol	1	-	< 50,0	< 50,0	-

Tabelle: A12
 Fischuntersuchungen auf organische Stoffe
 Untersuchungszeitraum: 2002/2003
 Statistische Kenngrößen
 Gehalte in µg/kg FG (Frischgewicht)
 (mit N = Anzahl Messwerte)

Untersuchungsgebiet Gewässer	Gr.Schwülper Oker N	Gr.Schwülper Oker Mittel	Gr.Schwülper Oker Min	Gr.Schwülper Oker Max	Gr.Schwülper Oker Stdabw
Fischart Matrix Länge [cm]	Rotauge Muskel 6	Rotauge Muskel 14,9	Rotauge Muskel 12,0	Rotauge Muskel 17,5	Rotauge Muskel 1,8
Gamma-HCH	6	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,0
o,p' DDD	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
o,p' DDE	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
o,p' DDT	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
p,p' DDD	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
p,p' DDE	6	< 1,0	< 1,0	1,2	0,3
p,p' DDT	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB 28	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB 52	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB 101	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB 138	6	< 1,0	< 1,0	1,4	0,3
PCB 153	6	1,3	< 1,0	2,0	0,5
PCB 180	6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB Summe	6	< 6	< 6	< 6	0,0
Bisphenol F	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Bisphenol A	6	18,6	10,6	34,1	8,5
Cashmerane	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Cellestolide	6	12,0	< 5,0	20,3	6,1
Galaxolide 1 u. 2	6	251,0	105,0	494,0	137,5
Moschus Ambrette	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Keton	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Mosken	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Tibeten	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Moschus Xylol	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Phantaloide	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Tonalide	6	16,5	8,1	29,8	7,3
Traseolide	6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	6	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	6	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	6	9,9	< 3,0	52,0	18,8
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	6	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	6	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	6	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	6	< 3,0	< 3,0	< 3,0	0,0
4-tert-Octylphenol	6	14,4	9,7	20,2	3,7
iso-Nonylphenol	6	< 50,0	< 50,0	< 50,0	0,0

Tabelle: A13
 Fischuntersuchungen auf organische Stoffe
 Untersuchungszeitraum: 2002/2003
 Statistische Kenngrößen
 Gehalte in µg/kg FG (Frischgewicht)
 (mit N = Anzahl Messwerte)

Untersuchungsgebiet Gewässer	Wollingster See N	Wollingster See Mittel	Wollingster See Min	Wollingster See Max	Wollingster See Stdabw
Fischart Matrix Länge [cm]	Aal Leber 12	Aal Leber 48,2	Aal Leber 43,5	Aal Leber 52,0	Aal Leber 2,9
Gamma-HCH	12	< 20	< 20	< 20	0,0
o,p' DDD	12	< 20	< 20	< 20	0,0
o,p' DDE	12	< 5	< 5	< 5	0,0
o,p' DDT	12	< 20	< 20	< 20	0,0
p,p' DDD	12	< 20	< 20	< 20	0,0
p,p' DDE	12	6,8	< 5	34,0	8,9
p,p' DDT	12	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB 28	12	< 5	< 5	< 5	0,0
PCB 52	12	< 5	< 5	< 5	0,0
PCB 101	12	< 5	< 5	5,9	0,0
PCB 138	12	8,0	< 5	31,0	9,1
PCB 153	12	22,1	8,5	56,0	14,5
PCB 180	12	5,3	< 5	19,0	5,2
PCB Summe	12	43,2	< 6	107	28,8
Bisphenol F	12	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Bisphenol A	12	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Cashmerane	12	< 10	< 10	< 10	0,0
Cellestolide	12	< 1	< 1	< 1	0,0
Galaxolide 1 u. 2	12	< 5	< 5	< 5	0,0
Moschus Ambrette	12	< 5	< 5	< 5	0,0
Moschus Keton	12	< 5	< 5	< 5	0,0
Moschus Mosken	12	< 5	< 5	< 5	0,0
Moschus Tibeten	12	< 5	< 5	< 5	0,0
Moschus Xylol	12	< 5	< 5	< 5	0,0
Phantaloide	12	< 2	< 2	< 2	0,0
Tonalide	12	< 5	< 5	< 5	0,0
Traseolide	12	< 5	< 5	< 5	0,0
2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	12	< 5	< 5	< 5	0,0
2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	12	< 5	< 5	< 5	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	12	< 10	< 10	< 10	0,0
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	12	< 5	< 5	< 5	0,0
2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	12	< 10	< 10	< 10	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	12	< 50	< 50	< 50	0,0
2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	12	< 50	< 50	< 50	0,0
4-tert-Octylphenol	12	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
iso-Nonylphenol	12	< 20	< 20	< 20	0,0

