



## Umweltbundesamt

# Evaluierung von Monitoringdaten zu POPs, POP-Kandidaten und Ersatzstoffen zur Aufklärung von Ursachen, Pfaden und Trends der Umweltbelastung (Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben UFOPLAN FKZ 3715654230)

Vortrag im Rahmen des Workshops  
„Umsetzung der Stockholm Konvention in Deutschland –  
Wie geht es weiter mit HBCD, PBDE, PFOS und Co?“

Alexander Potrykus, Koblenz, 23. November 2017



## Handlungsbedarf

- Klärungs- und Forschungsbedarf (insbesondere zu dl-PCB und PCB-Ersatzstoffen wie SCCP, PBDE und HBCD):
  - Quellen, Pfade, Senken, Ursachen der Einträge in Mensch und Umwelt
  - Verbleib und Verhalten in der Umwelt

## Zielsetzung

- Wissensgrundlage zu POPs und zu deren Ersatzstoffen erweitern
- Schadstoffquellen und Kontaminationsursachen von Umwelt und von Lebensmitteln leichter ausfindig machen und zügige Ursachenaufklärung ermöglichen

**Projektpartner:** BiPRO, IUTA, TU Wien

**Zeitraumen:** Projektstart: 23.08.2015 – Abschlussbericht\* 15.12.2016

\*UBA Texte 65/2017: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/evaluierung-von-monitoringdaten-zu-pops-pop>

# Hintergrund und Zielsetzung des Projekts

---

## Herangehensweise

1

Querschnittsanalyse und Diskussion des verfügbaren Wissens zur Belastung der Umwelt mit PCB und deren Ersatzstoffen

- Gezielte Literaturrecherche
- Workshop (18 November 2016)

2

Recherche, Evaluierung und Erweiterung des Datenbestands der POP-Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder

- Datenrecherche\* (Kontakte mit Behörden, Forschung, Autoren)
- Qualitätssicherung und Datenaufbereitung
- Datenauswertung
- Erweiterung Datenbestand

3

Kommunikation, Koordination, Dokumentation, Projekttreffen

- Enge Abstimmung UBA

\*Fokus: Quellen der Technosphäre, Luft, pflanzliche Biota

# Ausgewählte Stoffe/Stoffgruppen

---

## Vorrecherche und Abstimmung UBA

Ausgewählte Stoffe/Stoffgruppen:

- dl-PCB (PCB)
- SCCP (CP)
- PBDE
- HBCD

Nicht im Projektfokus\*:

- Dechloran Plus (PCB Ersatzstoff; POP?; aktuelles UBA Vorhaben)
- PCN (kein PCB Ersatzstoff sondern Vorläufer; aktuell geringe Relevanz in DE)
- HCBD (kein PCB Ersatzstoff; aktuell geringe Relevanz in DE)

