

Abschlussbericht

für das BMELV-Projekt

Statuserhebung des Gehaltes an PFT (Perfluorierte organische Tenside) in Futtermitteln und Lebensmitteln tierischer Herkunft zur Abschätzung der Belastung

Förderkennzeichen: 2807HS035
Aktenzeichen: 514-06.01-2807HS035
Laufzeit: 1 Jahr
Berichtszeitraum: 01.01.2009 bis 31.12.2009

<i>Antragsteller:</i>	<i>Projektleiter/Stellvertreter</i>
Justus-Liebig-Universität Gießen Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement Professur für Abfall- und Ressourcenmanagement	Prof. Dr. S. Gäth Telefon: 0641-99-37383 Stefan.a.gaeth@umwelt.uni-giessen.de
Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung Heinrich-Buff-Ring 26 35392 Gießen	PD Dr. R.-A. Düring Telefon: 0641-99-37104 Rolf-alexander.duering@umwelt.uni-giessen.de
Unterauftrag:	
Landesbetrieb Hessisches Landeslabor Marburger Strasse 54 35396 Giessen	Prof. Dr. Hubertus Brunn Telefon: 0641- 3006-100 Hubertus.Brunn@lhl.hessen.de

Gießen den 30.03.2010

Prof. Dr. S. Gäth

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis.....	2
1. Ziele und Aufgaben des Vorhabens.....	3
1.1 Planung und Ablauf des Vorhabens.....	3
1.2 Stand der Forschung.....	3
2. Material und Methoden.....	9
2.2 Bestimmung von PFT in Lebensmitteln:.....	9
2.2 Herkunft und Auswahl der Proben.....	10
3. Ergebnisse	12
3.1 Untersuchungsergebnisse	12
3.1.1 Raufutterproben	12
3.1.2 Rindfleischproben	15
3.1.3 Milch	17
3.1.4 Eier	18
3.1.5 Fische	19
3.2 Belastung des Menschen durch die untersuchten Nahrungsmittel	20
3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	23
4. Zusammenfassung.....	24
5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen.....	25
6. Literaturverzeichnis	26
7. Anhang.....	28



Abkürzungsverzeichnis

BG	Bestimmungsgrenze
HPLC	Hochleistungs-Flüssigchromatographie
Ind.-PCB	Indikator-PCB
ISTD	Interner Standard
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PFOA	Perfluorooctansäure
PFOS	Perfluorooctansulfonsäure
PFT	Perfluorierte Tenside
TBME	Tertiärbuthyl Methylether
TDI	Tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (tolerable daily intake)
TEQ	Toxizitätsäquivalente, Kennzahl zur Abschätzung der Gefährlichkeit von Dioxinen
TS	Trockensubstanz



1. Ziele und Aufgaben des Vorhabens

1.1 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Aufmerksamkeit gegenüber Perfluorierten Tensiden (PFT)¹ und deren Verhalten in der Umwelt hat in den letzten Jahren durch neue und verbesserte Nachweismethoden sowie gravierende Umweltskandale zugenommen.

Mittlerweile konnten PFT in verschiedenen, stichprobenartig gewonnenen Tier- und Pflanzenproben nachgewiesen werden. Eine systematische Deutung des Verhaltens der PFT in der Umwelt ist daraus allerdings nur eingeschränkt möglich.

Die einzelnen Nachweise von PFT in Umweltproben und das zunehmende Interesse an dieser Stoffgruppe in der Gesellschaft erinnern an die Entwicklungen des Kenntnisstandes über Dioxine und (dioxinähnlichen) PCB. Auch bei diesen umweltrelevanten Stoffgruppen wurde durch verschiedene systematische Untersuchungsprogramme der Erkenntnisstand schrittweise vorangetrieben. Im Jahr 2009 wurde der Abschlussbericht „Statuserhebung zu Dioxinen und PCB in Futter- und vom Tier stammenden Lebensmitteln“ vorgelegt, dessen Untersuchungen den Zeitraum 2004-2008 umfassen.

Die in diesem, vom BMELV geförderten Verbundvorhaben gewonnenen Proben sind dahingehend wertvoll, da sie zum einen ein breites Spektrum unterschiedlicher Herkunft und Produktionsbedingungen abbilden, zum anderen ausreichend dokumentiert und archiviert sind.

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel des abgeschlossenen Vorhabens, die im Dioxin- bzw. PCB-Untersuchungsprogramm gewonnenen und untersuchten Proben auf die (neue) Stoffgruppe der PFT zu untersuchen.

Mit diesen Proben soll die Belastung der Futter- und vom Tier stammenden Lebensmittel mit PFT besser abgeschätzt und der hierzu bisher nur in geringem Maße vorhandene Datensatz ergänzt werden. Außerdem soll geprüft werden, ob es einen Zusammenhang zwischen dem Dioxin- bzw. PCB-Status und der PFT-Belastung gibt.

1.2 Stand der Forschung

Organische Fluorverbindungen finden seit mehr als 50 Jahren in allen Lebensbereichen unserer Zivilisationsgesellschaft und insbesondere in den letzten 25 Jahren zunehmende Anwendung (Houde et al., 2006, Paul et al., 2009). Neben dem Gebrauch als Feuerlöschmittel, dem vielfältigen Einsatz in der Industrie oder als Bestandteil von

¹ Im vorliegenden Abschlußbericht wird für diese Stoffgruppe das Kürzel PFT verwendet. Im internationalen Sprachgebrauch lautet das Kürzel PFC (*Perfluorinated Compounds*).



pharmazeutischen Wirkstoffen ist der weitreichende Einsatz der mehrfach fluorierten Tenside (Perfluorierte Tenside – PFT) von großer Bedeutung. Sie sind Bestandteil von Chemikalien, die zur Verpackung von Lebensmitteln, zur Imprägnierung von Möbeln, Teppichen und Bekleidung einschließlich Schuhen eingesetzt werden. Der fluorierte Kunststoff PTFE (Polytetrafluorethylen; Handelsname Teflon®) ist als Pfannen- oder Topfbeschichtung in privaten Haushalten weit verbreitet. Bei der Produktion von Teflon® werden PFT eingesetzt; ob diese ggf. bei regelmäßiger Verwendung Teflon®-beschichteter Haushaltsgeräte teilweise wieder freigesetzt werden können, wird zurzeit diskutiert.

PFT sind chemisch sehr stabil und biologisch kaum abbaubar, was ihnen die Eigenschaft einer persistenten Substanzklasse verleiht. Durch ihren niedrigen Dampfdruck (geringe Flüchtigkeit) und ihren amphiphilen Charakter können die PFT zudem bioakkumulieren und unterliegen auch der Biomagnifikation (Fromme et al., 2007).

PFT wurden in Gewässern, tierischen Organismen, Trinkwasser, Lebensmitteln sowie in menschlichem Blut und in Frauenmilch nachgewiesen und können als allgegenwärtige - ubiquitäre - Schadstoffe bezeichnet werden (Fricke und Lahl, 2005). Aus Untersuchungen bestimmter Lebensmittel und Futtermittel geht hervor, dass sich PFT in Organen von Wildtieren (Leber) anreichert.

Untersuchungen an Tieren haben gezeigt, dass perfluorierte Tenside (PFT) in hohen Dosen Gesundheitsschäden, z. B. Leberkrebs bei Ratten, hervorrufen können (Stahl et al., 2007; Fricke und Lahl, 2006).

Perfluorooctansäure (PFOA –perfluorooctanic acid) und die Perfluorooctansulfonsäure (PFOS – perfluorooctanic sulfonate) werden als Leitparameter der PFT betrachtet. Die Strukturformeln einiger wichtiger perfluorierter Substanzen sind in Abbildung 1 skizziert.

PFOS kann im Blutserum von Menschen mit und ohne berufsbedingte Exposition bis in den Bereich von wenigen mg L^{-1} nachgewiesen werden (Umweltbundesamt, 2004). Zu Konzentrationen von PFOA im Menschen gibt es bis heute weniger Daten verglichen mit PFOS. Über die Umweltprobenbank des Bundes konnten Belastungen im Blutplasma junger, nicht spezifisch exponierter Probanden in Form von PFOS-Konzentrationen von 5,5–104 ng mL^{-1} und PFOA-Konzentrationen von 1,4–57,7 ng mL^{-1} ermittelt werden (Umweltbundesamt, 2004).

Aus jüngsten Untersuchungen liegen mittlerweile Daten aus Deutschland und verschiedenen anderen Ländern zur inneren PFT-Belastung der Allgemeinbevölkerung vor. Diese Daten erlauben die Ableitung von Referenzwerten für Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) in Humanblut. Die Belastungssituation in Europa stellt sich recht homogen dar. In Deutschland, Belgien und Schweden liegen die mittleren PFOS-Konzentrationen zwischen etwa 10 und 34 $\mu\text{g/L}$. Die niedrigsten Werte wurden in Italien in einem regional sehr begrenzten Gebiet registriert (um 4 $\mu\text{g/L}$). Die höchsten mittleren PFOS-Konzentrationen wurden in Blutproben eines polnischen Kollektivs gemessen. Ein ähnliches Bild auf etwas niedrigerem Niveau ergibt sich für die Belastungssituation mit PFOA. Die höchsten Konzentrationen werden in Industrienationen registriert (Umweltbundesamt, 2009).



Entgegen vieler anderer so genannter „Neuer Schadstoffe“, die häufig in Umweltproben, jedoch seltener in Humanproben festgestellt werden, liegt bezüglich der vorgenannten verschiedenen fluorierten Tenside eine hohe Exposition des Menschen vor. Da auch nicht unmittelbar exponierte Personen eine Hintergrundbelastung mit diesen Stoffen aufweisen, gilt es, deren Aufnahme über die verschiedenen Pfade abzuschätzen.

