

Abschlussbericht

Schadstoffmonitoring in Flussfischen aus niedersächsischen Flussabschnitten (Teil I: Schadstoffe)

Uta Ballin*, Edda Bartelt*, Sandra Bisenius*, Elke Bruns-Weller**, Stefan Effkemann*, Olaf P. Heemken*, Annette Knoll**, Daniel Melles*, Lutz Meyer***, Henner Neuhaus*, Claudia Wenzel**

Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES),

* Institut für Fische und Fischereierzeugnisse (IFF) Cuxhaven

** Lebensmittel- und Veterinärinstitut (LVI) Oldenburg

*** Binnenfischerei und Fischereikundlicher Dienst (Dez. 34) Hannover

1. Einleitung

Wildlebende Flussfische unterliegen in Niedersachsen keiner regelmäßigen lebensmittelrechtlichen Überwachung. Konsumenten solcher Wildfische - etwa Angler und deren Familien - haben somit nur wenige Informationen zur Güte oder zur Unbedenklichkeit der gefangenen Fische. Anders als bei Zuchtfischen aus Aquakulturbetrieben kann der Verzehr von frei lebenden Flussfischen angesichts von unterschiedlichen Umgebungsbedingungen und Umwelteinflüssen mit gewissen Unwägbarkeiten im Hinblick auf die Belastung mit Rückständen und Kontaminanten verbunden sein. Dies gilt insbesondere für Substanzen mit einer hohen Giftigkeit, einer ausgeprägten Langlebigkeit und einer starken Tendenz, sich in biologischer Matrix anzureichern. Hierzu zählen beispielsweise die polychlorierten Dibenzodioxine und -furane (Dioxine) sowie die dioxinähnlichen polychlorierten Biphenyle (dl-PCB). Aber auch andere Verbindungsgruppen besitzen infolge ihrer Toxizität eine Relevanz für den Konsumenten, u.a. Pestizide und Industriechemikalien aus dem Spektrum der chlorierten Kohlenwasserstoffe, polybromierte Diphenylether und Schwermetalle. Im Blickpunkt stehen zudem perfluorierte Alkylsubstanzen, deren Gefährdungspotenzial nach neusten Einschätzungen erheblich höher liegt, als bislang angenommen.

In der aktuellen Untersuchung wird erstmals auch die mikrobielle Belastung von Fischen mit multiresistenten Keimen erfasst. Hintergrund hierfür sind Berichte des Norddeutschen Rundfunks NDR (Panorama vom 6.2.2018), nach denen Einträge von multiresistenten Keimen in Wasserproben innerhalb Niedersachsens nachgewiesen wurden. Die Entnahmestellen der Wasserproben befanden sich an Badeseen, Flüssen und Bächen, die zum Teil in der Nähe von Tierhaltungen, Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen gelegen waren. In fünf von zwölf dieser Wasserproben wurden positive Nachweise multiresistenter Keime geführt. Die im Flussfischmonitoring 2018/2019 ermittelten Ergebnisse zur Multiresistenz werden im Teil II „Multiresistenz“ dargestellt.

Untersuchte Fische

In Anlehnung an eine bereits 2008/2009 durchgeführte Untersuchung zum Schadstoffmonitoring in Flussfischen wurde auch für die aktuelle Untersuchung der Aal (*Anguilla anguilla*) und die Brasse (*Abramis brama*) gewählt. Der Aal kommt in nahezu allen Flüssen Deutschlands vor. Wegen seiner

speziellen Lebensweise und seines vergleichsweise hohen Fettgehaltes kann es bei wild lebenden Aalen zu einer starken Aufnahme von lipophilen organischen Kontaminanten kommen, die sich bevorzugt im Fettgewebe anreichern. Die Brasse ist als Vertreter der Weißfische ein beliebter Anglerfisch. Sie ist in deutschen Flüssen ebenfalls weit verbreitet, besitzt aber einen deutlich niedrigeren Fettgehalt als der Aal. Als ein ebenfalls häufig und gern geangelter Fisch wurde zudem der Zander (*Sander lucioperca*) im Untersuchungsumfang aufgenommen.

Flüsse und Probenahmestellen

Untersucht wurden Fische aus den niedersächsischen Flussabschnitten der Aller, der Elbe, der Ems, der Oste und der Weser. Zudem wurde der Elbeseitenkanal für die Befischung von Zandern genutzt. Die Auswahl der zu beprobenden Flüsse sowie der Probenahmeorte richtete sich nach den Überblicksmessstellen des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), das diese Messstellen auch für Zwecke der Umweltüberwachung nutzt. Die Oste wurde als Referenzgewässer gewählt, da dieser Fluss kaum durch kommunale, landwirtschaftliche oder industrielle Einleitungen beeinträchtigt ist und somit eine geringere Belastung mit anthropogenen Kontaminanten zu erwarten war. Von allen drei Fischarten sollten mit Ausnahme des Zanders, der nur aus dem Elbeseitenkanal, der Oste und der Ems genommen wurde, an allen genannten Probenahmeorten jeweils 15 Fische entnommen werden. Koordiniert wurden die Probenahmekampagnen durch das LAVES-Dezernat Binnenfischerei und Fischereikundlicher Dienst.

Tabelle 1: Flüsse und Probenahmestellen.

Gewässer	Flussabschnitt	Fischarten
Aller	Unteralter (Hodenhagen – Verden)	Aal Brassen
Weser	Mittelweser (Allermündung - Bremen)	Zander
Weser	Mittelweser (Stolzenau - Hoya)	Aal Brassen
Elbe	Mittelelbe (Schnackenburg – Geesthacht)	Aal Brassen Zander
Ems	Mittlere Ems (Meppen – Herbrum)	Aal Brassen Zander
Oste	Untere Oste (Bremervörde – Oberndorf)	Aal Brassen Zander

Untersuchungsspektrum

Neben den eingangs erwähnten Verbindungsgruppen der Dioxine und dioxinähnlichen PCB wurden weitere Rückstände und Kontaminanten analysiert. Zu diesen Verbindungen zählten die nicht-dioxinähnlichen polychlorierte Biphenyle (ndl-PCB), die als Flammschutzmittel eingesetzten polybromierten Diphenylether (PBDE), Pestizide und Industriechemikalien aus dem Spektrum der chlorierten Kohlenwasserstoffe (CKW), Vertreter der perfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) sowie die Schwermetalle Blei, Cadmium und Quecksilber. Die Messung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen wurde genutzt, um Einträge von Mineralölkohlenwasserstoffe zu erfassen. Überdies wurden die Fische mittels sensorischer Beurteilungen auf ihre Genusstauglichkeit überprüft und auf das Vorkommen von ausgewählten Parasiten untersucht.

Tabelle 2: Untersuchungsspektrum des Schadstoffmonitorings in Flussfischen.

