



Dioxine, PCB und weitere Schadstoffe in (Wild-)Fischen aus Binnengewässern in Baden-Württemberg

1. Einleitung

Unter der Federführung des Instituts für Fische und Fischereierzeugnisse des Niedersächsischen Landesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) wurde im Jahr 2010 im Rahmen des bundesweiten Monitorings das Projekt „Dioxine, PCB und weitere Schadstoffe in Fischen aus Binnengewässern“ (1) durchgeführt, an dem sich Baden-Württemberg mit der Untersuchung von 29 Proben Fisch auf Dioxine, polychlorierte Biphenyle, chlor- und bromorganische Pestizide und Kontaminanten, Nitromoschusverbindungen, Pyrethroide, Schwermetalle und perfluorierte Tenside (PFT) beteiligte. Die Untersuchungen des Monitoringprogrammes waren auf die Fischarten Aal, Brachsen, Bachforellen, Rotfedern oder Renken beschränkt. In Baden-Württemberg wurde in diesem Monitoringprogramm auf die Untersuchung von Aalen verzichtet, da bereits 2008 im Rahmen eines Umweltmonitorings Aale aus Rhein und Bodensee untersucht worden sind.

Um das Fischspektrum der Berufs- und Angelfischerei breit gefächert abzubilden, wurde 2010 in Baden-Württemberg darüber hinaus ein Landesmonitoring durchgeführt, bei dem zusätzlich 18 Proben weiterer verzehrsrelevanter Fischarten (Barsche, Äschen, Backfische, Hechte, Zandern, Rotaugen) aus dem Rhein auf das o.g. Stoffspektrum untersucht wurden.

Die Programme in 2010 und 2008 reihen sich in die umfangreichen Fischuntersuchungen ein, die im Chemischen und Veterinäruntersuchungsamt (CVUA) Freiburg seit 30 Jahren durchgeführt werden, wobei insbesondere die Rheinfische aus dem Regierungsbezirk Freiburg von 1980-1999 jährlich untersucht wurden. Nachdem das CVUA Freiburg alle Untersuchungen auf Rückstände und organische Kontaminanten (außer PFT) in Fischen zentral für Baden-Württemberg übernommen hatte, wurden in den letzten 10 Jahren die verschiedensten Fische aus folgenden Gewässern untersucht:

- aus dem gesamten Rheinabschnitt in Baden-Württemberg (2000, 2001, 2002, 2003, 2006 und 2008),
- aus dem Schutterentlastungskanal (2003, 2007),
- aus der Schwippe im Regierungsbezirk Stuttgart (2005),
- aus dem Bodensee (2001, 2002, 2004),
- aus dem Neckar im Regierungsbezirk Karlsruhe (2003),



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

- aus dem Schluchsee (2003),
- aus dem Schwellenweiher (2003),
- aus dem Schwarzenbach (2003),
- aus dem Windgfällweiher (2002) und
- aus dem Flückiger See (2002).

Darüber hinaus wurden auch Fische aus Aquakulturen und Seefische in größerem Stil untersucht und Vergleiche zur Schadstoffbelastung der Fische in allen Jahren von 2000 bis 2009 durchgeführt. Diese Untersuchungsergebnisse für Fischproben aus Gewässern in Baden-Württemberg aus den Jahren 2000 - 2008 sowie für Fische aus Aquakulturen und Seefische wurden in den entsprechenden [Jahresberichten](#) zusammengefasst und sind nicht Teil dieses Berichtes.

2. Monitoring Baden-Württemberg 2010

2.1. Probenahmestellen

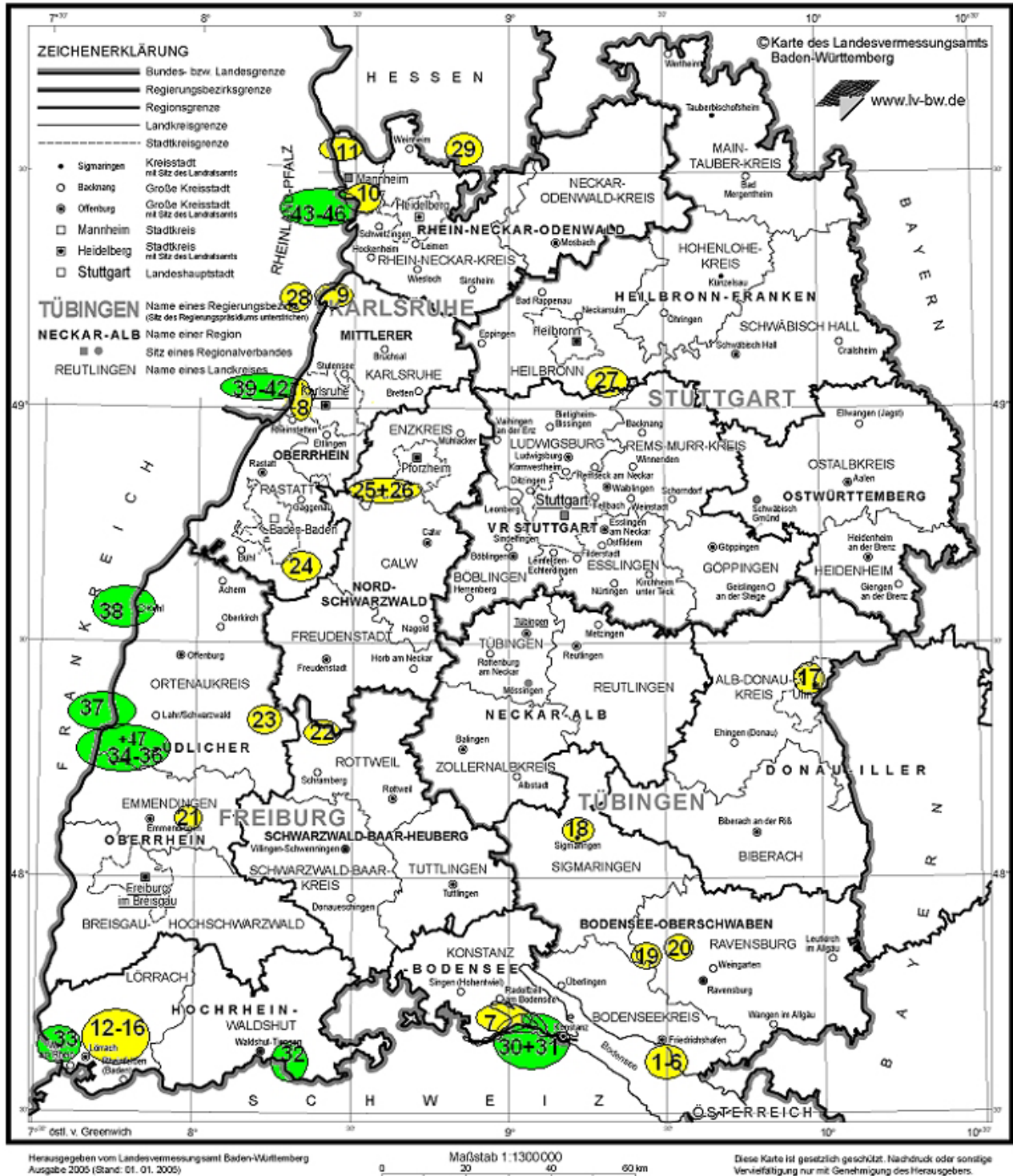
Die Auswahl der Gewässer, Probenahmestellen und Fischarten wurde von den Fischereiexperten des Ministeriums für Ländlichen Raum, Ernährung und Verbraucherschutz und der Regierungspräsidien getroffen und richtete sich nach der fischereilichen Relevanz (Fangquoten der Berufsfischer, Verzehrshäufigkeit der Fischarten) unter Berücksichtigung der beim bundesweiten Lebensmittel-Monitoring vorgegebenen Fischarten.

Insgesamt wurden im Rahmen der beiden Programme 46 Proben unterschiedlicher Fischarten aus 14 Gewässern (Bodensee mit Untersee und Zellersee, Rhein mit Restrhein, Altrhein und Schmugglermeer, Wiese, Donau, Gutach, Kleine Kinzig, Langenbach, Enz / Kleine Enz, Kurzach, Obere Lußhardt, Erfa, Längenweiler See, Schreckensee, Schwarzenbachtalsperre) in Baden-Württemberg beprobt. Während aus dem Bodensee, Rhein und Wiese mehrere Proben zur Untersuchung kamen, waren es aus den anderen Flüssen und Seen jeweils lediglich 1 - 2 Fischproben.

In der folgenden Graphik ist die Lage der beprobten Gewässer und der Probenahmestellen dargestellt (gelb: bundesweites Lebensmittelmonitoring; grün: Landesmonitoring). Die der jeweiligen Nummerierung entsprechenden Proben sind der Liste „[Charakterisierung der erhobenen Proben](#)“ zu entnehmen.



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg



(Grundlage: Kreiskarte von Baden-Württemberg 1:1300 00 - © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, vom 30.11.2010, Az.: 2851.2-D/7724; <http://www.lgl-bw.de/>)



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

2.2. Beschaffenheit der Proben

Die vorgelegten Fische wurden in Anlehnung an die Anforderungen der VO (EG) Nr. 1883/2006 als Mischproben von mindestens 1 kg Muskelfleisch (ohne Haut, Kopf, Gräten und Innereien) untersucht.

Da sehr unterschiedliche Fischarten untersucht wurden, wiesen die Mischproben eine sehr heterogene Zusammensetzung auf: 1 - 56 Einzelfische (Längen: 6 - 66 cm, Gewichte: etwa 10 - 1940 g). Das durchschnittliche Alter der Fische betrug 3,4 Jahre (Bereich: 2 - 8 Jahre), der durchschnittliche Fettgehalt 1,7 % (Bereich: 0,1 - 6,5 %). Die in Hinblick auf die Anreicherung der fettlöslichen Kontaminanten eher kritischen fettreichen Fische mit Fettgehalten über 10 % waren bei den beprobten Fischen nicht dabei. Im Süßwasser kommen solche Fettgehalte im Filet in der Regel nur bei großen und alten Fischen vor.

Durch die Fokussierung auf den fischereilichen Warenkorb der Berufsfischer und Angler stellen die vorliegenden Untersuchungen eine gute Abschätzung für die Aufnahme von Kontaminanten über Süßwasserfischverzehr durch den Menschen dar. Aufgrund der Vielzahl an Einflussfaktoren (z.B. Fischart, Fettgehalt und Alter/Größe der Fische) ist das durchgeführte Monitoring allerdings nicht repräsentativ für die beprobten Gewässer. Eine umfassende Charakterisierung der erhobenen Proben (Fischart, Gewässer, Probenahmestelle, Zugehörigkeit zu Programm, Anzahl der in Mischprobe enthaltenen Einzelfische, Länge, Gewicht und Alter - sofern bekannt -, bestimmter Fettgehalt) ist ebenfalls in der Liste „[Charakterisierung der erhobenen Proben](#)“ dargestellt.

2.3. Untersuchungsergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse beider Monitoringprogramme (der Ergebnisse aus Baden-Württemberg aus der Beteiligung am bundesweiten Monitoring und des zusätzlichen Landesmonitorings, vgl. Kap 1 „Einleitung“) gemeinsam abgehandelt. In den Graphiken sind die Proben sortiert nach Gewässer und aufsteigenden Rheinkilometern dargestellt.

Die Untersuchungen auf Dioxine, polychlorierte Biphenyle, chlor- und bromorganische Pestizide und Kontaminanten, Nitromoschusverbindungen, Pyrethroide und Schwermetalle wurden im CVUA Freiburg, die Bestimmung der perfluorierte Tenside im CVUA Karlsruhe durchgeführt.

Zur Belastung der Fische trägt nach wie vor die Hintergrundbelastung von Altlasten an langlebigen, fettlöslichen Pestiziden und Kontaminanten bei, die sich über die Nahrungskette im Fettgewebe der Tiere anreichern. Da Flussfische unter den Lebensmitteln tierischer Herkunft mit am stärksten belastet sind, stellt ihr Verzehr ggf. eine nicht unwesent-



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

liche Quelle für die Schadstoffbelastung des Menschen dar. Auf der anderen Seite gilt der Fisch als ernährungsphysiologisch wertvolles Lebensmittel, das regelmäßig verzehrt werden sollte. Bei der Abwägung der Verzehrsmenge sollte daher die Fischart und Herkunft berücksichtigt werden. Diesbezüglich wird auf die Stellungnahme des Bundesinstitutes für Risikobewertung (BfR) vom 12.10.2009, Nr. 005/2010 „Kriterien für Verzehrsempfehlungen bei Flussfischen, die mit Dioxinen und PCB belastet sind“ verwiesen.

2.3.1. Dioxine und dioxinähnliche PCB (dl-PCB)

Rechtliche Grundlagen

Die Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 setzt für Muskelfleisch von Fisch einen Höchstgehalt von 4,0 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Frischgewicht für Dioxine und einen Höchstgehalt von 8,0 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Frischgewicht für die Summe aus Dioxinen und dioxinähnlichen PCB fest.

In Ergänzung zu den Höchstgehalten wurde in der Empfehlung der Kommission vom 6. Februar 2006 zur Reduzierung des Anteils von Dioxinen, Furanen und PCB in Futtermitteln und Lebensmitteln (2006/88/EG) für Muskelfleisch von Fisch ein Auslösewert von 3,0 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Frischgewicht für Dioxine und von 3,0 pg WHO-PCB-TEQ/g Frischgewicht für dl-PCB bestimmt, bei dessen Überschreitung die Kontaminationsquelle ermittelt werden soll und Maßnahmen zur Eindämmung oder Beseitigung der Kontamination ergriffen werden sollen.

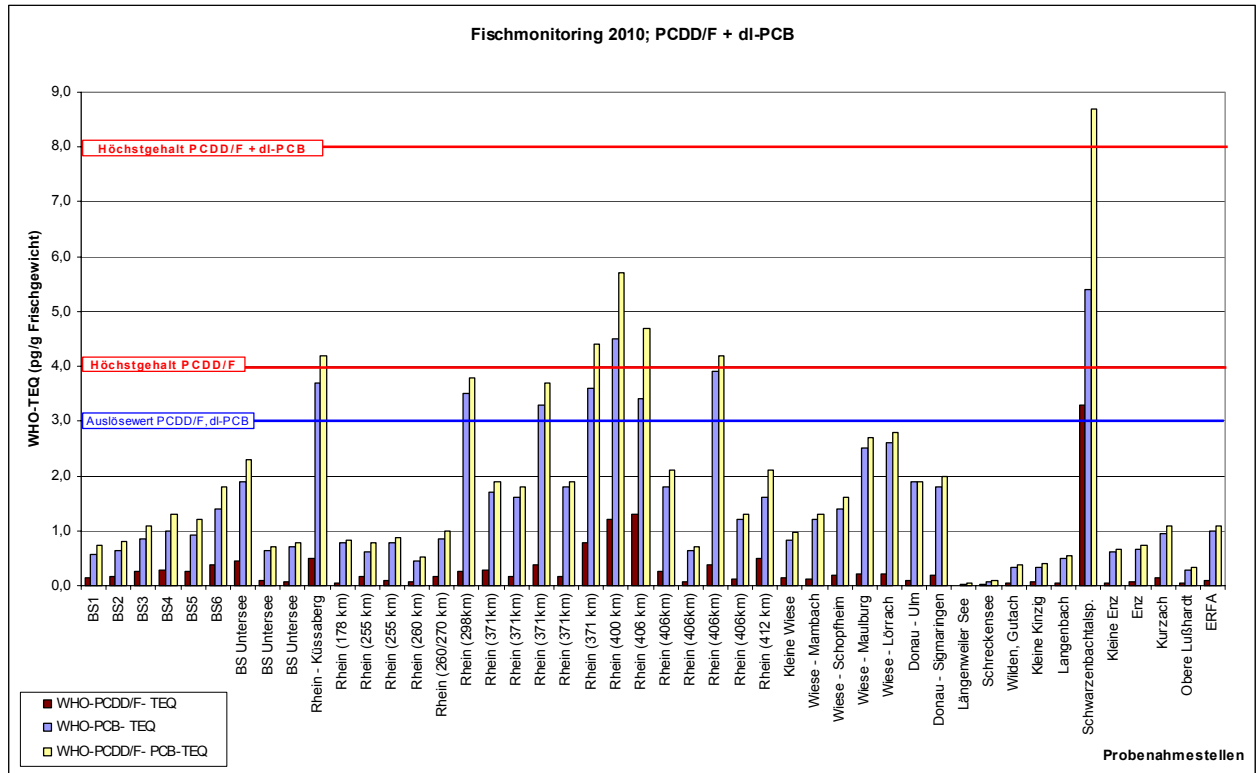
In einigen Gebieten liegt die Hintergrundbelastung verschiedener Fischarten wenig unterhalb oder über dem Auslösewert. Wird der Auslösewert in diesen Fällen überschritten, ist es nicht zwingend erforderlich, eine Untersuchung zur Ermittlung der Kontaminationsquelle einzuleiten. Stattdessen sind hinsichtlich des Vorhandenseins von Dioxinen und dioxinähnlichen Verbindungen in Fischen und Fischereierzeugnissen mit Blick auf künftige Maßnahmen alle Informationen aufzuzeichnen, beispielsweise Probenahmezeitraum geografischer Ursprung und Fischart.



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

Ergebnisse

Die folgende Graphik stellt die Ergebnisse für Dioxine, dl-PCB sowie die Summe aus Dioxinen und dl-PCB dar (in pg WHO-TEQ/g Frischgewicht).



Der für **Dioxine** gültige Höchstgehalt von 4,0 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Frischgewicht wurde von keiner der untersuchten Proben überschritten.

Der für die **Summe aus Dioxinen und dioxinähnlichen PCB** gültige Höchstgehalt von 8,0 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Frischgewicht wurde von einer Probe Brachsen, erhoben an der Schwarzenbachtalsperre, numerisch überschritten. Unter Berücksichtigung der Messunsicherheit von ca. 20 % ist diese Überschreitung jedoch für eine lebensmittelrechtliche Beurteilung nicht zweifelsfrei gesichert. Diese Probe überschreitet zudem als einzige Probe den für Dioxine festgesetzten Auslösewert von 3,0 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Frischgewicht. Zu dieser Probe ist anzumerken, dass es sich um eine Mischprobe aus zwei Brachsen handelte, die bereits über sieben Jahre alt waren (Länge: jeweils > 40 cm; Gewicht: jeweils > 700 g). Da bei Kaltblütern praktisch kein Abbau von Dioxinen und PCB stattfindet, werden mit zunehmendem Alter Rückstände im Fettgewebe angereichert.

Der für **dioxinähnliche PCB** festgelegte Auslösewert von 3,0 pg WHO-PCB-TEQ/g Frischgewicht wurde von insgesamt acht Proben überschritten. Bei einer der Proben handelte sich wiederum um die aus der Schwarzenbachtalsperre entnommenen Brach-



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

sen, die anderen sieben Fischproben stammen aus dem Rhein. Die Proben, die die festgelegten Auslösewerte überschritten, setzten sich überwiegend entweder aus fettreichen Fischarten (z.B. Äschen, Brachsen) zusammen oder enthielten ältere Fische (Barsche). Da die gültigen Höchstgehalte nicht überschritten werden, sind diese Fische lebensmittelrechtlich weiterhin verkehrsfähig.

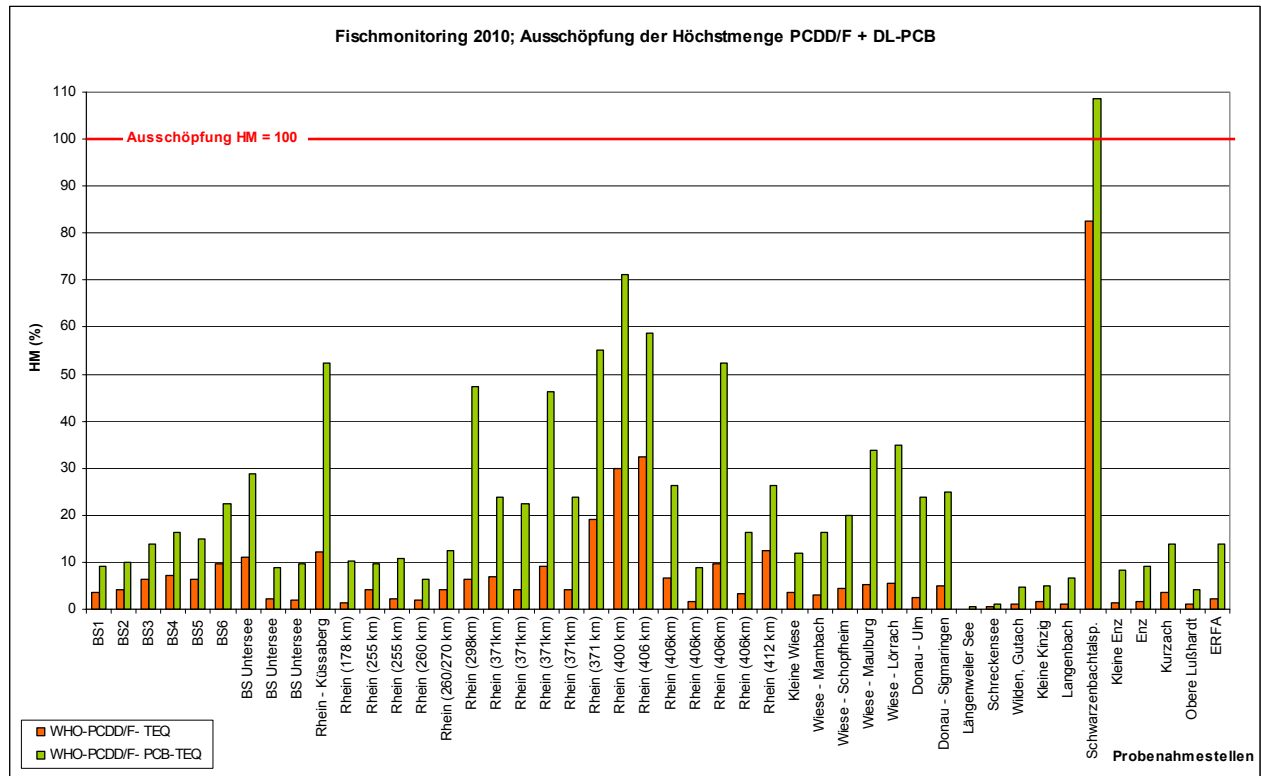
Einordnung der Ergebnisse

Die in Baden-Württemberg untersuchten Proben wiesen Gehalte für die Summe aus Dioxinen und dl-PCB zwischen 0,04 und 8,7 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Frischgewicht auf und damit durchschnittlich niedrigere Gehalte als in Fischen (ausgenommen Aal) aus dem Rhein und seinen Nebenflüssen in Rheinland-Pfalz gefunden wurden (2). Die Gehalte an Dioxinen und dl-PCB der dort untersuchten Proben lagen zwischen 1,0 und 45 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Frischgewicht; mehr als die Hälfte dieser Proben wiesen Gehalte oberhalb des gültigen Höchstgehaltes von 8,0 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Frischgewicht auf. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die dort untersuchten Fischarten und auch die Fettgehalte der Proben nicht bekannt sind und daher ein Vergleich nur eingeschränkt möglich ist. Die in Hinblick auf die Anreicherung der fettlöslichen Kontaminanten eher kritischen fettreichen Fische mit Fettgehalten über 10 % waren bei den 2010 in Baden-Württemberg beprobten Fischen nicht dabei.



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

In der folgenden Graphik wird die Ausschöpfung des Höchstgehaltes für Dioxine und des Summen-Höchstgehaltes (Summe aus Dioxinen und dl-PCB) durch die untersuchten Fischproben dargestellt.



Aus der Graphik wird deutlich, dass die Ausschöpfung des zulässigen Höchstgehaltes für Dioxine niedriger ist (durchschnittlich 8 %) als die des Summen-Höchstgehaltes (durchschnittlich 23 %). Dieser Unterschied wird durch einen im Vergleich zu den Dioxinen deutlich höheren Beitrag der dioxinähnlichen PCB zum Summen-Gehalt verursacht.

2.3.2. Indikator-PCB (ndl-PCB)

Rechtliche Grundlagen

Die lebensmittelrechtliche Beurteilung der Indikator-PCB erfolgt bislang nach der deutschen Verordnung zur Begrenzung von Kontaminanten in Lebensmitteln vom 19.03.2010 (BGBl. I Nr. 12 S.286), wonach für PCB 28, 52, 101 und 180 in Süßwasserfischen ein Höchstgehalt von jeweils 0,2 mg/kg Frischgewicht (entsprechend 200 ng/g FG) und für PCB 138 und 153 von jeweils 0,1 mg/kg FG (entsprechend 100 ng/g FG) festgelegt ist.

Derzeit werden von der Generaldirektion Gesundheit und Verbraucherschutz der Europäischen Kommission harmonisierte Höchstgehalte für die Summe der 6 Indikator-PCB

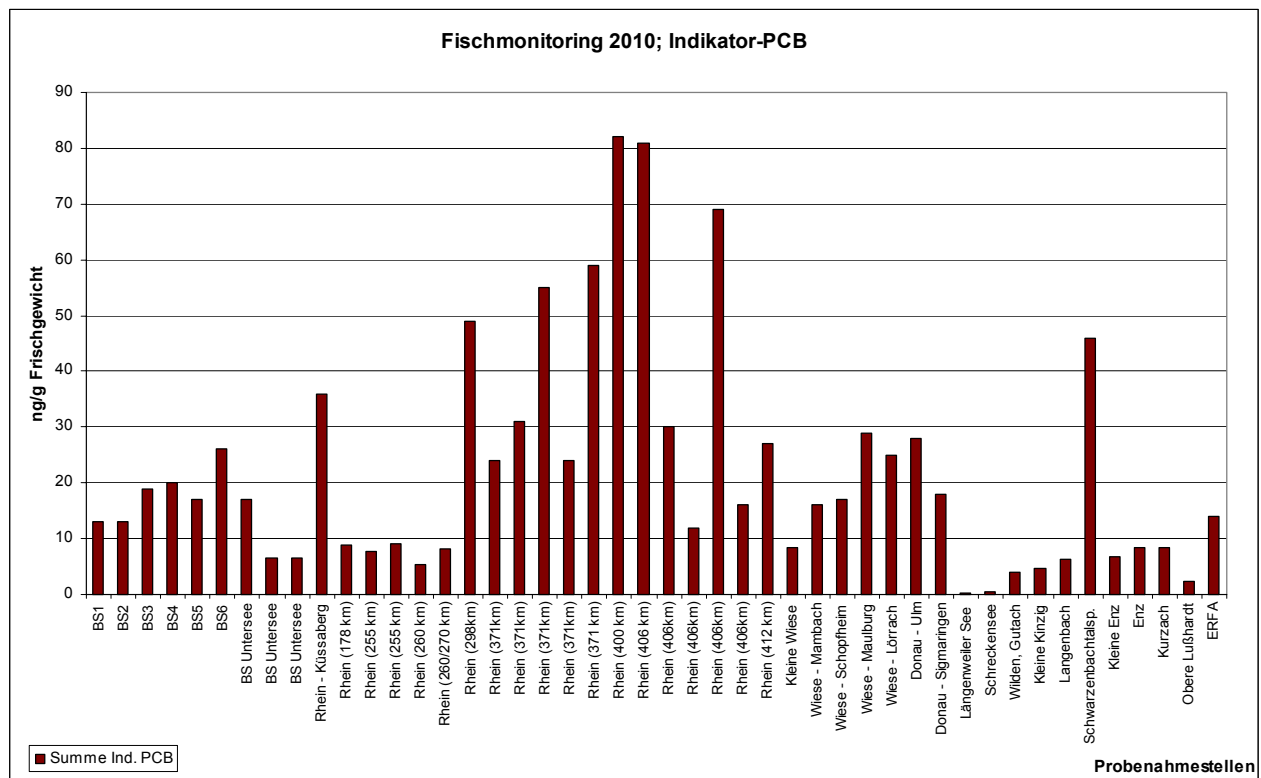


Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

(ndl-PCB: PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180) beraten. Diskutiert wird ein Höchstgehalt für Fisch von 75 ng/g FG sowie ein separater Höchstgehalt für Süßwasserfische von 125 ng/g FG.

Ergebnisse

Die folgende Graphik stellt die Ergebnisse für die Summe an **Indikator (ndl)-PCB** (in ng/g Frischgewicht für die Summe der 6 Indikator-PCB 28, 52, 101, 138, 153 und 180) dar.



Sämtliche Proben wiesen Gehalte deutlich unterhalb der in der deutschen Kontaminanten-Verordnung festgelegten Höchstgehalte auf und lagen auch unterhalb des für Süßwasserfische vorgeschlagenen EU-Höchstgehaltes von 125 ng/g FG auf. Lediglich zwei der untersuchten Fischproben (Brachsen aus dem Rhein) werden als erhöht belastet eingestuft, da die ndl-PCB Summenwerte numerisch oberhalb des niedrigeren diskutierten Höchstgehaltes von 75 ng/g Frischgewicht lagen.

Einordnung der Ergebnisse

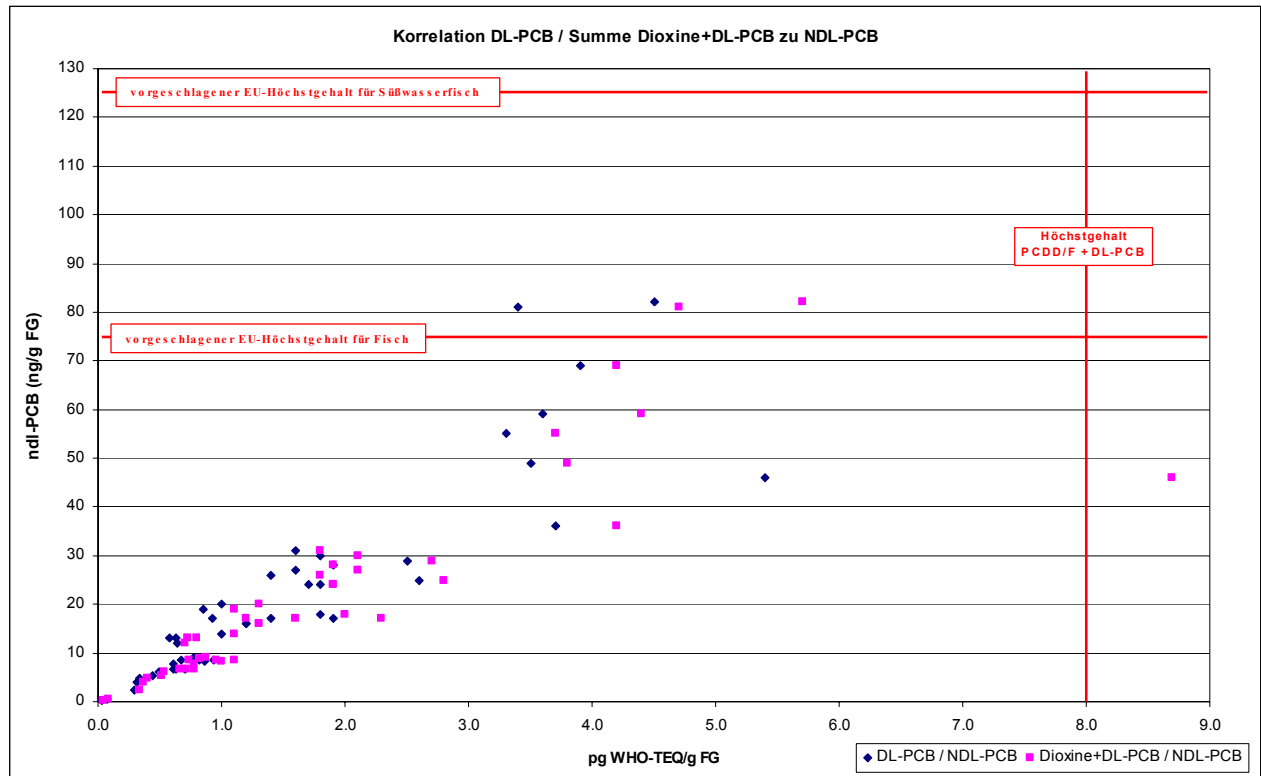
Die in Hinblick auf die Anreicherung der fettlöslichen Kontaminanten eher kritischen fettreichen Fischarten mit Fettgehalten über 10 % waren bei den 2010 in Baden-Württemberg beprobten Fischen nicht dabei.

Der Zusammenhang der Gehalte an ndl-PCB mit den Gehalten an dl-PCB sowie der Summe aus Dioxinen und dl-PCB ist in der folgenden Graphik dargestellt.



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

Aus der Graphik ist ersichtlich, dass Fische mit hohen Gehalten an ndl-PCB auch hohe Gehalte an dl-PCB aufweisen und umgekehrt.



Zusammenhang zwischen Indikator-PCB und der Summe an Toxizitätsäquivalenten aus Dioxinen und dl-PCB

Es wird immer wieder versucht, eine Korrelation zwischen den Gehalten an Indikator-PCB und den Toxizitätsäquivalenten von dioxinähnlichen PCB, bevorzugt gleich als Summenparameter mit Dioxinen, abzuleiten. Ziel ist die Einsparung von Untersuchungskosten durch Vermeidung der analytisch aufwändigeren Bestimmung von Dioxinen und dl-PCB.

Dabei ist seit langem bekannt, dass eine enge und nutzbare Korrelation sich nur ableiten lässt, wenn die Kontamination verschiedener Proben von derselben Charge eines bestimmten PCB-Produktes ausgeht. Die Schwankungsbreiten für die Korrelation zwischen den Gehalten an Dioxinen, dioxinähnlichen PCB und Indikator-PCB sind bei verschiedenen PCB-Quellen so groß, dass die Toxizitätsäquivalente aus Summe aus Dioxinen und dl-PCB nicht mit guter Sicherheit durch die Indikator-PCB abgeschätzt werden können. Eine Abschätzung der dl-PCB-Gehalte anhand der Indikator-PCB-Gehalte ist nur dann möglich, wenn die Belastung aus einer bestimmten Kontaminationsquelle stammt und die Proben vergleichbare Kongenerenmustern aufweisen.



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

Die vorliegenden Daten zeigen einen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen Indikator-PCB und WHO-PCDD/F-PCB-TEQ ($r^2 = 0,81$; $p < 0,0001$) bis zu einem Gehalt von 3 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g FG. Für höhere Konzentrationen, also diejenigen die aus Sicht des Verbraucherschutzes relevant sind, fehlt dieser Zusammenhang ($r^2 = 0,003$, $p = 0,90$). Darüber hinaus zeigt eine modellhafte Analyse des Datensatzes unter Berücksichtigung des Fischalters, des Fettgehaltes sowie des Anteils an Dioxinen an der Summe aus Dioxinen und dl-PCB, dass mit steigendem Dioxinanteil der WHO-PCDD/F-PCB-TEQ signifikant unterschätzt wird ($p < 0,001$). Damit bestätigt sich die Erfahrung, dass die Indikator-PCB nicht geeignet sind, den Gehalt an WHO-PCDD/F-PCB-TEQ belastbar abzuschätzen.

2.3.3. Ergebnisse für Pestizide und andere organische Kontaminanten

Das durchgeführte Untersuchungsspektrum umfasste chlor- und bromorganische Pestizide und Kontaminanten sowie Nitromoschusverbindungen und Pyrethroide.

Rechtliche Grundlagen

Die lebensmittelrechtliche Beurteilung erfolgt nach der deutschen Rückstands-Höchstmengenverordnung vom 21.10.1999 (BGBl. I S. 2082, 2002 I S. 1004), letzte Änderungs-Verordnung vom 13.03.2010 (BGBl. I Nr. 12 S.286). Da die Fettgehalte aller untersuchten Fische $< 10\%$ waren, sind die auf Frischgewicht bezogenen Höchstgehalte zur Beurteilung heranzuziehen.

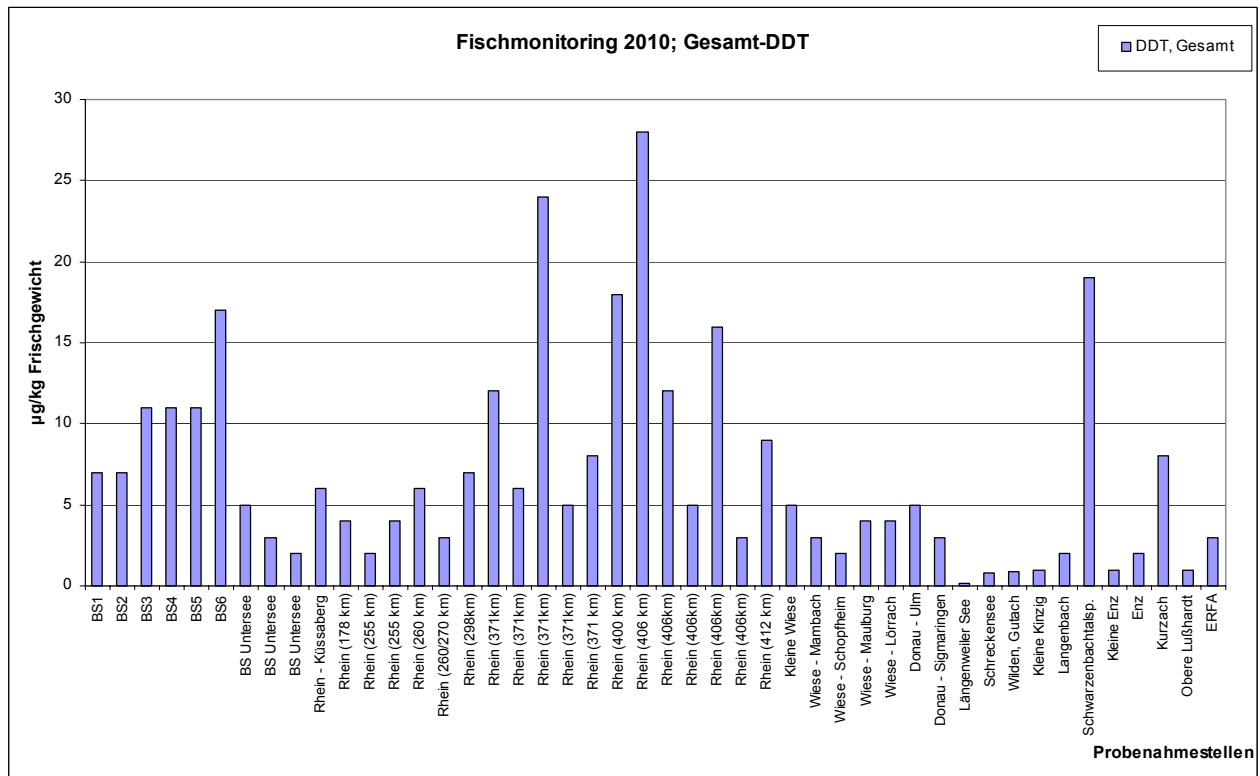
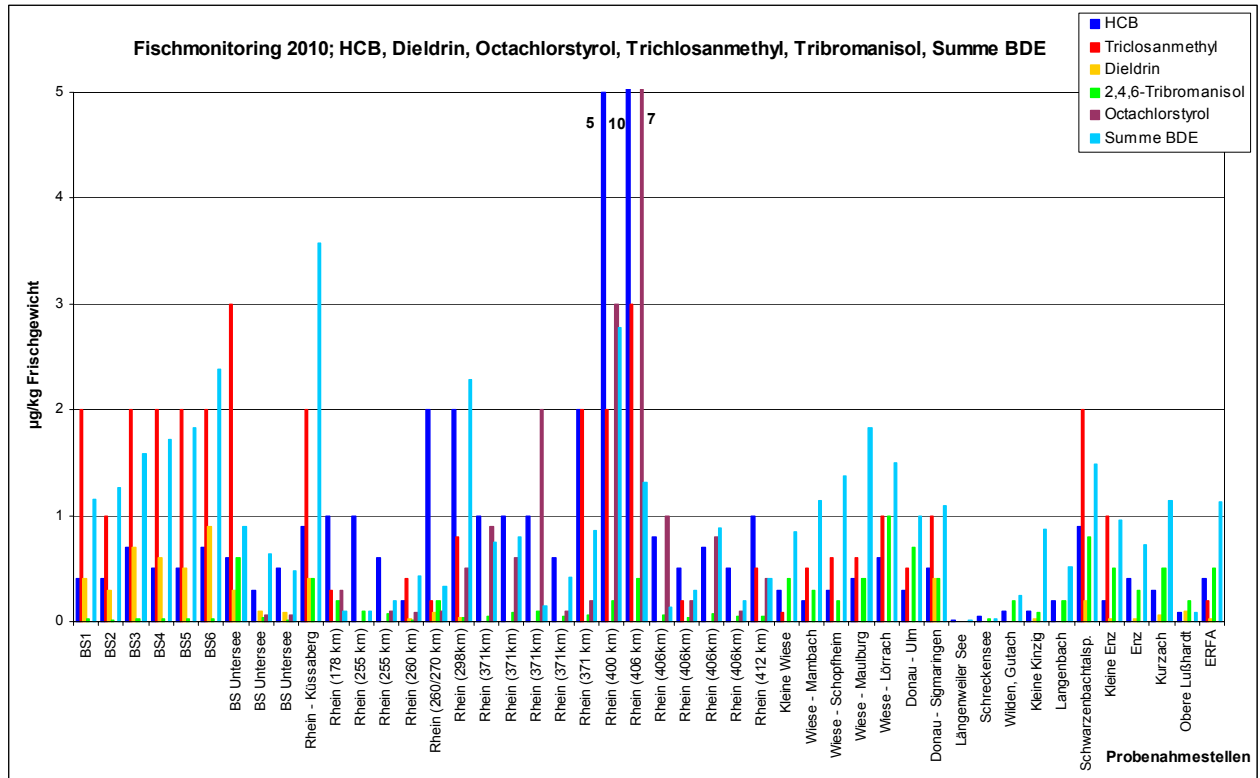
Ergebnisse

Alle Befunde lagen deutlich unterhalb der gesetzlichen Höchstmengen.

Die Gehalte einiger repräsentativer und relevanter Rückstände (Hexachlorbenzol [HCB], Triclosan-methyl, Dieldrin, 2,4,6-Tribromanisol, Octachlorstyrol, Summe der polybromierten Diphenylether [BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154, 183] und Gesamt-DDT [Summe aus DDD, DDE und DDT berechnet als DDT]) sind in den folgenden Graphiken dargestellt.



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg





Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

Einordnung der Ergebnisse

Die höchsten Rückstandsgehalte von 24 und 28 µg/kg Frischgewicht (FG) wurden bei **DDT** in zwei Rheinfischen (Brachse von Rhein-km 406 und Barsch von Rhein-km 371), nachgewiesen. Im Jahr 2000 trat zum letzten Mal eine DDT-Höchstmengen-Überschreitung bei einem Rheinaal auf.

Die höchsten Gehalte an **HCB** wurden in zwei Proben Brachsen aus dem Rhein (Rhein-km 400 und 406) bestimmt.

Polybromierte Diphenylether (BDE) sind organische Verbindungen, die als Flamm- schutzmittel in einer Vielzahl von Produkten Eingang in tägliche Gebrauchsgegenstände (z.B. in Kunststoffgehäusen von elektronischen Geräten oder in Textilien) gefunden haben. Aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften reichern sie sich in der Nah- rungskette an. Gemäß der Richtlinie 2003/11/EG sind in Europa die Verwendung und der Handel mit dem Penta- und Octa-Gemisch wie auch mit Produkten, die diese Stoffe ent- halten, verboten. In den untersuchten Proben wurden Gehalte an Summe BDE (Summe aus BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154 und 183) zwischen 0,01 und 3,6 µg/kg FG bestimmt, der Median lag bei 0,9 µg/kg FG. Die im Rahmen des Projekts „Flammschutzmittel in Bo- denseeorganismen (FLABO)“ untersuchten Fischfiletproben (hauptsächlich Brachsen) wiesen mit einer Mediankonzentration an der Summe PBDE von 2,0 µg/kg FG eine ver- gleichbare Belastung auf (3). Weißfische aus 8 Schweizer Seen wiesen Gehalte zwi- schen 1,6 und 7,4 µg/kg FG auf und lagen damit im Mittel etwas höher als die in Baden- Württemberg untersuchten Proben (4).

Triclosan-methyl entsteht durch biologischen Abbau von Triclosan, das eine antimikro- biell wirksame Substanz mit einem breiten Wirkungsspektrum ist. Die häufigste Verwen- dung findet sie in verschiedenen Kosmetika, Seifen, Zahncremes sowie als Additiv zu Textilien und Folien, um diesen antibakterielle Eigenschaften zu verleihen. In Kläranlagen erfolgt zwar eine ca. 95 %ige Eliminierung der über das Abwasser eingetragenen Triclo- san-Fracht, doch gelangt ein geringer Anteil des Triclosans in Oberflächengewässer. So- wohl auf dem Weg zur Kläranlage, als auch in der Kläranlage selbst erfolgt die Umwand- lung eines Teils des Triclosans in Triclosan-methyl, das ebenfalls in Abläufen von Kläran- lagen nachgewiesen werden kann (ca. 1 % im Verhältnis zu den Triclosan- Konzentrationen). In Oberflächengewässern ist die Umwelthalbwertszeit von Triclosan gering, da der Stoff leicht photolytisch abgebaut wird. Triclosan-methyl ist dagegen relativ langlebig. Die Ökotoxizität des Triclosan-methyls ist geringer im Vergleich zu Triclosan. Die nachgewiesenen Gehalte an Triclosan-methyl liegen zwischen 0,09 und 3,0 µg/kg FG und damit deutlich unter den 2003 in Brassenproben aus Rhein, Saar, Elbe, Mulde, Saa- le, Donau bestimmten Gehalten von 3,1 - 63 µg/kg FG (5). In Baden-Württemberg wur-



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

den 2007 in zwei Fischproben (Aal, Döbel) aus dem Schutterentlastungskanal, der als belastet galt, Gehalte von 5,0 und 10,0 µg/kg FG nachgewiesen sowie 17,0 und 47,0 µg/kg FG in Döbeln aus der Schwippe (2005). Schon 2003 wurde eine große Anzahl unterschiedlicher Fischarten aus dem Rhein und dem Neckar auf Triclosan-methyl untersucht (siehe [Jahresbericht CVUA FR 2003, S. 125](#)).

Octachlorstyrol wurde ausschließlich in den Rheinfischen nachgewiesen, da es ebenso wie HCB insbesondere aus früheren Abwasser-Einleitungen aus Produktionsanlagen der Chlorchemie resultiert. Die höchsten Gehalte wurden in zwei Proben Brachsen aus dem Rhein bei km 400 und 406 bestimmt und lagen damit in einem ähnlichen Konzentrationsbereich wie Gehalte von Untersuchungen der Muskulatur von Brassens aus der oberen Elbe (6).

2,4,6-Tribromanisol (TBA) kann durch mikrobiellen Abbau von 2,4,6-Tribromphenol entstehen. Als wichtige Aromakomponente in Meerestieren (z.B. Seefisch und Shrimps) gehört es zur Gruppe der halogenierten Naturstoffe. Tribromphenol kann auch zur Holzimprägnierung und als feuerhemmender Zusatz bei der Herstellung von Kartonagen, Farbstoffen und Kunststoffen eingesetzt werden und dann zur anthropogen verursachten Kontamination beitragen. Über die Herkunft von 2,4,6-Tribromanisol in Binnengewässern liegen noch keine gesicherten Erkenntnisse vor.

Der mittlere Gehalt in Rheinfischen lag bei 22 µg/kg Fett und zeigte sich damit in der gleichen Größenordnung wie Forellen (2005: 20 µg/kg Fett, 2006: 15 µg/kg Fett) und Lachse (2005: 29 µg/kg Fett, 2007: 30 µg/kg Fett) aus Aquakultur. In einer Publikation von Hiebl et al. werden Gehalte in Zuchtlachs von 5 - 90 µg/kg Fett (Mittelwert: 25 µg/kg Fett) angegeben (7). Beim Lebensmittel-Monitoring 2008 wurde TBA in Lachs in 75 der 76 Proben bestimmt. Die Konzentrationen lagen in 90 % aller Proben unter 16 µg/kg, das Maximum erreichte 55 µg/kg (8).

Pyrethroide (synthetische Insektizide) wurden in keiner der Fischproben nachgewiesen.

Beurteilung nach Fett- und Frischgewicht-Bezug

Bei der Berechnung mit Bezug auf Fett weisen die sehr fettarmen Fische mit Fettgehalten kleiner 1% aus dem Rhein die höchsten Gehalte insbesondere an HCB, DDT und Summe BDE auf. Wenn man den Bezug auf Frischgewicht wählt, nivellieren sich die Gehalte zwar mehr, auffällig bleibt jedoch der Rhein-km 400 - 406 mit erhöhten Gehalten an HCB, DDT und Octachlorstyrol.

Bezogen auf Frischgewicht liegen auch die Felchen aus dem Bodensee im Vergleich zu den Fischen anderer Gewässer außer dem Rhein bei einigen Wirkstoffen wie DDT, Tric-



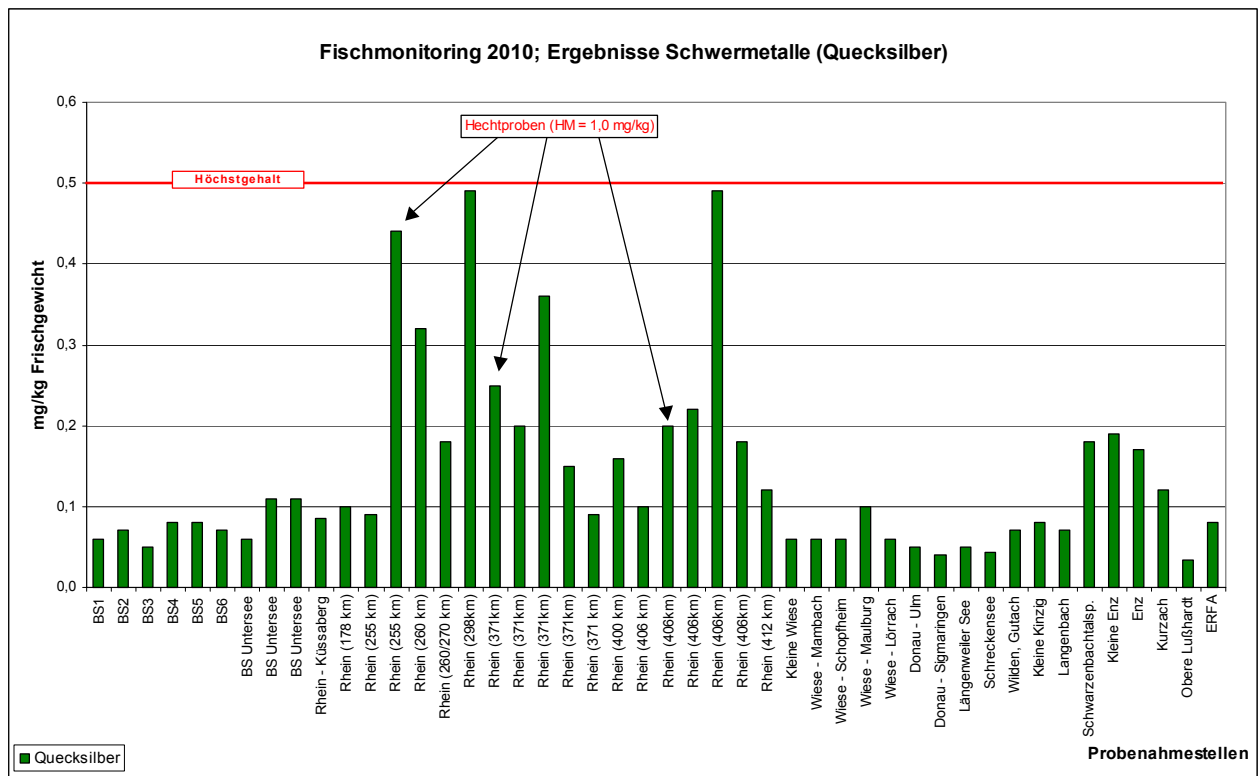
Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

Ergebnisse

Alle untersuchten Proben lagen unterhalb der für die Schwermetalle Blei, Cadmium und Quecksilber zulässigen Höchstgehalte. Cadmium wurde in keiner Probe, Bleigehalte nur teilweise und dann in geringen Mengen nachgewiesen.

In Fisch liegt Quecksilber hauptsächlich in Form von Methylquecksilber vor, das gesundheitlich bedenklicher ist als andere Quecksilberverbindungen. Mit dem verwendeten analytischen Verfahren wurde der Gesamtgehalt an Quecksilber (in seinen unterschiedlichen chemischen Bindungsformen) bestimmt.

In der folgenden Graphik sind die Gesamt-Quecksilbergehalte der Fische an den verschiedenen Probenahmestellen dargestellt.



Einordnung der Ergebnisse

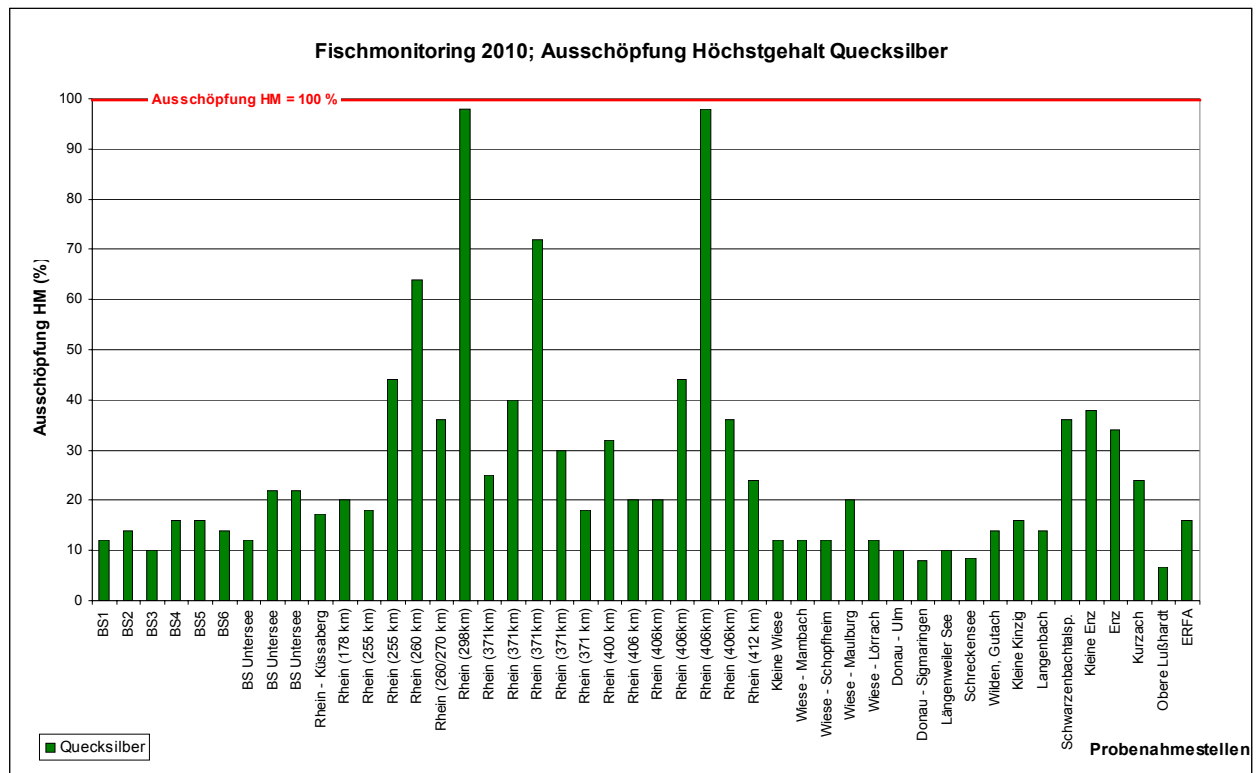
Die höchsten Quecksilbergehalte wurden in den untersuchten Rheinfischen festgestellt.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts des Instituts für Fische und Fischereierzeugnisse des Niedersächsischen Landesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) wurde in Brachsen aus der Elbe ein durchschnittlicher Gehalt von 0,43 mg/kg Gesamt-Quecksilber bestimmt (9). Diese Werte liegen im gleichen Bereich wie die drei höchsten Fischproben aus dem Rhein. Die übrigen in Baden-Württemberg untersuchten Proben wiesen deutlich niedrigere Gehalte auf.



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

Die folgende Graphik über die Ausschöpfung des Quecksilber-Höchstgehaltes durch die untersuchten Fischproben zeigt, dass die Quecksilbergehalte der Rheinfische (Mittelwert: 42 %) in einigen Fällen bereits im Bereich der Höchstmenge liegen, in den anderen Gewässern liegt die durchschnittliche Ausschöpfung deutlich niedriger (Mittelwert: 16 %).



2.3.5. Ergebnisse für perfluorierte Tenside

Perfluorierte Tenside (PFT) sind stabile Verbindungen, die u.a. bei der Herstellung von Teflon, wasser-, fett und schmutzabweisenden Beschichtungen, bei der Papierveredlung, in Feuerlöschmitteln und Reinigungsmitteln eingesetzt werden. Aus der Gruppe der PFT wurden Perfluorbutansulfonsäure (PFBS), Perfluordecansäure (PFDA), Perfluordodecansäure (PFDoDA), Perfluorhexansäure (PFHxA), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS), Perfluorononansäure (PFNA), Perfluoroctansäure (PFOA), Perfluoroctansulfonsäure (PFOS), Perfluorpentansäure (PFPeA) sowie Perfluorheptansäure (PFHpA) untersucht.

Bei den vorliegenden Proben wurden lediglich Gehalte an PFOS festgestellt, andere PFT wurden nicht nachgewiesen.



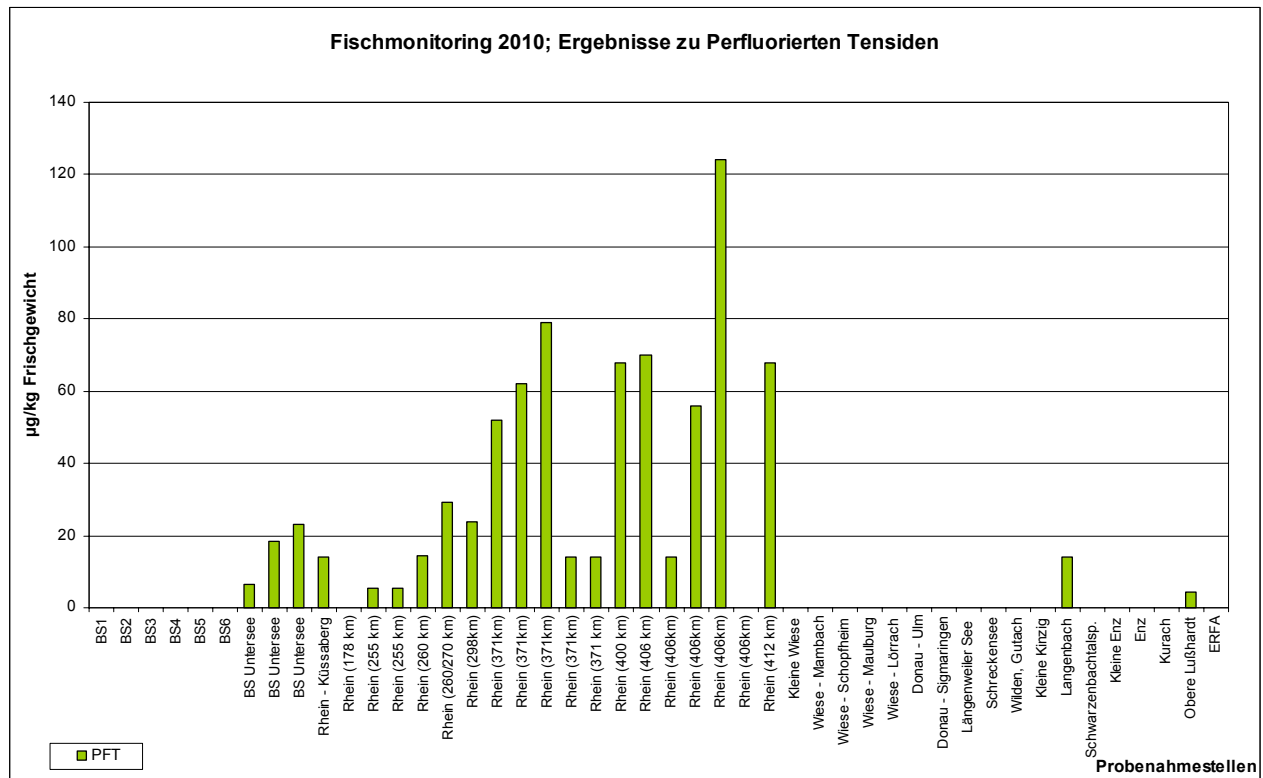
Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

Rechtliche Grundlagen

Für PFT in Fischen wurden bisher keine zulässigen Höchstmengen oder Richtwerte festgelegt, es gilt allerdings grundsätzlich das „Minimierungsprinzip“.

Ergebnisse

In der folgenden Graphik sind die PFOS-Gehalte der Fische an den verschiedenen Probenahmestellen aufgeführt. Die höchsten PFOS-Gehalte wurden in Fischen aus dem Rhein bestimmt. In den Proben aus dem Bodensee (Untersee) wurden PFOS-Gehalte von durchschnittlich 15 µg/kg bestimmt. In den meisten übrigen Fischproben lagen die Gehalte unterhalb der Nachweisgrenze (4 µg/kg Frischgewicht).



Einordnung der Ergebnisse

In mehr als der Hälfte der 2006-2008 im Rahmen der Lebensmittelüberwachung in Deutschland auf PFT untersuchten Süßwasserfische wurde ein PFOS-Gehalt oberhalb der Bestimmungsgrenze ermittelt. Süßwasserfische enthielten im Mittel etwa 22 µg/kg PFOS (95 %-Perzentil: 67 µg/kg) (10). Im Jahr 2009 wurde in Baden-Württemberg ein Untersuchungsprogramm von 43 Fischen aus dem Bodensee durchgeführt, hier lag der Mittelwert bei 9,9 µg/kg (Maximum 28,9 µg/kg) (11).



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

Die 2010 in Baden-Württemberg untersuchten Proben liegen durchschnittlich ebenfalls in diesem Bereich (Mittelwert: 19 µg/kg), der höchste PFOS-Gehalt (124 µg/kg) wurde in einer Probe Barsche aus dem Rhein bestimmt.

2.4. Zusammenfassung der Monitoringergebnisse 2010

Insgesamt wurden in den Proben erhebliche Schwankungen der Gehalte an Dioxinen, PCB, Pestiziden, Schwermetallen und PFT festgestellt, die zum einen von der Belastungssituation des Gewässers an der Probenahmestelle, zum anderen von der Zusammensetzung der Proben (Fettgehalte, Alter/Größe, Fischarten ...) abhängen.

Durch die Fokussierung auf den fischereilichen Warenkorb der Berufsfischer und Angler stellen die vorliegenden Untersuchungen eine gute Abschätzung für die Aufnahme von Kontaminanten über Süßwasserfischverzehr durch den Menschen dar. Aufgrund der Art der Probenahme ist das durchgeführte Monitoring allerdings nicht repräsentativ für die beprobten Gewässer. Die in Hinblick auf die Anreicherung der fettlöslichen Kontaminanten eher kritischen fettreichen Fische mit Fettgehalten über 10 % waren bei den beprobten Fischen nicht dabei. Im Süßwasser kommen solche Fettgehalte im Filet in der Regel nur bei großen und alten Fischen vor.

Der Höchstgehalt für die Summe aus Dioxinen und dioxinähnlichen PCB wurde nur von einer Probe Brachsen numerisch überschritten. Jedoch wiesen die Fischproben teilweise Gehalte an Quecksilber und dioxinähnlichen PCB auf, die im Bereich des festgelegten Höchstgehaltes bzw. Auslösewertes liegen. Alle übrigen Befunde lagen unterhalb der gesetzlichen Höchstmengen, wenn es spezielle Regelungen für die nachgewiesenen Analyten gibt.

Die höchsten PFOS-Gehalte wurden in Fischen aus dem Rhein bestimmt. In den Proben aus dem Bodensee (Untersee) wurden PFOS-Gehalte von durchschnittlich 15 µg/kg bestimmt. In den meisten übrigen Fischproben lagen die Gehalte unterhalb der Nachweisgrenze (4 µg/kg Frischgewicht).

3. Ergebnisse der Untersuchung von Aal aus Rhein und Bodensee 2008

3.1. Durchgeführtes Programm

Im Rahmen eines Umweltmonitorings wurden 2008 insgesamt 15 Aale aus dem Rhein sowie 5 Aale aus dem Bodensee auf Dioxine, PCB, Schwermetalle und Pestizide untersucht. Es wurden jeweils 5 einzelne Fische an den folgenden 4 verschiedenen Standor-



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

ten untersucht: Bodensee (Untersee), Rheinkilometer 77-78, Rheinkilometer 364 und Rheinkilometer 299.

Die Aale wiesen Längen zwischen 40 und 60 cm auf, zur Untersuchung kam das Muskelfleisch der Fische ohne Haut.

3.1.1. Ergebnisse Dioxine und PCB

Rechtliche Grundlagen

Die Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 setzt für Muskelfleisch von Aal einen Höchstgehalt von 4,0 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Frischgewicht für Dioxine und einen Höchstgehalt von 12,0 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Frischgewicht für die Summe aus Dioxinen und dioxinähnlichen PCB fest.

In Ergänzung zu den Höchstgehalten wurde in der Empfehlung der Kommission vom 6. Februar 2006 zur Reduzierung des Anteils von Dioxinen, Furanen und PCB in Futtermitteln und Lebensmitteln (2006/88/EG) für Muskelfleisch von Aal ein Auslösewert von 3,0 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Frischgewicht für Dioxine und von 6,0 pg WHO-PCB-TEQ/g Frischgewicht für dl-PCB bestimmt.

In der deutschen Verordnung zur Begrenzung von Kontaminanten in Lebensmitteln vom 19.03.2010 (BGBl. I Nr. 12 S.286) ist für PCB 28, 52, 101 und 180 in Süßwasserfischen ein Höchstgehalt von jeweils 0,2 mg/kg Frischgewicht (entsprechend 200 ng/g FG) und für PCB 138 und 153 von jeweils 0,1 mg/kg FG (entsprechend 100 ng/g FG) festgelegt.

Ergebnisse der Aale aus dem Bodensee (Untersee):

Der für die Summe aus Dioxinen und dioxinähnlichen PCB in Muskelfleisch von Aal zulässige Höchstgehalt von 12,0 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Frischgewicht wird von allen fünf Proben deutlich unterschritten. Auch die Dioxingehalte in den fünf Proben liegen unterhalb des für Dioxine zulässigen Höchstgehaltes von 4,0 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Frischgewicht und des Auslösewertes von 3,0 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Frischgewicht.

Die Gehalte an dioxinähnlichen PCB überschreiten bei einer der fünf Proben den festgelegten Auslösewert von 6,0 pg WHO-PCB-TEQ/g Frischgewicht numerisch, unter Berücksichtigung der erweiterten Messunsicherheit (ca. 20 %) ist diese Überschreitung lebensmittelrechtlich jedoch nicht zweifelsfrei gesichert.

Die Indikator-PCB-Gehalte liegen bei allen Proben unterhalb der Höchstmengen.



Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

Ergebnisse der Aale aus dem Rhein:

Der für die Summe aus Dioxinen und dioxinähnlichen in Muskelfleisch von Aal zulässige Höchstgehalt von 12,0 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Frischgewicht wird von 13 Aalen numerisch überschritten. Ein Aal vom Rhein-km 364 liegt im Bereich, ein weiterer Aal vom Rhein-km 77/78 unterhalb der o.g. Höchstmenge.

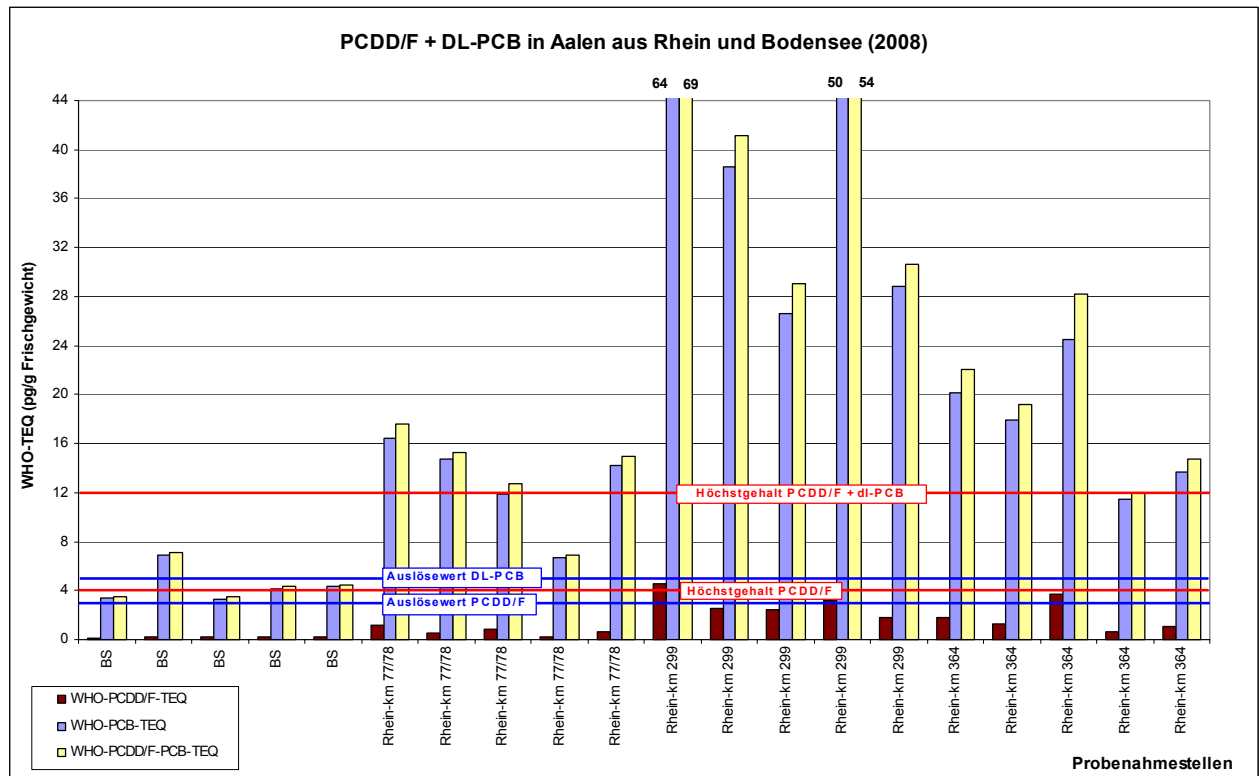
In einer der 15 Proben wurde ein Dioxingehalt bestimmt, der numerisch oberhalb des zulässigen Höchstgehaltes von 4,0 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Frischgewicht liegt. Unter Berücksichtigung der erweiterten Messunsicherheit (ca. 20 %) überschreitet jedoch keiner der 15 Aale den für Dioxine zulässigen Höchstgehalt gesichert, wodurch deutlich wird, dass die Belastung überwiegend (zu ca. 90 %) auf die dioxinähnlichen PCB zurückzuführen ist.

Die Gehalte an dioxinähnlichen PCB liegen in allen Proben oberhalb des festgelegten Auslösewertes von 6,0 pg WHO-PCB-TEQ/g Frischgewicht.

Der Indikator-PCB-Gehalt von einem Aal lag oberhalb der Höchstmenge. Von den 2000 und 2006 untersuchten Aalen überschritten jeweils 2 % der Proben die in Deutschland gültigen Höchstmengen.

Die folgende Graphik stellt die Ergebnisse für Dioxine, dl-PCB sowie die Summe aus Dioxinen und dl-PCB dar.

Aus der Graphik ist ersichtlich, dass die jeweils an einem Standort gefangenen 5 Aale Gehalte an Dioxinen und dioxinähnlichen PCB in der gleichen Größenordnung aufweisen. Die Schwankungen sind auf die teilweise sehr unterschiedlichen Fettgehalte der Aale zurückzuführen. Die höchsten Gehalte an Dioxinen und dioxinähnlichen PCB wurden in den Aalen bestimmt, die am Rhein-km 299 gefangen wurden.



3.1.2. Ergebnisse Pestizide

Während im Jahr 2008 die Höchstmenge für HCB in keinem der 15 untersuchten Rheinaale mehr überschritten wurde, waren es 2005 noch 15 Aale (27 %) und im Jahr 2000 38 Aale (36 %). Die HCB-Kontamination im Rhein hat ihre Ursache in früheren Abwasser-Einleitungen von Produktionsanlagen der Chlorchemie am Oberrhein.

3.1.3. Ergebnisse Schwermetalle

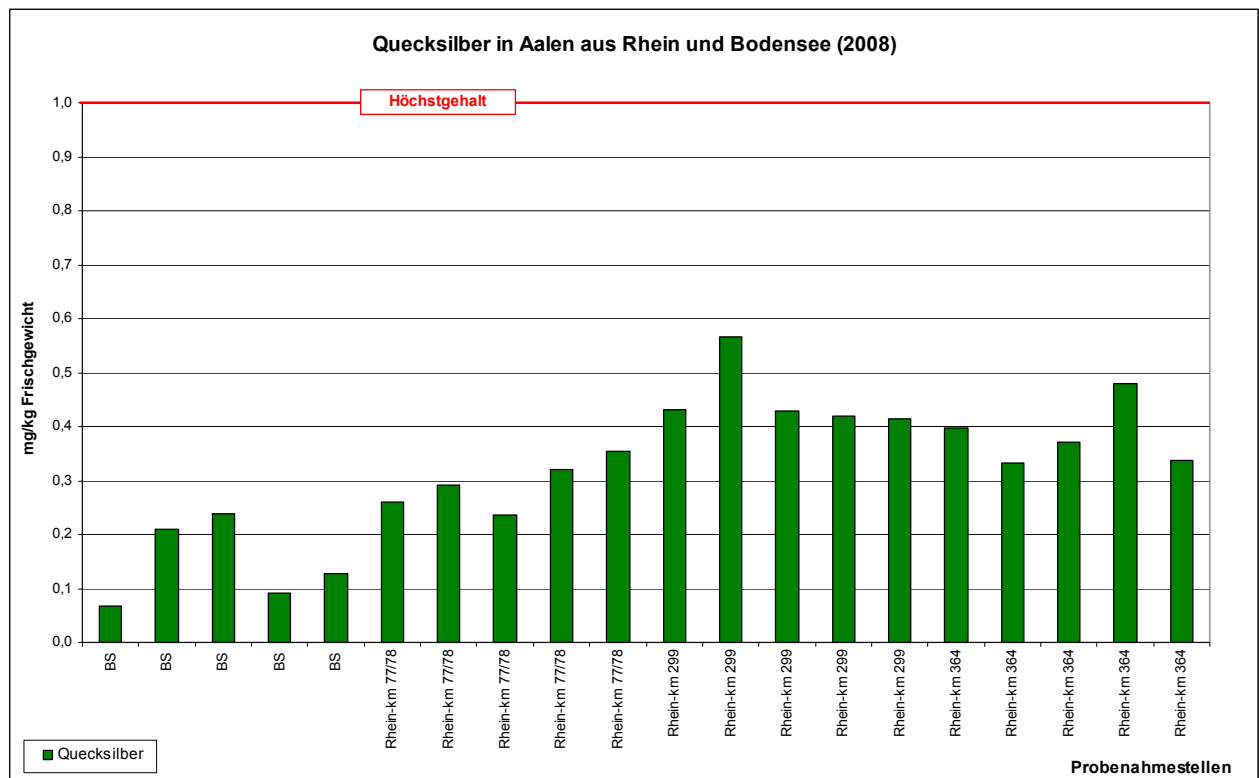
Rechtliche Grundlagen

Gemäß Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 gilt für Quecksilber in Muskelfleisch von Aalen ein Höchstgehalt von 1,0 mg/kg Frischgewicht.

Ergebnisse

Alle untersuchten Proben lagen unterhalb des für Quecksilber zulässigen Höchstgehaltes. In der folgenden Graphik sind die Quecksilbergehalte der Aale an den verschiedenen Probenahmestellen dargestellt.

Die Aale aus dem Bodensee wiesen deutlich niedrigere Quecksilbergehalte auf als die untersuchten Aale aus dem Rhein. Von den beprobten Rheinaalen wiesen die Fische von Rhein-km 77/78 die niedrigsten Gehalte auf; die Gehalte der von Rhein-km 299 und 364 untersuchten Aale sind vergleichbar und liegen durchschnittlich bei 0,4 mg/kg.



3.2. Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchung von Aal 2008

Der für die Summe aus Dioxinen und dioxinähnlichen PCB in Aal zulässige Höchstgehalt wurde von allen fünf im Bodensee, Untersee Konstanz, gefangenen Aalen unterschritten. Die im Rhein gefangenen Aale wiesen Werte für die Summe aus Dioxinen und dioxinähnlichen PCB auf, die oberhalb oder im Bereich der für Aal zulässigen Höchstmenge liegen. Lediglich eine Probe Aal vom Rheinkilometer 77-78, mit einem sehr niedrigen Fettgehalt, lag unterhalb der zulässigen Höchstmenge.

Die jeweils an einem Standort gefangenen 5 Aale enthielten Gehalte an Dioxinen und dioxinähnlichen PCB in der gleichen Größenordnung. Die höchsten Werte wurden in den Aalen bestimmt, die beim Rheinkilometer 299 gefangen wurden.

Die einzelnen Aale wiesen deutlich unterschiedliche Fettgehalte auf. Aufgrund der Angabe des Ergebnisses bezogen auf Frischgewicht hat der Fettgehalt der Proben einen deutlichen Einfluss auf das Ergebnis.

Da Aale aus dem Rhein aufgrund ihrer hohen Bestandsgefährdung einer ganzjährigen Schonung unterliegen, ist die Verwendung als Lebensmittel in Baden-Württemberg derzeit nicht relevant.



4. Kormoran als Bioindikator

Zusätzlich zu den Fischproben wurden vier Fleischproben von in Baden-Württemberg geschossenen Kormoranen zur Untersuchung vorgelegt.

Da Kormorane sich überwiegend bis ausschließlich von Fischen ernähren, können sie als Bioindikator für die Belastungssituation herangezogen werden.

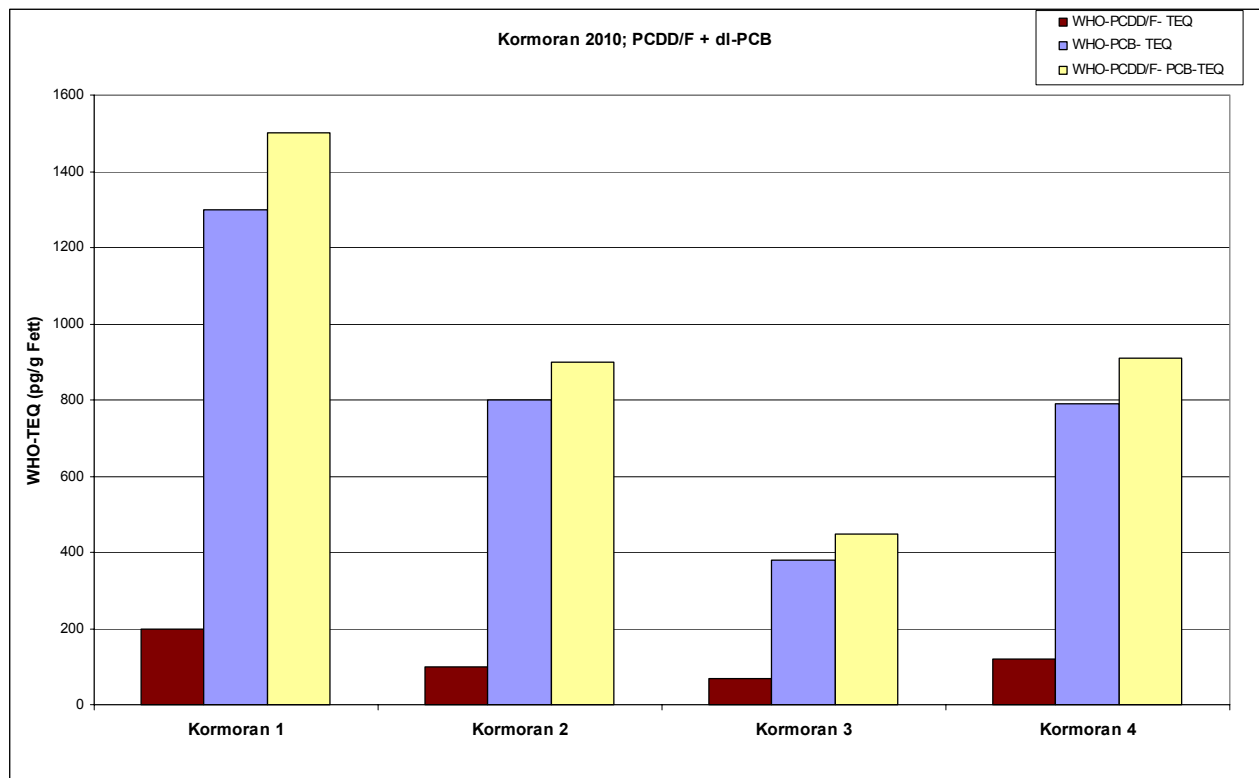
Die Kormoran-Proben wurden auf Dioxine, PCB, chlor- und bromorganische Pestizide und Kontaminanten sowie Nitromoschusverbindungen und Pyrethroide untersucht. Zur Untersuchung kam die Muskulatur der Tiere.

