

FISCH ALS LEBENSMITTEL

Einfluss der Verarbeitung auf lipophile chlororganische Rückstände in Fischen

Horst Karl, Institut für Biochemie und Technologie

Die Untersuchungen von Fischen auf organische Rückstände haben sich bisher überwiegend auf die Belastungssituation der Rohware konzentriert (Karl und Lehmann 1999). In Deutschland wird Fisch jedoch in der Regel nicht roh verzehrt, sondern vor dem Genuss zubereitet. Dies gilt sowohl im Haushalt, wo der Fisch meist gebraten oder gedünstet wird, als auch für die industrielle Herstellung von Fischerzeugnissen. Es wurde daher der Einfluss gängiger Verarbeitungsformen auf die Gehalte an lipophilen organischen Rückständen in Fischerzeugnissen am Beispiel der Chlordan- und Toxaphenbelastung untersucht und mögliche Veränderungen während der Herstellung von Räucherfischerzeugnissen, von marinierten Heringsfilets und von Dauerkonserven erfasst.

Die Palette der industriell hergestellten Fischerzeugnisse reicht von Räucherfischprodukten über Marinaden (z. B. Bismarkheringe), Salate, Salzfischerzeugnisse (z. B. Seelachsersatz in Öl) und Anchosen (z. B. Matjes) bis hin zu der Vielfalt der verschiedenen Dauerkonserven (z. B. Hering in Tomatensauce). 1998 verteilte sich der Pro-Kopf-Verbrauch an Fisch und Fischerzeugnissen auf die in Tabelle 1 angegebenen Produktbereiche (FIZ 1999). Der Tabelle kann entnommen werden, dass über 60 % der in Deutschland vermarkteten Fische, Krebse und Weichtiere erst nach technologischer Aufbereitung verzehrt werden.

Bei der Produktherstellung unterliegt die jeweils eingesetzte Rohware meist mehreren Verfahrensschritten, die zu Veränderungen der Rückstandsgehalte führen können. Hinzu kommt, dass auch die haushaltsmäßige Zubereitung die Rückstandsgehalte beeinflussen kann. Nach Literaturangaben soll z. B. das Fritieren und Grillen

die Gehalte an PCBs in Fischen und anderen Lebensmitteln reduzieren (Moya *et al.* 1998; Salama *et al.* 1998; Schecter *et al.* 1998).

Die Abschätzung der täglichen Aufnahme an Rückständen durch den Verzehr von Fischen erfolgte bisher über den Marktanteil der wichtigsten Konsumfische, wobei zur Berechnung der Belastung die Gehalte im essbaren Anteil der Rohware herangezogen wurden. Diese Berechnungsgrundlage wurde u. a. bei der Neufestlegung der Höchstmengen für Toxaphen in Fischen angewandt.

Tabelle 1: Verteilung des Pro-Kopf-Verbrauchs auf Produktbereiche.

Distribution of fish consumption by products.

| Produktbereich | Anteil 1998 (%) |
|--|-----------------|
| Konserven und Marinaden | 33 |
| Tiefkühlfish | 21 |
| Frischfish | 14 |
| Krebse und Weichtiere | 14 |
| Sonstige Fischerzeugnisse (Anchosen, Matjes, Salzheringe) | 10 |
| Räucherfish | 5 |
| Fischsalate | 3 |

Influence of processing on lipophilic organochlorine residues in fish

Influence of fish processing methods on changes of chlordane and toxaphene residue concentrations were studied in various fishery products. Investigation included smoking, marinating and canning of fish. Smoking of Greenland halibut and ocean perch led to an increase in chlordane and toxaphene residue amounts in the edible part in relation to the raw material. A similar increase was observed during the marinating process of herring fillets. In both cases, loss of water was responsible for the observed changes in residue contents. The fat and thus the lipophilic organochlorine compounds remained completely in the products. Canning of herring fillets in tomato sauce reduced the residue concentration of the final product due to dilution by the tomato sauce. The concentrations in the fillets kept nearly unchanged even after storage of cans for six months. No equilibration was observed between residue concentrations in fillets and sauce.

Der hohe prozentuale Anteil der Produkte am Gesamtverzehr fand bei den bisherigen Abschätzungen keine Berücksichtigung, da Erkenntnisse über mögliche Veränderungen der Rückstandskonzentrationen während der Verarbeitung weitgehend fehlen.

Ziel unserer Untersuchungen war es daher, das Verhalten organischer Rückstandskonzentrationen im essbaren Anteil von Fischen während der Verarbeitung zu typischen Produkten am Beispiel der Chlordan- und Toxaphengehalte zu untersuchen.

Auswahl der untersuchten Rückstände

Chlordan- und Toxaphenverbindungen (Chlorbornane) sind typische Vertreter der Gruppe der persistenten chlororganischen Rückstände. Die Substanzen wurden bzw. werden in verschiedenen Ländern zum Teil immer noch als Schädlingsbekämpfungsmittel eingesetzt und sind inzwischen ubiquitär verbreitet (WHO 1991; Voldner und Li 1993). Von Fischen werden sie über die Nahrung aufgenommen und überwiegend im Fettgewebe gespeichert (Alder 1997).

Umfangreiches Datenmaterial existiert inzwischen über die Gehalte im essbaren Anteil von unverarbeiteten Fischen, Krebsen und Weichtieren (Alder 1997; Karl *et al.* 1998), jedoch nicht für Produkte.

Für die Untersuchungen ausgewählt wurden die für Fische und Fischerzeugnisse gesetzlich geregelten Toxaphen- und Chlordanverbindungen (Bundesminister für Gesundheit 1997), sowie als weitere Chlordanverbindung das Nonachlor.

Gesetzlich geregelte Toxaphenverbindungen:

| | | |
|---|---|-----------|
| -2-endo, 3-exo, 5-endo, 6-exo, 8, 8, 10, 10-Octachlorbornan | = | Parlar 26 |
| -2-endo, 3-exo, 5-endo, 6-exo, 8, 8, 9, 10, 10-Nonachlorbornan | = | Parlar 50 |
| - 2, 2, 5, 5, 8, 9, 9, 10, 10-Nona- chlorbornan | = | Parlar 62 |

Gesetzlich geregelte Chlordanverbindungen:

oxy-, cis- und trans-Chlordan

Zur besseren Übersicht erfolgen die Angaben in dieser Studie in der Regel als Summe der Einzelverbindungen im essbaren Anteil, angegeben als µg/kg Feuchtsubstanz (FS).

Kommerzielle Verarbeitung von Fischen

Mit der vorliegenden Untersuchung wurden mögliche Veränderungen der Rückstandskonzentrationen während

der Herstellung von Räucherfischerzeugnissen, von Marinaden und Dauerkonserven erfasst. Durch die Untersuchung der Marinaden wird auch eine Aussage zu der Produktgruppe der Feinkost- bzw. Fischsalate möglich, da in diesen Erzeugnissen vornehmlich marinierte Heringshappen als Fischrohware eingesetzt werden.

Die Versuche wurden entweder in den institutseigenen Versuchsanlagen oder in Zusammenarbeit mit Produktionsfirmen durchgeführt.

Einfluss der Räuchertechnologie auf die Rückstände im essbaren Anteil von Fischen

Bei der Herstellung von Räucherfischen werden zwei Verfahren unterschieden: Heißräuchern und das Kalt- räuchern.

In beiden Verfahren wird die Rohware zunächst gesäubert und vorgesalzen. Bei heißgeräucherten Erzeugnissen wird ein Salzgehalt im Endprodukt von ca. 1–2 %, bei kaltgeräucherten Waren von ca. 3 bis 4 % angestrebt. Anschließend wird die Ware vorgetrocknet und während der Heißräucherung auf 60 °C erhitzt.

Bei der Kalträucherung verbleibt die Ware länger im Räucherrauch und die Temperatur darf 30 °C nicht übersteigen. Die möglichen Veränderungen bei der Herstellung von Räucherfischprodukten wurden an zwei typischen Fischarten, dem Rotbarsch und dem Schwarzem Heilbutt, verfolgt.

Die Heißräucherung erfolgte in der institutseigenen automatischen Räucheranlage mit externer Räucherzeugung. Geräuchert wurde mit Buchenhackspänen. Um einen direkten Vergleich zwischen der Rohware und dem Erzeugnis zu ermöglichen, wurden je Probe 5 ausgewählte Fische ohne Kopf halbiert und je ein Teil roh und ein Teil geräuchert auf Rückstände untersucht. Die Versuche wurden mehrfach wiederholt.

Bei der Heißräucherung führte die Erhitzung und der Räuchervorgang zu einer deutlichen Verringerung der Wassergehalte und damit zu einer Gewichtsabnahme der Proben, während das Fett im Produkt verblieb.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Da die Chlordan- und Toxaphenverbindungen vornehmlich im Fett gelöst sind, erhöht sich ihre Konzentration im geräucherten Produkt im Vergleich zur Rohware in dem Maße, wie der Wassergehalt abnimmt. Daher stiegen die Rückstandsgelalte im verzehrfähigen Anteil der Räucherware im Vergleich zur Rohware deutlich an (Abbildung 1). Die durchschnittliche Zunahme an Chlordan (Nonachlor, *oxy-, cis- und trans-Chlordan*) betrug beim Rotbarsch 52,5 % und an Toxaphen (Parlar 26, Parlar 50

Tabelle 2: Einfluß der Heißräucherung auf die Zusammensetzung von Rotbarsch und Schwarzem Heilbutt. *) = bezogen auf den essbaren Anteil.

*Influence of hot smoking on the composition of Ocean perch and Greenland halibut. *) = in relation to edible part.*

| | Anzahl Poolproben | Mittlerer Fettgehalt [%] | Mittlerer Gewichtsverlust [%] | Mittlere Zunahme* Fett [%] | Mittlere Zunahme* Trocken- substanz [%] |
|------------|-------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|
| Rotbarsch | 9 | | | | |
| Geräuchert | | 6,21 | 18,4 | 63,8 | 31 |
| Roh | | 3,87 | | | |
| Heilbutt | 8 | | | | |
| Geräuchert | | 15,0 | 27,1 | 59,8 | 42,4 |
| Roh | | 9,5 | | | |

verändert. Dies kann als Bestätigung dafür angesehen werden, dass das Fett und damit die lipophilen organischen Rückstände im Produkt verblieben sind.

Betrachtet man die Einzelverbindungen, so ergibt sich ein relativ homogenes Bild. Die individuelle Zunahme bezogen auf das Frischgewicht lag beim Heilbutt für alle untersuchten Chlordanverbindungen zwischen 60 und 65 % und für die drei Toxaphenverbindungen zwischen 50 und 65 % (Tabelle 3),

d. h. alle lipophilen Einzelverbindungen zeigten ein mehr oder weniger identisches Verhalten während der Räucherung.

Tabelle 3: Mittlere Veränderungen der Rückstandsgehalte beim Heilbutt durch die Heißräucherung (n = 8 Poolproben).

Average changes of amount of single chlordane and toxaphene compounds during smoking (n = 8 pooled samples).

| | Chlordan | | | Nonachlor | Toxaphen | | |
|-------------|------------|------|--------|-----------|----------|--------|--------|
| | -oxy | -cis | -trans | | Par.26 | Par.50 | Par.62 |
| | [µg/kg FS] | | | | | | |
| Heilbutt | | | | | | | |
| Roh | 0,8 | 3,3 | 1,1 | 3,5 | 4,1 | 6,9 | 5,9 |
| Geräuchert | 1,3 | 5,6 | 1,8 | 5,8 | 6,3 | 11,5 | 9,2 |
| Zunahme [%] | 66 | 60 | 61 | 62 | 50,8 | 64,4 | 57 |

Einfluss des Marinierens auf die Rückstandsgehalte

Als Marinaden bezeichnet man Fischerzeugnisse, die ausschließlich durch Einlegen von frischen oder tiefgefrorenen Fischfilets in ein Garbad aus Salz und Essigsäure haltbar und anschließend nach Überführung in einen milden Aufguss genussfähig gemacht werden. Als Rohware für die Herstellung von marinierten Produkten wird in Deutschland überwiegend Hering eingesetzt. Typische Produkte sind der Bismarckhering und der Rollmops. Beim Einsatz von frischer Rohware werden die Salz- und Säurekonzentrationen des Garbades durch die Vorgaben der Fischhygiene-Verordnung (Bundesministerium für Gesundheit 1999) geregelt. In der Fischindustrie wird meist ein Garbad aus 7 % Essigsäure und 14 % Salz im Verhältnis 1,5 Teile Fisch zu 1 Teil Garbad eingesetzt.

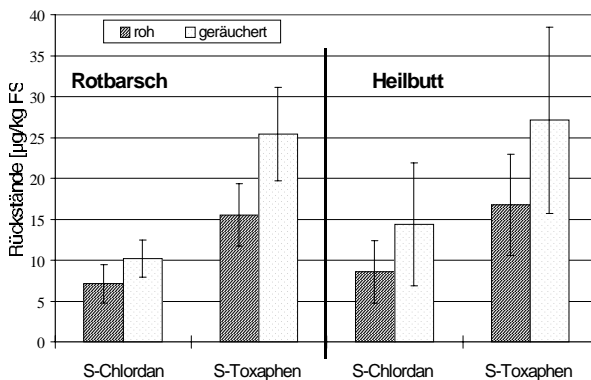


Abbildung 1: Veränderungen der Rückstandsgehalte beim Räuchern von Schwarzem Heilbutt und Rotbarsch; S-Chlordan = Nonachlor + oxy- + cis- + trans-Chlordan; S-Toxaphen = Parlar 26 + Parlar 50 + Parlar 26.

Changes of residue contents during smoking of Greenland halibut and Ocean perch. S-Chlordane = Nonachlor + oxy + cis- + trans-Chlordane ; S-Toxaphen = Parlar 26 + Parlar 50 + Parlar 26.

und Parlar 62) 68,3 %. Ähnliche Zunahmen wurden auch beim Heilbutt beobachtet. Hier betragen die Zunahmen: Chlordan 62,3 %, Toxaphen 58,7 %.

Die Schwankungen sind auf die unterschiedliche Belastung der Einzelproben zurückzuführen. Berechnet auf den Fettgehalt blieben die Gehalte dagegen nahezu un-

Nach 14-tägiger Lagerung bei 4 °C ist ein Konzentrationsausgleich zwischen Lake und Filet eingetreten, jedoch verbleibt frische Ware meist 35 Tage im Garbad, um eventuell vorhandene Nematodenlarven abzutöten. Nach Beendigung des Garprozesses werden die Filets (Sauerlappen) in Gläser umgepackt und mit einem milden Aufguss bedeckt. Nach nochmaligem Konzentrationsausgleich (ca. 7 Tage) ist das Produkt verzehrfähig.

Zur Überprüfung möglicher Änderungen der lipophilen Rückstände während der Marinadenherstellung wurden am Institut frische Heringsfilets in einem 25 l Fass mit einem Garbad vermischt und bis zum Konzentrationsausgleich 14 Tage unter Kühlung gelagert. Anschließend wurden die Sauerlappen in 500 ml Gläser überführt und mit einem kommerziellem Aufguss versehen. Die genauen Herstellungsbedingungen und die gemess-

Tabelle 4: Zusammensetzung der Ware und Herstellungsbedingungen von marinierten Heringsfilets. Angaben in Gewichts-% (w/w), FGW = Fischgewebewasser.

Composition of products and processing conditions of marinated herring fillets. Data in % (weight/weight), FGW = water phase of tissue.

| | Sauerlappenherstellung | | | | Endprodukt | | |
|--------|---|-----------|--------|-----------|--|----------|-----------|
| | Verhältnis Fisch:Lake 1,5:1 Lagerung 14 Tage bei 4°C | | | | Verhältnis Fisch:Aufguß 1:1 Lagerung 7 Tage bei 4°C | | |
| | Garbad | | Filet | | Aufguß | | Filet |
| | Ausgang | Nach 14 d | Frisch | Nach 14 d | Frisch | Nach 7 d | Nach 7 d |
| Salz | 14 | 6,64 | | 7,0 (FGW) | 1 | 3,9 | 4,1 (FGW) |
| Säure | 7 | 3,0 | | 3,7 (FGW) | 0,5 | 1,9 | 2,1 (FGW) |
| Fett | | | 14,0 | 20,1 | | | 17,5 |
| Wasser | | | 68,6 | 58,1 | | | 64,6 |

senen Salz- und Säuregehalte sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

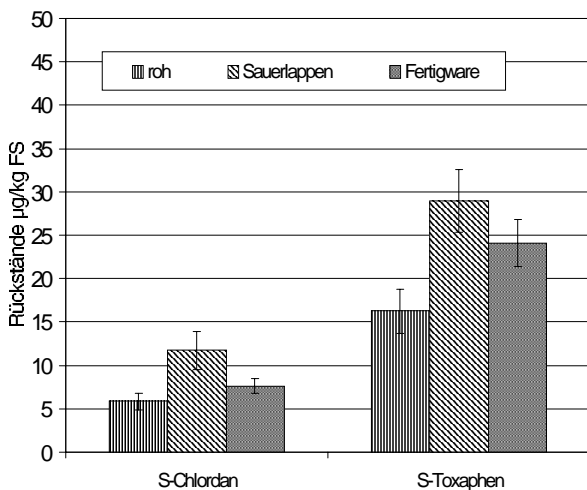


Abbildung 2: Veränderungen der Rückstandsgehalte beim Marinieren von frischen Heringsfilets (n = 5 Poolproben, S-Chlordan = Nonachlor + oxy- + cis- + trans-Chlordan; S-Toxaphen = Parlar 26 + Parlar 50 + Parlar 62).

Changes of residue concentrations during marinating of herring fillets (n = 5 pooled samples, S-Chlordane = Nonachlor + oxy- + cis- + trans-Chlordane; S-Toxaphene = Parlar 26 + Parlar 50 + Parlar 62).

Tabelle 5: Veränderungen der Rückstandsgehalte beim Marinieren von Heringsfilets bezogen auf den Fettgehalt.

Changes of residue concentrations during marinating process of herring fillets based on fat content.

| | Fettgehalt [%] | S-Chlordan [µg/kg Fett] | S-Toxaphen [µg/kg Fett] |
|-------------|----------------|-------------------------|-------------------------|
| Roh | 14,0 | 42,1 | 116 |
| Mariniert | 17,5 | 41,7 | 137,7 |
| Zunahme [%] | 25 | 0 | 18,7 |

Um bei der Rückstandsuntersuchung individuelle Schwankungen während der Verarbeitung zu minimieren, wurden von der Rohware und den Sauerlappen 5 Poolproben zu je 1kg Filet genommen und die Ergebnisse gemittelt.

Nach Konzentrationsausgleich in den Gläsern wurde nur der Fischanteil von 4 Gläsern zu je einer Poolprobe vereint und homogenisiert und der Aufguss verworfen, da der Verbraucher in der Regel nur die marinierten Filets verzehrt. Auch hier wurde die Analyse fünfmal wiederholt.

Durch das Einlegen in das Garbad wurde den Filets Wasser entzogen und der Salzgehalt deutlich erhöht, dies wird auch durch die Zunahme der Trockensubstanz um 33 % verdeutlicht. Gleichzeitig erhöhte sich auch der Fettgehalt um ca. 44 %. Mit Zugabe des Aufgusses nahmen die Sauerlappen wieder Wasser auf und die relative Trockensubstanz- und Fettzunahme verringerte sich entsprechend. Dennoch blieb der Fettgehalt mit 17,5 % im Vergleich zur Rohware mit 14,0 % deutlich erhöht.

Gleiches Verhalten zeigten auch die Rückstandsgehalte in den unterschiedlichen Verarbeitungsstufen (Abbildung 2). Die Chlordan- und Toxaphengehalte stiegen in den Sauerlappen zunächst fast auf das Doppelte an und waren auch im Endprodukt gegenüber der Rohware noch deutlich erhöht. In der Fertigware wurde eine Zunahme der Chlordankonzentration um 30 % und der Toxaphenkonzentration um 48 % ermittelt.

Berechnet auf den Fettgehalt blieben die Rückstandsgehalte wiederum praktisch unverändert (Tabelle 5), d. h. auch beim Marinieren verblieben die lipophilen Rückstände vollständig im Fett.

Der auch nach Bezug auf den Fettgehalt beobachtete geringe Anstieg der Toxaphenkonzentrationen im Ver-

gleich zur Rohware muss nicht ursächlich mit dem Marinieren in Zusammenhang stehen, erklärbar wäre dies auch durch Schwankungen der Gehalte innerhalb des Untersuchungsmaterials.

Einfluss der Dauerkonservenherstellung auf die Rückstandsgehalte

Der technologische Ablauf bei der Herstellung von Fischdauerkonserven kann in mehrere Schritte unterteilt werden:

- Die Rohware (Heringsfilets mit Haut) wird gewaschen und bei ca. 90 °C gedämpft, um den Wassergehalt zu reduzieren.
- Die gedämpften Filets werden maschinell oder per Hand in ovale Aluminiumdosen gelegt, die Tunke und ggf. Beilagen werden hinzugefügt, und die Dosen mit einem Deckel verschlossen.
- Die gewaschenen Dosen werden im Autoklaven bei Temperaturen von 110 bis 121 °C sterilisiert.
- Anschließend werden die Konserven meist mehrere Wochen vor dem Verkauf zwischengelagert, um einen Ausgleich zwischen Tunke und Filet zu erreichen.

Die möglichen Veränderungen der Rückstandsgehalte im Laufe der Verarbeitung wurden an einem typischen Produkt, den Heringsfilets in Tomatencreme, untersucht. Die Proben wurden an verschiedenen Stufen direkt aus der laufenden Produktion eines großen Dauerkonservenherstellers entnommen.

Analysiert wurden die Rohware, die gedämpften Filets und der Gesamtinhalt der Dosen nach einer halbjährigen Lagerung. In diesem Falle wurde der Gesamtinhalt der Dosen untersucht, da der Verbraucher bei Fischdauerkonserven im allgemeinen nicht nur den Fischanteil sondern auch die Tunke verzehrt. Tabelle 6 zeigt eine Zusammenstellung der wesentlichen Ergebnisse der Untersuchung.

Tabelle 6: Veränderungen der Toxaphen- und Chlordangehalte während der Herstellung von Dauerkonserven. n.n. = nicht nachweisbar.

Changes of toxaphene and chlordane residue amounts during canning. n.n. = not detectable.

| | Anzahl Poolproben | Fettgehalt [%] | Mittl. Chlordangehalt [µg/kg FS] | Mittl. Toxaphengehalt [µg/kg FS] |
|------------------|-------------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Rohware | 10 | 5,15 | 7,13 | 14,47 |
| Gedämpfte Filets | 5 | 5,86 | 8,92 | 16,73 |
| Tunke | 1 | 19,57 | n.n. | n.n. |
| Dauerkonserven | 5 | 11,1 | 5,32 | 11,51 |

Um auch bei diesem Versuch individuelle Schwankungen bei der Interpretation der Ergebnisse möglichst ausschließen zu können, wurden Poolproben aus je 10 frischen und gedämpften Filets und aus je 10 Dosen gebildet und die Untersuchungen mehrfach wiederholt.

Im Gegensatz zur Räucherung und Marinierung haben sich durch die Dauerkonservenherstellung die Chlordan- und Toxaphengehalte im fertigen Produkt im Vergleich zur Rohware um 25 % bzw. im Vergleich zur gedämpften Ware um 30 bis 40 % reduziert. Dies entspricht in etwa der zugegebenen Menge an Tunke, d. h. bei der beobachteten Abnahme handelt es sich um einen Verdünnungseffekt durch die Tunke, die nur Spuren an Rückständen aufwies.

Um zu ermitteln, ob es im Laufe der Lagerung zu einem Übergang von Rückständen aus dem Filet in die Tunke gekommen war, wurde zusätzlich eine Mischprobe von 5 Dauerkonserven getrennt nach Tunke und Filet untersucht. Selbst nach sechsmonatiger Lagerung waren in der Tunke nur Spuren an Chlordanen und Toxaphenen

Tabelle 7: Analyse von 5 Dauerkonserven „Hering in Tomatensauce“ nach sechsmonatiger Lagerung bei Raumtemperatur. FS = Frischsubstanz.

Analysis of 5 cans of "Herring in tomato sauce" after a storage time of six months at room temperature. FS = wet weight.

| | Fettgehalt [%] | Mittl. Chlordangehalt [µg/kg FS] | Mittl. Toxaphengehalt [µg/kg FS] |
|-------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Filet | 5.75 | 5.34 | 14.28 |
| Tunke | 15.45 | 0.53 | 0.79 |

nachweisbar, während im Filet die erwarteten Gehalte analysiert wurden (Tabelle 7).

Im Ergebnis zeigte sich damit, dass es trotz der thermischen Belastung, des relativ hohen Fettgehaltes der Tunke und der langen Lagerdauer zu keinem Konzentrationsausgleich der Schadstoffe in der Konserve kommt.

Fazit

Die vorliegenden Ergebnisse dokumentieren, dass die Verarbeitung von Fischen erheblichen Einfluss auf die Rückstandsgehalte im essbaren Anteil haben kann, obwohl, bezogen auf den Fettgehalt, keine Änderungen beobachtet wurden. Je nach Verarbeitungsprozess kann es durch eine Wasserabgabe, eine Salzaufnahme oder durch die Zugabe von weiteren Produktbestandteilen zu einer Erhöhung bzw. Erniedrigung der Rückstände in

den Endprodukten im Vergleich zur Rohware kommen. Dies ist vor allem für eine Abschätzung der täglichen Aufnahme an Rückständen über den Verzehr von Fisch bzw. auch von anderen tierischen Lebensmitteln von Bedeutung, da Lebensmittel tierischer Herkunft in der Regel nicht roh verzehrt werden.

Die bisherige Vorgehensweise, eine Abschätzung anhand der Marktanteile der einzelnen Fischarten vorzunehmen, berücksichtigt weder eventuelle Veränderungen während der Verarbeitung noch die Anforderungen der Firmen an bestimmte Fettgehalte der Rohware. Beide Faktoren haben jedoch Einfluss auf die Rückstandsgehalte in den Endprodukten.

Deshalb erscheinen fundierte Kenntnisse über Rückstandskonzentrationen in den Produkten sowie über mögliche Veränderungen der Rückstandsgehalte während der kommerziellen Verarbeitung unerlässlich, um die tatsächliche Belastung des Verbrauchers durch den Verzehr von Lebensmitteln ermitteln zu können.

Danksagung

Iris Bagge danke ich für die sorgfältige Durchführung der Versuche und Analysen. Außerdem sei an dieser Stelle der Fa. Norda-Lysell, Cuxhaven für die Unterstützung bei der Durchführung der technischen Versuche gedankt.

Zitierte Literatur

Alder, L.; Beck, H.; Khandker, S.; Karl, H.; Lehmann, I.: Levels of toxaphene indicator compounds in fish. *Chemosphere* 34: 1389-1400, 1997.

Bundesminister für Gesundheit: Verordnung über Höchst-mengen an Rückständen von Pflanzenschutz- und Schädlings-bekämpfungsmitteln, Düngemitteln und sonstigen Mitteln in oder auf Lebensmitteln und Tabakerzeugnissen (Rückstands-Höchst-mengenverordnung) vom 1. September 1994 i. d. F. vom 26. 9. 97. *BBGL. I. S.* 2366, 1997.

Bundesministerium für Gesundheit: Verordnung über die hy-gienischen Anforderungen an Fischereierzeugnisse und leben-de Muscheln (Fischhygiene-Verordnung-FischHV) vom 31. März 1994 i. d. F. vom 12. 5. 1999. *BGBL. I S.* 938, 1999.

FIZ (Fisch-Informationszentrum e. V.): Daten und Fakten. Aus-gabe 1999. Hamburg, Berlin, 1999.

Karl, H.; Lehmann, I.: Lipophile organische Rückstände im Nahrungsmittel Fisch - Eine aktuelle Bestandsaufnahme. *Inf. Fischwirtsch. Fischereiforsch.* 46: , 45-51, 1999.

Karl, H.; Lehmann, I.; Oetjen, K.: Levels of chlordane compounds in fish muscle, -meal, -oil and -feed. *Chemosphere* 36: 2819-2832, 1998.

Moya, J.; Garrahan, K. G.; Poston, T. M.; Durell, G. S.: Effects of cooking on levels of PCBs in the fillets of winter flounder. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 60: 845-851, 1998.

Salama, A. A.; Mohamed, M. A. M.; Duval, B.; Potter, T. L.; Levin, R. E.: Polychlorinated biphenyl concentration in raw and cooked north atlantic bluefish (*Pomatomus saltatrix*) fillets. *J. Agric. Food Chem.* 46: 1359-1362, 1998.

Schechter, A.; Dellarco, M.; Pöpke, O.; Olson, J.: A comparison of dioxins, dibenzofurans and coplanar PCBs in uncooked and broiled ground beef, carfish and bacon. *Chemosphere* 37: , 1723-1730, 1998.

Voldner, EC.; Li YF.: Global usage of toxaphene. *Chemosphere* 27: 2073-2078, 1993.

WHO: Chlordane and heptachlor, IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans 53: 115-175, 1991.