Priorität 1	Priorität 2
Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane	Polybromierte Diphenylether (PBDE)
Polychlorierte Biphenyle (ndl- und dl-PCB)	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
Perfluorierte Alkylsubstanzen	Genusstauglichkeit
Schwermetalle	Sensorik
Chlororganische Pestizide	Parasiten
Mikrobiologische Belastung	

Die Untersuchungen zum Schadstoffmonitoring in Flussfischen dienen der Abschätzung der aktuellen Belastungssituation von ausgewählten Fischarten mit Dioxinen, dioxinähnlichen PCB und weiteren Kontaminanten. Auf Basis dieser Abschätzung sollen Hinweise und Empfehlungen im Sinne eines vorbeugenden Verbraucherschutzes für Angler und deren Familien, die als Vielverzehrer angesehen werden können, ausgesprochen werden. Diese Einschätzung soll in Form eines Monitoringberichts erarbeitet werden und anschließend in Form einer Verzehrsempfehlung veröffentlicht und den Anglern zur Verfügung gestellt werden. Die Verzehrsempfehlung wird unter Berücksichtigung aktueller Höchstgehalte für Schadstoffe Vorschläge zur Menge und zur Häufigkeit des Konsums von Flussfischen geben. Die 2009/2010 erstellte Verzehrsempfehlung würde auf diese Weise eine Aktualisierung erfahren.

Im Hinblick auf die Belastung der Fische mit multiresistenten Keimen sollen Einschätzungen getroffen werden, inwieweit ein Infektionsrisiko durch den Verzehr von belasteten Fischen für den Konsumenten besteht.

2. Ergebnisse

In den nachfolgenden Abschnitten finden sich abschnittsweise die Ergebnisse zu den verschiedenen untersuchten Verbindungsgruppen. Eine ergänzende Auflistung aller Ergebnisse im Detail ist im Anhang (**Anlage 1**) enthalten.

2.1 Sensorische Beschaffenheit, Vorkommen von Parasiten

Bei der sensorischen Untersuchung des verzehrbaren Anteiles wurden Aussehen, Geruch und Konsistenz der Muskulatur im Hinblick auf die Genusstauglichkeit untersucht: In dieser sensorischen Überprüfung konnten keine Abweichungen von der allgemeinen Verkehrsauffassung erkannt werden. Weiterhin konnten keine Parasitenstadien erkannt werden, die zu einer lebensmittelrechtlich abweichenden Beurteilung geführt hätten.

Desweiteren wurden die Organe der Fische makroskopisch-anatomisch auf das Vorhandensein von sichtbaren Parasiten untersucht. In den untersuchten Organen von Zandern und Brassern konnten keine sichtbaren Parasiten festgestellt werden. In den Aalen konnten jedoch Schwimmblasenwürmer (*Anguillicoloides crassus*) in unterschiedlicher Ausprägung gefunden werden. Diese Fadenwürmer sind für den Menschen unbedenklich, können jedoch fischereibiologisch von Interesse sein, weswegen sie hier kurz mit aufgeführt werden:

Tabelle 3: Befall des Aales (*Anguilla anguilla*) mit Schwimmblasenwürmern (*Anguillicoloides crassus*).

Flusssystem	Untersuchte Aale	Infizierte Aale	Infektionsrate [%]	Mittlere Parasitenzahl	Standardabweichung	Spannweite
Elbe	15	3	20	1,7	+/- 5,0	0 - 20
Oste	15	0	/	/	/	/
Ems	17	3	18	0,2	+/- 0,5	0 - 2
Weser	35	21	60	2,1	+/- 4,0	0 -18
Aller	11	4	36	2,5	+/- 4,8	0 - 8
Gesamt	93	31	34	1,3	+/- 3,4	0 - 20

Im Vergleich zu veröffentlichten Infektionsraten von Aalen mit Schwimmblasenwürmern in Deutschland sind die derzeit in Niedersachsen vorgefundenen Daten ebenfalls als plausibel einzustufen. Wie bei veröffentlichten Daten auch, unterscheiden sich die Infektionsraten in den untersuchten Flusssystemen voneinander. Bei Betrachtung einer gemittelten Infektionsrate von 34% stellen die Daten aus Niedersachsen jedoch ein abweichendes Ergebnis dar: In anderen Regionen Deutschlands wurden häufig Befallsraten von über 50% flächendeckend vorgefunden.

2.2 Perfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS)

Bei den Perfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) handelt es sich um oberflächenaktive, organische Substanzen, die aufgrund ihrer Eigenschaften in zahlreichen industriellen Produkten und Prozessen genutzt werden. So werden sie u. a. zur Oberflächenbeschichtung von Papier, zur Imprägnierung von Kleidung, Polstermöbeln und Teppichen und in Feuerlöschschäumen eingesetzt. Nach Beschichtung und Imprägnierung verfügen diese Materialien über öl- und wasserabweisende Eigenschaften. In Löschschäumen erleichtern PFAS die Verteilung über brennende Oberflächen. Die meisten industriell verwendeten PFAS leiten sich von den Substanzen PFOS (Perfluorooctansulfonsäure) und PFOA (Perfluorooctansäure) ab. Aufgrund ihres weitreichenden Einsatzes und ihrer enormen chemischen Stabilität sind PFOS und PFOA in der Umwelt zu finden und wurden bereits in Böden, Gewässern, Fleisch

und Organen von Tieren und im Menschen nachgewiesen. Einige PFAS werden rasch resorbiert und vor allem in Plasma und Leber verteilt. Im menschlichen Körper geht man bei PFOS von einer Halbwertszeit von ca. 5 Jahren und bei PFOA von ca. 2 bis 4 Jahren aus. Bei chronischer Belastung deuten Studien darauf hin, dass adverse Effekte in Leber und Schilddrüse auftreten. Ebenso gelten die Substanzen als immun- und reproduktionstoxisch. Aus epidemiologischen Studien ergeben sich zudem starke Beweise, dass PFOS und PFOA zu einer Erhöhung des Cholesteringehalts im Blutserum führen. In einer Neubewertung durch die EFSA wurde zunächst dieses als kritischster Effekt ausgemacht. In der Zwischenzeit wurden neue Daten zu den Wirkungen von PFAS bei Mensch und Tier verfügbar und neue wissenschaftliche Studien wurden veröffentlicht, die den direkten Zusammenhang zwischen einer Exposition gegenüber PFAS und erhöhten Cholesterinspiegeln infrage stellen. Es werden vor allem Wirkungen im Sinne einer verminderten Reaktion des Immunsystems auf Impfungen als maßgeblich betrachtet, was auch in der vorherigen Beurteilung als eine wichtige Wirkung identifiziert wurde. Der vorgeschlagene neue TWI-Wert bildet zudem einen Schutz vor anderen möglichen Wirkungen auf die Gesundheit, wie etwa den Anstieg des Cholesterins im Blut.

Säuglinge, Kleinkinder und andere Kinder weisen gemäß der Expositionsbeurteilung der EFSA die höchste Exposition auf. Schwangerschaft und Stillen sind die Hauptverursacher für die Exposition bei Säuglingen. Der neue TWI-Wert wurde so festgelegt, dass er Säuglinge vor einer zu hohen Exposition schützt.

Durch die Europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA) erfolgte im Dezember 2018 die vorläufige Neubewertung der toxikologischen Referenzwerte für Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) und Perfluorooctansäure (PFOA) durch die Festlegung eines sogenannten TWI-Wertes (Tolerable Weekly Intake). Der TWI-Wert gibt die maximal tolerierbare wöchentliche Menge einer Substanz pro kg Körpergewicht an, unterhalb der bei lebenslanger Aufnahme keine nachteiligen, gesundheitlichen Auswirkungen erwartet werden. Der für PFOS empfohlene tolerierbare Wert einer täglichen Aufnahmemenge liegt bei 1,8 ng/kg Körpergewicht, was einem TWI-Wert von 13 ng/kg Körpergewicht entspricht. Für PFOA wurden in der Neubewertung eine tägliche Aufnahmemenge von 0,8 ng/kg Körpergewicht und ein TWI-Wert von 6 ng/kg Körpergewicht abgeleitet. Zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Berichts befindet sich eine weitere Stellungnahme der EFSA im Entwurfsstatus. Dort werden unter Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse erneut die TWI-Werte von PFOS und PFOA einschließlich zweier weiterer PFAS-Substanzen beurteilt. Dabei wurden die „Mixtox“-Leitlinien der EFSA, die im letzten Jahr veröffentlicht wurden und Methoden und Instrumente lieferten, um die kombinierte Exposition gegenüber mehreren Chemikalien zu beurteilen, berücksichtigt. Als Ergebnis wurde basierend auf den beim Menschen beobachteten Wirkungen ein einziger gruppenbezogener TWI-Wert von 8 ng/kg Körpergewicht pro Woche für PFOS, PFOA, PFNA (Perfluorononansäure) und PFHxS (Perfluorhexansulfonsäure) festgelegt. Dies würde zu einer nochmaligen, deutlichen Herabsetzung der toxikologischen Referenzwerte aus 2018 führen.

Momentan gelten die Schlussfolgerungen der EFSA-Stellungnahme aus Dezember 2018 als Maßstab für die gesundheitliche Bewertung. Eine gesetzlich festgeschriebene Höchstmenge für Lebensmittel existiert bisher nicht.

Eine Kurzdarstellung der Monitoring-Ergebnisse für PFOS und PFOA ist **Abbildung 1** zu entnehmen. Dargestellt sind die Einzelergebnisse jeder Fischprobe. Für PFOS betrug über alle Flussabschnitte und alle Fischarten der Median 7,782 µg/kg. Die höchste PFOS-Konzentration wurde mit 128,448 µg/kg

bestimmt, die niedrigste mit 0,972 µg/kg. Für PFOA betrug gleichermaßen der Median 0,043 µg/kg. Die höchste PFOA-Konzentration wurde mit 0,553 µg/kg bestimmt, die niedrigste betrug unter 0,003 µg/kg. Auffällig in diesem Zusammenhang ist, dass in jeder untersuchten Probe PFOS eindeutig nachgewiesen wurde. Im Falle von PFOA befanden sich 55 Ergebnisse unterhalb der Bestimmungs- oder Nachweisgrenze. Sowohl für PFOS als auch PFOA zeigen die bestimmten Gehalte eine enorme Schwankungsbreite. Auswirkungen von Fischart und Probenahmestelle werden im Folgenden diskutiert.

Abbildung 2 zeigt die Mediangehalte in Abhängigkeit von der untersuchten Fischart. Die Gehalte für PFOS liegen in einem Bereich zwischen 7 und 10 µg/kg. Für PFOA befinden sich die Ergebnisse allesamt unterhalb 1 µg/kg. Deutliche Unterschiede, insbesondere zwischen fettreichen und fettarmen Fischen, in der Akkumulation von PFOS und PFOA ergeben sich somit nicht.

Festzuhalten ist, dass, wie bereits zuvor erörtert, die Gehalte einer großen Schwankungsbreite unterliegen. Im Falle von PFOS wurden erhöhte Gehalte in Aller, Elbe und Ems gefunden (s. Abbildung 3). Im Vergleich hierzu zeigten Proben aus Weser und Oste niedrigere Gehaltswerte. Ein Zusammenhang zwischen untersuchtem Flussabschnitt und gefundenem PFOS-Gehalt lässt sich jedoch nicht ableiten. So wurde in Aal-Proben aus der Aller ein Median von über 14 µg/kg bestimmt, für Brassen-Proben jedoch ein Median von unter 2 µg/kg. Die tendenziell niedrigsten PFOS-Konzentrationen wurden in Proben aus der Oste bestimmt, doch auch hier mit Konzentration im Bereich von 2 µg/kg. Eine andere Beobachtung ergibt sich für PFOA. Im Vergleich zu PFOS wurden wesentlich niedrigere Gehalte gefunden. Hier wurde die höchste Mediankonzentration gleichwohl in Aal-Proben aus der Oste bestimmt.

In Bezug auf PFAS ergibt sich somit folgendes Fazit: PFAS sind ubiquitär verbreitet und wasserlöslich. Im Gegensatz zu anderen vorzugsweise lipophilen Kontaminanten (Dioxine, PCB), spielen der Fettgehalt und die Größe der Fische keine oder nur eine untergeordnete Rolle im Hinblick auf das Akkumulationsverhalten der PFAS. PFAS reichern sich nicht im Fettgewebe der Fische an, sondern binden bevorzugt an das Serumprotein Albumin, d.h. bei jedem Fisch und jeder Größe ist mit PFAS zu rechnen. Dies bestätigt sich im vorliegenden Schadstoffmonitoring: in jeder untersuchten Probe wurden hohe Gehalte an PFOS gefunden. PFOA wurde in deutlich niedrigeren Konzentrationen gefunden, wobei sich 55 Proben unterhalb der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze befanden. Sowohl für PFOS als auch PFOA unterlagen die gefundenen Konzentrationen einer enormen Schwankungsbreite. Anhand der vorliegenden Daten besteht kein eindeutiger Unterschied im Akkumulationsverhalten zwischen Aal, Brasse und Zander. Besondere Belastungsschwerpunkte bei den untersuchten Flüssen können nicht bestätigt werden, vielmehr obliegen die Konzentrationen hier ebenso einer großen Schwankungsbreite.

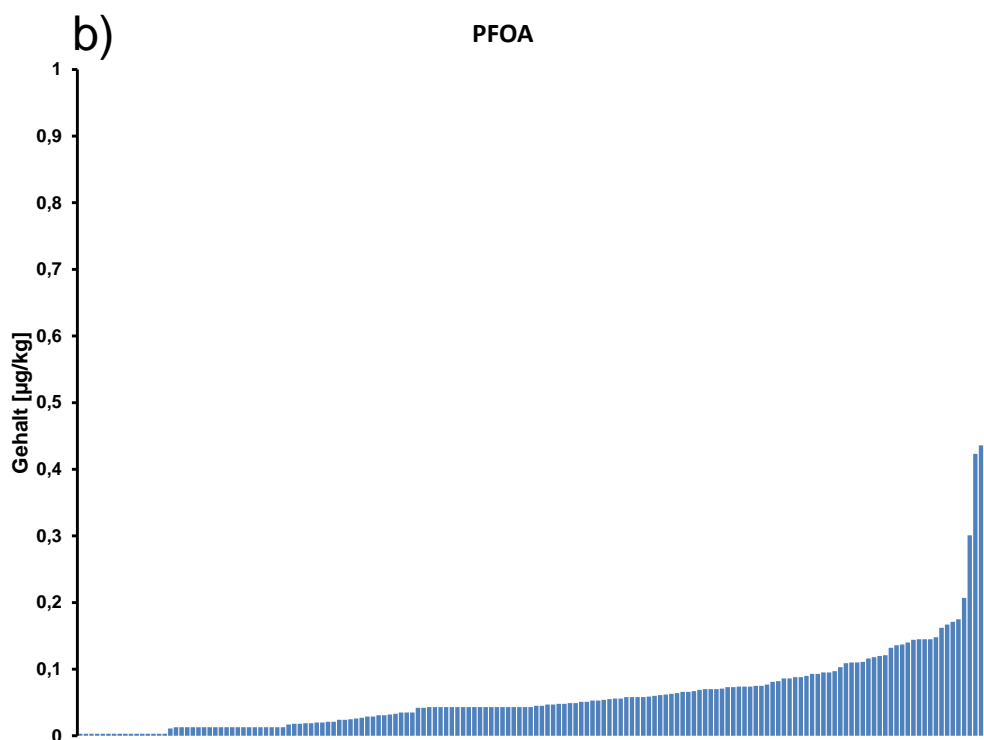
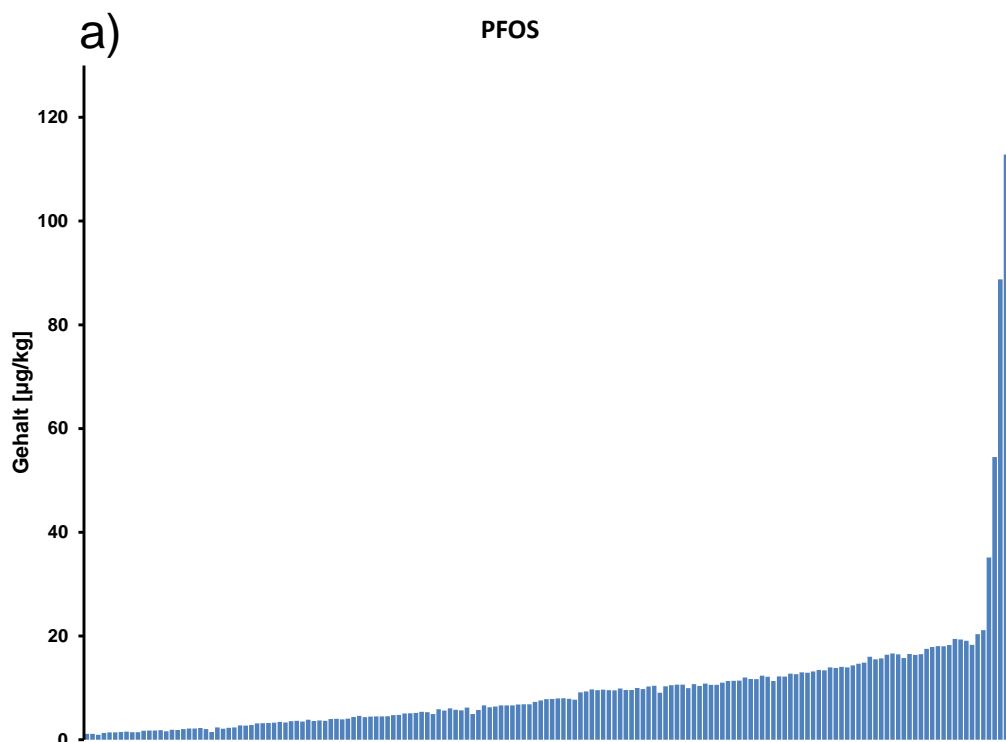


Abbildung 1: In den Fischproben (n=164) bestimmte Gehalte von a) PFOS und b) PFOA. Die Gehalte sind für jede einzelne Fischprobe angegeben und aufsteigend von links nach rechts sortiert. Die Auswertung erfolgte über alle Flussabschnitte und Fischarten.

Mediangehalte

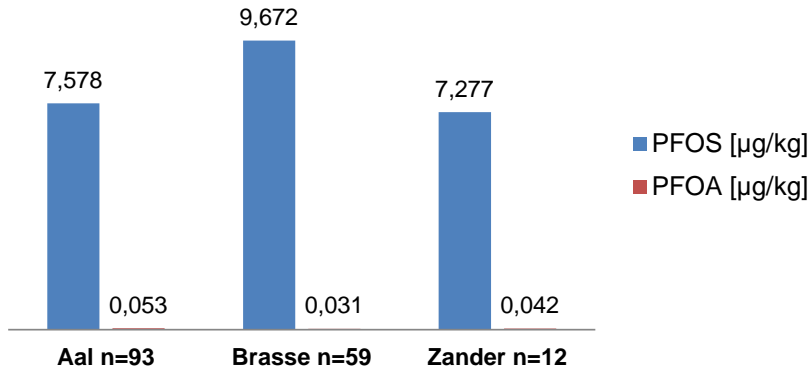


Abbildung 21: Mediangehalte von PFOS und PFOA der untersuchten Proben nach Fischart.

Eine Auswertung über die untersuchten Flussabschnitte ist in **Abbildung 3** dargestellt.

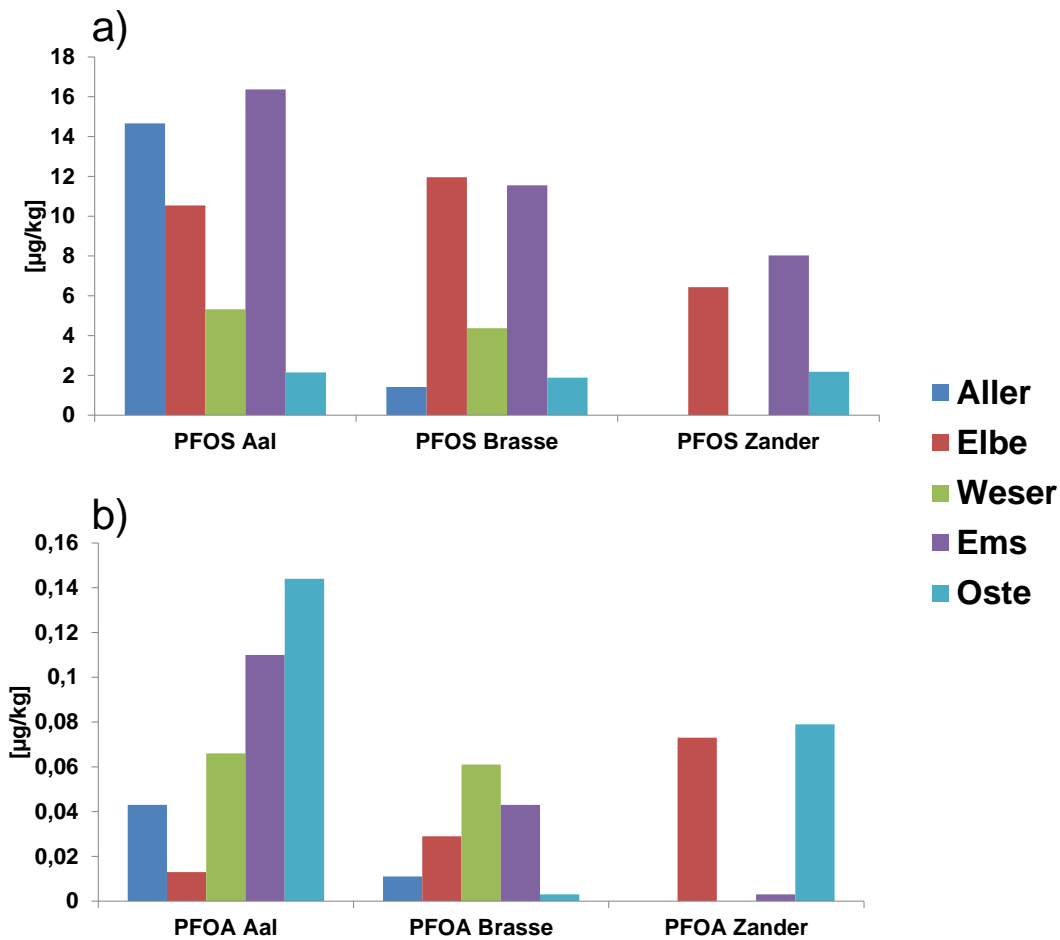


Abbildung 3: Mediangehalte der untersuchten Proben im jeweiligen Flussabschnitt für a) PFOS und b) PFOA.

2.3 Dioxine, dioxinähnliche PCB und nichtdioxinähnliche PCB

Insgesamt wurden 65 Fischproben auf den Gehalt an Dioxinen, dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) und nichtdioxinähnlichen PCB (ndl-PCB) untersucht. Die Probenverteilung auf die Fischarten und Flüsse stellt sich folgendermaßen dar:

12 Proben Zander verteilt auf die Flüsse Elbeseitenkanal (5), Ems (5) und Oste (2), neun gepoolte Proben Aal verteilt auf die Flüsse Aller (1), Elbe (1), Ems (1), Oste (1) und Weser (5), 44 Proben Brasse verteilt auf die Flüsse Aller (1), Elbe (11), Ems (24), Oste (1, gepoolt) und Weser (7).

Aufgrund der größtenteils geringen Probenzahlen und der ungleichmäßigen Aufteilung der Fänge auf die Flüsse, können Rückschlüsse auf eine Tendenz in der Belastungssituation hinsichtlich der einzelnen Flüsse nicht gezogen werden, auf eine Darstellung der Ergebnisse aufgegliedert nach Flusszugehörigkeit wird deshalb verzichtet. In **Tabelle 4** sind die aktuellen Ergebnisse der Untersuchungen differenziert nach Fischarten aufgeführt.

Bei allen drei Fischarten ist der Beitrag der PCB zum WHO-TEQ wesentlich höher als derjenige der Dioxine. Ein Vergleich der Mittelwerte der WHO-PCDD/F-PCB-TEQ- und ndl-PCB-Gehalte der Fischarten zeigt, dass Aale im Vergleich zu Brassern und Zander eine deutliche höhere Belastung aufweisen. Da die Höchstgehalte für Aale gegenüber den Höchstgehalten für wild gefangene Frischwasserfische aber auf einem höheren Niveau festgelegt wurden, spiegelt sich dies nicht in der Anzahl der Höchstgehaltsüberschreitungen wieder.

Tabelle 4: Statistische Kennwerte zu den WHO-Toxizitätsäquivalenten (upperbound, TEF 2005) für Dioxine und dl-PCB in pg/g Frischgewicht und für die Summe der ndl-PCB in ng/g Frischgewicht.

Fischart/Parameter	Probenzahl	Min	Max	Mittelwert	Höchstgehalt	Anzahl >Höchstgehalt
Zander						
WHO-PCDD/F-TEQ*	12	0,04	0,35	0,09	3,5	0
WHO-PCB-TEQ*	12	0,12	0,76	0,33		
WHO-PCDD/F-PCB-TEQ*	12	0,16	0,85	0,43	6,5	0
ndl-PCB**	12	2,65	13,64	6,51	125	0
Brasse						
WHO-PCDD/F-TEQ*	44	0,10	3,58	1,19	3,5	1
WHO-PCB-TEQ*	44	0,52	18,66	3,50		
WHO-PCDD/F-PCB-TEQ*	44	0,92	21,46	4,69	6,5	8
ndl-PCB**	44	9,81	330,03	72,26	125	5
Aal						
WHO-PCDD/F-TEQ*	9	0,39	3,41	1,00	3,5	0
WHO-PCB-TEQ*	9	2,44	14,71	6,92		
WHO-PCDD/F-PCB-TEQ*	9	2,93	15,88	7,92	10	1
ndl-PCB**	9	37,80	224,56	128,79	300	0

* in pg/g Frischgewicht

** in ng/g Frischgewicht

Nur eine der neun Aalproben überschreitet den Summenhöchstgehalt für Dioxine und dl-PCB von 10 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Frischgewicht.

Bei den Brassen wurden acht Überschreitungen des Summenhöchstgehaltes für Dioxine und dl-PCB von 6,5 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Frischgewicht festgestellt, wobei vier dieser Proben gleichzeitig eine Überschreitung des Höchstgehaltes für die Summe der ndl-PCB von 125 ng/g Frischgewicht und eine Probe zusätzlich ein Überschreitung des Dioxinhöchstgehaltes von 3,5 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Frischgewicht aufwies. In einer weiteren Probe Brasse wurde ausschließlich der Höchstgehalt für ndl-PCB von 125 pg/g Frischgewicht überschritten.

Zander weisen einheitlich für Dioxine, dl-PCB und ndl-PCB eine deutlich geringere Belastung als Aale und Brassen auf. Höchstgehaltsüberschreitungen für Dioxine, die Summe aus Dioxinen und dl-PCB und die Summe der ndl-PCB wurden nicht festgestellt.

Langlebige organische Verbindungen wie zum Beispiel Dioxine und PCB haben sich über Jahrzehnte in den Sedimenten der Flüsse angereichert. Wildlebende Flussfische reichern diese fettlöslichen Kontaminanten an, wobei mit steigendem Fettgehalt der Fische in der Regel höhere WHO-TEQ-Gehalte festgestellt werden, dies trifft im Besonderen für den fettreichen Wildaal, aber auch für Brassen zu. Gehalte über den gesetzlich festgelegten Höchstgehalten für die drei Parameter Dioxine, die Summe aus Dioxinen und dl-PCB und ndl-PCB treten deshalb gehäuft auf. Auch bei Einhaltung der Höchstgehalte können zum Schutz von Verbrauchern, die häufig fettreichen Fisch verzehren, Verzehrsempfehlungen erforderlich sein.

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat 2018 aufgrund toxikologischer Erkenntnisse einen neuen gesundheitsbezogenen Richtwert für Dioxine und dl-PCB abgeleitet. Die tolerierbare wöchentliche Aufnahmemenge (TWI) wurde von 14 pg WHO-PCDD/-PCB-TEQ/kg Körpergewicht (festgelegt 2001 vom Scientific Committee on Food SCF) auf 2 pg WHO-PCDD/-PCB-TEQ/kg Körpergewicht gesenkt.

Aufgrund der Senkung des TWI um den Faktor 7 kann die bislang als Grundlage für die niedersächsische Verzehrsempfehlung für Flussfische genutzte Risikobewertung des BfR (Stellungnahme BfR Nr. 027/2010), die auf Basis der 2001 vom SCF festgelegten TWI erstellt wurde, nicht mehr herangezogen werden.

Eine überarbeitete Stellungnahme des BfRs liegt zurzeit noch nicht vor. Für die Erstellung einer aktualisierten niedersächsischen Verzehrsempfehlung für Flussfische ist es deshalb notwendig, dass abgeleitet vom neuen TWI eine Neubewertung durch das BfR erfolgt.

Vor dem Hintergrund der jetzt ermittelten Untersuchungsergebnisse aus dem Flussfisch-Monitoring 2018/2019 wird Niedersachsen mit der Bitte um eine aktualisierte Risikobewertung an den Bund herantreten.

2.4 Chlorierte Kohlenwasserstoffe und Chlorpestizide (CKW)

Zum Stoffspektrum der untersuchten CKW zählen Chlorpestizide und Industriechemikalien, deren Verwendung in Deutschland und den meisten europäischen Staaten seit einigen Jahren verboten ist. Infolge ihrer Persistenz und Bioakkumulierbarkeit lassen sich diese Verbindungen trotz Anwendungs-

verboten auch nach Jahren noch in der Umwelt nachweisen. So konnten in nahezu allen untersuchten Proben einige Vertreter dieser Substanzgruppe nachgewiesen werden. Zu den Verbindungen mit der höchsten Positivrate zählt das Pestizid DDT einschließlich seiner Metaboliten, das mit einer Häufigkeit von 98,8 % in den 169 untersuchten Proben nachgewiesen werden konnte. Darauf folgte Hexachlorbenzol (HCB) mit einer Häufigkeit von 85,8 %, sowie weitere Pestizide wie Dieldrin oder Lindan (mit seinen Isomeren alpha- und beta-HCH), mit einer Häufigkeit von 27,8 und 24,3 % nachgewiesen wurden. Mit einer geringen Häufigkeit von 4,7 % ließ sich alpha-Chlordan in einigen Proben nachweisen. Die übrigen Verbindungen ließen sich gar nicht oder nur in Häufigkeiten unterhalb von 2,5 % identifizieren. Eine Auflistung aller untersuchten Verbindungen findet sich im Anhang.

Tabelle 5: Gehalte von DDT in Aalen und Brassen verschiedener Flüsse.

Gehalte in µg/kg FG	Aal					Brasse				
	Aller	Elbe	Ems	Oste	Weser	Aller	Elbe	Ems	Oste	Weser
Anzahl Proben	12	16	18	14	40	1	12	24	16	7
Anzahl > BG	12	16	18	14	40	1	12	24	16	7
Minimum	7,8	86,4	2,6	3,8	10,9	45,6	9,5	0,9	7,9	1,8
Maximum	35,7	2222,9	30,0	43,2	94,3	45,6	135,2	14,1	365,2	20,1
Mittel	22,4	364,6	15,7	19,7	32,7	45,6	55,4	6,1	53,7	10,1
Median	20,8	173,7	15,4	16,4	24,3	45,6	51,9	5,4	29,0	9,9
Anzahl HMÜ*	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Variationsbreite**	4,6	25,7	11,3	11,3	8,6	-	14,2	16,5	46,1	11,0

Tabelle 6: Gehalte von Hexachlorbenzol in Aalen und Brassen verschiedener Flüsse.

Gehalte in µg/kg FG	Aal					Brasse				
	Aller	Elbe	Ems	Oste	Weser	Aller	Elbe	Ems	Oste	Weser
Anzahl Proben	12	16	18	14	40	1	12	24	16	7
Anzahl > BG	-	16	18	14	40	-	12	21	16	7
Minimum	-	1,6	0,5	0,2	1,2	-	2,1	0,3	0,2	0,8
Maximum	-	88,8	6,4	4,1	13,1	-	23,6	3,4	18,6	2,9
Mittel	-	30,9	3,9	1,4	4,4	-	8,9	0,9	1,6	1,8
Median	-	26,6	4,5	1,0	4,2	-	8,8	0,8	0,4	1,5
Anzahl HMÜ*	-	3	0	0	0	-	0	0	0	0
Variationsbreite**	-	57,2	14,2	16,8	10,7	-	11,2	10,9	81,4	3,6

*HMÜ Höchstmengenüberschreitung ** Variationsbreite als Faktor zw. Minimum um Maximum

Bei einer lebensmittelrechtlichen Bewertung der Proben gemäß der für Lebensmittel geltenden Rückstands-Höchstmengenverordnung bzw. Verordnung (EG) Nr. 396/2005 im Hinblick auf die untersuchten Pestizide würden sich insgesamt sieben Überschreitungen der zulässigen Höchstmengen ergeben. Dabei handelt es sich in drei Fällen um DDT (Summe der Metaboliten), in drei Fällen um Hexachlorbenzol und in einem Fall um beta-HCH, einem Isomer des Pestizids Lindan. Die jeweiligen Höchstmengen dieser drei Verbindungen liegen bei 500 µg/kg für DDT (Summe der Metaboliten), 50

µg/kg für Hexachlorbenzol und 10 µg/kg für beta-HCH. Bei allen festgestellten Höchstmengenüberschreitungen handelte es um Aale aus der Elbe. Aale zeigen infolge ihres hohen Fettgehaltes eine Ausprägung, lipophile Kontaminanten im Fettgewebe anzureichern, so dass Aale üblicherweise höhere Gehalte solcher Verbindungen aufwiesen als fettarme Fische wie die Brasse oder der Zander.

Die **Tabellen 5 und 6** geben eine Aufschlüsselung der Gehalte für DDT und Hexachlorbenzol in den Proben aus den verschiedenen Flüssen wieder, jeweils gesondert betrachtet für Brassens und Aale. Wie auch bereits in den Untersuchungsprogrammen von Flussfischen der vorangegangenen Jahre erwies sich die Elbe damit erneut als Belastungsschwerpunkt für Hexachlorbenzol und DDT. Die Belastung von Zanderproben mit chlororganischen Kontaminanten war in allen untersuchten Proben, von denen drei Proben aus dem Elbeseitenkanal, vier Proben aus der Ems und zwei Proben aus der Oste stammten, bemerkenswert niedrig.

2.5 Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Die Entstehung von PAK geht auf die unvollständige Verbrennung von organischen Materialien zurück. Daneben PAK sind damit Bestandteil von Erd- oder Rohöl und dessen Erzeugnissen. Das Vorliegen von PAK in Fischen kann mithin als Indikator für Einträge von Mineralölkohlenwasserstoffen - wie Bilgenöle oder Kraftstoffe von Schiffsantrieben - in Gewässer genutzt werden. In solchen Fällen würden die Ein- und Zwei-Ring-Systeme sowie alkylsubstituierte PAK das Bild der aromatischen Kohlenwasserstoffe dominieren, während bei PAK aus Verbrennungsprozessen die Vier- bis Sechs-Systeme die vorherrschenden Verbindungen darstellen.

Die Messung in den untersuchten Proben zeigt insgesamt eine sehr geringe Belastung mit PAK. Einträge von Mineralölkohlenwasserstoffen waren nicht erkennbar, was auch in Übereinstimmung mit den sensorischen Befunden zur Genussstauglichkeit steht.

Würden die für Lebensmittel geltenden Höchstmengen von 2,0 µg/kg für Benz[a]pyren bzw. 12 µg/kg für "PAK4" als Summe der vier Verbindungen Benz[a]pyren, Benz[b]Fluoranthren, Chrysen und Benz[a]Anthracen als Beurteilungsgrundlage herangezogen werden, ergäbe sich für keine der untersuchten Probe eine Höchstmengenüberschreitung.

2.6 Polybromierte Diphenylether (PBDE)

Polybromierte Diphenylether sind Verbindungen, die als additive Flammschutzmittel in vielen Bedarfsgegenständen sowie Kunststoffen und Textilien eingesetzt wurden. Die Gruppe PBDE besteht – wie auch die PCB - aus insgesamt 209 verschiedenen Einzelverbindungen (Kongeneren). Über ihre Produktion, Anwendung und Entsorgung während der zurückliegenden Jahrzehnte gelangten die PBDE als ubiquitäre Kontaminanten in die Umwelt, was auch zu einer Anreicherung in Biota führen kann. Alle kommerziellen PBDE-Produkte haben eine ausführliche Risikobewertung im Rahmen der EU Altstoffverordnung 793/93/EEC durchlaufen. Als Resultat wurden Penta- und Octabromdiphenylether verboten, da sie sich in der Umwelt anreichern, persistent und toxisch sind. Die niedriger bromierten PBDE, d. h. Penta-BDE und Octa-BDE sind möglicherweise karzinogen und hormonaktiv. Penta-BDE und Octa-BDE wurden 2003 mit der europäischen Richtlinie 2003/11/EG wegen der Gefährdung der Umwelt und zum vorbeugenden Schutz gestillter Säuglinge verboten. Trotz der weiten Verbreitung und der umfangreichen Risikobewertung dieser Stoffe, gibt es derzeit keine gesetzlich geregelten Höchstmengen für Lebensmittel.

Die **Tabelle 7** zeigt die Gehalte der verschiedenen PDBE als Mittelwerte sowie deren Minimal- und Maximalwerte gesondert für Aale und Brassen. Als lipophile Kontaminanten reichern diese Verbindungen sich bevorzugt im Fettgewebe an, so dass in Aalen in der Regel höhere mittlere (bzw. mediane) Konzentrationen zu verzeichnen sind als in Brassen. Beim Vergleich der Belastungen zwischen den verschiedenen Flüssen zeigen sich die höchsten Gehalte in Fischen aus der Weser und der Aller. In Fischen aus der Oste dagegen waren nur sehr geringe Belastungen feststellbar, wie aus der nachfolgenden **Tabelle 8** deutlich wird. Im Fall der sieben untersuchten Zanderproben befanden sich die Gehalte der BDE-Kongenerne zumeist unterhalb der Bestimmungsgrenzen, er war damit deutlich niedriger belastet als Brasse oder Aal (Einzeldaten finden sich im Anhang).

Tabelle 7: Gehalte von PBDE in der Muskulatur von Aalen und Brassen.

	Aal					Brasse				
	Anzahl Proben	Anzahl > BG	Min. [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	Max. [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	Mittel [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	Anzahl Proben	Anzahl > BG	Min. [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	Max. [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	Mittel [$\mu\text{g}/\text{kg}$]
BDE 28	61	40	0,03	0,17	0,08	38	14	0,04	0,43	0,12
BDE 47	61	57	0,20	12,32	3,07	38	38	0,07	9,92	1,72
BDE 99	61	47	0,03	1,70	0,42	38	12	0,07	1,81	0,53
BDE 100	61	40	0,04	2,78	0,74	38	26	0,06	1,89	0,37
BDE 153	61	31	0,05	1,16	0,38	38	16	0,06	0,65	0,32
BDE 154	61	20	0,12	2,29	0,56	39	31	0,04	0,77	0,20
BDE 181	61	1	0,25	0,25	0,25	38	0	-	-	-
BDE 183	61	9	0,30	4,55	1,44	38	5	0,16	2,71	0,88
BDE 209	61	1	0,78	0,78	0,78	39	0	-	-	-

Tabelle 8: Mittlere Gehalte von PBDE in Aalen und Brassen verschiedener Flüsse.

Gehalt in [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	Aal					Brasse				
	Aller	Elbe	Ems	Oste	Weser	Aller	Elbe	Ems	Oste	Weser
Anzahl	5	13	15	4	24	1	7	9	15	7
BDE 28	0,05	0,08	0,06	< 0,03	0,08	0,43	< 0,03	0,04	0,06	0,14
BDE 47	3,14	1,48	2,01	< 0,03	4,58	9,92	0,63	2,02	0,47	3,78
BDE 99	0,23	0,07	0,78	< 0,03	0,32	1,81	< 0,03	0,46	< 0,03	0,16
BDE 100	0,82	0,60	0,10	< 0,03	1,21	< 0,03	0,18	< 0,03	0,14	0,95
BDE 153	0,09	< 0,03	0,20	< 0,03	0,50	0,52	< 0,03	0,35	0,06	0,27
BDE 154	0,20	< 0,03	1,14	< 0,03	0,45	0,12	0,20	0,12	0,09	0,44
BDE 181	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,25	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
BDE 183	< 0,03	0,90	1,82	0,79	2,51	< 0,03	< 0,03	0,88	< 0,03	< 0,03
BDE 209	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,78	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03

2.7 Elemente (Blei, Cadmium, Quecksilber)

Quecksilber und die Schwermetalle Blei und Cadmium sowie deren Verbindungen sind toxisch. Für Fische und Fischereierzeugnisse gelten die in der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln, i.d.F. vom 28.11.2019 festgelegten Höchstgehalte von 0,3 mg/kg Blei und 0,05 mg/kg für Cadmium. Für Quecksilber sind die Höchstgehalte von 0,5 mg/kg in Brassen und Zander und 1,0 mg/kg in Aalen festgelegt.

Die für Fischerzeugnisse gesetzlich geltenden Höchstgehalte für Quecksilber, Blei und Cadmium wurden von keinen der untersuchten Fischarten in den beprobten Gewässern überschritten.

Der maximale Quecksilbergehalt in Brassen wurde in einer Brasse aus der Elbe bei Gorleben mit 0,31 mg/kg ermittelt, der niedrigste Gehalt von 0,013 mg/kg wurde in einer Brasse aus der Ems bei Lathen gemessen, als Mittelwert aller untersuchten Brassen (n=59) aus den beprobten nds. Flüssen wurden 0,14 mg/kg ermittelt.

Der maximale Quecksilbergehalt in Aalen wurde in einem Aal aus der Weser bei Hameln mit 0,52 mg/kg ermittelt, der niedrigste Gehalt von 0,062 mg/kg wurde in einem Aal aus der Oste bei Bremervörde gemessen, als Mittelwert aller untersuchten Aale (n=93) aus den beprobten nds. Flüssen wurden 0,18 mg/kg ermittelt.

Der maximale Quecksilbergehalt in Zander wurde in einem Zander aus der Oste bei Neuhaus mit 0,25 mg/kg ermittelt, der niedrigste Gehalt von 0,026 mg/kg wurde in einem Zander aus der Ems bei Lathen gemessen, als Mittelwert aller untersuchten Zander (n=12) aus den beprobten nds. Flüssen wurden 0,11 mg/kg ermittelt.

Die Untersuchungsergebnisse für Blei und Cadmium lagen weit überwiegend unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenzen und um den Faktor 5 (bei Cadmium) und 10 (bei Blei) unterhalb der jeweiligen gesetzlichen festgelegten Höchstgehalte.

Neben den Gehalten an Quecksilber, Blei und Cadmium wurden teilweise auch die Gehalte an Aluminium, Kupfer, Zink, Selen und Arsen bestimmt. Für diese Elemente sind aktuell keine Höchstgehalte festgelegt, aber sie dienen im Rahmen des bundesweiten Lebensmittelmonitorings zur Expositionsabschätzung durch Nahrungsmittel. Angaben zu diesen Elementen finden sich im Anhang (Anlage 1).

3. Zusammenfassung

Aus Sicht der **sensorischen Beurteilung** der Proben ergaben sich keine Beeinträchtigungen der Verzehrbarkeit. In den untersuchten Fischen konnten keine **Parasiten** erkannt werden, die zu einer lebensmittelrechtlich abweichenden Beurteilung geführt hätten. Hinsichtlich der Infektionsraten von Aalen mit Schwimmblasenwürmern (*Anguillicoloides crassus*), welche von fischereibiologischem Interesse sein können, sind die derzeit in Niedersachsen vorgefundenen Infektionsraten der einzelnen Flüsse im Vergleich zu anderen veröffentlichten Daten aus Deutschland als plausibel einzustufen. Im Mittel liegt die vorgefundene Infektionsrate in Niedersachsen jedoch häufig unter derjenigen, welche in der Literatur aus anderen Regionen Deutschlands zugänglich ist.

In Bezug auf **Perfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS)** sind die Ergebnisse wie folgt zusammenzufassen: In jeder untersuchten Probe wurden PFOS-Gehalte deutlich oberhalb der Bestimmungsgrenze gefunden. PFOA wurde in deutlich niedrigeren Konzentrationen gefunden, wobei sich 55 Proben unterhalb der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze befanden. Sowohl PFOS als auch PFOA wurden in sehr unterschiedlichen Konzentrationsbereichen gefunden. Die derzeit vorliegenden Daten zeigen dabei keine Unterschiede bei der Akkumulation von PFOS und PFOA in Aal, Brasse und Zander. Besondere Belastungsschwerpunkte bei den untersuchten Flüssen können nicht festgestellt werden, vielmehr obliegen die Konzentrationen einer großen Schwankungsbreite. Momentan existieren keine gesetzlich festgelegten PFOS- und PFOA-Grenzwerte für Fisch. Die neuesten toxikologischen Daten, die in der EFSA-Stellungnahme von 2018 zusammengefasst und bewertet wurden, legen jedoch nahe, dass insbesondere für PFOS alle gefundenen Gehalte als problematisch zu betrachten sind. Zur Beurteilung der PFAS-Gehalte im Fischmuskel werden Orientierungswerte aus toxikologischen Referenzwerten abgeleitet. Für deren Berechnung werden Szenarien der EFSA oder WHO benutzt, wie sie z.B. auch für die Bewertung von Dioxinen Verwendung finden. Der in den Szenarien errechnete TWI-Wert ist der Wert, bei dessen dauerhafter Überschreitung, gesundheitliche Schäden für den Verbraucher nicht ausgeschlossen werden können. Das den Berechnungen zugrunde gelegte Körpergewicht von 60 kg entspricht internationalen Standards. Er darf nicht als mögliches Durchschnittsgewicht der Verbraucher interpretiert werden. Vielmehr steht dieses Gewicht für ein Worst-Case-Szenario, da auch von einem Verzehr der Fische durch leichtere Personen, wie z.B. Kinder, auszugehen ist. Darüber hinaus sei angemerkt, dass auch ein höheres zugrunde gelegtes Körpergewicht zur gleichen Konsequenz führen würde. Geht man von den dort hergeleiteten TWI-Werten (s. 2.2) aus, hätte eine 60 kg wiegende Person bei einem täglichen Verzehr von 300 g Fischfleisch ihre maximale, täglich duldbare Menge bereits bei einem PFOS-Gehalt im Fisch von 0,36 µg/kg erreicht. Dieser Wert wird bei allen untersuchten Proben überschritten. Bei wöchentlichem Verzehr von 300 g Fischfleisch wäre entsprechend die maximale, wöchentlich duldbare Menge bei einem PFOS-Gehalt im Fisch von 2,6 µg/kg erreicht. Dieser Wert wird durch 83% der untersuchten Proben überschritten. Die Werte sind keine Grenzwerte, dienen jedoch zur Einordnung der gefundenen Gehalte mit Bezug auf anerkannte Standards zu Verzehrsmengen und Gewichtsüberlegungen.

Die Untersuchungsergebnisse für **Dioxine und PCB** lassen deutlich Unterschiede in der Belastungssituation der drei Fischarten erkennen, wobei die Gehalte innerhalb einer Fischart aber ebenfalls stark variieren. Während Zander ausnahmslos Gehalte unter den Höchstgehalten für Dioxine, der Summe aus Dioxinen und dl-PCB und der Summe der ndl-PCB aufweisen, wurden für die höher belasteten Brassen Höchstgehaltsüberschreitungen für 9 von 44 Proben (20 %) festgestellt, teilweise wurden in einer Probe die Höchstgehalten für mehrere Parameter überschritten. Nur in einer von neun Proben

Aal wurde eine Höchstgehaltsüberschreitung ermittelt, allerdings weisen Aale verglichen mit Zander und Brassen grundsätzlich die höchsten Gehalte an Dioxinen und PCB auf.

Der Verzehr von Aalen und Brassen kann erheblich zur Aufnahme von Dioxinen und PCB beim Menschen beitragen. Für die Erstellung einer Verzehrsempfehlung ist eine Risikobewertung durch das BfR auf Basis des durch EFSA 2018 festgelegten TWI erforderlich.

Die Untersuchung der Fische auf Polybromierte Diphenylether (PBDE) hat gezeigt, dass diese Verbindungen ein hohes Maß an Ausbreitung in der Umwelt und in Biota aufweisen. Für eine Einschätzung der Belastung von Fischen mit PBDE fehlt derzeit die toxikologische Grundlage, was sich auch darin äußert, dass derzeit noch keine gesetzlich festgelegten Höchstmengen bestehen.

Unter den **chlororganischen Verbindungen (Chlorierte Kohlenwasserstoffe und Chlorpestizide (CKW))** wurden die höchsten Positivraten für DDT und seine Metaboliten sowie Hexachlorbenzol ermittelt. Höchstmengenüberschreitungen entsprechend einer lebensmittelrechtlichen Beurteilung haben sich in drei Fällen für DDT und seine Metaboliten, in weiteren drei Fällen Hexachlorbenzol und in einem Fall für beta-HCH ergeben. Bei allen sieben Höchstmengenüberschreitungen handelte es sich um Proben von Aalen aus der Elbe. Die Elbe gilt damit auch weiterhin als Belastungsschwerpunkt für DDT und Metaboliten sowie für Hexachlorbenzol. Die Brassen waren gegenüber den Aalen in der Regel geringer belastet.

Die für Fischerzeugnisse gesetzlich geltenden Höchstgehalte für die **Schwermetalle** Quecksilber, Blei und Cadmium wurden von keinen der untersuchten Fischarten in den beprobten Gewässern überschritten. Auch der in einem Aal aus der Weser ermittelte maximale Quecksilbergehalt von 0,52 mg/kg ist bei dem gesetzlichen Höchstgehalt von 1,0 mg/kg lebensmittelrechtlich unbedenklich. Die Untersuchungsergebnisse für Blei und Cadmium lagen weit überwiegend unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenzen.