

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

UBA-Workshop „Die Umsetzung der Stockholm-Konvention in Deutschland -
Wie geht es weiter mit HBCD, PBDE, PFOS und Co?“
23./24. November 2017 in Koblenz

Bromierte POPs in Abfällen und Produkten: Altfahrzeuge und Elektroaltgeräte

Regina Kohlmeyer, Dr. Sina Kummer, Dr. Joachim Wuttke,
Umweltbundesamt (UBA),
Dessau-Roßlau

Gliederung

- I. **Bromierte Flammschutzmittel in Altfahrzeugen**

- II. **Bromierte Flammschutzmittel in Elektroaltgeräten**

Gliederung

I. Bromierte Flammschutzmittel in Altfahrzeugen

II. Bromierte Flammschutzmittel in Elektroaltgeräten

I. POPs: Bromierte Flammenschutzmittel in Altfahrzeugen

Flammenschutzmittel in Fahrzeugen

Flammenschutzmittel		Anwendungsbeispiele
POP	Penta-BDE	PUR, z.B. Fahrzeugsitz, Armaturenbrett
	Octa-BDE	Hartkunststoff, ABS, weniger in HIPS
	HBCDD	Polster, Sitze, Innenverkleidung. HIPS
Neuer POP	Deca-BDE	Hartkunststoff ABS, HIPS, Elektronikkomponenten/-gehäuse, Textilien (Sitze)
Kein POP	TBBPA	Leiterplatten

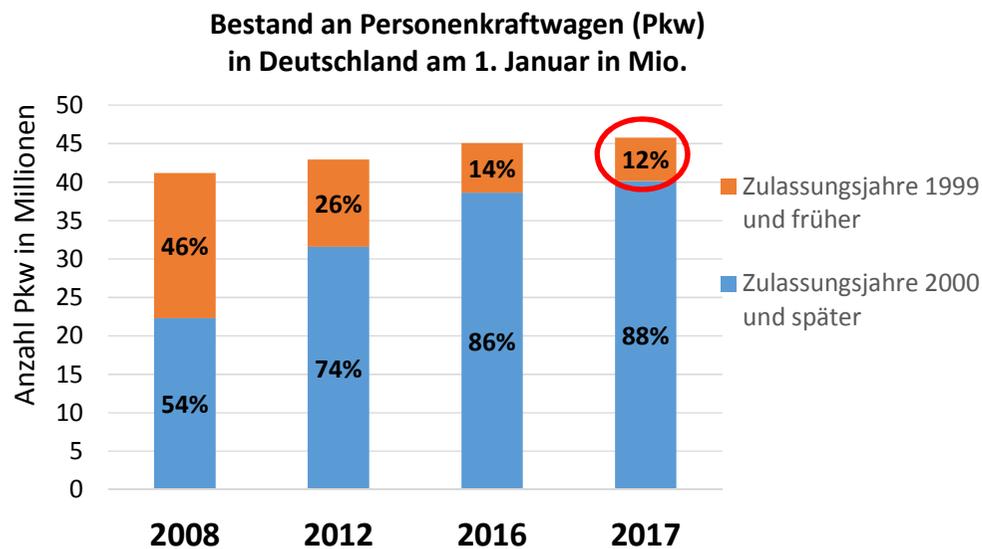
besonders **in Kunststoffen im Fahrzeuginnenraum**

Quelle: Finnland Environmental Administration Guidelines 4en | 2016. Requirements for the management of waste containing persistent organic pollutants. – Rules concerning waste in the POP Regulation and their application to waste electrical and electronic equipment and end-of-life vehicles

I. Potenzial PBDE-haltiger Altfahrzeuge

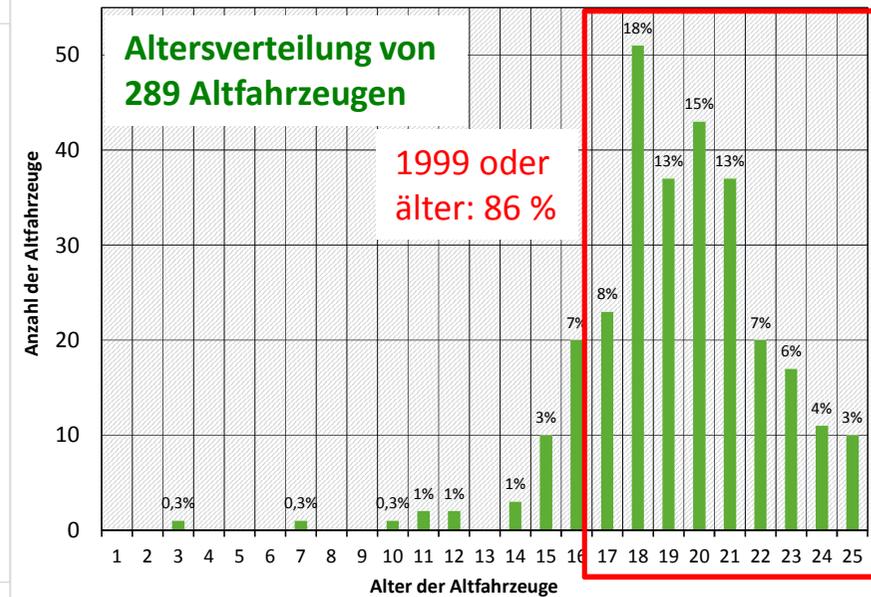
- Information der Autohersteller:
Keine bisherigen POP-PBDE (**Tetra- bis Hepta-BDE**) in Neufahrzeugen mindestens seit 2000.
- Potenziell enthalten sind die bisherigen PBDE in Fahrzeugen von 1999 und früher:
 - **nur 12 %** des Pkw-Bestands in Deutschland 2017
 - **aber > 80 %** der derzeit zur Verwertung anfallenden Altfahrzeuge
- **Deca-BDE** auch nach 1999 eingesetzt. Substitution läuft, z.B. EBP.

Pkw-Bestand



Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt: Fahrzeugzulassungen (FZ). Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Fahrzeugalter. 1. Januar 2017. FZ 15. Wiesbaden. S. 7

UBA-Schredderversuch 2016



Vorläufige Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Evaluierung und Fortschreibung der Methodik zur Ermittlung der Altfahrzeugverwertungsquoten durch Schredderversuche unter der EG-Altfahrzeugrichtlinie 2000/53/EG“ (FKZ 3715 33 305 0)

I. POP-Verordnung: Bromierte Flammschutzmittel

POP-Verordnung 850/2004/EG

Regulierte Stoffe (vereinfachte Darstellung)

Stoff	Anhang I Herstellung, Verwendung etc.	Anhang IV POP-Abfälle
Tetra-BDE Penta-BDE Hexa-BDE Hepta-BDE (BDE = diphenylether)	<p><u>Je Stoff:</u> Beschränkung</p> <p>a. auf max. 10 mg/kg in Stoffen, Artikeln, Teilen,</p> <p>b. auf max. 1.000 mg/kg in Recyclingmaterialien</p> <p>c. für EEE laut RoHS 1.000 mg/kg</p>	<p>Konzentrationsgrenze: <u>Summe der Stoffe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 1.000 mg/kg
HBCDD (Hexabrom- cyclododecan)	<ul style="list-style-type: none"> Beschränkung auf max. 100 mg/kg in Stoffen, Artikeln, Teilen Überprüfung durch die KOM 2019 Spezialregelung für HBCDD in expandiertem Polystyrol 	<p>Konzentrationsgrenze:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.000 mg/kg <p>Überprüfung durch KOM 2019</p>

Quelle: POP-Verordnung [850/2004/EG](#).

I. Stockholmer Übereinkommen: Aufnahme Deca-BDE

Beschluss SC-8/10 (auf COP 8 in 2017)

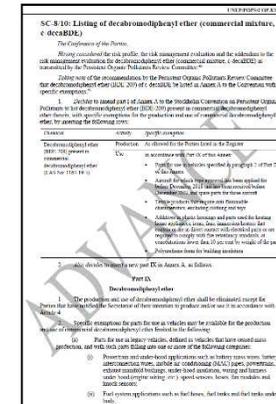
Listing of decabromodiphenyl ether (commercial mixture, c-decaBDE)



Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants

- **Deca-BDE** wird in Liste der POP aufgenommen.
- Jedoch viele **Ausnahmen** für bestimmte Fahrzeugteile **bis 2036** bzw. Verschrottung
 - a. **Bestimmte Bauteile für nicht mehr in Serienfertigung produzierte Fahrzeuge** (legacy vehicles)
 - b. **Bestimmte Bauteile in Fahrzeugen**

→ **Nächste Schritte:** Aufnahme Deca-BDE in **POP-Verordnung**.
Festlegung Konzentrations-Grenzwerte Anhang I und Anhang IV



Quelle: UNEP/POPS/COP.8/32 Report of the Conference of the Parties to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants on the work of its eighth meeting (advance), S. 63-64. <http://chm.pops.int/TheConvention/ConferenceoftheParties/ReportsandDecisions/tabid/208/Default.aspx>

I. PBDE in Schredderrückständen

UBA-Projekt Schredderversuch (2016)

- Mono-Schredderversuche mit Altfahrzeugen an 2 Schredderanlagen
- Untersuchung der jeweiligen Schredderrückstände:
„rohe“ Schredderleichtfraktion (SLF) < 180 mm und
„feine“ Schredderschwerfraktion (SSF) < 2 bzw. 18 mm.
Je 3 Mischproben mit Doppelbestimmung.

Vorläufiges Ergebnis

- Geringe Gehalte an Tetra- bis Nona-BDE in SLF und SSF.
- Gemessene Deca-BDE-Konzentrationen teilweise bis über 1.000 mg/kg.
- Messergebnisse stellen erste Anhaltspunkte dar. Denn Einschränkung:
 - Statistische Analyse der Datenqualität: Probenahme und Analytik aufgrund Heterogenität nicht repräsentativ.
 - Deca-BDE-Analytik nicht eindeutig genormt.

Quelle: Vorläufige Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Evaluierung und Fortschreibung der Methodik zur Ermittlung der Altfahrzeugverwertungsquoten durch Schredderversuche unter der EG-Altfahrzeugrichtlinie 2000/53/EG“ (FKZ 3715 33 305 0). Winterstein: Zwischenbericht zu AP 4 “Probenahme und Analytik”, Juli 2016

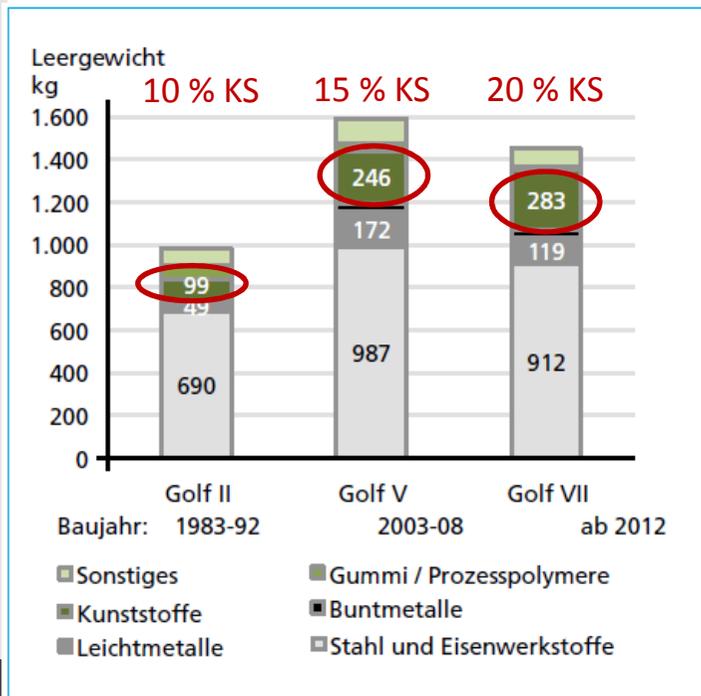
I. POP-Behandlung und Altfahrzeug-Recyclingquoten

POP-VO: Separation der POPs und Zerstörung

- **Art. 7:** Entsorgung POP-Abfälle: POPs **zerstören**. **Keine Verwertung**, Wiederverwendung der POPs.
- **Anhang V:** „Wenn nur ein **Teil eines Produkts oder Abfalls**, wie ein Altgerät, POP enthält oder mit diesen verunreinigt ist, so wird dieser **abgesondert** und dann gemäß dieser Verordnung entsorgt.“

Altfahrzeug-RL: Recyclingquoten

Verwertungsziele für Altfahrzeuge seit 2015	
Recycling	85 %
Verwertung	95 %



Gesamt-SLF verbrennen?

Nein, sonst Quoten nicht erreichbar

Altfahrzeuge

- 10 - 20 % Kunststoffe
- ca. 20 % SLF

Kunststoffe bzw. SLF müssen zur **Recyclingquote** beitragen

Quellen: POP-Verordnung [850/2004/EG](#). Altfahrzeug-RL [2000/53/EG](#).
Lieberwirth, Krampitz: Entwicklungstendenzen für den Einsatz von Leichtbauwerkstoffen im Fahrzeugbau und Auswirkungen auf das Recycling. In: Recycling und Rohstoffe. Band 8, 2015.

I. Altfahrzeugbehandlung: Umgang mit den POP-Kunststoffen

- POP-VO: Keine stoffliche Verwertung von POP-haltigen Kunststoffen. POP-Zerstörung.

- **Finnischer Leitfaden zu POP und Altfahrzeugverwertung:**

3 Optionen

1. **Manuelle Demontage** von POP-Teilen aus Altfahrzeugen

→ **Aber:** hoher Demontageaufwand, verteilte Bauteile,

→ **Und:** fehlende Identifizierbarkeit der POPs

→ Aufnahme POP-Information in Datenbank IDIS?

2. POP-Teile nicht demontieren, sondern mit Restkarosse schreddern,

Verbrennung der kompletten Schredderleichtfraktion,

in denen die POP enthalten sind.

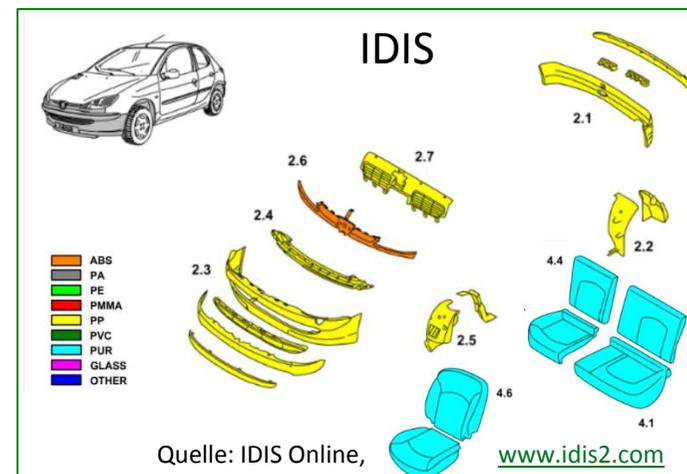
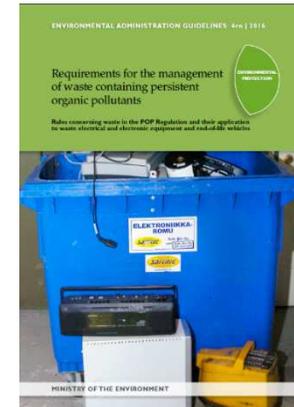
→ **Aber:** Recyclingquote nicht einhaltbar.

3. **Post-Schredder-Separation**

der Kunststoffe mit bromierten Flammschutzmitteln.

- Frage wird praktisch relevant, wenn

Deca-BDE in POP-Verordnung aufgenommen wird.



Quelle: Finland Environmental Administration Guidelines 4en | 2016. Requirements for the management of waste containing persistent organic pollutants. - Rules concerning waste in the POP Regulation and their application to waste electrical and electronic equipment and end-of-life vehicles

Gliederung

I. Bromierte Flammschutzmittel in Altfahrzeugen

II. Bromierte Flammschutzmittel in Elektroaltgeräten

II. POP-Flammschutzmittel in Kunststoffen von Elektroaltgeräten

Derzeit relevante polybromierte Flammschutzmittel in der POP-VO:

- Tetra-BDE
- Penta-BDE
- Hexa-BDE
- Hepta-BDE

POP-V	Maximalgehalt der anwendungsbeschränkten Substanzen
Verbot oder möglichst baldige Einstellung oder Beschränkung der Herstellung, Inverkehrbringens und Verwendung über persistente organische Schadstoffe	10 mg/ kg (0,001 Gew.-% = 10 ppm) Rezyklate: 0,1 Gew.-% (= 1000 ppm)
Im Abfallregime	Summe: 1000 mg/kg

 **kaum noch POP-PBDE in Elektroaltgeräten im Abfallstrom zu finden**

- **Zukünftig: Deca-BDE** wird relevant als Flammschutzmittel in Elektroaltgeräten im Abfallstrom

II. Kunststoffverwertung aus Elektroaltgeräten

1) Separation der POP-haltigen Kunststoffe

2 Optionen für Elektroaltgeräte mit POP-haltigen Kunststoffen:

- Manuelle Demontage der POP-Teile
 - Abtrennung der Kunststoffe mit bromierten Flammschutzmitteln nach dem Zerkleinerungsprozess in nachfolgenden Sortierschritten
- Technik für eine Selektion von bromhaltigen Flammschutzmitteln ist vorhanden (Verfahren der Dichtentrennung, Spektroskopische Erkennung, CreaSolv-Verfahren)

2) Hochwertige stoffliche Verwertung der POP-freien Kunststoffe

UBA-Empfehlung zur Behandlung von Elektroaltgeräten:

- Kunststofffraktionen zur werkstofflichen Verwertung: Gesamtbromgehalt max. **xxxx** ppm.
- Bei einem Gesamtbromgehalt **> xxxx** ppm nur werkstoffliche Verwertung, wenn nachgewiesen wird, dass die Grenzwertüberschreitung nicht von den nach POP-VO, REACH und RoHS regulierten bromhaltigen Stoffen verursacht wird.
- Sonst Abtrennung und Zuführung der über **xxxx** ppm Gesamtbromgehalt belasteten Kunststofffraktionen zu einer Behandlung entsprechend der POP-VO

Brom-Wert
wird derzeit
bestimmt

Empfehlungs-
Entwurf,
Zwischen-
stand vom
26.10.2017

II. POP-Flammschutzmittel in Kunststoffen von Elektroaltgeräten

UBA-Arbeiten an Empfehlungen für die Behandlung von Elektroaltgeräten: Suche nach Vereinfachungen für die Praxis

- Nutzung von Gesamtbromgehalt statt Messung aller einzelnen POPs
- Lösungsansatz von **CENELEC**:

CENELEC	Gesamtbromgehalt
Normen zu Sammlung, Logistik und Behandlung von Elektroaltgeräten	2000 ppm

- Fragestellung: Wieviel ppm tragen die anwendungsbeschränkten Substanzen zum Gesamtbromgehalt bei und wird dabei der Grenzwert aus der POP-VO von 1000 ppm eingehalten?

Aber beachte: erlaubte bromierte Flammschutzmittel tragen ebenfalls zum Gesamtbromgehalt bei!

II. POP-Flammschutzmittel in Kunststoffen von Elektroaltgeräten

UBA-Empfehlung: Empfehlungs-Entwurf, Zwischenstand vom 26.10.2017

- **Separation der Kunststoffteile** eines Altgerätes vor der Zerkleinerung, die durch POP-VO geregelte Flammschutzmittel oberhalb der festgelegten Grenzwerte enthalten.
- Unterstützend kann eine **Liste mit verpflichtenden und optionalen Geräten** erstellt werden.

- **Verpflichtende Entnahme** von **Bildschirmrückwänden von CRT-Geräten** bei der selektiven Behandlung
denn: 20 % Anteil an FSM-geschützten Kunststoffe in Fernsehgeräten; 65 % in Monitoren ¹

Flammschutzmittel	CRT-Fernseher (Wäger 2010)	CRT-Monitor (Wäger 2010)	CRT-geschreddert (Schlummer 2007)
OctaBDE	900 ppm	2.500 ppm	3.000-14.000 ppm
DecaBDE	4.400 ppm	3.200 ppm	Bis zu 21.500 ppm
TBBPA	1.000 ppm	37.000 ppm	Bis zu 100.000 ppm

Literatur: Gehäuserückwände LCD-Fernseher praktisch keine Flammschutzmittel ^{2, 3}

➡ **Muss noch untersucht werden!**

- **Optionale Entnahme** von weiteren Verdachts-Geräten vor einer Zerkleinerung
➡ **Durchgeführter Versuch soll das klären!** (s. folgende Folie)

1) Wolf, J., Brüning, R., Nellesen, L., und Schiemann, J. (2016): Anforderungen an die Behandlung spezifischer Elektroaltgeräte unter Ressourcen- und Schadstoffaspekten. Umweltbundesamt.
2) Wäger, P.; Schluep, M.; Müller, E. (2010): RoHS substances in mixed plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment. St. Gallen. Seite 57
3) Öhlinger, A.; Tesar, M. (2012): Flachbildschirmgeräte. Anforderungen an die Behandlung und Status in Österreich. Umweltbundesamt Wien. Seite 25

II. POP-Flammschutzmittel in Kunststoffen von Elektroaltgeräten

Analysen zu Flammschutzmitteln in Kunststoffen mit verdächtigen Gerätearten

- „Novel“ (neuartige) bromierte Flammschutzmittel bisher unbekannt oder kaum untersucht; relativ wenig Literatur verfügbar
- bisherige Studien z. B. zu PBDE, HBCD und TBBPA

Versuch durchgeführt im Herbst 2017 bei Behandler von EAG mit UBA

Geräteart	Gesamt-bromgehalt	PBDE Octa- u. Deca-BDE	HBCD	TBBPA	BTBPE DBDPE
Drucker, Scanner, Kopierer					
Werkzeuge					
Unterhaltungselektronik					
Telefone					
Computer + Docking Stations					
Küchengeräte, die heiß werden					

→ Analysen im Labor noch nicht abgeschlossen

➔ **Ziel:**
Erstellung einer Liste mit betroffenen Geräten,
 die durch POP-VO geregelte Flammschutzmittel oberhalb der festgelegten Grenzwerte enthalten

BTBPE: 1,2-Bis(2,3,6-tribromphenoxy)ethan
 DBDPE: Decabromdiphenylethan

Zusammenfassung

Bisherige POPs (Tetra- bis Hepta-BDE)

- Relevant in CRT-Geräten
- Ansonsten eher geringere Relevanz in Altfahrzeugen und Elektroaltgeräten

Deca-BDE hohe Relevanz in den Altprodukten!

→ Handlungsbedarf

- Identifikation PBDE über Gesamt-Bromgehalt möglich bei EAG?
- Behandlung von Elektroaltgeräten und Altfahrzeugen zur POP-Entfrachtung neu ausrichten
 - manuelle Demontage/Separation (→ Geräteliste für EAG) und/oder
 - technische Sortierung der Fraktionen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Joachim Wuttke
Dr. Sina Kummer
Regina Kohlmeyer

Umweltbundesamt

Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau

Tel. (0340) 2103-0

<http://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/>