\* Details, siehe Abschlussbericht, Kapitel 2.2.2

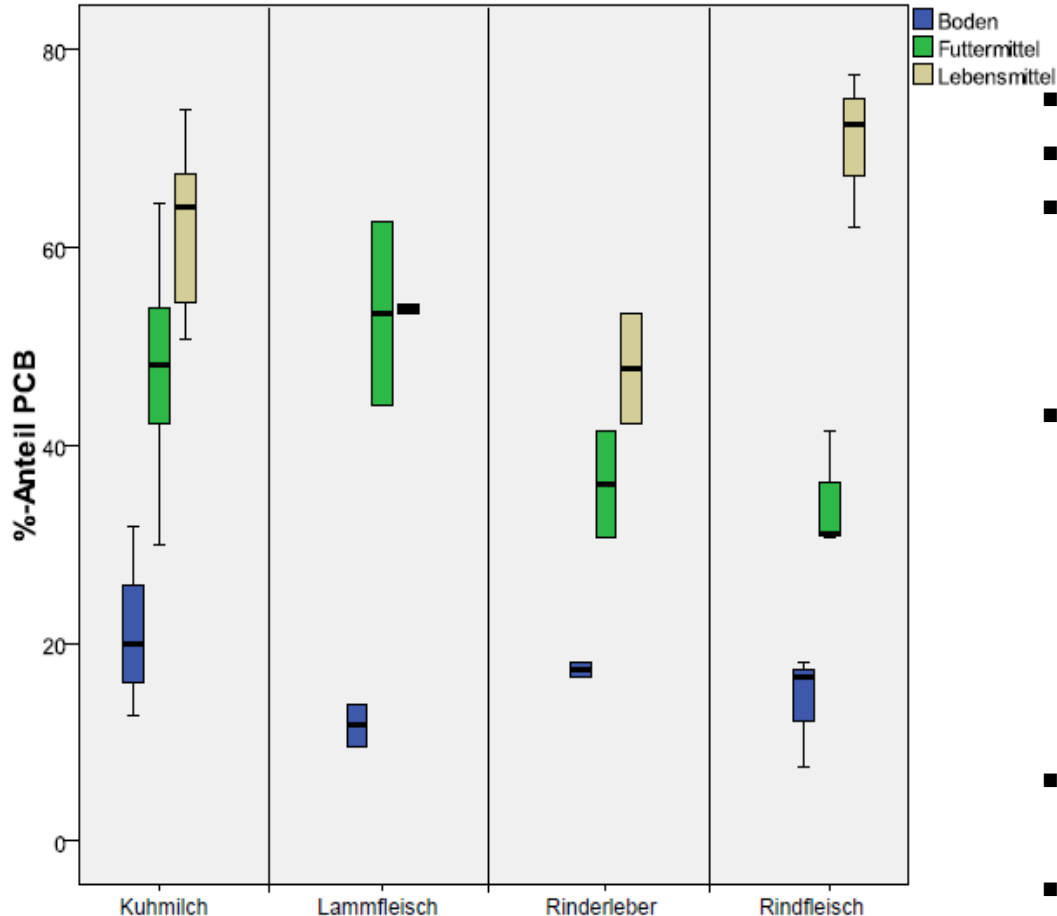
## Darstellung der Informationen im Abschlussbericht

- POP-Status
- Chemische Identität
- Status in der POP-Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder
- **Relevanz in der Technosphäre**
- **Relevanz in der Umwelt**
- Quellen, Pfade, Senken (Luft, Wasser, Böden/Sedimente, pflanzliche Biota, tierische Biota, Mensch)
- Zeitreihen und Trends
- Diskussion der **Zusammenhänge**: Ursachen, Status, Pfade, **Handlungsbedarf/Forschungsbedarf**

## In dieser Präsentation

- Ausgewählte Ergebnisse zum Wissensstand zu den untersuchten Stoffen
- Ausgewählte Aspekte/Schlussfolgerungen zum Thema Vernetzung

## ■ Relevanz in der Umwelt



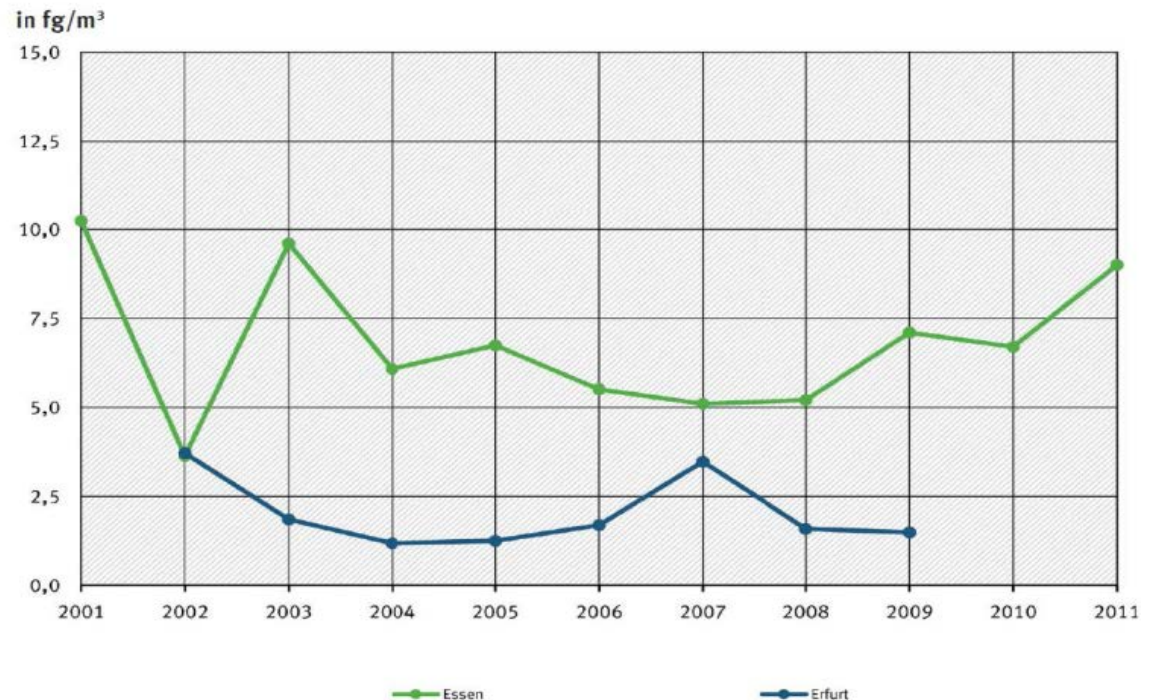
[Hembrock-Heger et al. 2013]: PCB in Böden, Pflanzen und Rindfleisch aus Weidehaltung  
 – Untersuchungen in Nordrhein-Westfalen; Fachgespräch: Eintragungspfade von PCB in Rindfleisch,  
 BMU 2013

- Produktion ca. 1,5 Mio t (1950er bis 80er)
- Ubiquitäres Vorkommen
- Bioakkumulierend
- NRW: Hintergrundbelastung  
 Median von dl-PCB-Gehalten in Grünkohl:  
 Hintergrund: 0,05 ng TEQ<sub>2005</sub>/kg FM;  
 empfohlener Auslösewert EU: 0,1 ng TEQ<sub>2005</sub>/kg FM  
 [LANUV NRW 2015]
- Große Flächen mit pflanzlichem Aufwuchs (Wald, Weide) sind effiziente Depositionsflächen → relativ hohe Belastungswerte bei Wildtieren (Rehe, Gämse) und Tieren aus extensiver Haltung (Rind, Schaf, Legehennen)  
 W. Körner, LfU Bayern beim UBA Workshop Nov. 2016
- dl-PCB in Fleisch von Rindern aus extensiver Weidehaltung
- %-dl-PCB TEQ-Beitrag nimmt zu:  
 Boden → Futter → Lebensmittel

# Wissensstand – dl-PCB

- **Relevanz in der Umwelt**
- Abnahme von PCB in der Luft seit Produktionsstopp, aber ca. seit dem Jahr 2000 keine eindeutigen Trends von dl-PCB in der Außenluft mehr → andauernde Hintergrundbelastung (aufgrund fortgesetzter Emissionen?)
- Auch geringe atmosphärische Konzentrationen können zu einer Anreicherung in Pflanzen führen

Abbildung 3 dl-PCB-Konzentration in der Außenluft von 2001-2011 als WHO<sub>2005</sub>-TEQ an den Messstationen Erfurt und Essen [Behnke et al. 2014]



- **Relevanz in der Technosphäre**

Auch Jahrzehnte nach Produktionsstopp bestehendes Kontaminationsrisiko aus der Technosphäre

### **Betrachtung von vier potentiellen technosphärischen Quellen:**

- Unbeabsichtigte Emissionen aus thermischen und chemischen Prozessen
- Abfälle
- PCB-Altbestände: geschlossene Anwendungen
- PCB-Altbestände: offene Anwendungen



## Unbeabsichtigte Emissionen aus thermischen und chemischen Prozessen

- Genaue **Emissionen** von unbeabsichtigt entstandenen PCB nach wie vor **unbekannt**;  
UBA in EMEP: 230 kg PCB(gesamt) in 2013; Anteil dl-PCB?
- Emission neu gebildeter dl-PCB aus der **Müllverbrennung** nach Abgasfilterung **gering**  
[Isikawa et al. 2007]: PCB decomposition and formation in thermal treatment plant equipment. Chemosphere 67 (2007)
- dl-PCB-Konzentrationen im Abgas von **Abfallverbrennungsanlagen in DE** meist unterhalb der Bestimmungsgrenze, keine Überschreitung von Emissionsgrenzwerten  
UBA-Forschungsbericht 2016 POP- und Hg-Emissionen aus abfallwirtschaftlichen Anlagen
- dl-PCB machen nur einen **geringen Teil des Gesamt-TEQ** der Emissionen aus  
[Weber et al. 2008]: Dioxin and POP-contaminated sites – contemporary and future relevance and challenges. Environ Sci Pollut Res 15 (2008)
- Unklar: dl-PCB-Emissionen aus der **Sekundärmetallindustrie** durch unbeabsichtigte Bildung von dl-PCB oder Ursprung in Altbeständen?
- Literatur: Herstellung von bestimmten **Farbpigmenten** (Azo- und Phthalocyanin-Pigmente) als Ursache für unbeabsichtigte Entstehung von PCB? Relevanz unklar  
→ **UBA-Forschungsvorhaben**

**Im Vergleich zur großen Menge an industriell hergestellten PCB wird die Relevanz der unbeabsichtigt hergestellten dl-PCB als gering eingeschätzt**

