

# Belastung der Umwelt und von Lebensmitteln mit polychlorierten Biphenylen und ausgewählten POPs

## *Environmental and food contamination with polychlorinated biphenyls and selected POPs*

### ZUSAMMENFASSUNG

Der Beitrag befasst sich mit den Ursachen und Pfaden der Belastung der Umwelt, von Nutztieren und Lebensmitteln durch polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine, Dibenzofurane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) sowie ausgewählte Ersatzstoffe zu PCB. Die wichtigsten PCDD/F- und PCB-Expositionsquellen in der Umwelt einschließlich Senken und Reservoirs werden benannt. Derzeitige Erkenntnisse zu kausalen Zusammenhängen zwischen der Grundbelastung von Umweltkompartimenten und zur (Bio) Magnifikation in der Nahrungskette basieren auf den Ergebnissen von Forschungsprojekten des Umweltbundesamtes der letzten fünf Jahre.

RALPH  
STEPHANOWITZ,  
GERLINDE KNETSCH,  
PHILIPP GÄRTNER

### ABSTRACT

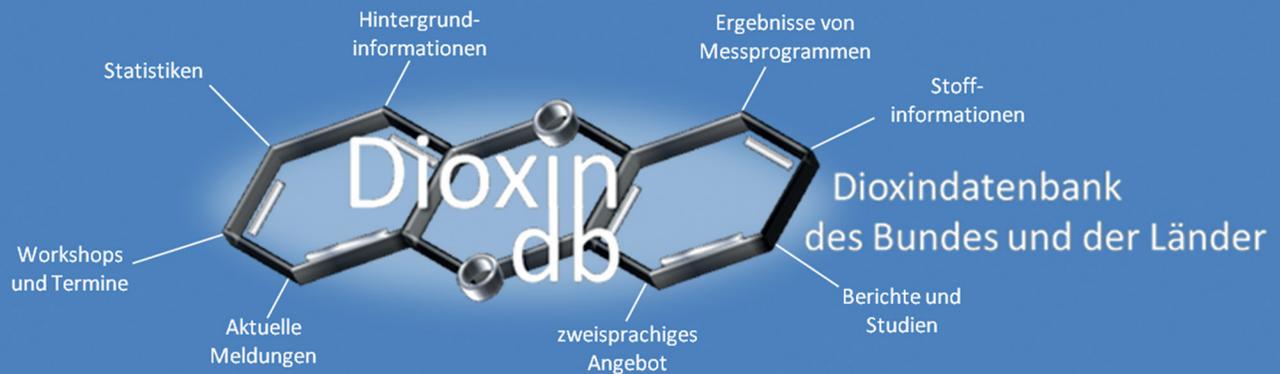
*The paper deals with the sources and pathways of environmental and livestock/food contamination by polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/F) and polychlorinated biphenyls (PCBs) as well as selected substitutes to PCBs. The main PCDD/F and PCB exposure sources in the environment including sinks and reservoirs are named. Current perceptions on causal relationships between the basic load of environmental compartments and (bio) magnification in the food chain are based on the results of research projects of the Federal Environment Agency over the last five years.*

### EINLEITUNG

Über Dioxine und dioxinähnliche PCB, die zur Gruppe der sogenannten POPs (**p**ersistent **o**rganic **p**ollutants) gehören, wurde in der Zeitschrift UMID bereits 2011 sehr ausführlich im Rahmen eines Themenschwerpunkts Dioxine berichtet (UBA 2011). Viele dieser Substanzen erfüllen zugleich auch die PBT-Kriterien (**p**ersistent, **b**ioakkumulativ, **t**oxisch) nach der REACH-Verordnung (EU 2006).

In den letzten Jahren gab es Meldungen, dass Lebensmittel tierischen Ursprungs die EU-Höchstgehalte für PCDD/F oder für die Summe aus PCDD/F und PCB häufiger überschritten. Dies betraf tierische Produkte von Rind, Schaf, Legehennen/Ei, Wild und

Fisch. Vor allem die dioxinähnlichen PCB reichern sich deutlich stärker insbesondere im Fleisch an. Auffällig ist, dass extensiv gehaltene Fleischrinder, insbesondere aus Mutterkuhhaltungen, eine Überschreitung der Summenhöchstgehalte für Dioxine und dl-PCB aufweisen. Ein vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) risikoorientiertes Programm „Bundesweiter Überwachungsplan“ setzt sich unter anderem mit der Problematik der PCB-Belastung von Rindfleisch aus extensiver Haltung auseinander (BVL 2013). Ursachen der Belastungssituation konnten nicht immer eindeutig identifiziert werden. Das Umweltbundesamt (UBA) initiierte in enger Kooperation mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktor-



Dioxindatenbank.  
Quelle: UBA.

sicherheit (BMUB) mehrere Forschungsprojekte, um den Quellen und Senken, den Pfaden und der Exposition von Lebensmitteln auf die Spur zu kommen.

### INFORMATIONEN ZU POPS IN DER UMWELT UND IM LEBENSMITTELBEREICH

Einen schnellen fachlichen Einstieg bietet die Themenseite Dioxine der Homepage des UBA. Hauptquellen für Eintragspfade von Dioxin- und PCB-Belastungen in die Umwelt werden hier benannt. Ausgewählte wissenschaftliche Publikationen, Workshops, abgeschlossene Forschungsprojekte des UBA sowie Hintergrundpapiere zu der Thematik listet TABELLE I auf.

Das UBA thematisiert bei der Beschäftigung mit der Problematik Dioxine und

PCB auch die Belastung des Menschen. Folgende Fragen stehen hierbei im Fokus: Wie gelangen Dioxine in den Menschen, wie hoch ist die Dioxinbelastung der Menschen in Deutschland, wie ist die Wirkung der Dioxine auf den Menschen, welche Maßnahmen wurden und werden ergriffen, um die Dioxinbelastung zu senken? Das im Februar 2017 erschienene Hintergrundpapier „Dioxine und dioxinähnliche PCB in Umwelt und Nahrungsketten“ (UBA 2017) und die „Daten zur Umwelt“ (DzU) bieten weitere Informationen zu Dioxinen und polychlorierten Biphenylen in der Umwelt und in Lebensmitteln.

TITEL	ABSCHLUSS	FÖRDER- KENNZEICHEN	LINK
Evaluierung des Forschungsbedarfs zur Ursachenaufklärung der Kontamination bestimmter Lebensmittel mit Dioxinen und PCB	10/2009	3709 63 224	<a href="http://www.dioxindb.de/dokumente/Endbericht-16-10-09.pdf">http://www.dioxindb.de/dokumente/Endbericht-16-10-09.pdf</a>
Expositions Betrachtung und Beurteilung des Transfers von Dioxinen, dioxinähnlichen PCB und PCB - Literaturstudie	09/2011	3709 72 228	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/expositionsbetrachtung-beurteilung-des-transfers">https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/expositionsbetrachtung-beurteilung-des-transfers</a>
Ermittlung von potentiell POP-haltigen Abfällen und Recyclingstoffen - Ableitung von Grenzwerten	04/2015	3712 33 342	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ermittlung-von-potentiell-pop-haltigen-abfaellen">https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ermittlung-von-potentiell-pop-haltigen-abfaellen</a>
Analyse und Trendabschätzung der Belastung der Umwelt und von Lebensmitteln mit ausgewählten POPs und Erweiterung des Datenbestandes der POP-Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder mit dem Ziel pfadbezogener Ursachenaufklärung	12/2015	3712 65 407 1	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/analyse-trendabschaetzung-der-belastung-der-umwelt">https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/analyse-trendabschaetzung-der-belastung-der-umwelt</a>
Zuordnung und Quantifizierung der Dioxineinträge auf dem Luftpfad mittels Betrachtung der emissionsseitigen und immissionsseitigen Kongenerenmuster	03/2016	3712 65 407 2	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/zuordnung-quantifizierung-der-dioxineintraege-auf">https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/zuordnung-quantifizierung-der-dioxineintraege-auf</a>
POP- und Hg-Emissionen aus abfallwirtschaftlichen Anlagen	04/2016	3712 42 313 1	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/pop-hg-emissionen-aus-abfallwirtschaftlichen">https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/pop-hg-emissionen-aus-abfallwirtschaftlichen</a>
Abschluss-Workshop zu Ursachen, Pfaden & Trends von POPs in der Umwelt	11/2016	/	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/service/termine/abschluss-ws-zu-ursachen-pfaden-trends-von-pops-in">https://www.umweltbundesamt.de/service/termine/abschluss-ws-zu-ursachen-pfaden-trends-von-pops-in</a>
Answers to frequently asked questions to Hexabromocyclododecane (HBCD) - Hintergrundpapier	12/2016	/	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/answers-to-frequently-asked-questions-to">https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/answers-to-frequently-asked-questions-to</a>
Dioxine und dioxinähnliche PCB in Umwelt und Nahrungsketten - Hintergrundpapier	02/2017	/	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/dioxine-dioxinahnliche-pcb-in-umwelt-nahrungsketten">https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/dioxine-dioxinahnliche-pcb-in-umwelt-nahrungsketten</a>
Evaluierung von Monitoringdaten zu POPs, POP-Kandidaten und Ersatzstoffen zur Aufklärung von Ursachen, Pfaden und Trends der Umweltbelastung	08/2017	3715 65 423 0	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/evaluierung-von-monitoringdaten-zu-pops-pop">https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/evaluierung-von-monitoringdaten-zu-pops-pop</a>

## INVENTARE DES ATMOSPÄRISCHEN EINTRAGS IN DIE UMWELT

Die aktuelle atmosphärische Hintergrundbelastung und die daraus folgende Belastung für die Umwelt und letztendlich auch für Lebensmittel verdeutlicht, dass es auch weiterhin unterschätzte und unbeachtete Quellen und Eintragspfade insbesondere von dl-PCB gibt. Für die Dioxin- und Furanemissionen

in Deutschland gibt **ABBILDUNG 1** einen zeitlichen Trendverlauf der letzten 25 Jahre an, unterteilt nach verschiedenen Quellkategorien.

PCB-Emissionen resultieren aus Industrieprozessen und der Energiewirtschaft, aber auch aus ehemaligen offenen Anwendungen, wie zum Beispiel aus an Gebäuden verbauten PCB-haltigen Materialien. **ABBILDUNG 2** gibt einen Überblick zu den verschiedenen Quellkategorien.

**TABELLE 1**  
Übersicht zu Forschungsprojekten und Hintergrundinformationen des Umweltbundesamtes zu POPs.

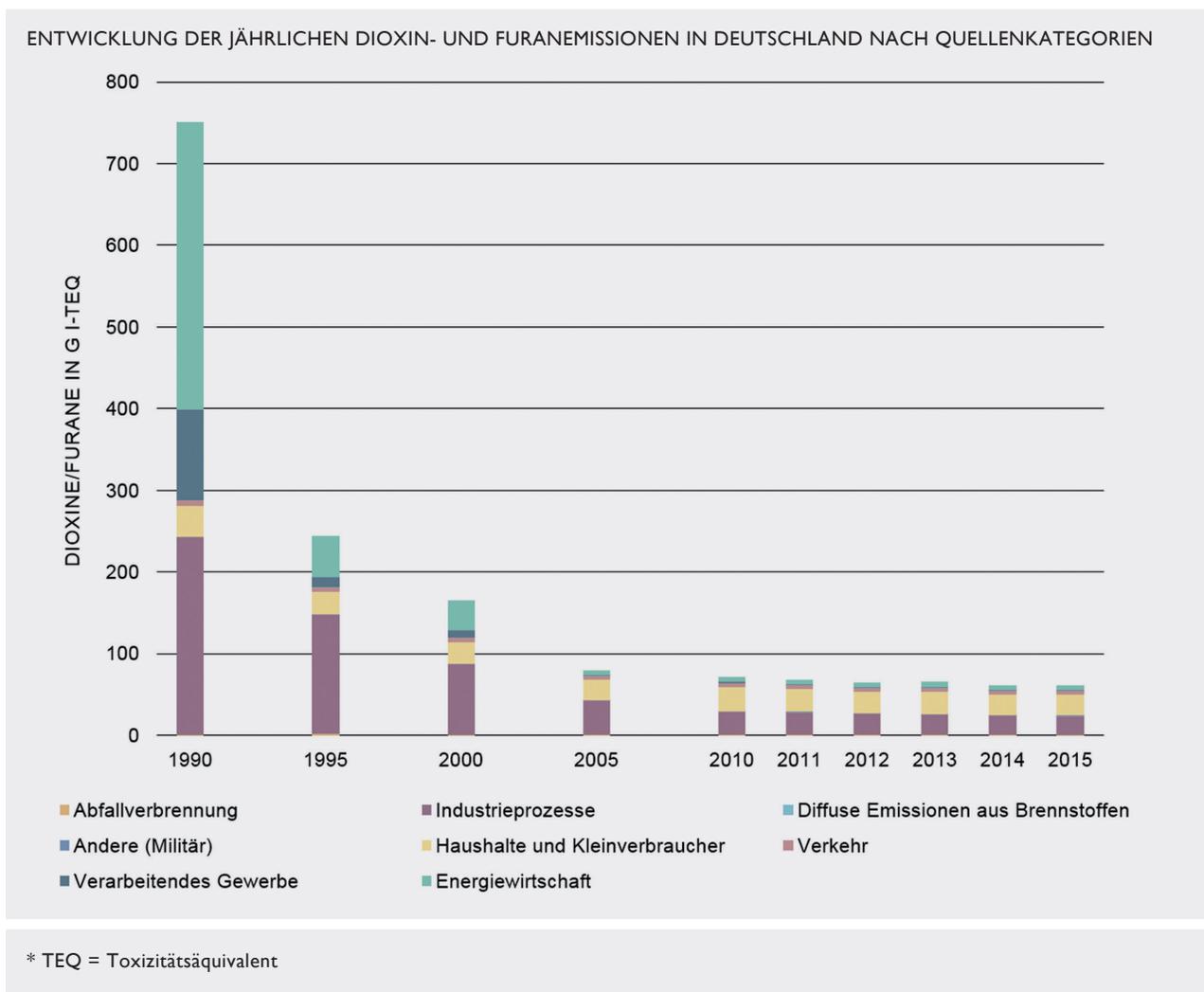
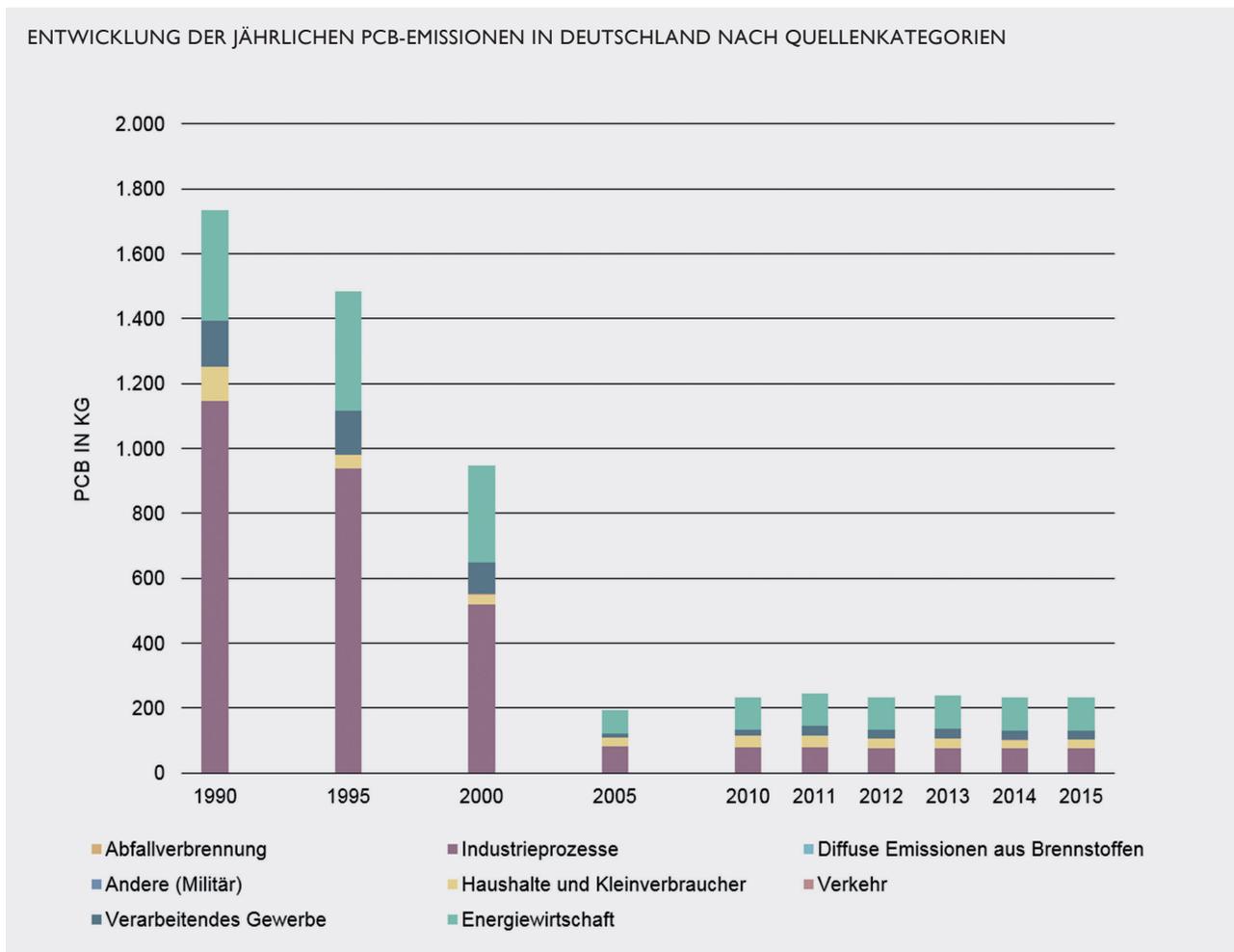


ABBILDUNG I  
 Entwicklung der jährlichen Dioxin- und Furanemissionen in Deutschland nach Quellkategorien.  
 Quelle: UBA 2017.

Mit der Erkenntnis negativer Auswirkungen von Chemikalien mit POP-Eigenschaften auf Mensch und Umwelt begann die Suche nach und der Einsatz von Ersatzstoffen. Inzwischen wurde festgestellt, dass die Ersatzstoffe ähnlich gefährliche Eigenschaften wie die zu ersetzenden Stoffe haben können. Ersatzstoffe, wie Chlorparaffine und bestimmte bromierte Flammschutzmittel (polybromierte Diphenylether und HBCD), kommen bereits – ähnlich wie PCN, PCB und Dioxine – ubiquitär in der Umwelt vor.

Es bestand Handlungsbedarf und im Zuge des Forschungsvorhabens „Evaluierung von Monitoringdaten zu POPs, POP-Kandidaten und Ersatzstoffen zur Aufklärung von

Ursachen, Pfaden und Trends der Umweltbelastung“ (Potrykus et al. 2017) und dem Abschlussworkshop „Ursachen, Pfade & Trends von POPs in der Umwelt“ (UBA 2016) wurde die Wissensgrundlage zu bestimmten POPs und POP-Kandidaten, insbesondere den dl-PCBs und ausgewählten PCB-Ersatzstoffen, namentlich SCCP, PBDE und HBCD für die jeweiligen Stoffe und Stoffgruppen recherchiert und detailliert dargestellt. Mit dem Ziel, die Ursachen für deren ubiquitäres Vorkommen in der Umwelt und die Mechanismen und Ausbreitungspfade besser zu verstehen, wurden die Zusammenhänge zwischen Quellen, Pfaden, Senken und Verbleib in der Umwelt diskutiert.



Um mögliche Verursacher (Quellen oder Quellprozesse) für die Kontamination von Umweltproben zu identifizieren, kamen zudem spezielle Verfahren der sogenannten „Kompositionsdaten-Statistik“ (CoDa) zur Anwendung, die bisher nur selten eingesetzt werden und im Rahmen des Projektes erprobt werden sollten.

## QUELLEN, SENKEN, PFADE DER UMWELTBELASTUNG

Auf der Grundlage von Hypothesen und Annahmen zum Transferverhalten von PCDD/F, PCB und weiteren POPs an der Schnittstelle zwischen Umwelt und dem Menschen wurden Forschungsprojekte und

Untersuchungsprogramme auf verschiedenen Ebenen initiiert. Eine Studie befasste sich mit der „Ermittlung von potentiell POP-haltigen Abfällen und Recyclingstoffen“ und der „Ableitung von Grenzwerten“ (Potrykus 2015) zur Aufnahme von weiteren POPs auf die Liste des Stockholmer Abkommens. Dies betrifft

- Hexabromcyclododekan (HBCD),
- Hexachlorbutadien (HCBD),
- Polychlorierte Naphthaline (PCN),
- Pentachlorphenol (PCP) und
- Kurzkettige Chlorierte Paraffine (SCCP),

unter der Prämisse, einen vernünftigen Ausgleich zwischen der Förderung der Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen

ABBILDUNG 2  
 Entwicklung der jährlichen PCB-Emissionen in Deutschland nach Quellkategorien.  
 Quelle: UBA 2017.

Ressourcen und dem Schutz von Mensch und Umwelt bei der Bewirtschaftung von Abfällen zu finden. Das Spannungsverhältnis zwischen beiden grundsätzlichen Zielen der Abfallpolitik durch Festlegung von schadstoffspezifischen Grenzwerten ist auszugleichen. Diese Grenzwerte haben dem Gebot der Verhältnismäßigkeit genauso zu entsprechen wie dem umweltpolitischen Vorsorgeprinzip. Für eine sachgerechte Festlegung der Grenzwerte ist es essenziell, dass eine solide Fakten- und Datenbasis für jeden einzelnen Schadstoff existiert. Das rechtliche Instrument hierzu sind die Anhänge der POP-VERORDNUNG (EG) Nr. 850/2004 (EU 2004).

In den letzten Jahren wurde in Deutschland das Lebensmittelmonitoring von dioxinähnlichen (dl-)PCB und auch nicht-dioxinähnlichen (ndl-)PCB intensiviert, da 2006 EU-Höchstgehalte für die Summe aus PCDD/F und dl-PCB und 2011 EU-Höchstgehalte für die Summe aus den sechs ndl-PCB-Kongeneren in Lebensmitteln festgelegt wurden. Für Labore wurde 2012 eine Meldepflicht bei Überschreitungen des EU-Höchstgehalts von Dioxinen bei Lebens- und Futtermitteln eingeführt (Mit-ÜbermitV 2012).

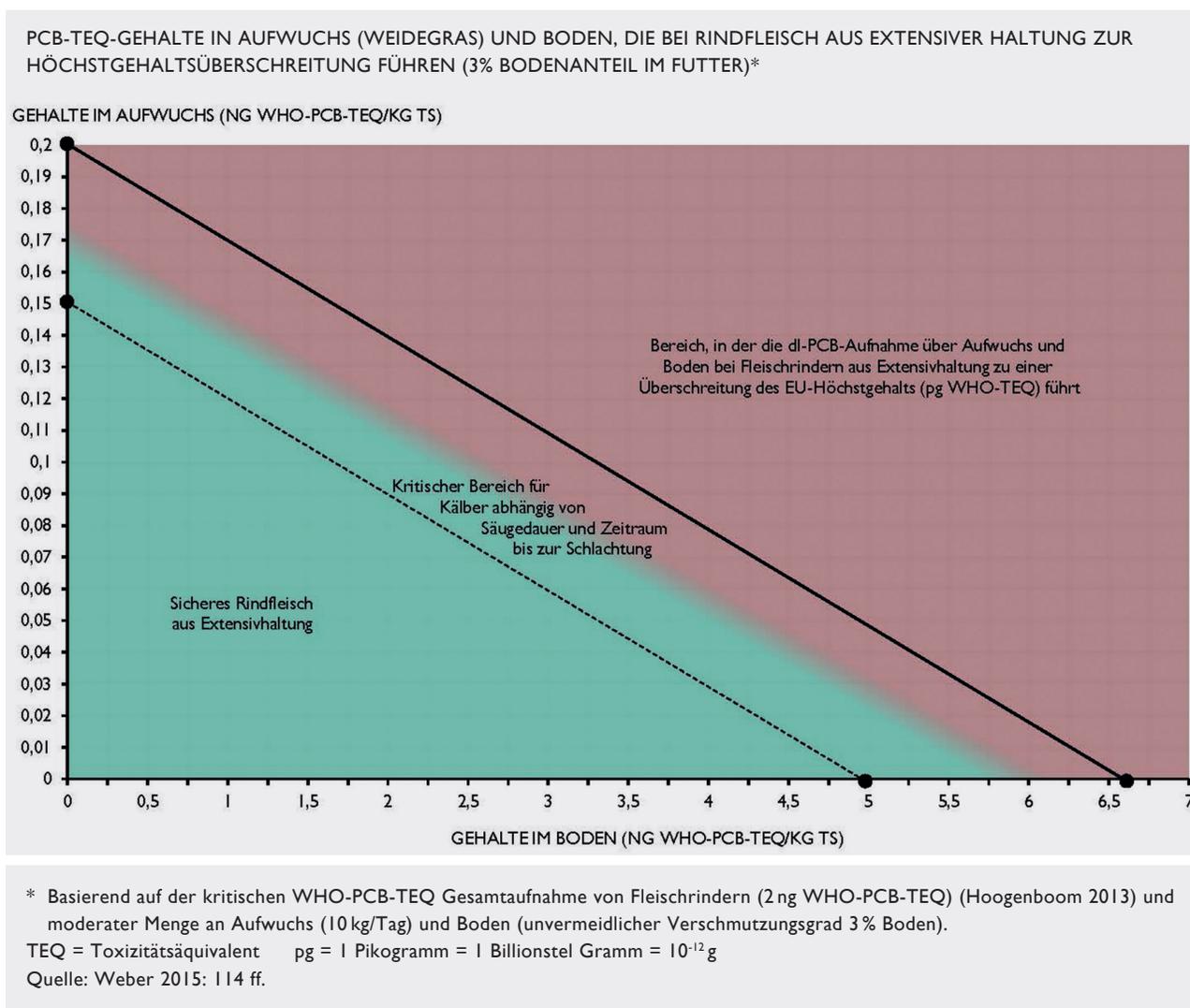
Es wurde vermehrt festgestellt, dass besonders Nutztiere aus extensiver Haltung (Rind, Schaf, Legehennen) beziehungsweise die von ihnen gewonnenen Lebensmittel auch ohne spezifische Futtermittelbelastung zum Teil die EU-Höchstgehalte für die Summe von Dioxinen und dl-PCB (PCDD/F-PCB-TEQ) überschreiten und dass diese Belastungen zum großen Teil aus der Umwelt stammen.

Der Mensch nimmt PCDD/F und PCB im Wesentlichen über fetthaltige, vom Tier stammende Lebensmittel wie Fleisch, Milchprodukte und Eier sowie Fischereierzeugnisse auf. Ein Teil der Bevölkerung überschreitet mit der Nahrungsaufnahme sowohl die tolerierbare tägliche Aufnahme (Tolerable Daily Intake, TDI) von 2 pg TEQ/kg Körpergewicht (KG) und Tag für die Summe aus PCDD/F und dioxinähnlichen (dl-)PCB, als auch den TDI für Gesamt-PCB von 20 ng/kg KG und Tag (BfR 2010).

Somit entstand neuer Forschungsbedarf und in der Folge ein sehr umfangreicher Forschungsbericht zur „Analyse und Trendabschätzung der Belastung der Umwelt und von Lebensmitteln mit ausgewählten POPS und Erweiterung des Datenbestandes der POP-Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder mit dem Ziel pfadbezogener Ursachenaufklärung“ (Weber et al. 2015). In diesem Bericht wurden erstmals die verfügbaren Informationen zu Quellen, Senken und Eintragspfaden von PCB wie auch PCDD/F zusammengefasst und im Zusammenhang mit der Exposition von Nutztieren detailliert beschrieben. ABBILDUNG 3 stellt den Zusammenhang zwischen PCB-Gehalten im Boden und PCB-Gehalten im Aufwuchs dar. Ab Bodengehalten von 6 ng WHO-PCB-TEQ/kg TS kann es zu einer Höchstgehaltsüberschreitung kommen mit der Annahme, dass drei Prozent Bodenanteil mit dem Futter aufgenommen werden.

Die Darstellung macht deutlich, dass die wichtigsten Ursachen für die Belastung extensiv gehaltener Rinder folgende sind:

- Der dl-PCB-Eintrag erfolgt einerseits über das Futter, welches zum großen Teil aus Aufwuchs besteht, der durch atmosphärische Deposition (Luftpfad) belastet wird. Andererseits nehmen die Rinder beim Gras anhaftende Bodenpartikel auf, die bis zu drei Prozent Bodenanteil im Futter – in Abhängigkeit von der Bodenart – betragen können.
- Lokale aber auch regionale Punktquellen können die Primärquelle für eine Exposition für Rinderherden sein.
- In der Mutterkuhhaltung nimmt das Kalb dl-PCB über die Muttermilch auf. Die Nachkommen können die dl-PCB-Körperlast nicht über die Abgabe von Milch eliminieren. Daher werden im Fleisch dieser Nachkommen höhere PCB-Gehalte gefunden als im Fleisch der Mutterkühe.



## ERWEITERUNG DES DATENBESTANDES DER POP-DIOXIN-DATENBANK

Das Forschungsprojekt akquirierte Datensätze, die ein Potenzial für die Belastung von Futtermitteln und Lebensmitteln darstellen. Hierzu zählen technische PCB-Mischungen, aber auch Dichtungsmassen und Farben aus offenen PCB-Anwendungen. Auch eine Reihe von unbeabsichtigt gebildeten PCDD/F und PCB in Chlororganika, einschließlich Pestiziden und Farbpigmenten, und eine Reihe von Datensätzen zu PCB aus thermischen

Prozessen wurden in die POP-Dioxin-Datenbank eingestellt.

Zum Teil wurden Vorschläge für die Suche nach weiteren PCDD/F- und PCB-Datensätzen für eine zukünftige Ergänzung der POP-Dioxin-Datenbank gemacht. So sollten weitere aromatische Chlororganika (z.B. Pestizide, Farbpigmente), aber auch Chlorparaffine auf PCDD/F, PCB, polychlorierte Naphthaline (PCN) und andere unbeabsichtigte POP-Belastungen untersucht werden und die Kongenerenprofile und relative Gehalte der unbeabsichtigt gebildeten POPs in die POP-Dioxin-Datenbank eingestellt werden.

ABBILDUNG 3  
 Zusammenhang zwischen Schadstoffgehalt im Boden und Aufwuchs und sicherer Fleischproduktion von Rindern in Extensivhaltung.

## STATISTISCHE VERFAHREN FÜR DEN ABGLEICH VON KONGENERENPROFILEN

Kongenerenprofile sind chemische Fingerabdrücke, aus denen man Rückschlüsse auf die Quelle ziehen kann. Mit steigender Anzahl an Datensätzen lag der Gedanke nahe, diese auch mittels geeigneter statistischer Verfahren auszuwerten.

Das Projekt „Zuordnung und Quantifizierung der Dioxineinträge auf dem Luftpfad mittels Betrachtung der emissionsseitigen und immissionsseitigen Kongenerenmuster“ (Quass et al. 2016) hatte das Ziel, die in Bund und Ländern existierenden Informationen über Immissionen, Depositionen und Emissionen von PCDD/F und PCB im Hinblick auf die zugrunde liegenden Quellprozesse auszuwerten. Dabei wurden sowohl die in der POP-Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder vorhandenen als auch zusätzliche, im Rahmen des Projektes bei den Ländern erhobene Datenbestände genutzt. Der Schwerpunkt wurde dabei auf quellferne und nicht unmittelbar emittentennahe (vor-)städtische Messorte gelegt. Die verfügbaren Daten wurden durch Cluster- und Distanzanalysen der Stoffprofile (Kongeneren- bzw. Homologenmuster) auf Ähnlichkeiten und Unterschiede untersucht. Darüber hinaus wurden dafür geeignete Teildatenbestände einer Faktoranalyse mit der Positiv-Matrix-Faktorisierung (PMF) unterzogen. Die ermittelten Faktoren wurden anschließend in einer speziell entwickelten Vorgehensweise durch multivariate Ähnlichkeitsanalyse mit Emissionsprofilen verglichen.

Aus den Ergebnissen und im Sinne einer verbesserten Quellenidentifizierung wurden in der Studie sehr umfangreiche Empfehlungen zu einer geeigneteren Vorgehensweise bei der Überwachung der PCDD/F- und PCB-Immissionskonzentrationen, -Depositionen und -Emissionen abgeleitet (Quass et al. 2016: 44 ff.).

## FAZIT

Die Ergebnisse dieser Forschungsvorhaben tragen dazu bei, zukünftig Schadstoffquellen und Kontaminationsursachen in der Umwelt und Lebensmitteln leichter ausfindig machen zu können. Sie ermöglichen eine zügige Ursachenaufklärung und die Ableitung von Maßnahmen zur Reduzierung der Belastung der Umwelt mit POPs und deren Ersatzstoffen.

Die Aufklärung der Ursachen für die Einträge von Dioxinen, PCBs und deren Ersatzstoffen in die Umwelt und die Nahrungskette stellt aber nach wie vor ein komplexes Problem dar. Quellen, Pfade und Senken müssen mit oft erheblichem Klärungs- und Forschungsbedarf gefunden und quantitativ erfasst werden. ●

## INTERNETSEITEN

Dioxindatenbank des Bundes und der Länder: <http://www.dioxindb.de> (Zugriff am: 06.03.2018).

DzU – Daten zur Umwelt: Dioxine und Polychlorierte Biphenyle (PCB) in Lebensmitteln: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/chemikalien/dioxine-polychlorierte-biphenyle-pcb-in> (Zugriff am: 06.03.2018).

DzU – Daten zur Umwelt: Dioxine und Polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Umwelt: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/chemikalien/dioxine-polychlorierte-biphenyle-pcb-in-der-umwelt> (Zugriff am: 06.03.2018).

UBA – Umweltbundesamt (2017): Themenseite Dioxine <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/dioxine> (Zugriff am: 06.03.2018).

## LITERATUR

BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (2010): Aufnahme von Umweltkontaminanten über Lebensmittel, Ergebnisse des Forschungsprojektes LExUKon. [http://www.bfr.bund.de/cm/350/aufnahme\\_von\\_umweltkontaminanten\\_ueber\\_lebensmittel.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/350/aufnahme_von_umweltkontaminanten_ueber_lebensmittel.pdf) (Zugriff am: 06.03.2018).

BVL – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2013): Berichte zur Lebensmittelsicherheit 2011. Bundesweiter Überwachungsplan. Gemeinsamer Bericht des Bundes und der Länder. [https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01\\_Lebensmittel/02\\_BUEp\\_dokumente/buep\\_berichte\\_archiv/BUEp\\_Bericht\\_2011.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01_Lebensmittel/02_BUEp_dokumente/buep_berichte_archiv/BUEp_Bericht_2011.pdf?__blob=publicationFile&v=4) (Zugriff am: 06.03.2018).

EU – Europäische Union (2006): REACH-Verordnung Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission ( ABl. L 396 vom 30.12.2006, S. 1. Berichtigte Fassung im ABl. L 136 vom 29.5.2007, S. 3). <http://www.reach-info.de/verordnungsnaem.html> (Zugriff am: 06.03.2018).

EU – Europäische Union (2004): VERORDNUNG (EG) Nr. 850/2004 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 29. April 2004 über persistente organische Schadstoffe und zur Änderung der Richtlinie 79/117/EWG. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0850&from=DE> (Zugriff am: 06.03.2018).

MitÜbermitV (2012): Verordnung zu Mitteilungs- und Übermittlungspflichten zu gesundheitlich nicht erwünschten Stoffen (Mitteilungs- und Übermittlungsverordnung) vom 28. Dezember 2011. BGBl. 2012 I: 58. [https://www.gesetze-im-internet.de/mit\\_bermitv/index.html](https://www.gesetze-im-internet.de/mit_bermitv/index.html) (Zugriff am: 06.03.2018).

Potrykus A, Zettl E, Milunov M et al. (2017): Evaluierung von Monitoringdaten zu POPs, POP-Kandidaten und Ersatzstoffen zur Aufklärung von Ursachen, Pfaden und Trends der Umweltbelastung. UBA-Texte 65. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/evaluierung-von-monitoringdaten-zu-pops-pop> (Zugriff am: 06.03.2018).

Potrykus A, Milunov M, Weißenbacher J (2015): Ermittlung von potentiell POP-haltigen Abfällen und Recyclingstoffen - Ableitung von Grenzwerten. UBA-Texte 34. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ermittlung-von-potentiell-pop-haltigen-abfaellen> (Zugriff am: 06.03.2018).

Quass U, Meyer J, Kuhlbusch T (2016): Zuordnung und Quantifizierung der Dioxineinträge auf dem Luftpfad mittels Betrachtung der emissionsseitigen und immissionsseitigen Kongenerenmuster. UBA-Texte 23. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/zuordnung-quantifizierung-der-dioxineintraege-auf> (Zugriff am: 06.03.2018).

UBA – Umweltbundesamt (2017): Dioxine und dioxinähnliche PCB in Umwelt und Nahrungsketten. Hintergrundpapier. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/dioxine-dioxinahnliche-pcb-in-umwelt-nahrungsketten> (Zugriff am: 06.03.2018).

UBA – Umweltbundesamt (2016): Abschlussworkshop „Ursachen, Pfaden & Trends von POPs in der Umwelt“. <https://www.umweltbundesamt.de/service/termine/abschluss-ws-zu-ursachen-pfaden-trends-von-pops-in> (Zugriff am: 06.03.2018).

UBA – Umweltbundesamt (2011): Schwerpunktthema Dioxine. UMID 02: 5–22. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umid-012011-schwerpunktthema-dioxine> (Zugriff am: 06.03.2018).

Weber R, Hollert H, Kamphues J et al. (2015): Analyse und Trendabschätzung der Belastung der Umwelt und von Lebensmitteln mit ausgewählten POPs und Erweiterung des Datenbestandes der POP-Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder mit dem Ziel pfadbezogener Ursachenaufklärung. UBA-Dokumentationen 114. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/analyse-trendabschaetzung-der-belastung-der-umwelt> (Zugriff am: 06.03.2018).

## KONTAKT

Dr. Gerlinde Knetsch  
Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Fachgebiet IV 2.1 „Informationssysteme  
Chemikaliensicherheit“  
E-Mail: [gerlinde.knetsch\[at\]uba.de](mailto:gerlinde.knetsch[at]uba.de)

[UBA]