Tabelle: A14
 Fischuntersuchungen auf organische Stoffe
 Untersuchungszeitraum: 2002/2003
 Statistische Kenngrößen
 Gehalte in µg/kg FG (Frischgewicht)
 (mit N = Anzahl Messwerte)

Untersuchungsgebiet Gewässer	Wollingster See N	Wollingster See Mittel	Wollingster See Min	Wollingster See Max	Wollingster See Stdabw
Fischart Matrix Länge [cm]	Aal Muskel 12	Aal Muskel 48,2	Aal Muskel 43,5	Aal Muskel 52,0	Aal Muskel 2,9
Gamma-HCH	12	< 5	< 5	< 5	0,0
o,p' DDD	12	< 2	< 2	< 2	0,0
o,p' DDE	12	< 1	< 1	< 1	0,0
o,p' DDT	12	< 5	< 5	< 5	0,0
p,p' DDD	12	8,9	< 5	22,0	5,8
p,p' DDE	12	15,4	< 2	33,0	9,4
p,p' DDT	12	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0
PCB 28	12	< 1	< 1	< 1	0,0
PCB 52	12	2,5	< 1	8,5	2,6
PCB 101	12	2,2	< 1	7,3	1,9
PCB 138	12	13,7	3,9	36,0	9,1
PCB 153	12	17,5	4,9	43,0	10,7
PCB 180	12	6,5	1,7	17,0	4,3
PCB Summe	12	42,9	12,0	106,4	26,9
Bisphenol F	12	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Bisphenol A	12	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
Cashmerane	12	< 5	< 5	< 5	0,0
Cellestolide	12	< 1	< 1	< 1	0,0
Galaxolide 1 u. 2	12	< 1	< 1	< 1	0,0
Moschus Ambrette	12	< 2	< 2	< 2	0,0
Moschus Keton	12	< 1	< 1	< 1	0,0
Moschus Mosken	12	< 1	< 1	< 1	0,0
Moschus Tibeten	12	< 1	< 1	< 1	0,0
Moschus Xylol	12	< 1	< 1	< 1	0,0
Phantaloide	12	< 1	< 1	< 1	0,0
Tonalide	12	< 5	< 5	< 5	0,0
Traseolide	12	< 2	< 2	< 2	0,0
2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	12	< 1	< 1	< 1	0,0
2,2,4,5,5'-Pentabrombiphenyl	12	< 2	< 2	< 2	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	12	< 2	< 2	< 2	0,0
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	12	< 1	< 1	2,0	0,5
2,3,4,4,5-Pentabromdiphenylether	12	< 2	< 2	< 2	0,0
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylphenylether	12	< 20	< 20	< 20	0,0
2,3,3',4,4',5,6-Heptabromdiphenylether	12	< 20	< 20	< 20	0,0
4-tert-Octylphenol	12	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,0
iso-Nonylphenol	12	< 20	< 20	< 20	0,0

Verzeichnis der bisher in dieser Reihe publizierten Berichte

- Nr. 1/96: Pflanzenschutzmittel und Nitromoschusverbindungen in ausgewählten niedersächsischen Fließgewässern, 2. Auflage 1997, von D. Steffen, 13 S., 2,50 €.
- Nr. 2/97: Schadstoffuntersuchungen im Seston von Weser und Aller – Probengewinnung mittels einer stationären Durchlaufzentrifuge, 1997, von D. Steffen, 78 S., 5,00 €.
- Nr. 3/97: Orientierende Untersuchungen von Gewässersedimenten auf Nitro-/Polymoschusverbindungen und die Flammschutzmittel TCEP und TCPP, 1997, von G. Lach und D. Steffen, 13 S., 2,50 €.
- Nr. 4/97: Untersuchung der Wasserstands-Durchfluß-Beziehung, 1997, von D. Tegtbauer et al., 57 S., 5,00 €.
- Nr. 5/98: Abflußmessungen im 19. Jahrhundert, 1998, von H. Berger, 28 S., 5,00 €.
- Nr. 6/98: Hydrologische Landschaften im Raum Niedersachsen, 1998, von M. Elsholz und H. Berger, 26 S., 5,00 €.
- Nr. 7/98: Trendbetrachtung über die Belastung von Gewässersedimenten mit Schwermetallen im Zeitraum von 1986-1996, 1998, von D. Steffen und D. Rischbieter, 88 S., 5,00 €.
- Nr. 8/99: Anwendungen der Wasserstands-Durchfluß-Beziehung, 1999, von M. Elsholz und H. Berger, 28 S., 2,50 €.
- Nr. 9/2000: Aktuelles von niedersächsischen Flachseen - Großes Meer / Hieve / Steinhuder Meer, 2000, von J. Poltz, 33 S., 2,50 €.
- Nr. 10/2000: Phthalate und Triclosan in Sedimenten und Schwebstoffen niedersächsischer Gewässer, 2000, von D. Steffen und G. Lach, 24 S., 2,50 €.
- Nr. 11/2000: Schwermetallfrachten der Aller und deren Auswirkung auf die Weser – Bilanzierung auf der Basis von Schwebstoffuntersuchungen des Jahres 1999, 2000, von D. Steffen, 22 S., 2,50 €.
- Nr. 12/2000: Pegel an kleineren Fließgewässern – Anforderungen aus hydraulischer und fließgewässerökologischer Sicht, 2000, von M. Elsholz und P. Sellheim, 18 S., 2,50 €.
- Nr. 13/2001: Gewässergütebericht 2000, 40 S. und diverse Karten, einschl. CD-ROM, 7,50 €.
- Nr. 14/2001: Zinnorganische Verbindungen im Bioindikator Fisch, 2001, von D. Steffen, H. Wunsch, M. Kämmereit, J. Kuballa, 2001, 19 S., 7,50 €.
- Nr. 15/2002: Triphenylzinn in Gewässern Niedersachsens – Betrachtung der Kompartimente Wasser, Schwebstoff, Sediment und aquatische Organismen – sowie ein Vergleich zu Butylzinnverbindungen, 2002, Hrsg. NLO und Universität Lüneburg, von D. Steffen, 170 S., 10,00 €.
- Nr. 16/2002: Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen – GÜN – Pegelmessnetz, Messnetzkonzeption, Messstrategie, 2002, von M. Elsholz und H. Berger, 28 S., 5,00 €.
- Nr. 17/2003: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in Schwebstoffen und Sedimenten niedersächsischer Fließgewässer (1995 – 2000), 2003, von G. Pelzer, D. Steffen und G. Lach, 32 S., einschl. CD-ROM, 7,50 €.
- Nr. 18/2003: Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen, Abflüsse in Hydrologischen Landschaften über Regionalisierungsansätze, 2003, von M. Elsholz und H. Berger, 122 S., 60,00 €.
- Nr. 19/2003: Pestizide in niedersächsischen Fließgewässern – Auswertung von NLO-Daten der Jahre 1994 – 2001, 2003, Hrsg. NLO und Universität Lüneburg, von R. Schäfer, 48 S., 7,50 €.
- Nr. 20/2003: Flächendeckendes Biomonitoring zur Triphenylzinnproblematik, 2003, von D. Steffen, H. Wunsch, M. Kämmereit und J. Kuballa, 17 S., 5,00 €.
- Nr. 21/2004: Synthetische Komplexbildner, 2004, von D. Steffen, 15 S., 5,00 €.
- Nr. 22/2004: Korngrößenabhängigkeit der Verteilung ausgesuchter schwerflüchtiger organischer Substanzen und Schlussfolgerungen für die Sedimentanalytik, 2004, Hrsg. NLO und Universität Lüneburg, von O. Opel, 60 S., 7,50 €.
- Band 23: Hochwasserschutz in Niedersachsen, 2005, NLWKN, von H.-J. Schultz-Wildelau u. H. Berger, 61 S., 5,00 €.
- Band 24: Zur Bioverfügbarkeit von Schwermetallen am Beispiel ausgesuchter Gewässer in Niedersachsen, 2005, NLWKN, von D. Steffen, H. Wunsch, M. Kämmereit, U. Kohlmeyer, 20 Seiten, 5,00 €.
- Band 27: Organische Schadstoffe in Fischen als Endglied der aquatischen Nahrungskette. 2006, NLWKN, von D. Steffen, H. Wunsch, M. Kämmereit, 32 Seiten, 5,00 €.

Bezugsadresse siehe Seite 2