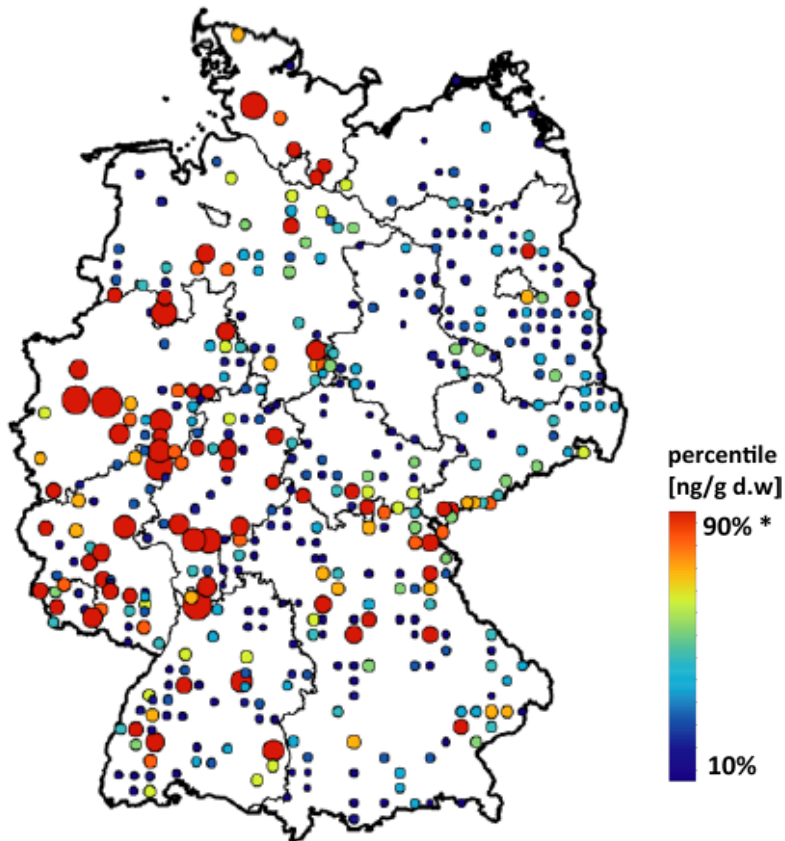
## DI-PCB in Abfällen

- Abfallverbrennung, Klärschlammverbrennung, Altholzverbrennung, Krematorien: geringe Relevanz (siehe oben)  
UBA-Forschungsbericht 2016 POP- und Hg-Emissionen aus abfallwirtschaftlichen Anlagen
- Deutschlandweites PCB Verbot 1989 → PCB aus typischen elektrotechnischen Anwendungen weitgehend entsorgt
- Schredderanlagen, in denen auch PCB-haltige Abfälle behandelt werden, können dl-PCB-Emissionsquellen darstellen (Biomonitoring Weidelgras Bayern)  
[Schädel et al. 2009]: Schredderanlagen und Abfalldeponien – relevante Sekundärquellen für dioxin-ähnliche PCB und verwandte persistente Schadstoffe; LfU Bayern 2009
- PCB-haltige Bau- und Abbruchabfälle in Deutschland im Berichtsjahr 2013: 2600 t (PCB-Gehalt bzw. dl-PCB-Gehalt: ?)  
[DESTATIS 2015]: Umwelt – Abfallentsorgung 2013; Statistisches Bundesamt 2015

## Möglicherweise erhebliche Relevanz

## DI-PCB aus historischen geschlossenen Anwendungen

[Weber et al. 2015]: PCB aus geschl. Anwendungen zum größten Teil bereits entsorgt



### PCB<sub>6</sub>-Konzentrationen in Waldböden

aus: Aichner B., Bussian B., Lehnik-Habrink P., Hein S.: Levels and spatial distribution of persistent organic pollutants in the environment: A case study of German forest soils. Environ Sci & Tech, 47, 2013

**Geringer Beitrag zur Gesamtbelastung der Atmosphäre,** jedoch: Sensible Industrieanlagen (z.B. Recycling von Transformatoren) können Kontaminationsquellen darstellen

- Wischproben in Nordrhein-Westfalen in verschiedenen Anlagen von Abfallentsorgern: erhöhte Konzentrationen in Arbeitsräumen

[Klees et al. 2015]: Analysis of polychlorinated biphenyls, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in particulate and oily films on impervious surfaces. Science of the Total Environment 538, 2015

- Erhöhte Luftkonzentrationen in Zürich in der Umgebung einer Firma, die seit den 1930ern Kondensatoren und Transformatoren herstellte

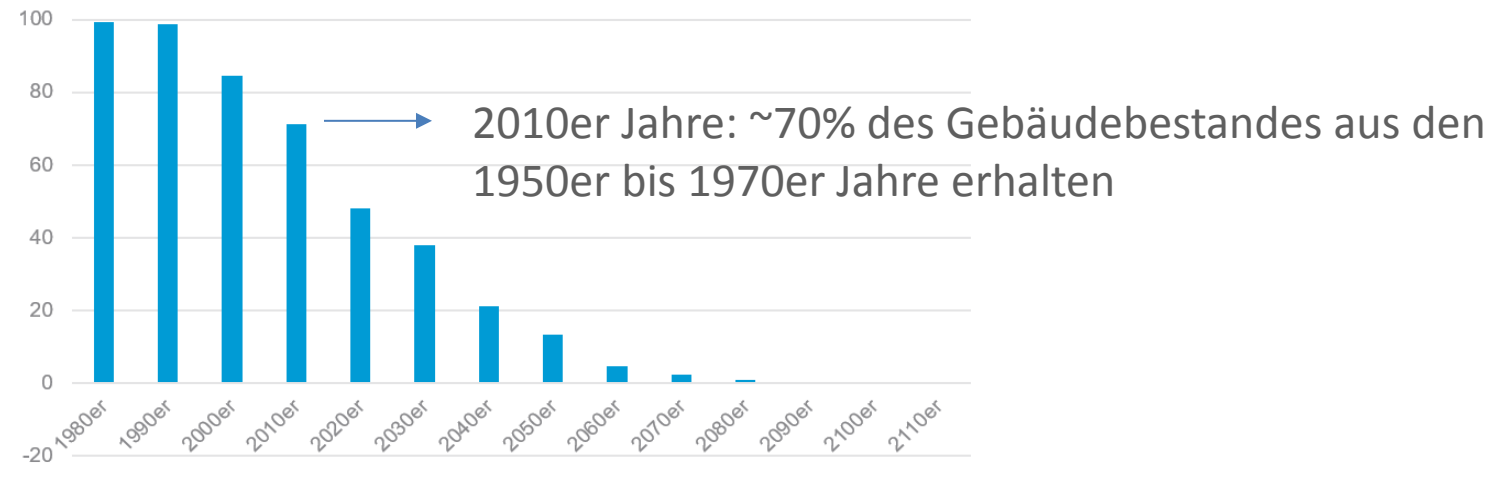
[Diefenbacher et al. 2016]: Spatial distribution of atmospheric PCBs in Zurich, Switzerland: Do joint sealants still matter? Environ Sci & Tech 50, 2016

- Höchste Konzentrationen in Waldböden um Industriestandorte in West-DE → aus geschlossenen Anwendungen für Industrie

### DI-PCB aus historischen offenen Anwendungen (v.a. Fugenmassen, auch Anstriche)

[Weber et al. 2015]: Offene Anwendungen relevanteste PCB-Quelle

50-80 % der ursprünglichen Menge in offenen Anwendungen (~24.000 t) noch vorhanden?



Abschätzung der zeitlichen Entwicklung des Anteils des verbleibenden Gebäudebestandes aus den 1950er bis 1970er Jahren

- Rückgang Gebäudebestand → verbleibende PCB-Menge geringer als 70% Ursprungbestand (< 16.800 t)
- Unklar: Einfluss Umbau und Sanierung → Entfernung PCB-haltiger Materialien (Dichtungsmassen, Farben, Fußböden, Sekundärbelastungen)

## DI-PCB aus historischen offenen Anwendungen

### Einfluss von Umbau und Sanierung

- Weber et al. 2015: Schweiz: offene Anwendungen größtes PCB-Reservoir und Quelle
- Dänemark: **insbesondere Fugenmassen in und um Fenster und Türen** tragen am stärksten zum verbleibenden PCB-Bestand in Gebäuden aus offenen Anwendungen bei.

Anteil [%] am verbleibenden PCB Bestand aus offenen Anwendungen in Gebäuden in Dänemark (Berechnungen auf Grundlage von [COWI und Grontmij 2013])

Material	Anteil [%]
Dichtungen um Fenster und Türen	~ 44
Versiegelte Fenstereinheiten	~21
Dichtungen zwischen sonstigen Bauelementen	~18
Farben	~ 6
Fußböden	~2
Sekundärbelastungen	~9

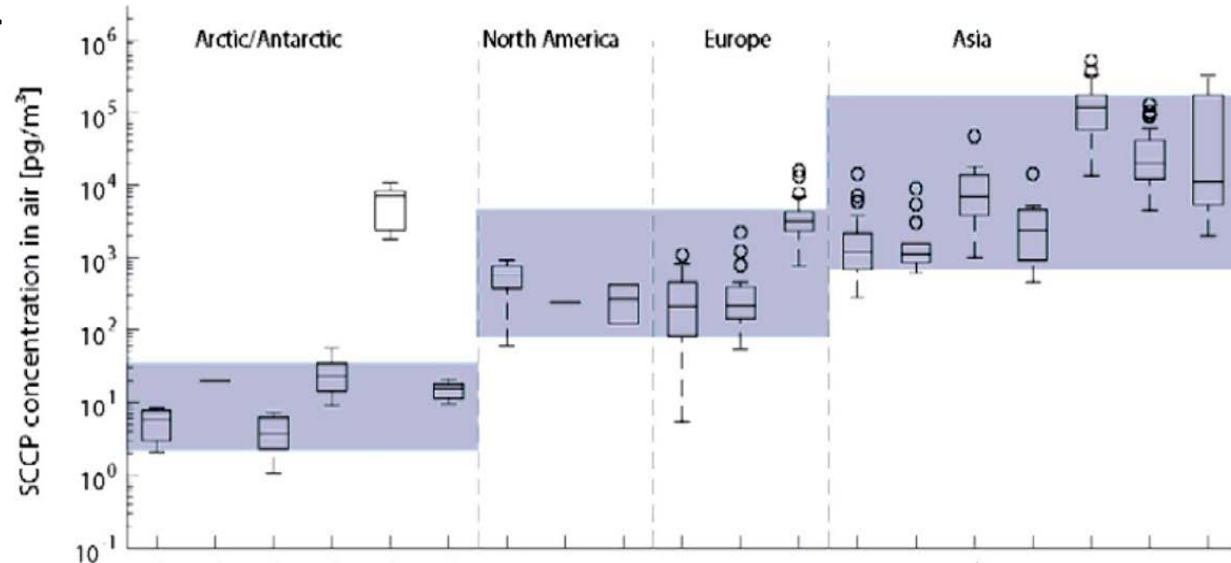
- Diese können stark von Umbau und Sanierungsmaßnahmen betroffen sein  
→ Verbleibender **Bestand sehr viel kleiner als 70% (<<16.800 t)?**
- Wie ist die Situation in Deutschland (Bestand 10.000 t → ca. 6 t/Jahr PCB Emission)  
**Offene Anwendungen größtes PCB-Reservoir und Emissionsquelle?**

### Forschungsbedarf/Handlungsbedarf

- **Inventarisierung von PCB in offenen Anwendungen** (wohl die wichtigste aktuelle Emissionsquelle)
- **Identifizierung und Beseitigung technosphärischer PCB-Punktquellen** (Emissionen aus offenen und geschlossenen Anwendungen, wie z.B. auch Anlagen zur Behandlung von Elektroschrott, können zu hoher dl-PCB Belastung tierischer Biota, unter anderem auch von Nutztieren, führen)
- **Bewusstsein verbessern** zu PCB in Gebäuden und fachgerechtem Abbruch/Sanierung
- Durchführung konkreter **messtechnischer Untersuchungen zur Freisetzung von PCB aus größeren Verdachtsquellen bzw. -bereichen** (z. B. Abriss/Sanierungs-Baustellen, Schrottoanschlagsplätze).
- Verbesserung **statistischer Methoden** zur Klärung der Zusammenhänge (Was ist die Ursache/Quelle der Belastung?); **Verbesserung der Datenqualität und -quantität**
- Klärung weiterer potentieller Quellen (Bsp.: Farbpigmente)  
→ **aktuelles UBA-Forschungsvorhaben**

## ■ Relevanz in der Umwelt

- Generell: **ubiquitäres Vorkommen** in allen Umweltkompartimenten; Bioakkumulation
- **SCCP**: Trotz teilweise zeitlich abnehmender Konzentrationen ist ein **allgemein rückläufiger Trend nicht feststellbar**

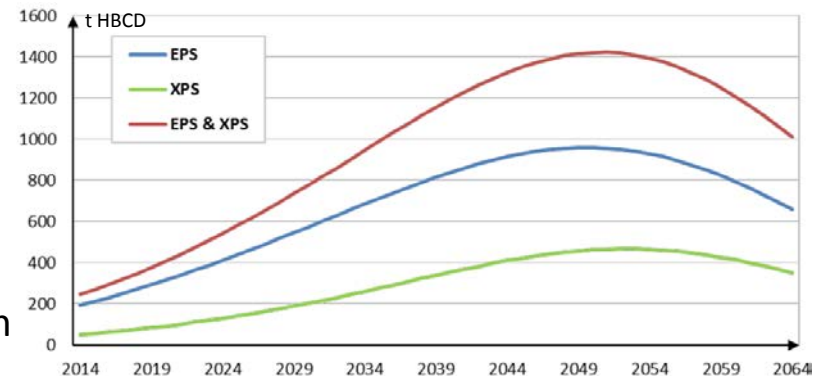


- **PBDE**: Böden, Sedimente und Pflanzen sinkende PBDE Belastungswerte (Ausnahme: DecaBDE)  
Menschen und tierische Biota i.d.R. ansteigende Trends
- **HBCD**: Höhere Verwendungsmengen in **Europa** im Vergleich zu Nordamerika oder im Asiatisch-Pazifischen Raum spiegeln sich in **höherer Umweltbelastung** wieder;  
**I.d.R. zeitlich ansteigende Trends**; nicht immer eindeutig, in Einzelfällen absteigende Trends in der jüngeren Vergangenheit

# Wissensstand – SCCP, PBDE, HBCD

## ■ Relevanz in der Technosphäre – Quellen

- Generell: Produkte, Abfälle und Recyclate – weiterhin potenzielle Emissionsquellen
- **SCCP: Gummiförderbänder** aus dem Untertagebau  
**Fugen- und Dichtungsmassen** im Gebäudebestand (evtl. Anstriche?) (**Analogie zu PCB**)  
**Importierte Produkte** (z.T. hohe Konzentrationen in Kinderspielzeug)  
**Abfälle und Recyclate (Klärschlämme, Abfallverbrennung, Kunststoffrecycling)**
- **PBDE:** Flammschutzmittel mit breitem Einsatzbereich **v.a. in Kunststoffen**;  
PentaBDE und OctaBDE in der Regel keine erheblichen Vorkommen mehr; weiter abnehmende Relevanz  
DecaBDE **Textil-, Automobil-, Bau- und vor allem in der Elektroindustrie**; Verwendung bis in die Gegenwart in erheblichen Mengen → **UBA Forschungsvorhaben zu DecaBDE in Abfällen**
- **HBCD:** Seit den 1960er Jahren in erheblichen Mengen als Flammschutzmittel verwendet (heutzutage sind Alternativen sind vorhanden):
  - **EPS und XPS in geschäumten Dämmstoffplatten im Bauwesen**
  - EPS und XPS in Verpackungsmaterialien und anderen Anwendungen
  - HIPS für elektronische Produkte und Artikel
  - Polymerdispersionen für flammgeschützte Textilien



Abschätzung des künftigen jährlichen Anfalls von HBCD in EPS und XPS Abfällen (in Tonnen) aus dem Baubereich von 2014 bis 2064



# Aspekte/Schlussfolgerungen aus dem Projekt bezüglich Vernetzung - Diskussion

**Befragung** relevanter  
Länderbehörden und  
Institutionen

**Workshop**

Datenbestand der **POP-  
Dioxin-Datenbank**  
erweitert  
**(1.800 neue Proben)**

**Ziel UBA: Monitoringdaten  
direkt in die POP-Dioxin-  
Datenbank aufnehmen**  
(Bezug: PCB)

**Erkenntnisgewinn bietet  
Ansatzpunkte für  
konkrete Maßnahmen**

Information  
Vernetzung  
Berichterstattung  
Maßnahmen

**Für Datenmanagement  
effiziente Zusammenarbeit  
zwischen beteiligten  
Institutionen**  
(Bezug: PCB)

**Bestehende langfristige  
Monitoringaktivitäten  
sollten möglichst  
fortgeführt werden**

**... (a) abgestimmten  
Zusammenarbeit  
Bund/Länder, oder  
(b) vom Bund  
koordinierten  
Monitoringstrategie\***

Es bedarf einer  
**wirkungsvollen  
Monitoringstrategie,**  
(Bezug: PCB)  
**z.B. in Form einer ...**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit...

...und an

- das UBA für die Förderung des Projektes und die konstruktive fachliche Begleitung
- die Projektpartner IUTA und TU Wien für die hervorragende Zusammenarbeit
- die Datenlieferanten für ihre Mühen und Unterstützung