4.1. Dioxine und PCB

In der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 wurden für Dioxine und PCB in Kormoranfleisch keine gesonderten Höchstgehalte sowie Auslösewerte festgelegt. Zu Vergleichszwecken werden daher im Folgenden die für Geflügel festgesetzten Regelungen herangezogen:

- Die Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 setzt für Geflügel einen Höchstgehalt von 2,0 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Fett für Dioxine und einen Höchstgehalt von 4,0 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Fett für die Summe aus Dioxinen und dioxinähnlichen PCB fest.
- In der Empfehlung der Kommission 2006/88/EG wurden zudem Auslösewerte für Geflügel von 1,5 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Fett für Dioxine und von 1,5 pg WHO-PCB-TEQ/g Fett für dioxinähnliche PCB festgesetzt.

Sämtliche Kormoran-Proben überschritten die für Geflügel festgesetzten Höchstgehalte sowie Auslösewerte um ein Vielfaches: Der für Dioxine in Geflügel gültige Höchstgehalt von 2,0 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Fett wird von den Proben um Faktor 35 - 100, der für die Summe aus Dioxinen und dioxinähnlichen PCB festgesetzte Höchstgehalt von 4,0 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Fett um den Faktor 112 - 375 überschritten (siehe nachfolgende Graphik).



Die vier vorgelegten Proben wiesen Gehalte für die Summe aus Dioxinen und dl-PCB zwischen 449 und 1500 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Fett auf und lagen damit im Bereich der in Wanderfalkeneiern aus Baden-Württemberg ermittelten Gehalte (12).

Bereits beim einmaligen Verzehr von 100 g Kormoranfleisch würde somit bei den untersuchten Proben zwischen 1260 und 5550 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/Person aufgenommen werden. Bei einem angenommenen (für Berechnungen üblichen) Durchschnittsgewicht einer Person von 60 kg entspricht dies einer Aufnahme von ca. 21 - 93 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/kg Körpergewicht.

Allein durch den **einmaligen Verzehr** von **100 g Kormoranfleisch** würde somit die duldbare **wöchentliche** Aufnahmemenge an WHO-TEQ von 14 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/kg KG (Wissenschaftlicher Ausschuss „Lebensmittel“ (SCF) der EU) um **Faktor 1,5 - 6,6** überschritten.

4.2. Ergebnisse für Pestizide und org. Kontaminanten

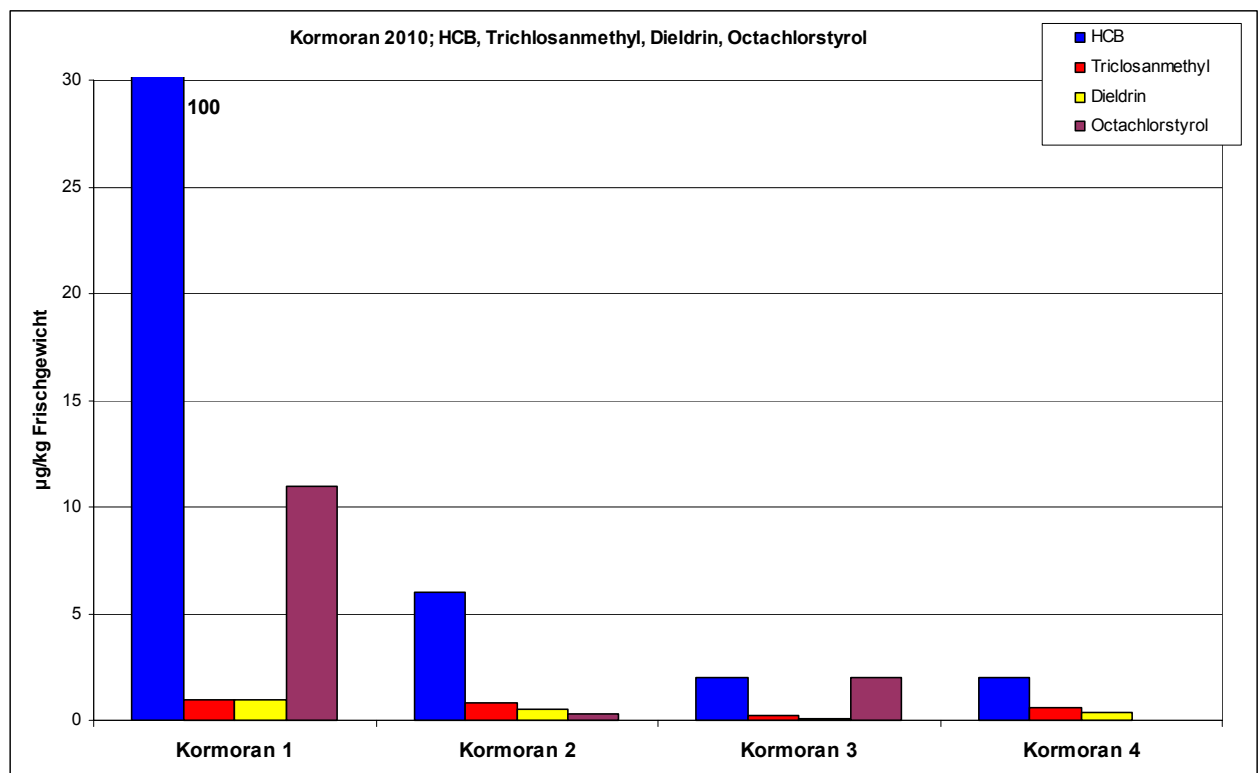
Als außergewöhnlich hoch erwiesen sich die HCB- und DDT-Gehalte einer der Kormoranproben. Vergleicht man die Gehalte mit den Höchstmengen für Fische mit Bezug auf Frischgewicht, so würden sich bei beiden Befunden Höchstmengen-Überschreitungen ergeben. Die DDT-Gehalte sind bei allen 4 Proben deutlich höher als bei den untersuch-

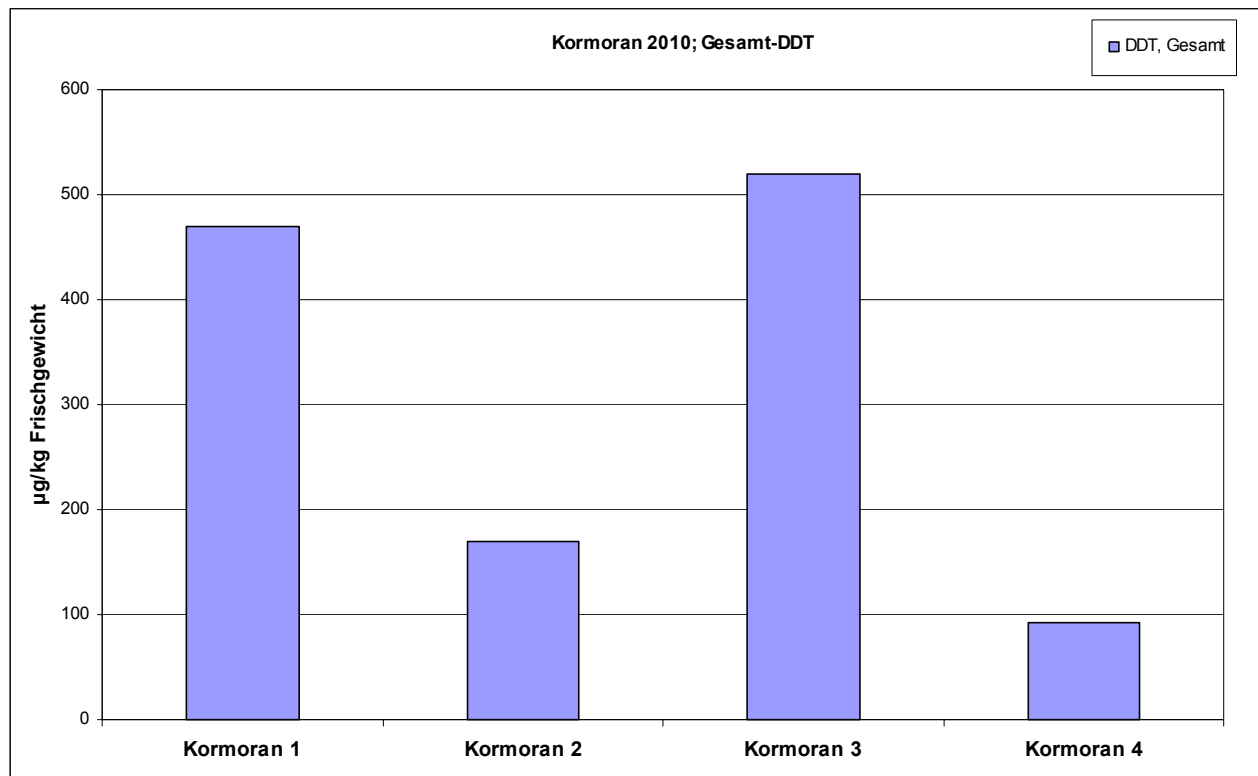


Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg

ten Fischen insbesondere bei Bezug auf Frischgewicht. Die weiteren untersuchten Rückstände liegen im Vergleich zu Fischen in einer ähnlichen Größenordnung.

Zieht man die gemäß Verordnung (EG) Nr. 396/2005 für Geflügelfleisch geltenden EU-Höchstmengen für Pestizidrückstände mit Bezug auf Frischgewicht zu Vergleichszwecken heran, würde sich für HCB bei einer Probe, für DDT bei zwei Proben eine nominelle Überschreitung der Höchstmenge (bis zu Faktor 5) ergeben.





Literatur

- (1) [Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit \(BVL\): Handbuch Monitoring 2010](#)
- (2) [BfR-Stellungnahme Nr. 027/2010 vom 16.06.2010](#)
- (3) [Projekt 92: Flammschutzmittel in Bodenseeorganismen \(FLABO\), interreg IV, 2010](#)
- (4) Zennegg et al. (2003) Chemosphere 51, S. 545-553
- (5) [IME-Jahresbericht 2004, Fraunhofer Institut](#)
- (6) [Umweltbundesamt - Umweltprobenbank des Bundes: Octachlorstyrol in Brassern aus der Oberen Elbe](#)
- (7) Hiebl et al. (2006) J. Agric. Food Chem., 54, S. 2652-2657
- (8) [BVL, Berichte zur Lebensmittelsicherheit 2008 - Lebensmittel-Monitoring](#)
- (9) [Exposition mit Methylquecksilber durch Fischverzehr, Forschungskennzahl UM 705 61 416, Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Institut für Fische und Fischereierzeugnisse, Cuxhaven, 02/2008](#)
- (10) [BfR-Stellungnahme 004/2009 vom 11. September 2008](#)
- (11) [CVUA Karlsruhe: Perfluorierte Tenside in Fischen aus dem Bodensee](#)
- (12) Malisch et al. (2007) Chemosphere 67, S1- S15