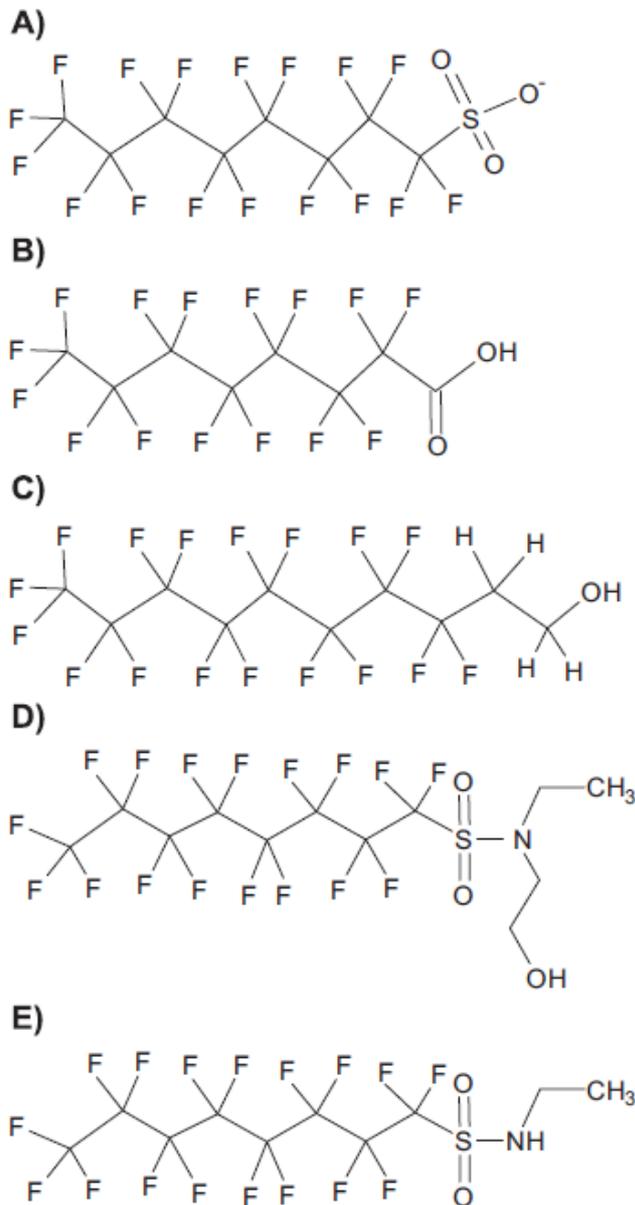


Abbildung 1:

Strukturformeln einiger perfluorierter Substanzen.

(A): Perfluorooctansulfonate (PFOS)

(B): Perfluorooctanoat (PFOA)

(C): 1-Hydroxyethan-2-perfluoroctanol (8:2 FTOH)

(D): N-Ethyl Perfluorooctan sulfonamidothanol (NEtFOSE)

(E): N-Ethyl Perfluorooctan sulfonamid (NEtFOSA).

(aus Fromme et al., 2009).

PFOA und PFOS bioakkumulieren sowohl in aquatischen als auch in terrestrischen Lebewesen: Sie werden nach oraler Aufnahme schnell resorbiert, werden langsam und in geringen Mengen ausgeschieden und reichern sich im Organismus an. Für den menschlichen Körper wird von einer Halbwertszeit für PFOS und PFOA von etwa 4,5 Jahren ausgegangen. Im Rahmen des Humanbiomonitorings konnten die Substanzen im menschlichen Vollblut sowie in Serum, Plasma und in Frauenmilch nachgewiesen werden (Stahl und Brunn, 2009).

Da die inhalative und die dermale Aufnahme von PFOA und PFOS nach derzeitigem Kenntnisstand von untergeordneter Bedeutung sind, geht man davon aus, dass deren Aufnahme über Nahrungsmittel einschließlich des Trinkwassers der Hauptaufnahmepfad ist (Fromme et al., 2009). Bestätigt wird diese Annahme durch die Untersuchung von Tittlemeier et al. (2007), die eine gesamte Tagesaufnahme von 410 ng für perfluorierte Carboxylsäuren und PFOS abschätzen, wobei hierbei 250 ng auf den Nahrungsmittelverzehr zurückzuführen sind (Tittlemeier et al., 2007). Ericson et al. (2008) konstatierten aufgrund einer Studie in Katalonien, Spanien, dass Trinkwasser in manchen Fällen eine ähnlich hohe Bedeutung als Expositionspfad wie die Nahrungsmittelaufnahme haben kann.

Im Folgenden ist der Stand der Forschung zur Belastung von Lebensmitteln mit diesen Chemikalien skizziert:

In einer „Multi City“-Studie der Produktionsfirma 3M in den USA anhand von 460 Lebensmittelproben (Huhn, Hühnereier, Weißbrot, Hot Dogs, Wels, Grüne Bohnen, Äpfel, Schwein, Rind, Milch) wurden in sieben Proben PFOA und in fünf Proben PFOS nachgewiesen (3M, zitiert in Stahl und Brunn, 2009).

Eine weitere Studie anhand von 20 Lebensmitteln im Jahr 2004 in Großbritannien erbrachte PFOS- (10 ± 2 µg/kg Frischgewicht) und PFOA- ($1 \pm 0,200$ µg/kg Frischgewicht) Gehalte in Kartoffeln. Weiterhin wurden PFOS Konzentrationen (1 µg/kg bis 2 µg/kg Frischgewicht) bei Eiern, bei Zucker und eingemachter Ware sowie bei Dosengemüse ermittelt (Gem, zitiert in Stahl und Brunn, 2009).

Im Rahmen einer spanischen Untersuchung zur Exposition der Bevölkerung über die Nahrungsaufnahme wurden 36 Lebensmittelproben herangezogen, wobei deutlich wurde, dass Fisch, Molkereiprodukte und Fleischerzeugnisse den größten Anteil an der Aufnahme von PFOS ausmachten (Ericson et al., 2008).

PFOS, PFOA und verwandte fluorierte Verbindungen wurden von der Food Standards Agency (2009) in Großbritannien anhand folgender Lebensmittelproben aus dem Einzelhandel untersucht: Fisch, Innereien, Fleisch, Eier, Milch, Molkereiprodukte, Brot, Getreide, Popcorn, Gemüse und Marmelade. Die Häufigkeit des Auftretens der untersuchten fluorierten Chemikalien erreichte in keiner der untersuchten Probenart (ausgenommen der Innereien) 75%. Häufiger wurden die Chemikalien in Schaf-, Rinder-, Reh- und Schweineleber sowie in Nierenproben vom Schaf, Rind und Schwein quantifiziert. PFOS wurde am häufigsten und in den höchsten Konzentrationen detektiert.

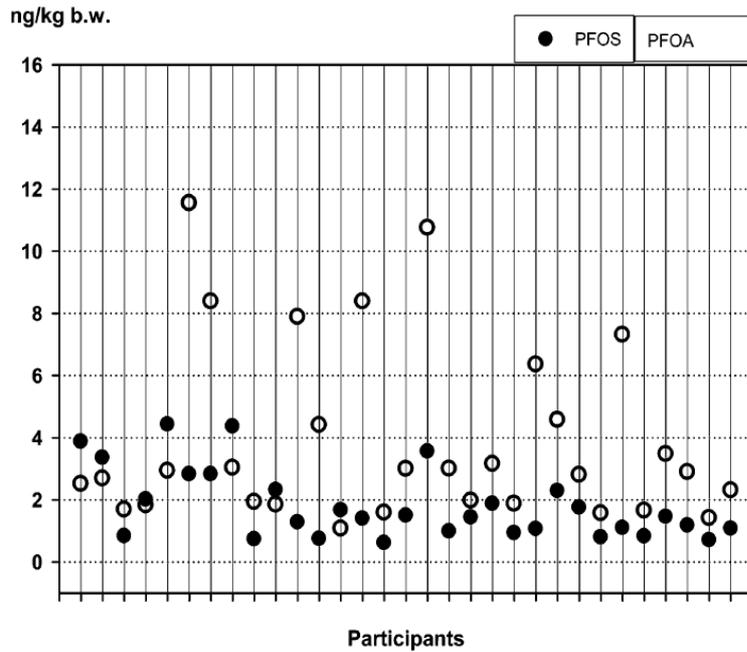


Abbildung 2:

Mittlere tägliche Aufnahme von Perfluorooctansulfonat (PFOS) und Perfluorooctansäure (PFOA) über die Nahrung in 31 Teilnehmer einer Studie von Fromme et al. (2009).

Deutsche Studien zur Belastung von Lebensmitteln mit PFT sind selten, so lassen sich bislang lediglich die Ergebnisse von Stahl (2007) mit der internationalen Literatur vergleichen: In Hessen wurden im Rahmen des vorbeugenden Verbraucherschutzes etwa 200 Proben pflanzlicher Lebensmittel sowie von Fischen, Futtermitteln, Mineralwässern und Wildschweinfleisch auf PFT analysiert (siehe Tabelle 1). Insbesondere die Wildschweinproben, auf denen der Focus der Untersuchungen lag, zeigten teilweise hohe Konzentrationen, die im Falle der Wildschweinleberproben für PFOS bis zu 496 µg/kg betragen (Stahl und Brunn, 2009).

Tabelle 1: Lebensmitteluntersuchungen auf PFOA und PFOS (Stahl et al. 2007)

Matrix	Anzahl Proben	PFOA [µg/kg]	PFOS [µg/kg]
Weizen	8	<5	<5
Gerste	7	<5	<5
Dinkel	1	<5	<5
Rohmilch	2	<1	<1
Wildschwein (Muskelfleisch)	61	<1-4,6	<1-6,4
Wildschwein (Leber)	60	<1-23	<1-496
Mineralwässer	25	<1 [ng/L]	<1 [ng/L]

Eine Untersuchung zur Aufnahme perfluorierter Substanzen über die Nahrung anhand von PFOS, PFOA, PFHxS, PFHxA und PFOSA zeigte, dass die deutsche Bevölkerung gegenüber PFOS und PFOA exponiert ist. Die hierbei ermittelte mittlere Aufnahme über die Nahrung liegt allerdings noch deutlich unter der empfohlenen tolerierbaren täglichen Aufnahme (vorläufiger gesundheitlich duldbarer Leitwert für PFOS und PFOA: 100 ng/kg KG) dieser Substanzen (Dieter, 2007; Fromme et al., 2009). Nach dem Bundesinstitut für Risikobewertung (2008) liegt der vorläufige TDI für PFOS bei 0,15 µg/kg KG und für PFOA bei 1,5 µg/kg KG.

Der Stand der Literatur weist darauf hin, dass sich PFT entlang der Nahrungskette durch Biomagnifikation, d. h. über die Nahrung, über die einzelnen Trophiestufen vermutlich bis zum Menschen anreichern.

2. Material und Methoden

2.2 Bestimmung von PFT in Lebensmitteln:

Die PFT werden durch Extraktion mit einem Acetonitril-Wasser-Gemisch aus der Probe gelöst und über Festphasenextraktion isoliert. Die Bestimmung erfolgt anschließend nach der Methode des internen Standards durch HPLC – Tandem - Massenspektrometrie.

Flüssig-Extraktion

Ca. 1,0 g der homogenisierten Probe wird genau in ein 20 ml Kunststoff-Zentrifugenröhrchen eingewogen und mit 2.0 ml dest. Wasser, 2.0 ml Acetonitril sowie 40 µL ISTD-Lösung (Interner-Standard-Lösung) versetzt. Das Röhrchen wird verschlossen, 1 min kräftig von Hand, und anschließend weitere 30 min auf der Maschine geschüttelt. Nach Zugabe einer Mischung aus 0.8 g Magnesiumsulfat, 0.2 g Natriumchlorid, 0.10 g Dinatriumhydrogencitrat Sesquihydrat und 0.2 g Trinatriumcitrat Dihydrat wird erneut kräftig von Hand geschüttelt. Anschließend wird das Gemisch 5 min bei 4000g zentrifugiert.

Festphasenextraktion

Eine OASIS-WAX-Säule (60 mg, 3 ml) wird mit 2 ml Ameisensäure 0.1% und anschließend mit 2 ml Methanol konditioniert. Die gesamte erhaltene organische Phase wird mit 2.0 ml dest Wasser gemischt und über die Säule gegeben. Anschließend wird die Säule mit 1 ml Ameisensäure 2 %ig, gefolgt von 1 ml Methanol gewaschen und trocken gesaugt. Die PFT werden anschließend mit 750 µL Ammoniak 1%ig in Methanol/TBME (Tertiärbuthyl Methylether) (1:3 v/v) in ein Kunststoffröhrchen eluiert und mit Methanol auf 1.0 ml aufgefüllt.

Auswertung, Berechnung und Angabe der Ergebnisse

Die Berechnung der einzelnen Substanzgehalte erfolgt über verschiedene interne Standards. In der folgenden Tabelle ist den einzelnen PFT der jeweilige ISTD zugeordnet

Tabelle 2: Analytierte Substanzen und der zugeordnete interne Standard

Substanz	ISTD
PFPeA	PFHxA-13C
PFHxA	PFHxA-13C
PFHpA	PFHxA-13C
PFOA	PFOA-13C
PFNA	PFNA-13C
PFDA	PFDA-13C
PFDoDA	PFDA-13C
PFBS	PFOA-13C
PFHxS	PFOA-13C
PFOS	PFOS-13C

Die Bestimmungsgrenzen für die untersuchten Proben sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Tabelle 3: Bestimmungsgrenzen der Einzelsubstanzen in den unterschiedlichen Matrices

Matrix	Bestimmungsgrenze (BG)
Raufutter	1 µg/kg TS
Rindfleisch	1 µg/kg TS
Milch	1 µg/L
Eier	0,4 µg/kg
Fische	1 µg/kg TS

2.2 Herkunft und Auswahl der Proben

Für die Untersuchungen wurde auf einen maßgeblichen Teil der im Rahmen des Forschungsprojektes des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Max Rubner-Instituts zur Durchführung einer nationalen Stuserhebung von Dioxin- und dioxinähnlichen PCB-Verbindungen in Futter- und vom Tier stammenden Lebensmitteln erhobenen und dokumentierten Proben zurückgegriffen.

Im Rahmen des geförderten Vorhabens sollten ca. 120 Proben aus dem Probenpool herangezogen werden. Tatsächlich wurden 111 Proben aus dem Probenpool des Forschungsprojektes des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Max Rubner-Instituts zur Durchführung einer nationalen Stuserhebung von Dioxin- und dioxinähnlichen PCB-Verbindungen in Futter- und vom Tier stammenden Lebensmitteln (BMELV 2009) herangezogen. Daneben wurden 31 Fischproben in das Untersuchungsprogramm einbezogen, die vom Landesbetrieb Hessisches Landeslabor stammen.

Raufutter

Die Probenahme der Futtermittelproben erfolgte durch die Futtermittelkontrollbehörden in den jeweiligen Bundesländern. Die Auswahl der 30 untersuchten Raufutterproben wurde vom Max Rubner-Institut (Standort Kulmbach) getroffen.

Rindfleisch

Die Probenahme der Fleischproben erfolgte in Metzgereifachgeschäften im gesamten Bundesgebiet. Die Auswahl der 48 Rindfleischproben wurde vom Max Rubner-Institut (Standort Kulmbach) getroffen.

Milch

Die Kühe wurden zufällig aus dem Bestand der Milchviehherde der Versuchsstation für Nutztierbiologie und Ökologischer Landbau der Universität Hohenheim ausgewählt. Sie wurden beim Abendgemelk für die Probenziehung zunächst von Hand und dann mit der Maschine gemolken.

Die Fütterung der Tiere erfolgte mittels einer TMR (Totalmischration). Die Zusammensetzung ist in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4: Zusammensetzung der Totalmischration auf Basis der Trockenmasse

Futtertyp	Anteil [%]
Maissilage	21,5
Grassilage 1. Schnitt	19,5
Heu 2. Schnitt	10,5
Gerstenstroh	1,5
Krafftutter	36,0
Rapsextraktionsschrot	8,0
Futterfett	0,7
Mineralfutter, Viehsalz - Futterkalk	2,3

Eier

Die Probenahme der Ei-Proben erfolgte verbraucherorientiert durch den Einkauf im Einzelhandel und auf regionalen Märkten. Die 21 Ei-Proben (10 mal Eiklar, 11 mal Dotter) wurden vom Max Rubner-Institut (Standort Kulmbach) bereitgestellt, für die Analysen wurden zwei Einkaufschargen unterschiedlicher Dioxinbelastung ausgewählt.

Fische

Bei den Fischproben handelt es sich um frische Proben von Forelle, Karpfen, Lachs, Wels und Rotfeder. Untersucht wurde sowohl das Muskelfleisch aber auch der gesamte Fisch.



3. Ergebnisse

3.1 Untersuchungsergebnisse

3.1.1 Raufutterproben

Die in Abbildung 3 dargestellten Analysenergebnisse auf PFT in verschiedenen Futtermitteln zeigen deutliche Schwankungen und Verteilungsunterschiede der unterschiedlichen PFT in Gras, Grassilage, Heu und Maissilage, wobei kein deutlicher Trend abgeleitet werden kann.

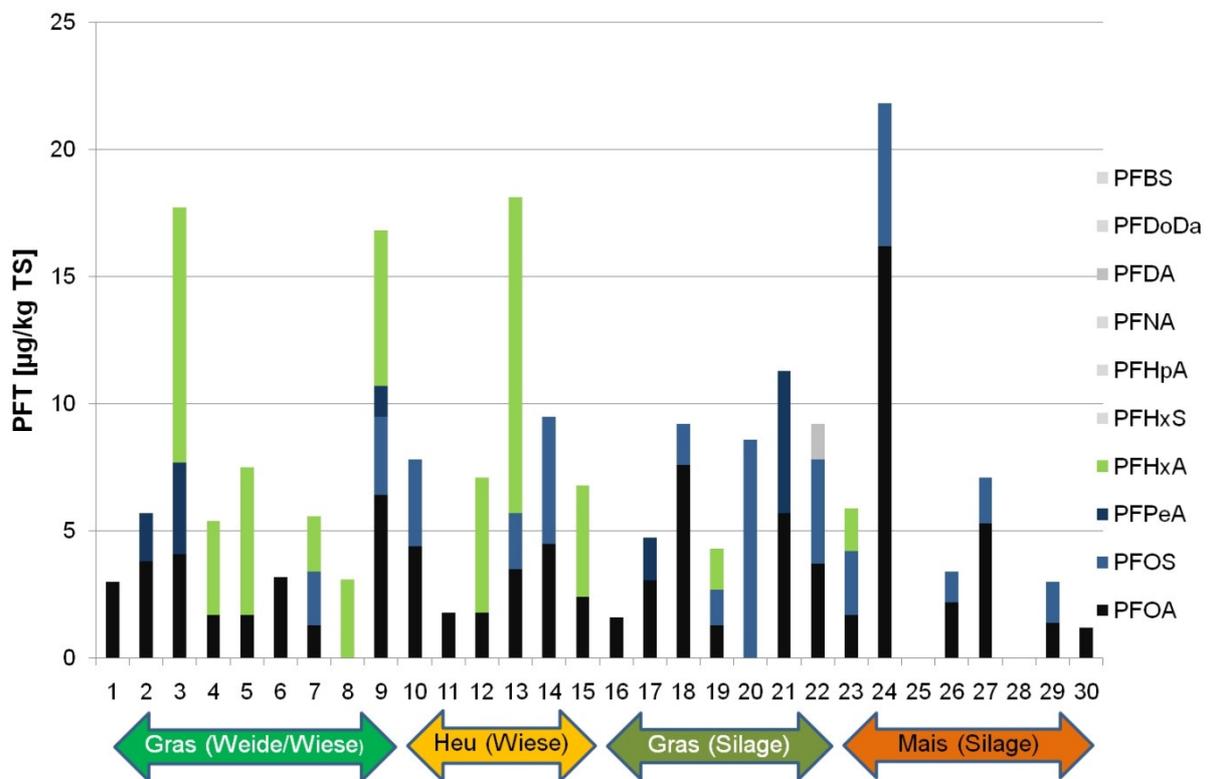


Abbildung 3: Untersuchungsergebnisse der Raufutterproben (BG: 1µg/kg TS)

Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass Raufutterproben – je nach Herkunft und Produktionsbedingungen – deutliche PFT-Konzentrationen haben können. Neben PFOA und PFOS sind in einigen Proben auch PFHxA nachweisbar.

Die Verteilung von PFOA:PFOS schwanken zwischen 38:62 und 75:25.

Wie Abbildung 4 und Abbildung 5 zeigen, besteht kein direkter Zusammenhang zwischen der PFT-Konzentration und der PCB- bzw. TEQ-Belastung der Raufutterproben. Die zu den Mittelwerten der Abbildung 4 gehörenden Minima und Maxima sind in Tabelle 5 aufgeführt.

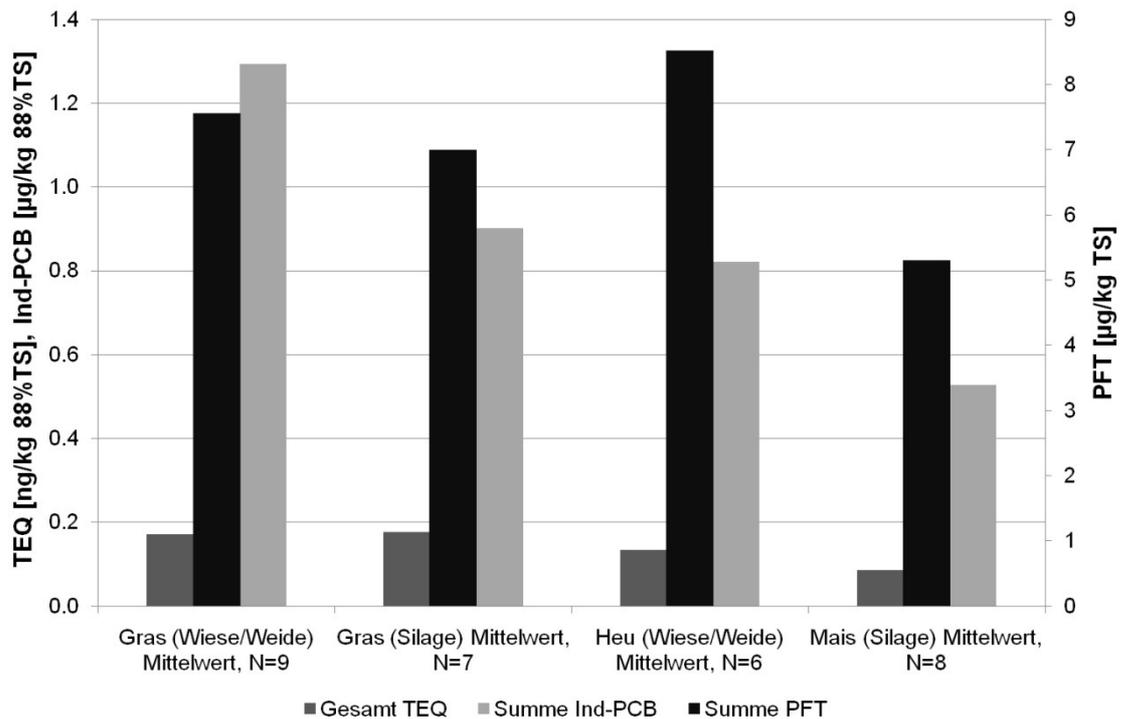


Abbildung 4: Vergleich der Analysenergebnisse auf PFT und TEQ bzw. Ind.-PCB in Futtermitteln

Tabelle 5: Mittelwerte, Minima und Maxima von Gesamt-TEQ, Ind-PCB und Summe der PFT der Raufutterproben

Probenart	Gesamt-TEQ [ng/kg] 88%TM			Summe-Ind-PCB [µg/kg]88%TM			Summe PFT [µg/kg TS]		
	Mittelwert	Min	Max	Mittelwert	Min	Max	Mittelwert	Min	Max
Gras (Wiese/Weide) N=9	0.172	0.067	0.336	1.293	0.581	2.72	7.554	3	17.7
Gras (Silage) N=7	0.176	0.079	0.349	0.901	0.387	2.694	6.993	1.6	11.3
Heu (Wiese/Weide) N=6	0.134	0.073	0.242	0.821	0.401	1.335	8.517	1.8	18.1
Mais (Silage) Mittelwert, N=8	0.085	0.051	0.122	0.528	0.263	1.002	5.3	0	21.8

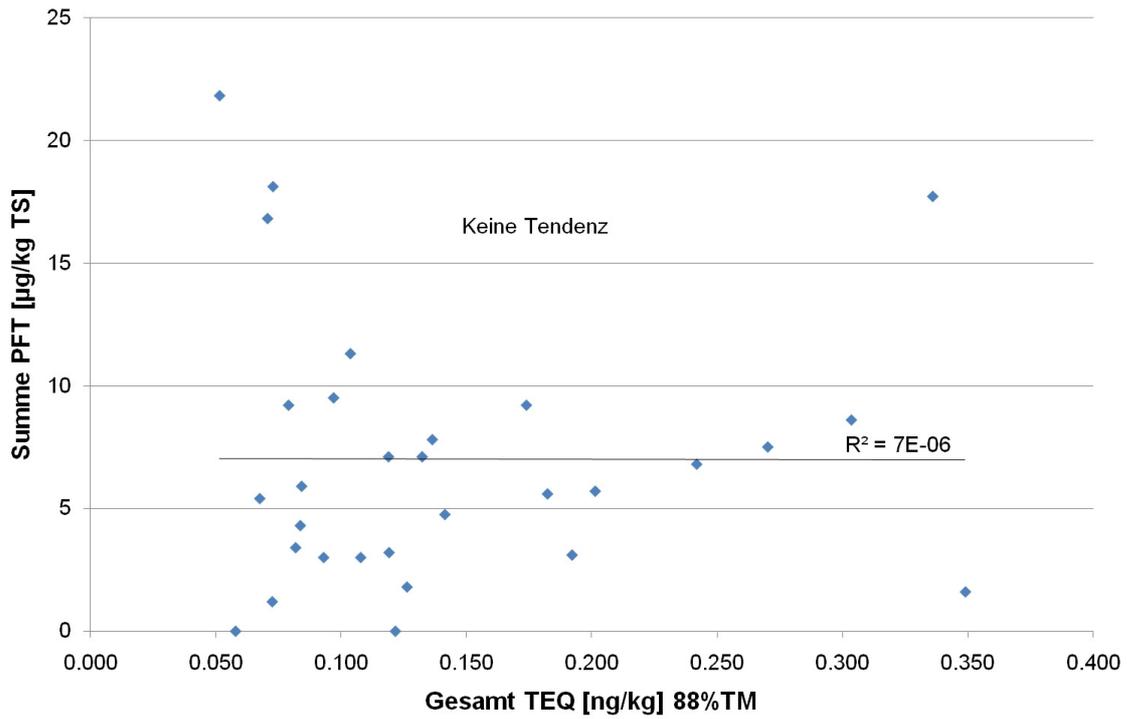


Abbildung 5: Darstellung der Summe PFT über den Gesamt TEQ der untersuchten Futtermittelproben

3.1.2 Rindfleischproben

Abbildung 6 zeigt die analysierten PFT-Gehalte in Rindfleischproben bezogen auf die Trockenmasse. Für eine grobe Umrechnung in die Frischmasse sind die Ergebnisse mit 0,36 zu multiplizieren (TS-Gehalt von 35-38%).

Für PFOS liegt ein Wert oberhalb der Bestimmungsgrenze vor, PFOA wird in 25% der untersuchten Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze gefunden. Ob ökologisch erzeugte Proben geringer belastet sind als konventionelle Ware, kann anhand der Ergebnisse nicht ausgesagt werden, da der Stichprobenumfang zu gering ist.

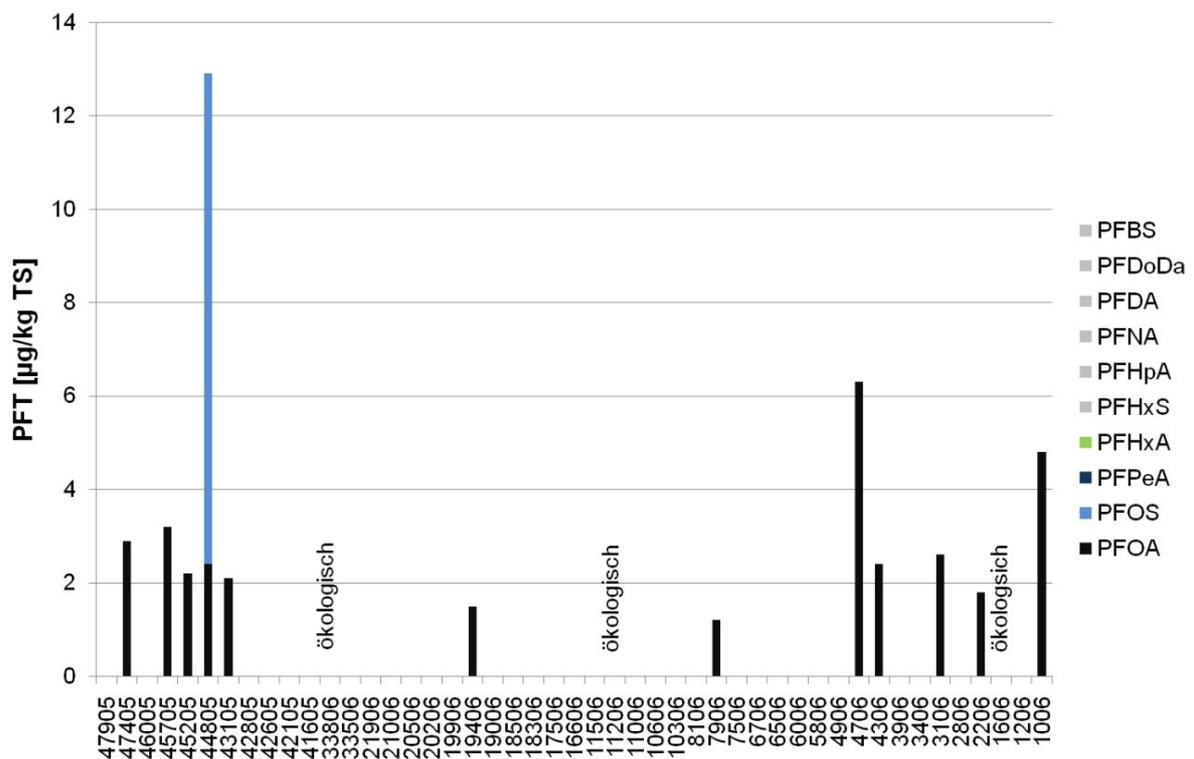


Abbildung 6: Analysenergebnisse auf PFT in gefriergetrockneten Rindfleischproben (BG: 1µg/kg TS)

Inwieweit der hohe gemessene Wert der Einzelprobe 44805 auf eine Kontamination durch die Nutzung teflonhaltiger Schneidbretter etc. zurückzuführen ist, konnte nachträglich nicht geklärt werden.

Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen wie bei den Raufutterproben keinen Zusammenhang zwischen der TEQ- bzw. der Ind-PCB und der PFT-Belastung.

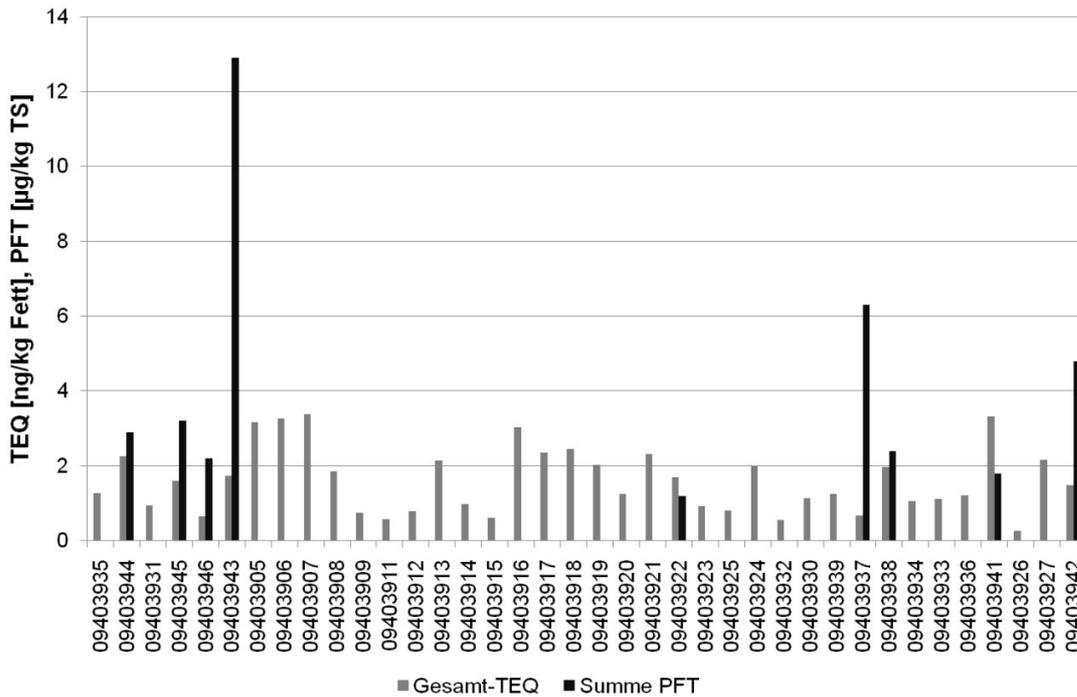


Abbildung 7: Gegenüberstellung von PFT und TEQ in gefriergetrockneten Rindfleischproben

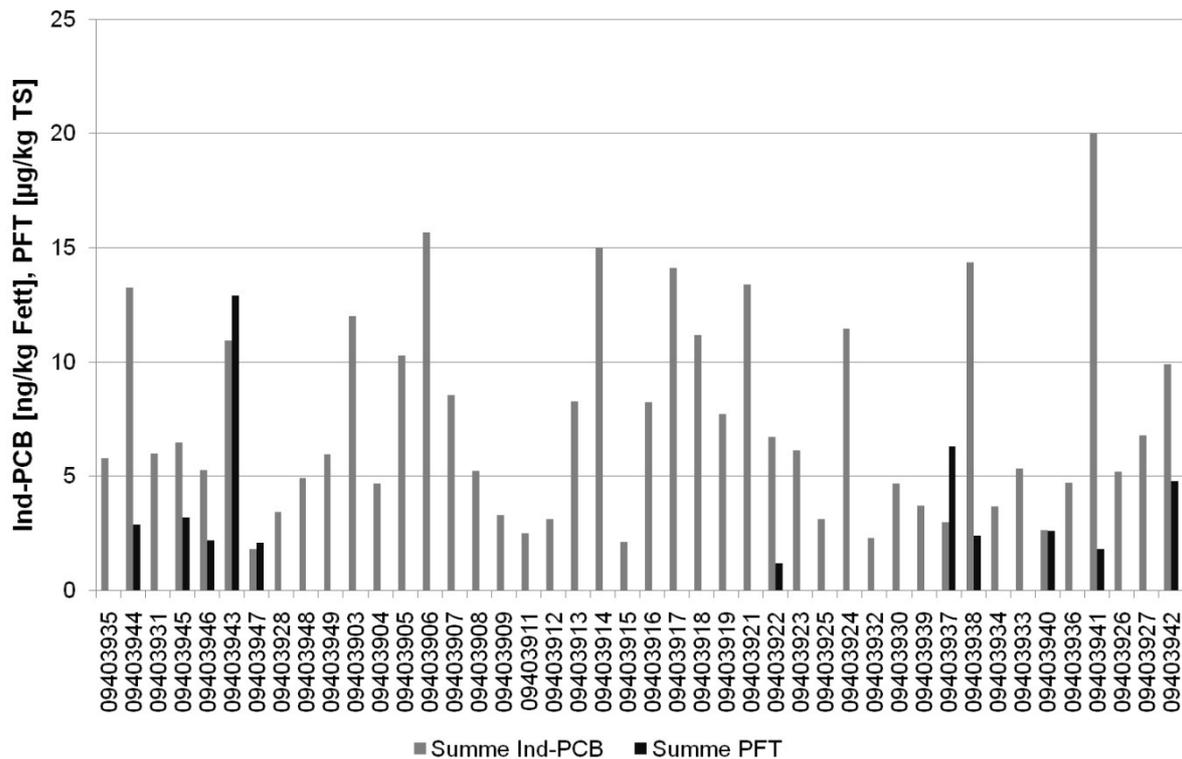


Abbildung 8: Gegenüberstellung von Indikator-PCB und PFT in gefriergetrockneten Rindfleischproben

Die folgende Abbildung verdeutlicht die Aussage noch einmal nachdrücklich. Das bedeutet, dass wie bei den Raufutterproben auch bei den Rindfleischproben kein systematischer Zusammenhang zwischen den beiden Stoffgruppen Dioxine/PCB und PFT besteht.

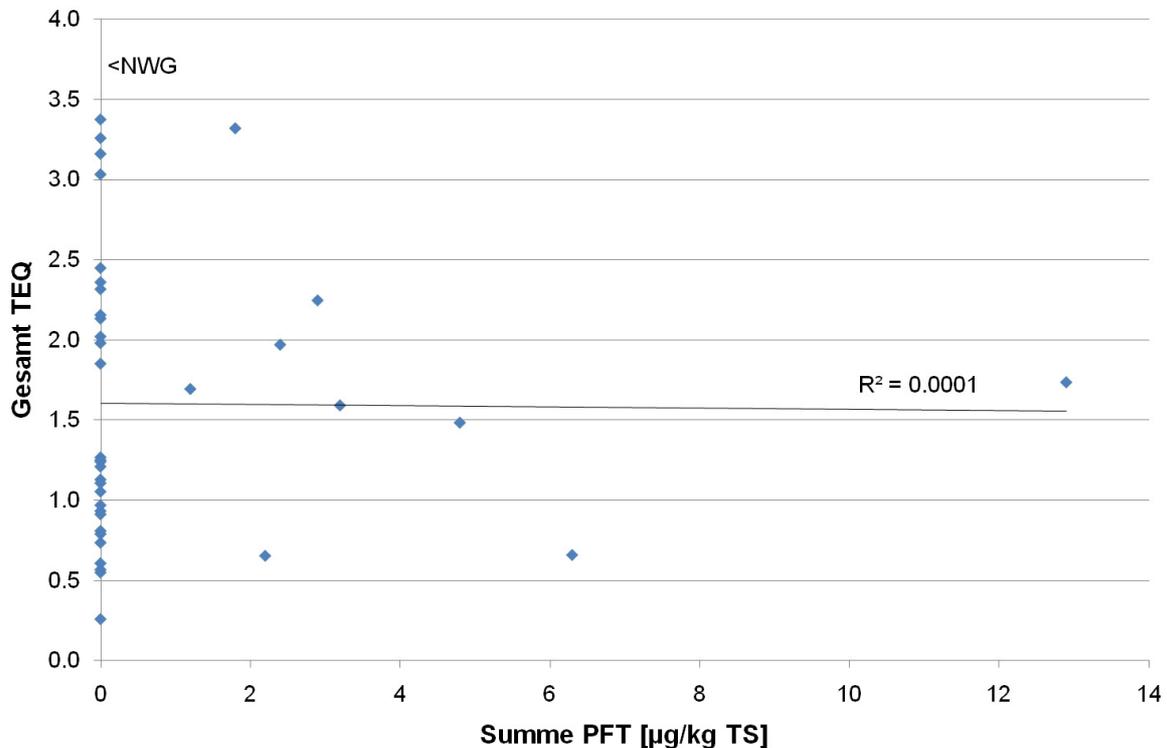


Abbildung 9: Zusammenhang zwischen der PFT-Konzentration und der TEQ-Konzentration von 46 Rindfleischproben

Im Rahmen des Untersuchungsprogramms wurden keine Innereien untersucht. Inwieweit PFOS - wie beim Wildschwein – auch beim Rind in der Leber angereichert wird, kann somit nicht ausgesagt werden. Dies sollte aber durch weitere Untersuchungen geklärt werden.

3.1.3 Milch

Die in Abbildung 10 dargestellten Analyseergebnisse auf PFT in Milch zeigen bei drei Proben Gehalte an PFOS im Bereich der Bestimmungsgrenze. In einem Fall wird PFOA gefunden. Das Melken fand zunächst per Hand (Kürzel H) und nachfolgend mit der Melkmaschine (Kürzel M) statt. Entsprechend handelt es sich bei dem PFOA-Fund in Probe 26H augenscheinlich um eine Verunreinigung. Ob eine Verunreinigung durch die Melkmaschinen zu den PFOS-Funden in den Proben 42M und 64M geführt hat, oder ob die Gehalte der restlichen Proben nur knapp unter der Bestimmungsgrenze liegen, kann hier nicht sicher gesagt werden. Da die Tiere das gleiche Futter erhalten haben, sollten sich die PFT-Gehalte in der gleichen Größenordnung bewegen.

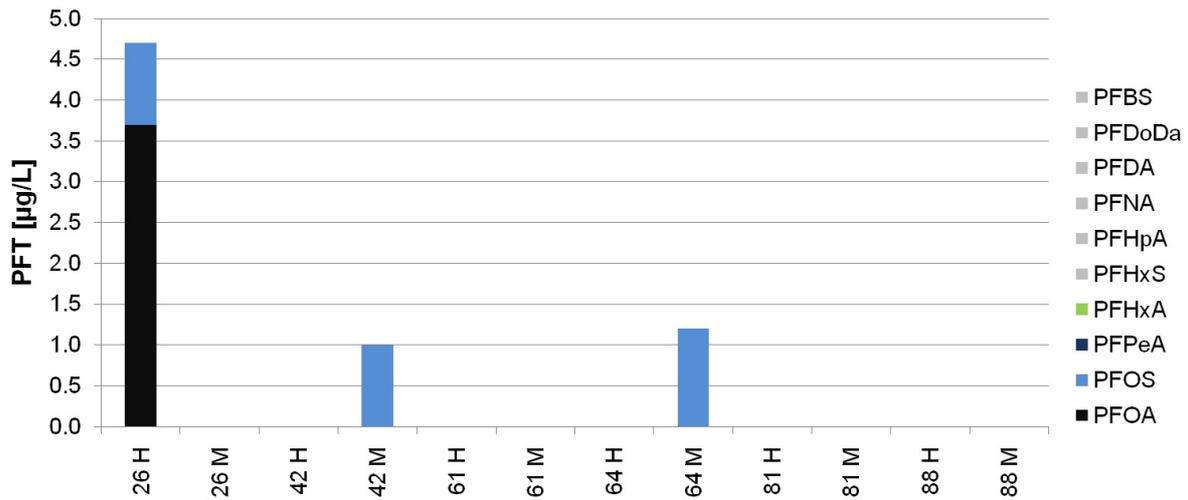


Abbildung 10: Analysenergebnisse auf PFT in Milchproben (H: Hand; M: Maschine) (BG: 1µg/L)

Für die Milchproben, die erst im Januar 2009 gewonnen wurden, liegen keine vergleichbaren Dioxin-/PCB-Messungen vor. Aufgrund der geringen PFT-Befunde wäre ein statistischer Vergleich auch unmöglich.

3.1.4 Eier

In Abbildung 11 sind die Analysenergebnisse auf PFT in den verschiedenen Ei-Proben – getrennt nach Dotter D und Eiklar K - dargestellt.

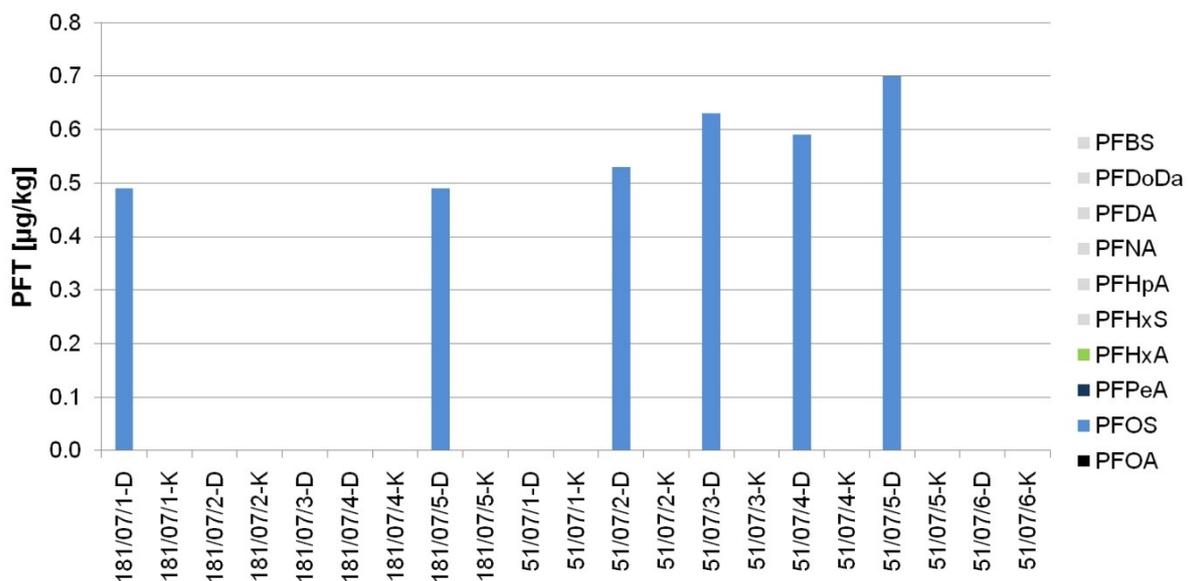


Abbildung 11: Analysenergebnisse auf PFT in Ei-Proben (D= Dotter; K= Eiklar) (BG: 0,4µg/kg)

Wie die Ergebnisse zeigen, tritt PFOS ausschließlich in den Eidotterproben oberhalb der Bestimmungsgrenze auf. Innerhalb der Einkaufschargen 181/07 und 51/07 schwanken die Gehalte an PFOS zwischen unterhalb der Bestimmungsgrenze und 0,7 µg/kg. Die Ergebnisse für den Gesamt TEQ und den Ind-PCB sind in Tabelle 6 angegeben.

Tabelle 6: Ergebnisse für TEQ und Ind-PCB für die Probencharge

Probencharge	Gesamt-TEQ [ng/kg Fett]	Ind-PCB [µg/kg Fett]
181/07	0,50	6,14
81/07	4,12	16,04

Gesamt TEQ und Ind-PCB wurden ebenfalls ausschließlich in den Eidotter-Proben gefunden.

3.1.5 Fische

Die Untersuchungen der Fischproben zeigen, dass PFOA in allen der untersuchten Fischproben unterhalb der Bestimmungsgrenze lag (Tab. 7). Nur PFOS konnte im Karpfen und der Rotfeder nachgewiesen werden.

Tabelle 7: PFOA und PFOS in verschiedenen Fischproben

Matrix	Anzahl Proben	davon > BG*	PFOA [µg/kg]	PFOS [µg/kg]
Forelle (Muskelfleisch)	21	0	< 1	< 1
Karpfen (Muskelfleisch)	1	1	< 1	2
Lachs, Wels (Muskelfleisch)	1 + 1	0	< 1	< 1
Forelle (Gesamt)	5	0	< 1	< 1
Karpfen (Gesamt)	1	1	< 1	14
Rotfeder (Gesamt)	1	1	< 1	4

* BG – Bestimmungsgrenze 1 µg/kg

3.2 Belastung des Menschen durch die untersuchten Nahrungsmittel

In der Verzehrstudie 2 des BMELV werden für Männer durchschnittliche Verzehrsmengen für Fleisch, Milch und Eier angegeben (BMELV-Teil 2, 2008). Bei Milch wird die gemessene Durchschnittskonzentration auf die Milch-/Mischgetränke und Milcherzeugnisse ausgedehnt, da davon auszugehen ist, dass es zu keiner Abnahme im Verarbeitungsprozess kommt. Der Bereich Käse wird dreifach gewichtet um die Zunahme des Fettgehaltes und damit die zu vermutende Aufkonzentrierung von PFOS zu berücksichtigen. Bei den Fleischwaren wird mangels Aufschlüsselung ebenfalls die Durchschnittskonzentration von Rindfleisch verallgemeinert. Um die auf den Trockenmassegehalt bezogenen Analyseergebnisse auf das Frischgewicht umzurechnen, wird der PFT-Gehalt mit 0,36 multipliziert (35-38% TS-Gehalt). Die berechneten Größen können entsprechend nur der groben Abschätzung dienen. Das Durchschnittsgewicht wird für Männer mit 84,6 kg und für Frauen mit 69,9 kg angegeben (BMELV-Teil 1, 2008). Aus diesen Angaben resultieren sowohl durchschnittliche Aufnahmemengen an PFOS und PFOA, berechnet aus den in dieser Untersuchung gemessenen Konzentrationen, als auch tolerierbare tägliche Aufnahmemengen (TDI) ausgehend von den Empfehlungen des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR, 2008) (für PFOA: 1,5 µg/kg KG/Tag und für PFOS: 0,15 µg/kg KG/Tag). Mit Hilfe dieser Angaben wird in Tabelle 8 der Anteil von Fleisch, Milch und Ei bei durchschnittlicher Aufnahme und angenommener repräsentativer Belastung abgeschätzt.

Tabelle 8: Tägliche Verzehr- und Aufnahmemengen an PFOA und PFOS und die abgeschätzte Ausschöpfung des TDI

	Mann			Frau		
	Fleisch	Milcherz.	Ei	Fleisch	Milcherz.	Ei
Verzehrmenge pro Tag	103g	335g	16g	53g	309g	12g
Konzentration PFOA (Durchschnitt)	0,7 µg/kg TS \triangleq 0,25 µg/kg	0	0	0,7 µg/kg TS \triangleq 0,25 µg/kg	0	0
Aufnahme PFOA	0,026 µg/d	0	0	0,013 µg/d	0	0
Konzentration PFOS (Durchschnitt)	0	0,3 µg/kg	0,2 µg/kg	0	0,3 µg/kg	0,2 µg/kg
Aufnahme PFOS	0	0,1 µg/d	0,002 µg/d	0	0,1 µg/d	0,002 µg/d
TDI PFOA (BFR 2008)	126,9 µg/d			104,9 µg/d		
TDI PFOS (BFR 2008)	12,69 µg/d			10,49 µg/d		
Ausschöpfung PFOA	0,02%	0%	0%	0,01%	0%	0%
Summe Ausschöpfung PFOA	0,02%			0,01%		
Ausschöpfung PFOS	0%	0,8%	0,016%	0%	1,00%	0,02%
Summe Ausschöpfung PFOS	0,82%			1%		
TDI PFOA (Fromme 2009)	8,46 µg/d			6,99 µg/d		
TDI PFOS (Fromme 2009)	8,46 µg/d			6,99 µg/d		
Ausschöpfung PFOA	0,31 %	0	0	0,19 %	0 %	0%
Summe Ausschöpfung PFOA	0,31 %			0,19 %		
Ausschöpfung PFOS	0%	1,2 %	0,02 %	0%	1,4%	0,03%
Summe Ausschöpfung PFOS	1,2 %			1,4 %		

Der Anteil der in Tabelle 8 betrachteten Nahrungsmittel an der Gesamtaufnahme (Männer: 1550 g/d, Frauen: 1356 g/d; ohne Getränke) beträgt für Männer 29 % und Frauen 28%. Nach dieser Abschätzung werden nach der TDI-Abschätzung des BFR bis zu einem, nach der TDI-Abschätzung nach Fromme bis zu 1,4% der tolerierbaren täglichen Aufnahme ausgeschöpft.

In Tabelle 99 wird bei den Analysenergebnissen beim Unterschreiten der Bestimmungsgrenze die halbe Bestimmungsgrenze als Messwert angenommen.

Tabelle 9: Tägliche Verzehr- und Aufnahmemengen an PFOA und PFOS und die abgeschätzte Ausschöpfung der TDI, bei <BG wird die halbe Bestimmungsgrenze zur Bemessung verwendet.

	Mann			Frau		
	Fleisch	Milcherz.	Ei	Fleisch	Milcherz.	Ei
Verzehrmenge pro Tag	103g	335g	16g	53g	309g	12g
Konzentration PFOA (Durchschnitt)	1,1 µg/kg TS \triangleq 0,40 µg/kg	0,8 µg/L	0,2 µg/kg	1,1 µg/kg TS \triangleq 0,40 µg/kg	0,8 µg/L	0,2 µg/kg
Aufnahme PFOA	0,04 µg/d	0,27 µg/d	0,003 µg/d	0,02 µg/d	0,25 µg/d	0,002 µg/d
Konzentration PFOS (Durchschnitt)	0,7 µg/kg TS \triangleq 0,25 µg/kg	0,6 µg/L	0,3 µg/kg	0,7 µg/kg TS \triangleq 0,25 µg/kg	0,6 µg/L	0,3 µg/kg
Aufnahme PFOS	0,026 µg/d	0,20 µg/d	0,005 µg/d	0,013 µg/d	0,19 µg/d	0,002 µg/d
TDI PFOA (BFR 2008)	126,9 µg/d			104,9 µg/d		
TDI PFOS (BFR 2008)	12,69 µg/d			10,49 µg/d		
Ausschöpfung PFOA	0,03	0,21	0,002	0,02	0,24	0,002
Summe Ausschöpfung PFOA	0,24 %			0,26 %		
Ausschöpfung PFOS	0,20	1,6	0,016	0,12	1,8	0,02
Summe Ausschöpfung PFOS	1,8 %			1,9 %		
TDI PFOA (Fromme 2009)	8,46 µg/d			6,99 µg/d		
TDI PFOS (Fromme 2009)	8,46 µg/d			6,99 µg/d		
Ausschöpfung PFOA	0,47	3,2	0,04	0,29	3,6	0,03
Summe Ausschöpfung PFOA	3,7 %			3,9 %		
Ausschöpfung PFOS	0,31	2,4	0,06	0,19	2,7	0,03
Summe Ausschöpfung PFOS	2,8 %			2,9 %		

Nimmt man die halbe Bestimmungsgrenze der Substanzen als Basis für diese Abschätzung, kommt man nach der TDI-Abschätzung des BFR zu einer Ausschöpfung von bis zu 1,9 % und nach der TDI-Abschätzung von Fromme zu einer Ausschöpfung von bis zu 3,9 % der tolerierbaren täglichen Aufnahmemenge durch 29% bzw. 28% der täglichen Nahrungsaufnahme. Auch bei dieser Abschätzung der Belastung geht von den analysierten Lebensmitteln augenscheinlich keine Gefahr aus.

Mit der vorliegenden Untersuchung wird nur ein kleiner Teil des Futter- und Nahrungsmittelspektrums abgedeckt. Ein großer Teil der Proben weist Befunde unterhalb der Bestimmungsgrenze auf. Da die langfristige Wirkung einer kontinuierlichen PFT-Aufnahme noch nicht hinreichend geklärt ist, und bei den Nahrungsmittelanalysen häufig



Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze ermittelt werden, sollte eine Verbesserung und Weiterentwicklung der analytischen Methoden forciert werden. Nur mit einer empfindlicheren Analytik und flächendeckender Untersuchung der Nahrungsmittel kann eine realistische Belastungs- und Gefährdungsbeurteilung realisiert und Ansatzpunkte für eine Reduktion gefunden werden.

3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Mit den im Rahmen des Forschungsprojektes ermittelten Ergebnissen an „alten“, bereits auf Dioxine und PCB untersuchten Proben können folgende wichtige Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Es besteht kein Zusammenhang zwischen der Dioxin-/PCB-Belastung und dem PFT-Status der untersuchten Lebensmittel-/Futtermittelgruppen.
2. Von den untersuchten Lebensmittelgruppen Rind(muskel)fleisch, Eiern, Milch und Fischen geht im Regelfall mit hoher Wahrscheinlichkeit keine Gefahr aus.
3. Die Befunde zur PFT-Belastung des Raufutters sollten weitere Untersuchungen folgen lassen. Das gilt auch für das Prozessverständnis.

4. Zusammenfassung

Proben aus der Stuserhebung von Dioxin- und dioxinähnlichen PCB-Verbindungen in Futter- und Lebensmitteln wurden auf ihre PFT-Belastung analysiert. Mittels 30 Raufutter-, 48 Rindfleisch- und 21 Ei-Proben aus der PCB-Erhebung und 12 Milchproben von einer Versuchsstation der Universität Hohenheim wurde die Verbraucherbelastung mit PFT über die Nahrung abgeschätzt.

PFT wurden mit einem Acetonitril-Wasser-Gemisch und folgender Festphasenextraktion extrahiert. Die Bestimmung erfolgte mittels internen Standards (C13 markiert) und LC-MS/MS. Die Bestimmungsgrenzen lagen zwischen 0,4 µg/kg und 1 µg/kg bzw. 1 µg/L (Milch) je Einzelsubstanz.

Die Ergebnisse zeigen deutliche Schwankungen der unterschiedlichen PFT in Gras, Grassilage, Heu und Maissilage. Die Mittelwerte über alle Raufutterproben lagen für PFOA bei 3,2 µg/kg TS, für PFOS bei 1,7 µg/kg TS.

Bei Rindfleischproben lag für PFOS ein Wert oberhalb der Bestimmungsgrenze vor, PFOA wurde in 25% der Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze gefunden (Mittelwerte: 1,1 und 0,7 µg/kg TS für PFOA bzw. PFOS).

In Milch waren 3 von 12 Proben bei PFOS im Bereich von 1 µg/L.

PFOS lag in 6 von 11 Eidotterproben über (Mittelwerte: 0,2 µg/kg und 0,3 µg/kg für PFOA bzw. PFOS), in allen Eiklarproben unter der Bestimmungsgrenze.

In 23 von 25 Fischen lagen die Konzentrationen an PFOA und PFOS unterhalb der Bestimmungsgrenze von 1 µg/kg.

Ein Zusammenhang zwischen der Dioxin-/dioxinähnlichen PCB-Belastung und den PFT-Konzentrationen konnte in keinem Fall nachgewiesen werden. Das bedeutet, dass die PFT-Belastung von Futter- bzw. Lebensmitteln im Regelfall andere Wirkungsketten und Prozessschritte haben muss, als für Dioxine/PCB erforscht. In diesem Sinne ist weiterer Forschungsbedarf notwendig!

Der Anteil der betrachteten Nahrungsmittel an der Gesamtaufnahme beträgt maximal 29 %. Demnach werden je nach TDI-Abschätzung bis zu 1,4% der tolerierbaren täglichen Aufnahme ausgeschöpft. Wird nicht nachweisbaren Konzentrationen der halbe Wert der Bestimmungsgrenze zugeordnet, kommt man auf eine Ausschöpfung von bis zu 3,9 % des TDI. Auch dann geht von den analysierten Lebensmitteln augenscheinlich keine Gefahr aus.

Mit der vorliegenden Untersuchung wird ein kleiner Teil des Nahrungsmittelspektrums abgedeckt. Ein großer Teil der Proben weist Befunde unterhalb der Bestimmungsgrenze auf. Da die langfristige Wirkung einer kontinuierlichen PFT-Aufnahme nicht geklärt ist und häufig Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze ermittelt werden, sollte die Weiterentwicklung der Analytik forciert werden. Nur mit empfindlicherer Analytik und flächendeckender Untersuchung der Nahrungsmittel können eine realistische Belastungs- und Gefährdungsbeurteilung realisiert und Ansatzpunkte für eine Reduktion gefunden werden.



5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Im Rahmen des geförderten Vorhabens sollten ca. 120 Proben aus dem Probenpool herangezogen werden. Tatsächlich wurden 111 Proben aus dem Probenpool des Forschungsprojektes des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Max Rubner-Instituts zur Durchführung einer nationalen Stuserhebung von Dioxin- und dioxinähnlichen PCB-Verbindungen in Futter- und vom Tier stammenden Lebensmitteln (BMELV 2009) herangezogen.

Unter Berücksichtigung der Mehrfachbestimmungen einzelner Proben - vor allem beim Raufutter – wurde die Probenanzahl von ca. 120 nahezu ausgeschöpft.

Dennoch sollen die bislang nicht untersuchten Fischproben im laufenden Jahr kostenneutral analysiert werden.

6. Literaturverzeichnis

Bekanntmachung des Umweltbundesamtes (2009): Referenzwerte für Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) im Blutplasma. Bundesgesundheitsblatt, 52:878–875.

BfR 2008: U. Pabel, D. Wölfle, M. Lahrssen-Wiederholt, A. Lampen (2008). Toxikologie der Perfluorooctansäure (PFOA) und der Perfluorooctansulfonsäure (PFOS). J. Verbr. Lebensmittel 3(3),252-258.

BMELV-Teil1: Nationale Verzehrsstudie II: Ergebnisbericht Teil 1. Max Rubner-Institut Karlsruhe, 2008.

BMELV-Teil2: Nationale Verzehrsstudie II: Ergebnisbericht Teil 2. Max Rubner-Institut Karlsruhe, 2008.

BMELV 2009: Stuserhebung zu Dioxinen und PCB in Futter- und vom Tier stammenden Lebensmitteln. Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Max Rubner - Instituts zur Durchführung einer nationalen Stuserhebung von Dioxin- und dioxinähnlichen PCB-Verbindungen in Futter- und vom Tier stammenden Lebensmitteln Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 522, Kulmbach 2009.

Dieter HH (2007): Humantoxikologische Bewertung Perfluorierter Tenside (PFT) am Beispiel der Perfluorooctansäure (PFOA) und der Perfluorooctansulfonsäure (PFOS). Umweltmed Forsch Prax 12(2):95–104

Ericson, I., Martí-Cid, R., Nadal, M., Van Bavel, B., Lindström, G., Domingo, J.L. (2008): Human Exposure to Perfluorinated Chemicals through the Diet: Intake of Perfluorinated Compounds in Foods from the Catalan (Spain) Market. J. Agric. Food Chem., 2008, 56 (5), 1787-1794.

Ericson, I., Nadal, M., Van Bavel, B., Lindström, G., Domingo, J.L. (2008): Levels of perfluorochemicals in water samples from Catalonia, Spain: is drinking water a significant contribution to human exposure? Environmental Science and Pollution Research, 15:614–619.

Food Standards Agency (2009): Survey of fluorinated chemicals in food. Food Survey, Information Sheet, Number 05/09.

Fricke, M., U. Lahl (2005): Risikobewertung von Perfluortensiden als Beitrag zur aktuellen Diskussion zum REACH-Dossier der EU-Kommission. UWSF – Z Umweltchem Ökotox, 17, 36 – 49.

Fromme H, Midasch O, Twardella D et al. (2007): Occurrence of perfluorinated substances in an adult German population in southern Bavaria. Int Internat Arch Occup Environ Health, 80, 313-319.



Fromme, H., Tittlemier, S.A., Völkel, W., Wilhelm, M., Twardella, D. (2009): Perfluorinated compounds – Exposure assessment for the general population in western countries. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 212, 239–270.

Paul, A.G., Jones, K.C., Sweetman, A.J. (2009): A First Global Production, Emission, And Environmental Inventory For Perfluorooctane Sulfonate. *Environ. Sci. Technol.*, 43, 386-392.

Perfluorierte Tenside - Verwendung, Vorkommen und Aufnahme mit Trinkwasser und Nahrung. *Ernährung*, 1, 27-35.

Skutlarek, D., M. Exner, H. Färber (2006): Perfluorierte Tenside (PFT) in der aquatischen Umwelt und im Trinkwasser. *UWSF – Z Umweltchem Ökotox* 18, 151 – 154.

Stahl, T., R. Ackmann, S. Georgii, R. Wohlfarth, H. Brunn (2007): Perfluorierte Tenside - Verwendung, Vorkommen und Aufnahme mit Trinkwasser und Nahrung. *Ernährung*, 1, 27-35.

Stahl, T., Brunn, H. (2009): PFT – Aufnahme mit der Nahrung? Ergebnisse eines Projektes zur Ermittlung des Übergangs vom Boden in die Nutzpflanze. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 105, 6-18.

Tittlemier, S.A., Pepper, K., Seymour, C., Moisey, J., Bronson, R., Cao, X.-L., Dabeka, R.W. (2007): Dietary Exposure of Canadians to Perfluorinated Carboxylates and Perfluorooctane Sulfonate via Consumption of Meat, Fish, Fast Foods, and Food Items Prepared in Their Packaging. *J. Agric. Food Chem.*, 2007, 55 (8), 3203-3210.

Umweltbundesamt (2004): Untersuchung archivierter Proben der Umweltprobenbank des Bundes auf perfluorierte organische Verbindungen.

7. Anhang

Tabelle A1: Analysenergebnisse auf PFT in Raufutterproben (BG: 1µg/kg TS)	29
Tabelle A2: Analysenergebnisse auf PFT in getrocknetem Rindfleisch (BG: 1µg/kg TS)	30
Tabelle A3: Analysenergebnisse auf PFT in Milchproben (BG: 1 µg/L).....	32
Tabelle A4: Analysenergebnisse auf PFT in Ei-Proben (BG: 0,4 µg/kg)	33



Tabelle A1: Analyseergebnisse auf PFT in Raufutterproben (BG: 1µg/kg TS)

Labor-Nr.	Lfd. Nr.	PFOA	PFOS	PFPeA	PFHxA	PFHxS	PFHpA	PFNA	PFDA	PFDoDa	PFBS
in µg/kg gtrocknetem Gras											
104000013	1	3.0	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000014	2	3.8	<BG	1.9	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000015	3	4.1	<BG	3.6	10.0	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000016	4	1.7	<BG	<BG	3.7	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000017	5	1.7	<BG	<BG	5.8	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000018	6	3.2	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000019	7	1.3	2.1	<BG	2.2	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000020	8	<BG	<BG	<BG	3.1	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000021	9	6.4	3.1	1.2	6.1	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000022	10	4.4	3.4	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000023	11	1.8	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000024	12	1.8	<BG	<BG	5.3	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000025	13	3.5	2.2	<BG	12.4	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000026	14	4.5	5.0	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000027	15	2.4	<BG	<BG	4.4	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000028	16	1.6	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000029	17	3.1	<BG	1.7	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000030	18	7.6	1.6	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000031	19	1.3	1.4	<BG	1.6	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000032	20	<BG	8.6	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000033	21	5.7	<BG	5.6	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000034	22	3.7	4.1	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	1.4	<BG	<BG
104000035	23	1.7	2.5	<BG	1.7	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000036	24	16.2	5.6	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000037	25	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000038	26	2.2	1.2	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000039	27	5.3	1.8	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000040	28	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000041	29	1.4	1.6	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104000042	30	1.2	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG

Tabelle A2: Analyseergebnisse auf PFT in getrocknetem Rindfleisch (BG: 1µg/kg TS)

HB-Nr	Gi-Lab.Nr	PFOA	PFOS	PFPeA	PFHxA	PFHxS	PFHpA	PFNA	PFDA	PFDoDa	PFBS
in µg/kg gtrocknetem Fleisch											
09403950	409005	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403935	47905	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403944	47405	2.9	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403931	46005	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403945	45705	3.2	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403946	45205	2.2	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403943	44805	2.4	10.5	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403947	43105	2.1	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403928	42805	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403948	42605	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403949	42105	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403929	41605	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403903	33806	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403904	33506	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403905	21906	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403906	21006	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403907	20506	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403908	20206	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403909	19906	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403910	19406	1.5	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403911	19006	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403912	18506	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403913	18306	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403914	17506	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403915	16606	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG

HB-Nr	Gi-Lab.Nr	PFOA	PFOS	PFPeA	PFHxA	PFHxS	PFHpA	PFNA	PFDA	PFDoDa	PFBS
in µg/kg gtrocknetem Fleisch											
09403916	11506	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403917	11206	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403918	11006	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403919	10606	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403920	10306	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403921	8106	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403922	7906	1.2	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403923	7506	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403925	6706	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403924	6506	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403932	6006	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403930	5806	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403939	4906	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403937	4706	6.3	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403938	4306	2.4	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403934	3906	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403933	3406	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403940	3106	2.6	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403936	2806	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403941	2206	1.8	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403926	1606	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403927	1206	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
09403942	1006	4.8	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG

Um die auf die Trockensubstanz bezogenen Analysenwerte der Rindfleischproben auf das Frischgewicht umzurechnen, ist der Analysenwert mit 0,36 zu multiplizieren (der TS-Gehalt der Proben lag zwischen 35% und 38%).

Tabelle A3: Analysenergebnisse auf PFT in Milchproben (BG: 1 µg/L)

Probe Nr.	HB-Nr	PFOA	PFOS	PFPeA	PFHxA	PFHxS	PFHpA	PFNA	PFDA	PFDoDa	PFBS
Gäth	LHL	in µg/kg									
26 H	104000472	3.7	1.0	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
26 M	104000473	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
42 H	104000474	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
42 M	104000475	<BG	1.0	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
61 H	104000476	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
61 M	104000477	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
64 H	104000478	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
64 M	104000479	<BG	1.2	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
81 H	104000480	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
81 M	104000481	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
88 H	104000482	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
88 M	104000483	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG

Tabelle A4: Analysenergebnisse auf PFT in Ei-Proben (BG: 0,4 µg/kg)

HB-Nr	Matrix	Proben-Nr	PFOA	PFOS	PFPeA	PFHxA	PFHxS	PFHpA	PFNA	PFDA	PFDoDa	PFBS
104009542	Eidotter	181/07/1-G	<BG	0.49	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009543	Eidotter	181/07/2-G	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009544	Eidotter	181/07/3-G	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009545	Eidotter	181/07/4-G	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009546	Eidotter	181/07/5-G	<BG	0.49	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009530	Eidotter	51/07/1-G	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009531	Eidotter	51/07/2-G	<BG	0.53	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009532	Eidotter	51/07/3-G	<BG	0.63	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009533	Eidotter	51/07/4-G	<BG	0.59	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009534	Eidotter	51/07/5-G	<BG	0.70	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009535	Eidotter	51/07/6-G	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009547	Eiklar	181/07/1-K	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009548	Eiklar	181/07/2-K	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009549	Eiklar	181/07/4-K	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009550	Eiklar	181/07/5-K	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009536	Eiklar	51/07/1-K	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009537	Eiklar	51/07/2-K	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009538	Eiklar	51/07/3-K	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009539	Eiklar	51/07/4-K	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009540	Eiklar	51/07/5-K	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
104009541	Eiklar	51/07/6-K	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG