

Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Förderkennzeichen (UFOPLAN) 3710 63 415

**Nationale Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu
persistenten
organischen Schadstoffen (POPs) - PBDE und PFOS in
Erzeugnissen und
im Recyclingkreislauf**

von

Stéphanie Zangl; Markus Blepp; Maurice Marquardt; Katja Moch¹⁾

Olaf Wirth²⁾

Burkhard Homburg; Christian Temme³⁾

¹⁾ Öko-Institut e.V. - Institut für Angewandte Ökologie
Postfach 17 71
D-79017 Freiburg

²⁾ Ökopol - Institut für Ökologie und Politik GmbH
Nernstweg 32-34
D-22765 Hamburg

³⁾ Eurofins GfA Lab Service GmbH
Otto-Hahn-Str. 22
D-48161 Muenster

IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTES

Mai 2012

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichts Nationale Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu persistenten organischen Schadstoffen (POPs) - PBDE und PFOS in Erzeugnissen und im Recyclingkreislauf		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Zangl, Stéphanie; Blepp, Markus; Marquardt, Maurice; Moch, Katja Wirth, Olaf Homburg, Burkhard; Temme, Christian	8. Abschlussdatum 31.05.2012	
	9. Veröffentlichungsdatum	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Öko-Institut e.V. - Institut für Angewandte Ökologie Bereich Produkte & Stoffströme PF 17 71 79017 Freiburg	10. UFOPLAN-Nr. FKZ 3710 63 415	
	11. Seitenzahl 231	
	12. Literaturangaben 185	
	13. Tabellen 61	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 1406, 06813 Dessau-Roßlau	14. Abbildungen 23	
	15. Zusätzliche Angaben Öko-Institut in Zusammenarbeit mit Ökopoll GmbH (Wirth, O.) und Eurofins GmbH (Homburg, B.; Temme, C.)	
16. Zusammenfassung <p>Ziele des Projektes waren, verlässliche Daten über das Vorhandensein von PBDE (Tetra-, Penta-, Hexa-, HeptaBDE) und PFOS in Verbraucherprodukten und Erzeugnissen sowie über die Produktion und Verwendung von PFOS in Deutschland zu erhalten, damit Deutschland seine Berichtspflichten unter dem Stockholmer Übereinkommen und zur Verordnung (EG) 850/2004 (POP-VO) erfüllen kann. Der vorliegende Bericht umfasst die Erstellung eines nationalen Stoffstrominventars für das Bezugsjahr 2010 für die beiden genannten POPs als Beitrag zur Erfüllung der Berichtspflichten.</p> <p>Insbesondere sollten Informationen zum Gehalt von PBDE in recycelten Erzeugnissen und dem Recyclingprozess ermittelt und Angaben zu den potentiellen Emissionen beim Recycling gemacht werden. In Bezug auf PFOS sollten die Prozesse, in denen die Chemikalie noch eingesetzt wird, und die damit verbundenen Emissionen ermittelt werden. Zudem sollten Informationen zum Recycling mit PFOS behandelte oder PFOS enthaltende Produkte erhoben und potentielle Emissionen abgeschätzt werden und wann sie voraussichtlich vollständig ersetzt sein werden.</p> <p>Zur Ermittlung der Datengrundlage wurden gezielt Fachverbände und Einzelunternehmen aus den betroffenen Branchen kontaktiert. Ermittelte Daten wurden mit Vertretern unterschiedlicher Fachabteilungen des Umweltbundesamtes, anderer Fachbehörden und Vertretern der Länder abgestimmt. Zur weiteren Validierung wurden sie außerdem mit Daten aus der Literatur und öffentlich zugänglichen Statistiken ergänzt bzw. abgeglichen.</p> <p>Auf den ermittelten Informationen aufbauend wurden Empfehlungen für analytische Messungen diskutiert. In Abstimmung mit dem Umweltbundesamt wurden schließlich Untersuchungen an Arbeitsschutzkleidung durchgeführt, um die aus diesen Materialien freigesetzten Mengen an PFOS zu bestimmen. In allen Proben wurde der nach der europäischen Gesetzgebung gültige Grenzwert für PFOS von 1 µg/m² eingehal-</p>		

ten.		
17. Schlagwörter: PFOS, PBDE, POP-Verordnung, Stockholmer Übereinkommen Stoffflussanalyse; Branchenerhebung; PFC-Messungen; Berichtspflichten		
18. Preis 111.326,79 €	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB	2.	3.
4. Report Title National-level implementation of the Stockholm convention on persistent organic pollutants (POPs) - PBDE and PFOS in products and in the recycling loops		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Zangl, Stéphanie; Blepp, Markus; Marquardt, Maurice; Moch, Katja Wirth, Olaf Homburg, Burkhard; Temme, Christian		8. Report Date 31.05.2012
		9. Publication Date
6. Performing Organisation (Name, Address) Öko-Institut e.V. - Institut für Angewandte Ökologie Bereich Produkte & Stoffströme PF 17 71 79017 Freiburg		10. UFOPLAN-Ref. No. FKZ 3710 63 415
		11. No. of Pages 231
		12. No. of References 185
		13. No. of Tables 61
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Postfach 1406, 06813 Dessau-Roßlau		14. No. of Figures 23
15. Supplementary Notes Öko-Institut in cooperation with Ökopol GmbH (Wirth, O.) and Eurofins GmbH (Homburg, B.; Temme, C.)		
16. Abstract The aim of the project was to obtain well-founded data on the existence of PBDEs (tetra-, penta-, hexa-, heptaBDE) and PFOS in consumer products and goods, as well as on the production and use of PFOS in Germany, thus enabling Germany to comply with its reporting obligations under the Stockholm Convention and as required by Regulation No 850/2004 (POP Regulation). As a contribution to the fulfilment of Germany's reporting requirements, this report comprises the establishment of a national inventory of material flows covering the two POPs mentioned above, referring to the reference year 2010. The project particularly aims at gaining information on the content of PBDEs existing in recycled products and in the recycling process, and to provide data on the potential emissions associated with recycling. As regards PFOS, the manufacturing processes in which the chemical substance are still being used and the associated emissions are to be identified. In addition, data on the recycling of products treated with PFOS or containing PFOS are to be recorded. Furthermore, potential emissions are to be estimated, predicting the point in time when they are likely to be fully replaced. Specifically, trade associations and individual companies from the main sectors affected were contacted in order to obtain the required evidence base. The data		

collected were discussed and agreed upon with representatives from different specialized departments of the Federal Environment Agency, other relevant authorities and representatives of the Länder. As a further validation step, they were complemented and cross-checked with data from current literature and publicly accessible statistics.

On the basis of the information obtained, recommendations for analytical measurements have been discussed. In coordination with the Federal Environment Agency, tests were performed on work clothing in order to determine the quantities of PFOS re-released from these materials. All samples complied with the maximum levels for PFOS of $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ as set out in the existing Euro-pean regulations.

17. Keywords:

PFOS, PBDE, POP Directive Regulation, Stockholm Convention, material flow analysis; industry surveys; PFC measurement; reporting requirements

18. Price

111.326,79 €

19.

20.

Kurzbeschreibung

Ziele des Projektes waren, verlässliche Daten über das Vorhandensein von PBDE (Tetra-, Penta-, Hexa-, HeptaBDE) und PFOS in Verbraucherprodukten und Erzeugnissen sowie über die Produktion und Verwendung von PFOS in Deutschland zu erhalten, damit Deutschland seine Berichtspflichten unter dem Stockholmer Übereinkommen und zur Verordnung (EG) 850/2004 (POP-VO) erfüllen kann. Der vorliegende Bericht umfasst die Erstellung eines nationalen Stoffstrominventars für das Bezugsjahr 2010 für die beiden genannten POPs als Beitrag zur Erfüllung der Berichtspflichten.

Insbesondere sollten Informationen zum Gehalt von PBDE in recycelten Erzeugnissen und dem Recyclingprozess ermittelt und Angaben zu den potentiellen Emissionen beim Recycling gemacht werden. In Bezug auf PFOS sollten die Prozesse, in denen die Chemikalie noch eingesetzt wird, und die damit verbundenen Emissionen ermittelt werden. Zudem sollten Informationen zum Recycling mit PFOS behandelte oder PFOS enthaltende Produkte erhoben und potentielle Emissionen abgeschätzt werden und wann sie voraussichtlich vollständig ersetzt sein werden.

Zur Ermittlung der Datengrundlage wurden gezielt Fachverbände und Einzelunternehmen aus den betroffenen Branchen kontaktiert. Ermittelte Daten wurden mit Vertretern unterschiedlicher Fachabteilungen des Umweltbundesamtes, anderer Fachbehörden und Vertretern der Länder abgestimmt. Zur weiteren Validierung wurden sie außerdem mit Daten aus der Literatur und öffentlich zugänglichen Statistiken ergänzt bzw. abgeglichen.

Auf den ermittelten Informationen aufbauend wurden Empfehlungen für analytische Messungen diskutiert. In Abstimmung mit dem Umweltbundesamt wurden schließlich Untersuchungen an Arbeitsschutzkleidung durchgeführt, um die aus diesen Materialien freigesetzten Mengen an PFOS zu bestimmen. In allen Proben wurde der nach der europäischen Gesetzgebung gültige Grenzwert für PFOS von $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ eingehalten.

Abstract

The aim of the project was to obtain well-founded data on the existence of PBDEs (tetra-, penta-, hexa-, heptaBDE) and PFOS in consumer products and goods, as well as on the production and use of PFOS in Germany, thus enabling Germany to comply with its reporting obligations under the Stockholm Convention and as required by Regulation No 850/2004 (POP Regulation). As a contribution to the fulfilment of Germany's reporting requirements, this report comprises the establishment of a national inventory of material flows covering the two POPs mentioned above, referring to the reference year 2010.

The project particularly aims at gaining information on the content of PBDEs existing in recycled products and in the recycling process, and to provide data on the potential emissions associated with recycling. As regards PFOS, the manufacturing processes in which the chemical substance are still being used and the associated emissions are to be identified. In addition, data on the recycling of products treated with PFOS or containing PFOS are to be recorded. Furthermore, potential emissions are to be estimated, predicting the point in time when they are likely to be fully replaced.

Specifically, trade associations and individual companies from the main sectors affected were contacted in order to obtain the required evidence base. The data collected were discussed and agreed upon with representatives from different specialized departments of the Federal Environment Agency, other relevant authorities and representatives of the Länder. As a further validation step, they were complemented and cross-checked with data from current literature and publicly accessible statistics.

On the basis of the information obtained, recommendations for analytical measurements have been discussed. In coordination with the Federal Environment Agency, tests were performed on work clothing in order to determine the quantities of PFOS re-leased from these materials. All samples complied with the maximum levels for PFOS of $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ as set out in the existing European regulations.

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund und Ziele	1
2	Methodisches Vorgehen	2
2.1	Stoffflussanalyse	2
2.1.1	Systemgrenzen	2
2.1.2	Weitergehende Aspekte	3
2.2	Informationsquellen	3
2.3	Quellenverzeichnis Methodisches Vorgehen	4
3	Rechtliche Rahmenbedingungen	4
3.1	Internationale Regelungen	4
3.1.1	Stockholmer Übereinkommen	4
3.1.2	POP-Protokoll	8
3.2	Europäische Union	9
3.2.1	Kommerzielles Penta- und OctaBDE	11
3.2.2	PFOS	12
3.3	Deutschland	13
3.4	Quellenverzeichnis Rechtliche Rahmenbedingungen	15
4	Chemische Identität und Verwendungen	16
4.1	Polybromierte Diphenylether (PBDE)	16
4.2	C-PentaBDE	17
4.2.1	Chemische Identität C-PentaBDE	17
4.2.2	Verwendung / Relevanz von C-PentaBDE in Deutschland	18
4.3	C-OctaBDE	20
4.3.1	Chemische Identität	20
4.3.2	Verwendung / Relevanz von C-OctaBDE in Deutschland	21
4.4	PFOS	22
4.4.1	Chemische Identität	22
4.4.2	Herstellung von PFOS	23
4.4.3	Verwendung von PFOS	25
4.5	Quellenverzeichnis Chemische Identität und Verwendungen	26
5	Stoffflussanalyse C-PentaBDE	29
5.1	C-PentaBDE und C-OctaBDE in der Automobilindustrie	29
5.1.1	Hintergrund	29

5.1.2	Quantifizierungsmethodik	31
5.1.3	Berechnungen	32
5.1.4	Emissionen	40
5.1.5	Recyclingpfade für PBDE-haltige Fraktionen	42
5.1.6	Schlussfolgerung	52
5.1.7	Quellenverzeichnis Automobilindustrie	54
5.2	Möbel- und Polsterindustrie	57
5.2.1	Schlussfolgerung	59
5.2.2	Quellenverzeichnis Möbel- und Polsterindustrie	59
6	Stoffflussanalyse C-OctaBDE (Elektro- und Elektronikgeräte)	60
6.1	Berechnungsmethodik für die C-OctaBDE-Menge im Abfallstrom	60
6.1.1	Verbote und freiwillige Selbstverpflichtungen	60
6.1.2	Berechnungsweg 1: Abfallmengen EEE und Konzentrationsangaben	61
6.1.3	Berechnungsweg 2: Bromhaltige Altkunststoffe und OctaBDE-Konzentrationen	63
6.1.4	Unsicherheiten / Sensitivitäten der Berechnungsmethodik	63
6.2	In Deutschland gesammelte Mengen an Elektro- und Elektronikaltgeräten	63
6.3	Statistische Angaben zu bromhaltigen Kunststoffen in entsorgten EEE	69
6.4	Konzentrationsangaben zu C-OctaBDE	70
6.4.1	Morf et al. (2003)	70
6.4.2	Schlummer et al. (2007)	71
6.4.3	EMPA (Wäger et al. 2010) und BiPRO (2011)	71
6.4.4	Zusammenfassung	72
6.5	Berechnung C-OctaBDE im EEE Abfallstrom	72
6.5.1	Berechnungsweg 1	72
6.5.2	Berechnungsweg 2	75
6.5.3	Zusammenfassung	76
6.6	Export PBDE-haltiger Elektro(nik)geräte	76
6.7	Schlussfolgerungen	76
6.8	Quellenverzeichnis Elektro- und Elektronikgeräte	79
7	Stoffflussanalyse Perfluorooctansulfonat (PFOS)	82

7.1	Galvano- und Oberflächentechnik	82
7.1.1	Hintergrund	82
7.1.2	Quantifizierungsmethodik	83
7.1.3	Abwasserbehandlung und Entsorgung der entstehenden Abfälle	94
7.1.4	Reduktion und Substitution von PFOS	97
7.1.5	Schlussfolgerung	98
7.1.6	Quellenverzeichnis Galvano- und Oberflächentechnik	99
7.2	Feuerlöschschäume	102
7.2.1	Quantifizierungen	103
7.2.2	Emissionen in die Umwelt	105
7.2.3	Substitutionsbemühungen	107
7.2.4	Schlussfolgerungen	107
7.2.5	Quellenverzeichnis Feuerlöschschäume	108
7.3	Fotoindustrie	109
7.3.1	Hintergrund	109
7.3.2	Quantifizierungsmethodik	110
7.3.3	Berechnungen	111
7.3.4	Abfall und Recycling	113
7.3.5	Schlussfolgerung	115
7.3.6	Quellenverzeichnis Fotoindustrie	116
7.4	Flugzeugindustrie	117
7.4.1	Hintergrund	117
7.4.2	Quantifizierung	118
7.4.3	Abfallströme	120
7.4.4	Schlussfolgerung	120
7.4.5	Quellenverzeichnis Flugzeugindustrie	121
7.5	Halbleiterindustrie	121
7.5.1	Substitution von PFOS in der Halbleiterindustrie	122
7.5.2	Schlussfolgerung	122
7.5.3	Quellenverzeichnis Halbleiterindustrie	123
7.6	Lederindustrie	124
7.6.1	Hintergrund	124
7.6.2	Quantifizierungsmethodik	124
7.6.3	Abfall und Recycling	127

7.6.4	Schlussfolgerung	127	
7.6.5	Quellenverzeichnis Lederindustrie	128	
7.7	Teppichindustrie	129	
7.7.1	Hintergrund	129	
7.7.2	Berechnung PFOS-Mengen im Bestand und im Abfallstrom		130
7.7.3	Mengenbestimmung PFOS im Teppichbestand	132	
7.7.4	Abfall und Recycling von Altteppichen	133	
7.7.5	Schlussfolgerung	134	
7.7.6	Quellenverzeichnis Teppichindustrie	135	
7.8	Papier- und Zellstoffindustrie	136	
7.8.1	Hintergrund	136	
7.8.2	Quantifizierung	136	
7.8.3	Heutiger Einsatz in der Papierindustrie	138	
7.8.4	Abwasserordnung (AbwV) Anhang 28	138	
7.8.5	Abfallbehandlung von Papier in Deutschland		139
7.8.6	Schlussfolgerung	140	
7.8.7	Quellenverzeichnis Papierindustrie	140	
7.9	Textilindustrie	141	
7.9.1	Hintergrund	141	
7.9.2	Quantifizierung	143	
7.9.3	Abfallbehandlung von Textilien	145	
7.9.4	Schlussfolgerung	146	
7.9.5	Quellenverzeichnis Textilindustrie	146	
8	Übersicht über die Stoffströme für die PBDE und PFOS		148
8.1	PBDE	148	
8.2	PFOS	150	
9	Analytische Messungen / Laboruntersuchungen		152
9.1	Analytische Messungen PBDE		153
9.1.1	Stand der Technik	153	
9.1.2	Analytische Messungen PBDE im laufenden Vorhaben		154
9.1.3	Empfehlungen für analytische Messungen PBDE		155
9.2	Analytische Messungen PFOS		159
9.2.1	Stand der Technik	159	
9.2.2	Analytische Messungen PFOS im laufenden Vorhaben		161
9.2.3	Empfehlungen analytische Messungen PFOS		161

9.3	Analysebericht	165
9.3.1	Kurzbeschreibung	165
9.3.2	Methodenbeschreibung	166
9.3.3	Ergebnisse der Untersuchungen	168
9.3.4	Diskussion der Analyseergebnisse	178
9.4	Quellenverzeichnis Analytik	181
10	Synthese, Ausblick und Diskussion	182
10.1	Verpflichtungen Im Rahmen des Stockholmer Übereinkommens	184
10.1.1	Berichtspflichten	184
10.1.2	Maßnahmenvorschläge im Rahmen eines Aktionsplans	185
10.1.3	Vorhandensein von PFOS und PBDE in 2030	188
10.2	Probleme und Schwierigkeiten im Rahmen der Recherchen	190
10.3	Weitere Beobachtungen im Rahmen des Projekts	191
10.4	Quellenverzeichnis Ausblick und Diskussion	193
11	Gesamtverzeichnis der Quellen	193
12	Anhang	211
12.1	Anhang 1: Ansprechpartner des UBA und zugehörige Abteilungen nach Anwendungsbereichen	211
12.2	Anhang 2: Gegenüberstellung REACH Anhang XVII und EU POP-Verordnung	212
12.3	Anhang 3: Elektro- und Elektronikgeräte	213
12.3.1	Lebensdauer	213
12.3.2	Ausstattungsbestand je 100 (privater) Haushalte in Deutschland von 1998-2009	217
12.4	Anhang 4: Gesamtübersicht der Arbeitsschutztextilien und die Ergebnisse aus den Untersuchungen des PFC-Spektrums	219
12.5	Anhang 5: Gesamtübersicht der Wetter-/Chemikalienschutzkleidung aus der Wäscherei	267

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	PBDE: Allgemeine Strukturformel, (m,n) = 1 bis 10 (Keet et al. 2010)	16
Abb. 2:	Strukturformel von PFOS (PubChem Compound 2012)	23
Abb. 3:	Verbleib der in Deutschland endgültig stillgelegten Pkw 2008 und 2009 (UBA 2010; Kohlmeyer 2011a, ermittelt aus Daten des Kraftfahrtbundesamtes und des Statistischen Bundesamtes)	33
Abb. 4:	Altersverteilung der Altfahrzeuge, für die 2009 die Umweltprämie beantragt wurde (UBA/BMU 2011):	35
Abb. 5:	Input Schredderanlagen (Quelle UBA 2011a)	45
Abb. 6:	Entwicklung des Restkarossenanteils im Input der deutschen Schredderanlagen 2004 bis 2009 (UBA/BMU 2011)	47
Abb. 7:	Entsorgung der Schredderleichtfraktion aus Schredderanlagen mit Restkarossenverwertung in Deutschland aus den Jahren 2004 bis 2009 (Quelle: UBA/BMU 2011)	49
Abb. 8:	Messungen von PBDE-Gehalten in [$\mu\text{g}/\text{kg}$] in Schredderfraktionen aus dem Jahr 2006 (Quelle: ABANDA 2011)	50
Abb. 9:	Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen (Quelle: ABAG-itm 2008)	90
Abb. 10:	Stoffflussdiagramm für die Galvanik	99
Abb. 11:	PFOS-Stofffluss in der Fotoindustrie in Deutschland im Jahr 2010 (nach BiPRO 2011)	116
Abb. 12:	Verteilung der produzierten Teppichmengen nach Materialarten (LFU 2001)	130
Abb. 13:	Teppichquerschnitt	132
Abb. 14:	Gehalte an PFC in Arbeitsschutzjacken und -hosen	170
Abb. 15:	Zwei Extremwerte an PFC in Arbeitsschutzjacken und -hosen	170
Abb. 16:	Gehalte an PFC in Warnschutzkleidung	171
Abb. 17:	Gehalte an PFC in Kälteschutzbekleidung	172
Abb. 18:	Gehalte an PFC in Regenschutzbekleidung	173
Abb. 19:	Gehalte an PFC in Fleeceprodukte	174
Abb. 20:	Gehalte an PFC in Pilotenbekleidung	175
Abb. 21:	Gehalte an PFC für flammhemmende Schutzbekleidung	176
Abb. 22:	Gehalte an PFC in OP-Bekleidung	177
Abb. 23:	Gehalte an PFC in Wetter-/Chemikalienschutzkleidung (Wäsche- rei in NRW)	178

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Überblick der angefragten Stakeholder	3
Tab. 2:	PFOS-Verbindungen wie in Anhang B des Stockholmer Übereinkommens angegeben	6
Tab. 3:	Zusammensetzung des C-PentaBDE-Gemisches und die für die Umrechnung von C-PentaBDE in die einzelnen Kongenere verwendeten Mittelwerte	18
Tab. 4:	Überblick der wichtigsten ehemaligen Anwendungsbereiche und Produkte von C-PentaBDE	19
Tab. 5:	Hauptsächliche Kongenere in C-OctaBDE-Gemisch (Bergmann 2007)	20
Tab. 6:	Zusammensetzung des C-OctaBDE-Gemisches unterschiedlicher Jahre/Hersteller (Quelle: POPRC 2008) und die für die Umrechnung von C-OctaBDE in die einzelnen Kongenere verwendeten Mittelwerte	21
Tab. 7:	Überblick über die wichtigsten Anwendungsbereiche und Produkte von C-OctaBDE	22
Tab. 8:	Überblick über die wichtigsten Anwendungsbereiche, Produkte und Erzeugnisse von PFOS (OSPAR 2006)	25
Tab. 9:	Altfahrzeugaufkommen nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (2006-2011)	34
Tab. 10:	Angaben nach Morf et al. (2003) zu C-Penta- und C-OctaBDE in Kunststoffen (kleine elektronische Komponenten und Textilien, aber ohne z.B. Sitzpolster) und pro Pkw, mit Zahlen zum Kunststoffgehalt von 110 kg pro Pkw, die Angaben stammen aus dem Jahr 1997	37
Tab. 11:	C-Penta- und C-OctaBDE-Menge im Altfahrzeugaufkommen in den Jahren 2006 - 2011	38
Tab. 12:	Berechnete Emissionen an C-PentaBDE aus dem Altabestand in Deutschland in den Jahren 2008, 2010 und 2011	42
Tab. 13:	Berechnete Emissionen an C-OctaBDE aus dem Altabestand in Deutschland in den Jahren 2008, 2010 und 2011	42
Tab. 14:	Aufschlüsselung der C-PentaBDE-Mengen auf die Kongenere im Jahr 2010; die für die Berichtspflichten an das Stockholmer Übereinkommen relevanten Kongenere sind grau hinterlegt	52
Tab. 15:	Aufschlüsselung der C-OctaBDE-Mengen auf die Kongenere für das Jahr 2010; die für die Berichtspflichten an das Stockholmer Übereinkommen relevanten Kongenere sind grau hinterlegt	53
Tab. 16:	Mengen der in Deutschland entsorgten Elektro(nik)altgeräte nach Produktkategorien	66

Tab. 17:	Kunststoffe aus EEE mit bromierten Flammschutzmitteln (Statistisches Bundesamt 2010)	70
Tab. 18:	Messergebnisse von Schlummer et al. (2007) in Schredderfraktionen aus gemischten Altelektro(nik)geräten (WSR) und Gehäuse-Schredderfraktionen (HSR)	71
Tab. 19:	Messergebnisse von C-OctaBDE-Konzentrationen in Gehäusen bzw. Kunststoffen aus EEE-Altgeräten nach Schlummer (2007), BiPRO (2011) und Wäger et al. (2010)	72
Tab. 20:	Durchschnittliche Lebensdauer von elektrischen und elektronischen Geräten nach Produktkategorien und der daraus resultierenden Zeitspanne, in der C-OctaBDE-haltige Geräte noch im Abfallstrom zu erwarten sind	73
Tab. 21:	Szenario Maximum: C-OctaBDE im Abfall von 2006 bis 2008 auf Basis der Abfallmengen aus , Tab. 16, Seite2 und nach Produktkonzentrationen für EEE nach Morf et al. (2003; S. 183/184)	74
Tab. 22:	Menge „Kunststoffe mit bromierten Flammschutzmitteln“ aus elektrischen und elektronischen Geräten (Statistisches Bundesamt 2008; 2009; 2010) und darin enthaltenes C-OctaBDE nach Mittelwerten aus Tab. 19, Seite 2	75
Tab. 23:	Aufschlüsselung des C-OctaBDE Mengen im Abfallstrom; die für die Berichtspflicht an die Stockholm Konvention relevanten Kongenere sind grau hinterlegt.	78
Tab. 24:	Jährliche Einsatzmengen PFOS in der Galvanikindustrie in Deutschland	86
Tab. 25:	Jährlicher Eintrag von PFOS aus Galvanikprozessen in die Umwelt	87
Tab. 26:	Abfallschlüssel von in der Galvanik anfallenden Abfällen und zugehörige Mengen für Deutschland 2008 nach Verbleib	91
Tab. 27:	PFOS-haltige Abfälle und ihre Konzentrationen in Galvanikprozessen nach BiPRO (2011)	94
Tab. 28:	Kennzeichnung fluorhaltige und fluorfreie Schaumlöschmittel (UBA et al. 2010)	103
Tab. 29:	Überblick über den Bestand an Feuerlöschmittel auf Basis von PFOS.	104
Tab. 30:	Übersicht unterschiedlicher Mengenangaben zum Bestand an Feuerlöschmitteln auf Basis von PFOS, PFOS-Gehalt und der sich daraus ergebenden PFOS-Menge in Deutschland	105
Tab. 31:	PFOS-Menge in verwendeten Fotoprodukten im Jahr 2010 (k.A. = keine Angabe) (I&P Europe 2011; GB-UA 2004)	112
Tab. 32:	PFOS-Mengen in Fotoprodukten im Jahr 2000 (BiPRO 2011 und eigene Berechnungen)	112

Tab. 33:	Jährliche Flächenlederproduktion in Deutschland von 1997-2003 (Euroleather 2010)	125
Tab. 34:	Einsatz der Flächenlederprodukte im Jahr 1995 (Quelle: eigene Berechnungen)	126
Tab. 35:	Berechnung der PFOS-Mengen, die 2010 in den Abfallstrom gelangen	126
Tab. 36:	Hergestellte und verbrauchte Teppichmengen 1995 in Deutschland (GUT 2004b; GUT 2011)	131
Tab. 37:	Teilstoffströme für Polmaterialien in Tuftingbelägen (GUT 2004b und GUT 2011)	131
Tab. 38:	Teilstoffströme im Bereich der Webwarenproduktion (GUT 2004b)	132
Tab. 39:	Ermittlung der relevanten Mengen zur Bestimmung des PFOS-Gehaltes für 1995	133
Tab. 40:	Nutzungsdauer von verschiedenen Textilarten	143
Tab. 41:	Gesamtstoffströme von POP-BDE Mengen in Deutschland im Jahr 2010 verteilt auf die einzelnen Kongenere für die Berichtspflicht an die Stockholm Konvention in kg	149
Tab. 42:	Stoffströme von POP-BDE Emissionen in Deutschland verteilt auf die einzelnen Kongenere für die Berichtspflicht an die Stockholm Konvention pro Jahr in kg.	149
Tab. 43:	Stoffströme von POP-BDE Mengen in Deutschland aus dem Aus- trag im Abfallstrom verteilt auf die einzelnen Kongenere für die Berichtspflicht an die Stockholm Konvention pro Jahr in kg	150
Tab. 44:	Eingesetzte PFOS-Mengen in Anwendungen und Nutzungen im Jahr 2010	151
Tab. 45:	Stoffströme von PFOS in Deutschland	151
Tab. 46:	Polybromierte Diphenylether, Summenwerte und Kongenere	155
Tab. 47:	Untersuchtes PFC-Spektrum	166
Tab. 48:	Massenübergänge der 11 untersuchten PFC	168
Tab. 49:	Gehalte an PFC in Arbeitsschutzjacken und -hosen	169
Tab. 50:	Gehalte an PFC in Warnschutzkleidung	170
Tab. 51:	Gehalte an PFC in Kälteschutzkleidung	171
Tab. 52:	Gehalte an PFC in Regenschutzkleidung	172
Tab. 53:	Gehalte an PFC in Fleeceprodukte	173
Tab. 54:	Gehalte an PFC in Pilotenbekleidung	174
Tab. 55:	Gehalte an PFC in flammhemmende Schutzbekleidung	175
Tab. 56:	Gehalte an PFC in OP-Bekleidung	176

Tab. 57:	Gehalte an PFC in Wetter-/Chemikalienschutzkleidung NRW-Wäscherei	177
Tab. 58:	Ansprechpartner des UBA und zugehörige Abteilungen nach Anwendungsbereichen	211
Tab. 59:	Gegenüberstellung der Beschränkungsbedingungen nach REACH Anhang XVII und der Europäischen Verordnung über persistente organische Schadstoffe	212
Tab. 60:	Durchschnittliche Lebensdauer elektrischer und elektronischer Geräte	213
Tab. 61:	Ausstattungsbestand je 100 (privater) Haushalte in Deutschland von 1998-2009 mit langlebigen Gebrauchsgütern (Statistisches Bundesamt 2003, 2007 und 2011b)	217

Abkürzungen

ABANDA	Abfallanalysendatenbank von Nordrheinwestfalen
Abb.	Abbildung
AbfKlärV	Klärschlammverordnung
Abk.	Abkürzung
Abs.	Absatz
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere
AbwV	Abwasserverordnung
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere
B(a)P	Benzo(a)pyren
BDE	Bromierte Diphenylether
BAT	Beste verfügbare Technik (engl. Best available technology)
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
BVT	Beste verfügbare Technik
CAS-Nr.	Chemicals Abstract Service number (internationaler Bezeichnungsstandard für chemische Stoffe)
ChemG	Chemikaliengesetz
ChemVerbotsV	Chemikalienverbotsverordnung
CEN	Comité Européen de Normalisation
CLRTAP	Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (engl. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution)
CPB	Chemisch-physikalische Behandlung
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
Cr(VI)	sechswertiges Chrom
CRT	Braun'sche Röhre (engl. Cathode ray tube)
C-PentaBDE	Kommerzielles (technisches) Pentabromdiphenylether Produkt
C-OctaBDE	Kommerzielles (technisches) Octabromdiphenylether Produkt
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DepV	Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung)

EAG	Elektro- und Elektronik-Altgeräte
EAV	Europäisches Abfallartenverzeichnis
ECF	Elektrochemische Fluorierung
EEE	Elektro- und Elektronikgeräten (engl. electrical and electronic equipment)
EG	Europäische Gemeinschaft
ElektroG	Elektro- und Elektronikgerätegesetz
EPA	Environmental Protection Agency
EPS	Expandierbares Polystyrol
ESIA	Europäischer Halbleiterverband (engl. European semiconductor industry association)
EtFOSE	Ethyl-Perfluoroctan-Sulfonamidoethanol
EU	Europäische Union
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
FOSA	Perfluorocetylsulfonamid
FOSE	Alkylfluorocetylsulfonamidethanol
FTOH	Fluortelomeralkohol
FTS	Fluortelomersulfonsäure
GADSL	Global Automotive Declarable Substance List
GC/MS	Gaschromatografie-Massenspektrometrie
Gew.-%	Gewichtsprozent
GUT	Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden e.V.
GZ	Gütezeichen
HIPS	hochschlagzähes Polystyrol (engl. High Impact Polystyrol)
HPV	Hauptverband der Papier- und Kunststoffverarbeitung
I&P Europe	Europäischer Fotoindustrieverband (engl. Imaging and Printing Association Europe)
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IMDS	International Material Data System
IT	Informationstechnik
IVU	Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung
k.A.	keine Angabe
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
Kfz	Kraftfahrzeuge

LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LCD	Flüssigkristallbildschirm (engl. Liquid Crystal Display)
LFGB	Lebensmittel- und Futtermittel-Gesetzbuch
LfU	Landesamt für Umwelt Bayern
LW	Leitwert
MKUNLV	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrheinwestfalen
n.a.	nicht anwendbar
n.b.	nicht bestimmt
ng	Nanogramm
NRW	Nordrhein-Westfalen
örE	öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger
PA	Polyamid
PAP	Perfluoralkylphosphat
PBDE	Polybromierte Diphenylether
PBB	Polybromiertes Biphenyl
PBT	Polybutylenterephthalat
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCDD	Polychlorierte Dibenzodioxine
PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane
PET	Polyethylenterephthalat
PFAS	Perfluorierte Alkylsulfonate
PFC	Perfluorierte und polyfluorierte Chemikalien
PFPE	Perfluorpolyether
PFOA	Perfluorooctansäure
PFOS	Perfluorooctansulfonat
PFOSA	Perfluorooctylsulfonsäure
PFOSF	Perfluorooctansulfonylfluorid
PFT	Perfluorierte Tenside
Pkw	Personenkraftwagen
PIR	Polyisocyanurat
POP	Persistente organische Schadstoffe (engl. Persistent Organic Pollutants)
POP-VO	POP-Verordnung (Verordnung (EG) 850/2004)
PP	Polypropylen

ppb	parts per billion
ppm	parts per million
PTFE	Polytetrafluorethylen
PU	Polyurethan
PUR	Polyurethan
PVC	Polyvinylchlorid
REA-Gips	Rauchgasentschwefelungsanlagen-Gips
REACH	Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien (engl. Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)
resp.	respektive
RFA	Röntgenfluoreszenzscreening
RoHS	Restriction of Hazardous Substances
RPA	Risk & Policy Analysts Ltd.
SLF	Schredderleichtfraktion
SOP	Standard Operating Procedure
Tab.	Tabelle
TBBPA	Tetrabrombisphenol A
TCPP	Tris (2-chlorisopropyl)phosphat
TK	Telekommunikation
TS	Transportstrom
UBA	Umweltbundesamt
UNECE	Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (engl. United Nations Economic Commission for Europe)
UNEP	United Nations Environment Programme
UPE	Ungesättigte Polyester
UV	Ultraviolett
VDL	Verband der Deutschen Lederindustrie e.V.
VDP	Verband deutscher Papierfabriken
VKE	Verband Kunststoffherzeugender Industrie
VO	Verordnung
VWI	Verband der Polyurethan-Weichschaum-Industrie e.V.
WEEE	Elektro- und Elektronikaltgeräte (engl. Waste Electrical and Electronic Equipment)
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

WHO	Weltgesundheitsorganisation (engl. World Health Organisation)
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
ZVO	Zentralverband für Oberflächentechnik e.V.

1 Hintergrund und Ziele

Perfluorooctansulfonat (PFOS) und polybromierte Diphenylether (PBDE) wurden im Mai 2009 als neue persistente organische Schadstoffe (Persistent Organic Pollutants – POPs) in die Verbotlisten des Stockholmer Übereinkommens aufgenommen. Deutschland ist als Vertragspartei verpflichtet, Daten zu erheben, welche und wie viele der neuen POPs zurzeit noch angewendet werden, welche Erzeugnisse¹ mit POPs sich noch in Gebrauch befinden und wann sie voraussichtlich vollständig ersetzt sein werden.

In diesem Zusammenhang hat das Umweltbundesamt das vorliegende F&E-Vorhaben vergeben, das vom Öko-Institut zusammen mit Ökopoll und Eurofins bearbeitet wurde.

Ziel des Projektes ist es, verlässliche Daten über das Vorhandensein von PBDE und PFOS in Verbraucherprodukten und Erzeugnissen sowie über die Produktion und Verwendung von PFOS in Deutschland zu erhalten, um Deutschland in die Lage zu versetzen, seinen Berichtspflichten nach dem Stockholmer Übereinkommen nachzukommen. Darüber hinaus sollen die ermittelten Daten herangezogen werden, um geeignete Maßnahmen zur Vermeidung des Einsatzes von POPs und zur Reduzierung ihres Eintrags in die Umwelt abzuleiten.

Insbesondere wurden Informationen zum Gehalt von PBDE in Erzeugnissen, resultierenden Abfallströmen und Recyclingprozessen ermittelt und Angaben zu den potentiellen Emissionen während der Abfallphase zusammen getragen.

In Bezug auf PFOS wurden die Prozesse, in denen die Chemikalie noch eingesetzt wird, und die damit verbundenen Emissionen ermittelt. Zudem wurden Informationen zum Recycling mit PFOS behandelter oder PFOS enthaltender Produkte erhoben und potentielle Emissionen abgeschätzt.

Zusätzlich wurde die Recherche und Validierung vorhandener Informationen durch analytische Messungen ergänzt, um Informationen über den tatsächlichen Gehalt von POPs in Erzeugnissen und recycelten Materialien zu gewinnen.

¹ In diesem Text wird der Begriff des Erzeugnisses im Sinne der europäischen chemikalienrechtlichen Bedeutung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2007 (REACH) verwendet und bezeichnet somit einen Gegenstand der einen POP in seinen Materialien enthält. Demgegenüber steht die Verwendung des Stoffes als solchem oder in einem Gemisch. Der Begriff „Produkt“ kann beide Situationen umfassen, beinhaltet aber die Vermarktung desselben.

2 Methodisches Vorgehen

Als Referenz für die methodische Vorgehensweise und als Quelle für vorliegende Daten zu Stoffströmen wurden zum einen eine Studie von BiPRO (2011): „Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs“, die im Auftrag der Europäischen Kommission erstellt wurde, zum anderen zwei Schweizer Studien, Morf et al. (2003): “Selected polybrominated flame retardants PBDEs and TBBPA. Substance flow analysis” sowie Buser et al. (2009): „Substance Flow Analysis of PFOS and PFOA in Switzerland“ ausgewählt. Diese Studien haben bezüglich des Untersuchungsrahmens große Ähnlichkeiten mit der hier untersuchten Fragestellung und können aufgrund ihres jeweiligen geografischen Bezugs in Relation zu Deutschland gestellt werden.

2.1 Stoffflussanalyse

Das generelle Vorgehen ist durch die Methode der Stoffflussanalyse vorgegeben. Die Methode der Stoffflussanalyse dient der Identifizierung und Quantifizierung aller relevanten Flüsse von Stoffen in einem zeitlich und räumlich abgegrenzten System sowie der (Mengen-)Bilanzierung der Stoffe innerhalb dieses Systems (Brunner 2004). Die Vorgehensweise bei der Durchführung einer Stoffflussanalyse ist nicht linear, der Ablauf der einzelnen Arbeitsschritte erfolgt vielmehr iterativ.

Für die untersuchten Stoffe PFOS und PBDE wurden Daten (Prozesse, Güter- und Stoffflüsse) ermittelt und darauf aufbauend Mengenzbilanzen erstellt. Diese Bilanzen wurden anwendungs- bzw. branchenbezogen durchgeführt.

2.1.1 Systemgrenzen

Ausgangspunkt jeder Stoffflussanalyse ist die Wahl der Systemgrenze. Die Systemgrenze wird in Abhängigkeit von den Zielen und den Aufgabenstellungen sowohl räumlich als auch zeitlich gezogen (Baccini et al. 1987).

Räumliche Systemgrenze

Im vorliegenden Projekt ist das Gesamtsystem, innerhalb dessen die Prozesse, Güter und Stoffe bilanziert werden, durch die geografische Grenze der Bundesrepublik Deutschland begrenzt.

Zeitliche Systemgrenze

Die zeitliche Komponente der Systemgrenze bildet die Grundlage für den Bilanzierungszeitraum. Die zeitliche Systemgrenze beträgt ein Jahr. Als Bezugsjahr wird das **Jahr 2010** gewählt. Falls keine Daten aus dem Jahr 2010 vorliegen werden je nach Stoff und Datenlage die möglichst aktuellsten Daten herangezogen.

Sind Daten keinem speziellen Jahr zuzuordnen, da sie zum Beispiel auf Abschätzungen von Jahresmittelwerten durch Sachverständige beruhen, werden die Daten ebenfalls auf das jeweils gewählte Jahr bezogen.

2.1.2 Weitergehende Aspekte

Über die Stoffstromanalysen hinaus wurden zudem die rechtlichen Rahmenbedingungen und deren Auswirkungen auf PBDE und PFOS-Emissionen analysiert und für die Mengenermittlung berücksichtigt. Zudem werden Möglichkeiten der Substitution von PFOS im Bereich der akzeptierten Anwendungen diskutiert.

2.2 Informationsquellen

Zur Ermittlung der Datengrundlage wurden gezielt Fachverbände und Einzelunternehmen aus den betroffenen Branchen kontaktiert. Um spezifische Daten für Deutschland zum Einsatz in Prozessen bzw. zum Bestand von Erzeugnissen zu erhalten, wurden öffentlich verfügbare Statistiken herangezogen. Auf den Studien von BiPRO (2011), Morf et al. (2003) und Buser et al. (2009) aufbauend wurden für Deutschland Annahmen zum Einsatz in Prozessen bzw. Konzentrationen in Erzeugnissen sowie zu relevanten Emissionen getroffen. Diese wurden über allgemeine Literaturrecherchen weiter abgeglichen und mit relevanten Unternehmen und Verbänden sowie weiteren Fachexperten diskutiert. Tab. 1 enthält eine Liste mit den kontaktierten Unternehmen, Verbänden und weiteren Experten. Jedes Branchenkapitel enthält die Quellennachweise der zitierten Literatur.

Tab. 1: Überblick der angefragten Stakeholder

Sektor	Anzahl der kontaktierten Stakeholder/Personen
Industrie	11
Verbände	14
Bundesbehörden ²	13
Länderbehörden	5
POP-Sekretariat	2
EU	1
Forschungseinrichtungen	3
Sonstige	5

Darüber hinaus wurden auf Wunsch des Auftraggebers die jeweiligen Fachabteilungen (siehe Anhang 12.1) des Umweltbundesamtes während der Datenerhebung und der Evaluation einbezogen. Als weitere

² Insbesondere Ansprechpartner des Umweltbundesamtes (UBA) und Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), siehe auch 10.1 Anhang 1: Ansprechpartner des UBA und zugehörige Abteilungen nach Anwendungsbereichen, Seite 136 .

Bundesbehörde wurde die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) mit einbezogen, die für die PFOS-Anwendungen in Feuerlöschmitteln sowie im Bereich der Galvanik im Zuge der Berichtspflichten unter der Richtlinie 2006/122/EG bereits Erhebungen durchgeführt hat. Weiterhin wurden einzelne Länderbehörden zu spezifischen Fragestellungen kontaktiert. Die Verfügbarkeit und die Qualität der Daten sind entscheidend für die Genauigkeit der Untersuchung. Die Unsicherheiten werden entsprechend in jedem Branchenkapitel (siehe Kapitel 5, 6 und 7) diskutiert.

2.3 Quellenverzeichnis Methodisches Vorgehen

Baccini et al. (1987): Baccini, P., Brunner, P.H., Belevi, H., Henseler, G., Obrist, W., Diener, H.: Die Umweltverträglichkeit von Entsorgungsanlagen – Einführung in die Methodik der Stoffflussanalyse, EAWAG, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Abteilung Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt, Dübendorf (Schweiz), September 1987.

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011

Brunner, P.H. (2004): Von der Abfallwirtschaft zum Ressourcenmanagement, Synthesebericht der vier Projekte zur Ausrichtung der österreichischen Abfallwirtschaft nach stofflichen Gesichtspunkten. Projekt ABASG II, im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, April 2004.

Buser und Morf (2009): Buser, A. Morf, L.: Substance Flow Analysis of PFOS and PFOA. Perfluorinated surfactants perfluorooctansulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in Switzerland. Environmental studies no. 0922. Federal Office for the Environment, Bern 2009.

Morf et al. (2003): Morf, L., Smutny, R. Taverna, R. Daxbeck, H.: Selected polybrominated flame retardants PBDEs and TBBPA. Substance flow analysis. Environmental Series No. 338. Environmental hazardous substances, Bern 2003.

3 Rechtliche Rahmenbedingungen

3.1 Internationale Regelungen

3.1.1 Stockholmer Übereinkommen

Das Stockholmer Übereinkommen (auch Stockholmer Konvention oder POP-Konvention) ist ein weltweite Konvention über persistente organische Schadstoffe (POPs von engl. persistent organic

pollutants) und wird vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen (United Nations Environment Programme, UNEP) verwaltet. Persistente organische Schadstoffe sind Chemikalien, die in der Umwelt lange Zeit verbleiben, weltweit verbreitet werden, in Menschen und anderen Lebewesen akkumulieren und Mensch und Umwelt Schaden zufügen. Die Aufnahme von POPs kann zu schweren gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Da POPs über weite Strecken verbracht werden, können einzelne Staaten die Bürgerinnen und Bürger und die Umwelt nicht vor POPs schützen. Als Antwort auf dieses globale Problem wurde das Stockholmer Übereinkommen (im weiteren „Übereinkommen“ genannt) geschaffen, das 2001 angenommen wurde und 2004 in Kraft trat. Das Übereinkommen verpflichtet seine Vertragsstaaten dazu, Maßnahmen zu ergreifen, um den Einsatz von POPs zu vermeiden oder den Eintrag in die Umwelt zu reduzieren. Das Übereinkommen listete zunächst zwölf Stoffe. Auf der vierten Vertragsstaatenkonferenz im Mai 2009 wurden – mit den Entscheidungen SC-4/10 bis SC-4/18³ – weitere neun Stoffe in Annex A (Elimination), B (Beschränkung) und C (unbeabsichtigte Produktion) des Übereinkommens aufgenommen. Die Entscheidung trat im August 2010 in Kraft⁴. Auf der letzten Vertragsstaatenkonferenz (COP 5⁵) 2011 wurde auf Vorschlag der EU Endosulfan als 22. Stoff in das Stockholmer Übereinkommen aufgenommen.

Einen besonderen Stellenwert für die nationale Umsetzung und die Berichterstattung nehmen von den neun in 2009 aufgenommenen Stoffen die PBDE (Tetra-, Penta-, Hexa-, HeptaBDE) und PFOS ein. Maßgeblich hierfür sind die verpflichtenden Arbeitsprogramme der Entscheidung SC-4/19 des Stockholmer Übereinkommens.⁶

³ <http://chm.pops.int/Implementation/NewPOPs/The9newPOPs/tabid/672/language/en-US/Default.aspx> , Stand 4.5.2012

⁴ <http://chm.pops.int/>, Stand 4.5.2012

⁵ <http://chm.pops.int/Convention/ConferenceofthePartiesCOP/Meetings/COP5/tabid/1267/mct1/ViewDetails/EventModID/870/EventID/109/xmid/4351/Default.aspx>, Stand 4.5.2012

⁶

<http://chm.pops.int/Programmes/NewPOPs/InformationrequestdecisionSC419/tabid/666/language/en-US/Default.aspx>, Stand 4.5.2012

PBDE

Insgesamt wurden, wie oben bereits erwähnt, vier PBDE (siehe auch Kapitel 4.2 und 4.3) in das Stockholmer Übereinkommen aufgenommen⁷. Es handelt sich dabei um⁸

- TetraBDE und PentaBDE in kommerziell gehandeltem PentaBDE sowie
- HexaBDE, HeptaBDE in kommerziell gehandeltem OctaBDE

Die Vertragsstaaten des Stockholmer Übereinkommens sind verpflichtet, die Produktion und den Einsatz von PBDE zu vermeiden. Hiervon ausgenommen ist das Recycling von Erzeugnissen, deren Materialien PBDE enthalten, sowie die Nutzung und Entsorgung von Erzeugnissen aus recycelten Materialien, unter der Bedingung, dass das Recycling und die Entsorgung umweltverträglich erfolgen und dass keine PBDE zurückgewonnen werden. Diese Ausnahmen berechtigen aber nicht zum Export von Erzeugnissen, deren Gehalt bzw. Konzentration an PBDE die innerhalb des Territoriums des Vertragsstaates zugelassene Höhe überschreitet.

PFOS

Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), deren Salze sowie Perfluorooctansulfonylfluorid (PFOSF) wurden in den Anhang B (Einschränkung der Herstellung und Verwendung) des Stockholmer Übereinkommens zu persistenten organischen Schadstoffen mit akzeptierten Anwendungen und spezifischen Ausnahmen⁹ aufgenommen. In Tab. 2 sind die acht in Anhang B aufgenommenen PFOS-Verbindungen aufgelistet.

Tab. 2: PFOS-Verbindungen wie in Anhang B des Stockholmer Übereinkommens angegeben

PFOS-Chemikalie	CAS-Nr.
Perfluorooctansulfonsäure	1763-23-1
Perfluorooctansulfonylfluorid	307-35-7
Kaliumsalz	2795-39-3
Diethanolaminsalz	70225-14-8
Ammoniumsalz	29081-56-9

⁷ Die Aufnahme von Tetra- und PentaBDE erfolgte über SC-4/18 - Listing of tetradiphenyl ether and pentadiphenyl ether, Hepta- und HexaBDE wurden in Entscheidung SC-4/14 - Listing of hexadiphenyl ether and hepta-diphenyl ether.

⁸ Neben diesen vornehmlich eingesetzten Kongeneren der Stoffe, treten in der Praxis auch noch andere Kongenere auf. Diese werden ebenfalls von der Regelung erfasst.

⁹ Die Aufnahme erfolgte in Entscheidung SC-4/17 - Listing of perfluorooctan sulfonic acid, its salts and perfluorooctan sulfonyl fluoride.

Lithiumsalz	29457-72-5
Tetraethylammoniumsalz	56773-42-3
Didecyldimethylammoniumsalz	251099-16-8

Die Vertragsstaaten sind dazu verpflichtet, Produktion und Einsatz einzuschränken. Dabei ist eine Reihe von akzeptierten Anwendungen und spezifischen Ausnahmen im Anhang aufgelistet. Spezifische Anwendungen sind vom jeweiligen Vertragspartner des Stockholmer Übereinkommens anzumelden. Danach ist PFOS in Zukunft noch in folgenden akzeptierten und spezifischen Anwendungen (nach Anhang B des Stockholmer Übereinkommens) zulässig:

Akzeptierte Anwendungen

- Fotografische Beschichtungen;
- Antireflexionsbeschichtungen für fotolithografische Verfahren und fotografische Beschichtungen bei der Herstellung von Halbleitern;
- Ätzmittel für Hochfrequenzhalbleiter;
- Hydraulikflüssigkeit in der Luftfahrt;
- Verwendung als Netzmittel in galvanotechnischen Systemen (insbesondere Cr(VI)-Verchromung in geschlossenen Systemen);
- Bestimmte medizinische Geräte (Ethylen-Tetrafluorethylen-Copolymer-Schichten, in-vitro-diagnostische Geräte und CCD (Charge-coupled Device)-Farbfilter;
- Feuerlöschschäume;
- Insektenköder für die Kontrolle von Blattschneideameisen.

Spezifische Ausnahmen

- Fotomasken in Halbleitern und Flüssigkristallanzeigenindustrie;
- Verwendung als Netzmittel in sonstigen galvanotechnischen Systemen (insbesondere Cr(VI)-Verchromung in offenen Systemen);
- Elektronische Teile von einigen Farbdruckern und Farbkopierern;
- Insektizide für die Kontrolle von roten Feuerameisen und Termiten;
- Chemikalienbasierte Ölförderungsmaßnahmen;
- Teppiche;
- Leder;
- Textilien und Polsterungen;

- Papier und Verpackungen;
- Beschichtungen und Beschichtungsadditive;
- Gummi und Kunststoffe.

Sowohl die akzeptierten Anwendungen als auch die spezifischen Ausnahmen werden spätestens 2015 und danach alle vier Jahre daraufhin überprüft, ob sie weitergeführt werden (UNEP POPS COP SC-4/17 2009). Die akzeptierten Anwendungen wie auch die spezifischen Ausnahmen betreffen industrielle Prozesse, Erzeugnisse und Verbraucherprodukte.

3.1.2 POP-Protokoll

Unter der UNECE (Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa) werden innerhalb des sogenannten Genfer Luftreinhalteabkommens „Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung“ (CLRTAP¹⁰) die persistenten organischen Schadstoffe durch das Aarhus Protokoll geregelt. Das sogenannte POP-Protokoll¹¹ stand 1998 zu Unterzeichnung bereit und trat 2003 in Kraft. Das Protokoll deckt seitdem 16 Substanzen bzw. Substanzgruppen ab. Im Dezember 2009 wurde die Erweiterung des Geltungsbereiches um sieben weitere Substanzen und die Vertiefung einiger Regelungen entschieden, die allerdings noch nicht in Kraft getreten sind.¹²

Bei PBDE lehnt sich das POP-Protokoll an das Stockholmer Übereinkommen an: Die Kongenere von Tetra- und PentaBDE sowie von Hexa- und HeptaBDE sind wie im Stockholmer Übereinkommen definiert. Als Ausnahmen in der Nutzung ist bei beiden Einträgen das Recycling erlaubt, unter der Voraussetzung, dass dies in einer umweltverträglichen Weise geschieht und zu keiner Rückgewinnung führt.¹³

Bei PFOS ähnelt die Regelung des POP-Protokolls eher der europäischen Gesetzgebung: Es sind keine PFOS-haltigen Erzeugnisse wie Teppiche, Leder etc. durch spezifische Ausnahmen oder

¹⁰ <http://live.unece.org/env/lrtap/welcome.html>, Stand 7.4.2012

¹¹ Protocol to the 1979 Convention on Long Range Transboundary Air Pollution on Persistent Organic Pollutants (Aarhus Protocol); United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), <http://live.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/full%20text/1998.POPs.e.pdf>, Stand 7.4.2012

¹² http://www.unece.org/env/lrtap/pops_h1.htm, Stand 7.4.2012

¹³ <http://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2010/CN.555.2010-Eng.pdf>, Stand 7.4.2012

akzeptierte Anwendungen erlaubt. Bei Feuerlöschschäumen ist der Verbrauch der Bestände erlaubt, die vor dem 18. Dezember 2009 hergestellt wurden. Darüber hinaus ist der Einsatz von PFOS in folgenden industriellen Prozessen (Anwendungen) erlaubt:¹⁴

- Chrom Galvanik-, Chrom-, Eloxal- und Reverse-Ätzen bis 2014;
- Chemisch Nickel-Polytetrafluorethylen Beschichtung bis 2014;
- Ätzen von Kunststoff-Substraten vor der Metallisierung bis 2014.

3.2 Europäische Union

Die europäische POP-Verordnung¹⁵ (POP-VO) über persistente organische Schadstoffe dient der Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens und des POP-Protokolls. Die POP-Verordnung enthält neben Regelungen zur Herstellung und Verwendung auch abfallbezogene Bestimmungen. Die Aufnahme der neuen POPs, darunter das kommerzielle Penta- und OctaBDE und PFOS, in das Stockholmer Übereinkommen durch die 4. Vertragsstaatenkonferenz im Mai 2009 erforderte Änderungen der POP-Verordnung, die durch die Verordnungen (EG) Nr. 757/2010 und 756/2010 vollzogen wurden und seit dem 26. August 2010 gelten.

Das kommerzielle Penta- und OctaBDE sowie PFOS sind seit 2004¹⁶ resp. 2006¹⁷ im Rahmen von Richtlinie 76/769/EWG in ihrer Markfähigkeit beschränkt. Diese Beschränkungen wurden in Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH) übernommen und waren mit Inkrafttreten des Anhangs XVII der REACH Verordnung (zum 01.06.2009) geregelt. Mit Verordnung (EU) Nr. 207/2011 wurden die Einträge zu PFOS und PentaBDE aus dem Anhang XVII gelöscht, um Doppelregulierungen in der EU zu vermeiden. Das Inverkehrbringen

¹⁴ <http://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2010/CN.555.2010-Eng.pdf>, Stand 7.4.2012

¹⁵ 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.

¹⁶ Richtlinie 2003/11/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Februar 2003 zur 24. Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates über Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (Pentabromdiphenylether, Octabromdiphenylether).

¹⁷ Richtlinie 2006/122/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zur dreißigsten Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen

der Stoffe wird zukünftig ausschließlich durch die POP-Verordnung geregelt.

Daneben enthalten noch einige weitere europäische Regularien spezifische Bestimmungen zu PBDE und PFOS:

- Richtlinie 2002/95/EG¹⁸ des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 2003 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (RoHS-Richtlinie): Verwendungsverbot von PBDE (Summe, inklusive u.a. DekabDE) oberhalb einer Grenze von 0,1 Gew.-% im homogenen Material eines Bauteils. Eine Neufassung dieser Richtlinie erfolgte durch die Richtlinie 2011/65/EU¹⁹ des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Juni 2011 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten. Die Umsetzung in nationales Recht muss gemäß Artikel 25 bis zum 2. Januar 2013 erfolgen.
- Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie, WRRL): Listung einiger POPs im Anhang X der prioritären Stoffen der WRRL; darunter bromierte Diphenylether, Pentabromderivat (CAS-Nummer 32534-81-9; die Verschmutzung durch prioritäre Stoffe ist schrittweise zu reduzieren und die Einleitungen, Emissionen und Verluste prioritärer gefährlicher Stoffe zu beenden oder schrittweise einzustellen.

Die EU ist neben Deutschland ebenfalls Vertragspartner des Übereinkommens und hat auch das POP-Protokoll unter der UNECE ratifiziert. Die EU hat die Anmeldung der spezifischen Ausnahmen für PFOS stellvertretend für alle seine Mitgliedstaaten übernommen, so dass nicht jeder einzelne Staat eine Anmeldung durchführen muss. Durch die Beschränkung der POPs in Form einer europäischen Verordnung ist keine nationale Umsetzung dieser Regeln mehr erforderlich. Sie gelten unmittelbar in allen Mitgliedstaaten.

¹⁸ Richtlinie 2002/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 2003 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten

¹⁹ Richtlinie 2011/65/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Juni 2011 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (Neufassung)

Auf dem Gebiet der Entsorgung POP-haltiger Abfälle konkretisiert die POP-Verordnung in Artikel 7 die Forderungen von Artikel 6 des Übereinkommens. Hier werden Abfallarten genannt, die für die dauerhafte Ablagerung als Entsorgungsverfahren in Frage kommen, bei denen der POP-Anteil der Abfälle nicht zerstört oder unumkehrbar umgewandelt wird. Ausnahmen vom Verwendungsverbot werden in Anhang I, S. 211, genannt.

3.2.1 Kommerzielles Penta- und OctaBDE

Das Stockholmer Übereinkommen sowie die POP-Verordnung regeln Kongenere mit gleicher Anzahl an Bromsubstituenten gemeinsam. Abweichend vom Stockholmer Übereinkommen adressiert die POP-Verordnung nicht die kommerziellen Gemische, sondern Tetra-, Penta-, Hexa- und Heptabromdiphenylether werden jeweils als eigener Eintrag gelistet. Daher ist diese Regelung etwas weitreichender.

Für diese vier Stoffe gilt gemäß der POP-Verordnung 757/2010:

1. *„Für die Zwecke dieses Eintrags gilt Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe b für Konzentrationen von Tetra-/Penta-/Hexa-/Heptabromdiphenylether von höchstens 10 mg/kg (0,001 Gew.-%), wenn dieser in Stoffen, Zubereitungen, Erzeugnissen oder als Bestandteil der mit Flammenschutzmittel behandelten Teile von Erzeugnissen vorkommt.*
2. *Abweichend hiervon zulässig sind die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung von*
 - a) *Erzeugnissen und Gemischen mit Konzentrationen von Tetra-/Penta-/Hexa-/Heptabromdiphenylether von weniger als 0,1 Gew.-%, sofern diese teilweise oder vollständig aus verwerteten Materialien oder aus Materialien aus zur Wiederverwendung aufbereiteten Abfällen hergestellt wurden;*
 - b) *Elektro- und Elektronikgeräten, die unter die Richtlinie 2002/95/EG fallen.*
3. *Die Verwendung von Tetra-/Penta-/Hexa-/Heptabromdiphenylether als Bestandteil enthaltenden Erzeugnissen, die in der Union vor dem 25. August 2010 bereits verwendet wurden, ist zulässig. Artikel 4 Absatz 2 Unterabsätze 3 und 4 finden auf solche Artikel Anwendung.“*

Aufgrund der Europäischen Richtlinie 2003/11/EG galt bereits ein Verwendungsverbot der kommerziellen Penta- und OctaBDE-Gemische seit Juni 2004. Diese Richtlinie wurde 2009 im Wortlaut in die

Verordnung (EG) Nr. 552/2009²⁰ der Kommission vom 22. Juni 2009 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) hinsichtlich Anhang XVII übernommen.

Der Unterschied zwischen REACH Anhang XVII und der POP-Verordnung besteht zum einen in der Bezeichnung der Stoffe – die Regelung unter REACH bezieht sich auf die Penta- und OctaBDE-Derivate. Die Stoffe durften bis zu einem Schwellenwert von 0,1 Gew.-% als Bestandteil von Stoffen, Gemischen oder Erzeugnissen auf den Markt gebracht werden. Hier setzt die POP-Verordnung deutlich strengere Grenzen. Der Grenzwert für neu auf den Markt gebrachte Stoffe, Gemische oder Erzeugnisse ist mit 0,001 Gew.-% deutlich strenger. Lediglich für Erzeugnisse die ganz oder teilweise aus Rezyklat bestehen und Elektrogeräte im Sinne der RoHS sind, gilt weiter ein Grenzwert von 0,1 Gew.-% für die Marktfähigkeit.

Für den Bereich der RoHS mussten die Mitgliedstaaten sicherstellen, dass ab dem 1. Juli 2006 neu in Verkehr gebrachte Elektro- und Elektronikgeräte kein Blei, Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom, polybromiertes Biphenyl (PBB) oder PBDE oberhalb der dort festgelegten Grenze von 0,1 Gew.-% (bzw. für Cadmium 0,01 Gew.-%) enthielten. Damit ist neben den kommerziellen Penta- und OctaBDE-Gemischen auch DecaBDE²¹ oberhalb der zulässigen Grenzen von 0,1 Gew.-% (Summe der PBDE) verboten.

3.2.2 PFOS

PFOS, deren Salze, Halogenide, Amide und andere Derivate einschließlich Polymere sind seit dem Juni 2008 durch die Europäische Richtlinie 2006/122/EG und deren nationale Umsetzung („Elfte Verordnung zur Änderung chemikalienrechtlicher Verordnungen“) als Stoff, in Gemischen und Erzeugnissen verboten, wobei bestimmte Ausnahmen vorgesehen sind. Dieses Verbot, wie auch die Ausnahmeregelungen, gingen im Juni 2009 in REACH, Anhang XVII ein (Verordnung 552/2009; Wortlaut siehe Anhang, Kap. 12.2).

²⁰ Verordnung (EG) Nr. 552/2009 der Kommission vom 22. Juni 2009 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) hinsichtlich Anhang XVII.

²¹ Die Verwendung des DecaBDE in Elektro- und Elektronikgeräten, die nach der RoHS-Richtlinie zunächst verboten war, dann aber wieder erlaubt wurde, war rechtlich lange umstritten. Am 1. April 2008 hat der Europäische Gerichtshof entschieden, dass DecaBDE ab dem 1. Juli 2008 nicht mehr als Flammschutzmittel in neu auf den Markt gebrachten Elektro- und Elektronikgeräten enthalten sein darf.

REACH Anhang XVII sieht weniger Ausnahmen für die bestehenden Beschränkungen von PFOS vor als das Stockholmer Übereinkommen. Bei der Änderung der europäischen POP-Verordnung (757/2010²² und 756/2010²³) wurden die für PFOS im Anhang XVII der REACH-Verordnung vorgesehenen Ausnahmen übernommen und mit wenigen Änderungen in Anhang I der Verordnung 850/2004 aufgenommen. Die Änderungen der POP-Verordnung im Vergleich zu REACH betreffen die Vorgaben, dass die Ausnahmen gegebenenfalls an die Anwendung der besten verfügbaren Techniken (BVT), welche im Rahmen der Industrieemissionsrichtlinie 2010/75/EU²⁴ gebunden sein sollen. Weiterhin ist die zeitliche Befristung der Ausnahme für die Verwendung von PFOS als Netzmittel für überwachte Galvanotechniksysteme unterschiedlich geregelt. Zudem wurde der Schwellenwert von 0,005 auf 0,001 Gew.-% in Stoffen oder Zubereitungen gesenkt, da der historische Einsatz PFOS in Reinigungsmitteln, Boden- und Autopolituren in der Regel bei einem Gehalt zwischen 0,005 und 0,01 Gew.-% und in Beschichtungen, Farben und Lacken unter 0,01 Gew.-% lag (Europäische Kommission 2010). Somit hat die POP-Verordnung zu einer Verschärfung der Regelungen für PFOS geführt.

3.3 Deutschland

Das nationale Umwelt- und Chemikalienrecht wird weitestgehend vom EU-Recht bestimmt: Die europäischen Verordnungen sind in Deutschland unmittelbar geltendes Recht. Richtlinien sind in nationale Gesetze umzusetzen. Außerdem erfolgt im Rahmen der

²² Verordnung (EU) Nr. 757/2010 der Kommission vom 24. August 2010 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 850/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates über persistente organische Schadstoffe hinsichtlich der Anhänge I und III.

²³ Verordnung (EU) Nr. 756/2010 der Kommission vom 24. August 2010 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 850/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates über persistente organische Schadstoffe hinsichtlich der Anhänge IV und V.

²⁴ Im sog. Sevilla Prozess wird zur Erarbeitung bester verfügbarer Techniken (BVT) für verschiedene Industrieprozesse mittels der Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung durchgeführt. Die Richtlinie wurde erstmalig abgelöst durch Richtlinie 2008/1/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Januar 2008 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) und wurde 2011 durch Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) abgelöst. Die Umsetzung dieser neuen Richtlinie in nationales Recht muss bis zum 6. Januar 2013 erfolgen.

nationalen Gesetze und untergesetzlicher Regelungen die Festlegung von Verantwortlichkeiten und als hoheitliche Aufgabe die Regelung des Vollzugs der Vorgaben.

Die zuständige nationale Behörde nach Artikel 15 der Verordnung (EG) Nr. 850/2004 für die administrativen Aufgaben ist das Umweltbundesamt (UBA) in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). In Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt und den zuständigen Behörden der Länder werden, insbesondere im stoffrechtlichen und abfallrechtlichen Bereich, die Vorgaben der Verordnung auf nationaler Ebene umgesetzt.

Zentrales Rechtsetzungselement des deutschen Stoffrechts ist das Chemikaliengesetz (ChemG). In ihm werden europäische Regelungen von z.B. REACH umgesetzt oder konkretisiert. Daran angeschlossen sind Verordnungen, wie etwa die Chemikalienverbotsverordnung (ChemVerbotsV),²⁵ die das Inverkehrbringen von Gefahrstoffen bzw. deren Beschränkung regelt. Darin sind die Verbote und Ausnahmen nach REACH Anhang XVII für PentaBDE und OctaBDE sowie PFOS enthalten.

Die Richtlinie 2000/60/EG (WRRL) ist in Deutschland über das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und daran angeschlossene Verordnungen umgesetzt. Die Grundwasserverordnung²⁶ zählt alle persistenten Kohlenwasserstoffe sowie persistente und bioakkumulierende organische toxische Stoffe zu den gefährlichen Schadstoffen und Schadstoffgruppen, deren Eintrag ins Grundwasser verhindert werden muss.

In der derzeit laufenden Novellierung²⁷ der Klärschlammverordnung enthält der zweite Arbeitsentwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)²⁸ perfluorierte Tenside (PFT) (als Summe von Perfluorooctansäure (PFOA) und PFOS) als Schadstoff. Der Entwurf sieht einen Grenzwert von 0,2 mg/kg Schlamm-Trockenmasse bis 31.12.2011 und ab 01.01.2012 0,1 mg/kg Schlamm-Trockenmasse vor.²⁹ Der Wortlaut des Entwurfs lautet:

²⁵ Umsetzung der Richtlinie 2003/11/EG in deutsches Recht.

²⁶ http://bundesrecht.juris.de/grwv_2010/index.html, Stand 7.5.2012

²⁷ Stand: 2.9.2010

²⁸ <http://www.bmu.de/abfallwirtschaft/downloads/doc/46373.php>, Stand 7.5.2012

²⁹

http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/klaerschlammverordnung_grenzwerte_schadstoffe.pdf, Stand 7.5.2012

„Klärschlamm darf nur abgegeben oder aufgebracht werden, wenn vor dem erstmaligen Aufbringen und danach in Abständen von längstens zwei Jahren Proben des Klärschlammes auf die Gehalte der organischen Schadstoffe polychlorierte Biphenyle (PCB), polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane (PCDD/PCDF), Benzo(a)pyren (B(a)P) sowie Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) untersucht werden. Ergebnisse von Untersuchungen auf die Gehalte an B(a)P oder PFOA und PFOS, die vor Inkrafttreten dieser Verordnung durchgeführt wurden, dürfen nicht älter als zwölf Monate sein.“

Weiterhin wird derzeit Anhang 28 der Abwasserverordnung³⁰ novelliert und ist im Branchenkapitel 7.8.4, Papier- und Zellstoffindustrie, näher beschrieben. Unter anderem soll ein Maßnahmenpunkt für den „Verzicht auf den Einsatz von chemischen Additiven, die per- oder polyfluorierte Chemikalien enthalten oder zu deren Bildung beitragen“ neu aufgenommen werden.

Hinsichtlich der Umsetzung der RoHS gilt in Deutschland das Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG) und dessen Grenzwert von 0,1 Gew.-% (Summe je homogener Werkstoff) für alle PBDE in elektrischen und elektronischen Neugeräten.

3.4 Quellenverzeichnis Rechtliche Rahmenbedingungen

BMU (2011): Grenzwerte für im Klärschlamm enthaltene Schadstoffe (Milligramm je Kilogramm Schlamm-Trockenmasse oder andere angegebene Einheit)

http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/klaerschlamverordnung_grenzwerte_schadstoffe.pdf, Stand: 8.9.2011.

Europäische Kommission (2010): Questions and Answers Regarding a Draft Commission Regulation Amending Regulation (EC) No 850/2004 of the European Parliament and of the Council on Persistent Organic Pollutants as Regards Annexes I and III

http://ec.europa.eu/environment/pops/pdf/questions_answers.pdf, Stand: 8.9.2011.

Stockholm Convention Conference of Parties (2009): Entscheidung SC-4/19,

<http://chm.pops.int/Programmes/NewPOPs/InformationrequestdecisionSC419/tabid/666/language/en-US/Default.aspx>, Stand: 8.9.2011.

Stockholm Convention Conference of Parties (2009): Entscheidungen SC-4/10 bis SC-4/18,

³⁰ Stand 16.9.2011

<http://chm.pops.int/Implementation/NewPOPs/The9newPOPs/tabid/672/language/en-US/Default.aspx>, Stand: 8.9.2011.

Stockholm Convention Homepage: <http://chm.pops.int/>, Stand: 8.9.2011.

Stockholm Convention: Request for information on new POPs, including brominated diphenyl ethers and PFOS, in accordance with decision SC-4/19 adopted at COP4

<http://chm.pops.int/Programmes/NewPOPs/InformationrequestdecisionSC419/tabid/666/language/en-US/Default.aspx>, Stand: 7.9.2011.

UN (1998): Protocol to the 1979 convention on long range trans-boundary air Pollution on persistent organic pollutants. Amendments to the text and to annexes I, II, III, IV, VI and VIII to the protocol. United Nations, Aarhus, 24. June 1998,

<http://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2010/CN.555.2010-Eng.pdf>, Stand: 8.9.2011.

UNECE: The 1998 Aarhus Protocol on Persistent Organic Pollutants (POPs), http://www.unece.org/env/lrtap/pops_h1.htm, Stand: 7.9.2011.

UNEP POPS COP SC-4/17 (2009): Listing of perfluorooctane sulfonic acid, its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride,

<http://chm.pops.int/Convention/COP/Meetings/COP4/COP4Documents/tabid/531/Default.aspx>, Stand: 12.9.2011.

4 Chemische Identität und Verwendungen

4.1 Polybromierte Diphenylether (PBDE)

PBDE werden als additive Flammschutzmittel eingesetzt, das heißt, sie werden physikalisch als Zusatzstoffe eingearbeitet, um die Verbrennung von Kunststoffen zu verlangsamen oder zu unterdrücken. PBDE besitzen die in Abb. 1 dargestellte allgemeine Strukturformel:

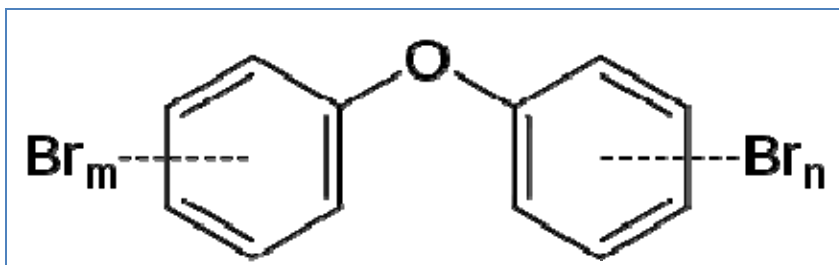


Abb. 1: PBDE: Allgemeine Strukturformel, (m,n) = 1 bis 10 (Keet et al. 2010)

Mit dieser Grundstruktur sind 209 verschiedene Kongenere möglich. Viele dieser Kongenere haben mehr oder weniger starke persistente Eigenschaften. Zudem zeigen sie ein hohes Potential zur Bioakkumulation und zur Anreicherung entlang der Nahrungskette

sowie zur weiträumigen Verbreitung in der Umwelt. Ein Abbauweg der PBDE ist die Debromierung von Diphenylethern mit einer hohen Anzahl von Halogenen hin zu Molekülen bei denen verstärkt Wasserstoff an die Stelle des Broms tritt. Dies führt zu geringer bromierten Diphenylethern, die jedoch eine zum Teil noch höhere Toxizität und ein höheres Bioakkumulationspotential aufweisen, die dann ubiquitär in der Umwelt gefunden werden können (Kuch et al. 2005).

PBDE werden nicht als chemisch reine Stoffe verwendet, sondern kommen als Mischungen verschiedener Kongenere zum Einsatz. Von kommerziellem Interesse sind die Mischungen, die jeweils nach einer Hauptkomponente benannt werden:

- Kommerzielles PentaBDE (C-PentaBDE);
- Kommerzielles OctaBDE (C-OctaBDE) und
- Kommerzielles DecaBDE (C-DecaBDE)

Für die Berichtspflicht für das Stockholmer Übereinkommen ist das C-DecaBDE nicht relevant, da die Zusammensetzung zu >97% aus DecaBDE (97,4%) und NonaBDE (2,5%) Kongeneren besteht (RA DecaBDE 2002).

Zur besseren Unterscheidung der technischen Produkte von den PBDE-Kongeneren werden die technischen Mischungen in dieser Arbeit mit dem Großbuchstaben „C-“, die Kongenere mit den Abkürzungen TriBDE, TetraBDE, PentaBDE, HexaBDE, HeptaBDE, OctaBDE bzw. DecaBDE, etc. bezeichnet.

Von den drei kommerziellen Handelsformen wurde die Verwendung von C-PentaBDE und C-OctaBDE ab Juli 2004 generell für alle Produkte ab 0,1 Gew.-% (Summe PBDE je homogenem Werkstoff) in der EU verboten.

4.2 C-PentaBDE

4.2.1 Chemische Identität C-PentaBDE

C-PentaBDE ist ein kommerzielles Gemisch aus unterschiedlichen bromierten Diphenylether-Kongeneren. Entsprechend sind Tetra- und PentaBDE-Kongenere als Hauptkomponenten der kommerziellen PentaBDE-Gemische in Annex A des Stockholmer Übereinkommens definiert, es sind aber auch andere Tetra- und PentaBDE-Kongenere in dieser Definition mit eingeschlossen (siehe auch Kapitel 3.1.1).

Die Bestandteile von C-PentaBDE, welche im Rahmen des Übereinkommens geregelt wurden, sind sehr persistent in der Umwelt, bioakkumulierend und besitzen ein hohes Potential für eine weiträumige Verbreitung. Bestandteile des C-PentaBDE wurden

weltweit in Menschen nachgewiesen. Es gibt Hinweise, dass die Bestandteile des C-PentaBDE auf Lebewesen insgesamt toxisch wirken (POPRC 2006a).

Für die Berichtspflichten im Rahmen des Übereinkommens wird die Menge des C-PentaBDE Gemisches auf die einzelnen Kongenere umgerechnet. Hierzu wird der Mittelwert der in der Literatur (WHO 1994; EU PentaBDE 2001, POPRC 2005) sehr einheitlich angegebenen Bandbreite (siehe Tab. 3) gebildet und auf 100% normiert. BiPRO skaliert die Zusammensetzung von C-PentaBDE nicht auf 100% (BiPRO 2011). Zudem berechnet BiPRO (2011) kein TriBDE und die Spuren von HeptaBDE mit einem Anteil von einem Prozent. Abweichend von BiPRO (2011) wurden hier die Mittelwerte nach den einheitlichen Literaturangaben auf 100% normiert, um die Stoffflüsse über Summenwerte überprüfen zu können. Die Spuren von HeptaBDE wurden nach Bergmann (2007) mit 0,5 Gew.-% aufgenommen.

Die für die Berichtspflichten an das Stockholmer Übereinkommen relevanten Kongenere sind in der nachstehenden Tab. 3 grau hinterlegt.

Tab. 3: Zusammensetzung des C-PentaBDE-Gemisches und die für die Umrechnung von C-PentaBDE in die einzelnen Kongenere verwendeten Mittelwerte

	CAS Nummer	Kongener**	Gewichtsprozent*	Für die Umrechnung von C-PentaBDE verwendeter Mittelwert
Tribromdiphenylether	49690-94-0	BDE17 BDE28	0–1%	0,5%
Tetrabromdiphenylether	40088-47-9	BDE47 BDE66	24–38%	32,3%
Pentabromdiphenylether	32534-81-9	BDE99 BDE85 BDE100	50–62%	58,4%
Hexabromdiphenylether	36483-60-0	BDE138 BDE153 BDE154	4–12%	8,3%
Heptabromdiphenylether	68928-80-3	BDE183	Spuren (<0,5%)**	0,5%

* Quelle: WHO 1994; EU PentaBDE 2001, POPRC 2005; ** Quelle: Bergmann (2007)

4.2.2 Verwendung / Relevanz von C-PentaBDE in Deutschland

C-PentaBDE wurde historisch vor allem in Polyurethan Hart- und Weichschäumen und in Polyurethanelastomeren eingesetzt. Laut SFT (2009), POPRC (2006a), EU PentaBDE (2001) und WHO (1994) waren die Anwendungsgebiete von C-PentaBDE zu 95% Polyurethanschäume (PU-Schäume) für geformte und beschichtete Teile im Automobilbereich (z.B. Autositze, Kopfstützen), in Polstermöbeln und Matratzen, in Verpackungen und in elektrischen Kleinteilen (Gehäuse). Die Erhebung des Inventars konzentriert sich demnach ausschließlich

auf C-PentaBDE behandelt PU-Schäume und die damit verbundenen Anwendungen und Produkte in der Automobilindustrie und in Polster-Anwendungen.

Über weitere Anwendungen und Produkte wird zum Teil berichtet, dass diese möglicherweise ebenfalls C-PentaBDE enthalten können. Hierzu zählen Polyvinylchlorid (PVC), Epoxid- und Phenolharze (z.B. in FR2-Leiterplatten), ungesättigte Polyester (UPE), Gummi, Farbe / Lacke, Textilien, Hydrauliköle (als Ersatz für PCB), Kautschuk aus Asien (DanishEPA 1999) und möglicherweise auch in Kabelisolierungen (EU PentaBDE 2001). In Anbetracht der geringen Mengen an C-PentaBDE in all diesen Anwendungen von insgesamt etwa 5%, der diffusen Verteilung und der begrenzten Datenverfügbarkeit, werden in Rahmen dieser Studie diese Verwendungen nicht weiter untersucht und erläutert.

Tab. 4: Überblick der wichtigsten ehemaligen Anwendungsbereiche und Produkte von C-PentaBDE

Historische Verwendung		Anwendungen	Fertige Produkte (z.B.)	Aktueller Status
Als Flamm-schutzmittel in Polyurethan-Schaum (PUR)	Gebräuchlichste Verwendung von C-PentaBDE in der EU (95%): PentaBDE-Konzentrationen: 2-18%	Sitzpolster, Kopfstützen, Armaturenbretter, etc. Matratzen, Verpackung, Polsterungen	Automobile, Möbelpolsterung, Transport, Klanginstallationen, Verpackungen, Verpackungspolster, Holzimitationen	An sich ist die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung verboten, jedoch sind:
In Polyvinylchlorid (PVC)	Geringe Verwendung in der EU (5%): genaue Konzentrationen nicht verfügbar	k.A.	Fußbodenbeläge, Fensterprofile, Rohre, Kabelisolierungen und –ummantelungen	Erzeugnisse die ausschließlich aus Neumaterialien bestehen mit Verunreinigungen bis zu 10 mg/kg Tetra-, Penta-, Hexa- oder HeptaBDE marktfähig.
In Epoxidharz		Isoliermittel, Faserverbundkunststoff Konstruktionsklebstoff, Korrosionsschutz	Leiterplatten, Boots- und Modellbau, Schiffsinnenwände, elektronische Teile	
In ungesättigten Polyestern (UPE)		Isoliermaterial	Gehäuse, Lacke, Griffe für Töpfe etc.	
Gummi		Isoliermaterial	Förderbänder, Schaumstoffrohre, Isolierungsteile	Erzeugnisse in denen Rezyklate eingesetzt sind bis zu einem Gehalt von 1000 mg/kg Tetra-, Penta-, Hexa- oder HeptaBDE marktfähig
Farben/Lacke		Beschichtungen	Marine- und Industrielacke zum Schutz von Containern	
Textilien		Beschichtung und Imprägnierung	Teppiche, Autositze, Möbel, Schutzkleidung	
Hydrauliköle			Bohröle, Hydraulikflüssigkeiten	Offshore-Förderung, Kohlebergbau

4.3 C-OctaBDE

4.3.1 Chemische Identität

Die Zusammensetzung des kommerziellen Gemisches C-OctaBDE ist komplex. Sie variiert stark und hat sich über Jahre hinweg verändert (siehe Tab. 6). Das C-OctaBDE beinhaltet persistente und bioakkumulierende Bestandteile, die eine weiträumige Verbreitung finden. Die Bestandteile des kommerziellen OctaBDE-Gemisches erfüllen insgesamt die Kriterien des Stockholmer Übereinkommens bezüglich der Beeinträchtigung der Umwelt und menschlichen Gesundheit (POPRC 2007).

In Tab. 5 sind die wesentlichen Kongenere in C-OctaBDE Gemisch aufgelistet (Bergmann 2007):

Tab. 5: Hauptsächliche Kongenere in C-OctaBDE-Gemisch (Bergmann 2007)

	Kongenere
PentaBDE	BDE-85, BDE-99, BDE-100
HexaBDE	BDE-138, BDE-153 und BDE-154
HeptaBDE	BDE-175, BDE-183
OctaBDE	BDE-196, BDE-197 und BDE-203
NonaBDE	BDE-206 und BDE-207
DecaBDE	BDE-209

Unter mehreren Hexa- und Heptabromdiphenylethern, die in C-OctaBDE vorhanden sein können, sind folgende Hauptkongenere des Hexa- und HeptaBDE in C-OctaBDE in Annex A der Stockholmer Konvention genannt:

- 2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylether (BDE-153, CAS Nr.: 68631-49-2) und 2,2',4,4',5,6'-Hexabromdiphenylether (BDE-154, CAS Nr.: 207122-15-4);
- 2,2',3,3',4,5',6-Heptabromdiphenylether (BDE-175, CAS Nr.: 446255-22-7) und 2,2',3,4,4',5',6-Heptabromdiphenylether (BDE-183, CAS Nr.: 207122-16-5) sowie
- andere Hexa- und HeptaBDE, die in kommerziellen OctaBDE-Gemischen vorhanden sind.

Um in den folgenden Kapiteln die Menge des C-OctaBDE auf die einzelnen Kongenere umrechnen zu können, wurde der Mittelwert der unterschiedlichen Quellenangaben (POPRC 2008) gebildet. Das Inverkehrbringen der Stoffe sowie Zubereitungen und Erzeugnisse, wenn sie diesen Stoff in einer Konzentration von mehr als 0,1 Gew.-% enthalten, ist in Deutschland seit dem 30. Juni 2004 durch die siebte Verordnung zur Änderung chemikalienrechtlicher

Verordnungen vom 29. August 2003 verboten³¹; Elektro(nik)geräte mit einem PBDE-Gehalt über 0,1 Gew.-% als Summe PBDE je homogenem Werkstoff dürfen seit dem 1. Juli 2006 in der EU nicht mehr auf den Markt gebracht werden.

Die Mittelwerte der vier Quellenangaben³² wurden auf 100% normiert. Die für die Berichtspflichten zur Stockholmer Konvention relevanten Kongenere (grau hinterlegt in Tab. 6) sind Penta-, Hexa- und HeptaBDE.

Tab. 6: Zusammensetzung des C-OctaBDE-Gemisches unterschiedlicher Jahre/Hersteller (Quelle: POPRC 2008) und die für die Umrechnung von C-OctaBDE in die einzelnen Kongenere verwendeten Mittelwerte

	Bis 1994 (WHO 1994)	Probe von drei Zulieferern, 1997 (Stenzel und Nixon 1997)	Freiw. Selbstver- pflichtung der Industrie OECD, 2000 (RPA 2000)	Ausgewählte Hersteller 2000– 2001 (POPRC 2008)	Für die Umrechnung von C-OctaBDE ver- wendeter Mittelwert auf 100% normiert
PentaBDE in %	10,5–12,0*	k.A.	1,4–12	< 0,5	4,7%
HexaBDE in %		5,5	k.A.	< 12	7,4%
HeptaBDE in %	43,7–44,5	42,3	43–58	< 45	44,5%
OctaBDE in %	31,3–35,3	36,1	26–35	< 33	31,6%
NonaBDE in %	9,5–11,3	13,9	8–14	< 10	10,7%
DecaBDE in %	0–0,7	2,1	0–3	< 0,7	1,1%

* Eine Unterscheidung zwischen Penta- und HexaBDE fand in dieser Quelle nicht statt

4.3.2 Verwendung / Relevanz von C-OctaBDE in Deutschland

C-OctaBDE fand in Europa insbesondere in folgenden Bereichen Verwendung (EU OctaBDE 2003, Bergmann 2007):

- Zu 95% in Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere (ABS) für Computer- und Fernsehgerätekäse; die restlichen 5% verteilen sich auf
- High Impact Polystyrol (HIPS) und
- Polybutylenterephthalat (PBT).

³¹ Dem Verbot liegt die Richtlinie der Europäischen Union 2003/11/EG zur 24. Änderung der Richtlinie 76/769/EWG zugrunde.

³² In der Literatur finden sich weitere Angaben zur Zusammensetzung der C-OctaBDE Mischungen (Produkte), welche leicht zwischen den Herstellern variieren. Die grundlegende Beschaffenheit der Produkte ist jedoch vergleichbar. Ausnahme ist ein Produkt (Bromkal 79-8DE) von einem deutschen Hersteller, dessen Zusammensetzung etwa 50% aus DecaBDE enthält (LaGuardia et al. 2006).

Weitere Anwendungsgebiete umfassten Polyamid, Nylon, Polyethylen, Polycarbonat, phenolische Harze und ungesättigte Polyester in Klebstoffen und Beschichtungen (WHO 1994). Die typischen Einsatzmengen lagen zwischen 12 und 18% bezogen auf das PBDE-haltige Material (EU OctaBDE 2003). In Anbetracht der geringen Mengen an C-OctaBDE in all diesen Anwendungen von insgesamt etwa 5%, der diffusen Verteilung und der begrenzten Datenverfügbarkeit, werden in Rahmen dieser Studie diese Verwendungen nicht weiter untersucht und erläutert.

Tab. 7: Überblick über die wichtigsten Anwendungsbereiche und Produkte von C-OctaBDE

Historische Nutzung	Anwendungen	Fertige Produkte	Aktueller Status
Als Flammenschutzmittel in Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS)	Gebräuchlichste Verwendung von C-OctaBDE in der EU (95%): Computer- und Fernsehgeräteegehäuse	alle Art Elektro- und Elektronikgeräte	An sich ist die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung verboten, jedoch sind: Erzeugnisse die ausschließlich aus Neumaterialien bestehen mit Verunreinigungen bis zu 10 mg/kg Tetra-, Penta-, Hexa- oder HeptaBDE marktfähig; Erzeugnisse in denen Rezyklate eingesetzt sind bis zu einem Gehalt von 1000 mg/kg Tetra-, Penta-, Hexa- oder HeptaBDE marktfähig; Erzeugnisse im Rahmen der RoHS sind grundsätzlich bis zu einem Gehalt an PBDE (Summe) von 1000 mg/kg marktfähig
In High Impact Polystyrol (HIPS)	Kunststoffgehäuse	Computer- und Fernseher sowie alle Art elektr(on)ischer Geräte (Mobiltelefone)	
		Plastikspielzeuge	
	Kältebeständige Schicht	Kühlschränke	
In Polybutylenterephthalaten(PBT)	Gehäusewerkstoff	Elektronische Geräte	
	Steckverbinder	Fahrzeuge	
	Duschbrausekopf oder Bügeleisen	Haushaltsgeräte	
In Polyamidpolymeren	Textilien	Möbel	
	Baustoffe	Rohre und Formstücke, Plastikfolien	

4.4 PFOS

4.4.1 Chemische Identität

PFOS ist eine synthetische Substanz und kommt natürlicherweise nicht vor. Perfluorooctansulfonat (PFOS, Summenformel $C_8F_{17}SO_3^-$) ist das Anion der Perfluorooctansulfonsäure (CAS 1763-23-1) und wird üblicherweise als Salz verwendet oder in Polymere eingebaut. Perfluorooctansulfonylfluorid (PFOSF, CAS 307-35-7) ist das gängigste Ausgangsmaterial für unterschiedliche PFOS-haltige Materialien (siehe auch Kapitel 3.2.2).

Kommerziell wichtige Salze der PFOS sind

- Kaliumsalz (CAS Nr. 2795-39-3), siehe Abb. 2);
- Diethanolaminsalz (CAS Nr. 70225-14-8);
- Ammoniumsalz (CAS Nr. 29081-56-9);
- Lithiumsalz (CAS Nr. 29457-72-5),
- Tetraethylammoniumsalz (CAS Nr. 56773-42-3) und

- Didecyldimethylammoniumsalz (CAS Nr. 251099-16-8).

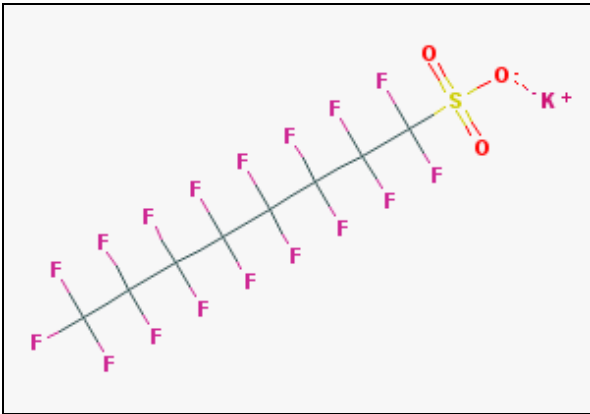


Abb. 2: Strukturformel von PFOS (PubChem Compound 2012)

Die sehr starke Kohlenstoff-Fluor-Bindung ist bei hohen Temperaturen und auch bei Anwesenheit von starken Säuren und Basen stabil. Dementsprechend wird auch PFOS unter diesen Bedingungen nicht zersetzt. PFOS kommt aufgrund seiner ausgeprägten amphiphilen³³ Eigenschaften in technischen Prozessen zum Einsatz. PFOS ist sehr umweltsensibel, hochgradig bioakkumulierbar und toxisch und hat Potential für eine weiträumige Verbreitung (UK_DEFRA 2004; POPRC 2006b; OSPAR 2006).

4.4.2 Herstellung von PFOS

Perfluorooctansulfonat (PFOS) gehört zur Stoffgruppe der perfluorierten und polyfluorierten Chemikalien (PFC). Einige PFC werden auch häufig als perfluorierte Tenside (PFT) bezeichnet, deren bedeutendste Vertreter PFOS und PFOA mit jeweils acht Kohlenstoffatomen sind.

PFT zeichnen sich durch besondere physikalisch-chemische Eigenschaften aus und wurden daher seit den 1950er Jahren in unterschiedlichen technischen Prozessen und Produkten zur Oberflächenveredelung und in der Spezialchemie eingesetzt. Die Produktion der PFT erfolgt hauptsächlich durch zwei technische Verfahren: elektrochemische Fluorierung (ECF) und Telomerisation.

Beim ECF-Verfahren entsteht eine Reihe von Zwischenprodukten (Nebenprodukte). Ausgehend von der Herstellung des Zwischenprodukts Perfluorooctylsulfonfluorid (PFOSF) werden zwei

³³ Moleküle mit sowohl einem hydrophilen (wasserliebendem) als auch einem hydrophoben (wasserabweisendem) Molekülteil, wodurch bei Anwesenheit dieser Moleküle eine Herabsetzung der Oberflächenspannung des Wassers erfolgt und eine Mischbarkeit mit hydrophoben Substanzen möglich wird.

weitere Zwischenverbindungen, Perfluorooctylsulfonsäure (PFOSA) und Perfluorooctylsulfonamid (FOSA), gebildet, wobei das FOSA weiter zum Alkylfluorooctylsulfonamidethanol (FOSE) umgesetzt werden kann (Fromme et al. 2006). Die Zwischenprodukte selbst werden nur in geringerem Umfang industriell eingesetzt. Die Säure PFOSA wird hauptsächlich durch Neutralisation in die entsprechenden Salze überführt (siehe auch Abschnitt 4.4.1). Aus FOSA und FOSE entsteht durch unterschiedliche Derivatisierungen eine Reihe weiterer Substanzen (UK_DEFRA 2004). Diese können dann in einem breiten Anwendungsspektrum eingesetzt werden.

Bei der Telomerisierung wird beginnend mit Tetrafluorethylen (C_2F_4) und Jod das Molekül von einem Ende her schrittweise verlängert. Die so gebildeten Perfluoralkylketten sind unverzweigt und geradzahlig aufgebaut. Mit diesem Verfahren stellen die Unternehmen vor allem fluorierte Monomere her, die zu fluorierten Polymeren weiterverarbeitet werden können. Zur Abgrenzung von den nach dem ECF-Verfahren hergestellten Verbindungen werden diese Monomere auch als Fluortelomere bezeichnet (UBA 2009). Wichtige Zwischenprodukte dieses Verfahrens sind die Fluortelomeralkohole (FTOH).

Nachdem PFOS weltweit in Menschen und anderen Lebewesen nachgewiesen wurde, entschied sich der weltweit größte PFOS-Hersteller, das US-amerikanische Unternehmen 3M, im Jahr 2000 für einen freiwilligen stufenweisen Rückzug aus der Produktion und Nutzung von PFOS bis zum Ende des Jahres 2002 (3M 2011). Diese Unternehmensentscheidung bewirkte einen erheblichen Rückgang der Nutzung von PFOS in der EU (UK_DEFRA 2004).

Aus den aktuellen Umfragen geht hervor, dass in Deutschland und auch in Italien noch PFOS als Aktivsubstanz hergestellt wird (Lanxess 2010). Allerdings ist eine Übertragbarkeit der Mengenangaben auf Deutschland ohne die Mitbetrachtung von H4PFOS sinnlos. Der deutsche Hersteller vermarktet das auf PFOS basierende Produkt ausschließlich für die noch zugelassenen Anwendungen in der Galvanik- (> 95%) und Fotoindustrie (< 5%) in Europa. Laut Aussagen von Lanxess (2010) wird dieses Produkt noch von verschiedenen chinesischen Firmen hergestellt und von einem italienischen Hersteller in Italien (Fa. Miteni³⁴) werden voraussichtlich noch Restbestände vertrieben.

³⁴ Allerdings befinden sich auf ihrer Internetseite sich weder Hinweise auf PFOA noch zu PFOS, <http://www.miteni.com/products.html>, Stand 7.5.2012

4.4.3 Verwendung von PFOS

Neben den acht oben beschriebenen PFOS-Chemikalien nach Anhang B der Stockholm Konvention (siehe Tab. 2, S. 6) existieren noch viele weitere perfluorierte Verbindungen. In zahlreichen Anwendungen wurde PFOS als Baustein eines Polymers eingesetzt, aus dem PFOS durch Abbau wieder freigesetzt werden kann. Diese komplexeren Vorläufersubstanzen entstehen im Wesentlichen aus dem Zwischenprodukt PFOSF und den weiteren Verfeinerungsprozessen. Der Antrag von Schweden zur Aufnahme von PFOS in das Stockholmer Übereinkommen bezog sich daher auf PFOS und 96 PFOS-verwandte Substanzen (POPRC 2006b; POPRC 2010). PFOS-verwandte Substanzen werden unterschiedlich definiert. So zählte die OECD (2002) 172 Substanzen aus 22 Klassen von Perfluoralkylsulfonaten dazu.

Die Herstellung und Verwendung von PFOSF und folglich auch von allen anderen C8-perfluorierten Alkylsulfonat-Verbindungen ist durch die akzeptierten Anwendungen und spezifischen Ausnahmen beschränkt (siehe Tab. 8). Daher werden für die Branchenkapitel auch die nicht unmittelbar in der Konvention aufgeführten PFOS-Verbindungen berücksichtigt.

Aufgrund der thermischen und chemischen Stabilität und Beständigkeit gegenüber UV-Strahlung und Verwitterung sowie der schmutz-, farb-, fett-, öl- und wasserabweisenden Eigenschaften finden oder fanden poly- und perfluorierte Tenside in zahlreichen Industrie- und Verbraucherprodukten Anwendung (Fricke und Lahl 2005).

PFOS wird hauptsächlich noch in der Oberflächenbehandlung (Galvanik), in Feuerlöschschäumen, Hydraulikflüssigkeiten und in der Foto- und Halbleiterindustrie eingesetzt. Weiterhin können PFOS-Verbindungen in folgenden Produkten, Erzeugnissen und chemischen Prozessen enthalten sein (UK_DEFRA 2004; OSPAR 2006; OECD 2011):

Tab. 8: Überblick über die wichtigsten Anwendungsbereiche, Produkte und Erzeugnisse von PFOS (OSPAR 2006)

Bereich	Anwendung	Endprodukt
Oberflächen- behandlung	Stoffbehandlung (Wasser-/Öl-/Lösemittel-abweisung)	Kleidung/Textilien
		Stoff/Polster
		Teppiche
		Auto-Innenausstattung
	Metall- und Glasbehandlung	Metall/Glas
	Lederbehandlung (Wasser-/Öl-/Lösemittelabweisung)	Leder
	Nebelunterdrücker, Korrosionshemmer	Metallplattierungsbäder

Bereich	Anwendung	Endprodukt
Papierschutz Anwendungen	Wasser-/Öl-/Fett-/Lösemittelabweisung	Teller und Nahrungsmittelbehälter
		Taschen und Verpackungsmaterial
		Faltkartons
		Container
		Karbonfreie Formen
		Abdeckpapier
Chemische Anwendungen	Tenside	Tenside in Feuerlöschschäumen
		Tenside in Alkali-Reinigungsmitteln
		Minen- und Ölquellentenside
	Reinigungsmittel	Prothesenreiniger
		Shampoos
		Teppichfleckenmittel
		Trennmittel
	Wachse und Polituren	Emulgator in Wachs- und Bodenpolituren
	Beschichtungen	Beschichtungszusätze
	Fotografie	Antistatikum; Tenside für Papier, Filme, Fotoplaten
	Fotolithografie	Beschichtungen für Halbleiter (Entspiegelungen)
	Pestizide/Insektizide	Pestizid-Wirkstoffe
Wirkstoff für Ameisenlockfallen		
Chemische Synthese	Chemische Zwischenprodukte	
Anwendung in der Medizin	Wasserdichter Gipsverband, Wundverbände	
Hydraulikflüssigkeiten	Hydraulikflüssigkeiten	

4.5 Quellenverzeichnis Chemische Identität und Verwendungen

3M Company (2000): Phase-Out Plan for PFOS-Based Products, July 7, U.S. EPA 2000.

Bergmann, M. (2007): Bestimmung polybromierter Diphenylether in Kunststoffen und Untersuchungen zum Emissionsverhalten. BAM-Dissertationsreihe, Band 20. Bremerhaven 2007.

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

DanishEPA (1999): Brominated Flame Retardants - Substance Flow Analysis and Assessment of Alternatives; Danish Environmental Protection Agency, Kopenhagen 1999.

EU OctaBDE (2003): European Union Risk Assessment Report: Diphenyl ether, octabromo derivative, final report, 2003, Rapporteur: France and United Kingdom. Luxemburg 2003.

EU PentaBDE (2001): European Union Risk Assessment Report: Diphenyl ether, pentabromo derivative, final report, August 2001, Rapporteur: United Kingdom. Luxemburg 2001.

Fricke und Lahl (2005): Fricke, M., Lahl, U.: Risikobewertung von Perfluortensiden als Beitrag zur aktuellen Diskussion zum REACH-

- Dossier der EU-Kommission. In: UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 17(1).
- Fromme et al. (2006): Fromme, H., Schlummer, M., Ungewiß, J., Roscher, E., Lepper, H.: Umweltmedizinische Bedeutung perfluorierter Kohlenwasserstoffe. Materialien zur Umweltmedizin, Band 16, http://www.peter-liese.de/cms/upload/hintergrundpapiere/umweltmedizin_16.pdf, Stand: 3.9.2011.
- Keet et al. (2010): Keet, B., Giera, N., Gillett, R., Verschueren K.: Investigation of brominated flame re-tardants present in articles being used, recycled and disposed of in New Zealand, A technical report prepared for the Ministry for the Environment, Wellington, August 2010, <http://www.mfe.govt.nz/publications/hazardous/investigation-of-brominated-flame-retardants/investigation-of-brominated-flame-retardants.pdf>
- Kuch et al. (2005): Kuch, B., Schneider, C, Rupp, S, v.d.Recke, R., Bopp, K., Metzger, J.W., Strack, S.: Polybromierte Diphenylether und Tetrabrombisphenol A: Untersuchungen zum Abbau und Metabolismus, Bestimmung in Nahrungsmitteln. FKZ BWB 21019, Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS), <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/40239/BWB21019SBer.pdf?command=downloadContent&filename=BWB21019SBer.pdf&FIS=203>, Stand: 12.9.2011.
- Leisewitz und Schwarz (2000): Leisewitz, A., Schwarz, W.: Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen zur Substitution umweltrelevanter Flammschutzmittel. Flammhemmende Ausrüstung ausgewählter Produkte anwendungsbezogene Betrachtung: Stand der Technik, Trend, Alternativen", Report no. 000171/2. UBA-Texte 27/01, Umweltbundesamt 2000.
- LRTAP (2006): Exploration of Management Options for PFOS. Proposal submitted by Sweden for the fifth meeting of the LRTAP Task Force on Persistent Organic Pollutants, Tallinn, 29 May - 1 June 2006 and revised 15 June 2006.
- Morf et al. (2003): Morf, L., Smutny, R., Taverna, R., Daxbeck, H.: Selected polybrominated flame retardants PBDEs and TBBPA. Substance flow analysis. Environmental Series No. 338. Environmental hazardous substances, Bern 2003.
- OECD (2002): Organisation for Economic Co-operation and Development). 2002. Hazard Assessment of Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and its Salts. November 21. ENV/JM/RD(2002)17/FINAL.
- OECD (2011): PFCs: Outcome of the 2009 survey. Survey of the production, use and release of PFOS, PFOA, PFCA, their related sub-

stances and products/mixtures containing these substances. Series on Risk Management, No. 24. ENV/JM/MONO(2011)1). Paris 2011.

OSPAR (2006): OSPAR Commission, 2006 Update: Background Document on Perfluorooctane Sulphonate. Publication Number: 269/2006.

POPRC (2005): UNEP/POPS/POPRC.1/10. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its first meeting. Geneva, November 2005.

POPRC (2006a): UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.1. Risk profile on commercial pentabromodiphenyl ether. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting. Geneva, November 2006.

POPRC (2006b): UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.5. Risk profile on perfluorooctane sulfonate Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting. Geneva, November 2006.

POPRC (2007): UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.6. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its third meeting. Addendum. Risk profile on commercial octa-bromodiphenyl ether. Geneva, November 2007.

POPRC (2008): UNEP/POPS/POPRC.4/15/Add.1. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its fourth meeting. Addendum Risk management evaluation for commercial octabromodiphenyl ether. Geneva 2008.

POPRC (2010): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants POPs Review Committee (POPRC), Draft Guidance document on Alternatives to perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) and its derivatives. Geneva 2010.

PubChem Compound (2012): Potassium PFOS - Compound Summary (CID 23669238) Also known as: 2795-39-3, Fluorad FC 95, Floral FC 95, Potassium heptadecafluoro-1-octanesulfonate, Potassium perfluorooctanesulfonate, EINECS 220-527-1, National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine 8600 Rockville Pike, Bethesda MD, 20894 USA, http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=23669238&loc=ec_rcs, Stand: 19.3.2012.

RPA (2000): The Department of the Environment, Transport and the Regions. 2000. Risk Reduction Strategy and Analysis of Advantages and Drawbacks for Pentabromodiphenyl Ether. Stage 4 Report, prepared by Risk & Policy Analysts Limited (Moore L. and Corden C.). 31 March 2000.

SFT (2009): Norwegian Pollution Control Authority (SFT). 2009.

Guidance on alternative flame retardants to the use of commercial pentabromodiphenylether (c-PentaBDE). SFT, Oslo, February 2009.

Stenzel und Nixon (1997): Stenzel, J.I., Nixon, W.B.: Octabromobiphenyl oxide (OBDO): Determination of the vapour pressure using a spinning rotor gauge. Wildlife International Ltd., Project No. 439C-114, 1997.

UBA (2009): Per- und polyfluorierte Chemikalien: Einträge vermeiden – Umwelt schützen. Umweltbundesamt, Juli 2009.

UK_DEFRA (2004): Perfluorooctane Sulphonate – Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks. Final Report prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environment Agency for England and Wales. Risk & Policy Analysts Limited (RPA) in association with BRE Environment. London, Norfolk, August 2004, <http://archive.defra.gov.uk/environment/quality/chemicals/documents/pfos-riskstrategy.pdf>, Stand: 8.9.2011.

WHO (1994): Environmental Health Criteria 162, Brominated health criteria. ISBN 9241571624. Genf 1994.

5 Stoffflussanalyse C-PentaBDE

5.1 C-PentaBDE und C-OctaBDE in der Automobilindustrie

5.1.1 Hintergrund

Bromierte Flammenschutzmittel finden in der Automobilindustrie in Form von behandelten PU-Schäumen in verschiedenen Bereichen Anwendung: in Sitzpolstern, Kopfstützen, Armaturenbrettern, Tür-Innenseiten, Decken, Lenkrad und Lautsprecher-Systemen. PU-Schäume waren früher (bis spätestens 2004) hauptsächlich mit C-PentaBDE behandelt, welches sich auch noch in anderen Kunststoffen und in Textilien wiederfinden kann (BiPRO 2011). C-OctaBDE wurde (bis spätestens 2004) im Auto vor allem in verbauten elektrischen und elektronischen Komponenten eingesetzt (Morf et al. 2003), während C-DecaBDE z.B. für Tür-Innenverkleidungen verwendet wird und dort, wo ursprünglich C-PentaBDE zum Einsatz kam (ACEA 2010; BiPRO 2011).

Die Automobilindustrie hat aufgrund der Diskussionen zu möglichen Stoffverboten freiwillig frühzeitig auf die Verwendung von C-PentaBDE und C-OctaBDE verzichtet: In Deutschland gab es ab 1998 erste Aktivitäten zur Erfassung problematischer Stoffe in Automobilen und in der EU wurden ab dem Jahr 2000 für die Automobilindustrie Material- und Stoffdatenbanken eingeführt

(International Material Data System, IMDS³⁵). Basis für die dort erfassten Stoffverbote und Beschränkungen war die zeitgleich eingeführte die Stoffverbotsliste Global Automotive Declarable Substance List (GADSL³⁶) (IMDS 2010). Dadurch kann zurückverfolgt werden, seit wann diese Stoffe in der europäischen Automobilindustrie spätestens nicht mehr verwendet wurden. Demnach sind seitens der Automobilindustrie keine Verwendungen des C-Penta oder des C-OctaBDE und somit der Kongenere nach 2000 bekannt (ACEA 2010).

Obwohl die Fahrzeughersteller in Deutschland bereits 1998 die IMDS-Datenbank eingeführt hatten, gibt es für die Zeit vor 2000 keine Aufzeichnungen und somit keine belastbaren Zahlen zu eingesetzten Mengen an kommerziellem Penta- und OctaBDE in der Automobilindustrie. Der europäische Automobilherstellerverband ACEA hat Recherchen dazu durchgeführt und Zulieferer befragt, jedoch keine aussagekräftigen Angaben erhalten können.

Eine Überprüfung von Sitzschaummaterialien der Firma Opel aus Fahrzeugmodellen der Jahre 1995 bis 1997 hat ergeben, dass die Modelle weitestgehend frei von Brom waren (Adam Opel AG 2011). In der zweistufigen Untersuchung wurde zunächst ein Röntgenfluoreszenzscreening (RFA) durchgeführt, und die Modelle, bei denen ein Befund auf Anwesenheit von Brom deutete, wurden weiteren Analysen unterzogen. Die Nasschemische Analyse konnte jedoch die Befunde der RFA nicht erhärten. In keiner der untersuchten Matrices konnte Brom nachgewiesen werden (was selbst bei einem Gehalt von 2% PBDE hätte der Fall sein müssen). Die Herkunft der Schaummaterialien repräsentierte ca. 94% des damaligen Zulassungsvolumens des Unternehmens (Proben aus den Jahren 1995–1997 je nach Fahrzeugmodell).

Als Ausgangslage für die weitere Quantifizierung ergibt sich Folgendes:

- 1) Die in Deutschland spätestens ab dem Jahr 2000 auf den Markt gebrachten Fahrzeuge enthalten kein kommerzielles Penta- und OctaBDE mehr. Die Analysen der Firma Opel legen zwar nahe, dass ggf. schon ab Mitte der 1990er Jahre keine PBDE in den Sitzschäumen zu finden waren, jedoch für nicht als Berechnungsgrundlage herangezogen. Spätestens ab dem Jahr 2004 wurde im Zuge des Inkrafttretens der Richtlinie 2003/11/EG kein kommerzielles Penta- und OctaBDE in

³⁵ <http://www.mdssystem.com>, Stand 4.5.2012

³⁶ <http://www.gadsl.org/>, Stand 4.5.2012

Fahrzeugen mehr eingesetzt (worst case). Dieser Fall wird jedoch für die weiteren Berechnungen nicht weiter betrachtet.

- 2) Abfall: Die theoretisch noch im Abfallstrom vorhandenen Mengen an C-PentaBDE und C-OctaBDE (eventuell verwendet in Fahrzeugen vor 2000) können aus Aufzeichnungen der Automobilindustrie nicht belegbar quantifiziert werden. PU-Schäume aus Fahrzeugsitzen und zahlreiche andere Kunststoffteile werden laut Aussage der Automobilindustrie in der Regel nicht vor dem Schredder ausgebaut und recycelt, sondern gehen als Bestandteile der Schredder-Leichtfraktion teilweise in die thermische Verwertung oder energetische Nutzung, sodass enthaltene PBDE thermisch zersetzt werden (ACEA 2010). In der Vergangenheit wurde ein Teil weiter aufbereiteter Schredderleichtfraktion auch im Deponiebau und Bergversatz stofflich verwertet (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2005 und Niedersächsisches Umweltministerium 2007). In wie weit dieser Verwertungsweg derzeit noch genutzt wird ist unklar, da hierzu keine aktuelleren Quellen vorliegen. Hinweise aus der Branche lassen jedoch die Vermutung zu, dass dieser Weg nach wie vor eine Rolle spielt.

5.1.2 Quantifizierungsmethodik

Die Menge an C-PentaBDE und C-OctaBDE aus dem vorhandenen Autobestand, die in den Abfallstrom gelangt, wird aus der Altfahrzeugmenge und einer mittleren Konzentration in Fahrzeugen ermittelt. Für die Mengenermittlung an PBDE in der Automobilindustrie werden folgende drei Hauptmodule aufgebaut.

1. Anzahl Altfahrzeuge: Die Altfahrzeugmenge kann für das Jahr 2011 nur geschätzt werden, da bislang noch keine aktuellen Zahlen vorliegen. Die Abschätzung erfolgt anhand der bis 2010 vorliegenden Zahlen.
2. Altersverteilung: Man kann von einem durchschnittlichen Altfahrzeugalter von etwa 15 Jahren ausgehen (UBA 2011). Daten zur Altersverteilung liegen für die Altfahrzeuge des Jahres 2009 vor, für die die Umweltprämie³⁷ gezahlt wurde.
3. Gehalt an BDE in Automobilen: Die Konzentration der beiden kommerziellen Gemische in Automobilen wird aus Literaturwerten bestimmt. Dabei werden zwei unterschiedliche

³⁷ Richtlinie zur Förderung des Absatzes von Personenkraftwagen vom 20. Februar 2009 mit Änderungen der Richtlinie vom 17. März 2009 und vom 26. Juni 2009.

Quellen herangezogen, um so einen Abgleich der sich ergebenden Größenordnungen zu machen:

- Über einen nach BiPRO (2011) angepassten Gehalt an C-PentaBDE in PU-Schäumen in Automobilen wird der C-PentaBDE-Gehalt im Abfallstrom aus Altfahrzeugen ermittelt. Die Studie von BiPRO (2011) weist eine gründliche Recherche zum Gehalt an C-PentaBDE für unterschiedliche Anwendungen auf.
- Die Ergebnisse werden mit einer Berechnung auf der Grundlage von (Morf et al. 2003) verglichen: Anhand von Angaben zum Gehalt an C-Penta- und C-OctaBDE in Fahrzeugen je Kilogramm Fahrzeug sowie über das durchschnittliche Fahrzeuggewicht werden die Mengen für den Abfallstrom ermittelt.

5.1.3 Berechnungen

Altfahrzeuge

Das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) erfasst die Außerbetriebsetzungen³⁸ von Kraftfahrzeugen (Kfz). So wurden beispielsweise im Jahr 2009 9,14 Mio. Kfz, davon 8,07 Mio. Personenkraftwagen (Pkw) außer Betrieb gesetzt und im Jahr 2010 ergab die Erfassung der Außerbetriebsetzungen 8,25 Mio. Kfz, davon 7,19 Mio. Pkw (KBA 2010). Das Kraftfahrt-Bundesamt schätzt, dass 40% der außer Betrieb gesetzten Fahrzeuge endgültig stillgelegt werden (KBA 2010a): Dies waren 2009 etwa 3,7 Mio. Kfz, davon 3,2 Mio. Pkw und in 2010 ca. 3,3 Mio. Kfz, davon ca. 2,9 Mio. Pkw. Gründe für die endgültige Stilllegung eines Fahrzeugs, zum Beispiel zur Verschrottung, Ausfuhr ins Ausland oder Nutzung ausschließlich auf nicht öffentlichem Gelände, zum Beispiel Firmengelände, werden nicht erfasst (Kohlmeyer 2011a).

Der Verbleib dieser endgültig stillgelegten (gelöschten) Fahrzeuge sieht nach Auswertungen des Umweltbundesamtes für die Jahre 2008 und 2009 (UBA 2010 und Kohlmeyer 2011a) folgendermaßen aus: Der überwiegende Anteil dieser Fahrzeuge wird als Gebrauchtwagen exportiert.

³⁸ Abmeldung eines Fahrzeugs (zum Beispiel zur Verschrottung, Ausfuhr ins Ausland etc.).

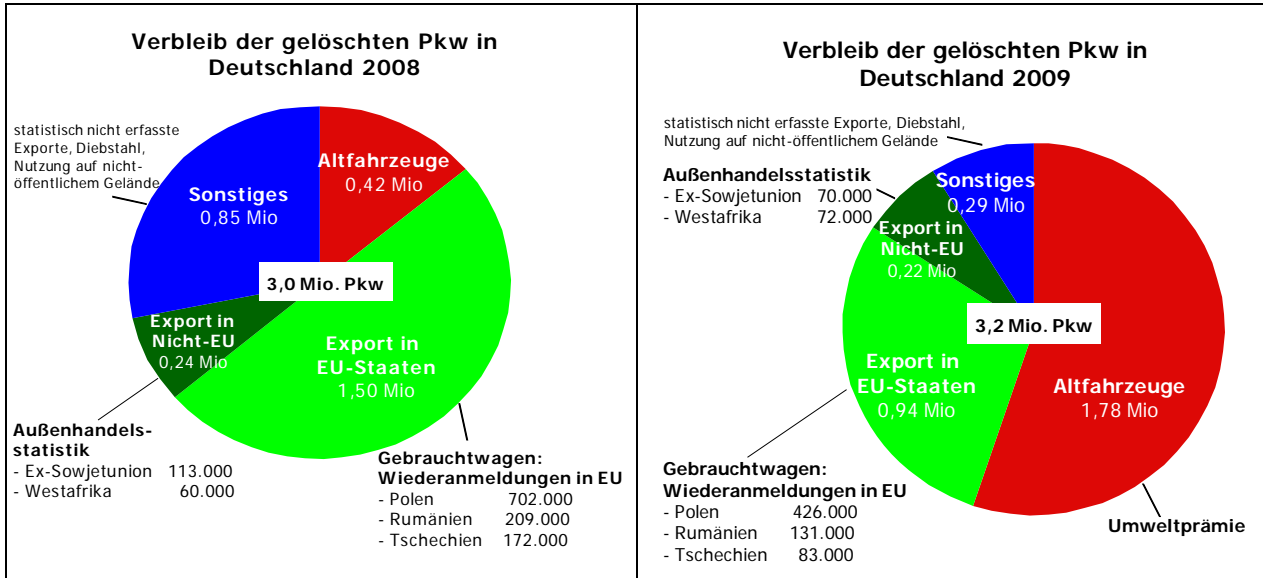


Abb. 3: Verbleib der in Deutschland endgültig stillgelegten Pkw 2008 und 2009 (UBA 2010; Kohlmeier 2011a, ermittelt aus Daten des Kraftfahrtbundesamtes und des Statistischen Bundesamtes)³⁹

Die Zahlen der Außenhandelsstatistiken zum Export von Gebrauchtfahrzeugen in Länder außerhalb der EU sind weitgehend belastbar. Exporte in EU-Staaten können über Wiederanmeldungen in EU-Staaten, die nach dem Informationsaustausch nach EU-Richtlinie 1999/37/EG gemeldet werden, nachvollzogen werden. Dennoch kann der Verbleib eines beträchtlichen Teils der endgültig still gelegten Fahrzeuge nicht geklärt werden (Statistisch nicht erfasste Exporte, Diebstahl, Nutzung auf nicht-öffentlichem Gelände).

Insofern lässt sich der tatsächliche Export von Gebrauchtfahrzeugen aus Deutschland nicht exakt quantifizieren. Er liegt bei 1,75-2,6 Mio. gebrauchten Fahrzeugen jährlich (Ausnahmen 2009 und 2010: Aufgrund der Umweltprämie wurde mehr inländisch verschrottet und weniger als Gebrauchtwagen exportiert). Eine Altersstruktur kann nur für einen Teil der in andere EU-Staaten exportierten Fahrzeuge ermittelt werden (Öko-Institut 2011). Es ist insgesamt davon auszugehen, dass ein nicht quantifizierbarer Teil der aus Deutschland exportierten gebrauchten Fahrzeuge C-PentaBDE und C-OctaBDE enthält.

³⁹ Quellen: Kraftfahrtbundesamt: Wiederanmeldungen von Gebrauchtwagen im Ausland. Persönliche Auskunft vom 23.04.2009 und vom 26.03.2010,

- Kraftfahrtbundesamt: Fahrzeugklassen und Aufbauarten - Löschungen bzw. Außerbetriebsetzungen in den Jahren 1950 bis 2010 nach Fahrzeugklassen
- Statistisches Bundesamt: Außenhandelsstatistik 2008 und 2009, 8-Steller, Gebrauchtwagen, Länderverzeichnis,
- Statistisches Bundesamt: Tabelle 14 der Erhebung über die Abfallentsorgung im Jahr 2008 und 2009, Wiesbaden 2010

Altfahrzeuge sind diejenigen, die letztendlich verschrottet werden und sind aufgrund der in der Richtlinie 2000/53/EG über Altfahrzeuge⁴⁰ festgelegten Berichterstattungsvorschriften gut erfasst. Es liegen allerdings von EUROSTAT (2010) und vom Statistischen Bundesamt (2011a) bisher nur Daten bis 2010 vor (Stand: März 2012).

Die Altfahrzeuganzahl betrug zwischen 2006 und 2008 jeweils ca. eine halbe Million (Statistisches Bundesamt 2008; 2009; 2010). Im Jahr 2009 (mit Nachwirkungen ins Jahr 2010) fielen aufgrund der Umweltprämie (Ausnahmejahr) etwa viermal so viele Altfahrzeuge wie in den vorangegangenen Jahren an (Statistisches Bundesamt 2011a) (siehe Tab. 9). Laut dem vorläufigen Ergebnisbericht des Statistischen Bundesamts (2012) gab es 496 700 t Altfahrzeuge im Jahr 2010, bei einem durchschnittlichen Gewicht von etwa 900 kg ergibt dies in etwa 550.000 Altfahrzeuge. Der zu erwartende Peak im Jahr 2010 aufgrund der Umweltprämie ist laut diesen aktuellen Zahlen nicht eingetroffen. Ab 2011 sind Werte wie vor der Umweltprämie zu erwarten, was einem Altfahrzeugaufkommen von wieder ca. einer halben Million entspricht.

Tab. 9: Altfahrzeugaufkommen nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (2006-2011)

Jahr	Altfahrzeuge * [Anzahl]
2006	504.300
2007	460.700
2008	420.200
2009	1.784.300 (1.778.593 ⁴¹)
2010	550.000 (vorläufige Daten)
2011	~500.000 (Schätzung der Autoren)

* (Abfallschlüsselnummer 16 01 04*)

Altersverteilung

Das Altfahrzeugaufkommen in Deutschland folgt einer gewissen Altersverteilung. Diese wird im Allgemeinen nicht statistisch erhoben. Angaben zur Altersverteilung liegen für die Altfahrzeuge vor, für die im Jahr 2009 die Umweltprämie beantragt bzw. gezahlt wurde (s. Abb. 4). Zum Stichtag 31.07.2010 ist die Prämie, für die ein Mindestalter der Altfahrzeuge von 9 Jahren Voraussetzung war, an nahezu zwei Millionen Antragsteller ausgezahlt worden. Die

⁴⁰ Richtlinie 2000/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. September 2000 über Altfahrzeuge.

⁴¹ Laut (UBA/BMU 2010) betrug die Anzahl der Altfahrzeuge (mit und ohne Umweltprämie sowie Anfall aus dem Inland) im Jahr 2009 1.778.593 Stück

Altersverteilung für das Jahr 2009 ist demnach das einzige, für das statistische Daten vorliegen. Das sich daraus ergebende Durchschnittsalter der Pkw, für die bisher ein Antrag auf Gewährung der Umweltprämie bewilligt wurde, liegt bei etwa 15 Jahren (BAFA 2011). Für die folgenden Jahre ist es wahrscheinlich nicht 100%ig repräsentativ, im Mittel aber relativ gut zutreffend.

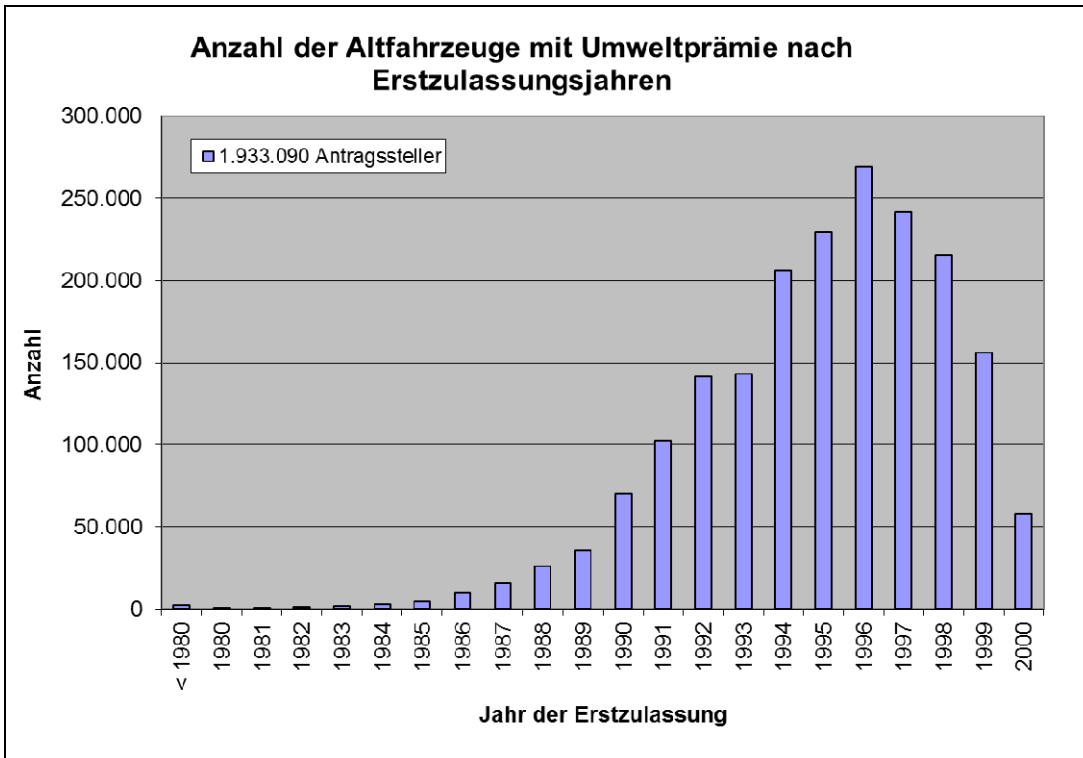


Abb. 4: Altersverteilung der Altfahrzeuge, für die 2009 die Umweltprämie beantragt wurde (UBA/BMU 2011):

In der Praxis fallen auch jüngere Altfahrzeuge an (meist Unfallfahrzeuge). Ohne Umweltprämie dürfte der Anteil an mittelalten (10-15 Jahre) Fahrzeugen kleiner ausfallen. Außerdem hat sich durch die Umweltprämie ein „Behandlungs-Stau“ ergeben, sodass sich die Entsorgung von Altfahrzeugen, für die die Umweltprämie gezahlt wurde, noch bis ins Jahr 2010 ausgedehnt hat. Dieser „Stau“ war für 2010 entsprechend den vorläufigen Daten des Ergebnisberichts des Statistischen Bundesamts (2012) nun offenbar doch nicht so groß wie gedacht.

Unter der Annahme, dass C-Penta- und C-OctaBDE in der Automobilindustrie in Europa bis zum Jahr 2000 zum Einsatz kam, ist davon auszugehen dass im Jahr 2009 und den Jahren zuvor regelmäßig PBDE-haltige Altfahrzeuge zur Entsorgung gelangt sind (anteilig der entsprechend der jeweiligen Altersstruktur im Rahmen der „normalen“ Außerbetriebsetzung). Durch den Effekt der Umweltprämie 2009 wurden überproportional viele Fahrzeuge mit Baujahr vor 2000 außer Betrieb gesetzt (etwa Faktor 3-4), so dass angenommen werden kann dass das Aufkommen solcher Fahrzeuge in den

nächsten Jahren deutlich reduziert sein dürfte. Eine Erfassung der einzelnen Modelle und Automarken ging aus den vorliegenden Daten nicht hervor.

Im Laufe der nächsten Jahre ist mit einer steten Abnahme zu rechnen, wenn vermehrt Altfahrzeuge zur Entsorgung anstehen, die nach 2000 und in Europa hergestellt wurden (unter den Altfahrzeugen, für die die Umweltprämie gezahlt wurde, stammten etwa 3% aus dem Jahr 2000)⁴².

Gehalt an C-Penta- und C-OctaBDE in Automobilen

Nach Angaben des ACEA (2010) enthalten Neufahrzeuge spätestens seit dem Jahr 2000 kein PentaBDE mehr in PU-Schäumen. Fahrzeuge aus Zulassungsjahren vor 2000 können potenziell PentaBDE enthalten: Die Bandbreite von C-PentaBDE-Konzentrationen in PU-Schäumen für unterschiedliche Anwendungen liegt bei 2-18%. BiPRO (2011) geht nach Aussagen der Automobilindustrie von einer durchschnittlichen Konzentration von 4% kommerziellem PentaBDE in PU-Schäumen für die Automobilindustrie aus. Bei einem Gehalt von 6-7 kg PU-Schaum pro Fahrzeug ergäbe sich damit ein Gehalt von 250 g C-PentaBDE pro Fahrzeug. Diese Zahl ist jedoch wahrscheinlich zu hoch, da nicht alle enthaltenen PU-Schäume mit kommerziellem PentaBDE behandelt sein müssen. ACEA (2010) äußerte, dass der Gehalt von 250 g nicht nachvollziehbar erscheint, konnte jedoch keine andere Zahl benennen. Für die Berechnung der Neufahrzeuge vor 2000 wurde daher von der Hälfte von 250 g ausgegangen, da dies einerseits berücksichtigt, dass die Automobilindustrie den Wert von 250 g als viel zu hoch einschätzt, und andererseits trotzdem eine Annahme darstellt, die immerhin den unteren Rand der angegebenen Bandbreite von 2% C-PentaBDE Konzentration gemäß BiPRO (2011) abbildet. Unterstützt wird diese Annahme zudem durch bereits beschriebene Analysen der Firma OPEL (Adam Opel AG 2011), welche nahelegen, dass ein signifikanter⁴³ Teil der Sitzschäume bereits vor dem Jahr 2000 keine PBDEs enthalten haben, was in den

⁴² Die Altersverteilung in Abb. 4 ergibt, dass etwa 3% der Altfahrzeuge, für die die Umweltprämie gezahlt wurde, 9 Jahre alt waren. Extrapoliert man diesen Wert, sollten im Jahr 2010 ebenfalls etwa 3% der Altfahrzeuge 9 Jahre alt gewesen sein, d.h. 2001 zugelassen worden und daher unter obiger Annahme PBDE-frei. Hinzu kommt ein gewisser Prozentsatz noch jüngerer Altfahrzeuge (z.B. Unfallwagen).

⁴³ Hier sei nochmals darauf hingewiesen, dass die untersuchten Fahrzeugschäume in Modellen eingesetzt wurden, die damals rund 94% des Zulassungsvolumens ausmachten. In keinem Fall konnten Mengen oberhalb von 2% gemessen werden, vielmehr konnte Brom in keiner Form nachgewiesen werden.

Augen der Sachverständigen eine Reduzierung der angenommenen Mengen rechtfertigt.

Morf et al. (2003) wählen einen anderen Ansatz und leiten den Gehalt an C-Penta- und C-OctaBDE über deren Anteil in Kunststoffen und der Menge an Kunststoffen (Leiterplatten, große Kunststoffteile, Textilien und kleine elektronische Komponenten) in Fahrzeugen ab. Der Gehalt an Kunststoffen in Pkw wird dabei mit durchschnittlich 110 kg angenommen. Allerdings beziehen Morf et al. (2003) sich auf Daten der DanishEPA (1999), die selbst jedoch keine Polster für Autositze berücksichtigt, da sie davon ausgeht, dass diese mit einem Flammschutzmittel aus der Stoffklasse der Phosphorsäureester, Tris(2-chlorisopropyl)phosphat (TCPP), behandelt sind. Zudem wurde diese Annahme in Form von einer Analysenauswertung nicht weiter nachverfolgt.

Legt man diese Rahmenbedingungen für die Berechnung des C-Penta- und C-OctaBDE -Gehaltes zugrunde, ergeben sich nach Morf et al. (2003) die in Tab. 10 angegebenen Mengen.

Tab. 10: Angaben nach Morf et al. (2003) zu C-Penta- und C-OctaBDE in Kunststoffen (kleine elektronische Komponenten und Textilien, aber ohne z.B. Sitzpolster) und pro Pkw, mit Zahlen zum Kunststoffgehalt von 110 kg pro Pkw, die Angaben stammen aus dem Jahr 1997

Pkw	C-PentaBDE [g/kg Kunststoff*]		C-OctaBDE [g/kg Kunststoff*]	
	alt	neu	alt	neu
	0,044	0,089	0,017	0,085
Mittelwert aus alt und neu	0,067		0,051	
C-PentaBDE pro Pkw** [g]	7,37 (110kg * 0,067g/kg)			
C-OctaBDE pro Pkw** [g]			5,61 (110kg * 0,051g/kg)	

* Morf et al. (2003; S. 78). Darin sind nicht Kunststoffe in elektrischen und elektronischen Geräten in Pkw enthalten. Die Werte für alt und neu beziehen sich auf die damals erhobene Studie und hatten keine Zuordnung einer Jahreszahl.

** C-Penta- und OctaBDE-Konzentrationen nach Morf et al. (2003); Kunststoffgehalt pro Auto: 110 kg.

Die Ansätze von BiPRO (2011) und Morf et al. (2003) sind daher nur bedingt vergleichbar, da bei Morf et al. (2003) die in Sitzen verwendeten Schäume nicht mit berücksichtigt sind. BiPRO (2011) wiederum berücksichtigt bei Ihren Berechnungen keine C-OctaBDE in Kunststoffen. Letztendlich basieren die beiden Ansätze auf verschiedenen Annahmen. In dieser Studie sollen beide Szenarien für weitere Berechnungen herangezogen werden, um die Größenordnung der Effekte beider Ansätze nebeneinander stellen zu können. Da für die weitere Betrachtung entscheidend ist, welchen Behandlungsweg

die PBDE-haltigen Materialien nehmen (vor allem ob es Recyclingpfade für Materialien aus Altfahrzeugen gibt, die potentiell belastetes Material⁴⁴ enthalten), erfolgt hier keine weitere Differenzierung. Eine Separierung von flammgeschützten PU-Schäumen aus Altautos erfolgt nach Kenntnis der Sachverständigen nicht, so dass sämtliche PBDE-haltigen Materialien den gleichen Entsorgungsweg nehmen. Ein Bezug auf das Gesamtautomobil ist somit für die weiteren Betrachtungen hinreichend.

Berechnung an C-Penta- und C-OctaBDE-Gehalt in Altfahrzeugen

Anhand der Annahme, dass laut ACEA (2010) ab 2000 spätestens kein C-Penta und das C-OctaBDE mehr eingesetzt worden ist, da zunehmend Fahrzeuge aus den Jahren ab 2000 verschrottet werden. Zudem müssten entsprechend des verstärkenden Effekts der Umweltprämie die %-Anteile mit potenziell BDE-haltigen Altfahrzeugen jedes Jahr zusätzlich sinken. Es wird in dieser Studie davon ausgegangen, dass unter den Altfahrzeugen im Jahr 2009 ca. 3% aus dem Jahr der Umweltprämie stammten.. Für das Jahr 2010 und 2011 könnte man sogar einen Anstieg des Anteils prognostizieren, da überproportional viele alte Autos 2009 vom Markt verschwunden sind (Faktor 3 zu den Vorjahren). Dies würde für das Jahr 2010 eine Abnahme von 9% bedeuten. Somit wären noch 88% der ursprünglich in den Markt gebrachten PBDE in Kfz im Umlauf. Wird für die Folgejahre eine konstante Abnahme von 9% beibehalten, würde das bedeuten, dass sich für das Jahr 2015 ein Restbestand von 43% ergeben würde und 2019 ein Bestand von etwa 7%. Dieser relativ hohe Restbestand an PBDE relativiert sich dadurch, dass die Altersverteilung durch zusätzliche Effekte wie Exporte etc. verändert werden könnten.

Legt man die ermittelten Werte des Altfahrzeugaufkommens der Berechnung des C-Penta- und C-OctaBDE -Gehaltes zugrunde, ergeben sich mit den zwei Ansätzen aus der Literatur folgende Mengen.

Tab. 11: C-Penta- und C-OctaBDE-Menge im Altfahrzeugaufkommen in den Jahren 2006 - 2011

Jahr*	Altfahrzeuge [Anzahl]	davon potenziell Penta- und Octa-BDE-haltig**	C-PentaBDE Menge in kg angepasst nach BiPRO (2011): 125 g/Pkw	C-PentaBDE Menge in kg angepasst nach Morf et al. (2003): 7,37 g/Pkw ohne Sitzpolster	C-OctaBDE Menge in kg angepasst nach Morf et al. (2003): 5,61 g/Pkw
2006	504.300	ca. 100%	63.038	3.717	2.829
2007	460.700	ca. 100%	57.588	3.395	2.585

⁴⁴ Sind nur Behandlungsverfahren üblich, die in der Zerstörung der organischen Stoffe enden (Verbrennung - in Form von Beseitigung oder thermischer Verwertung) spielt der Gehalt der Materialien eine untergeordnete Rolle.

2008	420.200	ca. 100%	52.525	3.097	2.357
2009	1.784.300	ca. 97%	216.346	12.756	9.710
2010	~550.000	ca. 88%	60.500	3.567	2.715
2011	~500.000	ca. 79%	49.375	2.911	2.216

* Für die Jahre 2009, 2010 und 2011 trifft die Berechnung wie in den Jahren zuvor nicht mehr zu, da ggf. nicht mehr 100% der Altfahrzeuge potenziell C-Penta- und C-OctaBDE haltig sind. Die Zahlen für 2011 beruhen auf Schätzungen der Autoren

** weil Baujahr ab 2000

Auf Grundlage nach Morf et al. (2003), waren nach unseren Berechnungen in den Jahren 2006 und 2008 durch Altautos zwischen ca. 3.000 und 3.700 kg C-PentaBDE im Abfallstrom enthalten. Nach BiPRO (2011) dagegen ergeben sich Mengen zwischen ca. 53.000 und 63.000 kg, S.). Die C-OctaBDE-Menge im Abfallstrom betrug zwischen 2.350 und 2.800 kg. Hier ist nur der Ansatz von Morf et al. (2003) anwendbar, da andere Quellen den Gehalt von C-OctaBDE nicht berücksichtigen. Im Jahr 2009 fielen durch die Umweltprämie etwa viermal so viele Altautos wie gewöhnlich an. Die errechnete C-PentaBDE-Menge im Abfallstrom betrug je nach Ansatz zwischen 13.000 kg bis ca. 216.000 kg, die an C-OctaBDE ca. 10.000 kg. Für 2010 und in die darauffolgenden Jahre ist mit einem Altautoaufkommen wie in den Jahren vor der Umweltprämie zu rechnen.

Für C-PentaBDE weichen die Ergebnisse beider Berechnungsmethoden um das ca. 20-fache voneinander ab. Dieser Unterschied in den Berechnungen ist größtenteils durch die Nichtberücksichtigung der Autositzpolster bei Morf et al. (2003) gegenüber dem Ansatz von BiPRO (2011) zu erklären (s.o.).

Unsicherheiten bei den Berechnungen

Aufgrund der oben geschilderten Annahmen ist die Aussagefähigkeit der Ergebnisse mit einigen Unsicherheiten behaftet. Diese werden hier noch einmal zusammenfassend beschrieben, um die Ergebnisse besser bewerten zu können.

- Gehalt an kommerziellem PentaBDE in Pkw aus BiPRO (2011): Die dort geschätzten 250 g pro Fahrzeug liegen nach Hinweisen durch die Automobilindustrie im Rahmen dieser Studie vermutlich zu hoch. Dennoch sind die Hinweise, welche die neue Schätzung von 125 g unterstützen, nur mit Vorsicht auf die gesamte Automobilbranche zu übertragen. Die Gehalte nach Morf et al. (2003) liegen eher in der Größenordnung von etwas mehr als 7 g/Fahrzeug (ohne Berücksichtigung der Sitzpolster).
- Die beiden Abschätzungen des Gehalts sind zudem nicht direkt miteinander vergleichbar, da sie sich auf andere Anwendungen beziehen: Während BiPRO sich ausschließlich auf die

Verwendung in PU-Schäumen bezieht, beziehen sich die Angaben von Morf et al. (2003) auf Kunststoffe allgemein. Grundsätzlich sind sich beide Quellen darüber einig, dass die Verwendung von PBDE im Fahrzeugbau im Zeitraum ab etwa Mitte der 1990er Jahre bis zum Verbot des C-PentaBDE und des C-OctaBDE durch beginnende Regulierungsaktivitäten in Europa abgenommen hat. Für eine Berücksichtigung der Sitzschäume als relevante Quelle für PBDE aus Altfahrzeugen haben die Autoren in dieser Studie keine Hinweise gefunden. Die PBDE Angaben von Morf et al. (2003) sind nahezu identisch mit der Annahme von 8g / Fahrzeug, welche in der aktuellsten Entwurfsfassung (Stand: 01.05.2012) des Leitfadens für die Erhebung für POP-PBDE beschrieben werden (UNEP 2012).

- Von daher wird empfohlen die Berechnungen tendenziell auf Basis der Annahmen von Morf et al. (2003) für die Berichterstattung im Rahmen der Berichtspflichten zum Stockholmer Übereinkommen zu wählen. Diese Annahme wird zudem gestärkt, da bei Untersuchungen in Neuseeland keine hohen Konzentrationen an PBDE in Autositzen gefunden worden sind (Keet et al. 2010). Eine weitere Informationsquelle beruht auf Aussagen von einem Autositzhersteller, dass im gesamten Verkehrssektor eventuell geringe Konzentrationen von 0,5 bis 1% für Anwendungen wie Sitz oder Arm / Kopfstütze verwendet worden sind (Luedeka 2011). Genauere Angaben sind jedoch auch aus dieser Studie nicht zu entnehmen. Für die Tendenz von Morf et al. (2003) spricht zudem noch die Betrachtung des gewählten Referenzjahres 2010 für die Berichtspflichten, da diese eher als zutreffend erscheinen als wenn das Referenzjahr 2004 oder früher zu betrachten gewesen wäre.
- Die Ergebnisse für 2011 beruhen auf Schätzungen zum Altfahrzeugaufkommen und unterliegen daher Ungenauigkeiten. Aufgrund der Entwicklungen der vorangegangenen Jahre ist jedoch zu erwarten, dass die Effekte der Umweltprämie wieder abnehmen und mit einem weiterhin mehr oder weniger gleichbleibendem Altfahrzeugaufkommen zu rechnen ist. Diese Annahme sollte jedoch verifiziert werden, sobald aktuellere statistische Angaben vorliegen. Weiterhin gilt es zu berücksichtigen, dass für dieses Jahr nicht mehr 100% der Altfahrzeuge potenziell C-Penta- und C-OctaBDE-haltig sind.

5.1.4 Emissionen

Potentielle Quellen für Emissionen in die Umwelt während der Behandlung stellen zum einen die Behandlungsanlagen – also die Schredder – dar, zum anderen die Zwischenlager für die Altautos, in denen die Demontage erfolgt, und Sortieranlagen für

Schredderleichtfraktionen (SLF) und andere Kunststofffraktionen. Ein Bericht des Bayerischen Landesamts für Umwelt aus dem Jahr 2009 dokumentiert einen um zwei Zehnerpotenzen erhöhten Gehalt an PBDE (inklusive DecaBDE, welches nicht zu den POPs gehört⁴⁵) auf den Werksgeländen von Schredderanlagen (max. 1.000-fach = 275 µg/kg TS) sowie einen um mindestens eine Zehnerpotenz erhöhten Gehalt (mind. 7-fach = 1,925 µg/kg TS, max. 50-fach = 13,75 µg/kg TS) in der unmittelbaren Umgebung der Werksgelände, verglichen mit ländlichen Dauerbeobachtungsstellen (0,275 µg/kg TS). Eine starke Abnahme der Belastung im weiteren Umfeld legt nahe, dass es sich bei dem Eintrag um eine Staubbelastung handelt, dessen Ausbreitungsradius begrenzt ist. Als Grund für den erhöhten Staubeintrag werden zum einen nicht ausreichende Minderungsmaßnahmen (fehlende Ablufferfassung) genannt, zum anderen offene Sekundärprozesse wie das Schneidbrennen, Sieben, Verladen und Transportieren von Fraktionen.

Eine weitere Quelle für Umweltemissionen sind die Deponien als Endlagerstätte für PBDE-haltige Fraktionen. Bei Deponien lässt sich für die Mengen an PBDE, welche durch Altautokunststoffe über die Jahre eingebracht wurden, nur eine sehr grobe Abschätzung durchführen (vgl. Abb. 6, S. 47) Zudem enthalten die Deponien auch andere Erzeugnisse, die solche Stoffe enthalten haben und bereits früher dort abgelagert wurden. Eine Untersuchung von Deponiesickerwasser aus Österreich (Umweltbundesamt GmbH 2004) konnte PBDE nachweisen. Die Deponiesickerwässer zeigten eine deutliche Belastung (483 ng/l bis 1051 ng/l⁴⁶, hauptsächlich 2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether, 2,2',4,4',5-Pentabromdiphenylether und 2,2',3,4,4',5',6-Heptabromdiphenylether). Es kann vermutet werden, dass die Gehalte in Sickerwässern aus deutschen Deponien ähnlich sind. Aussagkräftige Daten darüber liegen aber nach Kenntnis der Autoren nicht vor. Der Vergleich mit kommunalen und industriellen Abwässern zeigt, dass dies einen deutlich erhöhten Wert darstellt (gleichwohl wurden in Klärschlamm und Schwebstoffen von Gewässern auch deutlich höhere Werte gefunden).

Für die Berechnungen der Emissionen aus der Automobilindustrie beziehen wir uns jedoch auf die angegebenen Werte aus dem EU Risk Assessment Report EU PentaBDE (2001). Mit der dort beschriebenen

⁴⁵ Auch andere Erzeugnisse, wie Elektrogeräte werden in Schreddern behandelt. Diese können dann auch DecaBDE enthalten.

⁴⁶ Grundlage des Vergleichs mit den Gehalten in Klärschlämmen ist die Annahme, dass 111 L (Deponie)wasser ca. 1kg/l kg ist.

Methodik werden die flüchtigen Emissionen mit 3,9% und mit zusätzlichen 2% für die Freisetzung von Staubpartikeln aus der Abfallentsorgung (Schredderanlagen) angegeben. Mit diesen Konzentrationsangaben und den ermittelten C-PentaBDE Mengen des Altfahrzeugaufkommens von 2008, 2010 und 2011 (siehe Tab. 11, Seite 38) führt dies zu einer jährlichen Gesamtemission von rund 200 kg siehe Tab. 12.

Tab. 12: Berechnete Emissionen an C-PentaBDE aus dem Altautobestand in Deutschland in den Jahren 2008, 2010 und 2011

	C-PentaBDE Mengen im Altautoaufkommen [kg]	TriBDE [kg]	TetraBDE [kg]	PentaBDE [kg]	HexaBDE [kg]	HeptaBDE [kg]	Gesamtemissionen C-PentaBDE [kg]
2008	3.097	1	59	107	15	1	183
2010	3.567	3.567	1	68	123	17	1
2011	2.917	2.917	1	56	101	14	1

Entsprechend wurden aus den Angaben (EU Octa BDE 2003) für das C-OctaBDE mit ca. 2,54% (0,54% für flüchtige Emissionen und 2% für Staubpartikel) nach gleicher Methode wie für C-PentaBDE die freigesetzte Emissionen abgeschätzt. Die jährlichen C-OctaBDE Gesamtemissionen liegen somit ungefähr zwischen 60 und 70 kg pro Jahr.

Tab. 13: Berechnete Emissionen an C-OctaBDE aus dem Altautobestand in Deutschland in den Jahren 2008, 2010 und 2011

	C-PentaBDE Mengen im Altautoaufkommen [kg]	PentaBD E [kg]	HexaBD E [kg]	HeptaBD E [kg]	OctaBD E [kg]	NonaBD E [kg]	DecaBD E [kg]	Gesamtemissionen C-OctaBDE [kg]
2008	2.357	2,8	4,4	26,6	18,9	6,4	0,7	59,9
2010	2.715	3,2	5,1	30,7	21,8	7,4	0,8	69,0
2011	2.216	2,6	4,2	25,0	17,8	6,0	0,6	56,3

5.1.5 Recyclingpfade für PBDE-haltige Fraktionen

Wie bereits zu Beginn des Kapitels 5.1 erwähnt, wurden PBDE in Automobilen in Kunststoffen (vornehmlich Polyurethan Materialien (PU-Material) verwendet. Für solche Materialien besteht nach bisherigen Informationen (Jepsen et al. 2009) keine gezielte werkstoffliche Verwertung.

Verwertung von Produktionsabfällen

Für PU-Material aus Produktionsabfällen ist ein Unternehmen bekannt (RAMPF Ecosystems GmbH, Pirmasens), das eine Mischform aus werk- und rohstofflicher Verwertung durchführt, bei der die Polyolkomponente des PU-Schaums zurückgewonnen wird, indem sie

durch ein anderes Polyol ausgetauscht wird. So entsteht ein neues reaktionsfähiges Gemisch, welches wieder in Produkten (u.a. Automobilen) eingesetzt werden kann. Hier werden aber grundsätzlich Abfälle aus PBDE-freier Neuware in das Recyclingverfahren eingebracht (Jepsen et al. 2009).

Altfahrzeug-Verwertung: Demontage

Die Altautos werden zur Verwertung zunächst an einen zertifizierten Demontagebetrieb gegeben, der die Vorbehandlung (Trockenlegung, Ersatzteildemontage etc.) durchführt. Dann werden die vorbehandelten Autokarosserien an die Schredderanlagen weitergeleitet. Hier erfolgt eine Erfassung der Altfahrzeuge und Restkarosserien in der Abfallstatistik nach Umweltstatistikgesetz.

Generell werden bei der Verwertung von Altfahrzeugen nur dann Kunststoffe ausgebaut, wenn dies gefordert ist, um das Fahrzeug für den weiteren Behandlungsweg vorzubereiten (z.B. Batterie) oder wenn sie als Ersatzteile einen Absatzmarkt finden können.

Teilweise werden auch große Kunststoffteile demontiert, wenn es sich um sehr große Kunststoffteile handelt, die eine ausreichende Kunststoffmenge eines Typs bereitstellen, um daraus neue Bauteile zu machen (z.B. Stoßfänger zu Bodenplatten von Automobilen; vgl. Jepsen et al. 2009). Bei letzteren handelt es sich nicht um flammgeschützte Kunststoffe. Die Altfahrzeugverordnung regelt in Anhang Nr. 3.2.3.3 zur Demontagepflicht von Kunststoffen Folgendes:

„Betreiber von Demontagebetrieben müssen vor der Überlassung der Restkarosse an eine Schredderanlage oder eine sonstige Anlage zur weiteren Behandlung folgende Bauteile, Stoffe und Materialien entfernen und vorrangig der Wiederverwendung oder der stofflichen Verwertung zuführen: [...]

- *große Kunststoffbauteile wie z. B. Stoßfänger, Radkappen und Kühlergrille, wenn die entsprechenden Materialien beim oder nach dem Schreddern nicht in einer Weise getrennt werden, die eine stoffliche Verwertung ermöglicht, [...]*

Autositze werden üblicherweise nur dann demontiert, wenn eine weitere Nutzung in einem anderen Fahrzeug vorgesehen ist (Wiederverwendung *reuse*). Auch im Falle, dass die Autositze PentaBDE-haltig, d.h. POP-haltig sind, ist eine solche Nutzung entsprechend der POP-Verordnung weiterhin zulässig, da es sich bei

den demontierten Sitzen um Erzeugnisse⁴⁷ handelt, die bereits vor der Aufnahme der PBDE in die Verordnung durch Verordnung Nr. (EU) 757/2010 am 25. August 2010 in Benutzung waren (siehe EU-Verordnung 757/2010, Anhang 1).

Es wurden keine Informationen darüber gefunden, dass eine Demontage PBDE-haltiger Kunststoffteile erfolgt, so dass in dieser Studie davon ausgegangen wird, dass sofern die Altfahrzeuge PBDE enthalten, diese auch Eingang in den Schredder finden, welches der einzige weitere Behandlungsweg in Deutschland ist. Diese Einschränkung wird gemacht, da wir nur für Deutschland berichten wollen. Es ist durchaus möglich, dass diese Aussage auch für andere Länder stimmt aber wir haben das nicht untersucht

Weiterbehandlung der Restkarossen

Restkarossen werden in Schredderanlagen weiter behandelt. Neben Restkarossen werden in diesen Anlagen auch andere Fraktionen wie Altmetalle und Elektrogeräte eingesetzt. Hauptinput der Schredder sind metallhaltige Fraktionen wie Eisen und Stahl und Eisenmetalle (vgl. Abb. 5). Diese Fraktionen sind aufgrund ihres Materialwerts von hohem wirtschaftlichem Interesse.

⁴⁷ Streng genommen spricht die POP-Verordnung von „Artikel“, welches aber im Falle eines Autositzes dem Erzeugnis aus REACH synonym zu verwenden ist.

In der POP-Verordnung ist definiert: „Artikel“ ist ein Produkt, das sich aus einem oder mehreren Stoffen und/oder Zubereitungen zusammensetzt, dem bei der Herstellung eine spezifische Form, Oberfläche oder Gestalt gegeben wird, die seine Endfunktion in größerem Ausmaß als die chemische Zusammensetzung bestimmt“.

In der CLP-Verordnung 1272/2008 heißt es: „Erzeugnis“: Gegenstand, der bei der Herstellung eine spezifische Form, Oberfläche oder Gestalt erhält, die in größerem Maße als die chemische Zusammensetzung seine Funktion bestimmt“.

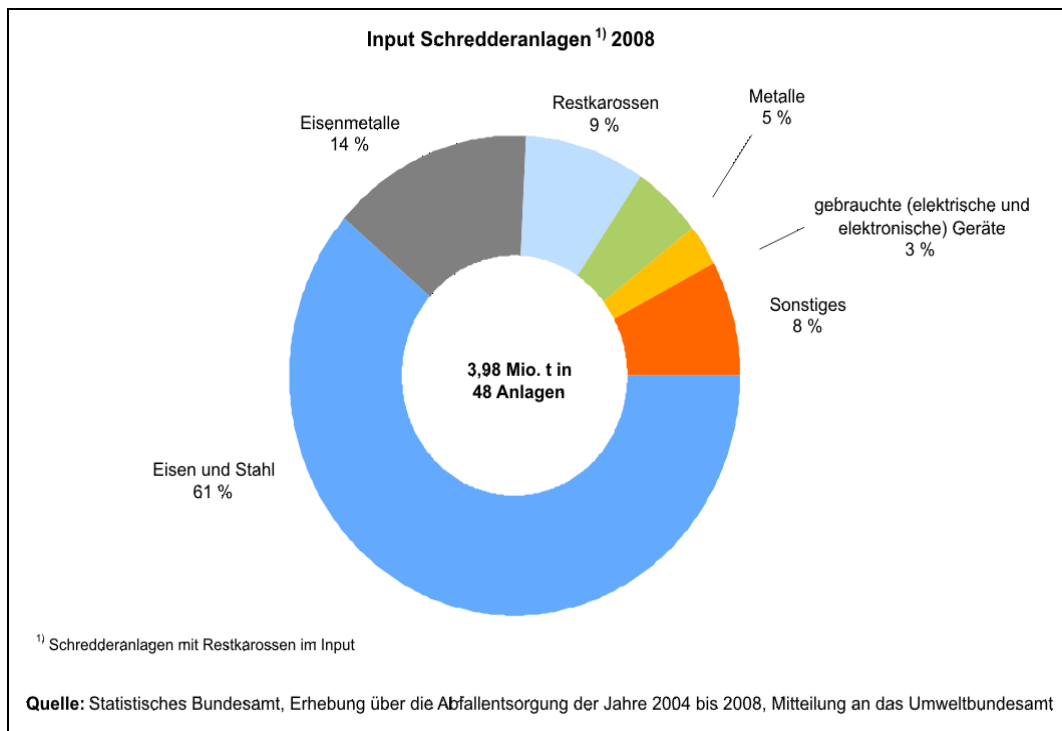


Abb. 5: Input Schredderanlagen (Quelle UBA 2011a)

Der Anteil der Restkarossen beträgt nach Angaben des UBA für das Jahr 2008 lediglich 8,79% am Schredderinput (siehe Abb. 6, S. 47, UBA/BMU 2011.). Danach ergibt sich eine eingesetzte Menge von etwa 346.260 t Restkarossen für das Jahr 2008⁴⁸.

In den Schredderanlagen werden die eingesetzten Materialien mittels eines Hammerwerks zerkleinert. Die zerkleinerten Bruchstücke lassen sich dann in verschiedenen Trennverfahren (Magnetabscheider, Schwimm-Sink-Verfahren, Wirbelstromabscheider) sortieren (vgl. VW 2011 Stand: 18.10.2011). Dabei entstehen vornehmlich folgende Fraktionen:

- eisenhaltige Fraktionen;
- nichteisenmetall Fraktionen (Schredderschwerfraktion);
- verbleibende nichtmetallische Reste, u. a. Kunststoffe (Schredderleichtfraktion).

Die metallhaltigen Fraktionen können ggf. auch noch in signifikanten Mengen Kunststoffe enthalten. Nach Angaben einer Länderbehörde sind sie zum Teil stark kunststoffhaltig (z.B. bis zu 80% in einer Fraktion mit nicht rostendem Stahl; LUBW 2011).

⁴⁸ Berechnet aus der Gesamteingangsmenge von 3,98 Mio. t in Abb. 5 und dem Anteil von 8,7% aus Abb.6 für das entsprechende Jahr 2008.

Als weitere Behandlung dieser Fraktionen erfolgen in der Regel eine Abtrennung des Metalls und eine anschließende Nutzung der verbleibenden organischen Fraktion als Ersatzbrennstoff oder durch energetische Verwertung, sowie die Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen, womit es zu einer Elimination der PBDE aus der Technosphäre kommt. Dabei wird allgemein davon ausgegangen, dass bei den derzeit in Deutschland üblicherweise praktizierten Verbrennungsverfahren⁴⁹ (Sonderabfallverbrennung, Abfallverbrennung, Mitverbrennung in anderen industriellen Prozessen (z.B. Zementwerken, Braunkohlekraftwerken)) eine vollständige Zersetzung der PBDE gegeben ist (UNEP 2010a). Hinweise, dass Teile der abgetrennten heizwertreichen Fraktionen aus der Schredderschwerfraktion auch heute noch in anderen stofflichen Verwertungsverfahren enden, gibt es nicht; es kann jedoch auch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Bis Juni 2009 war auch die Deponierung heizwertreicher Fraktionen üblich. Durch die neue Deponieverordnung ist die Ablagerung heizwertreicher Materialien wie zum Beispiel der heizwertreichen Schredderleichtfraktion nicht mehr gestattet.

Eine Nachverfolgung der kunststoffhaltigen Fraktionen, die nach der Abtrennung anfallen, ist nicht möglich. Sie werden mit Abfallschlüsselnummern weitergereicht, die keinen direkten Rückschluss auf ihre Herkunft aus Altfahrzeugen und somit auch nicht auf das Vorhandensein von PBDE zulassen. An dieser Stelle ist auch eine Durchmischung mit anderen Abfallströmen denkbar, wenngleich nicht als Regelfall. Quantitative Daten zu solchen Strömen bestehen nach Auskunft verschiedener Länderbehörden (Bayern, Rheinland Pfalz, Baden-Württemberg) nicht.

Weiterbehandlung der Schredderleichtfraktion

Die PBDE-haltigen Kunststoffe enden im Schredderprozess in der sogenannten Schredderleichtfraktion (SLF). Im Folgenden soll daher näher auf diese Fraktion eingegangen werden. Der Anteil anfallender SLF in Schreddern ist zu ca. 25% der Behandlung von Fahrzeugkarossen zuzuordnen (UBA/BMU 2011).

Der Anteil an Restkarossen am Schredderinput in Anlagen, die Fahrzeugkarossen schreddern, hat sich im Zeitraum 2004 bis 2008 von ca. 16% auf nunmehr ca. 8% halbiert (UBA/BMU 2010); vgl. Abb. 6. Im gleichen Zeitraum beträgt der Rückgang der anfallenden Altfahrzeugmengen etwa 33%, was einen Teil dieses Effektes

⁴⁹ Diese Aussage ist unabhängig davon, ob in der Realität wirklich Fraktionen aus der Altfahrzeugverwertung eingesetzt werden.

erklären kann. Gleichzeitig beträgt die Zunahme der anfallenden SLF zwischen 2004 und 2008 ca. 8% (vgl. Abb. 6). Es gab also ein deutlich verringertes Altfahrzeugaufkommen auf der Inputseite bei gleichzeitiger Zunahme der Gesamtmenge an SLF auf der Outputseite (also durch einen vermehrten Einsatz von Schredderinput, der nicht aus Restkarossen besteht). Aktuelle Zahlen für das Jahr 2009 (vgl. Abb. 6) zeigen einen Anstieg des Restkarossenanteils beim Schredderinput (19,7%) (UBA/BMU 2011). Dies korrespondiert mit den in Kapitel 5.1.2 und 5.1.3 abgeleiteten Aussagen zu den Effekten der Umweltprämie.

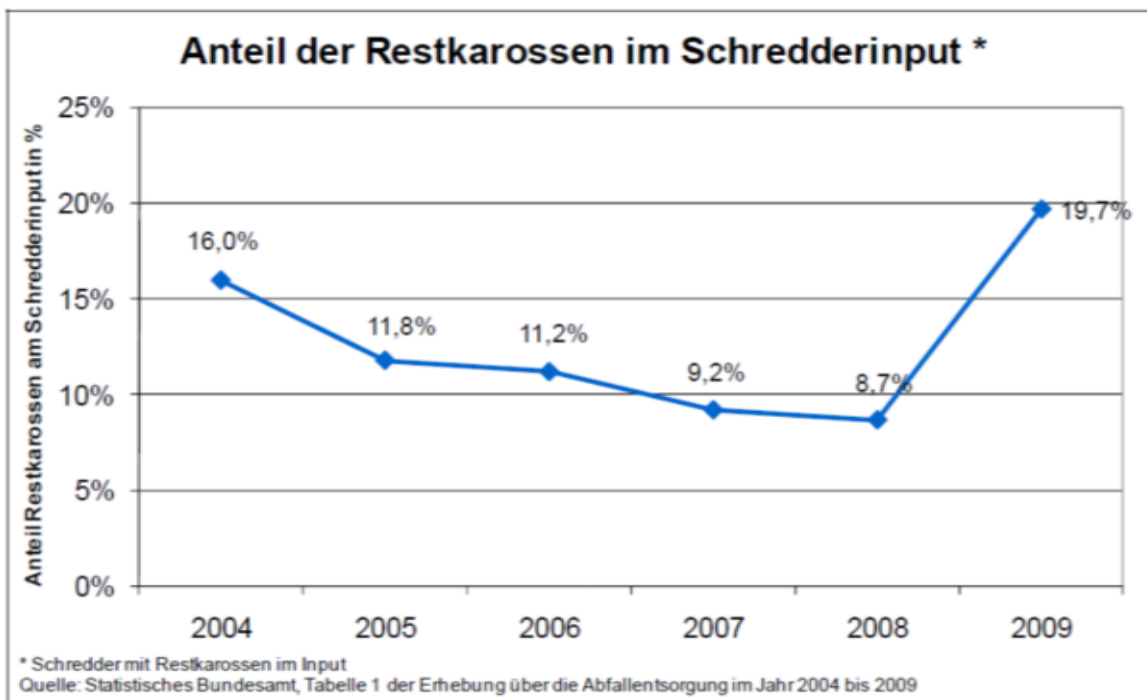


Abb. 6: Entwicklung des Restkarossenanteils im Input der deutschen Schredderanlagen 2004 bis 2009 (UBA/BMU 2011)

Der weitere Verbleib der SLF ist abhängig von der Weiterbehandlung dieser Fraktion. Zum Teil werden hier sehr aufwendige Verfahren betrieben, um eine weitere Nutzung von Anteilen der SLF zu erreichen. Weitere Aufbereitungsschritte erfolgen durch verschiedene Trennverfahren (z.B. Siebschritte).

Die grundsätzlichen Wege sind jedoch:

- Beseitigung;
- Energetische Verwertung;
- Stoffliche Verwertung.

Beseitigung: Ein relevanter Anteil an SLF wurde in den letzten Jahren immer noch beseitigt (siehe Abb. 7). Im Jahr 2008 wurde die Schredderleichtfraktion noch zu 46% beseitigt (Deponierung oder

Verbrennung). Eine Deponierung war aufgrund geringer Deponiekosten ein interessanter Entsorgungsweg, Im Jahr 2009 betrug der Anteil der Beseitigung nur noch 27%. Da die Deponierung der unbehandelten Fraktionen seit dem Inkrafttreten der neuen Deponieverordnung im Juli 2009 nicht mehr erlaubt ist, nahm seitdem die Verbrennung (sowohl im Sinne einer Beseitigung als auch in Form der energetischen Verwertung – s.u.) als Entsorgungsweg zu. Für den Zeitraum davor kann angenommen werden, dass aufgrund der wirtschaftlichen Attraktivität die Deponierung das bevorzugte Verfahren war. Geht man davon aus, dass nahezu die gesamte SLF zur Beseitigung in die Deponien gelangt ist, sind im Zeitraum von 2004 – 2008 ca. 1,5 Mio t SLF in Deponien eingebracht worden. Davon allein 414.000 t im Jahr 2004, in dem die Beseitigung noch einen Anteil von 90% ausmachte. Geht man davon aus, dass diese Vorgehensweise auch für die Vorjahre so übertragbar ist und das Gesamtaufkommen an SLF auch dort weitestgehend konstant ist ergibt das für einen 10 Jahreszeitraum etwa 4 Mio. t.

Verwertung: Die energetische Verwertung (2008: 14%, 2009: 27%) erfolgt hauptsächlich für die größeren Fraktionen der SLF, (Einsatz als Ersatzbrennstoff bzw. Müllverbrennung mit Energiegewinnung). Die stoffliche Verwertung (Verwertung der eher mineralhaltigen Fraktion + Metallgewinnung) betrug im Jahr 2008 40% (2009: 46%) (vgl. Abb. 7).

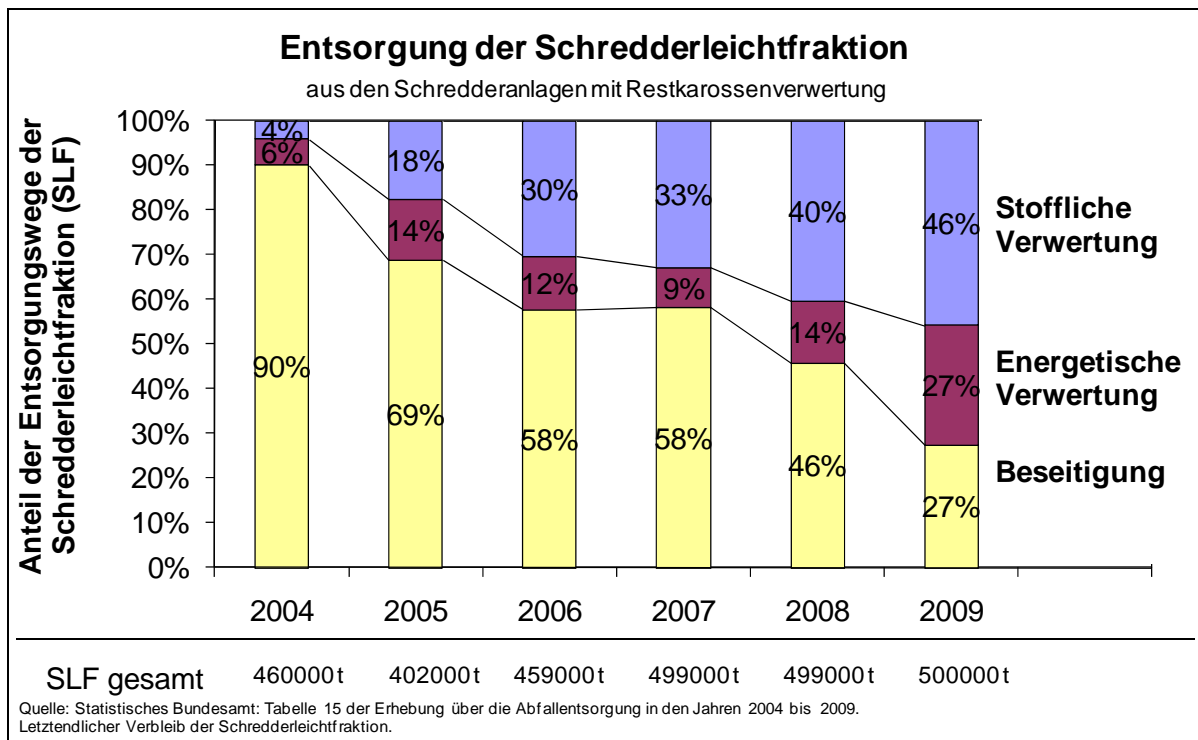


Abb. 7: Entsorgung der Schredderleichtfraktion aus Schredderanlagen mit Restkarossenverwertung in Deutschland aus den Jahren 2004 bis 2009 (Quelle: UBA/BMU 2011))

Wird eine weitere Behandlung der SLF durchgeführt, werden in einem ersten Schritt Metalle aus den Fraktionen separiert und diese einer Metallrückverwertung zugeführt. Verschleppungen von PDBE-haltigen Partikeln spielen in anschließenden Schmelzprozessen keine Rolle unter dem Gesichtspunkt, dass PDBE in den Schmelzöfen zerstört werden.⁵⁰

Häufig wird durch Absieben eine organikreiche Grobfraktion und eine eher mineralreiche Feinfraktion erzeugt. Die organikreichen Fraktionen werden – spätestens seit dem Inkrafttreten der neuen Deponieverordnung im Juli 2009 – in der Regel als Ersatzbrennstoffe genutzt (s.o.). Auch bei diesem Weg werden die PBDE bei der Verbrennung zerstört.

Die übrig bleibenden eher mineralhaltigen (Fein-)Fraktionen werden auf Deponien zur Gestaltung des Deponiekörpers (z.B. Wegebau etc.) oder auch als Füllmaterial im Bergversatz genutzt (Niedersächsisches Umweltministerium 2007, Bayerisches Landesamt für Umwelt 2005). Auch diese Fraktionen sind nicht frei von PBDE. Daten aus Messkampagnen für Schredderleichtfraktion aus dem Jahr 2006, dokumentiert in der ABANDA-Datenbank⁵¹, zeigen, dass sich die PBDE auch in den feinen Fraktionen finden. Abb. 8 zeigt Proben aus der Abanda Datenbank, welche in verschiedenen Schreddern zu verschiedenen Zeitpunkten genommen wurden (ABANDA 2011). Die Proben sechs und neun enthielten die höchsten PBDE-Gehalte. Dabei handelte es sich um feineres Material. Gleichwohl wurde lediglich in Probe zehn kein PBDE gefunden, welches ebenfalls aus ähnlichem Material bestand. Die Aussage, dass feines Schreddermaterial die höchsten PBDE-Gehalte hat, kann somit nicht pauschal getroffen werden. Dennoch ist auch die Annahme nicht zulässig, dass solche Fraktionen aufgrund ihres niedrigen Organikgehalts frei von PBDE seien.. Es kann als Folgeschluss davon ausgegangen werden, dass bei der stofflichen Verwertung der SLF auch die PBDE weiterge-

⁵⁰ Gleichwohl sei hier der Hinweis gegeben, dass PBDE aufgrund ihres Halogengehalts zur Bildung von Dioxinen und Furanen führen können, was ggf. bei der Anlaufphase der Öfen passieren kann.

⁵¹ Abfallanalysendatenbank (ABANDA) des Landes NRW, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), Leibnizstr. 10, 45659 Recklinghausen, <http://www.abfallbewertung.org/ipa/?content=ABANDA>

tragen werden und so in den Deponiebau⁵² und in Bergversatzmaterial gelangt. Weiter ist noch anzumerken, dass neben den dargestellten POP-relevanten Verbindungen noch Anteile an 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6-Decabrombiphenylether (DecaBDE) gefunden wurden (1-2 Größenordnungen höhere Werte).

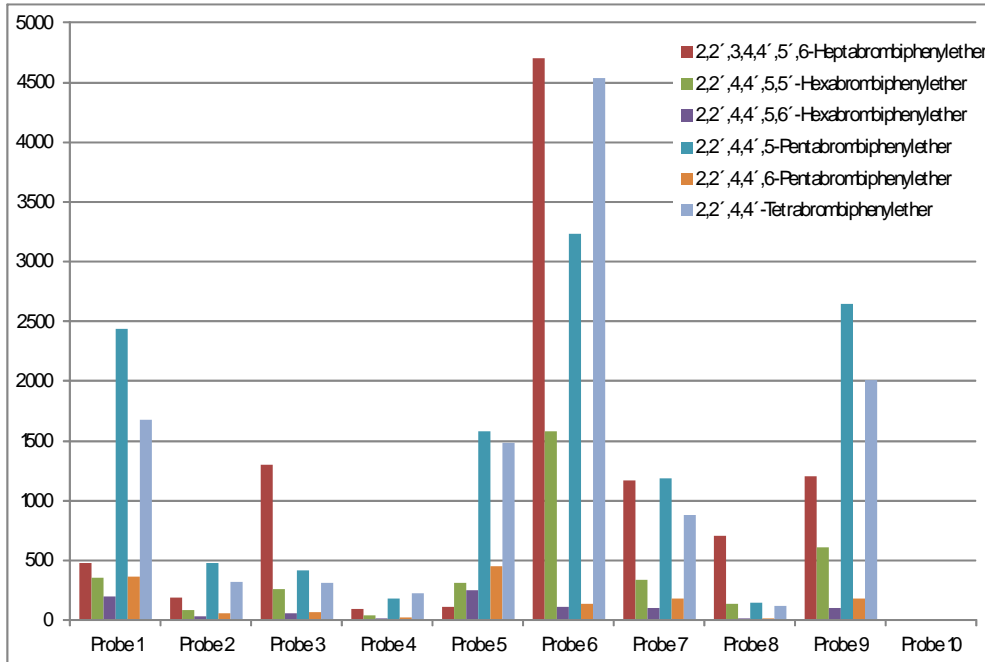


Abb. 8: Messungen von PBDE-Gehalten in [$\mu\text{g}/\text{kg}$] in Schredderfraktionen aus dem Jahr 2006⁵³ (Quelle: ABANDA 2011)

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die in Verordnung (EU) 757/2010⁵⁴ festgelegten Parameter für Tetra-, Penta-, Hexa- und HeptaBDE von 10 mg/kg (entspricht 10.000 $\mu\text{g}/\text{kg}$, dem Grenzwert für neu auf den Markt gebrachte Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse) in der Regel nicht überschritten werden (vgl. Abb 8). Die dort ermittelten Durchschnittswerte erreichen lediglich die Hälfte

⁵² Der Deponiebau und der Einsatz des Materials gelten als stoffliches Verwertungsverfahren. Dies ist deutlich von einer Deponierung im Sinne des Deponierechts zu unterscheiden. Diese gilt als Beseitigungsverfahren.

⁵³ Die Proben wurden in unterschiedlichen Schreddern entnommen. Dabei wurde zudem Material unterschiedlicher Feinheit beprobt. Die höchsten Werte wurden in Proben 6 und 9 gemessen (feines Material). Lediglich in Probe 10 konnten gar keine PBDE gemessen werden (feines Material). Auch das grobe Material war PBDE-haltig (Probe 7 und 8). Andere Proben können nicht einer bestimmten Form zugeordnet werden, enthalten jedoch ebenfalls PBDE. Dargestellt sind die Durchschnittswerte der Messungen.

⁵⁴ Verordnung (EU) Nr. 757/2010 der Kommission vom 24. August 2010 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 850/2004 (Anpassung an die neuen POPs).

dieses Wertes. Der weitaus höhere Wert von 1000 mg/kg für den Einsatz von Rezyklaten in Erzeugnissen wird demnach mit hoher Wahrscheinlichkeit in keinem Fall überschritten, so dass davon ausgegangen werden kann das alle Regeln der POP-Verordnung bei der Entsorgung der Altfahrzeuge hinsichtlich der PBDE eingehalten werden (inklusive der schärferen Anforderungen für Neumaterialien).

Die Entsorgungswege für PBDE aus Automobilen enden in der Regel in Verbrennungsverfahren (Beseitigung oder Verwertung), was zu einer Vernichtung der PBDE führt. Restemissionen aus solchen Prozessen stammen vornehmlich nicht aus dem Verbrennungsprozess selber, sondern aus Transport und Umfüllprozessen zu den Anlagen (vgl. 5.1.4, S. 40). Außerdem wird ein relevanter Anteil in Deponien (sei es aus vormaliger Beseitigung oder Verwertung zur Deponieformung) bzw. im Bergversatz eingesetzt. In kleinerem Umfang ist auch mit einer verlängerten Verweildauer der PBDE-haltigen Materialien durch eine Zweitnutzung von Bauteilen zu rechnen (Ausbau von Autositzen als Ersatzteil).

Gleichzeitig sollte jedoch beachtet werden, dass im Laufe der Zeit der Anteil an Fahrzeugkarossen mit PBDE-haltigem Material deutlich abnehmen dürfte, so dass der gewählte Berechnungsansatz nicht anwendbar ist, ohne detaillierte statistische Daten zu eingebrachten Fraktionen heranzuziehen. Der PBDE-Gehalt sollte daher für solche Nutzungen mit überwacht werden.

Die berechneten POP-BDE Mengen (vgl. Tab. 10, S. 37 und Tab. 11, S. 38) und die Daten des UBA/BMU Berichts zu Altfahrzeugen (UBA/BMU 2011, vgl. Abb. 7, S. 49) lassen als grobe Näherung eine Abschätzung für den Eintrag der POPs in die verschiedenen Entsorgungswege für das Jahr 2008 zu (vgl. Abb. 7). Welcher Anteil der POPs im Rahmen der Beseitigung verbrannt und welcher Anteil deponiert wurde, lässt sich auf Basis der vorliegenden Daten nicht weiter differenzieren. Die stoffliche Verwertung beinhaltet hauptsächlich den Deponiebau und Bergversatz, so dass angenommen werden kann, dass die POP-BDE Mengen zu einem großen Teil in diese Verwertungswege geflossen sind und dort immer noch lagern. Ein Teil dieses PBDE-haltigen Materials wird in der Vorbereitung für die stoffliche Verwertung noch entfernt und ebenfalls beseitigt. Für die Verteilung der einzelnen Entsorgungswege liegen aus Abb. 7 als letztes Angaben zum Jahr 2009 vor. Demnach gingen 46% in die stoffliche Verwertung und jeweils 27% in die energetische Verwertung sowie in die Beseitigung. Der Anteil für die Jahre 2010 und 2011 kann nicht beziffert werden, da den Autoren zum jetzigen Zeitpunkt keine aktuelleren Zahlen vorliegen.

5.1.6 Schlussfolgerung

Grundsätzlich können für die Pflichten des Stockholmer Übereinkommens folgende Aussagen konstatiert werden:

- Neuprodukte: C-Penta- und C-OctaBDE werden in neuen Automobilen spätestens seit dem Jahr 2000 nicht mehr eingesetzt.
- Produktbestand: Mit der Abnahme des Betriebs von Autos aus den Baujahren bis 2000 geht eine sukzessive Verringerung der PBDE in Produkten einher.
- Abfall:
 - Ein signifikanter Anteil der Fraktionen mit PDBE endet in thermischen Beseitigungs- oder Verwertungsverfahren. Dies wird nochmals besonders stimuliert durch das Verbot der Deponierung bestimmter Fraktionen seit Mitte 2009.
- Gleichzeitig wird nach wie vor, über stoffliche Verwertungsverfahren potentiell PBDE-haltiges Material in Deponien und Bergversatz eingebracht. Dieser Effekt wird entgegen der in diesem Bericht durchgeführten Berechnungen vermutlich durch eine deutliche Abnahme an PBDE-haltigen Altfahrzeugen abgeschwächt, so dass die abgeleiteten Daten die reale Situation deutlich überschätzen (siehe Prognose über Abnahme des PBDE in den Abfallströmen (Kapitel 10.1.3, S. 188)).

Aufgrund der oben beschriebenen Unsicherheiten bei der Berechnung wird empfohlen, für die Berichterstattung unter dem Stockholmer Übereinkommen für C-PentaBDE und C-OctaBDE die die Ergebnisse nach Morf et al. (2003) heranzuziehen. Dadurch ergibt sich eine Konsistenz zwischen den Ergebnissen für C-PentaBDE und C-OctaBDE. Weiterhin wird für die Berichtspflicht an das Stockholmer Übereinkommen hier vorgeschlagen, auf die geschätzten Mengen für 2010 Bezug zu nehmen.

Die Aufschlüsselung der C-PentaBDE- und C-OctaBDE-Mengen auf die einzelnen Kongenere ist in Tab. 14 und Tab. 15 zu sehen. Die damit für die Berichtspflichten an das Stockholmer Übereinkommen relevanten Kongenere sind grau hinterlegt. Eine kleine Restmenge stellt das nicht Stockholm relevante Kongener TriBDE des kommerziellen PentaBDEs dar.

Tab. 14: Aufschlüsselung der C-PentaBDE-Mengen auf die Kongenere im Jahr 2010; die für die Berichtspflichten an das Stockholmer Übereinkommen relevanten Kongenere sind grau hinterlegt

	Für die Umrechnung von C-PentaBDE verwendeter Mittelwert	C-PentaBDE Mengen im Altautoaufkommen in 2010* [kg]	C-PentaBDE Emissionen aus Abfallbehandlungen in	C-PentaBDE Mengen im Abfallstrom (zur Beseitigung;

	(siehe auch Tab. 3, S. 18)		2010* [kg]	energetische oder stoffliche Verwertung) in 2010* [kg]
TriBDE	0,5%	18	1	17
TetraBDE	32,3%	1.152	68	1.084
PentaBDE	58,4%	2.083	123	1.960
HexaBDE	8,3%	296	17	279
HeptaBDE	0,5%	18	1	17
Summe	100,0%	3.567	210	3.357

* (angepasst nach Morf et al. (2003): 7,37 g/Pkw ohne Sitzpolster)

Tab. 15: Aufschlüsselung der C-OctaBDE-Mengen auf die Kongenere für das Jahr 2010; die für die Berichtspflichtigen an das Stockholmer Übereinkommen relevanten Kongenere sind grau hinterlegt

	Für die Umrechnung von C-OctaBDE verwendeter Mittelwert (siehe auch Tab. 6, S. 21)	C-OctaBDE Gesamt-Mengen im Altfahrzeugverkehr in 2010* [kg]	C-OctaBDE Emissionen aus Abfallbehandlungen in 2010* [kg]	C-OctaBDE Mengen im Abfallstrom (zur Beseitigung; energetische oder stoffliche Verwertung) in 2010* [kg]
PentaBDE	4,7%	127,6	3,2	124,4
HexaBDE	7,4%	200,9	5,1	195,8
HeptaBDE	44,5%	1.208,2	30,7	1.177,5
OctaBDE	31,6%	857,9	21,8	836,1
NonaBDE	10,7%	290,5	7,4	283,1
DecaBDE	1,1%	29,9	0,8	29,1
Summe	100%	2.715,0	69,0	2.646,0

* angepasst nach Morf et al. (2003): 5,61 g/Pkw

Gleichwohl muss bei den Deponien noch von einem großen, nicht quantifizierbaren Altbestand an PBDE-haltigen Kunststoffen ausgegangen werden, für die eine Emission in die Umwelt bereits nachgewiesen wurde. Daneben existieren Verwertungsverfahren, die auch unter Einhaltung des Deponieverbots dazu führen, dass ein fortlaufender Eintrag an PBDE in die noch bestehenden Deponien (und in den Bergversatz) erfolgt, wenngleich in den wenigen bekannten Datensätzen der Gehalt deutlich unterhalb der Grenzen für den Wiedereinsatz von Kunststofffraktionen mit PBDE aus der POP-Verordnung liegt. Ein Vergleich der Daten aus ABANDA (Abb. 8, S. 50) zeigt, dass die dort ermittelten Messwerte der einzelnen Stoffe der POP-VO den Grenzwert von 0,1 Gew.-% (1.000 mg/kg) mindestens um den Faktor 200 unterschreiten (Werte für analysierte Fraktionen < 5 mg). Dennoch erfolgt bei Einbringung in die Deponie keine abschließende Zerstörung, und es besteht die Möglichkeit einer erneuten Freisetzung der PBDE aus der Deponie. Hier sollte künftig ein besonderes Augenmerk auf dem Monitoring liegen (vgl. auch Kapitel 6 zu Elektro- und Elektronikgeräte, Seite 60)

Ein Gegenstand zukünftiger Forschungsvorhaben könnte sein herauszufinden, inwieweit eine Verschleppung von PBDE mit anderen

Schredderoutputs (z.B. Schredderschwerfraktion) erfolgt oder wie sich die Verteilung der PBDE bei der weiteren Aufarbeitung von SLF darstellt (gibt es ggf. Anreicherungs- oder Abreicherungseffekte in verschiedenen Siebfraktionen? D.h. gibt es bei der weiteren Auftrennung der SLF Fraktionen, die verstärkt PBDE enthalten und durch Trennung von anderen Fraktionen angereichert werden?. In diesem Kontext ist auch wichtig zu erfahren, ob sich die in diesem Bericht getroffenen Einschätzungen, dass sich Kunststoffe aus solchen Altfahrzeugabfallströmen in Ersatzbrennstoffen wiederfinden, bestätigen oder eine Durchmischung mit anderen Abfallströmen erfolgt, die anschließend in Recyclinganwendungen gelangen.

Weiterhin bleiben die Behandlungsanlagen eine Quelle für PBDE-Emissionen aus Automobilen (gleiches kann für Elektrogeräte gesagt werden, die z.T. in den gleichen Anlagen behandelt werden). Hier ist zu prüfen, inwieweit dort Technologien für eine Verminderung von Emissionen herangezogen werden können, um weiter dem Minimierungsgebot des Stockholmer Übereinkommens, unabhängig von Grenzwertvorgaben der POP-VO, nachzukommen.

Ein anderer Ansatz für eine Emissionsminderung könnte darin liegen eine separate Behandlung der Sitze zu etablieren. Dieser Ansatz ist jedoch schwer zu rechtfertigen, da schon jetzt die Belastung der Schredderleichtfraktion kaum den Grenzwert von 10 mg/kg überschreitet. Hinzu kommt, dass der Anteil PBDE-haltiger Sitze in den nächsten Jahren merklich abnehmen wird. Beispielsweise wird im Jahr 2020 nur noch ein geringer Anteil der jährlich anfallenden Altfahrzeuge vor dem Jahr 2000 zugelassen worden sein.

Dennoch lässt sich auch bei konservativer Prognose eine vollständige Ausschleusung der PBDE aus dem Bestand der Fahrzeuge bis 2030 vorhersagen. Somit ist nicht damit zu rechnen, dass zu diesem Zeitpunkt noch PBDE aus Automobilen in Abfallströme gelangen (vgl. Kapitel 10.1.3, S. 188).

5.1.7 Quellenverzeichnis Automobilindustrie

ABANDA (2011): Abfallanalysendatenbank NRW,

<http://www.lanuv.nrw.de/abfall/bewertung/abanda.htm>, Stand: 18.3.2011.

ACEA (2010): Mitteilung der ACEA - European Automobile Manufacturers Association, Dezember 2010.

Adam Opel AG (2011): Flammenschutzmittel in alten Opel-Modellen, Messbericht, persönliche Mitteilung Kai Siegwart, Adam Opel AG, an das Umweltbundesamt, September 2011.

BAFA (2011): Persönliche Mitteilung von Herrn Emig, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Mai 2011.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2005): Demontage und Verwertung von Altfahrzeugen – 17. Oktober 2005. BayLfU Fachtagung 2005, Tagungsband, S. 96, [http://www.abfallratgeber-bayern.de/arba/allglfu.nsf/0B73991950A9E5FEC12570A700305032/\\$file/altfahrzeuge.pdf](http://www.abfallratgeber-bayern.de/arba/allglfu.nsf/0B73991950A9E5FEC12570A700305032/$file/altfahrzeuge.pdf), Stand: 19.3.2012.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2009): Schredderanlagen und Abfalldeponien – relevante Sekundärquellen für dioxin-ähnliche PCB und verwandte persistente Schadstoffe.

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

EU OctaBDE (2003): European Union Risk Assessment Report: Diphenyl ether, octabromo derivative, final report, 2003, Rapporteur: France and United Kingdom. Luxemburg 2003.

EU PentaBDE (2001): European Union Risk Assessment Report: Diphenyl ether, pentabromo derivative, final report, August 2001, Rapporteur: United Kingdom. Luxemburg 2001.

EUROSTAT (2010): Altfahrzeuge, Daten 2008, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/data/wastestreams/elvs>, Stand: 4.10.2010.

IMDS (2010): International Material Data System. IMDS as unified material data reporting tool. The IMDS Steering Committee.

Jepsen et al. (2009): Jepsen, D.; Reihlen, A.; Wirth, O.; Sander, K.: REACH und Kunststoffrecycling – Handreichung für eine sachgerechte Umsetzung der REACH-Anforderungen für Betreiber von Recyclinganlagen, UFOPLAN Vorhaben FKZ 3708 31 305/01, Ökopool GmbH, Hamburg 2009.

KBA (2010a): Jahresbilanz der Außerbetriebsetzungen 2009, http://www.kba.de/nn_125264/DE/Statistik/Fahrzeuge/Ausserbetriebsetzungen/ausserbetriebsetzungen_node.html?nn=true#rechts, Stand: 16.4.2012.

KBA (2010b): Neu zugelassene Personenkraftwagen in den Jahren 2000 bis 2007 nach technischen Merkmalen, http://www.kba.de/nn_191088/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassung/n/Motorisierung/2007_n_leistungsbereitschaft_tabelle.html, Stand: 16.4.2012.

KBA (2011): Jahresbilanz der Außerbetriebsetzungen 2010, http://www.kba.de/cln_030/nn_125264/DE/Statistik/Fahrzeuge/Ausserbetriebsetzungen/ausserbetriebsetzungen_node.html?nn=true, Stand: 16.4.2012.

Keet et al. (2010): B. Keet, N. Giera, R. Gillett and K. Verschueren. Investigation of brominated flame retardants present

in articles being used, recycled and disposed of in New Zealand, A technical report prepared for the Ministry for the Environment, Wellington August 2010

Kohlmeyer (2011a): Einsatz einer Kompaktsortieranlage zur Rückgewinnung von Metallen aus Shredderrückständen; Teilbeitrag R. Kohlmeyer: Ressourcenschonungspotenziale durch Verwertung der Schredderleichtfraktion. In: VDI-Wissensforum: Stoffliche und energetische Verwertung von Shredderrückständen, Tagungsband. Düsseldorf 2011.

Kohlmeyer (2011b): Persönliche Mitteilung von Frau R. Kohlmeyer, Umweltbundesamt (UBA), Mai 2011.

LANUV (2011a): Persönliche Mitteilung von Dr. R. Hanel, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Rheinland-Pfalz, Mai 2011.

LANUV (2011c): Persönliche Mitteilung von Dr. Michael Oberdörfer, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, April 2011.

LUBW (2011): Persönliche Mitteilung von D. Schlag, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, April 2011.

Luedeka (2011): United Nations Industrial Development Organization. Guidance Document. Flexible Polyurethane Foam Waste Management & Recycling. Robert J. Luedeka, Executive Director, Polyurethane Foam Association, First Draft 30. October 2011

Moche et al. (2004): Moche, W., Stephan, K., Thanner, G., Bromierte Flammschutzmittel in der aquatischen Umwelt, Umweltbundesamt Österreich 2004, <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE243.pdf>.

Morf et al. (2003): Morf, L., Smutny, R., Taverna, R., Daxbeck, H.: Selected polybrominated flame retardants PBDEs and TBBPA. Substance flow analysis. Environmental Series No. 338. Environmental hazardous substances. Bern 2003.

Niedersachsen (2007): Kommission der Niedersächsischen Landesregierung „Umweltpolitik im Europäischen Wettbewerb“ (5. Regierungskommission): Abschlussbericht des Arbeitskreises "Entsorgung von Altfahrzeugen unter Berücksichtigung von Lebenszyklusanalysen", 2007. S. 20-21.

Öko-Institut (2011): Mehlhart, G., Merz, C., Akkermans, L., Jordal-Jorgensen, J.: European second-hand car market analysis – Final Report for the European Commission DG Climate Action, Feb. 2011.

Statistisches Bundesamt (2008): Umwelt Abfallentsorgung 2006.
Fachserie 19, Reihe 1.

Statistisches Bundesamt (2009): Umwelt Abfallentsorgung 2007.
Fachserie 19, Reihe 1.

Statistisches Bundesamt (2011a): Umwelt Abfallentsorgung.
Fachserie 19, Reihe 1.

Statistisches Bundesamt (2011b):

[https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/Ergbnisbericht Abfallentsorgung 2010.pdf? blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/Ergbnisbericht%20Abfallentsorgung%202010.pdf?blob=publicationFile),
Stand: 18.4.2012.

Statistisches Bundesamt (2012): Abfallentsorgung Vorläufiger
Ergebnisbericht für ausgewählte Entsorgungsanlagen im Jahr 2010.
Wiesbaden, Januar 2012.

UBA (2011a): Altfahrzeugaufkommen und -verwertung.

<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2304>, Stand:
18.10.2011.

UBA/BMU (2011): Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland im
Jahr 2009 gemäß Art. 7 Abs. 2 der Altfahrzeug-Richtlinie
2000/53/EG – Quality Report: Beschreibung der verwendeten Daten
nach Artikel 1 der KOM-Entscheidung 2005/293/EG über
Altfahrzeuge,

http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/altfahrzeuge_2009_bf.pdf, Stand: 16.4.2012.

UNEP (2010a): UNEP/POPS/POPRC.6/INF/6, Supporting Document for
Technical Review of the Implications of Recycling Commercial
Pentabromdiphenyl Ether and Commercial Octabromdiphenyl Ether.

UNEP (2012): Guidance for the inventory of polybrominated diphenyl
ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persis-
tent Organic Pollutants; Version 2 May 01 2012.

VW (2011): Volkswagen AG Internetauftritt zum Thema
Altfahrzeugverwertung:

<http://www.volkswagen.de/de/Volkswagen/nachhaltigkeit/produkte/recycling/verwertung1.html>, Stand: 16.4.2012.

5.2 Möbel- und Polsterindustrie

Laut BiPRO (2011) wurde ein großer Teil des in der EU eingesetzten
C-PentaBDE für die Herstellung von PU-Schäumen für die
Polstermöbel- und Matratzenindustrie verwendet. Es kann davon
ausgegangen werden, dass ein großer Teil davon in Großbritannien

eingesetzt wurde (EU PentaBDE 2001), da dort höhere Anforderungen bzgl. des Brandschutzes bestehen (BiPRO 2011).

Für Deutschland bestätigt der Verband der Polyurethan-Weichschaum-Industrie e.V. (VWI), dass *„weder aktuell noch in der Vergangenheit, rückblickend bis 1995, Stoffe aus den Stoffgruppen BDE und PFOS bei der Herstellung von PU-Weichschaum (VWI 2011)“* verwendet wurden. Damit kann man davon ausgehen, dass die wesentlichen Produktbereiche, Matratzen, Polstermöbel und Fahrzeugsitze/-innenausstattungen, diese Stoffe – soweit die Produktion im Inland erfolgt – nicht enthalten und bei künftiger Verwertung oder Beseitigung dieser Produkte die Stoffe auch nicht anfallen (VWI 2011).

Bezüglich der möglichen Einfuhr von C-PentaBDE-haltigen Polstermöbeln und Matratzen nach Deutschland äußert sich der Verband wie folgt: *„Die Einfuhr von PU-Weichschaum in Form von Blöcken oder Zuschnitten ist aus der Außenhandelsstatistik nicht zu ersehen. Tatsache ist, dass vornehmlich aus Italien, Benelux, Frankreich, Dänemark, Österreich und Polen PU-Weichschaum eingeführt wird. In den genannten Ländern besteht ebenfalls keine erhöhte Anforderung an die Flammwidrigkeit von PUR-Weichschaum. Deshalb ist nicht anzunehmen, dass die Importe z.B. mit BDE belastet waren/sind. Das gilt aller Wahrscheinlichkeit nach auch für indirekte Importe via Fertigerzeugnisse wie Matratzen und Polstermöbel.“* (VWI 2010).

Aufgrund der Europäischen Richtlinie 2003/11/EG galt in der EU seit Juni 2004 bereits ein Verwendungsverbot der kommerziellen Penta- und OctaBDE-Gemische. Somit kann davon ausgegangen werden, dass, wenn überhaupt, nur Polstermöbel und Matratzen, die vor diesem Zeitpunkt auf den Markt gebracht wurden, C-PentaBDE enthielten. Eine Quantifizierung und Überprüfung der tatsächlich im Bestand befindlichen Mengen an C-PentaBDE in Polstermöbeln und Matratzen konnte jedoch aufgrund mangelnder Daten nicht durchgeführt werden.

Nach Schätzungen von BiPRO (2011) waren im Jahr 2010 ca. 96 t C-PentaBDE in Polster-Anwendungen im Umlauf. Da C-PentaBDE zu diesem Zeitpunkt nicht mehr für die Herstellung von Möbeln verwendet wurde, sind in neuen Produkten 0 t enthalten. Geschätzte 6 t entstehen als direkte Emissionen während der Nutzungsphase aus älteren Möbeln im Bestand, die noch C-PentaBDE-haltige Polsterschäume enthalten. Weitere 91 t gelangen über die Entsorgung der Alt-Produkte in den Abfallstrom. Unter einer angenommenen mittleren Lebensdauer für Polstermöbel von 10 Jahren prognostiziert BiPRO demnach ein Ende der PBDE Emissionen aus der Nutzungsphase zum Jahr 2014 (basierend auf dem EU weiten Verbot der PBDE 2004). Dann sollten auch in der EU nur noch vereinzelt

PBDE-haltige Polstermöbel in den Abfallströmen auftreten (BiPRO 2011, S.153).

Aufgrund der Aussagen des VWI wird davon ausgegangen, dass die in Deutschland weder aktuell noch in der Vergangenheit auf den Markt gebrachten Polstermöbel und Matratzen C-PentaBDE enthielten. Diese Annahme sollte in der Praxis verifiziert werden: Zum einen sollten die im Bestand befindlichen Polstermöbel und Matratzen und zum anderen importierte Möbelstücke aus Ländern außerhalb der EU auf die einzelnen Kongenere des C-PentaBDE untersucht werden. Stimmt diese Aussage, so dürften auch die Emissionen in Deutschland im Verhältnis geringer ausfallen.

Laut BiPRO (2011) teilt sich die Abfallbehandlung von Polstermöbeln auf die Wege stoffliche Verwertung, thermische Entsorgung und Deponierung auf. Aufgrund des seit 2005 bestehenden Deponieverbotes von unbehandelten Siedlungsabfällen⁵⁵ kann für Deutschland jedoch davon ausgegangen werden, dass der Abfallstrom aus Polstermöbeln und Matratzen ausschließlich in Verbrennungsprozessen endet (Verbrennung oder energetische Verwertung) und daher selbst bei Abweichung von obiger Annahme kein C-PentaBDE in Abfallströmen zur Deponie gelangt.

5.2.1 Schlussfolgerung

Insgesamt ist zu vermuten, dass in Deutschland der Abfallpfad keine relevante Quelle für C-PentaBDE aus Erzeugnissen und Produkten von Möbelindustrie ist.

5.2.2 Quellenverzeichnis Möbel-und Polsterindustrie

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

EU PentaBDE (2001): European Union Risk Assessment Report: Diphenyl ether, pentabrom derivative, final report, August 2001, Rapporteur: United Kingdom.

VWI (2011): Mitteilung des Verbands der Polyurethan-Weichschaum-Industrie e.V., Mai 2011.

⁵⁵ Gesetzliche Grundlage war die TA Siedlungsabfall und Abfallablagerungsverordnung (AbfAblV). Die hohen Standards bzgl. der Vorbehandlung von Abfall aus der AbfAblV wurden in die neue Deponieverordnung (DepV) übernommen.

6 Stoffflussanalyse C-OctaBDE (Elektro- und Elektronikgeräte)

Die hauptsächlichen Verwendungen von C-OctaBDE sind im Bereich der Elektro- und Elektronikgeräte (EEE; aus dem englischen „electrical and electronic equipment“) zu finden. Zwar gab es auch Anwendungen in der Automobilindustrie, diese sind jedoch bereits im entsprechenden Kapitel 5.1 beschrieben.

C-OctaBDE ist in Elektro- und Elektronikgeräten hauptsächlich als Flammschutzmittel in Kunststoffgehäusen aus Acrylnitrilbutadienstyrol (ABS) in Konzentrationen von 10-18 Gew.-% enthalten. C-OctaBDE wurde außerdem in einem geringen Umfang in den Gehäuse-Kunststoffen aus hochschlagzähem Polystyrol (HIPS), Polybutylenterephthalat (PBT) und Polyamidpolymeren in Konzentrationen von 12-15 Gew.-% eingesetzt (BiPRO 2011).

In der Literatur wird angegeben, dass keine relevanten Konzentrationen der Kongenere des C-Penta-BDE in EEE nachgewiesen werden konnten (Wäger et al. 2010). Deshalb wird in den folgenden Betrachtungen nur C-OctaBDE berücksichtigt.

6.1 Berechnungsmethodik für die C-OctaBDE-Menge im Abfallstrom

6.1.1 Verbote und freiwillige Selbstverpflichtungen

Bereits 2004 trat EU-weit ein Verwendungsverbot von C-Penta- und C-OctaBDE in Kraft (Richtlinie 2003/11/EG, als Ergänzung der Beschränkungsrichtlinie 76/769/EWG), sodass neu auf den Markt gebrachte EEE kein C-Penta- und C-OctaBDE mehr enthalten durften (bis auf „unbeabsichtigte Verunreinigungen“ unterhalb von 0,1 Gew.-%). Zusätzlich ist seit dem 1. Juli 2006 die Verwendung von PBDE in Geräten, die in den Geltungsbereich des ElektroG fallen und in Deutschland auf den Markt gebracht werden, verboten (nationale Umsetzung der europäischen RoHS-Richtlinie 2002/95/EG). Da jedoch bereits nach Verabschiedung der RoHS-Richtlinie 2002 entschieden wurde, ein schnelleres C-Penta- und C-OctaBDE-Verbot wie oben beschrieben unter dem Chemikalienrecht einzuführen, kann das Jahr 2004 als Zeitpunkt angenommen werden, ab dem die Verwendung von C-Penta- und C-OctaBDE in EEE verboten war. Dieses Verbot wurde dann durch das Inkrafttreten der Stoffverbote unter der RoHS-Richtlinie noch verschärft, indem sich die RoHS-Beschränkungen auf das homogene Material⁵⁶ und nicht auf das Gesamterzeugnis (wie in Richtlinie 2003/11/EG) beziehen.

⁵⁶ Entscheidung der Kommission 2005/618/EG, vom 18. August 2005: „Im Sinne des Artikels 5 Absatz 1 Buchstabe a wird ein Konzentrationshöchstwert von jeweils 0,1 Gewichtsprozent Blei, Quecksilber, sechswertigem Chrom, polybromierten Biphenylen (PBB) oder

Vor diesem Hintergrund wird für die folgende Berechnung 2004 als der späteste Zeitpunkt angenommen, zu dem in Deutschland neu auf den Markt gebrachte EEE noch C-Penta- und C-OctaBDE enthalten (Szenario Maximum). Allerdings vernachlässigt diese Annahme, dass auch nach 2004 noch Verunreinigungen an C-OctaBDE in EEE enthalten sein können, die so nicht berücksichtigt werden.

Es gab jedoch bereits vor diesem Zeitpunkt Bemühungen der Industrie, den Einsatz zu reduzieren: Vor dem Verwendungsverbot von C-Penta- und C-OctaBDE 2004 gab es Verzichtserklärungen der Industrie. Beispielsweise wurde durch den Verband Kunststoffherzeugender Industrie (VKE)⁵⁷ im Jahr 1986 ein Verzicht auf den Einsatz von polybromierten Diphenylethern (PBDE) als Flammenschutzmittel für Kunststoffe vereinbart sowie im Jahr 2004 ein freiwilliger Ausstieg aus der C-Penta- und C-OctaBDE-Produktion des einzigen US-amerikanischen Herstellers, Great Lakes Chemical Co.⁵⁸. Zudem führte Schweden bereits 1999 ein nationales PBDE-Verbot ein (KemI 1999) – dies hatte zwar keine direkten Auswirkungen auf den deutschen Markt, aber Signalwirkung für die Industrie. Nach BiPRO (2011) nahm die Verwendung von C-OctaBDE in den 1990er Jahren ab; C-OctaBDE wurde zunehmend durch andere Flammenschutzmittel wie Tetrabrombisphenol A ersetzt.

Für die Berechnung wird deshalb 1995⁵⁹ als frühester Zeitpunkt angenommen, zu dem EEE, die in Deutschland auf den Markt gebracht wurden, kein C-Penta- und C-OctaBDE mehr enthalten (Szenario Minimum).

6.1.2 Berechnungsweg 1: Abfallmengen EEE und Konzentrationsangaben

Die anfallende Menge an Abfall aus EEE wird über statistische Angaben bestimmt: Seit 2006 werden in Deutschland die Mengen an entsorgten EEE-Altgeräten erfasst. Diese sind nach den 10 Kategorien des ElektroG aufgeschlüsselt. Zusätzlich sind

polybromierten Diphenylethern (PBDE) je homogenem Werkstoff und von 0,01 Gewichtsprozent Cadmium je homogenem Werkstoff toleriert.“

⁵⁷ [http://www.csrgermany.de/www/csr_cms_relaunch.nsf/id/A029ED49C0A7BC8DC12577FF00373AF3/\\$file/Ueberblick_Selbstverpflichtungen.pdf?open](http://www.csrgermany.de/www/csr_cms_relaunch.nsf/id/A029ED49C0A7BC8DC12577FF00373AF3/$file/Ueberblick_Selbstverpflichtungen.pdf?open), Stand 24.5.2012

⁵⁸ <http://www.epa.gov/oppt/pbde/pubs/qanda.htm>, Stand 24.5.2012

⁵⁹ Es handelt sich hier um eine Festlegung, die die frühzeitige freiwillige Selbstvereinbarung des VKE von 1986 und das schwedische Nationalverbot von 1999 beinhaltet und davon ausgeht, dass Unternehmen weltweit diese Entwicklung verfolgt und antizipiert haben und deshalb schon seit Mitte der 90er Jahre kein Penta- und OctaBDE in EEE mehr verwendet haben.

Abfallmengen bekannt, die sich auf einzelne Produktgruppen innerhalb dieser Kategorien beziehen (siehe Tab. 16, S. 66). Leider ist nicht bekannt, wie die Altersverteilung der Geräte in diesem Abfallstrom ist, sodass aus diesen Angaben keine Rückschlüsse auf den C-OctaBDE-Gehalt gezogen werden können.

Bezüglich der Konzentrationen der einzelnen Kongenere von C-OctaBDE in EEE weichen die Angaben in der Literatur teilweise voneinander ab: Während Morf et al. (2003) davon ausgeht, dass C-OctaBDE in allen Gerätekategorien enthalten ist, geben Wäger et al. (2010) und Schlummer et al. (2007) nur Konzentrationen an C-OctaBDE in bestimmten Kategorien an. Über die durchschnittlichen Konzentrationen des C-OctaBDE lassen sich die Gehalte der relevanten POPs über die ermittelte typische Zusammensetzung des C-OctaBDEs berechnen.

Die POP-Verordnung lässt die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung von Erzeugnissen und Gemischen mit Konzentrationen unter 0,1 Gew.-% zu, wenn sie teilweise oder vollständig aus verwerteten Materialien oder aus Materialien aus zur Wiederverwendung aufbereiteten Abfällen hergestellt wurden. Daher können Geräte, die rezyklierte Materialien enthalten, möglicherweise einen höheren Gehalt an C-OctaBDE aufweisen.

Da hierzu jedoch keine weiteren Angaben vorhanden sind, werden die Konzentrationen an C-OctaBDE in EEE anhand der Literaturwerte festgelegt. Diese beruhen teilweise auf Messungen und stellen daher einen Querschnitt an Produkten mit und ohne rezykliertem Material dar.

In diesem ersten Ansatz werden also die gemeldeten Abfallmengen genutzt, um über Angaben zu Konzentrationen in einzelnen Produkten eine Abschätzung des C-OctaBDE-Gehaltes zu erhalten (siehe Tab. 21, S. 74).

Man kann bei einer konservativen Betrachtung davon ausgehen, dass alle entsorgten Geräte noch so lange C-OctaBDE und somit die in der POP Verordnung geregelten BDE-Kongenere enthalten, bis das Jahr der Abfallentsorgung die durchschnittliche Lebensdauer der jeweiligen Geräte überschritten hat: Zum Beispiel hat ein Haushaltsgroßgerät eine durchschnittliche Lebensdauer von ca. zehn Jahren. Im Falle des Szenario Minimum würde dieser Abfallstrom also nur noch bis maximal 2005 PBDE enthalten (2014 im Szenario Maximum). Die durchschnittliche Lebensdauer einzelner Gerätekategorien wurde den Vorgaben der stiftung ear (2010) entnommen, die sich mit anderen Werten aus der Literatur decken (siehe Anhang Tab. 60, S. 213).

Es gibt für Deutschland keine öffentlich verfügbaren Informationen über den Bestand an EEE nach Alter der Geräte, sodass die zu

erwartende, insgesamt anfallende Abfallmenge nicht abgeschätzt werden kann. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass das tatsächliche Abfallaufkommen eine Abschätzung des C-OctaBDE-Gehaltes ermöglicht, auch wenn aufgrund der fehlenden Angaben zur Altersverteilung der Geräte der Gehalt an C-OctaBDE nur annähernd geschätzt werden kann.

6.1.3 Berechnungsweg 2: Bromhaltige Altkunststoffe und OctaBDE-Konzentrationen

Ein zweiter Ansatz betrachtet die Menge an Kunststoffen mit bromierten Flammschutzmitteln, die aus EEE-Altgeräten in Entsorgungsanlagen anfallen, und berechnet daraus und auf Basis von Messergebnissen von Gehäusefraktionen eine Bandbreite an C-OctaBDE im Abfallstrom.

Dabei ist zu beachten, dass über diesen Berechnungsweg nur diejenigen Kunststoffe erfasst werden, die bei Messungen untersucht wurden, und nicht alle Kunststoffe aus EEE, die potenziell C-OctaBDE enthalten können. Es ist also davon auszugehen, dass der über Berechnungsweg 2 ermittelte Wert für den Gehalt an C-OctaBDE im EEE-Abfallstrom im Vergleich zum tatsächlichen Gehalt niedriger ist.

6.1.4 Unsicherheiten / Sensitivitäten der Berechnungsmethodik

Eine Abschätzung des Gehalts an C-OctaBDE im Abfallstrom über die oben beschriebenen Ansätze beinhaltet Ungenauigkeiten: der gewählte Ansatz ist konservativ und betrachtet nicht, dass von den Geräten, die in den Abfallstrom gelangen, ein Teil kein C-OctaBDE enthält. Weiterhin wurde nicht betrachtet, dass gerade bei Elektro- und Elektronikgeräten ein Speichereffekt auftreten kann, also Geräte im Keller oder auf dem Speicher gelagert und nicht umgehend bzw. bei Erreichen der rechnerischen Lebensdauer entsorgt werden.

6.2 In Deutschland gesammelte Mengen an Elektro- und Elektronikaltgeräten

Seit dem 24. März 2006 sind nach dem „Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten“ (ElektroG) die Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten für die Rücknahme und Entsorgung der Altgeräte verantwortlich.

Der folgende Abschnitt beschreibt zunächst Einflussfaktoren auf die Ströme von Elektro- und Elektronikaltgeräten.

a. Altgeräte aus privaten Haushalten und vergleichbaren Quellen (z.B. Kleingewerbe), werden bei den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern (öRE) erfasst. Sie werden in Gruppen von Produktkategorien gesammelt („Sammelgruppen“). Die Erfassung von

Elektroaltgeräten erfolgt nach zehn Kategorien (gemäß § 2 Abs. 1 Satz 1 ElektroG):

1. Haushaltsgroßgeräte;
2. Haushaltskleingeräte;
3. Geräte der Informations- und Telekommunikationstechnik;
4. Geräte der Unterhaltungselektronik;
5. Beleuchtungskörper;
6. Elektrische und elektronische Werkzeuge;
7. Spielzeug sowie Sport- und Freizeitgeräte;
8. Medizinprodukte;
9. Überwachungs- und Kontrollinstrumente;
10. Automatische Ausgabegeräte (ElektroG § 1).

Sammelgruppen sind im Kontext der Regelungen in ElektroG § 9 Abs. 4:

- Haushaltsgroßgeräte, automatische Ausgabegeräte;
- Kühlgeräte;
- Informations- und Telekommunikationsgeräte, Geräte der Unterhaltungselektronik;
- Gasentladungslampen;
- Haushaltskleingeräte, Beleuchtungskörper, elektrische und elektronische Werkzeuge, Spielzeuge, Sport- und Freizeitgeräte, Medizinprodukte, Überwachungs- und Kontrollinstrumente.

Die Sammelpunkte für Geräte aus privaten Haushalten und vergleichbaren Herkunftsbereichen sind die Wertstoffhöfe der öRE. Darüber hinaus werden Geräte von Händlern zurück genommen. Altgeräte aus (anderen) gewerblichen Quellen werden überwiegend von Herstellern und Händlern zurückgenommen. Wenn die Geräte über Händler und Hersteller zurückgenommen wurden, so werden sie möglicherweise in anderen Zusammenstellungen als den fünf Sammelgruppen der öRE bei den Erstbehandlern angeliefert.

Für den größten Teil der in Deutschland getrennt gesammelten Geräte gilt also, dass sie (bis auf Kühlgeräte und Gasentladungslampen) nicht nach Produktkategorien differenziert, sondern gemischt beim Erstbehandler eintreffen.⁶⁰

⁶⁰ Der größte Teil an Elektroaltgeräten wird über öRE gesammelt.

b. Im Rahmen der Richtlinie 2002/96/EG über Elektro- und Elektronikaltgeräte ist die Bundesregierung zu einer nationalen Berichterstattung an die Europäische Kommission verpflichtet. Die nationale Umsetzung, das ElektroG fordert, dass alle Elektro- und Elektronik-Altgeräte (EAG) einer getrennten Erfassung zugeführt werden (ElektroG § 9 Abs. 1). Darüber hinaus bestimmt es, dass eine EAG-Menge von mindestens 4 kg pro Einwohner und Jahr im Entsorgungssystem nach ElektroG nachgewiesen werden muss (ElektroG § 1 Abs. 1).

Die tatsächlich anfallende Altgerätemenge kann nur geschätzt werden. Sie liegt unserer Einschätzung nach in der Regel niedriger als die in Verkehr gebrachte Menge. Neben den in Verkehr gebrachten Mengen zeigt sie die WEEE-Massenströme entsprechend den Mengenmeldungen der Bundesrepublik Deutschland an die Europäische Kommission. Eine Schätzung der tatsächlich anfallenden Altgerätemengen ist aus verschiedenen Gründen nur sehr schwer zu realisieren. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass ein gewisser Anteil der anfallenden Altgerätemengen nicht über das System entsorgt werden, das nach ElektroG eingerichtet wurde. Diese werden zum Teil exportiert (Sander & Schilling 2010). Daneben werden immer wieder Elektrogeräte aus dem Verbraucherbereich über haushaltsnahe Abfallströme entsorgt.

Von den insgesamt in Deutschland gesammelten EAG wird ein Teil kompletter Geräte wiederverwendet. Ein Teil der EAG wird in anderen EU-Mitgliedstaaten sowie in Nicht-EU-Staaten behandelt (siehe Kapitel 6.6). Für den in Deutschland anfallenden Abfallstrom und die damit verbundene mögliche C-OctaBDE-Belastung ist die in Deutschland entsorgte Menge an Elektro(nik)altgeräten relevant.

Die in Deutschland entsorgten Mengen an Elektro(nik)altgeräten für die Jahre 2006–2008 sind in Tab. 16, S. 66 zusammengefasst. Für die Kategorien 3 und 4 liefert die stiftung ear hier eine zusätzliche Aufschlüsselung nach Gerätearten (nach stiftung ear 2011).

c. Bei Geräten, für die besondere Anforderungen an die Behandlung nach ElektroG bestehen (z.B. Entfrachtung von Kühlgeräten), ist der Regelbehandlungsweg zunächst die Separation der Schadstoffe oder schadstoffhaltigen Komponenten und anschließend ggf. die gemeinsame weitere Behandlung mit anderen Gerätearten (Beispiel: Schreddern von Weißer Ware nach der Entfrachtung). Allerdings kann nicht davon ausgegangen werden, dass aus allen Geräten, die in das System nach ElektroG gelangen, tatsächlich die schadstoffhaltigen Komponenten in isolierten Behandlungsschritten separiert werden. Leiterplatten werden z.B. oft gemeinsam mit anderen Stoffen in speziellen Zerkleinerungsanlagen abgetrennt (Sander 2012). Bei

dieser Art der Behandlung werden in der Regel keine 100% reinen Fraktionen erreicht. Vielmehr erfolgt ein unterschiedlich starkes „Verschmieren“ der Fraktionen je nach angewandten Techniken und gewünschten Reinheitsgraden. Daten für eine genaue Quantifizierung liegen hier nicht vor (Sander und Schilling 2010).

Tab. 16: Mengen der in Deutschland entsorgten Elektro(nik)altgeräte nach Produktkategorien

Kategorie		2006 [t]	2007 [t]	2008 [t]
1 Haushaltsgroßgeräte		455.690	226.864	257.761
2 Haushaltskleingeräte		36.038	51.579	81.739
3 IT- und Telekommunikationsgeräte		89.960	112.581	146.596
davon	Persönliche Informations- und/oder Datenverarbeitung	24.203	29.129	31.545
	Persönliches Drucken von Informationen und Übermittlung gedruckter Informationen	22.186	26.702	27.748
	Persönliche Kommunikationsgeräte	3.630	4.369	2.045
	Mobiltelefone	202	243	292
	Datensichtgeräte	40.338	48.549	65.135
	Kameras (Foto)	202	243	292
4 Geräte der Unterhaltungselektronik		111.729	130.162	145.487
davon	TV-Geräte	90.760	109.234	125.012
	übrige Geräte der Unterhaltungselektronik (außer TV-Geräte)	20.169	24.274	40.015
5 Beleuchtungskörper		70	158	92
5a Gasentladungslampen		5.401	7.692	8.915
6 Elektrische und elektronische Werkzeuge		11.001	12.306	21.066
7 Spielzeug sowie Sport- und Freizeitgeräte		4.524	4.249	7.580
8 Medizinische Geräte		1.807	22.710	2.378
9 Überwachungs- und Kontrollinstrumente		869	2.407	1.543
10 Automatische Ausgabegeräte		5.776	2.372	5.189
Summe		722.865	573.080	678.346

Quellen: Daten 2006: BMU 2008; Daten 2007 und 2008: BMU o.J.; Daten zu Produktgruppen innerhalb der Kategorien 3 und 4: stiftung ear (2011)

d. Großgeräte werden vor allem auch deswegen über andere Wege als über das System nach ElektroG entsorgt, weil die enthaltenen Metalle zu einem positiven Wert des Altgerätes führen. Die Altgeräte werden aufgrund des ökonomischen Treibers über verschiedene Sammelwege (z.B. Schrottsammler) der normalen Schrottentsorgung zugeführt oder exportiert (Sander und Schilling 2010). Eine direkte Deponierung der Geräte wird aufgrund des relativ hohen Materialwertes als unwahrscheinlich angesehen.

Der getrennt im System nach ElektroG erfasste Teil wird laut offizieller Statistik nur zu rund 8% energetisch verwertet und zu 85% recycelt oder wiederverwendet (Datengrundlage: Bericht der Bundesrepublik Deutschland an die Europäische Kommission, Berichtsjahr 2008).

Die Großgeräte werden mechanisch in Fraktionen zerlegt (Schredder). Üblicherweise sind dies (einschließlich Nachbehandlung) Fe-Metall, Nichteisenmetall, Schwerfraktion und Leichtfraktion. Kunststoffe aus der Weißen Ware finden sich zum weitaus überwiegenden Anteil in der Schredderleichtfraktion (SLF). Leiterplatten werden auch über die Schwerfraktion und die Fe-Fraktion aus dem Prozess ausgeschleust. Für die Betrachtungen zum Verbleib möglicherweise in Kunststoffen enthaltener Flammenschutzmittel können hier in einer ersten Annäherung die allgemeinen Verbleibzahlen für SLF in Deutschland zugrunde gelegt werden. Für die über die Metallfraktionen ausgeschleusten Mengen liegen keine quantifizierenden Informationen vor.

In einigen Fällen werden aus Weißer Ware (vor allem Kühl- und Gefriergeräte) Kunststoffe manuell ausgebaut und einer werkstofflichen Verwertung zugeführt (Sander et al. 2004). Diese enthalten jedoch keine PBDE⁶¹ (siehe auch die Ergebnisse von Wäger et al. 2010 in Kapitel 6.4, S. 70), daher wird dieser Pfad im Folgenden nicht näher beleuchtet.

e. Bei Kleingeräten kann vermutet werden, dass die Entsorgung teilweise über den Restmüll erfolgt. Die Bereitschaft, die mülltonnengängigen Geräte zur nächsten Sammelstelle zu bringen, scheint nur bedingt vorhanden zu sein, und der Wert der Geräte ist so gering oder sogar negativ, dass er nicht als Treiber für eine Getrennterfassung wirkt. Untersuchungen für Deutschland liegen hierzu nicht vor. In Untersuchungen in den Niederlanden (Witteveen & Bos 2008) wurde über Befragungen erhoben, dass rund 20% der Produktgruppe 4 (Consumer Equipment), rund 50% der Gruppe 6 (Electric tools) und nahezu 100% der Gruppe 7 (Toys and Leisure Equipment), die im Bereich der privaten Haushalte anfallen, über den Restmüll entsorgt werden.

Eine besondere Rolle nehmen möglicherweise Handys ein, die aufgrund intensiver Öffentlichkeitsarbeit und differenzierter und verbrauchernaher Sammelsysteme (z.B. Rückumschlag für das alte

⁶¹ In Deutschland geregelt über die Bedarfsgegenstände-Verordnung §4 nach den nur bestimmten Kunststoffadditiven zugelassen sind.

Handy beim Kauf eines neuen Handys, Abgabe in Sammelboxen) wahrscheinlich eine höhere Erfassungsquote erreichen.

Der nicht getrennt erfasste Anteil der Kleingeräte wird zu wesentlichen Teilen entsprechend dem bundesdeutschen Mix in die Verbrennung oder die mechanisch-biologische Behandlung mit anschließender Deponierung entsorgt. Der getrennt im System nach ElektroG erfasste Teil wird laut offizieller Statistik nur zu ca. 20% energetisch verwertet und zu 70% recycelt (Datengrundlage: Bericht der Bundesrepublik Deutschland an die Europäische Kommission, Berichtsjahr 2008, Produktkategorie 2).

Eine Wertbetrachtung und Gespräche mit Entsorgern legen nahe, dass die Wiederverwendungsquote sehr gering ist. Die Zusammensetzung der Geräte, vor allem im Hinblick auf Metall- und Kunststoffanteile, ließe eine andere Verteilung der Mengenströme in der Form erwarten, dass ein größerer Anteil nicht recycelt wird. Ggf. stellt die Verwertung auf Deponien oder in ähnlichen Formen einen mengenrelevanten Weg dar.

f. Der getrennt im System nach ElektroG erfasste Teil von IT- und TK-Geräten wird laut offizieller Statistik zu ca. 10% energetisch verwertet und zu 80% recycelt oder wiederverwendet (Datengrundlage: Bericht der Bundesrepublik Deutschland an die Europäische Kommission, Berichtsjahr 2008, Produktkategorie 3).

Mengenrelevante Druckertypen (Tintenstrahldrucker des Verbraucherbereichs) sind nach wenigen Jahren in der Regel als Gerät wertlos. Der Kunststoffanteil in solchen Geräten ist relativ hoch.

In Deutschland erfolgt nach der getrennten Erfassung und Separation möglicher schadstoffhaltiger Teile eine mechanische Zerlegung (Sander et al. 2004). Die Kunststofffraktion wird ggf. nachbehandelt und anschließend einer Verwertung zugeführt. Es kann erwartet werden, dass bei Tintenstrahldruckern und kleinen Laserdruckern überwiegend eine energetische Verwertung der Kunststoffe erfolgt, da hier ein sehr heterogenes Gemisch an Kunststoffen aus der Behandlung hervorgeht, bei dem der potenzielle Verkaufswert den Aufbereitungsaufwand nicht ausgleicht. Bei Großgeräten kann sich eine Separation der Kunststoffarten als ökonomisch sinnvoll herausstellen, wenn z.B. der Hersteller die Geräte zurücknimmt und in den beauftragten Zerlegeeinrichtungen gleichartige Kunststoffe – in – für die Vermarktung ausreichenden Mengen – anfallen.

Bildschirme haben nur dann einen positiven Gesamtwert, wenn nur sehr geringe Kosten für die Entsorgung des Bildschirmglases und die Demontage anfallen. Dies ist in Deutschland nicht gegeben. Durch die Zuzahlung der Entsorgungsverantwortlichen wird eine

Trennung des Kunststoffgehäuses und der anderen Fraktionen ermöglicht. Die manuelle Separation des Gehäuses stellt mengenbetrachtet die Ausnahme dar. Eine Entsorgung über den Restmüll ist aufgrund der Größe der Geräte weniger wahrscheinlich.

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass Kunststoffe aus Bildschirmgeräten, die im System nach ElektroG erfasst wurden, überwiegend energetisch verwertet oder thermisch beseitigt werden. Quantifizierende Informationen liegen nicht vor.

Computer, die in Deutschland in die Entsorgung gelangen, werden aufgrund der enthaltenen Metalle zerlegt. Die Zerlegung erfolgt überwiegend mechanisch. Die Kunststofffraktion (ohne Leiterplatten) wird überwiegend thermisch behandelt oder energetisch verwertet.

Kabel werden aufgrund des hohen Kupferwertes überwiegend separiert und eine Trennung des Kupfers vom Kunststoffmantel erfolgt. Der Kunststoff wird mengenrelevant werkstofflich in minderwertigen Anwendungen verwertet (z.B. Backenfüße). Die Backenfüße werden am Ende ihrer Nutzungsdauer überwiegend beseitigt (Sander et al. 2004). Für diese Fraktion kann der übliche bundesdeutsche Mix für thermische Behandlung und sonstige Behandlung angesetzt werden.

6.3 Statistische Angaben zu bromhaltigen Kunststoffen in entsorgten EEE

Die Mengen der aus Elektro(nik)altgeräten anfallende Kunststoffe, die bromierte Flammschutzmittel enthalten und in Deutschland entsorgt werden, werden vom statistischen Bundesamt seit 2006 erhoben. Zum Zwecke der Abfallstatistik werden in Deutschland mittels eines „Abfallkatalogs auf Basis des Europäischen Abfallverzeichnisses“ achtstellige Codes zur besseren Zuordnung der Abfälle für die berichtspflichtigen Abfallerzeuger vergeben. Von daher sind in Deutschland statistische Daten auf dieser Ebene vorhanden. Grundlage der Datenerhebung ist § 4 des Umweltstatistikgesetzes. Der Abfallkatalog ist beim Statistischen Bundesamt verfügbar⁶². Für die achtstelligen Schlüssel bestehen jedoch keine rechtlichen Grundlagen und somit auch keine Verbindlichkeit. Die Zuordnung der Abfälle zu diesen Schlüsseln ist jedoch individuell vom Wissen des Abfallerzeugers um diese Stoffe abhängig, so dass angenommen werden kann, dass nur bei positiver Kenntnis um die Stoffe die Abfälle so in die Statistik einfließen. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass die tatsächliche Menge an Kunststoffen mit bromierten Flammschutzmitteln höher liegt, da der Aufwand für die Ermittlung

⁶² <http://www.statistikportal.de/Statistik-Portal/Abfallkatalog.pdf>, Stand 7.5.2012

konkreter Stoffe in einem Abfall hoch ist und deshalb nicht immer eine Kenntnis über das Vorhandensein von bromierten Flammenschutzmitteln vorliegt. In diesem Fall werden die Abfälle daher wahrscheinlich unter anderen Schlüsseln angegeben und tauchen nicht in der in Tab. 17 angegebenen Statistik auf.

Die Kunststoffe bestehen hauptsächlich aus hochschlagzähem Polystyrol (HIPS) und Acrylnitrilbutadienstyrol (ABS) (Statistisches Bundesamt 2010). Die in der folgenden Tabelle aufgeführten Mengen beinhalten jedoch nur die aus EEE-Altgeräten ausgebauten Kunststoffteile, die als solche getrennt entsorgt werden und daher auch eine eigene Abfallschlüsselnummer haben. Es ist nicht bekannt, welchen Anteil an in EEE enthaltenen Kunststoffen diese ausgebauten Kunststoffe haben. Somit können nur bedingt Rückschlüsse für die gesamten Kunststoffe gezogen werden.

Tab. 17: Kunststoffe aus EEE mit bromierten Flammenschutzmitteln (Statistisches Bundesamt 2010)

	2006	2007	2008
16021504* Kunststoffe, die bromierte Flammenschutzmittel enthalten [t]	1.000	1.100	1.400

* Abfallkatalog laut Statistischem Bundesamt (achtstelliger Code), siehe auch Beschreibung oben.

6.4 Konzentrationsangaben zu C-OctaBDE

Messungen zu C-OctaBDE in EEE-Altgeräten untersuchen typischerweise bestimmte Fraktionen, etwa Gehäuse von Fernsehern und Monitoren oder unspezifische EEE-Altgeräte-Schredderfraktionen (Wäger et al. 2010).

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Angaben zur C-OctaBDE-Konzentration in EEE kurz beschrieben.

6.4.1 Morf et al. (2003)

Morf et al. (2003) geben an, dass Gehäuse von Monitoren, Computern, Tintenstrahl- und Laserdruckern, Kopiermaschinen, Faxgeräten (alle Produkte aus dem Jahr 1998) eine C-OctaBDE-Konzentration von 154 g/kg (bzw. 15,4%) aufweisen. Dieser Wert beruht auf Angaben aus der Literatur und liegt sehr viel höher als Werte aus anderen Quellen, die auf tatsächlichen Messungen beruhen. Er erscheint daher nicht plausibel und wird für die weitere Berechnung nicht herangezogen.

Zusätzlich werden in Morf et al. (2003) Angaben zur C-OctaBDE-Konzentration im Gesamtprodukt gemacht. Da wie oben geschildert dazu bisher keine Messergebnisse oder andere Literaturangaben vorliegen, werden diese Angaben für die weitere Berechnung herangezogen (siehe Tab. 23, S. 78).

6.4.2 Schlummer et al. (2007)

Schlummer et al. (2007) gründen ihre C-OctaBDE-Konzentrationsangaben auf zwei Untersuchungen:

- Untersuchung von acht Schredderfraktionen aus gemischten Altelektro(nik)geräten (WSR); in sieben von acht wurde C-OctaBDE gefunden. Die Konzentrationen in Schredderfraktionen aus gemischten Altelektro(nik)geräten betragen zwischen 0,08% und 0,44%.
- Untersuchung von sieben Gehäuse-Schredderfraktionen (HSR); fünf enthielten C-OctaDBE in einer Bandbreite von 0,29-1,38%.

Die Ergebnisse sind im Überblick in Tab. 18 enthalten:

Tab. 18: Messergebnisse von Schlummer et al. (2007) in Schredderfraktionen aus gemischten Altelektro(nik)geräten (WSR) und Gehäuse-Schredderfraktionen (HSR)

Probematerial	C-OctaBDE-Konzentration [%]
WSR-Probe 1	0,35
WSR-Probe 2	0,19
WSR-Probe 3	0,11
WSR-Probe 4	0,08
WSR-Probe 5	0,31
WSR-Probe 6	0,44
WSR-Probe 7	0
WSR-Probe 8	0,08
Mittelwert	0,20
HSR-Probe 1	0
HSR-Probe 2	0
HSR-Probe 3	0,64
HSR-Probe 4	0,81
HSR-Probe 5	0,29
HSR-Probe 6	1,38
HSR-Probe 7	0,64
Mittelwert	0,54

6.4.3 EMPA (Wäger et al. 2010) und BiPRO (2011)

Wäger et al. (2010) untersuchten die Kunststofffraktionen unterschiedlicher Produktkategorien. Dabei wurde in Plastikteilen von Haushaltsgroßgeräten kein C-OctaBDE gefunden. Erhöhte C-OctaBDE-Konzentrationen sind dagegen in Plastik von Geräten der Informations- und Kommunikationstechnologie zu erwarten sowie in Gehäusen von Fernsehern (CRT TVs). Auch in Haushaltskleingeräten sind relevante Konzentrationen zu erwarten.

BiPRO (2011) führt ebenso unterschiedliche Angaben zu Konzentrationen von C-OctaBDE in Gehäusefraktionen auf, wobei nicht immer klar ist, ob sich die Angaben auf alle Kongenere des

C-OctaBDE oder auf das OctaBDE selbst beziehen. Hier wird die Annahme getroffen, dass sich die Angaben auf C-OctaBDE beziehen.

Die Angaben aus den verschiedenen Quellen sind in Tab. 19 zusammengefasst:

Tab. 19: Messergebnisse von C-OctaBDE-Konzentrationen in Gehäusen bzw. Kunststoffen aus EEE-Altgeräten nach Schlummer (2007), BiPRO (2011) und Wäger et al. (2010)

Probematerial	C-OctaBDE-Konzentration [%]
Gehäuse von Elektro(nik)altgeräten und Büromaschinen (BiPRO 2011)	0,20
TV-/PC-Gehäuse (BiPRO 2011)	0,75
Rückseitige Abdeckung von TV-Gehäusen (BiPRO 2011)	0,77
Gehäuse-Schredderfraktionen (Schlummer et al. 2007)	0,54
Gehäuse von CRT Monitoren (Wäger et al. 2010)	0,25
Mittelwert Gehäuse	0,50
Schredderfraktionen aus EEE-Altgeräten (Schlummer et al. 2007)	0,20
Plastikfraktion von IKT und Unterhaltungselektronik (Wäger et al. 2010)	0,10
Plastik von CRT Fernsehern (Wäger et al. 2010)	0,09
Plastik von Kleingeräten, Flachbildschirmen etc. (Wäger et al. 2010)	0,10
Mittelwert Kunststoffe	0,12

6.4.4 Zusammenfassung

Vergleicht man die unterschiedlichen Werte zu C-OctaBDE-Konzentrationen in Gehäuse-Kunststoffen, so ergibt sich, dass die bei Schlummer et al. (2007), Wäger et al. (2010) und BiPRO (2011) angegebenen Werte in einer Bandbreite von 0,2-0,77% liegen. Wird aus den unterschiedlichen Quellen ein Mittelwert gebildet, so ergeben sich 0,50% OctaBDE in Gehäusen aus EEE-Altgeräten.

Bei einem ähnlichen Vergleich zu C-OctaBDE in Kunststofffraktionen aus EEE-Altgeräten ergibt sich eine Bandbreite von 0,09-0,20% und ein Mittelwert von 0,12%.

6.5 Berechnung C-OctaBDE im EEE Abfallstrom

6.5.1 Berechnungsweg 1

Bestimmung des frühestmöglichen und spätesten Phase-Out-Zeitpunktes

Ausgehend von der mittleren Lebensdauer der elektrischen und elektronischen Gerätekategorien und den in Abschnitt 6.1 erläuterten Jahren 1995 für das Szenario Minimum und 2004 für das Szenario Maximum, stellt Tab. 20 die Jahreszahlen dar, ab denen kein C-OctaBDE mehr im Abfallstrom zu erwarten ist.

Tab. 20: Durchschnittliche Lebensdauer von elektrischen und elektronischen Geräten nach Produktkategorien und der daraus resultierenden Zeitspanne, in der C-OctaBDE-haltige Geräte noch im Abfallstrom zu erwarten sind

Kategorie		Voraussichtl. mittl. Lebensdauer ⁶³ [Jahre]	Noch im Abfallstrom bis (1995 +) (Szenario Min.) [Jahr]	Noch im Abfallstrom bis (2004 +) (Szenario Max.) [Jahr]
1. Haushaltsgroßgeräte		10	2005	2014
2. Haushaltskleingeräte		5	2000	2009
3. IT- und Telekommunikationsgeräte				
Davon	Persönliche Informations- und/oder Datenverarbeitung	7	2002	2011
	Persönliches Drucken von Informationen und Übermittlung gedruckter Informationen	7	2002	2011
	Persönliche Kommunikationsgeräte	7	2002	2011
	Mobiltelefone	7	2002	2011
	Datensichtgeräte	8	2003	2012
	Kameras (Foto)	7	2002	2011
4. Geräte der Unterhaltungselektronik				
Davon	TV-Geräte	10	2005	2014
	übrige Geräte der Unterhaltungselektronik (außer TV-Geräte)	5	2000	2009
5. Beleuchtungskörper		6	2001	2010
5a. Gasentladungslampen		-	-	-
6. Elektrische und elektronische Werkzeuge		5	2000	2009
7. Spielzeug sowie Sport- und Freizeitgeräte		10	2005	2014
8. Medizinische Geräte		5	2000	2009
9. Überwachungs- und Kontrollinstrumente		8	2004	2012
10. Automatische Ausgabegeräte		8	2004	2012

Beim Szenario Minimum ist bereits seit 2006 kein C-OctaBDE mehr im Abfallstrom zu erwarten. Beim Szenario Maximum ist frühestens seit 2009 mit einer Abnahme an C-OctaBDE im Abfallstrom zu rechnen.

Bestimmung des C-OctaBDE-Gehalts im EEE-Abfallstrom

Aufgrund der bei Wäger et al. (2010) aufgeführten Ergebnisse (siehe Kapitel 6.4, Abschnitt EMPA (Wäger et al. 2010) und BiPRO (2011), Seite 70) wird für die folgende Berechnung angenommen, dass Haushaltsgroßgeräte kein C-OctaBDE enthalten, auch wenn Morf et al. (2003) eine Produktkonzentration von 0,051 Gew.-% für C-OctaBDE angeben. Für alle weiteren Geräte werden aufgrund mangelnder anderweitiger Angaben die bei Morf et al. (2003) angegebenen Konzentrationen für C-OctaBDE herangezogen.

Für die Abfallmengen von 2006 bis 2008 ergeben sich nach Konzentrationen von C-OctaBDE in EEE von Morf et al. (2003) C-

⁶³ Quellen vgl. Anhang, Tab. 46, S. 124

OctaBDE-Mengen im Bereich von etwa 23–36 Tonnen pro Jahr (siehe Tab. 21).

Tab. 21: Szenario Maximum: C-OctaBDE im Abfall von 2006 bis 2008 auf Basis der Abfallmengen aus , Tab. 16, Seite66 und nach Produktkonzentrationen für EEE nach Morf et al. (2003; S. 183/184)

Kategorie		Produktkonzentr. Nach Morf et al. (2003) [g/kg]	Menge C-OctaBDE 2006 [t]	Menge C-OctaBDE 2007 [t]	Menge C-OctaBDE 2008 [t]
1. Haushaltsgroßgeräte		0,051	0*	0*	0*
2. Haushaltskleingeräte		0,077	2,8	4,0	6,3
3. IT- und Telekommunikationsgeräte					
davon	Persönliche Informations- und/oder Datenverarbeitung	0,077	1,9	2,2	2,4
	Persönliches Drucken von Informa- tionen und Übermittlung gedruckter Informationen	0,234	5,2	6,2	6,5
	Persönliche Kommunikationsgeräte	0,077	0,3	0,3	0,2
	Mobiltelefone	0,077	0,0	0,0	0,0
	Datensichtgeräte	0,077	3,1	3,7	5,0
	Kameras (Foto)	0,077	0,0	0,0	0,0
4. Geräte der Unterhaltungselektronik					
davon	TV-Geräte	0,077	7,0	8,4	9,6
	übrige Geräte der Unterhaltungs- elektronik (außer TV-Geräte)	0,086	1,7	2,1	3,4
5. Beleuchtungskörper		0,009	~0,0	~0,0	~0,0
5a. Gasentladungslampen		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
6. Elektrische und elektronische Werkzeuge		0,051	0,6	0,6	1,1
7. Spielzeug sowie Sport- und Freizeitgeräte		0,077	0,3	0,3	0,6
8. Medizinische Geräte		0,051	0,1	1,2	0,1
9. Überwachungs- und Kontrollinstrumente		0,051	0,0	0,1	0,1
10. Automatische Ausgabegeräte		0,051	0,3	0,1	0,3
Summe		n.a.	23,3	29,4	35,6

*Die C-OctaBDE Menge in Haushaltsgroßgeräten wurde aufgrund neuerer Ergebnisse (Wäger et al. 2010) mit Null berechnet.

n.b. = nicht bestimmt, n.a. = nicht anwendbar

Zur Entwicklung der Abfallmengen nach 2008 im Szenario Maximum können nur bedingt Aussagen gemacht werden. Nach den Entwicklungen des Ausstattungsbestandes privater Haushalte in Deutschland von 1998–2009 (siehe Tab. 61, im Anhang ab S. 217, Statistisches Bundesamt 2003, 2007 und 2010b) zeigt sich im Bestand an Haushaltsgroßgeräten, wie Kühlschränken und Waschmaschinen, kein großes Wachstum, sodass im Abfallaufkommen dieser Produktkategorie kein sprunghafter Anstieg zu erwarten ist. Im Bereich der Produktkategorien 3, IT- und Telekommunikationsgeräte, und 4, Geräte der Unterhaltungselektronik, zeigt der Bestand von 1998 bis 2009 ein sehr dynamisches Wachstum (z.B. Mobiltelefone, mobile PCs, digitale Fotoapparate). Insofern ist bei diesen Produktkategorien ein weiteres Ansteigen im Abfallaufkommen zu erwarten, das bereits in den Jahren 2006 bis 2008 zu verzeichnen ist.

6.5.2 Berechnungsweg 2

Man kann grundsätzlich zwei verschiedene Annahmen für die weitere Berechnung des C-OctaBDE Gehalts zugrunde legen:

- a) Es wird davon ausgegangen, dass die statistisch erfasste Fraktion „16021504*⁶⁴ Kunststoffe, die bromierte Flammenschutzmittel enthalten“ vorwiegend Kunststoffe enthält, die den hohen C-OctaBDE Gehalt der flammgeschützten Gehäusekunststoffe aufweisen ⇒ ein theoretischer maximaler Wert für C-OctaBDE in dieser Fraktion.
- b) Es wird davon ausgegangen, dass eher eine Durchmischung verschiedenster Kunststoffe mit unterschiedlichen C-OctaBDE Gehalten vorliegt, die kleiner sind als die aus der Literatur bekannten Werte für Gehäusekunststoffe. Damit wird ein mittlerer C-OctaBDE gehalt für die Berechnung herangezogen ⇒ ein theoretischer minimaler Wert für C-OctaBDE in dieser Fraktion.

Legt man den in Tab. 19, Seite 72 jeweils errechneten Mittelwert der C-OctaBDE-Konzentration in EEE-Altgeräte-Kunststoffen von 0,12% (geringere Konzentration der Gesamtkunststofffraktion) und in EEE-Gehäusen von 0,5% (höhere Konzentration für Gehäusekunststoffe) zugrunde, ergeben sich die in Tab. 22 beschriebenen C-OctaBDE-Mengen im Abfallstrom.

Tab. 22: Menge „Kunststoffe mit bromierten Flammenschutzmitteln“ aus elektrischen und elektronischen Geräten (Statistisches Bundesamt 2008; 2009; 2010) und darin enthaltenes C-OctaBDE nach Mittelwerten aus Tab. 19, Seite 72

	2006	2007	2008
16021504* Kunststoffe, die bromierte Flamm- schutzmittel enthalten [t]	1.000	1.100	1.400
theoretischer maximaler Wert für C-OctaBDE in Kunststoffgehäusen (Fall a) [t]	5	5,5	7
theoretischer minimaler Wert für C-OctaBDE in der Gesamtkunststofffraktion (Fall b) [t]	1,2	1,3	1,7
Zum Vergleich: Mengen aus Berechnungsweg 1 [t]	23,3	29,4	35,6

*Gefährliche Abfälle laut Abfallschlüsselnummer. Abfallkatalog laut Statistischem Bundesamt (achtstelliger Code), siehe auch Beschreibung oben.

⁶⁴ Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV). Das aktuell geltende Europäische Abfallverzeichnis gibt 20 Kapitel und 839 Abfallarten mit Bezeichnung und sechsstelligem Abfallcode vor, denen die Abfälle bei Entsorgungsvorgängen zuzuordnen sind.

6.5.3 Zusammenfassung

Die über den Berechnungsweg 2 ermittelten Mengen liegen weit unterhalb derjenigen des Berechnungswegs 1. Da diese möglicherweise zu hoch geschätzt sind, die statistisch erfassten Mengen an Kunststoff jedoch möglicherweise eher zu niedrig liegen (da sie nur einen Teil des C-OctaBDE-Gehaltes erfassen), ergibt sich eine Bandbreite für den möglichen Gehalt an C-OctaBDE im Abfallstrom aus Elektro- und Elektronikaltgeräten von etwa 1,2 bis 35,6 t C-OctaBDE pro Jahr.

6.6 Export PBDE-haltiger Elektro(nik)geräte

Die tatsächlich anfallende Menge an C-OctaBDE entspricht jedoch nicht dem Gehalt an C-OctaBDE in allen auf den Markt gebrachten EEE, da ein Teil der in Deutschland anfallenden Altgeräte exportiert wird: Ein geringer Anteil aller Elektro(nik)altgeräte geht zur Entsorgung in andere EU-Mitgliedstaaten⁶⁵.

In Nicht-EU-Staaten erfolgt offiziell kein Export von Elektro(nik)altgeräten. In Nicht-EU-Staaten werden offiziell lediglich Gebrauchtgeräte exportiert. Der Exportstrom von gebrauchten Elektronikgeräten ist allerdings schwer zu quantifizieren, da die deutsche Außenhandelsstatistik nur einen Teil der tatsächlichen Exporte erfasst und nicht zwischen Gebraucht- und Neuwaren differenziert. Eine Analyse von Ökopool im Jahr 2008 zeigte aber, dass es sich bei den exportierten elektrischen und elektronischen Geräten kaum um Neugeräte handeln kann (Sander und Schilling 2010): *„Der sehr geringe Preis sowie die Ergebnisse verschiedener Exportkontrollen zeigen, dass es sich bei einem wesentlichen Anteil um Geräte in einem sehr schlechten Zustand gehandelt hat. Eine nicht ermittelbare Menge wurde illegal als gebrauchte Geräte verbracht, obwohl es sich um Altgeräte handelte.“*

Für 2008 gibt Ökopool eine hochgerechnete Gesamtmenge der Exporte von hauptsächlich gebrauchter EEE zwischen 93.000 t und 216.000 t an (Sander und Schilling 2010).

6.7 Schlussfolgerungen

Vergleichbar zu anderen Branchen gibt es auch bei den elektrischen und elektronischen Geräten frühe Initiativen vonseiten der Industrie, auf den Einsatz von C-OctaBDE zu verzichten und stattdessen andere Flammschutzmittel einzusetzen. Daraus ergibt

⁶⁵ 2006: 19.000 t; 2007: 7.468 t und 2008: 6.640 t

sich das Szenario Minimum, wonach bereits 1995 auf C-OctaBDE in EEE verzichtet wurde. Das Szenario Maximum nimmt an, dass erst im Jahr 2004 durch das gesetzliche Verbot kein C-OctaBDE mehr eingesetzt wurde. Legt man die jeweils mittlere Lebensdauer der EEE-Produktgruppen zugrunde, so ist beim Szenario Minimum bereits seit 2006 kein C-OctaBDE mehr im Abfallstrom zu erwarten. Beim Szenario Maximum ist frühestens seit 2009 mit einer Abnahme an C-OctaBDE im Abfallstrom zu rechnen.

Insgesamt muss aber bei beiden Szenarien über die angegebenen Jahreszahlen hinaus mit einer geringen Menge an C-OctaBDE im Elektro(nik)altgeräte-Strom gerechnet werden, da aufgrund des Speichereffektes Elektro(nik)altgeräte häufig in privaten Haushalten zwischengelagert werden, bevor sie endgültig entsorgt werden.

Beim Szenario Maximum ergeben sich aus den Abfallmengen der Elektro(nik)altgeräte von 2006 bis 2008, die aufgrund der Richtlinie 2002/96/EG über Elektro- und Elektronik-Altgeräte erfasst werden müssen, nach Konzentrationen von C-OctaBDE in EEE von Morf et al. (2003) C-OctaBDE-Mengen im Bereich von 23,2 bis 35,6 t pro Jahr (siehe Tab. 21, S. 74); Mittelwert etwa 30 t.

Alternativ wird für das Szenario Maximum für aus Elektro(nik)altgeräten anfallende Kunststoffe, die bromierte Flammschutzmittel enthalten, der Gehalt an C-OctaBDE im Abfallstrom geschätzt. Die Menge an Kunststoffen aus EEE, die bromierte Flammschutzmittel enthalten, wird mit einem Mittelwert aus C-OctaBDE-Konzentrationen multipliziert, die auf Messergebnissen von C-OctaBDE in Gehäusen von Elektroschrott beruhen. Danach ergibt sich ein Gehalt von 5-7 t (Mittelwert etwa 6 t) C-OctaBDE im Abfallstrom. Für die Berechnung mit dem Gehalt für gemischte Gesamtkunststoffe ergibt sich in etwa ein mittlerer Gehalt von 1,5 t (1,2-1,7 t) (siehe Tab. 22, S. 75).

Ein erheblicher Teil der alten elektrischen und elektronischen Geräte wird allerdings (illegal) exportiert. Diese Mengen lassen sich jedoch nicht quantifizieren und der Gehalt an C-OctaBDE darin nicht abschätzen. Für die Berichtspflichten schlagen wir vor die Werte aus der konservativen Betrachtung (Szenario Maximum) heranzuziehen.

Tab. 23: Aufschlüsselung des C-OctaBDE Mengen im Abfallstrom; die für die Berichtspflicht an die Stockholm Konvention relevanten Kongenere sind grau hinterlegt.

Kongener	Für die Umrechnung von C-OctaBDE verwendeter Mittelwert, auf 100% normiert	Berechnungsweg 1		Berechnungsweg 2	
		C-OctaBDE Bestandteile im EEE-Abfallstrom Szenario Minimum [t]	C-OctaBDE Bestandteile im EEE-Abfallstrom Szenario Maximum [t]	Theoretischer maximaler Wert für C-OctaBDE Kunststoffgehäuse (Fall a) [t]	Theoretischer minimaler Wert für C-OctaBDE Gesamtkunststofffraktion (Fall b) [t]
PentaBDE	4,7%	0	1,41	0,28	0,07
HexaBDE	7,4%	0	2,22	0,44	0,11
HeptaBDE	44,5%	0	13,35	2,67	0,67
OctaBDE	31,6%	0	9,48	1,90	0,47
NonaBDE	10,7%	0	3,21	0,64	0,16
DecaBDE	1,1%	0	0,33	0,07	0,02
Summe	100%	0	30,0	6,0	1,5

Bei einer Betrachtung der gerichteten Abfallbehandlungswege lässt sich weiter konstatieren, dass PBDE-haltige Kunststoffe in Deutschland in der Regel in thermischen Verwertungs- und Beseitigungsverfahren enden. Diese sind:

- Verwertung metallhaltiger Fraktionen (z.B. Leiterplatten) in Schmelzöfen zur Metallrückgewinnung,
- energetische Verwertung von Kunststofffraktionen,
- thermische Beseitigung von Kunststofffraktionen.

Für den Bereich der Metallgewinnung ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass Anlagen eine Abluftreinigung mit Nachverbrennung haben sollten, da ansonsten eine Emission von PBDE und zudem Dioxinen und Furanen möglich ist, die bei Erhitzen des Inputmaterials entstehen können.

Eine Deponierung solcher Fraktionen ist in Deutschland aufgrund des zu hohen Organikgehaltes nicht mehr erlaubt (vgl. Anhang 3 DepV). Brom ist kein Parameter, der eine Rolle für die Deponierung spielen würde. Historisch wurden Geräte aus dem Elektrobereich jedoch auch in Deponien eingebracht und sind entsprechend auch gegenwärtig noch dort vorhanden (Sander et al. 2004). Eine Untersuchung von Deponiesickerwasser aus Österreich (Moche et al. 2004) zeigt, dass PBDE dort nachgewiesen werden können (483 ng/l bis 1.051 ng/l, hauptsächlich 2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether, 2,2',4,4',5-Pentabromdiphenylether und 2,2',3,4,4',5',6-Heptabromdiphenylether). Ein nennenswertes werkstoffliches oder rohstoffliches Recycling PBDE-haltiger Fraktionen findet in Deutschland nach Informationen von Akteuren der Recyclingbranche

nicht statt. Verfahren zur Entfrachtung von PBDE-haltigen Kunststoffen finden nach derzeitiger Wissenslage der Autoren in Deutschland nicht statt.

Es lässt sich daher schließen, dass alle aktuell in Deutschland behandelten Abfälle zu einer Zerstörung der PBDE führen. Potentielle Quellen für Umweltemissionen sind die mechanischen Behandlungswege von Elektrogeräten (inkl. Schredder, Verladeanlagen etc.) und die Deponien. Ein Teil der PBDE-haltigen Geräte und Fraktionen fließt über den Export in andere Länder ab. Exakte Aussagen zu diesem Export sind nicht möglich. Es gibt jedoch deutliche Hinweise darauf, dass speziell der (illegale) Export in Länder außerhalb Europas von Elektroaltgeräten zu erheblichen Umweltbelastungen in den Zielländern führt. Hier kann nicht ausgeschlossen werden, dass eine Durchmischung der PBDE-haltigen Kunststoffe mit neuen Kunststoffen erfolgt, sodass PBDE auch in anderen Erzeugnissen, wie z.B. Spielzeug, Haushaltswaren und Videobändern gefunden werden, die ursprünglich nicht im Verdacht standen (UNEP 2010b).

6.8 Quellenverzeichnis Elektro- und Elektronikgeräte

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

BMU (2008): Daten über Elektro(nik)geräte in Deutschland im Jahr 2006 - BMU-Erläuterungen zu der Berichterstattung an die EU-Kommission. 5.9.2008, http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/erlaeuterungen_daten_elektronikgeraete.pdf, Stand: 4.9.2011.

BMU (o.J.): Elektro- und Elektronikgeräte in Deutschland: Daten 2007 und 2008 zur Erfassung, Behandlung und Wiederverwendung. http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/daten_elektrogeraete_2007_2008_bf.pdf, Stand: 4.9.2011.

European Commission DG TREN (2007): Preparatory studies for Eco-design Requirements of EuPs (TREN/D1/40-2005/LOT4/S07.56332) LOT 4: Imaging Equipment: Copiers, Faxes, Printers, Scanners, MFD Final Reports (eight documents task 1-8), http://www.ecoimaging.org/finalised_documents.php, Stand: 4.9.2011.

KemI (1999): Phase-out of PBDEs and PBBs: Report on a Governmental Commission. Report No. 2/99. Kemikalieinspektionens - KemI (The Swedish National Chemicals Inspectorate), Solna 1999.

Moche et al. (2004): Moche, W., Stephan, K., Thanner, G., Bromierte Flammschutzmittel in der aquatischen Umwelt, Umweltbundesamt Österreich 2004,

<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE243.pdf>.

Morf et al. (2003): Morf, L., Smutny, R., Taverna, R., Daxbeck, H.: Selected polybrominated flame retardants PBDEs and TBBPA. Substance flow analysis. Environmental Series No. 338. Environmental hazardous substances, Bern 2003.

Sander et al. (2004): Sander, K., Zangl, S., Bünemann, A., Bartnik, S.: Ermittlung von Verwertungskoeffizienten für die Fraktionen und Bauteile zur Dokumentation von Quoten auf der Basis von Artikel 7 der EU-Richtlinie zur Verwertung von Elektroaltgeräten (WEEE), Umwelt-Forschungs-Plan, FKZ 203 33 395, Endbericht; Berlin 2004.

Sander und Schilling (2010): Sander, K., Schilling, S.: Optimierung der Steuerung und Kontrolle grenzüberschreitender Stoffströme bei Elektroaltgeräten / Elektroschrott. FKZ 3708 93 300. UBA-FB 001331, http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3769, 28.8.2011

Sander (2012: Persönliche Mitteilung von Kurt Sander, Ökopool GmbH, April 2012.

Schlummer et al. (2007): Schlummer, M., Gruber, L., Maurer, A., Wolz, G., van Eldik, R.: Characterisation of polymer fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE) and implications for waste management. Chemosphere 67, 2007, 1866-1876.

Statistisches Bundesamt (2003): Wirtschaftsrechnungen. Ausstattung privater Haushalte mit langlebigen Gebrauchsgütern. 1998-2002. Fachserie 15, Reihe 2.

Statistisches Bundesamt (2007): Wirtschaftsrechnungen. Ausstattung privater Haushalte mit langlebigen Gebrauchsgütern. 2000-2006. Fachserie 15, Reihe 2.

Statistisches Bundesamt (2008): Umwelt Abfallentsorgung 2006. Fachserie 19 Reihe 1.

Statistisches Bundesamt (2009): Umwelt Abfallentsorgung 2007. Fachserie 19 Reihe 1.

Statistisches Bundesamt (2010a): Umwelt Abfallentsorgung 2008. Fachserie 19 Reihe 1.

Statistisches Bundesamt (2010b): Laufende Wirtschaftsrechnungen. Ausstattung privater Haushalte mit ausgewählten Gebrauchsgütern. 2009. Fachserie 15, Reihe 2.

stiftung ear (2010): Regelsetzung. Regel: Daten zur Ermittlung der Garantiehöhe. ear 02-003,

<http://www.stiftung-ear.de/download/02-003alt4.pdf>, Stand: 18.4.2012.

stiftung ear (2011): Zusammensetzung gemischter Sammelgruppen: http://www.stiftung-ear.de/service_und_aktuelles/kennzahlen/zusammensetzung_gemischter_sammelgruppen, Stand: 18.4.2012.

UNEP (2010b): UNEP/POPS/POPRC.6/2: Work programmes on new persistent organic pollutants as adopted by the Conference of the Parties: Technical Review of the Implications of Recycling Commercial Pentabromdiphenyl Ether and Commercial Octabromdiphenyl Ether, DRAFT August 2010
<http://chm.pops.int/Convention/POPsReviewCommittee/POPRCMeetings/POPRC6/POPRC6Documents/tabid/783/Default.aspx>, Stand: 8.9.2011.

UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05. August 2007,
http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf, Stand: 8.9.2011.

Wäger, P.; Schluep, M.; Müller, E. (2010): RoHS substances in mixed plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment. Final Report September 17, 2010. Technology & Society Lab. Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology.

Witteveen+Bos (2008): Stichting Witgoed, Stichting Bruingoed, Stichting ICT-Milieu, Stichting Metalektro Recycling, Stichting LightRec, Stichting Verwerking Centrale, Ventilatoren, Stichting Verwijdering Elektrische, Gereedschappen: Onderzoek naar complementaire afvalstromen voor e-waste in Nederland, Breda 2008.

7 Stoffflussanalyse Perfluorooctansulfonat (PFOS)

7.1 Galvano- und Oberflächentechnik

7.1.1 Hintergrund

Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) werden als Netzmittel für zahlreiche nasschemische Prozesse der Oberflächenveredlung auf Grund ihrer Eigenschaften hinsichtlich Prozesssicherheit (z.B. chemische Beständigkeit, gute und gleichmäßige Benetzung der Oberfläche) eingesetzt. In der Galvanik, einem Teil der Oberflächentechnik, ist insbesondere das PFOS von Bedeutung.

PFOS dient in Galvanotechniksystemen dazu, die Oberflächenspannung der Behandlungsbäder, in welche die zu bearbeitenden Werkstücke eingetaucht werden, herabzusetzen (gute Benetzungseigenschaften) und verringern durch das schnellere Abtropfen die Verschleppung von Prozesswasser in die folgenden Becken. Die Abwesenheit von Prozesswasser auf der Oberfläche ist Voraussetzung für die Qualität und Gleichmäßigkeit der Beschichtungen⁶⁶.

Zudem wird PFOS aufgrund der chemischen Stabilität (Beständigkeit) gegenüber dem sehr starken Oxidationsmittel Chrom(VI) sowie gegenüber Schwefelsäure/Chromschwefelsäure eingesetzt. Dadurch wird in den Chromelektrolyten⁶⁷ die Aufnahme von toxischen Chrom(VI)-Aerosolen und die Aerosolbildung bei der Ausgasung von Wasserstoff und Sauerstoff an den Elektroden verhindert und somit ein wichtiger Beitrag für den Arbeitsschutz bzw. Explosionsschutz geleistet. Weiterhin ist von PFOS keine Schlamm Bildung in den Bädern durch Abbauprodukte zu erwarten, die ebenfalls zu einer Beeinträchtigung der Qualität der Werkstückoberflächen führen kann.

Von Zeit zu Zeit muss PFOS nachdosiert werden, da seine teilweise Verschleppung in darauffolgende galvanische Becken nicht ganz verhindert werden kann. Die genaue PFOS Menge für die nachträgliche Dosierung wird z. B. durch Messen der Oberflächenspannung ermittelt (BREF_Galvanik 2005).

PFOS oder PFOS-haltige Lösungen kommen heute noch in folgenden Galvanisierungsverfahren zum Einsatz (ZVO 2009a):

⁶⁶ Auch in stark sauren Chromelektrolyten. Insbesondere Hartchromüberzüge benötigen eine gleichmäßig ausgebildete Oberflächenstruktur (ZVO 2009a).

⁶⁷ Chromelektrolyte bestehen in erster Linie aus Chromsäure und Katalysatoren (Lausmann und Unruh 2006).

- Glanzverchromung;
- Hartverchromung;
- Kunststoffbeizlösung, ABS-Beize;
- Alkalische Zinkverfahren und Zinklegierungsverfahren;
- Außenstromlose Vernicklung;
- Stark saure Edelmetallverfahren.

Der mengenmäßig größte Anteil an PFOS wird für die Verwendung in der Hartverchromung eingesetzt und beträgt ca. 50% der gesamten in Deutschland eingesetzten PFOS Menge in Prozessen der Oberflächentechnik (ZVO 2011).

Wegen der hohen Beständigkeit (Persistenz), der kanzerogenen und fortpflanzungsschädigenden Wirkungen, sowie des Anreicherungspotentials entlang der Nahrungskette in Verbindung mit einem hohen Ferntransportpotential beziehungsweise der schlechten biologischen Abbaubarkeit der verwendeten PFOS-Netzmittel, ist der Einsatz dieser Chemikalie seit 27. Juni 2008 in der EU verboten (gemäß Richtlinie 2006/122/EG)⁶⁸. Für die Verwendung in der Galvanotechnik gelten aktuell jedoch noch folgende Ausnahmeregelungen. Antischleiermittel für nicht-dekoratives Hartverchromen (Chrom VI) und Netzmittel für überwachte Galvanotechniksysteme (siehe auch Kapitel 3, Seite 4).

In den letzten Jahren wurden daher zahlreiche Methoden zur Reduzierung von PFOS entwickelt bzw. PFOS-freie Netzmittel hinsichtlich ihrer Eignung für die galvanischen Prozesse untersucht, um insbesondere die PFOS-Fracht im Abwasser zu reduzieren (siehe Kapitel 7.1.4, Seite 97).

7.1.2 Quantifizierungsmethodik

Die eingesetzte Menge an PFOS in galvanotechnischen Anwendungen in Deutschland wird in verschiedenen Quellen unterschiedlich angegeben. Für die Berechnung der eingesetzten Mengen wurden daher zunächst bisher existierende Quantifizierungen beschrieben und bewertet. Diese wurden durch eigene Berechnungen auf Basis der bisherigen Quellen sowie auf Basis weiterer eigener erhobener Daten ergänzt. Hieraus lässt sich ein gemittelter Wert ableiten,

⁶⁸ Ab dem 01. Juni 2009 wurde diese Regelung durch das Inkrafttreten des Anhang XVII der Verordnung EG 1907/2006 ersetzt. Der Eintrag zu PFOS wurde wiederum 2011 durch Verordnung (EU) Nr. 207/2011 im Anhang XVII von REACH gestrichen und durch Verordnung (EU) Nr. 757/2010 in die Verordnung (EG) 850/2006 überführt.

der den weiteren Berechnungen zum Verbleib im Produkt und in der Umwelt zugrunde gelegt wird. Darüber hinaus können daraus auch Abschätzungen zu den entstehenden PFOS-haltigen Abfallmengen gemacht werden.

Bisherige Quantifizierungen

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) hat im Rahmen der Berichtspflichten nach EU-Richtlinie 2006/122/EG, Erhebungen zu den vorhandenen Beständen an PFOS-haltigen Antischleier- und Netzmitteln in Galvaniken erstellt. Die Datenerhebung der BAuA -Zahlen deutet darauf, dass insgesamt wahrscheinlich mehr PFOS in der Galvanik eingesetzt wird, als in den Inventaren⁶⁹ angegeben.

52 Galvanunternehmen unterschiedlicher Größe haben Informationen über die Einsatzmengen von PFOS und die freiwerdende PFOS-Menge in das Abwasser oder die Abluft in % und in kg pro Jahr an die BAuA im Jahr 2008 übermittelt⁷⁰. Die eingereichten Einsatzmengen ergaben eine Gesamtsumme von 1.883 kg bzw. nach Angaben der BAuA auf die 52 Firmen umgerechnet ca. 41 kg⁷¹ PFOS pro Jahr und Betrieb (BAuA 2009). Die daraus in Deutschland freigesetzte Menge PFOS in das Abwasser und die Luft beläuft sich auf 126 kg bzw. 6,7% von der Gesamtsumme (auf den einzelnen Betrieb umgerechnet ergibt das ca. 2,4 kg PFOS Emissionen bzw. 6,7% der eingesetzten 41 kg). Wobei die pro Jahr freiwerdende PFOS Menge der eingesetzten Antischleiermittel für nicht-dekoratives Hartverchromen und Netzmittel für überwachte Galvanotechniksysteme unterschiedliche Konzentrationen in Höhe von <1% bis 50% aufweisen. Anhand der angegebenen Konzentrationen lässt sich keine Zuordnung zu den verschiedenen Galvanisierungsverfahren herstellen (BAuA 2009).

Nach Aussage von Lanxess (2010), dem einzigen PFOS-Produzenten in Deutschland, wurden 2010 ca. 3.000 kg PFOS (Originalsubstanz) über Zwischenhändler und Formulierer an deutsche Galvaniken (insbesondere in der galvanischen Hart- und Glanzverchromung)

⁶⁹ Laut BAuA (2009) kann die Inventarisierung als eher unvollständig betrachtet werden, da die Meldungen nur infolge von Aufrufen und ohne Vollständigkeitsprüfung erfolgt sind.

⁷⁰ Es ist nicht bekannt, wie die Firmen die freigesetzten Mengen PFOS ermittelt haben. Die übermittelten Informationen wurden nach § 18 Absatz 1 in Verbindung mit Anhang IV Nr. 32 Absatz 4 der Gefahrstoffverordnung erhoben.

⁷¹ BAuA gibt 41kg pro Betrieb an. Das Öko-Institut hat die Angaben der BAuA genutzt, um eine eigene Rechnung durchzuführen. Danach fallen etwa 36 kg PFOS pro Betrieb an (siehe auch im folgenden Unterkapitel eigene Berechnungen weiter unten)

vermarktet. Nach Angaben von Lanxess (2010) kann der prozentuale Mengenimport aus China sowie aus den restlichen Ländern der Welt auf ca. 1% der o.g. gehandelten Menge von Lanxess geschätzt werden (entspricht also ca. 30 kg). Insgesamt kann die Einsatzmenge von PFOS in Deutschland also auf 3030 kg für 2010 angegeben werden (Lanxess 2010).

Laut dem Zentralverband für Oberflächentechnik (ZVO 2011) wurden im Jahr 2009 ca. 1.250 kg und in 2010 ca. 1.300 kg PFOS in den ZVO-Galvaniken eingesetzt. Im ZVO sind ca. 36% (735 Betriebe) der ca. 2.050 Galvaniken in Deutschland vertreten.

Basierend auf Quellenangaben des ZVO hat das deutsche Unternehmen Ionic Liquid Technologies⁷² im Rahmen eines Projektes⁷³ der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) angegeben, dass in Deutschland im Jahr 2008 3.450 kg PFOS in Galvaniken eingesetzt wird (IOLITEC 2008).

Über vorhandene PFOS Mengen im Lagerbestand von Galvaniken und bei Zwischenhändlern wurden an die Autoren keine Informationen weitergereicht.

Eigene Berechnungen

Die oben aufgeführten Angaben wurden auf Plausibilität geprüft und genutzt, um eine eigene Rechnung durchzuführen.

Legt man die Zahlen des ZVO für das Jahr 2010 zugrunde, kann bei 735 Betrieben und einer Einsatzmenge PFOS von 1.300 kg eine eingesetzte Menge pro Betrieb von ca. 1,77 kg ermittelt werden. Hochgerechnet auf alle 2.050 Betriebe⁷⁴ ergibt sich hieraus eine Gesamtsumme von etwa 3.629 kg eingesetztem PFOS in deutschen Galvaniken. Dies wiederum entspricht in etwa dem von IOLITEC genannten Wert von 3.450 kg und liegt auch in derselben Größenordnung wie die Angaben von Lanxess (3.030 kg).

Die BAuA gibt eine durchschnittliche Einsatzmenge von 41kg pro Betrieb an. Allerdings haben vier Firmen gemeldet, dass sie keine PFOS-haltigen Antischleier oder Netzmittel verwenden. Das Öko-

⁷² IoLiTec beschäftigt sich mit der Produktion und Vermarktung von ionischen Flüssigkeiten. <http://www.iolitec.de/>, Stand 7.5.2012

⁷³ „Substitution von PFOS in der galvanischen Hart- und Glanzverchromung durch umweltfreundliche Netzmittel auf der Basis ionischer Flüssigkeiten und verwandter Verbindungen“ http://www.dbu.de/projekt_26106/db_1036.html, Stand 7.5.2012

⁷⁴ Etwa. 550 Dienstleistungs-Galvaniken aus dem Organisationsbereich Handwerk sowie ca. 1.500 industrielle Lohn- und Inhouse- Galvaniken (ZVO 2007b)

Institut hat diese zusätzlichen Angaben der BAuA (2009) genutzt, um eine eigene Rechnung durchzuführen. Danach fallen etwa 36 kg PFOS pro Betrieb (1.883 kg dividiert durch 52 Betriebe⁷⁵) an. Legt man die von der BAuA erhobenen Zahlen sowie die eigene Berechnung zugrunde, so ergeben sich bei einer durchschnittlichen Einsatzmenge von 41 kg (BAuA) bzw. 36 kg (eigene Berechnung) PFOS pro Betrieb und insgesamt 2.050 Betrieben in Deutschland zwischen 73.800 – 84.050 kg eingesetztem PFOS. Selbst bei der Anwendung des berechneten Medianwertes⁷⁶ von 5,8 kg PFOS pro Betrieb ergibt sich immer noch eine Summe von 11.890 kg. Da beide Zahlen jedoch weit über den oben erwähnten anderen Angaben zu den Einsatzmengen und auch weit über den EU-weit erhobenen Zahlen⁷⁷ (BiPRO 2011, LANUV 2011b) liegen, werden sie als nicht plausibel erachtet und für die weiteren Berechnungen nicht berücksichtigt. Angesichts obiger Quellen scheint es schwer, genaue Angaben zum Gebrauch von PFOS in allen Galvaniken – insbesondere wie viel kg pro Betrieb anfallen – im Jahr 2010 zu machen und diesen zu quantifizieren.

Tab. 24 gibt einen Überblick über die oben erwähnten Quellen zu Einsatzmengen von PFOS.

Tab. 24: Jährliche Einsatzmengen PFOS in der Galvanikindustrie in Deutschland

Bezugsjahr	Quelle	Einsatzmengen in kg PFOS pro Jahr	Einsatzmengen in kg PFOS pro Jahr in Deutschland (eigene Berechnung)
2008	BAuA 2009	1.883	11.890
2008	IOLITEC 2008	3.450	3.450
2009	ZVO 2011	1.250	3.486
2010	ZVO 2011	1.300	3.629
2010	Lanxess 2010	3.030	3.030
Gemittelte Einsatzmenge (ohne BAuA 2009)			3.399

Bildet man den Durchschnitt der summierten Einsatzmenge, so ergibt sich eine mittlere Einsatzmenge von 3.399 kg pro Jahr.

Für die weitere Betrachtung wird daher für das Jahr 2010 von einer eingesetzten Menge von ca. 3.400 kg PFOS ausgegangen.

⁷⁵ Da wir nicht von allen 2050 gemeldeten Galvanikbetrieben die eingesetzte PFOS Menge vorliegen haben, gehen wir davon aus, dass die 4 Betriebe einen gute Abbildung des Unsicherheitsfaktors auf die Gesamtzahl der Betriebe darstellen und somit mit in die Berechnung mit einfließen.

⁷⁶ Eine wichtige Eigenschaft des Medians ist Robustheit gegen Ausreißer.

⁷⁷ EU-weit werden in Betrieben der galvanischen Oberflächenbeschichtung etwa 9 t PFOS pro Jahr eingesetzt.

Weiterer Verbleib von PFOS aus der Galvanotechnik

Als Output werden folgende Stoffflüsse betrachtet: Das hergestellte Werkstück (Produkt), der Eintrag in die Umwelt über Abwasser und Luftemissionen sowie über die aus den Galvanikprozessen anfallenden Rückstände (z.B. Schlämme und Filterkuchen wie z.B. Chromschlamm, Aktivkohlefilter und Ionenaustauscherharze). Wichtig ist zu beachten, dass es neben den dargestellten Eintragspfaden noch einen Anteil PFOS gibt, welcher im Prozess mineralisiert wird (ZVO 2011). Der genaue Anteil des PFOS, das über diesen Weg abgebaut wird, kann aufgrund fehlender Datenlage jedoch nicht von den Autoren beziffert werden.

Emission über das Produkt

Es wird allgemein angenommen, dass auf den behandelten Produkten aus der Galvano- und Oberflächentechnik durch den Abspülprozess keine Spuren von PFOS mehr enthalten sind (BiPRO 2011; Buser und Morf 2009). Daher sind die behandelten Werkstücke auch später bei der Entsorgung mengenmäßig als PFOS-Quelle vernachlässigbar und werden nicht weiter berücksichtigt.

Eintrag in die Umwelt

Ein Eintrag in die Umwelt entsteht in geringem Umfang in die Atmosphäre über Luftemissionen⁷⁸ und in die Hydrosphäre über unbehandeltes sowie behandeltes Abwasser und über Prozessrückstände (Chromschlamm, Aktivkohlefilter und Ionenaustauscherharze).

Tab. 25 gibt einen Überblick über unterschiedliche Angaben zum Verbleib von PFOS aus Galvanikbetrieben. Demnach liegt der jährliche Eintrag in die Umwelt (insbesondere in die Hydrosphäre und Atmosphäre) durchschnittlich zwischen 5 und 7% der eingesetzten PFOS-Menge, wovon nur ein geringer Anteil (0,2%) in die Atmosphäre gelangt. Die Emissionen sind standortabhängig und entstehen daher räumlich verteilt und nicht als einzelne Punktquelle. Der jährliche PFOS-Eintrag in das Abwasser durch einen Betrieb ist abhängig vom eingesetzten Netzmittel, der jährlichen Abwassermenge und der PFOS-Eingangskonzentration.

Tab. 25: Jährlicher Eintrag von PFOS aus Galvanikprozessen in die Umwelt

Quelle	Jährlicher Eintrag in die Umwelt	Hiervon Eintrag in das Abwasser (Hydrosphäre)	Hiervon Eintrag in die Luft (Atmosphäre)
BiPRO 2011 *	5,7%	99,8%	0,2%

⁷⁸ PFOS bewirkt, dass die Oberflächenspannung soweit abgesenkt wird, dass keine Aerosole gebildet werden und keine Emissionen in die Luft entstehen.

ZVO 2009b	6%	100%	k.A.
BAuA 2008	6,7%	k.A.	k.A.
UK_EK 2004:	k.A.	99,8%	0,2%
Gemittelter Wert aus den vorhandenen Quellen	6,1%	99,83%	0,17%
Bei 3.400 kg Einsatz pro Jahr	207,4 kg	207,04 kg	0,36 kg

* Berechnete Daten aus dem Stoffflussdiagramm nach BiPRO (2011), Seite 198

Die oben für 2010 ermittelte Menge an Luftemissionen von ca. 360 g kann anhand folgender Betrachtung überprüft werden: laut BiPRO (2011) und UK_EK (2004) fallen pro Betrieb über einen Zeitraum von einem Jahr ca. 79 mg PFOS Luftemissionen an. Die jährlichen Emissionen in die Luft würden sich danach für die Betriebe in Deutschland auf ca. 162 g belaufen⁷⁹. Berücksichtigt man die Tatsache, dass PFOS je nach Betrieb in sehr unterschiedlichen Konzentrationen freigesetzt wird, erscheint die nach dem ersten Ansatz errechnete Menge einer jährlichen Emission von ca. 360 g PFOS in die Luft plausibel, jedoch möglicherweise etwas zu hoch. Unabhängig von dem definierten Emissionsfaktor ist davon auszugehen, dass der jährliche Beitrag von Emissionen aus den Galvaniken in die Luft weniger als 1% des jährlichen Austrags an PFOS in die Umwelt beträgt.

Der Abwasserfluss besteht aus zwei verschiedenen Strömen. Zum einen gelangt PFOS durch das Spülen im direkten Überlauf in Sammelbehälter sowie bei der Wartung oder Reinigung des Beckens auf direktem Weg in die kommunale Kläranlage. Nebenbei gelangt PFOS über eine Reihe „versteckter Wege“ ins Abwasser wie z.B. durch das Abtropfen von Gestellen (Ablaufrinnen/Pumpensumpf), Eintrag über Absaugschächte und Wäschervorlagen, Notüberläufe von Spülen, Abspritzen der mit Chromat kontaminierten Anlagenteile, Fehlverhalten beim Dosieren, Probenentnahme für interne Analysen sowie nicht zuletzt auch bei Unfällen (ZVO 2009b). Gemäß BiPRO (2011) verlässt einen Betrieb auf diesem Wege demnach ca. 10% des anfallenden Abwassers mit einer Konzentration von ca. 0,505 ppm unbehandelt direkt in das kommunale Abwassersystem. Die restlichen 90% (BiPRO 2011) gelangen in die vorhandene betriebliche Abwasserbehandlung (siehe dazu Abschnitt 7.1.3, Seite 94) und anschließend mit einer Konzentration von ca. 0,06 ppm in den Ablauf der kommunalen Kläranlage.

Emission über den Abfallpfad

⁷⁹ 79 mg jährliche PFOS-Emission pro Betrieb multipliziert mit der Anzahl von ca. 2050 Galvanik-Betrieben in Deutschland.

Da der Abbau von PFOS in den Bädern der Galvaniken (teilweise Zersetzung durch die angelegte Hochspannung) nur in geringem Umfang stattfindet, verlässt näherungsweise die gesamte Menge des eingesetzten Stoffs, neben den zuvor geschilderten Pfaden Abwasser und Luft, die Anlage über den Abfallpfad. Die Bäder werden betrieben, bis sie aufgrund ihrer geringen Qualität (hinsichtlich Arbeitsschutzbedingungen) entsorgt werden müssen. Das kann im Falle des Chromelektrolyten mehrere Jahre dauern (ZVO 2011). Dabei sind in der Branche verschiedene Situationen zu betrachten:

1. Die Bäder werden komplett an einen Entsorger übergeben, der die anschließende Weiterbehandlung der Abfälle übernimmt (vergleichbar mit den verschiedenen vor-Ort-Behandlungen oder den möglichen Verwertungsverfahren, s.u.).
2. Es erfolgt eine vor-Ort-Behandlung der Bäder, dabei laufen Entgiftungs- und Fällungsprozesse ab, die aber vornehmlich nicht auf die Entfernung des PFOS abzielen. Dennoch findet ein Verteilungsprozess aufgrund der Löslichkeit und Adsorptionseigenschaften von PFOS statt. Ergebnisse solcher Prozesse sind:
 - Schlämme, die als Abfälle entsorgt werden;
 - Abwasser, das an die kommunale Kläranlage abgegeben wird.
3. Es erfolgt eine komplette Behandlung der Bäder auf dem Betriebsgelände. Dabei entstehen folgende Fraktionen:
 - Schlämme, die als Abfälle entsorgt werden;
 - Abwasser, für das dann eine Direkteinleiter-Erlaubnis besteht.

Anfallende Rückstände aus den Galvanikprozessen, sogenannte Galvanikschlämme (Chromschlämme), Eluate und Schlämme aus Membransystemen oder Ionenaustauschsystemen, Aktivkohlefilter sowie verbrauchte Ionenaustauscherharze, können PFOS enthalten. In Abb. 9 sind die möglichen anfallenden Abfälle aus der Galvanikindustrie schematisch dargestellt. Eine Auswertung von Galvanik-relevanten Abfällen in NRW (Ökopol/SOFIA 2007) zeigt eine z.T. deutliche Branchenspezifität der Abfallschlüssel (Galvanik, Drahtzieher, Feuerverzinken, Edelstahlbeizen, Eloxieren, Beizen). Es zeigt sich, dass in der Galvanik vor allem Abfälle mit den Abfallschlüsseln 110109* und 110110 anfallen (siehe Abb. 9).

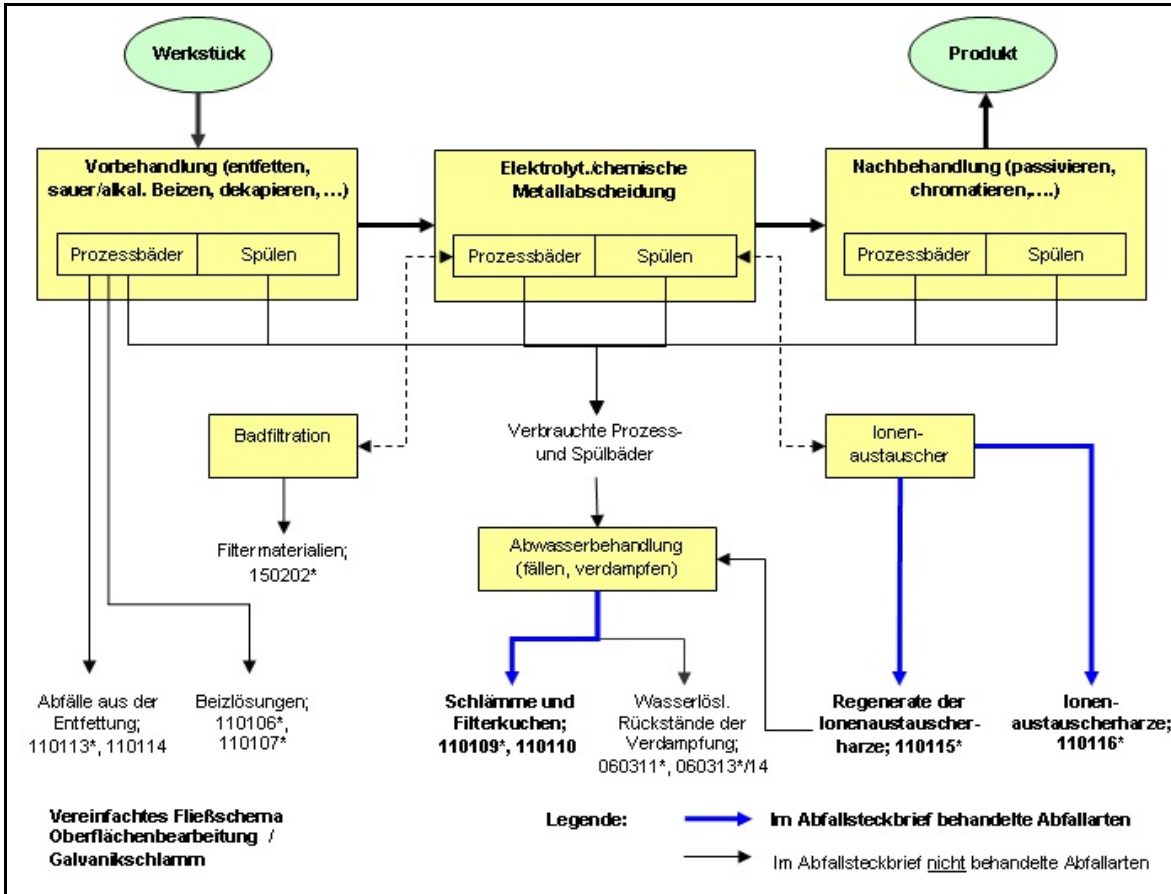


Abb. 9: Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen (Quelle: ABAG-itm 2008⁸⁰)

Die Abfälle aus der Galvanikindustrie werden laut dem Europäischen Abfallverzeichnis⁸¹ dem mit Kapitel 11 „Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen; Nichteisen-Hydrometallurgie“ beginnenden aufgeführten Abfallschlüssel (siehe auch Abb. 9) zugeordnet. Ein mit einem Stern gekennzeichneteter Abfall bedeutet, dass es sich um einen gefährlichen Abfall handelt. Entscheidend für die Einstufung eines gefährlichen Abfalls ist dabei jedoch nicht sein PFOS-Gehalt⁸².

⁸⁰

http://www.abfallbewertung.org/repgen.php?char_id=1101_GalS&report=ipa&kapitel=1&lang_id=en&avv=&synon, Stand 8.5.2012

⁸¹ Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV). Das aktuell geltende Europäische Abfallverzeichnis gibt 20 Kapitel und 839 Abfallarten mit Bezeichnung und sechsstelligem Abfallcode vor, denen die Abfälle bei Entsorgungsvorgängen zuzuordnen sind.

⁸² Umweltgefährlichkeit war keine gefährliche Eigenschaft unter RL 2006/12/EG und wurde erst in RL 2008/98/EC Anhang III aufgenommen. Von daher finden sich keine Grenzwerte zu

Daher können auch Abfälle, die hier nicht als gefährlich gekennzeichnet sind, PFOS enthalten.

Flüssige und schlammförmige Abfälle werden nach ihrer Abholung durch die Entsorger in den meisten Fällen in einer chemisch-physikalischen Behandlungsanlage (CPB-Anlagen) weiterbehandelt. Tab. 26 gibt einen Überblick über die Mengen für das Jahr 2008 der in Abb. 9 dargestellten Abfälle und deren weiteren Verbleib in Deutschland (Statistisches Bundesamt 2010). Es ist zu beachten, dass nicht alle Abfälle zu 100% aus Galvanikbetrieben stammen müssen, von daher ist nicht davon auszugehen, dass es sich bei diesen statistischen Daten immer um PFOS-haltige Abfälle handelt. Weiter muss man berücksichtigen, dass die Abfälle in der Vergangenheit nicht aufgrund der PFOS-Gehalte den CPB-Anlagen zugeführt wurden, sondern aufgrund der Schwermetalle und den extremen pH-Werten der Bäder. Folglich ist die Kenntnis der PFOS-Gehalte in solchen Abfällen gering (Nachfragen bei Behörden der Länder blieben ergebnislos); zum anderen erfolgt eine starke Verdünnung von PFOS durch Vermischung mit Abfällen aus anderen Quellen.

Tab. 26: Abfallschlüssel von in der Galvanik anfallenden Abfällen und zugehörige Mengen für Deutschland 2008 nach Verbleib

EAV-Schlüssel	Abfallart	Thermische Abfallbehandlungsanlage	Chemisch-physikalische Behandlungsanlage (CSB)	Deponien	Sonstige Behandlungsanlagen	Insgesamt
060311 *	feste Salze und Lösungen, die Cyanid enthalten	0,1	0,1	-	-	0,2
060313 *	feste Salze und Lösungen, die Schwermetalle enthalten	1,2	12,4	1,3	0,4	15,3
060314	feste Salze und Lösungen mit Ausnahme derjenigen, die unter 06 03 11 und 06 03 13 fallen	0,2	27,2	41,3	0,9	69,6
110106 *	Säuren anderweitig nicht genannt (a. n. g.)	0,3	11,5	-	0,1	11,9
110107 *	alkalische Beizlösungen	3,7	35,9	-	0,3	39,9

dieser Eigenschaft in der Entsprechenden Kommissionsentscheidung 2000/532/EG. Zahlreiche Abfälle werden gemäß ihrer Herkunft immer als gefährlich eingestuft. Dabei ist der reale Gehalt gefährlicher Stoffe nicht Gegenstand einer Prüfung oder ähnliches. Im europäischen Abfallverzeichnis werden einige Abfallarten generell als gefährlich, andere als generell nicht gefährlich eingestuft. Darüber hinaus gibt es so genannte Spiegeleinträge, bei denen die Einstufung von konkreten Bedingungen, darunter Schadstoffkonzentrationen, abhängt.

EAV-Schlüssel	Abfallart	Thermische Abfallbehandlungsanlage	Chemisch-physikalische Behandlungsanlage (CSB)	Deponien	Sonstige Behandlungsanlagen	Insgesamt
110109 *	Schlämme und Filterkuchen, die gefährliche Stoffe enthalten	0,5	533,5	23,8	27,2	585
110110	Schlämme und Filterkuchen mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 09 fallen	0,2	179,3	6,0	9,5	195,0
110113 *	Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten	0,2	24,4	-	1,1	25,7
110114	Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 13 fallen	-	1,3	-	-	1,3
110115 *	Eluate und Schlämme aus Membransystemen oder Ionenaustauschsystemen, die gefährliche Stoffe enthalten	-	4,5	-	-	4,5
110116 *	gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze	0,0	-	-	-	0,0
	Gesamt [1.000 t]	6,4	830,1	72,4	39,5	948,4
	Prozent	0,7	87,5	7,6	4,2	100,0

Quelle: Statistisches Bundesamt, 2010.

Speziell die Chromelektrolyte durchlaufen noch andere Abfallbehandlungspfade (ZVO 2011):

- Die Chromelektrolyte werden zu einem „Abfall zur Verwertung“, aus dem das Dichromat zurückgewonnen wird. Das PFOS verteilt sich entsprechend seines Adsorptions- und Löslichkeitsverhaltens zwischen fester und flüssiger Phase. Ergebnis dieses Verfahrens ist neben dem Dichromat ein Abwasser, das an die kommunale Entsorgung abgegeben wird und eine Schlammphase, die einer Weiterbehandlung (CPB-Anlage) oder einer Verbrennung zugeführt wird.
- Die Chromelektrolyte werden nach einer bereits erfolgten Elimination des Chrom VI zu einem „Abfall zur Verwertung“, bei dem die restliche enthaltene Chromsäure genutzt wird, den Organikgehalt stark belasteter Abwässer (z.B. aus der Papierindustrie) zur verringern. Das PFOS wird in diesem Prozess jedoch nicht verändert und verbleibt in der Lösung. Ergebnis des Prozesses ist ein Abwasser, welches anschließend in das kommunale Abwassernetz abgegeben wird.

Über eine Verteilung des PFOS zwischen Abwasser und festen Abfällen lassen sich nur Vermutungen anstellen. Die Verteilung hängt von mehreren Faktoren ab, wie dem Verdünnungsvolumen und der

Art der zugesetzten Stoffe zur Behandlung der Flüssigphase. Der weitere Weg der Galvanikabfälle gliedert sich wie folgt:

- Abwässer:

Die meisten Abwasserprozesse werden in der Regel nicht von Direkteinleitern durchgeführt. Es gibt Ausnahmen von industriellen *on-Site* Kläranlagen, die jedoch dann die gleichen Anforderungen wie die kommunalen Kläranlagen einhalten müssen und auch einer behördlichen Überwachung unterliegen. Die Direkteinleiter geben die entstehenden Abwässer an das kommunale Abwassernetz ab. Daher gelangt das PFOS, welches potentiell noch in diesen Abwässern enthalten ist, in die kommunalen Kläranlagen. Sie würden also bei Überprüfungen der zuständigen Behörden erfasst werden und tragen hier zur Gesamtbelastung von Abwässern bei, sind also entsprechend von Messprogrammen erfasst. Auch hier erfolgt durch die Indirekteinleitung eine Verdünnung mit anderen unbelasteten Abwässern (neben der ersten Verdünnung durch andere Abfallströme, s.o.).

- Abfälle:

1. Abfälle der CPB-Anlagen sind im Wesentlichen Schlämme und Filterrückstände aus den verschiedenen Behandlungen. Erkenntnisse zum PFOS-Gehalt der Rückstände der Behandlungsverfahren bestehen nach derzeitigem Informationsstand keine. Es steht jedoch zu vermuten, dass PFOS sich aufgrund seines Adsorptionsverhaltens und tendenziell eher geringen Wasserlöslichkeitspotentials stärker in den Schlämmen anreichert. Dies zu quantifizieren ist jedoch nicht weiter möglich. Schlämme aus der CPB werden in der Regel nicht auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgebracht⁸³, sondern einem Hochbrennungsverfahren⁸⁴ zugeführt, sodass dabei das PFOS zerstört wird.
2. Schlämme der anderen Prozesse werden ebenfalls einer Verbrennung zugeführt. Ggf. ist auch die Deponierung in einer Sonderabfalldeponie denkbar.

⁸³ Dies war wohl die Quelle des PFOS-Eintrags durch eine illegale Nutzung solcher Klärschlämme im Jahr 2006 in NRW (LANUV 2011b).

⁸⁴ Es sollte überprüft werden welche Abbauprodukte bei einer thermischen Verbrennung von 1180°C entstehen. Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass mindestens 1.300°C für Mineralisierung von PFOS notwendig sind.

Für Abfälle aus unterschiedlichen Behandlungsverfahren in der Galvanik wurden bei BiPRO (2011) PFOS-Konzentrationen angegeben (vgl. Tab. 27). Diese Abfälle stammen jedoch aus Behandlungsverfahren, welche derzeit nicht flächendeckend installiert sind (siehe auch Kapitel 7.1.3) und daher eine objektive weitere Berechnung schwierig ist.

Tab. 27: PFOS-haltige Abfälle und ihre Konzentrationen in Galvanikprozessen nach BiPRO (2011)

Abfälle	Abfallschlüssel (EAV-Schlüssel)	Konzentrationen
Chromschlämme	110109* Schlämme und Filterkuchen, die gefährliche Stoffe enthalten	3,1–3,8 ppm
Schlämme aus Aktivkohlebehandlung	110115* Eluate und Schlämme aus Membransystemen oder Ionenaustauschsystemen, die gefährliche Stoffe enthalten	~ 300 ppm
Ionentauscherharze	110116* gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze	bis zu 19.000 ppm
Aktivkohlefilter	061302* gebrauchte Aktivkohle	bis zu 950 ppm

7.1.3 Abwasserbehandlung und Entsorgung der entstehenden Abfälle

Die Galvanikindustrie verursacht ca. 80% der PFOS-haltigen Abwassereinleitungen (MKUNLV 2011a). Entscheidend für die PFOS-Konzentration im Gesamtabwasser sind die verschiedenen Behandlungsbecken des Abwasserbereichs und dessen Aufbereitungsmethoden, welche in den einzelnen Galvanikbetrieben mittels unterschiedlicher Methoden und Technologien vorhanden sind. Der Stand der Technik ist für die Bundesrepublik Deutschland rechtlich verbindlich im Anhang 40 zur Abwasserverordnung (AbwV) definiert (Fath 2008). Daneben fallen viele der PFOS-haltigen Abwässer erst bei den Behandlern an, welche Abfallströme aus der Galvanik weiter bearbeiten (s.o.).

Geschlossene Kreisläufe zur Verminderung des Eintrags von PFOS in die Umwelt sind bei Hartverchromung laut ZVO (2009a) die beste verfügbare Technik (BVT), im Falle der Glanzverchromung gilt dies nur in Einzelfällen; bei der Kunststoffbeize ist lediglich eine Rückführung BVT (ZVO 2009a). *„Durch den Einsatz von Verdampfer- oder Verdunsteranlagen kann in einigen Anwendungen das Spülwasser komplett dem Aktivelektrolyten wieder zugeführt werden. Im Falle des Einsatzes von Verdampferanlagen ist eine Rückführung des Kondensates zu Spülzwecken realisiert. Nach dem Herausnehmen der Ware wird in den meisten Anwendungsfällen der Hartverchromung direkt über der Elektrolytlösung abgespült und der Austrag durch Verschleppung bereits auf ein Mindestmaß reduziert (ZVO 2009a).“*

Je nach im Betrieb vorhandener Abwasserbehandlung verbleiben unterschiedliche PFOS-Konzentrationen im behandelten Abwasser (BiPRO 2011):

- Vakuum-Eindampfanlagen entfernen $\approx 88\%$ PFOS aus dem Abwasser;
- Aktivkohlebehandlung entfernt $\approx 98,8\%$ PFOS aus dem Abwasser;

- Aktivkohlefilter entfernen $\approx 99,1\%$ PFOS aus dem Abwasser;
- Ionentauscherharze entfernen $\approx 99,1\%$ PFOS aus dem Abwasser.

Über die detaillierte Beschreibung der Funktionsprinzipien der einzelnen Methoden und Technologien wird auf den Hansgrohe-Bericht (Fath 2008) verwiesen. Allerdings befinden sich Verfahren zur Elimination von PFOS aus den PFOS-haltigen Teilströmen (die gezielte Adsorption an geeigneter Aktivkohle, die Elektrodialyse, Adsorberharze und Elektrolyse) nach dem ZVO (2009a) in der Erprobung und sind derzeit noch nicht zu den besten verfügbaren Techniken zu zählen. Das bedeutet, dass nicht davon ausgegangen werden kann, dass diese Technik derzeit flächendeckend installiert ist. Daher können auch keine gezielten Angaben in Bezug auf den Anteil der einzelnen Technologien in der Industrie gemacht werden.

Im Folgenden werden diese möglichen Methoden zur PFOS-Rückgewinnung sowie die Entsorgung der dabei entstehenden Rückstände kurz dargestellt (Fath 2008).

Vakuum-Eindampfanlagen, typische Anwendungsgebiete dieser Technologie sind:

- Rückgewinnung von Galvanoelektrolyten;
- Aufrechterhaltung einer gleichbleibenden Spülwasserqualität in Standspülen;
- Volumenreduzierung von umweltschädigenden Abwässern;
- Trennung von Öl- /Wasseremulsionen in der metallverarbeitenden Industrie.

Die mit PFOS belastete wässrige Flüssigkeit wird unter Vakuum bis zur gewünschten Konzentration mehrfach eingedampft. Das so erhaltene Konzentrat (ausgetragene Elektrolytflüssigkeit, inkl. PFOS) wird zu $>95\%$ (ZVO 2004) in die Arbeitselektrolyte zurückgeführt. Das bei dem Prozess anfallende PFOS-haltige Wasser verdunstet größtenteils und der anfallende PFOS-haltige Schlamm wird thermisch verwertet. Das nicht verdunstete Wasser wird der kommunalen Kläranlage zugeführt. Es ist noch nicht eindeutig geklärt, in welchem Verhältnis PFOS in Schlamm und Wasser verbleibt (Fath 2008). Eine aktuelle Studie verweist auf eine grobe Schätzung (LANUV (2011b), dass PFOS in ausgewählten Kläranlagen im Mittel in einer ca. 6,2- (maximal 10-) fach höheren Menge in das Abwasser gelangt als in den Klärschlamm.

Verdunstertechnologie, Rückführung des chromhaltigen Spülwassers über eine Ionentauscheranlage. Durch die Verdunstung und Rückführung von PFT-haltigem Prozesswasser kommt es zu einer Schließung des Stoffkreislaufes im Chrombad und somit zu einer Reduzierung der PFOS-Emissionen.

Adsorption an der Aktivkohle, bei der Aktivkohlebehandlung sammelt sich die mit PFOS beladene Aktivkohle in den Filtertüchern der Kammerfilterpresse an. Der getrocknete Filterkuchen (Chromschlamm) wird anschließend entsorgt. Die verbrauchte Aktivkohle wird bei ca. 1200°C verbrannt, wobei sich PFOS zersetzt.

Elektrochemische Behandlung, Reduzierung der PFOS-Konzentration mittels elektrochemischer Behandlung.

Für den Bereich der Abwässer nutzen die Überwachungsbehörden im Bereich der kommunalen Kläranlagen eine vorläufige Stellungnahme der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) aus dem Jahre 2006 zu PFT. Darin ist ein lebenslang gesundheitlich duldbarer Leitwert (LW) in Höhe von gerundet $LW = 0,3 \mu\text{g/l}$ definiert (Summenparameter aus PFOA + PFOS). Dieser wird bereits zur Überwachung von Oberflächengewässern eingesetzt und wird z.B. in NRW auch als Wert bei der Überwachung der Einleitungen aus den Kläranlagen in den Vorfluter genutzt (MKUNLV 2011b). Für Trinkwasser gilt ein Leitwert von $0,1 \mu\text{g/l}$.

Feste Abfälle fallen in der Regel als Schlämme an (neben den oben geschilderten Behandlungswegen wie Aktivkohle oder Ionenaustauscherharze, etc.). Für die Ausbringung von Klärschlämmen auf landwirtschaftliche Flächen gilt nach Klärschlammverordnung (AbfKlärV) als Summenparameter der halogenorganischen Verbindungen, ausgedrückt als Summenparameter AOX, 500 Milligramm je Kilogramm (mg/kg) Schlamm-Trockenmasse. Dieser erfasst faktisch jedoch keine Fluorverbindungen. Daneben existieren in Deutschland Vorsorgewerte, ab denen eine Verwertung von Klärschlämmen auf landwirtschaftlichen Flächen nicht erfolgen soll. In NRW gilt für den Summenparameter aus PFOS und PFOA ein Orientierungswert von $100 \mu\text{g/kg}$ Trockenmasse (TM) ab dem ein Schlamm in diesem Bundesland nicht mehr ausgebracht werden darf⁸⁵. Insgesamt wurden PFOA- und PFOS-Untersuchungen im Klärschlamm an ca. 403 industriellen und kommunalen Kläranlagen in NRW durchgeführt. Überschreitungen des Orientierungswertes von $100 \mu\text{g/kg}$ TM (Summe PFOA + PFOS) wurden in NRW bei 37 (9%) der Anlagen (LANUV 2010) gefunden. Die Höchstgehalte reichten bis ca. $6.000 \mu\text{g/kg}$. Überwiegend wurde PFOS nachgewiesen. Bei 36 dieser Anlagen lag der Höchstwert für PFOS über $100 \mu\text{g/kg}$. In den meisten Fällen konnte dabei eine Verbindung zu einer Galvanikanlage hergestellt werden. Von insgesamt ca. 1.000 untersuchten bayerischen

⁸⁵ Aufgrund eines Erlasses in NRW müssen Klärschlämme mit höherem Gehalt an PFOA+PFOS thermisch entsorgt werden. Ähnliche Erlasse gelten auch und anderen Bundesländern (Friedrich 2012).

Kläranlagen wurde bei ca. 6% zumindest bei einer Messung eine Überschreitung des Vorsorgewertes von 100 µg/kg Trockenmasse (zzgl. 25% Toleranz) im Klärschlamm festgestellt. Dieser Klärschlamm muss dann einer thermischen Behandlung zugeführt werden (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2011). Bei einer Untersuchung einer Klärschlammverbrennungsanlage Elverlingsen wurden durch das MKUNLV Emissionsmessungen durchgeführt (MKUNLV 2006), die zeigten, dass bei einer Verbrennung⁸⁶ von PFOS-haltigen Schlämmen (2 mg/kg TM max, Durchschnitt 250 µg/kg TM) keine PFOS Emissionen oberhalb der Nachweisgrenzen in Abgas, Elektrofilterasche, Sprühprodukt, REA-Gips (10µg/kg TM) und Wäscherwässern (25 µg/l) zu finden waren.

7.1.4 Reduktion und Substitution von PFOS

Die Möglichkeiten in der Galvanik, auf PFOS vollständig zu verzichten, sind derzeit zwar noch begrenzt, aber in den letzten 3-5 Jahren wurden viele Versuche unternommen, PFOS-Emissionen in Gewässer zu reduzieren. Wichtiger Schritt hierzu war, dass der Zentralverband Oberflächentechnik e.V. (ZVO) die Verfügbarkeit der Ersatzstoffe für PFOS im November 2007 neu einschätzte (ZVO 2007b). Ebenfalls im Jahre 2007 wurde von Seiten des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) und mehreren Verbänden eine freiwillige Vereinbarung zur praxisnahen Unterstützung bei der Umsetzung von Reduzierungsmaßnahmen getroffen. Darüber hinaus fördert das MKULNV verschiedene technisch-organisatorische Möglichkeiten, um die PFT-Emissionen ins Abwasser zu verringern. Demnach können folgende Alternativen zusammengefasst werden (ZVO 2009b).

- Einsatzprodukte frei von PFOS: Diese Stoffe sind in ihren Anwendungen vergleichbar mit PFOS und in nahezu allen Verfahren wie Chromschwefelsäurebeize, Glanzchrom- und Hartchromelektrolyten einsetzbar. Bekanntester Vertreter der polyfluorierten Kohlenwasserstoffe ist das sogenannte H4PFOS⁸⁷ ($C_8F_{13}H_4SO_3^-$).

⁸⁶ Es sollte überprüft werden welche Abbauprodukte bei einer thermischen Verbrennung von 1180°C entstehen. Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass mindestens 1.300°C für Mineralisierung von PFOS notwendig sind (Biegel-Engler 2011).

⁸⁷ H4-Perfluorooctylsulfonsäure auch 6:2 Fluortelomersulfonsäure (=6:2 FTS) genannt. Aufgrund ihrer schweren Abbaubarkeit und Mobilität im Grundwasser- oder Trinkwasser) sowie der ggf. erforderlichen höheren Einsatzmengen ist die Anwendung von H4PFOS (oder anderer Fluortenside) allerdings ebenfalls kritisch zu bewerten.

- Fluorfreie Substanzen: Diese werden bereits teilweise in Glanzchromelektrolyten eingesetzt; es gibt Aussagen von Prozesschemikalienlieferanten, dass auch ein Einsatz in Hartchromelektrolyten möglich ist. Der Einsatz solcher Substanzen ist nach derzeitigem Kenntnisstand in jedem Einzelfall zu prüfen.

Weiterhin wird das Thema Substitution in einem Unterarbeitskreis der Bund-Länder-Arbeitsgruppe (Abwasser) zur Neukonzeptionierung des Anhangs 40 der Abwasserverordnung zur Erstellung einer Checkliste⁸⁸ für zu prüfende Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung des Eintrags von PFOS aus Galvaniksystemen in die Umwelt thematisiert. Diese dient gleichermaßen für Behörden und die Industrie zur Ermittlung des aktuellen Standes beim Betreiber so wie die sich daraus ableitenden ergänzenden Maßnahmen zur Umsetzung der Verminderung der Emissionen (ZVO 2009a).

7.1.5 Schlussfolgerung

Auf deutscher Ebene wird geschätzt, dass die jährliche Verwendung von PFOS in der Galvanikindustrie bei 3.400 kg liegt und für die Berichterstattung aufzunehmen ist.

Hiervon gelangen unter Annahme, dass die Zersetzung durch den elektrochemischen Prozess in den Bädern nur im geringem Umfang stattfindet, ca. 3.186 kg in den Abfallstrom. Allerdings ist anzunehmen, dass dieser Wert etwas zu hoch erscheint und der Abbau von PFOS durch die angelegte Hochspannung in der Realität zu überprüfen wäre.

Dieser Abfallstrom gelangt in die unterschiedlichen Abwasserbehandlungssysteme und es fallen demnach unterschiedliche Abfallfraktionen an (siehe auch Tab. 26, S. 81). Dabei sind in der Branche verschiedene Situationen der Abfallbehandlung zu betrachten, was eine Quantifizierung der unterschiedlichen Mengen der einzelnen Abfallarten schwierig macht.

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand werden weder Abfälle aus dem Galvanikbereich noch deren Abwässer gezielt auf darin enthaltenes PFOS behandelt

Der Abwasserfluss besteht aus zwei verschiedenen Strömen. Einer davon gelangt durch Wartungs- und Reinigungsarbeiten der Spülbäder auf direktem Weg in die kommunale Kläranlage. Der weitaus größere Abwasserfluss gelangt über das betriebliche

⁸⁸ Diese Checkliste wird erst mit Annahme des neuen Anhangs 40 und dessen Hintergrundpapier veröffentlicht.

Abwasserbehandlungssystem in die kommunale Kläranlage. Der aktuelle Stand der Technik über die Behandlungssysteme ist jedoch nicht flächendeckend validiert erhoben. Daher können auch keine gezielten Angaben in Bezug auf den Anteil der einzelnen Technologien in der Industrie gemacht werden und somit nicht zu quantifizieren ist.

Die gesamten Luftemissionen aus der Galvanik liegen schätzungsweise bzw. hinsichtlich der Annahmen in Kapitel (7.1.2, Seite 83) bei 360 g pro Jahr und sind im Verhältnis zum Abfall- und Abwasserfluss sehr gering.

Angaben, welche mit einem Fragezeichen versehen sind, können anhand nicht eindeutig identifizierbarer Hinweise und Datenlage somit nicht quantifiziert werden. In der folgenden Abb. 10 ist der Stofffluss von PFOS in der Galvanotechnik dargestellt.

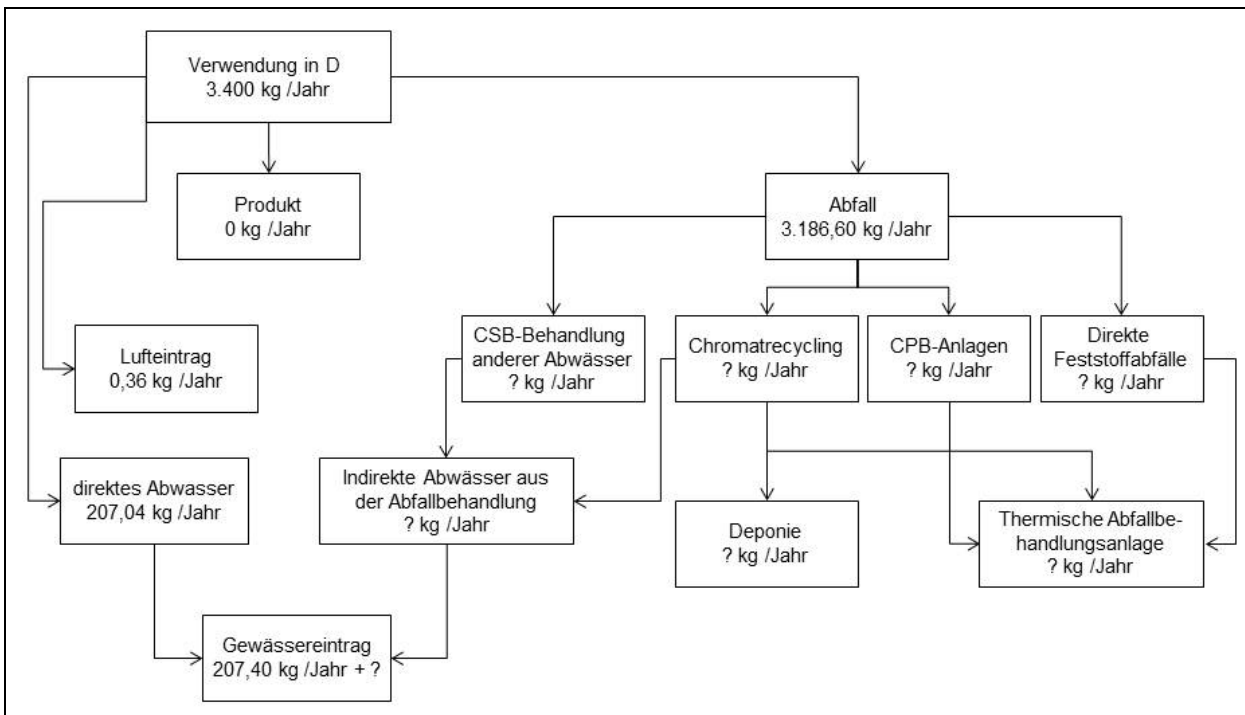


Abb. 10: Stoffflussdiagramm für die Galvanik

7.1.6 Quellenverzeichnis Galvano- und Oberflächentechnik

BAuA (2009): Erhebung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) in 2009 im Rahmen der Berichtspflichten unter der Richtlinie 2006/122/EG.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2011), <http://www.lfu.bayern.de/abfall/abfallgruppen/landwirtschaft/index.htm>, Stand: 18.4.2012

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

BREF Galvanik (2005): Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung; Merkblatt zu den besten verfügbaren Techniken für die Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen; September 2005.

Buser und Morf (2009): Buser, A., Morf, L.: Substance Flow Analysis of PFOS and PFOA. Perfluorinated surfactants perfluorooctansulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in Switzerland. Environmental studies no. 0922. Federal Office for the Environment, Bern 2009.

Fath, A. (2008): Minimierung des PFT Eintrags in die Galvanikabwässer. Projektnummer: BUT 015; gefördert durch das Umweltministerium Baden-Württemberg. Abschlussbericht vorgelegt am 20.12.2008 von Dr. Andreas Fath, Hansgrohe AG.

Friedrich (2012): Persönliche Mitteilung von Herrn Fridrich, Umweltbundesamt, Mai 2012.

IOLITEC (2008): Substitution von PFOS in der galvanischen Hart- und Glanzverchromung durch ionische Flüssigkeiten; Präsentation von Dr. Thomas Schubert, IoLiTec Ionic Liquids Technologies GmbH, 2008. <http://www.dbu.de/media/11080803482964ae.pdf>.

LANUV (2010): Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, http://www.lanuv.nrw.de/abfall/pft_klaerschlamme.htm.

LANUV (2011b): Verbreitung von PFT in der Umwelt Ursachen - Untersuchungsstrategie - Ergebnisse - Maßnahmen LANUV-Fachbericht 34 Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen 2011.

Lanxess (2010): Persönliche Mitteilung von Dr. Wolfgang Podesta, Lanxess Deutschland GmbH, November 2010.

Lausmann und Unruh (2006): Lausmann, G.A., Unruh, J.N.: Die galvanische Verchromung; 2. Auflage, Eugen G. Leuze Verlag KG, 2006.

MKUNLV (2006): Bericht über Emissionsmessungen an der Klärschlammverbrennungsanlage der WFA Eleverlingsen, http://www.lanuv.nrw.de/analytik/pdf/Messbericht_WFA_Endfassung_MKUNLV080207.pdf.

MKUNLV (2011a): Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Perfluorierte Tenside (PFT). Gewässer und Abwasser.

http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pft/situation_nrw/wasser/index.php.

- MKUNLV (2011b): Persönliche Mitteilung von Dr. Kurt Harff, Abteilung 5 Wasserwirtschaft, Gewässerschutz, April 2011.
- Morf et al. (2003): Morf, L., Smutny, R., Taverna, R., Daxbeck, H.: Selected polybrominated flame retardants PBDEs and TBBPA. Substance flow analysis. Environmental Series No. 338. Environmental hazardous substances, Bern 2003.
- Ökopol/SOFIA 2007: Branchengutachten Abfallvermeidung in Anlagen der Nr 3.9 und 3.10, 4 BIMSCHV.
- Statistisches Bundesamt (2010a): Umwelt Abfallentsorgung 2008. Fachserie 19, Reihe 1.
- Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) beim Umweltbundesamt (2006): Stellungnahme vom 21.6.06, überarbeitet am 13.7.06: Vorläufige Bewertung von Perfluorierten Tensiden (PFT) im Trinkwasser am Beispiel ihrer Leitsubstanzen Perfluorctansäure (PFOA) und Perfluorctansulfonsäure (PFOS), <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/pft-im-trinkwasser.pdf>.
- UK_DEFRA (2004): Perfluorooctane Sulphonate - Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks. Final Report prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environment Agency for England and Wales. Risk & Policy Analysts Limited (RPA) in association with BRE Environment. London, Norfolk, August 2004, <http://archive.defra.gov.uk/environment/quality/chemicals/documents/pfos-riskstrategy.pdf>, Stand: 8.9.2011.
- UK_EK (2004): Brooke, D., Footitt, A., Nwaogu, T.A.: Environmental risk evaluation report: Perfluorooctanesulphonate (PFOS), Environment Agency, Building Research Establishment Ltd Risk and Policy Analysts Ltd, 2004.
- ZVO (2004): Stellungnahme des Zentralverbands der Oberflächentechnik e.V. (ZVO), Verbot des Einsatzes von perfluorierten Kohlenwasserstoffen (PFOS) in der dekorativen Glanzverchromung (funktionelle Chromüberzüge), 15. November 2004; http://www.zvo.org/uploads/media/PFOS-ZVOStellungnahme_0.pdf.
- ZVO (2007a): Position des Zentralverbandes Oberflächentechnik e.V. (ZVO) zu Perfluorctansulfonaten (PFOS), 7.11.2007
- ZVO (2007b): Branchenanalyse der deutschen Galvanotechnik und Oberflächentechnik, <http://www.zvo.org/reach/ruh-umsetzungshilfen/leitfaeden.html>, Stand: 28.10.2011.

ZVO (2009a): Informationen über die Arbeiten zur Novellierung des Anhang 40 der Abwasserverordnung im Hinblick auf die PFC-Problematik. Dipl. Ing. Herbert Breidenbach, ZVO Akademie. Präsentation auf dem Fachgespräch des MKUNLV und UBA zu PFC in Berlin, 19. Juni 2009.

ZVO (2009b): Abwasserbelastungen durch den Einsatz von PFC-Stoffen in der Galvanikindustrie; Maßnahmen zur Reduzierung der PFC-Emissionen. Dipl. Ing. Herbert Breidenbach, ZVO Akademie. Präsentation auf dem Fachgespräch des MKUNLV und UBA zu PFC in Berlin, 19. Juni 2009.

ZVO (2010a): Einsatz von PFOS in galvanischen Betrieben, http://www.zvo.org/uploads/media/PFOS_Stand_2010-01_1.pdf.

ZVO (2010b): Persönliche Mitteilung von Dipl. Ing. Herbert Breidenbach, ZVO, Dezember 2010.

ZVO (2011): Persönliche Mitteilung von Dipl. Ing. Herbert Breidenbach, ZVO, März 2011.

7.2 Feuerlöschschäume

Fluorhaltige Schaumlöschmittel werden bei der Brandbekämpfung eingesetzt, um brennbare Flüssigkeiten und schmelzende Feststoffe zu löschen. In der EU ist durch die Richtlinie 2006/122/EG das Inverkehrbringen und Verwenden von PFOS-haltigen Feuerlöschmitteln (mit >0,001 Gew.-% PFOS) seit dem 27. Juni 2008 verboten. Diese befinden sich daher bereits nicht mehr im Wirtschaftskreislauf. Die Lagerbestände an Feuerlöschmitteln auf Basis von PFOS, die vor dem 27. Dezember 2006 auf den Markt gebracht wurden, mussten bis zum 27. Juni 2011 aufgebraucht werden.

„Fluorhaltige Schaumlöschmittel enthalten oberflächenaktive poly- oder perfluorierte Chemikalien (PFC), häufig auch als PFT (Perfluortenside) bezeichnet. Sie sind u.a. in wasserfilmbildenden Schaummitteln [siehe Tab. 28] enthalten. PFOS wird seit mehreren Jahren nicht mehr in Löschmitteln verwendet, kann jedoch in älteren Schaummitteln in höheren Konzentrationen enthalten sein.⁸⁹ Anstelle von PFOS werden in fluorhaltigen Schaumlöschmitteln teil- oder polyfluorierte Chemikalien eingesetzt, die häufig auch als Fluortelomere bezeichnet werden.“ (UBA et al. 2010).

⁸⁹ Eine Untersuchung aus Großbritannien hat ergeben, dass nur die wasserfilmbildenden Schaummittel (AFFF und AR-AFFF), die vor 2002 hergestellt wurden, PFOS enthalten (BiPRO 2011).

Tab. 28: Kennzeichnung fluorhaltige und fluorfreie Schaumlöschmittel (UBA et al. 2010)

Fluorhaltige Schaumlöschmittel*	Fluorfreie Schaumlöschmittel*
AFFF – wasserfilmbildende Schaummittel	P – Proteinschaummittel
AFFF (AR) –alkoholbeständig	P (AR) -alkoholbeständig
FP – Fluor-Proteinschaummittel	S – Synthetische oder Mehrbereichschaummittel
FP (AR) -alkoholbeständig	S (AR) -alkoholbeständig
FFFP – wasserfilmbildende Fluor-Proteinschaummittel	
FFFP (AR) -alkoholbeständig	*siehe DIN EN 1568 Teil 1-4

7.2.1 Quantifizierungen

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA 2009) hat im Rahmen der Berichtspflichten nach EU-Richtlinie 2006/122/EG Erhebungen zu den vorhandenen Beständen an PFOS-haltigen Feuerlöschmitteln erstellt. Das Inventar wurde über angezeigte Informationen der Industrie ermittelt. Abgefragt wurden Bestände an Feuerlöschschäumen, die vor dem 27. Dezember 2006 in Verkehr gebracht wurden.

„62 Firmen haben Informationen über die Benutzung von PFOS-haltigem Feuerlöschschaum übermittelt. Die Nichtnutzung von PFOS-haltigem Feuerlöschschaum haben zwei Firmen gemeldet. Ein großes Problem für die Firmen war die Ermittlung des PFOS-Gehaltes ihrer Feuerlöschschäume. Analytische Methoden für die Bestimmung von PFOS in Feuerlöschschäumen sind nur wenige bekannt und zudem ist das Erstellen solcher Methoden teuer und langwierig. Die Hersteller geben auf Anfrage nur die Informationen der Sicherheitsdatenblätter an, und diese enthalten oft nur einen weiten Bereich (meist 3-10%). So konnten zum jetzigen Zeitpunkt nur 34 der 60 Firmen eine Aussage zu ihren PFOS-Gehalten in Feuerlöschschäumen angeben.“ (BAuA 2009).

Von den insgesamt 62 Meldungen kamen 16 von der chemischen Industrie und 15 von der öffentlichen Hand. Sechs Angaben kamen von der Mineralölindustrie, drei von der Automobilindustrie und drei von Werkfeuerwehren, darunter Werkfeuerwehren, die für Flughäfen verantwortlich sind. Neben je zwei Meldungen von Handfeuerlöschherstellern, Bundeswehr und Energiewirtschaft kamen dreizehn Meldungen aus weiteren Industriebranchen.

Nicht alle Firmen haben die PFOS-Gehalte in g/kg übermittelt. Dies liegt daran, dass die Inhaltsmengen auf den Feuerlöschern oft nur in Liter oder in Kubikmetern und nicht in g/kg angegeben sind. Zur weiteren Berechnung wurde eine Dichte von 1 kg/dm³ angenommen und die Angaben als kg angesehen. In der Summe ergeben sich für Deutschland dadurch ca. 916.384 kg (916 t) gemeldeter PFOS-

haltiger Feuerlöschschaum im Jahr 2008. Dieser enthält im Durchschnitt 2,0% PFOS, welches einer Summe von ca. 6.824 kg (6,8 t) PFOS entspricht⁹⁰ (BAuA 2009) (siehe hierzu auch Tab. 29). Laut BAuA (2009) kann die Inventarisierung jedoch als eher unvollständig betrachtet werden, da die Meldungen nur infolge von Aufrufen und ohne Vollständigkeitsprüfung erfolgt sind.

Das UBA hat 2010 im Rahmen eines Fragebogens des Übereinkommens zu den neuen POPs (nach SC-4/19) auf der Basis der Erhebung der BAuA (2009) eine Schätzung angegeben. Nach dieser Schätzung befanden sich 1.050 t PFOS-haltige Löschmittel im Bestand, mit einem Gehalt zwischen 3% und 10% PFOS. Bei Verwendung des Mittelwertes von 6,5% (siehe auch Tab. 30) ergeben sich 68,25 t PFOS (UNEP Report 2010).

Tab. 29: Überblick über den Bestand an Feuerlöschmittel auf Basis von PFOS.

Mitgliedstaat	Menge PFOS-haltige Feuerlöschmittel [t]	PFOS-Gehalt [%]	PFOS-Menge [t]
Belgien	663	0,5-6	~ 4,5
Deutschland	916	0,75	6,9
Spanien*			2,0
Frankreich*	54,9	0,5-1	~ 0,4
Ungarn*	40,2	3-6	~ 1,8
Niederlande*	18.540,0		
Österreich*	53,3	1,5	0,8
Portugal*	30		
Finland*	1.224		
Summe	20.299	Mittelwert: 2,15	16,4
Schweiz**	1.504-1.824	1	15-18

*PFOS-Gehalt und die sich daraus ergebende PFOS-Menge in den europäischen Mitgliedstaaten nach Angaben auf dem CARACAL-Treffen (2009); **die Angaben zur Schweiz für das Jahr 2005 stammen aus Buser und Morf (2009).

Das Öko-Institut hat die Angaben der BAuA (2009) genutzt, um eine eigene Rechnung durchzuführen. Dabei wurden alle Angaben berücksichtigt und ebenfalls von einer Dichte von 1 kg/dm³ ausgegangen. Bei einer Meldung wurde angegeben, dass 3.180 kg einer Menge von 3.000 l entsprechen (also einem Verhältnis von 1:1,06). Die Mengen werden also bei der Berechnung mit einem Faktor 1 geringfügig unterschätzt. Da jedoch auch einige Meldungen Mengen an Feuerlöschmitteln enthalten, die vor dem 27. Dezember 2006 auf den Markt gebracht wurden (und deshalb zum Zeitpunkt der Meldung schon durch PFOS-freie hätten ersetzt werden müssen), ist

⁹⁰ Rechnerisch ergibt sich aus 6.824 kg PFOS in 916.384 kg Löschmittel ein Gehalt von 0,75%. Die durchschnittliche Konzentration von 2% ergibt sich aus den Meldungen, die eine Konzentrationsangabe einschließen. Die Gesamtsumme an Löschmitteln enthält jedoch auch Angaben ohne Konzentrationen.

davon auszugehen, dass die Ergebnisse aus der BAuA-Erhebung über den tatsächlichen gemeldeten Lagerbeständen liegen. Außerdem wurden die Angaben nicht geprüft, sodass auch von Falschmeldungen nicht-PFOS-haltiger Feuerlöschmittel ausgegangen werden kann (Schulte 2010).

Für die Berechnung wurden weiterhin Konzentrationen von 1-5% PFOS (Schulte 2010) angenommen, außer es lagen eigene Angaben vor (nur, wenn diese unplausibel niedrig erschienen, z.B. 0,006%, wurde die Bandbreite von 1-5% genutzt). Hierbei ergibt sich eine Gesamtmenge von ca. 915 t Feuerlöschmitteln und eine Menge von ca. 40-50 t PFOS.⁹¹ Wendet man die Bandbreite 1-5% auf die Gesamtmenge von 915 t an, so ergibt sich eine Bandbreite von ca. 9-46 t PFOS.

Schulte (2010)⁹² geht von 400-500 t mit einem PFOS-Gehalt von 1-5% (entspricht also etwa 4,5-22,5 t) an noch bestehenden Lagern aus. Diese Zahl ist nach Schätzung von Tschöpe (2010) jedoch noch um 20-25% zu hoch, was zu einem Bestand von 3,5-17,4 t PFOS führt.

Tab. 30 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Ergebnisse der Berechnungen.

Tab. 30: Übersicht unterschiedlicher Mengenangaben zum Bestand an Feuerlöschmitteln auf Basis von PFOS, PFOS-Gehalt und der sich daraus ergebenden PFOS-Menge in Deutschland

Quelle	Menge Feuerlöschmittel [t]	PFOS-Gehalt [%]	PFOS-Menge [t]
BAuA 2008	916	2,0	6,8
Schulte 2010	400-500	1-5	4,5-22,5
Tschöpe 2010	300-375	-	3,5-17,4
UNEP Report (2010)	1.050	3-10 (6,5)	68,3
Öko-Institut auf Basis BAuA (2009)	915	1-5	9-46

7.2.2 Emissionen in die Umwelt

BiPRO (2011) geht davon aus, dass jährlich 0,5% der im Bestand befindlichen PFOS-haltigen Feuerlöschmittel bis zum Zeitpunkt des endgültigen Verbots eingesetzt wurden. Im Falle einer Nutzung der PFOS-haltigen Löschmittel wird davon ausgegangen, dass ca. 70% davon über das Abwasser in die Abwasserbehandlung gelangen (d.h. anschließend im Klärschlamm enthalten waren und auch ins

⁹¹ Diese Zahl ergibt sich rechnerisch aus den angegebenen Mengen an PFOS oder den über Konzentrationsangaben errechneten Mengen. Dort, wo keine Konzentrationen angegeben waren, wurde eine Mengenbandbreite über eine angenommene Konzentration von 1-5% errechnet.

⁹² Die Zahlen basieren auf freiwillige Meldungen von Werkfeuerwehren und kommunalen Feuerwehren. Die gesamten freiwilligen Feuerwehren sind hier nicht berücksichtigt.

Oberflächengewässer gelangten) und ca. 30% direkt ins Wasser und in den Boden emittiert werden (BiPRO 2011). Diese Annahme sollte jedoch differenziert betrachtet werden, da je nach Einsatzort auch ein hundertprozentiger Eintrag in den Boden vorstellbar ist (z.B. bei Waldbränden).

Das Umweltbundesamt hat gemeinsam mit dem deutschen Feuerwehrverband ein Merkblatt herausgegeben, welches zum umweltschonenden Einsatz von fluorhaltigen Schaumlöschmitteln aufklärt (UBA et al. 2010). Das Umweltbundsamt empfahl den Unternehmen außerdem, PFOS-haltige Restbestände auch während der Aufbrauchfrist möglichst nicht mehr zu verwenden, sondern fachgerecht zu entsorgen

Nach Auskunft der BASF-Werkfeuerwehr (Haselhorst 2010) ist davon auszugehen, dass ein Großteil der Bestände bereits vor dem Ende der Aufbrauchfrist ausgetauscht bzw. entsorgt oder aufgebraucht wurde. Die BASF selber plante eine PFOS-Freiheit der Feuerlöschmittel für Februar/März 2011; restliche Bestände PFOS-haltiger Feuerlöschmittel sollten danach entsorgt werden.

Tschöpe (2010) führt auf, dass bei der Firma Schering seit 2009 keine PFOS-haltigen Feuerlöschmittel mehr vorhanden sind und bis dahin nur eine Verwendung in Grenzfällen stattgefunden hat. In den meisten Großanlagen werden diese vor Ort in Verbrennungsanlagen entsorgt (bei 1.180°C⁹³, d.h. ohne PFOS-Emissionen).

Angesichts obiger Angaben scheint es schwer, den Gebrauch von PFOS-haltigen Feuerlöschschäumen im Jahr 2010 genau zu beschreiben und zu quantifizieren. Es sind zumindest Fälle bekannt, bei denen der Einsatz von Feuerlöschmitteln zu einer erhöhten Belastung mit PFOS in der Umwelt geführt hat (Meppener Tagespost 2011; Northwest Zeitung 2011). Bis zum 27. Juni 2011 hätten alle restlichen PFOS-haltigen Feuerlöschschäume entsorgt werden müssen. Die Vermutung liegt nahe, dass bis zu diesem Datum nicht immer eine sachgemäße Entsorgung als Sondermüll stattgefunden hat, sondern PFOS-haltige Feuerlöschschäume eher verstärkt verbraucht wurden und möglicherweise dadurch erhöhte Umwelteinträge zustande kamen.

Nach Berichten des niederländischen Ministeriums für Infrastruktur und Umwelt ist davon auszugehen, dass PFOS beim Austausch von PFOS-haltigen Feuerlöschschäumen, insbesondere in komplexen automatischen Löschanlagen, wegen seiner Adsorptionseigenschaften in Rohren und besonders in Mischan-

⁹³ Es sollte überprüft werden welche Abbauprodukte bei einer thermischen Verbrennung von 1180°C entstehen. Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass mindestens 1.300°C für Mineralisierung von PFOS notwendig sind (Biegel-Engler 2011).

lagen in den Systemen verbleibt, wenn nicht eine aufwendige Reinigung durchgeführt wird (TAC-Meeting 2011). Derartige PFOS-Reste lassen sich aber nicht quantifizieren.

7.2.3 Substitutionsbemühungen

Insgesamt ist in Europa ein kompletter Ausstieg aus der Nutzung von PFOS und PFOA für Feuerlöschmittel geplant, da auch PFOA (Perfluorooctansäure, engl. PFOA = Perfluorooctanoic acid) – eine der möglichen Alternativen – in naher Zukunft reguliert werden könnte. Allerdings werden Schaumlöschmitteln kürzerkettige PFCs zugesetzt. Diese sind jedoch auch persistent und deshalb aus Sicht des Umweltbundesamtes keine umweltfreundliche Alternative. Je kürzer die Kettenlänge, desto geringer ist das Adsorptionspotential der Chemikalien, d.h. diese Stoffe sind, sobald sie einmal im Wasser enthalten sind, nicht mehr rückholbar (Gellrich et al. 2012)

Im Handel sind allerdings bereits fluorfreie Löschmittel erhältlich. Diese werden bereits von einigen Flughafenfeuerwehren, die auf ein fluorfreies Löschmittel umgestiegen sind (z.B. Airservice Australia, Bristol International Airport (England) und Copenhagen Airport in Dänemark), verwendet. Von deutschen Feuerwehren wird derzeit bestritten, dass dieses Mittel für die Anwendungen der Brandklasse B eine mit AFFF-Schaum vergleichbare Wirksamkeit besitzt. In einem Tankbrandversuch im November 2010 in Rotterdam konnte das Mittel einen Treibstoffbrand zwar nicht erfolgreich löschen, vermutlich hätte man dies durch ein angepasstes Handling jedoch erreichen können (UBA 2011; Biegel-Engler 2011).

7.2.4 Schlussfolgerungen

Es wird für die Berichterstattung empfohlen, eine Bandbreite von einem zur Entsorgung anstehenden Mengenstrom an PFOS aus Feuerlöschmitteln von 3,5-46 t (entspricht einem Mittelwert von ca. 25 t) aus 300-915 t Schäumen für das Jahr 2010, anzugeben.

Durch die EU Richtlinie 2006/122/EG wurde das Inverkehrbringen und Verwenden von PFOS-haltigen Feuerlöschmitteln seit dem 27. Juni 2008 verboten. Weiterhin mussten die Lagerbestände an Feuerlöschmitteln auf Basis von PFOS bis zum 27. Juni 2011 aufgebraucht werden. Seither müssen ggf. noch vorhandene Altbestände umweltgerecht entsorgt werden. Es ist demnach davon auszugehen, dass im Hinblick auf 2015 und 2030 keine nennenswerten PFOS-Einträge für die Berichtspflichten aus eingesetzten Feuerlöschschäumen in die Umwelt gelangen.

Inzwischen richtet sich die Aufmerksamkeit zunehmend auf Altstandorte und Altablagerungen sowie Standorte, die mit

Löschschaummitteln kontaminiert worden sind. Hierbei handelt es sich vor allem um Flächen rund um Flughäfen, die im Einsatz und durch Übungen mit PFOS-haltigen Feuerlöschschäumen verunreinigt wurden. Diese sog. Altlasten stellen ein Problem für den Boden- und Grundwasserschutz dar.

7.2.5 Quellenverzeichnis Feuerlöschschäume

BAuA (2009): Erhebung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) in 2009 im Rahmen der Berichtspflichten unter der Richtlinie 2006/122/EG.

Biegel-Engler (2011): Persönliche Mitteilung von Frau Biegel-Engler, Umweltbundesamt, 1.9.2011.

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

Buser und Morf (2009): Buser, A., Morf, L.: Substance Flow Analysis of PFOS and PFOA. Perfluorinated surfactants perfluorooctansulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in Switzerland. Environmental studies no. 0922. Federal Office for the Environment, Bern 2009.

CARACAL (2009): 3rd Meeting of the competent authorities for REACH and CLP (CARACAL 12-13 October 2009, Brussels 12 October 2009, Doc. CA/79/2009, nach BiPRO 2011.

Haselhorst (2010): Persönliche Mitteilung von Rolf Haselhorst, BASF-Werkfeuerwehr, Dezember 2010.

Gellrich et al. (2012): Chemosphere. May; 87(9):1052-6. Epub 2012 Mar 3.

Meppener Tagespost (2011): Landkreis warnt vor Fischen aus dem Dortmund-Ems-Kanal, <http://www.noz.de/lokales/56300235/landkreis-warnt-vor-fischen-ausdem-dortmund-ems-kanal>, Stand: 9.8.2011.

Nordwest Zeitung (2011): Löschwasser chemisch belastet, <http://www.nwzonline.de/Region/Kreis/Cloppenburg/Friesoythe/Artikel/2585661/Loeschwasser-chemisch-belastet.html>, Stand: 16.4.2011.

Schulte (2010): Persönliche Mitteilung von Dr. Christoph Schulte, Umweltbundesamt, November 2010.

TAC-Meeting (2011): Berichte des niederländischen Ministeriums für Infrastruktur und Umwelt für das TAC-Meeting zu POPs am 14. März 2011 in Brüssel.

Tschöpe (2010): Persönliche Mitteilung von Dipl.-Ing. Bernhard Tschöpe, Brandschutzbüro-Berlin, Dezember 2010.

UBA (2011b): Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) in Feuerlöschschäumen; Umweltbundesamt (IV 2.3/IV 1.1 - 80 601-2/0; Umweltbundesamt 2011.

UBA et al. (2010): Umweltbundesamt, DFV Deutscher Feuerwehrverband e.V., Bundesverband Technischer Brandschutz e.V. (bvfa). Ratgeber: Fluorhaltige Schaumlöschmittel umweltschonend einsetzen. Mai 2010.

UNEP Report (2010): Secretariat of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, Questionnaire for submission of information on New POPs in accordance with SC-4/19, nach BiPRO (2011).

7.3 Fotoindustrie

7.3.1 Hintergrund

Perfluorooctansulfonat (PFOS) wird laut der Brancheninitiative Prozessoptimierung (BiPRO 2011) in der Fotoindustrie in Europa nur noch bei der Herstellung von Foto-Negativen eingesetzt, auf denen es zum Teil auch verbleibt. In der Vergangenheit hat PFOS auch bei der Herstellung von anderen Fotomaterialien wie Fotoplatten und -papier eine Rolle gespielt. Darüber hinaus wurde es als Zusatzstoff von Entwicklerlösung, Fixierbädern und Bleichmitteln eingesetzt, die bei der Entwicklung von Negativen und Filmen verwendet werden, und blieb dann ebenfalls auf dem Endprodukt (z.B. Fotopapier). Fotopapier und Fotoplatten sind mittlerweile frei von PFOS; für ihre Herstellung sind die speziellen Eigenschaften von PFOS weniger wichtig, sodass dafür heute andere, PFOS-freie Chemikalien eingesetzt werden. Der europäische Fotoindustrieverband I&P Europe bestätigt, dass die Verwendung von PFOS in diesen Bereichen komplett ersetzt wurde (I&P Europe 2011).

PFOS wird bei der Herstellung von Foto-Negativen wegen seiner besonderen Eigenschaften als Antistatikum, Netzmittel, Schmutzabweiser und zur Regelung der Haftungs- und Reibungseigenschaften verwendet. Darüber hinaus bietet PFOS wichtige Schutzfunktionen bei der Herstellung und Nutzung der Negative und verhindert z.B. den Aufbau und die Entladung von elektrischer Ladung, wodurch das Feuerrisiko und die Explosionsgefahr verringert werden (Guest 2007, Buser und Morf 2009). PFOS wird in der Fotoindustrie der EU hauptsächlich in der Medizin für die Herstellung von Röntgenbild-Negativen verwendet (ca. 85%) (UK-EA 2004).

Bei der Herstellung von Fotomaterial werden hauptsächlich zwei PFOS-Salze verwendet (Buser und Morf 2009):

- Tetraethylammoniumheptadeca-fluorooctansulfonat; CAS-Nr. (56773-42-3);
- [3-[[(Heptadecafluorocetyl) sulfonyl] amino] propyl] trimethylammoniumiodid; CAS-Nr. (1652-63-7);

Laut I&P Europe (2011) und UK_DEFRA (2004) wurde die Verwendung von PFOS bei der Herstellung von Fotomaterial in den letzten zehn Jahren durch freiwillige Anstrengungen der Fotoindustrie erheblich reduziert⁹⁴. Nach Angaben von I&P Europe wird von den Mitgliedsunternehmen von I&P Europe derzeit kein PFOS-haltiges Fotomaterial in Deutschland hergestellt. Dennoch kann in Deutschland erhältliches Fotomaterial (Filmnegative und Röntgenfilme) nach wie vor PFOS enthalten, da es zum Großteil importiert wird und PFOS im Ausland noch in einigen Fotomaterialien verwendet wird.

7.3.2 Quantifizierungsmethodik

Datenquellen

Als Hauptinformationsquellen für die folgenden Annahmen wurden eine Studie des Umweltbundesamtes aus dem Jahr 2001 (Baumann et al. 2001), eine Studie zu Grenzwerten langlebiger organischer Schadstoffe im Abfall (BiPRO 2011) sowie Angaben des europäischen Fotoindustrieverbandes I&P Europe (I&P Europe 2011) verwendet.

Es ist zu beachten, dass es sich bei den hier gemachten Annahmen nur um Abschätzungen auf Basis der vorhandenen Daten handelt. Daher sind die Ergebnisse in Bezug auf die PFOS-Mengen mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet.

Annahmen zum Input

Bei der Berechnung der PFOS-Mengen in Fotoprodukten im Jahr 2010 in Deutschland werden zwei Bereiche unterschieden:

1. PFOS in verwendetem Fotomaterial (hauptsächlich PFOS-haltige Negative); dies gibt Auskunft über die Menge an PFOS, die sich 2010 auf dem Markt befand.
2. PFOS in Fotomaterialien, die 2010 in den Abfallstrom gelangten (hauptsächlich Fotomaterialien, die aufgrund ihrer

⁹⁴ Nach Angaben von UK_DEFRA (2004) wurden alleine in den Jahren von 2000 bis 2004 mehr als 83% PFOS in den Foto-Negativen ersetzt.

Herstellung PFOS enthalten, z.B. Fotopapier und Filmnegative).

Laut I&P Europe hat im Jahr 2010 keines seiner Mitgliedsunternehmen bei der Herstellung von Fotomaterialien in Deutschland noch PFOS eingesetzt (I&P Europe 2011). Mit über 70% vertritt I&P Europe den Großteil des deutschen Fotomaterialmarktes. Es wird daher davon ausgegangen, dass auch die anderen Anbieter bei der Herstellung von Fotomaterialien kein PFOS mehr verwenden. Röntgenfilme und andere Filme (Negative), die 2010 in Deutschland verwendet, aber nicht in Deutschland hergestellt wurden, enthalten jedoch weiterhin PFOS (BiPRO 2011). Der Berechnung der PFOS-Mengen im Abfall wird die Annahme zugrunde gelegt, dass Fotoprodukte im Durchschnitt nach rund zehn Jahren in den Abfallstrom gelangen (BiPRO 2011).⁹⁵ Es werden also die im Jahr 2000 verwendeten Fotoprodukte als Grundlage für die Berechnung verwendet.

7.3.3 Berechnungen

Anhand der oben genannten Annahmen werden im Folgenden die sich in Deutschland auf dem Markt befindlichen PFOS-Mengen aus Fotoprodukten berechnet.

Verwendetes Fotomaterial im Jahr 2010

I&P Europe (2011) geht davon aus, dass in Deutschland ca. 80% des in Fotoprodukten enthaltenen PFOS in Röntgenfilmen und die restlichen 20% in anderen Filmen (Negativen etc.) enthalten sind. I&P Europe schätzt, dass 2010 in Deutschland 7,5 Mio. m² Röntgenfilmmaterial verwendet wurde. Nach Angaben der European Photographical Chemicals Industry (GB-UA 2004, in BiPRO 2011) beläuft sich die Konzentration von PFOS in fotografischem Material auf ca. 0,1-0,8 µg/cm². Röntgenfilme sind normalerweise doppelt beschichtet; hier geht BiPRO (2011) von einer Konzentration von 0,8 µg/cm² aus. Damit ergeben sich für die Röntgenbilder, die 2010 in Deutschland verwendet wurden, ca. 60 kg PFOS (siehe Tab. 31). Bei anderem Fotomaterial geht BiPRO (2011) von einer PFOS-Konzentration von 0,1 µg/cm² aus.

⁹⁵ Auf Grund mangelnder Information zur Gebrauchsdauer von Fotomaterialien wurde hier in Anlehnung an BiPRO (2011) als Grundlage für eine Berechnung willkürlich eine durchschnittliche Verwendungsdauer von 10 Jahren angenommen. Es ist jedoch gut möglich, dass viele Haushalte einen Teil ihrer Bilder länger oder kürzer als 10 Jahre aufbewahren. Dies lässt sich jedoch nicht genauer quantifizieren.

Geht man davon aus, dass in Röntgenfilmen mit 60 kg ca. 80% des PFOS in Produkten enthalten sind, ergibt dies eine Menge von ca. 15 kg an zusätzlichem PFOS in anderen Filmmaterialien (z.B. Negative). Eine Übersicht über die PFOS-Vorkommen in Fotomaterialien im Jahr 2010 enthält Tab. 31.

Tab. 31: PFOS-Menge in verwendeten Fotoprodukten im Jahr 2010 (k.A. = keine Angabe) (I&P Europe 2011; GB-UA 2004)

Fotomaterialien	PFOS-Konzentration ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Menge Fotomaterial (m^2)	PFOS-Menge (kg)
Röntgenbilder	0,8	7,5 Mio.	60
Andere Filme	0,1	15 Mio.	15
Fotopapier	0	k.A.	0
Fotoplatten	0	k.A.	0
Summe			75

Fotomaterial im Abfallstrom im Jahr 2010

Das Umweltbundesamt (Baumann et al. 2001) beziffert die Menge der in den EU-15-Staaten im Jahr 2000 verwendeten fotografischen Materialien mit 645 Mio. m^2 . Die in Deutschland verwendete Menge gibt das UBA (Baumann et al. 2001) mit 163 Mio. m^2 an. Dies entspricht etwa einem Viertel (25,3%) der im Jahr 2000 im gesamteuropäischen Raum verwendeten Menge an Fotomaterial. Auf der Grundlage dieser Zahlen berechnet BiPRO (2011) eine PFOS-Menge von ca. 1.507 kg in den EU-15-Staaten im Jahr 2000. Der Anteil der deutschen Fotoindustrie (25,3%) entspräche demnach im Jahr 2000 rund 380 kg.

Von den 645 Mio. m^2 Fotomaterial, das im Jahr 2000 im gesamteuropäischen Raum (EU-15) verwendet wurde, waren ca. 78 Mio. m^2 Röntgenfilmmaterial. Bei einer PFOS-Menge von 0,8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ entspricht dies im Jahr 2000 ca. 624 kg PFOS in Röntgenfilmen (BiPRO 2011). Legt man die Annahme zugrunde, dass der deutsche Anteil am europäischen Markt 25,3% beträgt, entspricht dies einer PFOS-Menge von 158 kg oder 19,7 Mio. m^2 Röntgenmaterial, das im Jahr 2000 in Deutschland verwendet wurde.

Die PFOS-Menge in anderen Filmen wurde auf Grundlage der BiPRO-Daten zur EU-15 (siehe Tab. 32) anhand des angenommenen Marktanteils von 25,3% für Deutschland berechnet und beläuft sich demnach auf ca. 101 kg. Fotopapier, das im Jahr 2000 hergestellt und in Deutschland verwendet wurde, enthält demnach ca. 100 kg PFOS. Fotoplatten enthalten entsprechend 22 kg PFOS. Eine genaue Aufschlüsselung der einzelnen Fotomaterialien enthält Tab. 32.

Tab. 32: PFOS-Mengen in Fotoprodukten im Jahr 2000 (BiPRO 2011 und eigene Berechnungen)

Fotomaterial (kg)	Menge (kg) in Deutschland (eigene Berechnungen)	Menge (kg) in EU-15 (BiPRO 2011)
Röntgenbilder	158	624

Andere Filme	101	402
Fotopapier	100	395
Fotoplatten	22	86
Summe	381	1.507

BiPRO (2011) geht von einer europaweiten Reduzierung von PFOS in Fotomaterialien von ca. 85% zwischen den Jahren 2000 und 2010 aus. In Deutschland wurde den hier dargestellten Berechnungen zufolge die Menge an PFOS in hergestelltem Material von 381 kg im Jahr 2000 auf 75 kg im Jahr 2010 reduziert. Dies entspricht einem Rückgang von ca. 80%, was im Einklang mit den Daten von BiPRO (2011) steht.

Ein Ausblick auf die Entwicklung von PFOS in Fotomaterial in den nächsten Jahren ist leider nicht möglich. Allerdings kann I&P Europe nach eigenen Angaben noch keinen „Talboden“ in der PFOS-Entwicklung sehen und erwartet, dass sich die PFOS-Menge auch weiterhin verringern wird. Ein Grund dafür ist die weiter voranschreitende Digitalisierung und die Verwendung alternativer Chemikalien in der Herstellung von Fotomaterial.

7.3.4 Abfall und Recycling

In Deutschland ist die Deponierung der unbehandelten Fraktionen seit dem Inkrafttreten der neuen Deponieverordnung im Juli 2009 nicht mehr erlaubt. Es wird daher davon ausgegangen, dass sämtliche Fotomaterialien, die mit dem Hausmüll anfallen (Abfallschlüsselnummer 20 03 01), thermisch entsorgt werden.

Für die Berechnungen in dieser Studie wurde die Annahme zugrunde gelegt, dass Fotomaterial, das im Jahr 2000 produziert wurde, nach zehn Jahren, also im Jahr 2010, in den Abfallstrom gelangt. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass auch Fotomaterial, das früher oder später als im Jahr 2000 produziert wurde, 2010 in den Abfallstrom gelangt. Da es dazu jedoch keine Daten gibt, wird für die weitere Berechnung davon ausgegangen, dass die Menge an Abfall, der PFOS enthält, nicht die Gesamtmenge der Fotomaterialien aus dem Jahr 2000 überschreitet.⁹⁶ Darüber hinaus hat sich die PFOS-Konzentration in den einzelnen Produkten (z.B. Fotopapier) über die Jahre hinweg verringert, und einige Produkte sind mittlerweile sogar frei von PFOS. Es ist also davon auszugehen, dass die Schätzung der PFOS-Menge im Abfallstrom nur indikativ sein kann und ggf. einer großen Bandbreite unterliegt.

⁹⁶ Dies ist eine Festlegung, um trotz fehlender anderer Angaben eine weitere Berechnung durchführen zu können.

Röntgenbilder und andere Filme (Negative)

BiPRO (2011) geht davon aus, dass 50% aller Röntgenbilder in Krankenhäusern aufbewahrt werden, wo sie zehn Jahre lang gelagert und danach fachgerecht recycelt werden (Abfallschlüssel 09 01 07 oder 09 01 08).

Für die anderen 50% der Röntgenbilder wird angenommen, dass sie in Privathaushalten aufbewahrt und ebenfalls nach zehn Jahren entsorgt werden,⁹⁷ allerdings mit dem regulären Siedlungsabfall (Abfallschlüsselnummer 20 03 01). Bei anderen Filmen (Negativen) wird ebenfalls davon ausgegangen, dass sie nach 10 Jahren mit dem normalen Abfallstrom entsorgt werden, da sie danach in der Regel nicht mehr verwendet werden können.

Für das Recycling von Röntgenbildern gibt es zwei herkömmliche Verfahren (BiPRO 2011):

(1) Die Oberfläche der Röntgenbilder wird gereinigt und das Trägermaterial⁹⁸ zurückgewonnen. Das gesammelte Trägermaterial enthält unter anderem PFOS und Silber. Silber wird über verschiedene Verfahren zurückgewonnen. Die flüssigen PFOS-Rückstände werden entweder verbrannt (zerstört) oder gelangen ins Abwasser. Die restlichen Abfallprodukte werden in der Regel der Müllverbrennung zugeführt (BiPRO 2011).

(2) Die Röntgenfilme werden aufgelöst und die entstandene Lösung wird entsilbert. Bei diesem Prozess entsteht kein Abwasser. Die flüssigen Rückstände werden dann an Zementwerke weitergeleitet, welche diese aufgrund des hohen Amino-Stickstoffgehalts für die Verringerung von NO_x-Abgasen verwenden (BiPRO 2011).

Fotopapier und Fotoplatten

Für Fotopapiere und Fotoplatten wurde ebenfalls angenommen, dass sie nach zehn Jahren mit dem Hausmüll entsorgt werden und von da in die Müllverbrennungsanlage gelangen.

Für Fotoplatten, die recycelt werden, wird davon ausgegangen, dass PFOS während des Thermorecyclings von Aluminiumplatten zerstört wird (BiPRO 2011).

⁹⁷ Die Richtlinie zu Aufzeichnungspflichten nach den §§ 18, 27, 28 und 36 der Röntgenverordnung und Bekanntmachung zum Röntgenpass besagt, dass Röntgenbilder von Personen über 18 Jahren für 10 Jahre nach dem Datum der letzten Untersuchung aufzubewahren sind (<http://www.kvhb.de/div/aufbewahrungsfrist.php>).

⁹⁸ BiPRO 2011 nennt hier PET. In einem persönlichen Gespräch mit einem Experten der Fotoindustrie wurde aber auch Polycarbonat genannt.

Die Prozesse der „digitalen Druckplattenbelichtung“ (BiPRO 2011) sind laut I&P Europe für Deutschland nicht weiter relevant und können daher vernachlässigt werden.

7.3.5 Schlussfolgerung

Für die Berichtspflichten gehen wir von folgenden PFOS-Mengen aus:

- 75 kg in Fotomaterialien, die 2010 produziert und eingesetzt wurden;
- 381 kg in Abfällen aus Fotomaterialien, die im Jahr 2000 hergestellt wurden und im Jahr 2010 in den Abfallstrom gelangt sind (siehe gestrichelte Linie in Abb. 11).

Aus den ermittelten Mengen wurde anschließend der Stofffluss über den weiteren Verbleib von PFOS aus der Fotoindustrie erstellt (siehe Abb. 11). Das Schaubild zeigt auf der linken Seite, wie viel PFOS im Jahr 2010 in Röntgenfilmen, Fotopapier und andere Filmen eingesetzt wurde. In dem gestrichelten Kasten auf der rechten Seite werden die PFOS-Mengen dargestellt, welche aus den Produkten (Fotoplatten, Fotopapier etc.) in den Abfallstrom gelangen.

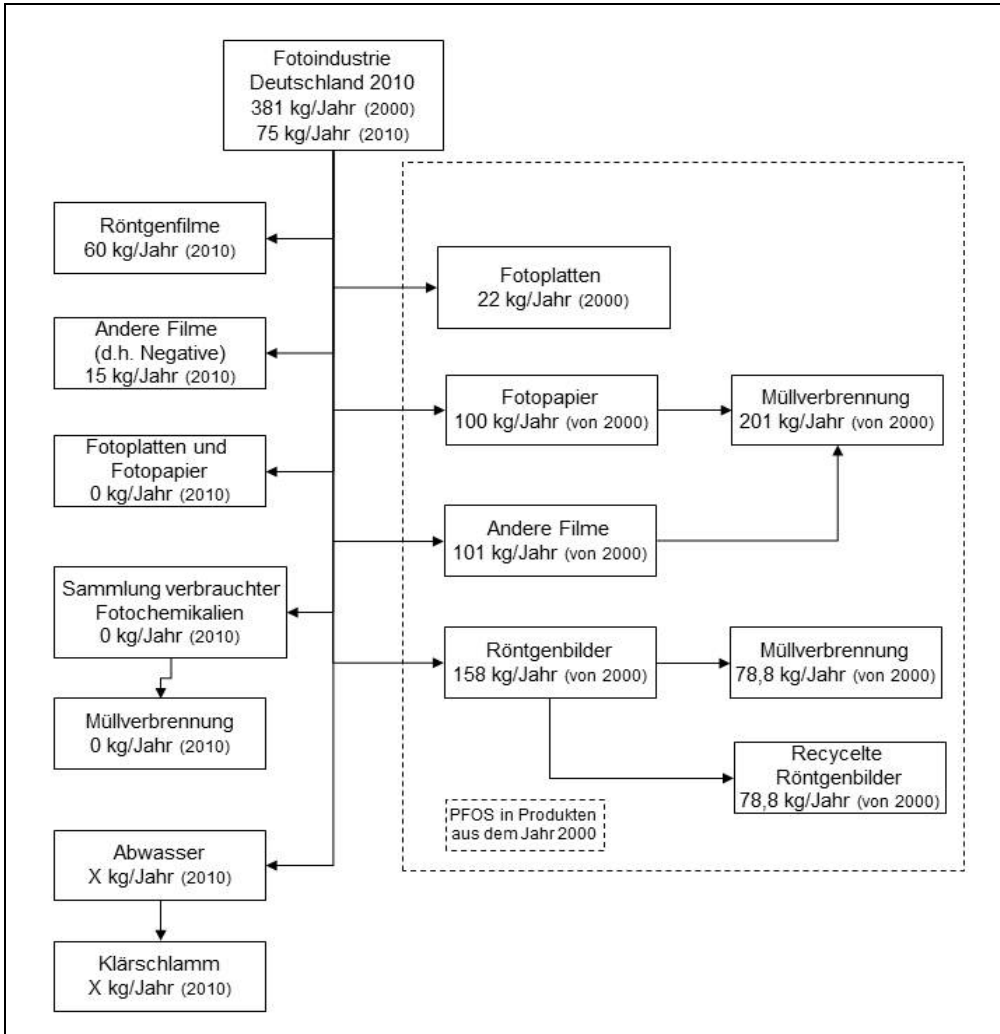


Abb. 11: PFOS-Stofffluss in der Fotoindustrie in Deutschland im Jahr 2010 (nach BiPRO 2011)

7.3.6 Quellenverzeichnis Fotoindustrie

Baumann et al. (2001): Baumann, W., Gräfen, M., Pollkläsner, D., Schubert, D.: Emission Scenario Document Photographic Industry IC-10 Assessment of the environmental release of photo chemicals. Institute for Environmental Research, University of Dortmund, für das Umweltbundesamt, Berlin, <http://oekopro.de/bilder/fotoESD.pdf>, Stand: 18.4.2012.

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

Buser und Morf (2009): Buser A., Morf, L.: Substance Flow Analysis of PFOS and PFOA. Perfluorinated surfactants perfluorooctansulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in Switzerland. Environmental studies no. 0922. Federal Office for the Environment, Bern 2009.

Guest, D. (2007): PFOS and PFOS-Related Substances - Invitation to submit comments on Draft Risk Management Evaluation of chemicals proposed for listing in Annexes of the Stockholm Convention to the POPs review Committee; International Imaging Industry Association, European Photo and Imaging Association and Photosensitized Materials Manufacturers' Association, 2007.

I&P Europe (2011): Persönliche Mitteilung von Markus Sude, Direktor I&P Europe; März 2011.

UK_DEFRA (2004): Perfluorooctane Sulphonate - Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks. Final Report prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environment Agency for England and Wales. Risk & Policy Analysts Limited (RPA) in association with BRE Environment. London, Norfolk, August 2004, <http://archive.defra.gov.uk/environment/quality/chemicals/documents/pfos-riskstrategy.pdf>, Stand: 8.9.2011.

UK-UA (2004): Environmental risk evaluation report: Perfluorooctan-sulphonate (PFOS), Environment Agency, Building Research Establishment Ltd Risk and Policy Analysts Ltd, Rotherham, GB, 2004.

7.4 Flugzeugindustrie

7.4.1 Hintergrund

PFOS wird in Hydraulikflüssigkeiten in Flugzeugen eingesetzt, um die Erosion mechanischer Teile herabzusetzen und so Schäden vorzubeugen (BiPRO 2011). Die Flüssigkeiten vermitteln die Kraftübertragung in den Bremssystemen. Da ein Verlust der Flüssigkeit zu einem Verlust an Bremswirkung führen würde, sind diese Bremssysteme für eine maximale Dichtigkeit ausgelegt. Die Ausfallquote solcher Systeme ist zudem besonders gering, da hier Sicherheitsbestimmungen der Luftfahrtindustrie gelten. Die Flüssigkeiten selber müssen zudem ein Zulassungsverfahren durchlaufen haben, um im Luftfahrtbereich eingesetzt werden zu dürfen. Für den zivilen Bereich werden daher zu über 95% die Produkte zweier Hersteller eingesetzt (Lufthansa Technik 2011). Dabei handelt es sich um:

- HYJET IV-A Plus (Hersteller ExxonMobil);
- SKYDROL® 500B4 (Hersteller Solutia Europe SA).

Es gibt eine große Luftfahrtindustrie in Deutschland. Diese besteht vornehmlich aus folgenden Unternehmen:

- Airbus - Hersteller von großen Flugzeugen für die zivile Luftfahrt;

- EADS Deutschland GmbH - Hersteller von Flugzeugen für den militärischen Bereich;
- Eurocopter - Hersteller von Hubschraubern;
- Lufthansa Technik - Dienstleister im Bereich der Wartung von Flugzeugen.

Daneben existieren noch kleinere Hersteller und Dienstleister, die im Hinblick auf die Verwendung von PFOS aber eine eher nachrangige Rolle spielen.

Die Verwendung der Hydraulikflüssigkeiten beschränkt sich auf den Neubau von Flugzeugen und den wartungsbedingten Austausch. Bei letzterem ist keine nennenswerte Freisetzung während des Betriebs anzunehmen, da ein relevanter Verlust von Hydraulikflüssigkeit in den Systemen sofort zur Stilllegung des Luftfahrzeugs führen würde. Wartungsbedingter Austausch findet vielmehr dann statt, wenn die Systeme insgesamt gewartet werden. Durch die Nutzungsphase wird das PFOS nicht verändert (BiPRO 2011).

7.4.2 Quantifizierung

Für den Neubau von Flugzeugen werden jährlich 21.500 l Hydraulikflüssigkeit verwendet (Airbus, 2011⁹⁹). Weitere etwa 45.000 l werden bei der Wartung von Flugzeugen verbraucht (Lufthansa Technik 2011¹⁰⁰). Im Bereich der militärischen Luftfahrt und der Hubschrauber liegen keine detaillierten Zahlen vor. Da PFOS bei der Nutzung weder zersetzt wird, noch nennenswerte Verluste aus dem System auftreten, kann man schließen, dass in etwa die Menge als Abfall anfällt, die Wartungsarbeiten eingesetzt wird. Gleichwohl beziffert BiPRO (2011) die Verluste auf 2% (1,4% auf den Boden und 0,6% in die Luft).

Es ist schwierig, den Gehalt an PFOS zuverlässig zu quantifizieren. In den Sicherheitsdatenblättern ist PFOS nicht ausgewiesen (ExxonMobil 2011a; Solutia 2008). Da davon ausgegangen werden kann, dass PFOS als POP auch die PBT Kriterien der Anhang XIII von REACH erfüllt, müsste es gemäß VO (EU) 453/2010 in Abschnitt 3 des Sicherheitsdatenblatts aufgeführt werden¹⁰¹, wenn die Konzentration des PFOS > 0,1% ist.

⁹⁹ Zahlen für 2010, da eine relativ kleine Schwankungsbreite in den Lieferzahlen der letzten Jahre besteht kann dies auch auf Vorjahre übertragen werden.

¹⁰⁰ Zahlen für 2010.

¹⁰¹ „3. ABSCHNITT 3: Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen [...] 3.2. Gemische [...] 3.2.1. Bei einem Gemisch, das die Kriterien für die Einstufung nach der Richtlinie

ExxonMobil erklärte auf Nachfrage, dass PFOS, definiert durch den Eintrag im Rahmen des Stockholmer Übereinkommens (CAS Nr.: 1763-23-1), nicht in ihren Produkten eingesetzt wird. (ExxonMobil 2011b). Die Firma Solutia erklärte, dass PFOS in keiner ihrer Hydraulikflüssigkeiten im Flugzeugbereich eingesetzt wird (Solutia 2011).

In der Literatur wird der Gehalt von PFOS in Hydraulikflüssigkeiten dennoch mit 0,05-0,1% beziffert (BiPRO 2011). Es konnte nicht genauer evaluiert werden, ob dies auf der Basis in der Vergangenheit verwendeter Formulierungen ermittelt wurde oder aktuell real in Gebrauch befindlichen Gemischen entspricht. Im Folgenden erfolgt eine Berechnung der PFOS-Menge für die untere und die obere Grenze der gefundenen Literaturquellen.

Gesamteinsatzmenge:

Die Gesamteinsatzmenge berechnet sich wie folgt:

$$(\text{Menge } X_{\text{Neuproduktion}} [\text{kg}] + \text{Menge } Y_{\text{Wartung}} [\text{kg}]) \times \text{Faktor}_{\text{Konz. PFOS}} = \text{Einsatzmenge} [\text{kg}]$$

Die relative Dichte beider Flüssigkeiten ist nahe dem Faktor 1, sodass hier davon ausgegangen wird, dass ein Liter der Flüssigkeit einem Kilogramm entspricht.

$$(21.500 \text{ kg} + 45.000 \text{ kg}) \times 0,05\% = 33,25 \text{ kg}$$

$$(21.500 \text{ kg} + 45.000 \text{ kg}) \times 0,1\% = 66,50 \text{ kg}$$

Die anfallende Menge an PFOS im Abfall ergibt sich nach:

$$(\text{Menge } Y_{\text{Wartung}} [\text{kg}]) \times \text{Faktor}_{\text{Konz. PFOS}} = \text{Einsatzmenge} [\text{kg}]$$

$$45.000 [\text{kg}] \times 0,05\% = \text{Einsatzmenge} [\text{kg}] = 22,50 \text{ kg}$$

$$45.000 [\text{kg}] \times 0,1\% = \text{Einsatzmenge} [\text{kg}] = 45,00 \text{ kg}$$

Gleichwohl soll hier nochmals betont werden, dass in Deutschland (vermutlich auch der EU, da eine einheitliche Luftfahrtzulassung besteht) aufgrund der vorliegenden Erklärungen der beiden Hauptlieferanten eine tatsächliche Anwesenheit von PFOS in solchen Flüssigkeiten nur als Verunreinigung angenommen werden kann. Daher besteht ggf. Anlass, diese Flüssigkeiten auf Verunreinigungen von PFOS hin zu untersuchen, um zu überprüfen, ob diese Ausnahme

1999/45/EG erfüllt, sind folgende Stoffe mit ihren jeweiligen Konzentrationen oder Konzentrationsspannen in dem Gemisch anzugeben: [...] c) Stoffe, die gemäß den Kriterien des Anhangs XIII persistent, bioakkumulierbar und toxisch beziehungsweise sehr persistent und sehr bioakkumulierbar sind, [...] wenn die Konzentration eines einzelnen Stoffs mindestens 0,1% beträgt.“

wirklich überhaupt noch Relevanz besitzt. Auch vor dem Hintergrund, dass augenscheinlich Alternativen verfügbar sind.

Eine Abschätzung der Emissionen lässt sich schwer treffen, da die produzierten Flugzeuge nicht zwingend in der EU oder gar in Deutschland verbleiben sondern auch weltweit eingesetzt werden. Zudem kommen Flugzeuge aus anderen Teilen der Welt nach Deutschland. Legt man als Annahme zugrunde, dass die Verluste ausschließlich durch das Befüllen und Entleeren der Systeme entstehen, ist es unwahrscheinlich, dass die Emissionen in Luft und Boden eingetragen werden, da solche Wartungen in der Regel auf industriellen Flächen stattfinden, die gegen einen direkten Eintrag in den Boden gesichert sind. Hier könnte man erwarten, dass austretende Flüssigkeit eher mit Putzlappen aufgenommen wird oder zu Boden tropft. Putzlappen werden in der Regel verbrannt oder gewaschen, sodass von dieser Quelle eher eine Emission in das Wasser zu erwarten wäre. Gleiches gilt bei der nassen Reinigung der Werksbodens. Eine Abschätzung für diesen Pfad kann jedoch nicht getroffen werden.

7.4.3 Abfallströme

Die anfallenden Mengen an Hydraulikflüssigkeit werden aufgefangen und teilweise vermischt mit anderen Wartungsflüssigkeiten, teilweise separat entsorgt. Diese Unterscheidung hat lediglich transportlogistische Gründe, die im Zusammenhang mit der Zuweisung von Auffanggefäßen und Vergabe passender Abfallschlüssel steht. Beide Fraktionen stellen einen gefährlichen Abfall dar und werden ausschließlich über die Verbrennung in Abfallverbrennungsanlagen entsorgt. Versuche, Recyclingverfahren für diese Fraktionen zu finden, wurden wieder eingestellt (Lufthansa Technik 2011). Dies bestätigen auch die Ergebnisse der BiPRO-Studie (2011).

7.4.4 Schlussfolgerung

Für die Berichtspflichten sind folgende Mengen anzugeben.

- Im Jahr 2010 wurden insgesamt zwischen 33 und 67 kg PFOS in der Flugzeugindustrie eingesetzt, wovon etwa 22 bis 34 kg PFOS in den Abfall gelangten.

Insgesamt kann man sicherlich vermuten, dass aufgrund der ermittelten Situation die Freisetzung an PFOS in Luft und Boden aus Hydraulikflüssigkeiten nahe Null liegen dürfte.

Es wäre weiterhin zu überprüfen, ob die zwei in der Luftfahrtindustrie verwendeten Chemikalien PFOS-frei sind und ob die geltende Ausnahme unter der EU POP-Verordnung noch notwendig ist. Es wird empfohlen, hierüber mit den betroffenen Akteuren in

Deutschland (ExxonMobil, Solutia und Lufthansa Technik) zu sprechen.

7.4.5 Quellenverzeichnis Flugzeugindustrie

Airbus (2011): Persönliche Mitteilung via Telefon, Karsten Gold, ENVIRONMENT GERMANY GDDD, Airbus Operations GmbH (Mai 2011).

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

ExxonMobil (2011a): HYJET IV-A PLUS Sicherheitsdatenblatt, <http://www.msds.exxonmobil.com/psims/psims.aspx>, Stand: 4.5.2012

ExxonMobil (2011b): pers. Comm. via E-Mail, Jan Vít Technical Help Desk Engineer - Europe Africa Middle East, ExxonMobil Business Support Center Czechia s.r.o., Vinohradská 2828/151, 130 00 Praha 3, Czech Republic, 14.06.2011

Lufthansa Technik (2011): Persönliche Mitteilung (Gespräch), Bernd Schröder, Lufthansa (Mai 2011).

Solutia (2008) SKYDROL 500B4 Sicherheitsdatenblatt <https://team.solutia.com/sites/msds/Skydrol%20MSDS%20Documents/182DE.pdf>, Stand: 4.5.2012

7.5 Halbleiterindustrie

PFOS-basierte Chemikalien wurden in verschiedenen Anwendungen zur Herstellung von Halbleitern für bildgebende Geräte wie digitale Kameras, Handys, Drucker, Scanner etc. verwendet (JRC_DEFRA 2004). Die wichtigsten Akteure der Halbleiterindustrie befinden sich in den USA (Intel und Texas Instruments), China, Japan und Taiwan. In Europa konzentriert sich die Herstellung auf Deutschland und Italien.

Die Herstellung von Halbleitern erfolgt in einem mehrstufigen Verfahren. Ausgangspunkt ist ein Silizium-Wafer, auf dem Verbindungen, Transistoren, Strukturen, Muster usw. ausgebildet werden. Das entsprechende Verfahren wird als Lithografie bezeichnet. Bei der sogenannten Fotolithografie wird ein Fotolack, eine lichtempfindliche Emulsion, auf einem Silizium-Wafer verteilt, stabilisiert und anschließend belichtet. Die Teile des Fotolacks, die keine Strukturen auf der Scheibe bilden, werden abgewaschen. Diese Prozedur wird, je nach zu ätzendem Muster, mehrmals wiederholt. Die Lichtwirkung kann durch chemische Katalysatoren verstärkt werden, welche wiederum ein Verfahren einleiten, bei dem eine Säure gebildet wird. Die beste Wirkung wird mit einer starken Säure erzielt. Mit PFOS verwandte Stoffe sind gegen Abbau in stark saurer Umgebung beständig, was zusammen

mit ihren oberflächenaktiven Eigenschaften der Grund für ihre Verwendung ist, wenn stark saure Katalysatoren erforderlich sind (SFS 2005).

Aktuell werden PFOS-Derivate aufgrund ihrer chemischen Funktionalität in Fotolacken oder Antirefleksionsbeschichtungen mit technologisch kritischen Einsatzbereichen für die Lithografie eingesetzt, wohingegen die Halbleiterindustrie den Einsatz von PFOS in nicht kritischen Anwendungen seit 2007 beendet hat (Global EHS 2010).

Auf Basis von Zahlen des europäischen Halbleiterverbandes ESIA geht BiPRO (2011) für die gesamte EU von einem PFOS Einsatz von ca. 9,34 kg im Jahr 2010 aus, wovon etwa 5,4 kg aus Fotolacken entstehen. Hiervon emittieren etwa 0,4 kg in das Abwasser.

Nach der Einschränkung im Jahr 2007 ist der Anteil aufgrund der Substitution von PFOS in nicht kritischen Anwendungen in der Zwischenzeit deutlich zurückgegangen.

7.5.1 Substitution von PFOS in der Halbleiterindustrie

Die weltweite Halbleiterindustrie hat sich freiwillig dazu verpflichtet den Einsatz von PFOS in nicht kritischen Anwendungen zu beenden (Global EHS 2010).

Bisher gibt es laut Global EHS (2010) jedoch keinen alternativen Stoff, mit dem PFOS in technologisch kritischen Einsatzbereichen ersetzt werden können. Für diese Einsatzbereiche besteht deshalb eine Ausnahme in der EU-POP-Verordnung und dem Stockholmer Übereinkommen (siehe Kapitel 3.1.1, Seite 4).

Im Allgemeinen existieren unterschiedliche Quellen zum Thema Substitution von PFOS in der Halbleiterindustrie: Einerseits wird auf die Notwendigkeit der bestehenden Ausnahme für die kritischen Anwendungen hingewiesen, da bisher von Seiten der Industrie oder auch deren Chemikalienzulieferern keine signifikanten Anstrengungen unternommen wurden, eine global anwendbare Alternative zu PFOS zu finden (Global EHS 2010). Eine andere Quelle besagt jedoch, dass derzeit neue PFOS-freie Techniken entwickelt werden. Diese Techniken befinden sich jedoch in verschiedenen Entwicklungsstadien und sind noch nicht für die kommerzielle Anwendung geeignet (SFS 2005). Es ist deshalb schwer vorherzusagen, ob die bestehende Ausnahme in den nächsten Jahren gebraucht wird bzw. ob im Jahr 2030 ein völliger Ausstieg garantiert werden kann.

7.5.2 Schlussfolgerung

Die Einsatzmengen von PFOS in der deutschen Halbleiterindustrie können aus den geschätzten Einsatzmengen der europäischen

Halbleiterindustrie von 2009 abgeleitet und auch für die kommenden Jahre als gleichbleibend prognostiziert werden (Global EHS 2010). Laut Industrieangaben (Global EHS 2010) macht der deutsche Marktanteil der Halbleiterproduktion ca. 20% aus. Hieraus lässt sich eine Einsatzmenge für Deutschland von 1,87 kg¹⁰² ableiten. Ebenso lässt sich für die Berechnung der Emissionen die jährlich in den Abfallstrom gelangen, ableiten. Demnach belaufen sich die Emissionen aus der deutschen Halbleiterindustrie auf 0,082 kg (Global EHS 2010). Die Menge PFOS von Halbleitern, die 2009 in den Abfallstrom gelangte, ist von der ESIA abgeleitet und beläuft sich nach deren Angaben auf 1,79 kg (Global EHS 2011). Diese Mengen sind für die Berichtspflichten so aufzunehmen.

Der betreffende Abfallstrom ist ein lösemittelhaltiger, überwachungsbedürftiger Abfall, welcher der Verbrennung zugeführt wird, sodass in der Mengenbilanz eine vollständige Zerstörung von PFOS angenommen werden kann. Auch hier sollte überprüft werden welche Abbauprodukte bei einer thermischen Verbrennung entstehen und ab welcher Temperatur PFOS vollständig verbrennt wird.

7.5.3 Quellenverzeichnis Halbleiterindustrie

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

ESIA (2009): European Semiconductor Industry Association PFOS (C8) Mass Balance Model For year 2009.

Global EHS (2010): Persönliche Mitteilung von Frau Herrmanns, GLOBALFOUNDRIES Dresden Dezember 2010.

Global EHS (2011): Persönliche Mitteilung von Frau Herrmanns, GLOBALFOUNDRIES, Dresden Oktober 2011.

SFS (2005): Schwedisches Gesetzblatt. Verordnung zur Änderung der Verordnung über ein Verbot usw. in bestimmten Fällen in Verbindung mit der Handhabung, der Einfuhr und der Ausfuhr von chemischen Produkten.

UK_DEFRA (2004): Perfluorooctane Sulphonate - Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks. Final Report prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environment Agency for England and Wales. Risk & Policy Analysts Limited (RPA) in association with BRE Environment. Loddon, Norfolk, August 2004,

¹⁰² 9,34 kg in der EU, davon 20% in Deutschland

<http://archive.defra.gov.uk/environment/quality/chemicals/documents/pfos-riskstrategy.pdf>, Stand: 8.9.2011.

7.6 Lederindustrie

7.6.1 Hintergrund

PFOS wurde als Imprägnierung vor allem für Möbelleder verwendet (RIKZ 2002), um ein möglichst hohes natürliches Aussehen und den Wert des Leders dauerhaft zu erhalten sowie zum Schutz vor Flecken (POPRC 2006). Zu diesem Zweck wurden PFOS-Verbindungen auf die Oberfläche eines solchen Leders gesprüht. Aufgrund des freiwilligen Ausstiegs von 3M aus der PFOS-Produktion (durch elektrochemische Fluorierung) im Jahre 2002 ist zu erwarten, dass in den darauffolgenden Jahren für die Oberflächenmodifizierung von Ledermöbeln in Deutschland und auch in Europa keine bis sehr geringe Mengen von PFOS-Konzentrationen enthalten sind.

Der europäische Gerberverband Contance beziffert die 2009 in Europa produzierte Ledermenge mit 174 Mio. m² (Euroleather 2010). Hiervon entspricht die in Deutschland hergestellte Menge etwa 4% (7,4 Mio. m²). Im Jahr 2010 wurden rd. 12 Mio. Quadratmeter Flächenleder produziert (VDL 2011).

Bezüglich der möglichen Einfuhr von PFOS-haltigen Polstermöbeln von außerhalb Europas nach Deutschland liegen keine Informationen vor.

Im Allgemeinen existieren unterschiedliche Quellen zum Einsatz von PFOS-Verbindungen in Lederprodukten. Zum einem wurde laut dem Verband TEGEWA in der Lederindustrie nie PFOS verwendet (TEGEWA 2010). Andere Quellen (POPRC 2010; UK_DEFRA 2004; OSPAR 2006) deuten hingegen darauf hin, dass PFOS in unterschiedlichen Lederanwendungen, wie z.B. Schuhe verwendet wurde. Da Schuhe zu einem großen Teil in Asien (vor allem China) hergestellt werden, ist es möglich, dass dort nach wie vor PFOS zum Einsatz kommt (Greenpeace 2011).

Auch BiPRO (2011) geht nach Angaben der Industrie davon aus, dass PFOS-artige Verbindungen in den Lederimprägnierungen für hochwertige Möbel verwendet wurden. Dies würde bedeuten, dass ein Teil der Möbelleder PFOS-Konzentrationen enthält.

7.6.2 Quantifizierungsmethodik

Da PFOS in der deutschen Lederbranche nicht mehr eingesetzt wird, gelangen auch keine Emissionen aus dem Behandlungsprozess in die Umwelt. Der einzig relevante Austrag stammt daher aus Lederpolsterprodukten, die noch mit PFOS-haltigen Imprägnierungen behandelt wurden und die sich noch im Bestand befinden. Wenn diese

dann entsorgt werden, kann PFOS in die Umwelt gelangen. Imprägnierungsverluste während der Produktlebensdauer durch Verschleiß werden nicht berücksichtigt (BIPRO 2011). Weitere Erkenntnisse über den Austrag von PFOS während der Nutzungsphase liegen aufgrund mangelnder Daten nicht vor (RIKZ 2002).

Die durchschnittliche Lebensdauer von Möbelpolstern wird auf etwa 10 Jahre geschätzt (BiPRO 2011). Es wird davon ausgegangen, dass diese Schätzung zu gering ist. Für die Berechnungen gehen wir von einer etwas längeren Nutzungsdauer von 15 Jahren aus. Nach Rücksprache mit dem Verband der Deutschen Lederindustrie e.V. – VDL (VDL 2011) ist diese Einschätzung vertretbar. Es werden also die im Jahr 1995 hergestellten Ledermöbel als Grundlage für die Berechnung der 2010 in den Abfallstrom gelangenden Mengen verwendet.

Um die Menge zu berechnen, welche im Jahr 2010 in den Abfallstrom gelangte, ist somit das Produktionsjahr 1995 entscheidend. Es liegen die Produktionszahlen aus den Jahren 1997 – 2003 vor. Betrachtet man die fast konstanten Produktionszahlen aus den Jahren von 1997–2003 (siehe Tab. 33), entsprechen diese etwa dem Zweifachen der aktuellen deutschen Produktionsmenge. Für die Berechnungen von PFOS im Abfallstrom im Jahr 2010 wird der Mittelwert der Produktionszahlen von 1997–2003 gebildet und angenommen, dass dieser die Produktionsmenge für 1995 darstellt.

Tab. 33: Jährliche Flächenlederproduktion¹⁰³ in Deutschland von 1997–2003 (Euroleather 2010)

Lederherstellung	1997 [m ² /a]	1998 [m ² /a]	1999 [m ² /a]	2000 [m ² /a]	2001 [m ² /a]	2002 [m ² /a]	2003 [m ² /a]
Deutschland	15.500.000	16.500.000	16.400.000	17.286.000	15.500.000	16.500.000	15.500.000
Mittelwert 1997–2003	16.169.000 m ²						

Aus Tab. 33 geht eine durchschnittliche Jahresproduktion von etwa 16.17 Mio. m² zugerichtetem Leder hervor. In den Jahren 1997–2003 lag der deutsche Exportanteil durchschnittlich bei 43% (Euroleather 2010). Importzahlen liegen uns für diese Jahre keine vor. Es wird daher angenommen, dass das Verhältnis Export zu Import im Jahr 1995 nahezu identisch war (VDL 2012). Daher wird für das Jahr 1995 angenommen, dass die in Deutschland hergestellte Menge auch ungefähr der in Deutschland auf den Markt gebrachten Menge entspricht.

Etwa 70% der produzierten Menge sind Auto- und Möbelleder, 20% Schuhleder, der Rest Bekleidungs-, Sattler- und Taschenleder. Von

¹⁰³ Zugerichtetes Leder: Das Leder, welches nach der eigentlichen Gerbung weiterbearbeitet wurde und mehr oder weniger für den weiteren Gebrauch fertig ist.

den 70% sind etwa 60% Autoleder und 40% Möbelleder¹⁰⁴. Dies entspricht einem Gesamtanteil von 4.527.000 m² (ca. 28%) für die Möbelleder. BiPRO (2011) geht von einem Anteil von 30% für die Möbelleder aus und liegt damit in derselben Größenordnung. Eine Aufschlüsselung nach einzelnen Einsatzgebieten enthält Tab. 34.

Tab. 34: Einsatz der Flächenlederprodukte im Jahr 1995 (Quelle: eigene Berechnungen)

Einsatz der Lederprodukte	Menge (1.000 m ² /a) in Deutschland	Mengenanteil in %
Auto- und Möbelleder, davon	11.318	70%
– Autoleder	6.791	42%
– Möbelleder	4.527	28%
Schuhleder	3.234	20%
Bekleidungs- und Taschenleder	1.617	10%
Summe	16.169	

Von der Gesamtmenge von 4.527.000 m² hergestelltem Flächenleder für die Polsterungen wurde laut BiPRO (2011) nur etwa 3% mit PFOS behandelt. Die PFOS-Konzentration liegt für Lederartikel bei 0,025-0,05 Gew.-% (RIKZ 2002) was einen Mittelwert von 0,04 Gew.-% ergibt. Das mittlere Flächengewicht von Möbelleder liegt etwa zwischen 550 g/m² (Lederpedia 2011) und 800 g/m² (G+H 2011).

Auf Basis der oben genannten Zahlen und Annahmen lässt sich errechnen, dass die Branche im Jahr 1995 noch etwa 30-44 kg PFOS für die Behandlung von Lederpolsterungen eingesetzt hat, die im Jahr 2010 in den Abfallstrom gelangen. Eine genaue Aufschlüsselung enthält Tab. 35.

Tab. 35: Berechnung der PFOS-Mengen, die 2010 in den Abfallstrom gelangen

Bezeichnung	Wert	Quelle
Hergestelltes Möbelleder (etwa 28%)	4.527.000 m ²	eigene Berechnungen
Anteil PFOS-behandeltes Möbelleder	3%	BiPRO 2011
Mittleres Flächengewicht Möbelleder	550 g/m ²	Lederpedia 2011
	800 g/m ²	G+H 2011
Mittlere PFOS-Konzentration in Leder	0,04%	RIKZ 2002
PFOS im Abfallstrom 2010 (Bandbreite)	37 kg (30-44 kg)	

BiPRO (2011) hat für die in Europa im Jahr 2000 hergestellten Möbelleder eine PFOS-Menge von ca. 5.700 kg berechnet. Der deutsche Anteil (etwa 4%) entspräche demnach 228 kg. Dieser Unterschied von ca. 190 kg entsteht durch den höheren Wert von 6

¹⁰⁴ <http://www.leder-info.de/index.php/Lederindustrie>.

kg/m² (BiPRO 2011) für das Flächengewicht. Da jedoch aktuelle Recherchen Werte zwischen 0,55 und 0,8 kg/m² ergeben haben, wird davon ausgegangen, dass die Annahme von 6 kg/m² zu hoch ist.

7.6.3 Abfall und Recycling

Unter der Annahme, dass ab dem Jahr 2002 kein PFOS mehr in Lederpolsterungen vorhanden ist und entsprechende Polstermöbel eine Lebensdauer von 15 Jahren haben, wäre der Abfallstrom ab dem Jahr 2017 PFOS-frei.

Seit 2005 dürfen keine unbehandelten Abfälle auf Deponien abgelagert werden. Dies bedeutet, dass alle in Deutschland entsorgten Ledergarnituren (fallen unter die Siedlungsabfälle), die seit 1990 auf den Markt gebracht wurden, nicht mehr deponiert, sondern thermisch behandelt werden.

Unter der Annahme, dass die Entsorgung von Polsterungen bis 2005 hauptsächlich auf Deponien erfolgte, ergibt sich die Situation, dass PFOS-Freisetzung in die Umwelt nur von den vor 1990 produzierten Möbelledern zu erwarten sind. Der Freisetzungsprozess ist jedoch abhängig von der Abbaukinetik im Deponiekörper. Weitere Informationen dazu sind nicht verfügbar.

Daraus ergibt sich bis zum Jahr 1990 ein für die Bestimmung der maximal freisetzbaren Menge relevanter Zeitraum von 20 Jahren¹⁰⁵ und somit eine in den Deponien verborgene Menge von etwa 750 kg PFOS¹⁰⁶.

7.6.4 Schlussfolgerung

Für die Berichtspflichten an das Stockholmer Übereinkommen ergeben sich damit für die Lederindustrie die folgenden Mengen:

37 kg (siehe Tab. 35, Seite 126) aus Möbelleder, die im Jahr 1995 hergestellt wurden und im Jahr 2010 in den Abfallstrom gelangt sind.

Anhand der Literaturangaben stammt der einzig noch relevante Austrag aus Lederpolsterprodukten. Eine Überprüfung inwieweit PFOS über Lederprodukte (Autoleder, Schuhleder, Bekleidungs- und Taschenleder etc.) noch nach Deutschland gelangt müsste durch Analysen überprüft werden.

¹⁰⁵ Fluorcarbonharze wurden erstmals in den frühen 70 Jahren eingesetzt (GUT 2011)

¹⁰⁶ 20 Jahre * 37 kg ~ 750 kg

7.6.5 Quellenverzeichnis Lederindustrie

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

Euroleather (2010):

http://www.euroleather.com/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=12, Stand: 28.4.2011.

G+H (2011): Persönliche Mitteilung von Herrn Geuting; G+H Leder GmbH, Vreden, April 2011.

Greenpeace (2011): Dirty Laundry - Unravelling the corporate connections to toxic water pollution in China'. Greenpeace International, Juli 2011

http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/chemie/dirty-laundry-report.pdf, Stand: 5.5.2012

Lederpedia (2011):

http://www.lederpedia.de/lederpruefung_lederbeurteilung/bestimmung_der_dicke_sowie_rohdichte_und_flaechengewicht_des_leders, Stand: 28.4.2011.

OSPAR (2006): OSPAR Commission, 2006 Update: Background Document on Perfluorooctane Sulphonate. Publication Number: 269/2006.

POPRC (2006c): Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting; Addendum Risk profile on perfluorooctan sulfonate; Geneva; November 2006.

POPRC (2010): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants POPs Review Committee (POPRC), Draft Guidance document on Alternatives to perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) and its derivatives. Geneva 2010.

RIKZ (2002): Perfluoralkylated substances, Aquatic environmental assessment, Report RIKZ/2002.043, Universiteit van Amsterdam, Hekster, F.M., de Voogt, P., RIKZ A.M.C.M. Pijnenburg, R.W.P.M. Laane, 1 July 2002.

RPA (2004): Proposal for Regulations on PFOS-Related Substances, Partial Regulatory Impact Assessment, prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs Chemicals and GM Policy Division, RPA in association with BRE environment, September 2004.

TEGEWA (2010): Persönliche Mitteilung von Dr. Volker Schröder, Verband TEGEWA e.V., Frankfurt a.M. November 2010.

VDL (2010): Persönliche Mitteilung von Thomas Schröder, Verband der Deutschen Lederindustrie e.V. - VDL; Vreden, Oktober 2011.

VDL (2012): Persönliche Mitteilung von Thomas Schröder, Verband der Deutschen Lederindustrie e.V. – VDL; Vreden, März 2012.

7.7 Teppichindustrie

7.7.1 Hintergrund

PFOS wurde für die Herstellung von Textilfaser-Imprägniermitteln verwendet, die das Eindringen von Öl, Flüssigkeiten und Schmutz in die Teppichfasern verhindern sollten (UK_DEFRA (2004)). Zur Beschichtung wurden zwei verschiedene Fluorcarbonharze, d.h. zwei unterschiedliche Polymere, eingesetzt. Diese unterscheiden sich durch die Anzahl der Seitenketten. Im Rahmen der durchgeführten Reaktionen entstanden in mehreren Stufen aus PFOS die Seitenketten eines Fluorpolymers. Der Einsatz von PFOS-basierten Fluorcarbonharzen zur Behandlung von Teppichen hat bis zum freiwilligen Ausstieg von 3M aus der PFOS-Produktion im Jahr 2002 angehalten. Die Quellenangaben aus der Literaturrecherche gehen davon aus, dass vor 2002 pro Jahr ca. 260 Tonnen PFOS-artige Verbindungen (hier FOSE-Polymere)¹⁰⁷ für die Faserveredelung in Europa eingesetzt wurden (Fricke und Lahl 2005).

Berücksichtigt man, dass die Lebensdauer von Teppichen bei 10-18 Jahren liegt (BiPRO 2011; GUT 2011), ist es sehr wahrscheinlich, dass durch die Imprägnierung von Teppichen heute noch PFOS in den Abfallstrom gelangt. Aus diesem Grund werden hier die im Teppichbestand vorhandenen Mengen abgeschätzt und daraus diejenigen abgeleitet, die über die Entsorgung von Teppichen in den Abfallstrom gelangen. Da PFOS heute nicht mehr zur Herstellung von Textilfaser-Imprägniermittel verwendet wird, werden eingesetzte Mengen, Emissionen und Abfall aus dem Prozess nicht betrachtet.

Bei Teppichen werden grundsätzlich vier Herstellungsarten unterschieden: Knüpfen, Weben, Nadeln und Tuften. Mit der Herstellungsart ist zugleich der Einsatz eines typischen Fasermaterials verbunden. So kann die Nutzschicht, der so genannte Flor oder Pol, aus synthetischen oder natürlichen Materialien bestehen. In Deutschland¹⁰⁸ stellen Teppiche aus Chemiefasern mit 68% (LFU 2001) den größten Anteil der produzierten Teppichmengen dar (siehe Abb. 12). Für die Verwendung von PFOS-basierten Fluorcarbonharzen ist nur ein Teil der synthetischen Fasern relevant (siehe Kapitel 7.7.2).

¹⁰⁷ PFOS-basierende Sulfonamidoethanole.

¹⁰⁸ Innerhalb Europas sieht diese Verteilung ähnlich aus.

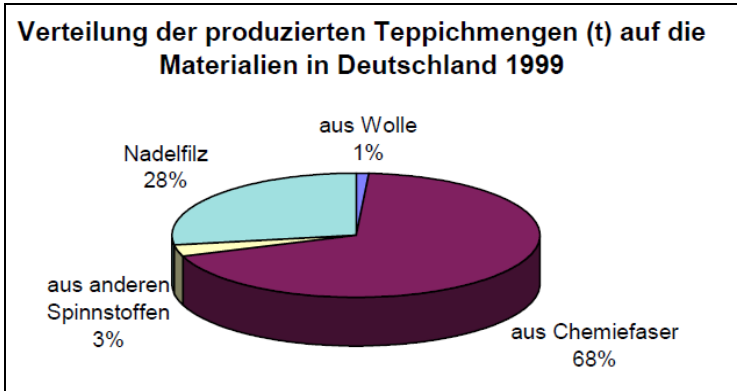


Abb. 12: Verteilung der produzierten Teppichmengen nach Materialarten (LFU 2001)

7.7.2 Berechnung PFOS-Mengen im Bestand und im Abfallstrom

Für die Quantifizierung der PFOS-Mengen im Teppichbestand wird zunächst ermittelt, für welche Teppich- und Faserarten PFOS-basierte Imprägniermittel benutzt wurden. Danach werden über den PFOS-Gehalt in den verwendeten Polymeren und dem Anteil der Polymere an den Fasern ein Gehalt und eine Gesamtmenge ermittelt. Diese ergibt sich aus dem Verbrauch der relevanten Fasern für das Jahr 1995 und dem errechneten PFOS-Gehalt der Fasern. Leider liegen keine aktuelleren Zahlen zum Verbrauch vor, sodass die Bestimmung der abfallrelevanten Mengen auf Basis des Verbrauchsjahres 1995 und einer durchschnittlichen Verweildauer im Bestand von 14 Jahren¹⁰⁹ für das Jahr 2009 ermittelt werden.

In Tab. 36 werden die im Jahr 1995 in Deutschland produzierten und verbrauchten Mengen als Referenz für die weiteren Berechnungen dargestellt (GUT 2004b). Die in Deutschland produzierten Teppichmengen von 171 Mio. m² entsprechen nicht den in Deutschland verkauften bzw. verbrauchten Teppichmengen. Die Verbrauchsmengen¹¹⁰ für das Jahr 1995 beliefen sich in Deutschland auf 325 Mio. m² und sind somit fast doppelt so hoch wie die in Deutschland produzierte Menge. Basierend auf den EU-Produktionszahlen für Polmaterialien in Tuftingbelägen wurden 1995 etwa 55% PA-Materialien und etwa 30% PP-Materialien verwendet. Der Rest verteilt sich auf Wolle und andere Spinnstoffe.

¹⁰⁹ Mittelwert aus 10-18 Jahre (GUT 2009)

¹¹⁰ Verbrauch = Produktionsmenge + Import - Export

Tab. 36: Hergestellte und verbrauchte Teppichmengen 1995 in Deutschland (GUT 2004b; GUT 2011)

Teppichmengen für 1995 [Mio. m ²]	Gewebt	Getuftet	Geknüpft	Genadelt	Gesamt
Hergestellte Mengen in Deutschland	5	109	k.A.	57	171
Verbrauchte Mengen in Deutschland	15	231	k.A.	78	324

Für die Verwendung von PFOS-basierten Fluorcarbonharzen finden nur Fasern in Tuftingbelägen und bei Webwaren Anwendung. Somit ergibt sich für diese beiden Bodenbeläge ein Verbrauch von 246 Mio. m² (siehe Tab. 36). Nadelfilzbeläge können bei der vorliegenden Fragestellung außer Acht gelassen werden, da diese in der Regel nicht mit Fluorcarbonharzen ausgerüstet wurden (GUT 2011). Für geknüpfte Teppiche liegen von GUT (2011) keine Angaben vor.

Drüber hinaus kommen im Zusammenhang mit der Fluorcarbonharz-Beschichtung nur die zur Herstellung der Oberseite eines Teppichs (Polschicht) verwendeten Standardapplikationen (PA- und PP-Fasermaterialien) ohne deren Avivagen¹¹¹ (siehe Tab. 37) in Betracht. Im Gegensatz zu der Annahme von BiPRO (2011) werden nicht alle Polteppichböden mit Synthesefaseranteil grundsätzlich mit Fluorcarbonharzen ausgerüstet. Es handelt sich vielmehr um eine Zusatzausrüstung für bestimmte Marktsegmente. So wurden PP-Fasern fast gar nicht ausgerüstet und PA-Fasern fast ausschließlich nur für die Verwendung im privaten Bereich.

Geht man von einer Ausrüstungsrate der PA-Fasern mit Fluorcarbonharzen von 60% aus (GUT 2011), so ergibt sich aus Tab. 37 und Tab. 38 eine zu betrachtende Fasermenge von

$$\begin{aligned} & (\text{Gesamtgewicht PA} + \text{Gesamtgewicht PA-Garn}) \times 0,6 \\ & = (69,2 \text{ kilotonnen (kt)} + 0,13 \text{ kt}) \times 0,6 = 41,6 \text{ kt} \end{aligned}$$

Tab. 37: Teilstoffströme für Polmaterialien in Tuftingbelägen (GUT 2004b und GUT 2011)

Materialzusammensetzung	Anteil des Materials	Verbrauchte Menge in Mio. m ² /a	Flächengewicht in kg/m ²	Gesamtgewicht in kt/a
PA-Garn (55% von 231 Mio. m ²)	100%	127,1	0,55	69,9
PA	~ 99%	125,8	k.A.	69,2
Avivage	~ 1%	1,3	k.A.	0,7

Bei den gewebten textilen Bodenbelägen muss mit einer prozentualen Verteilung der PA-Fasern von etwa 1% und der PP-Faser von 92% ausgegangen werden (GUT 2004b).

¹¹¹ Auch Präparation oder Schlichte (Sizing) genannt, dient der Verarbeitbarkeit von Garnen z.B. zu Geweben.

Tab. 38: Teilstoffströme im Bereich der Webwarenproduktion (GUT 2004b)

Materialzusammensetzung	Anteil des Materials	Verbrauchte Menge in Mio. m ² /a	Einsatzgewicht in kg/ m ²	Gesamtgewicht in kt/a
PA-Garn (1% von 15 Mio. m ²)	1%	0,15	0,85	0,13

7.7.3 Mengenbestimmung PFOS im Teppichbestand

Wie bereits vorher berechnet, wurden basierend auf den deutschen Verbrauchszahlen für das Jahr 1995 41.600 t Fasern mit PFOS-basierten Fluorcarbonharzen ausgerüsteten textilen Bodenbelägen verwendet. Jedoch werden verfahrensbedingt nur die oberhalb des Trägers befindlichen Faseranteile mit Fluorcarbonharz beschichtet (siehe Abb. 13).

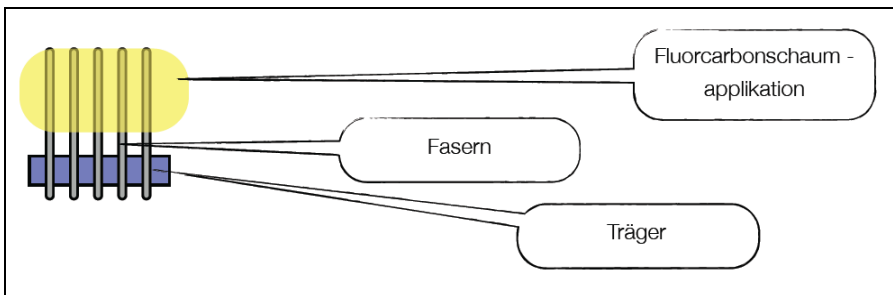


Abb. 13: Teppichquerschnitt

Laut der Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden e.V. (GUT 2011) befinden sich ca. 20% der Fasern unterhalb und innerhalb der Trägerschicht. Somit werden von den 41.600 t nur 80% der genannten Fasern, also 33.300 t beschichtet.

Zur Beschichtung werden zwei verschiedene Fluorcarbontypen eingesetzt, die unterschiedlich viele Seitenketten tragen. Mit Hilfe der Summenformeln (GUT 2011), lässt sich der PFOS-Anteil am Polymer berechnen.

Polymer 1

- $(C_{12}H_{20}O_4N_2) + (C_{16}F_{34}S_2O_4)$
- $256 + 966 = 1.222 \text{ g/mol}$; der PFOS-Anteil entspricht demnach 79%

Polymer 2

- $(C_{160}H_{310}O_{42}NS_2) + (C_{16}F_{34}S_2O_4)$
- $3764 + 966 = 4.730 \text{ g/mol}$; der PFOS-Anteil entspricht demnach 20%

Bei Polymer 2 handelt es sich um die geläufige Antischmutzausrüstung, bei Polymer 1 um die auch gegen starke Verschmutzungen eingesetzte Variante (z.B. ölabweisend). Es kann davon ausgegangen werden, dass ca. 20% der ausgerüsteten Fasern mit Polymer 1 behandelt wurden (GUT 2011).

Tab. 39: Ermittlung der relevanten Mengen zur Bestimmung des PFOS-Gehaltes für 1995

	Anteil am Markt (GUT 2011)	Markt Fasern [t]	Anteil Markt Fasern [t]
Polymer 1	20%	33.300	6.660
Polymer 2	80%	33.300	26.640

Zusammen mit der bereits ermittelten Grundmenge an Fasern für 1995, die für eine Beschichtung in Frage kommen, lässt sich errechnen, wie hoch der Anteil an PFOS in den mit Fluorcarbonharzen beschichteten Fasern ist:

Aus den Applikationsvorschriften und -rezepturen kann die Menge des zu applizierenden Produktes entnommen werden. Laut Applikationsvorschrift eines Herstellers für die normale schmutzabweisende Fluorcarbonharzausrüstung mit Polymer 2 befinden sich 1,5% Fluorcarbonharz auf dem ausgerüsteten Teil der Fasern (GUT 2011). 20% des Fluorcarbonharzes sind PFOS, also befinden sich etwa 0,30% PFOS auf der Faser. Wie in Tab. 39 hergeleitet wurde, werden 26.640 t Fasern mit dem Polymer 2 ausgerüstet. Somit ergibt sich ein PFOS-Anteil von ca. **79,9 t (26.640 x 0,30%)** pro Jahr basierend auf der Verbrauchsmenge in Deutschland für das Jahr 1995.

Wenn eine ölabweisende Ausrüstung mit Polymer 1 erfolgt, beträgt der PFOS-Gehalt durchschnittlich 520 mg/kg¹¹² Faser (GUT 2011). Bei 520 mg/kg bedeutet dies **3,5 t** PFOS pro Jahr basierend auf der Verbrauchsmenge in Deutschland in 1995 für das Polymer 1.

Damit errechnet sich die tatsächliche PFOS-Menge bezogen auf die verbrauchte Menge textiler Bodenbeläge in Deutschland (1995) zu:

$$3,5 \text{ t (Polymer 1)} + 79,9 \text{ t (Polymer 2)} = 83,4 \text{ t PFOS}$$

7.7.4 Abfall und Recycling von Altteppichen

Die in obigem Abschnitt ermittelten 83,4 t PFOS, die 1995 durch Teppiche in den Bestand kamen, gelangten unter der Annahme einer durchschnittlichen Verweildauer von 14 Jahren im Jahr 2009 in den Abfallstrom. Dort kann allerdings nur dann eine PFOS-Freisetzung angenommen werden, wenn sich das Fluorpolymer in der Umwelt vollständig abbaut und die perfluorierten C₈-Seitenketten zu PFOS abgebaut werden.

¹¹² Der Fluorcarbonanteil für die ölabweisende Ausrüstung sinkt mit zunehmender Polfaserlänge. Dieser Durchschnittswert ergibt sich bei einer mittleren Polfaserlänge von 6 mm (GUT 2011).

Für das Abfallaufkommen eventuell relevant sind außerdem die kommenden Jahre bis 2020, wenn man von einer maximalen Verweildauer der Teppiche im Bestand von 18 Jahren und einer letztmaligen Verwendung von PFOS im Jahr 2002 zur Herstellung von Teppich-Imprägniermittel ausgeht.

Allerdings werden seit Inkrafttreten des Deponieverbotes 2005 textile Bodenbeläge entweder in Müllverbrennungsanlagen (etwa 30%) entsorgt oder zu Sekundärbrennstoff (etwa 70%) aufbereitet in Zementwerken eingesetzt (GUT 2004a). Bis 2005 erfolgte die Entsorgung von Altteppichen auf Deponien und in Müllverbrennungsanlagen.

Bei einer durchschnittlichen Lebenszeit von 14 Jahren (kürzere Lebenszeiten sind nur für die nicht ausgerüsteten Polypropylen-Beläge zu erwarten) ergibt sich für die Abfallsituation, dass fast alle seit 1991 in Deutschland verkauften Teppiche nicht mehr deponiert worden sind, sondern thermisch entsorgt wurden. Aufgrund dieser Tatsache ist davon auszugehen, dass der PFOS-Anteil in Fluorwasserstoffsäure umgesetzt wird und diese in Form von Fluoriden in der Schlacke anfällt.

Es kann also weiter festgestellt werden, dass PFOS-Freisetzungen in die Umwelt nur von den vor 1991 produzierten Teppichen zu erwarten sind¹¹³. Der Freisetzungsprozess ist jedoch abhängig von der Geschwindigkeit, mit der das Fluorpolymer abgebaut wird und sich PFOS als Endpunkt dieses Abbaus bildet (GUT 2011).

Fluorcarbonharze wurden erstmals in den frühen 1970er Jahren eingesetzt (GUT 2011). Daraus ergibt sich bis zum Jahr 1991 ein für die Bestimmung der maximal freisetzbaren Menge relevanter Zeitraum von 21 Jahren und somit eine in den Deponien verborgene Menge von etwa 1.750 t (21 Jahre à 83,4 t) PFOS. Wie viel von diesem PFOS bis heute freigesetzt wurde, kann auf Grund der nicht bekannten Abbaukinetik nicht näher bestimmt werden. PFOS wird sich voraussichtlich zunächst in den Sickerwässern und Sedimenten deponienah anreichern (GUT 2011).

7.7.5 Schlussfolgerung

Für die weitere Betrachtung der Mengenströme wird von folgenden PFOS-Mengen ausgegangen, welche so in die Berichtspflichten übernommen werden können:

¹¹³ Wir gehen davon aus, dass der nach europäischer Gesetzgebung gültige Grenzwert für PFOS von 1 µg/m² nicht überschritten wird.

83,4 t PFOS aus der berechneten Menge an Altteppichen, die im Jahr 1995 verkauft wurden und im Jahr 2009 in den Abfallstrom gelangt sind.

Mit der oben getroffenen Annahme, dass imprägnierte Teppiche bis zu 1 µg/m² PFOS enthalten dürfen und somit zumindest Spuren enthalten sein können, besteht aus unserer Sicht Handlungsbedarf, um die Datenlage für eine Mengenabschätzung zu verbessern. Hierzu wäre die Untersuchung einer repräsentativen Stichprobe auf PFOS-Gehalte in Teppichen erforderlich.

7.7.6 Quellenverzeichnis Teppichindustrie

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

Fricke und Lahl (2005): Fricke, M., Lahl, U.: Risikobewertung von Perfluortensiden als Beitrag zur aktuellen Diskussion zum REACH-Dossier der EU-Kommission. In: UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 17(1).

GUT (2004a): Carpet Recycling; Präsentation von Dr. Edmund Vankann, GUT e.V.; PA 2004, 5th Annual World Congress, 14.-16. Juni 2004, Düsseldorf.

GUT (2004b): Textile Bodenbeläge - Stoffflussanalyse und Bewertung; Ergebnisse des Gemeinschaftsausschusses „Analyse und Bewertung von Stoffströmen der Chemie in der Industriegesellschaft“ DECHEMA und GDCh unter Mitarbeit von GUT und TFI, 2004.

GUT (2009): Textile floor covering with a tufted surface pile made of 100% polyamide 6 and a backing of textile fabrics; Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden (GUT) e.V.; Aachen; Januar 2009.

GUT (2011): Persönliche Mitteilung von Dr. Edmund Vankann, Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden (GUT) e.V., März 2011.

LfU (2001): Sammlung und Verwertung von Altteppichen; Bayerisches Landesamt für Umwelt; Augsburg, Mai 2001.

UK_DEFRA (2004): Perfluorooctane Sulphonate - Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks. Final Report prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environment Agency for England and Wales. Risk & Policy Analysts Limited (RPA) in association with BRE Environment. London, Norfolk, August 2004, <http://archive.defra.gov.uk/environment/quality/chemicals/documents/pfos-riskstrategy.pdf>, Stand: 8.9.2011.

7.8 Papier- und Zellstoffindustrie

7.8.1 Hintergrund

Perfluorchemikalien, unter anderem auch PFOS-haltige Verbindungen, wurden in der Verpackungs- und Papierindustrie als Hilfsmittel bei der Herstellung von fett-, wasser- bzw. ölabweisenden Papieren (sog. fettdichte Papiere)¹¹⁴ eingesetzt (OSPAR 2006). Verwendung gefunden haben sie in Anwendungen wie Einweggeschirr aus Karton (Teller, Becher, Platten), Backpapieren, Papierbackformen sowie auch in Anwendungen ohne Lebensmittelkontakt wie Faltschachteln, selbstdurchschreibendes Papier und Abdeckpapieren (OSPAR 2006). Laut Fricke und Lahl (2005) wurden bis 2002 dabei in Europa pro Jahr ca. 160 t PFOS-Verbindungen in der Papierveredelung eingesetzt. Daten für Deutschland konnten daraus nicht abgeleitet werden. Als weltweit größter Produzent von PFOS hat 3M im Mai 2000 angekündigt, die Produktion von PFOS schrittweise einzustellen. Die endgültige Beendigung der PFOS-Produktion von 3M im Jahr 2002 hat dazu geführt, dass kein PFOS mehr zum Einsatz kam (OSPAR 2006). Auch in der britischen Papierindustrie gab es seit 2004 kein Interesse mehr an PFOS-haltigen Stoffen (UK_DEFRA 2004).

Im Jahr 2003 wurden aus den Empfehlungen des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) XXXVI „Papiere für den Lebensmittelkontakt“ und XXXVI/2 „Papiere, Kartons und Pappen für Backzwecke“ die elektrochemisch hergestellten perfluorierten Oberflächenveredelungsmittel wegen der möglichen Übergänge von PFOS auf Lebensmittel gestrichen (Pfaff 2006). Diese Empfehlung XXXVI enthält Positivlisten der Stoffe, die nach Urteil des BfR sicherstellen, dass die Anforderungen der §§ 30 und 31 des Lebensmittel- und Futtermittel-Gesetzbuches (LFGB)¹¹⁵ für Bedarfsgegenstände eingehalten sind. Diese enthalten auch keine Stoffe, aus denen PFOS freigesetzt werden kann.¹¹⁶

7.8.2 Quantifizierung

Sowohl BiPRO (2011) als auch eine Schweizer Stoffflussanalyse (Buser und Morf 2009) haben keine PFOS-Mengen für die Papier und

¹¹⁴ http://www.ipv-ev.de/aktuelles_nachrichtenarchiv.html.

¹¹⁵ Lebensmittelkontaktpapiere unterliegen dem Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB). <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/lfgb/gesamt.pdf>.

¹¹⁶

http://www.bfr.bund.de/cm/232/perfluorverbindungen_in_lebensmittelbedarfsgegenstaenden.pdf.

Zellstoffindustrie ermittelt. Wie oben bereits erwähnt enthalten die heute in der Papierindustrie eingesetzten Fluorchemikalien keine nachgewiesenen PFOS-Konzentrationen mehr bzw. liegen unter der rechtlich tolerierten Flächenkonzentration für PFOS von $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ (siehe auch Kapitel 3.1, Seite 4). Von Seiten des Umweltbundesamtes (Reichart 2010) wurde dies bestätigt. Auch Importe von Lebensmittelpapieren dürfen kein PFOS enthalten, da diese ebenfalls der Empfehlung XXXVI des Bundesinstitutes für Risikobewertung (BfR) unterliegen. Informationen über PFOS-Analysen in Spezialpapieren liegen uns zum jetzigen Zeitpunkt¹¹⁷ nicht vor.

Auch der TEGEWA-Verband¹¹⁸ sowie der Verband deutscher Papierfabriken, VDP (VDP 2011) und der Hauptverband der Papier- und Kunststoffverarbeitung (HPV) haben keine weiteren Informationen über den Einsatz von PFOS in der Papier- und Zellstoffindustrie. Laut VDP wurde PFOS in der Papierindustrie nie zur Erzielung von fett- und wasserabweisenden Wirkungen in Lebensmittelverpackungen eingesetzt (VDP 2011).

Die Produktlebensdauer von Papieren wird bei BiPRO (2011) mit ca. einem Jahr angenommen. Daher ist eine Mengenermittlung im Bestand von früheren Einsatzmengen aus der Papier- und Zellstoffindustrie nicht notwendig.

Anhand von diesen Quellenangaben ist es als wahrscheinlich zu betrachten, dass in Deutschland in der Papierbeschichtung durch Fluorchemikalien heute kein PFOS mehr eingesetzt wird und auch kein Eintrag in den Abfallstrom (Abwasser) gelangt.

Darüber hinaus werden eingesetzte Mengen, Emissionen und Abfälle aus dem Imprägnierungs-Prozess nicht betrachtet, da PFOS-Derivate heute nicht mehr zur Herstellung¹¹⁹ von wasser- und fettabweisender Papier-Ausrüstung verwendet werden.

Es liegen somit keine Hinweise und Mengenangaben vor, dass im Jahre 2010 in der deutschen Papierindustrie PFOS-basierte Stoffe eingesetzt wurden und über den Abfallstrom (Abwasser) in die Umwelt gelangten.

¹¹⁷ Stand 28.9.2011.

¹¹⁸ Verband der Hersteller von Textil-, Papier-, Leder- und Pelzhilfs- und -farbmitteln, Tensiden, Komplexbildnern, antimikrobiellen Mitteln, Polymeren Flockungsmitteln, Kosmetischen Rohstoffen und Pharmazeutischen Hilfsstoffen oder verwandten Produkten.

¹¹⁹ Verwendung und Inverkehrbringen von PFOS seit Oktober 2006 EU-weit stark eingeschränkt.

7.8.3 Heutiger Einsatz in der Papierindustrie

Produkte, die heute in der Papierindustrie im Einsatz sind, basieren z.B. auf Fluorcarbonharzen (fluorierte Polymere) und Perfluorpolyethern (PFPE). Es liegen uns zum aktuellen Zeitpunkt keine Hinweise vor, ob Papierbeschichtungen dennoch Spuren von PFOS-Konzentrationen enthalten¹²⁰. Allerdings können auf der Ausrüstung als Verunreinigung Perfluorooctansäure (PFOA) und Fluortelomeralkohole (FTOH) im unteren ppm-Bereich enthalten sein (Reichart 2010). Einen kleineren Teil in der Papierherstellung stellen die Perfluoralkylphosphate (PAP) dar, die zum Teil zu FTOH und schließlich in der Kläranlage zu PFOA abgebaut werden können (TEGEWA 2011). Beispiele für mit Fluorverbindungen beschichtete Papiere sind Getränkebecher, Fastfood-Verpackungen oder Pizzakartons. Bei Klebeetiketten werden Fluorcarbonharze verwendet, um das Durchdringen des Klebers zu verhindern (Reichart 2009).

Die Fluorchemikalien für Papieranwendungen sind im Allgemeinen so aufgebaut, dass sie zwei unterschiedliche funktionelle Gruppen enthalten: eine polare Gruppe, die die Haftung zur Faser ergibt, und Fluorkohlenstoffgruppen/-ketten, die die Wasser- und Öl-Abweisung bewirken. Die Funktionsgruppen sind produktabhängig teilweise an ein Polymergerüst gebunden.

Fluortelomeralkohole (FTOH) (insbesondere 8:2 FTOH) können in geringen Mengen¹²¹ zu Perfluorooctansäure (PFOA) umgewandelt werden¹²². Zusätzlich können auch Spuren von PFOA über das Altpapier eingetragen werden (Reichart 2010).

7.8.4 Abwasserverordnung (AbwV) Anhang 28

Die Abwasserverordnung (Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer – AbwV) enthält zahlreiche Anhänge, die für verschiedenen Herkunftsbereiche und Produktionszweige schadstoffbezogene Anforderungen an Abwasser beschreiben.

¹²⁰ Es liegen dem BfR zwar Daten zu Gehalten von PFOS in Lebensmitteln (vor allem Seefisch und Süßwasserfisch) vor, jedoch gehen hiervon keine Hinweise bezüglich der Expositionsabschätzung von evtl. Verpackungspapieren hervor (BfR 2008).

¹²¹ Die Konzentrationen an Verunreinigungen liegen in der Regel im unteren ppm- oder ppb-Bereich.

¹²² http://www.bfr.bund.de/cm/216/perfluorchemikalien_in_papieren_und_kartons_fuer_lebensmittelvepackungen.pdf, Stand 7.5.2012.

Anhang 28 der AbwV gilt z.B. der Herstellung von Papier und Pappe und wird derzeit novelliert. Ziel ist es, den Abwasseranfall und die Schadstoffemissionen so gering zu halten, wie dies nach Prüfung der Verhältnisse im Einzelfall möglich ist. Der Verzicht auf den Einsatz von chemischen Additiven, die per- oder polyfluorierte Chemikalien enthalten oder zu deren Bildung beitragen, ist eine der neuen Maßnahmen, die in Anhang 28 neu aufgenommen werden soll (Reichart 2010). Nachstehend die Formulierung zum Thema perfluorierte Verbindungen im Papiersektor, wie sie in Teil B des zukünftigen Anhangs 28 unter den Allgemeinen Anforderungen an das Abwasser und im dazugehörigen Hintergrundpapier¹²³ stehen wird:

„Verzicht auf den Einsatz von chemischen Additiven, die per- oder polyfluorierte Chemikalien enthalten oder zu deren Bildung beitragen“.

7.8.5 Abfallbehandlung von Papier in Deutschland

Im Zusammenhang mit Papier kommt PFOS zum Einsatz um öl- oder wasserabweisende Verpackungen herzustellen. Verpackungen werden rechtlich seit 1991 durch die Verpackungsverordnung reguliert. Die Recyclingquote für Verpackungspapiere lag zu diesem Zeitpunkt bei rund 56%. Im Jahr 2008 lag die Quote bei 91% (BMU 2010). Das entspricht einer recycelten Menge von 6,1 Millionen Tonnen Papier aus dem Verpackungsbereich für das Jahr 2008. Damit wird die Quote der Verordnung von 70% für den Bereich Pappe, Papier, Karton deutlich übertroffen. Die Papierfaser lässt sich fünf- bis sechsmal wiederverwerten. Bei jedem Recyclingprozess von Papieren und Verpackungen kommt ganz automatisch ein genügender Anteil von neuen Frischfasern hinzu und theoretisch findet dadurch eine Verdünnung der PFOS-Konzentration statt. Dennoch kann man heute aufgrund der Tatsache, dass PFOS in neuen Papieren nicht mehr eingesetzt wird (vgl. Kapitel 7.8.1, Seite 136) und einer Produktlebensdauer von ca. ein Jahr, von einer Verschleppung von PFOS aus behandelten Altpapieren in neue Papiere nicht ausgehen.

Eine Deponierung von Papier ist in Deutschland spätestens nach dem Jahr 2005 mit in Kraft treten der Deponieverordnung nicht mehr üblich (bzw. nicht mehr erlaubt). Aussagen über Altbestände von behandelten Papieren, die vorher in Deponien eingebracht wurden, lassen sich nicht treffen.

¹²³ http://www.ptspaper.de/fileadmin/PTS/Dokumente/Unternehmen/News/Anh_28_Entwurf.pdf,

7.8.6 Schlussfolgerung

Insgesamt ist zu vermuten, dass der Abfallpfad keine relevante Quelle für PFOS aus Papieren ist und somit keine Angaben innerhalb der Berichtspflichten aufzunehmen sind.

Allerdings gilt es zu beachten, dass beschichtete Papiere bis zu 1 µg/m² PFOS enthalten dürfen und somit bzw. zumindest Spuren im Abwasser enthalten sein können. Aus unserer Sicht besteht daher Handlungsbedarf, um die Datenlage für eine Abschätzung der Exposition von PFOS über den Abwasserstrom von Papierfabriken zu verbessern. Hierzu ist die Untersuchung einer repräsentativen Stichprobe auf PFOS-Gehalte für Abwässer aus der Papierindustrie erforderlich.

Es kann jedoch zu einer Freisetzung von sogenannten PFOS-Vorläufersubstanzen kommen. Solche Stoffe werden z.T. in der Papierindustrie eingesetzt (z.B. zur Behandlung bestimmter fett- oder wasserabweisender Papiere). Diese Vorläufersubstanzen werden unter Umweltbedingungen zu PFOS abgebaut, so dass dieses beim Recycling auch in den Pulper verschleppt werden kann (ohne dass PFOS selber eingesetzt wurde).

7.8.7 Quellenverzeichnis Papierindustrie

BfR (2008): Gesundheitliche Risiken durch PFOS und PFOA in Lebensmitteln sind nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand unwahrscheinlich. Stellungnahme 004/2009 des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) vom 11. September 2008.

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

Buser und Morf (2009): Buser, A., Morf, L.: Substance Flow Analysis of PFOS and PFOA. Perfluorinated surfactants perfluorooctansulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in Switzerland. Environmental studies no. 0922. Federal Office for the Environment, Bern 2009.

Fricke und Lahl (2005): Fricke, M., Lahl, U.: Risikobewertung von Perfluorotensiden als Beitrag zur aktuellen Diskussion zum REACH-Dossier der EU-Kommission. In: UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 17(1).

OSPAR (2006): OSPAR Commission, 2006 Update: Background Document on Perfluorooctane Sulphonate. Publication Number: 269/2006.

Pfaff (2006): Perfluorverbindungen in Lebensmittelbedarfsgegenständen, Dr. Karla Pfaff, BfR - Bundesinstitut für Risikobewertung. Präsentation auf der

Fortbildung für den Öffentlichen Gesundheitsdienst; Berlin, 22.3.2006.

Reichart (2009): Perfluorierte organische Verbindungen (PFC) in der Papierindustrie sowie Weiterentwicklung des Anhang 28 AbwV. Almut Reichart, UBA - Umweltbundesamt. Präsentation auf dem Fachgespräch des MKUNLV und UBA zu PFC. Berlin, 19. Juni 2009.

Reichart (2010): Persönliche Mitteilung von Almut Reichart, Umweltbundesamt (UBA) Dessau, November 2010.

UK_DEFRA (2004): Perfluorooctane Sulphonate - Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks. Final Report prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environment Agency for England and Wales. Risk & Policy Analysts Limited (RPA) in association with BRE Environment. Loddon, Norfolk, August 2004, <http://archive.defra.gov.uk/environment/quality/chemicals/documents/pfos-riskstrategy.pdf>, Stand: 8.9.2011.

VDP (2011): Persönliche Mitteilung von Dr. Reinhardt Thiel, Geschäftsführer, Verband Deutscher Papierfabriken e.V., April 2011.

7.9 Textilindustrie

7.9.1 Hintergrund

Per- und polyfluorierte Substanzen wurden hauptsächlich eingesetzt, um Textilien wasserfest, öl- und schmutzabweisend sowie atmungsaktiv zu machen. Verschiedene Quellen (POPRC 2010; UK_DEFRA 2004; OSPAR 2006) deuten darauf hin, dass PFOS-Verbindungen in unterschiedlichen Anwendungen wie z.B. Allwetterkleidung (Outdoor-Materialien), Schirme, Taschen, Segel, Zelte, Sonnenschirme, Markisen, Schuhe, Matten, Industriebekleidung (z.B. Reinraumlabor- oder Arbeitsschutzbekleidung) etc. verwendet wurden. Ebenso wurden PFOS-Verbindungen in Teppichprodukten eingesetzt (siehe dazu Kapitel 7.7). Es wurde geschätzt, dass jährlich etwa 240 Tonnen PFOS-Verbindungen (FOSE-Polymere) in der Faserveredelung inkl. Teppiche eingesetzt wurden (Fricke und Lahl 2005). Seit 2002 wurde der Einsatz von PFOS wie in anderen Industriebranchen auch durch den Produktionsstopp des weltgrößten PFOS-Herstellers 3M, stark reduziert. In Europa darf seit Juni 2008 gemäß EU-Richtlinie 2006/122/EG das beschichtete Material in neuen Textilien oder anderen neuen beschichteten Werkstoffen maximal 1 µg/m² PFOS enthalten.

Laut dem Verband TEGEWA¹²⁴ wurde entgegen der obigen Beschreibung in der deutschen Textilindustrie die Substanz PFOS niemals in der Herstellung eingesetzt (TEGEWA 2010). Für die Ausrüstung von Textilien hinsichtlich ihren atmungsaktiven, wasser-, schmutz- oder fettabweisenden Eigenschaften kommen sogenannte Fluorpolymere (z.B. PTFE)¹²⁵ oder Fluorcarbonharze zum Einsatz.

Bis ca. 2002 fanden in Deutschland und Europa Fluorcarbonharze Verwendung, die mittels chemischer Elektrofluorierung hergestellt wurden. Bei der Elektrofluorierung werden die Perfluorctanyl-Seitenketten der Fluorcarbonharze gebildet. Ein Zerfallsprodukt (Nebenprodukt) dieser Substanz ist in kleinen Mengen eine PFOS-Vorläufersubstanz (N-Alkyl-Perfluorctansulfonamidethanol - FOSE), welche in der Umwelt und im Blut bei Menschen in niedrigen Mengen nachgewiesen wurde. Daraufhin haben die Marktführer (3M, aber auch Dainippon Sumitomo Pharma oder Mitenti) die Herstellung und Verwendung von Fluorcarbonharzen auf dieser Basis freiwillig eingestellt, um diesen PFOS-Eintrag zukünftig zu vermeiden. Als heute vorwiegend verwendetes Herstellungsverfahren für Fluorcarbonharze wird die Telomerisation verwendet. Bei der Telomerisation kann sich jedoch die Perfluorctansäure (PFOA) als Nebenprodukt bilden, wodurch Spuren davon in den Endprodukten vorhanden sein können. In Deutschland werden jährlich etwa 1.000 t an Fluorcarbonharz-Formulierungen eingesetzt (TEGEWA 2009).

Laut UK_DEFRA (2004) gibt es eine große Anzahl von Hilfsmitteln auf dem Textilmarkt, um Textilien wasserfest, öl- und schmutzabweisend zu machen. Allerdings enthalten nicht alle dieser Produkte PFOS-verwandte Stoffe.

Die weltweit agierende Textil- und Bekleidungsindustrie (inkl. Zulieferer) ist stark zersplittert, hat komplexe Lieferketten und wechselt ihre Produktionsstandorte sehr häufig in Ländern, in denen kaum Überwachungen durch Kontrollbehörden stattfinden. Da Deutschland einen großen Prozentsatz an Textilien importiert, können hierdurch Spurenrückstände von PFOS aus dem

¹²⁴ Verband der Hersteller von Textil-, Papier-, Leder- und Pelzhilfs- und -farbmitteln, Tensiden, Komplexbildnern, antimikrobiellen Mitteln, Polymeren Flockungsmitteln, Kosmetischen Rohstoffen und Pharmazeutischen Hilfsstoffen oder verwandten Produkten.

¹²⁵ Polytetrafluorethylen (oder auch Polytetrafluorethen) ist ein unverzweigtes, linear aufgebautes, teilkristallines Polymer aus Fluor und Kohlenstoff. Umgangssprachlich wird dieser Kunststoff oft mit dem Handelsnamen Teflon der Firma DuPont bezeichnet.

Textilveredelungsprozess¹²⁶ in den Produkten enthalten sein. Eine Studie von Schultz und Norin (2006) berichtet in einigen Fällen von Werten für PFOS-ähnliche Verbindungen, die deutlich über dem gesetzlichen EU-Grenzwert von 1 µg/m² liegen.

7.9.2 Quantifizierung

Die Substanz PFOS und deren Derivate sind laut dem Verband TEGEWA niemals in der Textilveredelungsindustrie als wasser-, öl- und schmutzabweisende Textilimprägnierung eingesetzt worden (TEGEWA 2010; TEGEWA 2009). Allerdings wurden wegen ihrer wasser-, schmutz- oder fettabweisenden Eigenschaften verschiedene per- und polyfluorierte Substanzen in der Textilindustrie eingesetzt. Für die Mengenermittlung relevant sind insbesondere Textilien, die vor 2003 produziert wurden. Diese können, je nach Nutzungsdauer der Textilien, noch einige Zeit verwendet werden und letztlich erst heute oder in den kommenden Jahren in den Abfallstrom gelangen. Vor diesem Hintergrund sind die Nutzungsdauer der Textilien und der jährliche Verbrauch (Inlandsverfügbarkeit) zu erfassen. Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2007 1,26 Mio. t Bekleidungs- und Haustextilien verbraucht (FTR 2009). Die Erfassungsmengen waren für die Jahre 2009 und 2010 nahezu stabil (FTR 2009). Die nachstehende Tab. 40 gibt einen Überblick über die wichtigsten Textilarten in Deutschland und ihre durchschnittliche Nutzungsdauer (Müller 2005).

Tab. 40: Nutzungsdauer von verschiedenen Textilarten

Produktgruppe	Ø Nutzungsdauer in Jahren (Müller 2005)
Feinstrumpfhosen	0,7
Strümpfe / Strumpfhosen	1,4
Kinderkleidung	1,7
Slips / Unterhosen	2,1
T-Shirts / Polohemden	2,6
Jeans u. ähnliche Hosen	3,0
Blusen / Hemden	3,4
Schlafanzüge u.ä.	3,5
Hosen außer Jeans	3,7
Trainingsanzüge	3,8
Pullover / Strickjacken	4,0
Anoraks / Blousons	5,0
Hand-/Trocken-/Badetücher	5,4
Anzüge / Kostüme	5,6

¹²⁶ Der Großteil der Chemikalien wird vor allem im Prozess der Nassverarbeitung (wie dem Färben, Waschen, Bedrucken und der Stoffausrüstung) eingesetzt.

Produktgruppe	Ø Nutzungsdauer in Jahren (Müller 2005)
Mäntel	6,5
Bettwäsche	7,4
Tischwäsche	9,3
Decken	10,0
Gardinen / Vorhänge	10,8
Durchschnittliche Nutzungsdauer aller Textilien	4,7 Jahre

Aus Tab. 40 ergibt sich für Textilien eine mittlere Nutzungsdauer von ca. 5 Jahren.¹²⁷ Es ist also davon auszugehen, dass aufgrund der kurzen Lebensdauer keine PFOS-Verunreinigungen aus den Imprägnierungen über entsorgte Textilien in den Abfallstrom gelangen und somit keine weiteren Mengenermittlungen notwendig sind. Diese Annahme sollte jedoch differenziert betrachtet werden, da einzelne Textilarten (z.B. Tischwäsche oder Gardinen) eine höhere Nutzungsdauer besitzen (siehe Tab. 40) und dadurch ein PFOS-Eintrag in den Abfallstrom vorstellbar ist. Allerdings liegen uns zu den einzelnen Textilarten keine speziellen Informationen vor.

Durch den Einsatz von polyfluorierten Substanzen (z.B. Ethyl-Perfluorooctan-Sulfonamidoethanol - EtFOSE) können diese durch Umwandlungsprozesse zu PFOS abgebaut werden und somit in geringen Mengen in das kommunale Abwasser eingetragen werden. Eine Expositionsabschätzung für PFOS aus Umwandlungsprozessen kann auf Grund nicht verwendbarer Daten nicht vorgenommen werden.

An der weltweiten Herstellung von Textilien sind viele Akteure beteiligt, und die Lieferkette ist sehr komplex. Angaben über die Textilausrüstung und die Zusammensetzung von ausländischen Textilien sind demnach sehr schwer zu erhalten. Jedoch wird ein großer Prozentsatz der Textilien nach Deutschland importiert (hauptsächlich aus China, der Türkei und Bangladesch¹²⁸); je nach Textilherstellung und -beschichtung können darin PFOS-Spuren¹²⁹ enthalten sein und somit in den Abfallstrom gelangen. Eine Quantifizierung und Überprüfung der tatsächlich im Bestand befindlichen Mengen an PFOS in Textilien konnte jedoch aufgrund mangelnder Daten nicht durchgeführt werden.

¹²⁷ Die kurze Produktlebensdauer hängt dabei nicht in erster Linie vom Verschleiß ab, sondern wird maßgeblich aus Gründen von nicht mehr aktuellen Modeströmungen bestimmt.

¹²⁸ <http://www.germanfashion.net/statistiken/index.php>, Stand 22.5.2012

¹²⁹ Hinweise ergaben Abwasseranalysen von zwei chinesischen Textil-Fabriken. Unter anderem wurden PFOA und PFOS im Abwasser nachgewiesen (Greenpeace 2011).

Ein Ausblick auf die Entwicklung von PFOS-Emissionen durch abgelagerte Textilmengen aus Deponien ist nicht möglich.

Sowohl BiPRO (2011) als auch Buser und Morf (2009) haben in ihren Erhebungen für die Textilindustrie keine Mengen an PFOS ermittelt und bestätigten unsere Resultate und Schlussfolgerungen. Unter anderem begründet BiPRO (2011) dies ebenfalls durch die relative kurze Nutzungsdauer der Textilien.

Diese Annahmen sollten jedoch in der Praxis verifiziert werden: Zum einen sollten die im Bestand befindlichen Textilien auf PFOS-Konzentrationen untersucht werden. Zum anderen kann aus Wäschereien oder chemischen Reinigungen das daraus entstehende Abwasser auf PFOS untersucht werden.

7.9.3 Abfallbehandlung von Textilien

Nach Informationen des Bayrischen Landesamts für Umwelt (LfU 2009) beträgt das Aufkommen an Bekleidungs- und Haustextilienabfall in Deutschland derzeit 1,1 Mio. t, etwa gleichbleibend über die letzten Jahre. Die jährliche Menge getrennt erfasster Bekleidungs- und Haustextilien betrug 2007 ca. 750.000 t, was einer Erfassungsquote von etwa 70% entspricht. Davon werden durch Sortierung im Durchschnitt ca. 40-50% noch tragfähiger Kleidung getrennt, die direkt wiederverwendet werden kann. Der überwiegende Teil davon wird exportiert, z.B. nach Osteuropa, Afrika oder Asien. Nur ein geringer Teil des Sammelguts (ca. 2-5%) ist in hiesigen Secondhandläden verkäuflich. Die direkte Wiederverwendung stellt eine Vermeidung von Abfällen im Sinne des KrW-/AbfG § 4 Abs. 1 Nr. 1 dar.¹³⁰

Etwa 40% der ursprünglichen Sammelware wird zur stofflichen Verwertung weiter vermarktet. Bei der stofflichen Verwertung ist im Wesentlichen zu differenzieren zwischen einer Wiederverwertung der Textilflächen (ca. 15-20%) und einer Wiederverwertung der Faserstrukturen (ca. 20-25%).

Die Zusammensetzung der Textilien wird in der Informationsbroschüre des Bayrischen Landesamts für Umwelt (LfU) wie folgt angegeben (LfU 2009): Der Anteil der Fasergruppen für die in Deutschland getragenen Bekleidungstextilien beträgt nach Dönnebrink (1998) für Baumwolle ca. 55%, für chemische Fasern (z.B. Polyacryl, Polyester, Viskose) ca. 26% und für Wolle ca. 8%. Der restliche Anteil entfällt auf sonstige Fasern (z.B. Seide, Leinen). Faserfremde Bestandteile wie Knöpfe, Reißverschlüsse und

¹³⁰ Das KrW-/AbfG wird mit Wirkung vom 1.6.2012 durch das Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) vom 24. Februar 2012 ersetzt. Die Begriffe „Wiederverwertung“ und „Vermeidung“ sind dort in § 3 unter Berücksichtigung der in der Richtlinie 2008/98 dargestellten Abfallhierarchie definiert.

Applikationen verursachen durchschnittlich 5-10% des Textilgewichts. Das LfU geht in seiner Veröffentlichung davon aus, dass der Anteil an Ausrüstungschemikalien bei Alttextilien durch das Waschen während der Gebrauchsdauer deutlich reduziert wird. Das bedeutet, dass auch freiwerdendes PFOS hauptsächlich während der Nutzungsphase des Textils freigesetzt wird und so Eingang in die kommunalen Kläranlagen findet. Daten über den PFOS-Gehalt stofflich wiederverwerteter Fasern aus dem Textilbereich (Putzklappenherstellung, Reisfaserherstellung) liegen nicht vor.

10% des Alttextil-Sammelguts sind nichttextile Gegenstände und stark verschmutzte oder beschädigte Textilien, die als Restabfall entsorgt werden müssen. Nach Yinan (2008) werden außerdem ca. 10% der erfassten Alttextilien als Ersatzbrennstoff zur energetischen Verwertung eingesetzt (LfU 2009). Die Restabfälle werden nach Inkrafttreten des Deponierungsverbots 2005 thermisch beseitigt.

7.9.4 Schlussfolgerung

Insgesamt ist zu vermuten, dass der Abfallpfad keine relevante Quelle für PFOS aus Textilien ist und somit keine Angaben innerhalb der Berichtspflichten aufzunehmen sind.

Allerdings liegen Hinweise aus NRW (LANUV 2011b, S. 47 und 61) vor, nach denen in einigen Gewässern und Klärschlämmen PFOA und PFOS, begleitet von länger-kettigen PFC, gefunden wurden. Diese Funde werden mit Abwässern aus z.B. der Textilindustrie und Großwäschereien in Verbindung (evtl. durch den Einsatz als Imprägniermittel) gebracht (siehe hierzu auch Kapitel 9.2.3).

7.9.5 Quellenverzeichnis Textilindustrie

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

Buser und Morf (2009): Buser, A., Morf, L.: Substance Flow Analysis of PFOS and PFOA. Perfluorinated surfactants perfluorooctansulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in Switzerland. Environmental studies no. 0922. Federal Office for the Environment, Bern 2009.

DEFRA (2004): Proposal for Regulations on PFOS-Related Substances, Partial Regulatory Impact Assessment, prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs Chemicals and GM Policy Division, RPA in association with BRE environment, September 2004.

Dönnebrink, H. (1998): Die Sammlung und Verwertung von Alttextilien: eine empirische Analyse vor dem Hintergrund des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes, FATM Forschungsstelle für Textilwirtschaft an der Universität Münster, Münster 1998.

- Fricke und Lahl (2005): Fricke, M., Lahl, U.: Risikobewertung von Perfluortensiden als Beitrag zur aktuellen Diskussion zum REACH-Dossier der EU-Kommission. In: UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 17(1).
- FTR (2009): Fachverband für Textil-Recycling e.V. (FTR); Kurzfassung der Studie Textilrecycling in Deutschland, 2009, [http://www.bvse.de/pdf/oeffentlich/Alttextil/Wie geht das/111017 Textilrecycling in Deutschland Kurzfassung.pdf](http://www.bvse.de/pdf/oeffentlich/Alttextil/Wie_geht_das/111017_Textilrecycling_in_Deutschland_Kurzfassung.pdf)
- Greenpeace (2011): Dirty Laundry - Unravelling the corporate connections to toxic water pollution in China'. Greenpeace International, Juli 2011 http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/chemie/dirty-laundry-report.pdf, Stand: 5.5.2012
- LfU (2009): InfoBlatt Abfallwirtschaft Alttextilien, Bayerisches Landesamt für Umwelt, <http://www.abfallratgeber.bayern.de/publikationen/doc/infoblaetter/alttextilien.pdf>, Stand: April 2012.
- Müller (2005): Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades Dr. phil., vorgelegt von Anna Sophie Müller; Weiterbildung von Arbeitskräften im Textilrecycling; Berufswissenschaftliche Feld- und Qualifikationsforschung in ausgewählten Textilrecyclingbetrieben; Flensburg, Januar 2005.
- OSPAR (2006): OSPAR Commission, 2006 Update: Background Document on Perfluorooctane Sulphonate. Publication Number: 269/2006.
- POPRC (2010): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants POPs Review Committee (POPRC), Draft Guidance document on Alternatives to perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) and its derivatives. Geneva 2010.
- Schultz und Norin (2006): Schultz, P.-E., Norin, H.: Fluorinated pollutants in all-weather clothing, Friends of the Earth Norway, Report 2/2006, [http://naturvernforbundet.no/data/f/0/89/52/9_2401_0/2 Fluorinated pollutants in all-weather clothing.pdf](http://naturvernforbundet.no/data/f/0/89/52/9_2401_0/2_Fluorinated_pollutants_in_all-weather_clothing.pdf), Stand: 8.9.2011.
- TEGEWA (2009): Dr. Volker Schröder - Verband TEGEWA; Abwassereinträge von per/polyfluorierten Chemikalien (PFC) in der Textilindustrie; Maßnahmen zur Verminderung der PFC-Einträge; Fachgespräch des MKUNLV und UBA zu Polyfluorierten organischen Verbindungen; Berlin, 19. Juni 2009.
- TEGEWA (2010): Persönliche Mitteilung von Dr. Volker Schröder Verband TEGEWA e.V., Frankfurt a.M., November 2010.
- UK_DEFRA (2004): Perfluorooctane Sulphonate - Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks. Final Report

prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environment Agency for England and Wales. Risk & Policy Analysts Limited (RPA) in association with BRE Environment.

Loddon, Norfolk, August 2004,

<http://archive.defra.gov.uk/environment/quality/chemicals/documents/pfos-riskstrategy.pdf>, Stand: 8.9.2011.

Yinan (2008): Textilrecycling in Deutschland, Studienarbeit Yinan, G., RWTH-Aachen, Aachen 2008.

8 Übersicht über die Stoffströme für die PBDE und PFOS

Generell kann ausgesagt werden, dass die Verpflichtungen für die im Rahmen des Vorhabens untersuchten POPs erfüllt werden. Es liegen keine Hinweise vor, dass derzeit neu in den Markt gebrachte Produkte PBDEs- oder PFOS-Konzentrationen oberhalb der festgelegten Grenzen enthält. Weitere allgemeine Erläuterungen zu den Berichtspflichten sind im Kapitel 10.1, Seite 184 beschrieben.

Die im Bericht ausführlich durchgeführten theoretischen Untersuchungen der PBDE- und PFOS-Stoffströme in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen, sind geeignet den Berichtspflichten im Rahmen des Stockholmer Übereinkommens nachzukommen.

Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass nachfolgende Tabellenwerte mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet sind und nur in Teilen den realen Eintrag von PBDE und PFOS in die Umwelt wiedergeben. Die Unsicherheiten in der Quantifizierung wurden spezifisch für jeden Anwendungsbereich im Bericht diskutiert. Als Bezugsjahr wurde das Jahr 2010 gewählt, Falls keine Daten aus dem Jahr 2010 vorliegen werden je nach Stoff und Datenlage die möglichst aktuellsten Daten herangezogen.

8.1 PBDE

Anwendungen / Prozesse / Industrien / Erzeugnisse, die keine hohe Relevanz in Bezug auf den C-PentaBDE- und C-OctaBDE-Stofffluss haben, sind nicht näher betrachtet worden (siehe Kapitel 4.2.2, Seite 18 und Tab. 7, Seite 22 sowie Kapitel 4.3.2, Seite 21 und Tab. 8, Seite 25).

Tab. 41 zeigt einen Überblick über die relevanten POP-Mengen in Deutschland verteilt auf die einzelnen Kongenere im Jahr 2010.

Demnach ergibt sich aus den Automobil- und Polster-Anwendungen, wobei die Möbelanwendungen keinen Beitrag dazu leisten, folgende Verteilung für die im Rahmen der Berichtspflicht relevanten Kongenere: auf TetraBDE 1.152 kg, auf PentaBDE ungefähr 2.100 kg, auf HexaBDE ca. 300 kg sowie auf HeptaBDE 18 kg.

Hauptquelle von C-OctaBDE sind die Elektro- und Elektronikgeräte. Einen gewissen Anteil trägt auch die Automobilindustrie bei. Verteilt auf die relevanten Kongenere entfallen für die beiden Sektoren auf PentaBDE ungefähr 1.500 kg, auf HexaBDE ca. 2.400 kg sowie auf HeptaBDE – mit dem höchsten Anteil – 14.558 kg.

Für einen Gesamtüberblick der POP-BDE Mengen für die einzelnen Kongenere sind alle Werte aus den verschiedenen Branchen in der letzten Zeile aufsummiert und ebenfalls in der nachfolgenden Tabellen 41-43 jeweils aufgezeigt.

Tab. 41: Gesamtstoffströme von POP-BDE Mengen in Deutschland im Jahr 2010 verteilt auf die einzelnen Kongenere für die Berichtspflicht an die Stockholm Konvention in kg

Branche	Einzelne Kongenere [kg/a]			
	TetraBDE	PentaBDE	HexaBDE	HeptaBDE
Automobilindustrie C-PentaBDE (siehe Kapitel 5.1, Seite 29)	1.152	2.083	296	18
Möbel- und Polsterindustrie C-PentaBDE (siehe Kapitel 5.2, Seite 57)	0	0	0	0
Gesamt einzelne Kongenere	1.152	2.083	296	18
Automobilindustrie C-OctaBDE(siehe Kapitel 5.1, Seite 29)	0	128	201	1.208
Elektro- und Elektronikgeräte C-OctaBDE (siehe Tab. 23, Seite 78, Szenario Maximum)	0	1.410	2.220	13.350
Gesamt einzelne Kongenere	0	1.538	2.421	14.558
Gesamtmenge POP-BDE	1.152	3.621	2.717	14.576

Entsprechend der oben geschilderten Gesamtergebnisse wird in den folgenden zwei Tabellen die Verteilung der entstehenden Emissionen sowie der Austrag aus dem Abfallstrom (zur Beseitigung, energetische oder stoffliche Verwertung) aufgezeigt.

Tab. 42 zeigt einen Überblick über die Emissionen der POP-BDE relevanten Mengen in Deutschland verteilt auf die einzelnen Kongenere und relevanten Branchen. Für die Polster-Anwendungen sowie für die Elektro- und Elektronikgeräte konnten die Autoren aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Daten keine Mengen erheben (siehe auch entsprechenden Branchenkapitel 5.2, Seite 57 und Kap. 6, Seite 60).

Tab. 42: Stoffströme von POP-BDE *Emissionen* in Deutschland verteilt auf die einzelnen Kongenere für die Berichtspflicht an die Stockholm Konvention pro Jahr in kg.

Branche	Einzelne Kongenere [kg/a]			
	TetraBDE	PentaBDE	HexaBDE	HeptaBDE
Automobilindustrie C-PentaBDE (s. Kap. 5.1, S. 29)	40	123	17	1
Möbel- und Polsterindustrie C-PentaBDE (s. Kap. 5.2, S. 57)	0	0	0	0

Branche	Einzelne Kongenere [kg/a]			
	TetraBDE	PentaBDE	HexaBDE	HeptaBDE
Gesamt einzelne Kongenere	40	123	17	1
Automobilindustrie C-OctaBDE(s. Kap. 5.1, S. 29)	0	3	5	31
Elektro- und Elektronikgeräte C-OctaBDE (s. Tab. 23, S. 78, Szenario Maximum)	0	k.A.	k.A.	k.A.
Gesamt einzelne Kongenere	0	3	5	31
Gesamtmenge	40	126	23	32

Tab. 43 zeigt einen Überblick über die relevanten POP-BDE Mengen aus dem Austrag vom **Abfallstrom** in Deutschland verteilt auf die einzelnen Kongenere und relevanten Branchen.

Tab. 43: Stoffströme von POP-BDE Mengen in Deutschland **aus dem Austrag im Abfallstrom** verteilt auf die einzelnen Kongenere für die Berichtspflicht an die Stockholm Konvention pro Jahr in kg

Branche	Einzelne Kongenere [kg/a]			
	TetraBDE	PentaBDE	HexaBDE	HeptaBDE
Automobilindustrie C-PentaBDE (s. Kap. 5.1, S. 29)	1.112	1.960	279	17
Möbel- und Polsterindustrie C-PentaBDE (s. Kap. 5.2, S. 57)	0	0	0	0
Gesamt einzelne Kongenere	1.112	1.960	279	17
Automobilindustrie C-OctaBDE(s. Kap. 5.1, S. 29)	0	124	196	1.177
Elektro- und Elektronikgeräte C-OctaBDE (s. Tab. 23, S. 78, Szenario Maximum)	0	1.410	2.220	13.350
Gesamt einzelne Kongenere	0	1.534	2.416	14.527
Gesamtmenge	1.112	3.495	2.694	14.544

8.2 PFOS

PFOS ist in den meisten Anwendungsbereichen bereits ersetzt worden. Die PFOS-Menge, die im Jahr 2010 eingesetzt wurde, stammt vornehmlich aus den aktuellen Anwendungen, die gemäß den spezifischen Ausnahmeregelungen zugelassen sind. Dazu gehört insbesondere die Verwendung in der Oberflächenbehandlung (Galvanik), in Hydraulikflüssigkeiten, in der Luftfahrtindustrie, Fotoindustrie, Halbleiterindustrie sowie die noch bis Juni 2011 eingesetzten Feuerlöschschäume. Letztere haben im Jahr 2010 mengenmäßig noch den größten Anteil mit ca. 25 t (ca. 88%). Danach folgen die Industrien der Galvano- und Oberflächentechnik mit 3,4 t (ca. 12%), die Fotoindustrie, Flugzeugindustrie sowie die Halbleiterindustrie mit einem Anteil von weniger als 1%.

Tab. 44 zeigt die verwendeten Mengen an PFOS in den verschiedenen Branchen.

Tab. 44: Eingesetzte PFOS-Mengen in Anwendungen und Nutzungen im Jahr 2010

Branche	PFOS-Menge für Anwendungen [t/a]	PFOS-Menge für Anwendungen [%]
Galvano- und Oberflächentechnik (s. Kap. 7.1, S. 82)	3,4	11,92%
Feuerlöschschäume (s. Kap. 7.1, S. 82)	25 (3,5–46)	87,64%
Fotoindustrie (s. Kap. 7.3, S. 109)	0,075	0,26%
Flugzeugindustrie (s. Kap. 7.4, S. 117)	0,05 (0,03325–0,0665)	0,18%
Halbleiterindustrie (s. Kap. 7.5, S. 121)	0,00187	0,01%
Gesamtmenge PFOS	28,527	100%

Tab. 45 zeigt das Gesamtergebnis der PFOS - Stoffströme für Deutschland. Die entsprechenden detaillierten Stoffflüsse der wichtigsten Branchen analog der EU-POP-Verordnung sind in den Kapiteln 7.1 bis 7.9 (Seite 82 bis 141) aufgeführt.

Tab. 45: Stoffströme von PFOS in Deutschland

Branche	Emissionen in die Umwelt [t/a]	Nutzung / Produkt [t/a]	Abfall [t/a]
Galvano- und Oberflächentechnik (s. Kap. 7.1, S. 82)	0,00036 in die Luft 0,207 ins Grundwasser	3,4	3,186
Feuerlöschschäume (s. Kap. 7.1, S. 82)	n.b.	25 (3,5–46)	25 (3,5–46)
Fotoindustrie (s. Kap. 7.3, S. 109)	n.b.	0,075	0,38
Flugzeugindustrie (s. Kap. 7.4, S. 117)	n.b.	0,05 (0,03325–0,0665)	0,03 (0,0225–0,045)
Halbleiterindustrie (s. Kap. 7.5, S. 121)	0,000082	0,00187	0,00179
Lederindustrie (s. Kap. 7.6, S. 124)	n.b.	0	0,037
Teppichindustrie (s. Kap. 7.7, S. 129)	n.b.	0	83,4
Papier- und Zellstoffindustrie (s. Kap. 7.8, S. 136)	n.b.	0	0
Textilindustrie (s. Kap. 7.9, S. 141)	n.b.	0	0
Gesamtmenge PFOS	0,213	28,527	112,039

n.b. = nicht bestimmt

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Hauptquellen von PFOS im Abfallstrom von der Teppichbranche (ca. 74%), gefolgt von Feuerlöschschäumen (ca. 20%) und der Galvanikindustrie (ca. 5%) dominiert werden. Die weiteren Branchen haben einen geringen Anteil an PFOS-Stoffströmen.

9 Analytische Messungen / Laboruntersuchungen

Um die in den obigen Kapiteln ermittelten theoretischen Zahlen zu überprüfen und insbesondere die Datenlage bzgl. Messungen von PBDE und PFOS in Erzeugnissen zu verbessern, sollen im Rahmen des vorliegenden Vorhabens ergänzend analytische Messungen durchgeführt werden.

Zur Mengenbestimmung von PBDE respektive PFOS werden einzelstoffliche quantitative Analysen benötigt. Screening-Verfahren, die beispielsweise über Röntgenfluoreszenzanalyse das Element Brom in einer Probe messen und Rückschlüsse über das Vorkommen von bromierten Flammschutzmitteln zulassen, sind nicht geeignet, da sie auch andere bromhaltige Verbindungen miterfassen (z.B. DecaBDE) und so ein Ergebnis stark verfälschen könnten.

Für analytische Messungen sind generell die folgenden Schritte relevant:

- Probenahme,
- Lagerung und Transport der Probe,
- Chemische Analyse, die sich in folgende Schritte aufteilt:
 1. Probenvorbereitung (z.B. Zerkleinern der Probe),
 2. Extraktion der zu messenden Substanz,
 3. Aufreinigung / Anreicherung der zu messenden Substanz,
 4. Analyse (Identifizierung und Quantifizierung) der zu messenden Substanz,
 5. Bericht der Untersuchung (analytische Methode) und der Ergebnisse.

Für die Schritte 2 bis 4 bedarf es spezifischer Chemikalien und Vorgänge, die sich je nach den physikalisch-chemischen Eigenschaften der zu messenden Substanz, z.B. Löslichkeit, Schmelzpunkt usw., unterscheiden. Die grundlegenden Analyseschritte werden in den jeweiligen Kapiteln im Folgenden gesondert beschrieben.

Zusätzlich wurde eine allgemeine Internetrecherche zu PFOS / PBDE Probenahme und PFOS / PBDE Messungen durchgeführt. Insgesamt liegen für PBDE-haltige Materialien mehr Untersuchungen vor als für PFOS-haltige Materialien.

9.1 Analytische Messungen PBDE

9.1.1 Stand der Technik

Es ist ein Standardanalyseverfahren für PBDE verfügbar, das für die Materialien / Matrices geeignet ist, die im Rahmen des vorliegenden Vorhabens untersucht werden sollen:

- Das von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) entwickelte Standardanalyseverfahren (Kemlein et al. 2005) wurde in einem internationalen Ringversuch validiert (Probenhomogenisierung durch Zentrifugalmühle; Probenaufbereitung mittels Soxhlet-Extraktion (Toluol als Extraktionsmittel); Identifizierung und quantitative Bestimmung der PBDE durch Gaschromatografie-Massenspektrometrie (GC/MS),
- Das Standardanalyseverfahren der BAM floss in die Norm IEC 62321:2008 (DIN EN 62321:2009) ein (BiPRO 2011): IEC 62321:2008 (DIN EN 62321:2009) „Produkte in der Elektrotechnik. Bestimmung von Bestandteilen der sechs Inhaltsstoffe (Blei, Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom, polybromiertes Biphenyl, polybromierter Diphenylether), die einer Beschränkung unterworfen sind“.
- Die Analytik von Abfallströmen erweist sich als nahezu unmöglich, da entsprechende Probenahme- und Analytikstandards fehlen (BiPRO 2011)¹³¹ (beispielsweise gibt es keine CEN-/ISO-Standards zur Messung von PBDE in Abfallmatrices).

Generell wurden die meisten Untersuchungen zur quantitativen Bestimmung von PBDE bisher an Umweltmedien und Abwasser sowie an biologischen Proben (Wildtiere, Lebensmittel) und an menschlichen Blut- und Muttermilch-Proben zum Zwecke des Monitoring und des Arbeitsschutzes durchgeführt. Dafür existieren entsprechende ISO-Normen (z.B. ISO 22032:2006).

Des Weiteren liegen bei PBDE vor allem Untersuchungen an Kunststoffen aus elektrischen und elektronischen Geräten vor (Bergmann 2007; CreaSolv 2004; Kuhn et al. 2004; Pöhlein 2009).

Die Probenahme wurde bei Kuhn et al. (2004) gezielt auf Kunststoffe aus elektrischen und elektronischen Geräten mit Gehalt bromierter Flammenschutzmittel ausgerichtet. Bei der chemischen

¹³¹ Es liegen keine Informationen zur Durchführung der PBDE Analysen für die ABANDA-Datenbank vor (siehe Kapitel 6.1)

Analyse wurde lediglich der Brom-Gehalt bestimmt, es liegen keine quantitativen Ergebnisse für PBDE vor.

Teilweise wurden Proben aus dem Verwertungsprozess von Elektroschrott entnommen (Bergmann 2007; CreaSolv 2004). Daneben wurden Einzelteile von elektrischen und elektronischen Geräten gemessen, die „zufällig ausgewählt“ waren (Bergmann 2007) oder deren Auswahl nicht näher beschrieben wurde (Pöhlein 2009).

9.1.2 Analytische Messungen PBDE im laufenden Vorhaben

Die Probenahme erfolgt entsprechend den *„Probenahme-, Probenaufbereitungs- und Analysevorschriften für Sekundärbrennstoffe im Rahmen des RAL-Gütezeichens 724 „Sekundärbrennstoffe“ und RAL-Gütezeichens 727 „Bestimmung des biogenen Anteils in Sekundärbrennstoffen gemäß RAL-GZ 724 und anderen festen Ersatzbrennstoffen“¹³²“*.

Das analytische Verfahren von Eurofins, der in diesem Vorhaben mit der Durchführung der Messungen beauftragten Institution, entspricht dem Standardanalyseverfahren der BAM für eine quantitative Bestimmung von PBDE (Eurofins 2010b):

Die grundlegenden Analyseschritte sind bei allen Matrices wie folgt:

- Extraktion des Probenmaterials (Soxhlet bzw. ASE¹³³) mit matrixabhängigem Lösungsmittel,
- Zugabe von internen ¹³C₁₂-markierten PBDE-Standards,
- ¹³C₁₂-TriBDE, ¹³C₁₂-TetraBDE, ¹³C₁₂-PentaBDE, ¹³C₁₂-HexaBDE, ¹³C₁₂-HeptaBDE, ¹³C₁₂-OctaBDE, ¹³C₁₂-NonaBDE, ¹³C₁₂-DecaBDE,
- Aufreinigung des Extraktes durch Säulenchromatografie,
- Analyse mittels Kapillargaschromatografie gekoppelt mit Massenspektrometrie (GC/MS),
- Identifizierung über Molekül- oder Fragmentionen,
- Quantifizierung der nativen PBDE über die internen ¹³C-markierten Standards.

Die Bestimmungsgrenze (10-100 µg/kg) (Eurofins 2010a) liegt weit unter dem gesetzlich vorgeschriebenen Schwellenwert (entsprechend

¹³² http://www.ral-guetezeichen.de/guetezeichen-einzelanzeige.html?&no_cache=1&gz_id=196,
Stand 7.5.2012

¹³³ ASE (eng.: Accelerated Solvent Extraction, übersetzt: Beschleunigte Lösemittelextraktion)

der Verordnung 757/2010) von 0,1 Gew.-% (= 1 g/kg) (siehe Kapitel 3.2.1, Seite 11).

In Tab. 46 sind die Parameter angegeben, die untersucht werden können:

Tab. 46: Polybromierte Diphenylether, Summenwerte und Kongenere

TriBDE	TetraBDE	PentaBDE	HexaBDE	HeptaBDE	OctaBDE	NonaBDE	DecaBDE
BDE-17	BDE-47	BDE-85	BDE-138	BDE-183	BDE-196	BDE-206	BDE-209
BDE-28	BDE-49	BDE-99	BDE-153	BDE-184	BDE-197	BDE-207	
	BDE-66	BDE-100	BDE-154	BDE-191			
	BDE-71	BDE-119	BDE-156				
	BDE-77	BDE-126					

Folgende Matrizen können auf PBDE untersucht werden:

- oberflächenbehandelte Platinen (ohne Bauteile/Metallteile),
- Polsterungen und Textilien (Kraftfahrzeuge),
- PU-Schäume,
- Kunststoffmaterialien.

9.1.3 Empfehlungen für analytische Messungen PBDE

Das Ziel der Untersuchung bestimmt Art und Umfang der Analysen. So kann für die Entscheidung, ob zum Recycling vorgesehene Kunststoffabfälle die Forderungen der Verordnung 757/2010 erfüllen, ein Screening auf Brom ausreichend sein, das falsch-negative Resultate ausschließt. Für die Gewissheit, dass der Wert für unbeabsichtigte Spuren nicht überschritten wird, sind weitergehende Analysen erforderlich, die nur in zugelassenen und überprüften Laboratorien durchgeführt werden sollten. Dies gilt auch für aussagekräftige Ergebnisse bei Artikeln und Umweltproben mit dem Ziel von Monitoring und Stoffflussanalysen.

Die analytischen Messungen zu PBDE sollen dazu dienen, die aktuellen Gehalte an PBDE in Erzeugnissen, recyceltem Material oder aus dem Recyclingprozess bzw. dem realistischen Recyclingfluss festzustellen. Diese Informationen können im weiteren Untersuchungsgang auch dazu herangezogen werden, Prognosen in Hinblick auf die Verweildauer des PBDE in den Wertschöpfungskreisläufen abzuleiten.

Für die Entscheidungsfindung der analytischen Laboruntersuchungen sollen nun folgende Kriterien herangezogen werden:

- Chargen aus Erzeugnissen und recyceltem Material, bei denen die vorgelagerte Berechnung auf einen bedeutenden Eintrag in die Umwelt hindeutet. Dabei sind folgende Aspekte zu bewerten:
 1. Wie wichtig ist der Recyclingkreislauf der BDEs (realistisch)? Angaben zu den potentiellen Emissionen beim Recycling.
 2. Wann sind die BDEs nicht mehr im Kreislauf vorhanden (a. Unterhalb der Grenzwerte, b. Unterhalb der Nachweisgrenze)?
 3. Welchen Mengen eines POP sind letztendlich im Rezyklat (Mengen die in den Markt gehen) enthalten? Beschreibung der Input / Output Mengen.
- Probe aus dem Abfallstrom oder Beprobung einzelner in Gebrauch befindlicher Produkte (Hotspot-Analyse).
- Mögliche Unsicherheiten und die Ansatzpunkte für weitergehende Untersuchungen bewerten (Ort der Probenahme, z.B. Betreiber der Recyclinganlagen).
- Überprüfung auf bereits vorhandene Referenzuntersuchungen.
- Gegenüberstellung der Analysenkosten und Anzahl der möglichen Proben bezogen auf das vorhandene Budget. Dabei sind folgende Aspekte zu bewerten:
 1. Die Kosten für den Grundumfang und die Kosten für die Probenvorbereitung.
 2. Kosten für die Probenahme.

Angesichts der beschriebenen Kriterien und der Relevanz der unterschiedlichen PBDE-Anwendungen im Rahmen des vorliegenden Vorhabens ergeben sich folgende Beobachtungen in Bezug auf eine mögliche Durchführung einer PBDE-Analytik:

- Zwei Abfallströme sind bezüglich ihrer Relevanz für die Stoffströme hervorzuheben:
 1. Anwendung von PBDE in der Automobilindustrie.
 2. Anwendung von PBDE in der Elektro- und Elektronikgeräteindustrie.
- Für die zweite Anwendung gibt es bereits zahlreiche Untersuchungen des PBDE-Gehalts in einzelnen Geräten, in Gerätefraktionen sowie in Kunststoffgehäusen, die den Haupteinsatzbereich von PBDE darstellen.
- Im Bereich der Automobilindustrie liegen nur Informationen vor, nach denen keine PBDE (bis auf C-DecaBDE) mehr

eingesetzt werden. Diese Angaben konnten weder in der Literatur noch in Berichten zu Messverfahren überprüft werden. Da sie jedoch auf Grundlage der in der Automobilindustrie gut etablierten Materialdeklarationsdatenbanken begründet wurden, kann von einer gewissen Verlässlichkeit ausgegangen werden.

- Darüber hinaus bildet die ABANDA-Datenbank eine Datenquelle für den PBDE-Gehalt in der Schredder-Leichtfraktion. Zudem bestehen Hinweise, dass von den Anlagen selber ein Eintrag des PBDE-haltigen Materials in die Umwelt stattfindet. Eine sinnvolle Erweiterung der Datenlage bestünde darin eine größere Messreihe an verschiedenen Schreddern und von verschiedenen Fraktionen durchzuführen. Die Messwerte der ABANDA-Datenbank deuten darauf hin, dass keiner der oben genannten Grenzwerte überschritten wird. Eine mögliche Ergänzung der ABANDA-Daten könnte in einer Untersuchung von Postschredderfraktionen bestehen, die nicht in die Müllverbrennung gehen sondern zum Deponiebau oder Bergversatz eingesetzt werden und somit eine kontinuierliche Quelle von PBDE in die Umwelt darstellen könnten. Dabei besteht jedoch die Frage nach einem Zugang zu einem Akteur, der im Fall, dass PBDE in seinen Materialien gefunden werden, mit einer Einschränkung seiner Aktivitäten rechnen muss, mit denen er bereits jetzt einem starken Wettbewerb ausgesetzt ist¹³⁴.
- Aus den obigen Ausführungen ergibt sich, dass, falls eine Analytik zur Verwendung von PBDE in Erzeugnissen und im Recyclingkreislauf durchgeführt werden soll, eher eine Überprüfung des C-OctaBDE und C-PentaBDE-Gehaltes (durch die einzelnen Kongenere) in im Bestand befindlichen Fahrzeugen bzw. in zur Entsorgung anstehenden Altfahrzeugen zielführend ist. Alternativ könnten gezielt SLF aus Schredderanlagen untersucht werden, die besonders viel Altautos einsetzen und als „worst case“ betrachtet werden. Dies könnte möglicherweise eine sinnvolle Ergänzung der ABANDA Daten darstellen, da in der Regel nicht die PBDE-haltigen Materialien in Reinform in die weiteren Entsorgungswege gelangen. Für diesen Ansatz bedürfte es zusätzlicher Informationen zu den einzelnen Schredderanlagen und erneut entsprechende Zugänge.

¹³⁴ Nach der Einschätzung von Experten der Branche ist es deutlich leichter einen positiven Marktwert mit dem Material zu erzielen, wenn eine Verbrennung erfolgt.

- Alternativ könnten bereits bestehende Untersuchungen zu PBDE-Gehalten in Geräten der Elektro- und Elektronikindustrie durch Messungen des tatsächlichen PBDE-Gehalts aus Altgeräten im Abfallstrom gezielt ergänzt werden. Die Relevanz dieser Untersuchung ist jedoch nach Einschätzung der Gutachter gering, da bereits Messungen in verschiedenen Geräten bestehen und der Anteil an POP-relevanten PBDE-haltigen Geräten kontinuierlich abnimmt¹³⁵.
- In beiden letztgenannten Fällen müssen jedoch die Aspekte „Praktikabilität der Probenahme“ und „Aussagefähigkeit“ überprüft werden:
 1. Fahrzeuge im Bestand auf ihren PBDE-Gehalt zu untersuchen erscheint nicht praktikabel, da eine repräsentative Stichprobe definiert werden müsste und die Durchführung der Probenahme voraussetzt, dass Fahrzeuge dafür zur Verfügung gestellt werden. Es erscheint in diesem Fall eher praktikabel Altfahrzeuge, die zur Entsorgung anstehen, zu beproben. Hier besteht allerdings die Schwierigkeit darin, einen Zugang zu Altfahrzeugen über Entsorger zu erhalten, was mit einem relativ hohen organisatorischen Aufwand verbunden wäre (Suche nach kooperationsbereiten Entsorgern benötigt Zusammenarbeit mit Kommunen und Länderbehörden, Herstellern die mit den Betrieben kooperieren oder entsprechenden Betreiberverbänden, z.B. BDSV). Die Bereitschaft zu einer Zusammenarbeit ist jedoch unklar. Darüber hinaus, ist die Aussagefähigkeit einer solchen Probenahme im Rahmen des vorgegebenen Budgets nicht eindeutig gegeben.
 2. Bei der Möglichkeit einer Untersuchung von Elektro- und Elektronikaltgeräten im Abfallstrom stellen sich ähnliche Fragen: wie kann eine repräsentative Stichprobe gebildet werden? Wie kann die praktische Probenahme durchgeführt werden? Angesichts der Tatsache, dass die PBDE-Analytik keine CEN-/ISO-Standards zur Messung von PBDE in Abfallströmen, die aus einer Mischung von Materialien und Matrices hat, erscheint die Durchführung der Messung im Abfallstrom selbst eher nicht machbar. Für den Bereich der Elektrogeräte erscheint es eher zielführend, zu bestimmen, welche Altersverteilung die

¹³⁵ vgl. auch hohe DecaBDE Gehalte in den SLF aus der ABANDA-Datenbank

Geräte im Abfallstrom haben, um eine bessere Mengenabschätzung durchführen zu können.

- Da PBDE-haltige Fraktionen in relevanten Mengen zum Deponiebau und als Bergversatz verwendet werden und Brom in Deponiewässern nicht standardisiert untersucht wird, könnte es interessant sein zu ermitteln, in wie weit dies eine Quelle kontinuierlicher Umwelteinträge ist. Voraussetzung ist der Zugang zu den entsprechenden Anlagen.
- Ein Gegenstand zukünftiger Forschungsvorhaben könnte sein herauszufinden, inwieweit eine Verschleppung von PBDE mit anderen Schredderoutputs (z.B. Schredderschwerfraktion) erfolgt oder wie sich die Verteilung der PBDE bei der weiteren Aufarbeitung von SLF darstellt (siehe auch Kapitel 5.1.6, Seite 52).

Als vorläufige Schlussfolgerung ergibt sich für den Bereich der Analytik für PBDE, dass ausgehend von den Ergebnissen der Stoffstromanalyse derzeit mit dem vorliegenden Budget und den schwierigen Zugängen zu den Akteuren keine, bzw. nur sehr eingeschränkt Untersuchungen an PBDE-haltigen Erzeugnissen und den damit verbundenen Abfallströmen durchgeführt werden sollten. Eventuell könnten hier Wässer aus den Deponien und Bergwerken von Interesse sein oder wie dargestellt bestimmte Schredderanlagen oder Postschredderfraktionen, wenn entsprechende Zugänge eröffnet werden können.

Im folgenden Kapitel wird die gleiche Fragestellung für PFOS untersucht und abgeleitet, ob die Durchführung der Analytik für diesen Stoff besser geeignet ist.

9.2 Analytische Messungen PFOS

9.2.1 Stand der Technik

Es gibt ein Standardanalyseverfahren für die quantitative Bestimmung von PFOS, das als Technische Spezifikation publiziert ist: CEN/TS 15968:2010 „Determination of extractable perfluor-octansulfonate (PFOS) in coated and impregnated solid articles, liquids and fire fighting foams¹³⁶ – Method for sampling, extraction and analysis by LC-MS/MS¹³⁷ or LC-MS¹³⁸“. Nach BiPRO

¹³⁶ Gilt nicht für PFOS-Reste in Rohren und in Mischanlagen (aufgrund seiner „klebrigen Eigenschaft“, siehe auch Kapitel 7.2.2, Seite 104.

¹³⁷ Flüssigchromatographie mit Tandem-massenspektrometrischer Detektion.

(2011) fehlen hierzu allerdings noch Ringversuche mit unterschiedlichen Laboren.

Eine weitere quantitative Bestimmung kann mittels HPLC (Hochleistungs-Flüssigchromatografie) gekoppelt mit massenspektrometrischer Detektion (MS oder MS/MS) erfolgen.

Wie auch bei PBDE wurden bisher zahlreiche Untersuchungen auf PFOS an Umweltmedien, Lebewesen, Klärschlamm und Abwasser und an menschlichen Blut- und Muttermilch-Proben zum Zwecke des Monitorings und des Arbeitsschutzes durchgeführt.

Speziell zu PFOS ergab das Literatur-Screening kaum Ergebnisse zu quantitativen Untersuchungen. Die Untersuchung der DanishEPA (2002) beprobte gezielt Produkte mit Hinweisen auf einen Gehalt fluorhaltiger Substanzen. Es wurden vor allem Imprägniermittel und Polituren beprobt. Jedoch liefern mehrere Studien Ergebnisse zu verschiedenen Verbraucherproduktgruppen, welche auf PFC untersucht wurden. Eine dänische Studie (Jensen et. al 2008) liefert Angaben über registrierte PFC in imprägnierten Konsumgütern und Imprägniermittel¹³⁹, die einen guten Überblick über die Einsatzfelder der Stoffe geben. Von den etwa 1000 PFC wurden 10 Substanzen als PFOS und mit einer Gesamtmenge von etwa 2 Tonnen für das Jahr 2006 identifiziert.

Ein Bericht über einen OECD-Survey (OECD 2011) zur Verwendung und Freisetzung von Perfluorsulfon- und -carbonsäuren in der Industrie gibt ebenfalls einen Überblick zu Verwendungsgebieten von PFC und ihrer Einsatzmengen

In einer Studie des Swerea IVF (Schweden) und des "Norwegian Institute for Air Research (NILU)" werden norwegische Verbraucherprodukte auf ihren PFC-Gehalt untersucht. Die Studie wurde für die "Norwegian Pollution Control Authority (SFT)" durchgeführt und hatte zum Ziel, PFC-Belastungen der norwegischen Bevölkerung durch Verbraucherprodukte zu identifizieren und quantifizieren. Eine weitere norwegische Studie¹⁴⁰ führte Untersuchungen auf perfluorierte Alkylsulfonate (PFAS) in Outdoor Textilien durch.

¹³⁸ Flüssigchromatographie mit massenspektrometrischer Detektion.

¹³⁹ Der Großteil der Mengen beziehen sich auf kurzkettige PFCs (< Kettenlänge 8)

¹⁴⁰ <http://www.klif.no/publikasjoner/kjemikalier/2173/ta2173.pdf>, Stand 7.5.2012

9.2.2 Analytische Messungen PFOS im laufenden Vorhaben

Die Probenahme erfolgt entsprechend den „*Probenahme-, Probenaufbereitungs- und Analysevorschriften für Sekundärbrennstoffe im Rahmen des RAL-Gütezeichens 724 „Sekundärbrennstoffe“ und RAL-Gütezeichens 727 „Bestimmung des biogenen Anteils in Sekundärbrennstoffen gemäß RAL-GZ 724 und anderen festen Ersatzbrennstoffen*“¹⁴¹.

Die grundlegenden Analysenschritte sind bei allen Matrices wie folgt:

- Zugabe von ¹³C₄-PFBA, ¹³C₂-PFHxA, ¹³C₈-PFOA, ¹³C₅-PFNA, ¹³C₂-PFDA, ¹³C₂-PFUnA und ¹³C₄-PFOS als markierte interne Standardsubstanzen (Spike),
- US-Extraktion des homogenisierten Probenmaterials mittels Methanol (Feststoffe),
- Anreicherung mittels SPE (STRATA-X-AW) (wässrige Medien),
- Zugabe eines Wiederfindungsstandards (¹³C₄-PFOA),
- Analyse mittels Flüssigkeitschromatografie gekoppelt mit Massenspektrometrie (LC/MS-MS),
- Quantifizierung nach der Methode des internen Standards.

Folgende Matrices könnten im Rahmen des laufenden Vorhabens auf PFOS untersucht werden:

- Erzeugnisse im Bereich der Imprägnierung wie Papier, Textilien (insbesondere Arbeitsschutztextilien), Fußbodenbeläge, Schuhe, Teppiche, Leder,
- industrielle Prozesse: Netzmittel in der Galvanik, Ätzmittel, Einsatzstoffe in der Fotoindustrie, Feuerlöschschäume, Hydraulikflüssigkeiten, Öl- und Bergbauindustrie,
- Verbraucherprodukte wie Reinigungsmittel, Polituren, Wachse/Skiwachs, Farben, Lacke,
- Abwasser und Klärschlamm wie Abwässer aus Deponien, Galvaniken, Wäschereien, Klärschlammproben.

9.2.3 Empfehlungen analytische Messungen PFOS

Vorüberlegungen zur Auswahl der zu analysierenden Verbraucherprodukte und eine Stoffsammlung wurden bereits in einer

¹⁴¹ http://www.ral-guetezeichen.de/guetezeichen-einzelanzeige.html?no_cache=1&gz_id=196,

Telefonkonferenz mit dem Umweltbundesamt am 30.03.2011 durchgeführt.

Die Auswahl der zu analysierenden Verbraucherprodukte, Erzeugnisse oder Prozesschemikalien und des zu analysierenden PFOS-Stoffspektrums richtet sich zum einen nach den Möglichkeiten der Analytik und zum anderen danach, dass für die Auswertung der Daten ein möglichst bedeutender Eintrag von PFOS in die Umwelt generiert werden könnte.

Seit 2005 dürfen in Deutschland keine unbehandelten Abfälle mehr auf Deponien abgelagert werden. Analytische Messungen zu PFOS-haltigen Erzeugnissen/Produkten sind sehr schwer zu bewerkstelligen, da der Eintrag aus den Produkten und dem anschließenden Recycling/der thermischen Verwertung sehr gering ist.

PFOS-Freisetzungen sind demnach nur in den vor 2005 unbehandelten und abgelagerten Erzeugnissen und Produkten sowie zum Teil in importierten Produkten zu erwarten. Daher könnte ein eventuelles Potential für analytische Messungen in Deponiesickerwässern vorhanden sein.

Da heutzutage PFOS überwiegend als Hilfsstoff in Prozesschemikalien und/oder anderen Betriebsmitteln zur Anwendung kommt, gelangen PFOS-haltige Abfälle überwiegend als gefährliche Abfälle (z.B. Galvanikabfälle, siehe Kapitel 7.1.3, Seite 94) in die Entsorgung.

Für die Entscheidungsfindung der analytischen Laboruntersuchungen sollen nun folgende Kriterien herangezogen werden:

- mögliche Unsicherheiten und die Ansatzpunkte für weitergehende Untersuchungen bewerten (Ort der Probenahme, z.B. Betreiber der Recyclinganlagen);
- Überprüfung auf bereits vorhandene Referenzuntersuchungen;
- Gegenüberstellung der Analysekosten und Anzahl der möglichen Proben bezogen auf das vorhandene Budget. Dabei sind folgende Aspekte zu bewerten;
 - Kosten für den Grundumfang und die Kosten für die Probenvorbereitung;
 - Kosten für die Probenahme.

Die Ergebnisse der Stoffstromanalyse können anhand der oben beschriebenen Aspekte und der genannten Kriterien wie folgt bewertet werden:

- PFOS ist in den meisten Anwendungsbereichen bereits ersetzt worden, sodass nur noch in den Abfallstrom gelangende

Produkte einen PFOS-Eintrag darstellen. Eine Ausnahme bildet die Anwendung von PFOS in der Galvanik- und Luftfahrtindustrie, hier ist gegenwärtig unklar, ob für Deutschland bereits eine vollständige Substitution vorliegt. Die Erklärungen der Hersteller von Hydraulikflüssigkeiten legen dies nahe. Um zu überprüfen, ob die geltende Ausnahme unter der EU POP-Verordnung noch notwendig ist, könnte also hier über Messungen untersucht werden, ob die zwei in der Luftfahrtindustrie verwendeten Chemikalien tatsächlich PFOS-frei sind.

- Darüber hinaus gibt es frühere Anwendungsbereiche, zu denen wenig Daten bzgl. des PFOS-Gehaltes in den Produkten vorliegen: das betrifft sowohl die Anwendung in der Möbel- und Polsterindustrie. In der Lederindustrie als auch die Verwendung in Fotomaterialien sowie den Einsatz als Imprägniermittel im Textilbereich.
- Um die PFOS-Relevanz bzgl. der Einträge über den Abfallstrom und aus Emissionen abschätzen zu können, wären daher folgende Untersuchungen geeignet:
 - Messung des PFOS-Gehaltes in aktuellen Produkten im Bestand, zu denen wenige Daten verfügbar sind, z.B. Outdoor-Textilien, Teppiche, Fotos. Hier gestaltet sich jedoch auch die Probenahme nicht sehr praktikabel, da für diese Produkte nur wenige Beprobungen von jetzt im Verkauf befindlicher Produkte möglich wäre.
 - Messung des PFOS-Gehaltes in diesen Produkten, wenn sie in den Abfallstrom gelangen. Auch hier müsste geprüft werden, an welcher Stelle eine Probenahme möglich wäre. Outdoor-Textilien gelangen wahrscheinlich über die Altkleidersammlung in den Abfallstrom und können dort nicht als separate Fraktion beprobt werden. Das gleiche gilt für Fotos. Teppiche gelangen über den Sperrmüll in den Abfallstrom und liegen dort auch als gemischt Fraktion vor. Nur hier könnte eventuell eine Beprobung bei der Sammlung bzw. bei der Sammelstelle stattfinden.

Bezüglich der Emissionen sind eher die Einträge von PFOS aus Deponien und aus Galvanikprozessen relevant. Letztere sind vor allem vor dem Hintergrund der verschiedenen Stoffströme aus den Betrieben von Interesse (Austrag über Abwasser, Abfall zur Verwertung, Abfall zur Beseitigung) und der damit verbundenen indirekten PFOS Umwelteinträge, bzw. Pfade zu einer irreversiblen Elimination. Eine Beprobung würde hier jedoch voraussetzen, dass entweder Zugang zu einzelnen Industrieanlagen bzw. zu Deponien

gewährt wird. Auch hier müsste eine gute Kooperation mit den Betreibern stattfinden.

Als Fazit aus den obigen Ausführungen, empfiehlt sich eine Untersuchung von einzelnen Produkten sowie importierter Verbraucherprodukte, um die von den Industrieverbänden zur Verfügung gestellten Informationen zu überprüfen. Es könnten sowohl Textilien als auch Teppiche und Ledererzeugnisse auf ihren PFOS-Gehalt untersucht werden. Daraus ließe sich zumindest schließen, ob PFOS noch über Erzeugnisse in den Abfallstrom gelangt. Die Relevanz des PFOS-Eintrags aus diesen Produkten wird jedoch niedriger eingeschätzt, als die aus dem Eintrag von Deponien und industriellen Anwendungen.

Schlussfolgernd lässt sich für PFOS feststellen, dass einige Möglichkeiten bestehen, die Einträge von PFOS in die Umwelt (z.B. Deponiesickerwasser, Abwässer von chemischen Reinigungen etc.) über analytische Messungen besser zu untersuchen und damit die Datenlage zu verbessern. Eventuell könnte hier eine Zusammenarbeit mit lokalen Behörden hilfreich sein. Das Umweltbundesamt ist in diesem Zusammenhang bereits mit Landesbehörden in Nordrhein-Westfalen in Kontakt gewesen. Dort lagen Informationen vor, nach denen in einigen Gewässern und Klärschlämmen PFOA und PFOS, begleitet von längererkettigen PFC, gefunden wurden, die mit Abwässern aus z.B. der Textilindustrie und Großwäschereien in Verbindung gebracht werden (LANUV 2011b). Des Weiteren wurden bei Untersuchungen der Abwässer einer Großwäscherei im Regierungsbezirk Detmold erhöhte PFC-Konzentrationen, darunter auch PFOS, gemessen. Gewaschen wird Berufsbekleidung aller Art für die Industrie-, Lebensmittel- und Handwerkskunden deren Berufsbekleidung überwiegend aus PE und Baumwoll-Mischgeweben besteht. Weiterhin bearbeitet die Wäscherei auch Produkte aus der Arbeitsschutzbekleidung mit Schutzeigenschaften wie z.B. Warnschutz, Hitzeschutz, Schweißerschutz, Kälteschutz. Bekleidungsteile mit Wetterschutz-/Chemikalienschutzeigenschaften erhalten ihre wasserabweisende Eigenschaft durch eine wasserundurchlässige Membran und eine Imprägnierung des Oberstoffes. Die Imprägnierung des Oberstoffes wird in unserem Waschbetrieb bei jedem Wiederaufbereitungszyklus aufgefrischt. Die Imprägnierung¹⁴² des Oberstoffes trägt wesentlich zum Schutz des Menschen vor Säuren und Laugen bei, weil das Vollsaugen des Textils unterbunden wird. Diesen Ergebnissen und Hinweisen folgend, sollten auf Wunsch des Umweltbundesamtes in diesem Vorhaben verschiedene Arten von Arbeits-

¹⁴² In der Analyse des Imprägnierungsmittels, die vom Hersteller zur Verfügung gestellt wurde, wird angegeben, dass keine bestimmaren PFT vorliegen. Daher muss davon ausgegangen werden, dass der PFT-Eintrag über die neuen Textilien geschieht.

schutztexilien auf ihren Gehalt an PFOS, Perfluorcarbonsäuren (PFOA) sowie weitere PFC untersucht werden.

9.3 Analysebericht

9.3.1 Kurzbeschreibung

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es zudem, die Durchführung von analytischen Messungen und Laboruntersuchungen zu PFOS sowie die Erstellung eines entsprechenden Messberichts.

Aufbauend auf den im letzten Absatz des Kapitels 9.2.3 genannten Empfehlungen sowie aufgrund des in Deutschland angewendeten Vorsorgeprinzips, wurde nach Absprache mit der Fachbegleitung im UBA in diesem Vorhaben verschiedene Arten von Arbeitsschutztexilien auf ihren Gehalt an PFOS sowie weiteren PFC untersucht werden.

Dabei sollte der Schwerpunkt der Untersuchung soweit möglich auf Berufsbekleidung aus dem ostasiatischen Raum (China) liegen. Die möglichen Bezugsquellen wurden durch eine Internet-Recherche ermittelt. Die Schwerpunkte waren dabei Berufs-, Freizeit- und Hobbybekleidungslieferanten und Baumärkte.

Die Analysen wurden bei Eurofins GfA Lab Service GmbH in Hamburg durchgeführt.

Durchführung der Analysen

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden 48 Textilien von 19 verschiedenen Lieferanten bezogen. Die vollständige Dokumentation dazu befindet sich in der Anlage 12.4 zu diesem Bericht. Diese wurden zunächst fotografiert und dann in die unterschiedlichen Bestandteile (z.B. Außenmaterial, Isoliermaterial, Innenfutter, Bündchen, Reißverschlüsse, Applikationen usw.) aufgetrennt. Zur Analytik gelangten nur die Bestandteile, bei denen das Vorhandensein von PFC-Imprägnierungen zur Wasserabweisung vermutet wurde. In der Regel das nach außen weisende Material. Dieses Vorgehen führte zu insgesamt 58 Proben die auf 11 PFC untersucht wurden. Analysewerte liegen allerdings nur von 57 Proben vor, da es sich bei der Probe 11G19751.7 um Nahtmaterial handelt, bei dem keine Fläche und somit keine Messwerte bestimmt werden konnten.

Weiterhin wurde dem Verdacht nachgegangen, dass bei einer Großwäscherei in NRW erhöhte PFC-Konzentrationen im Abwasser gemessen wurden, Es wurde der Eurofins GfA Lab Service GmbH aus der Wetter-/Chemikalienschutzkleidung je ein neuwertiges Bekleidungsteil (insgesamt 4 Produkte) sowie eine Probe eines dort eingesetzten Hydrophobierungsmittel zur Verfügung gestellt. Die

Analysenergebnisse dazu befinden sich im Anhang 5 zu diesem Bericht, s. Kap. 12.5.

Die fachliche Kompetenz zur Durchführung dieser Analytik wurde u.a. durch die Mitarbeit im DIN-Arbeitskreis: „NA 119-01-03-02-19 AK, PFC in Wasser, Klärschlamm und Boden (gegründet April 2008“, der die Messmethode DIN 38407-42 entwickelte, erworben.

Liste der analysierten Substanzen

Das in diesem Vorhaben untersuchte PFC-Spektrum ist in Tab. 47 angegeben. Die Auswahl erfolgte unter Berücksichtigung der analytischen Möglichkeiten und der Tatsache, dass die Stoffe bereits in früheren Studien untersucht wurden. Zunächst wurden die Proben auf PFOS und PFOA untersucht. Nach Vorliegen dieser Ergebnisse wurde entschieden, den Umfang der Analytik auf elf der, nach unserer Erfahrung, gängigsten PFC zu erweitern.

Tab. 47: Untersuchtes PFC-Spektrum

Abkürzung	Name	CAS	Messmethode
PFBS	Perfluorbutansulfonat	375-73-5	DIN 38407-42
PFHxS	Perfluorhexansulfonat	355-46-4	DIN 38407-42
PFOS	Perfluoroctansulfonat	45298-90-6	DIN 38407-42
PFHxA	Perfluorhexansäure	307-24-4	DIN 38407-42
PFHpA	Perfluorheptansäure	375-85-9	DIN 38407-42
PFOA	Perfluoroctansäure	335-67-1	DIN 38407-42
PFNA	Perfluornonansäure	375-95-1	DIN 38407-42
PFDA	Perfluordekansäure	335-76-2	DIN 38407-42
PFOSA	Perfluoroctansulfonamid	754-91-6	DIN 38407-42
PFDoA	Perfluordodekansäure	307-55-1	DIN 38407-42
PFDS	Perfluordekansulfonat	67906-42-7	DIN 38407-42

9.3.2 Methodenbeschreibung

Es wurde bei jeder Probe das gesamte zu untersuchende Material gewogen, dann eine definierte Fläche (100 cm²) ausgeschnitten und ebenfalls gewogen. Hieraus wurde dann die Fläche der gesamt Probe berechnet. Es wurden etwa 2 g Originalmaterial eingewogen und mittels Soxhletextraktion 8 h in ca. 57 mL Methanol extrahiert.

Der Extrakt wurde mittels Rotationsverdampfer eingeengt, in einen 10 mL Messkolben über-führt und auf ein Endvolumen von 10 mL aufgefüllt. Es wurde ein Aliquot von 10% (entsprechend 1 mL) für die Aufarbeitung entnommen und mit einem Mix aus 7 verschiedenen ¹³C-markierten PFC dotiert (¹³C₄-PFBA, ¹³C₂-PFHxA, ¹³C₈-PFOA, ¹³C₅-PFNA, ¹³C₂-PFDA, ¹³C₂-PFUnA, ¹³C₄-PFOS; Konzentration: 0,15 µg/mL).

Die weitere Aufreinigung wurde gemäß DIN 38407-42 durchgeführt: Das Aliquot wurde mit demineralisiertem Wasser auf 20 mL aufgefüllt und über eine HR-XAW Kartusche (mit Unterdruckbox) angereichert und gereinigt. Die Reinigung und Konditionierung der HR-XAW Kartusche erfolgt mit 3 mL Elutionslösung

(Methanol/Ammoniak-Gemisch (Volumenanteil NH_3 0,1%)), 2 mL Methanol und 2 mL demineralisiertem Wasser.

Die Komponenten wurden anschließend mit der Elutionslösung von der Kartusche eluiert. Das Eluat wurde im TurboVap mittels Stickstoffstrom zur Trockene eingengt und mit einem Gemisch aus Methanol / demineralisiertem Wasser (1:1) auf 100 μL aufgefüllt.

Datenerfassung

Die Proben wurden mittels LC-MS/MS Kopplung gemessen.

QS-Kontrollstandard- und Blindwert-Lösungen

Mit jeder Probenserie, die bearbeitet wurde, wurde ein Blindwert über das gesamte Verfahren mit aufgearbeitet. Als Kontrollstandard wurde das Extrakt eines zertifizierten Klärschlammes zu Beginn und am Ende der gemessenen Probensequenz injiziert.

Auswertung und Ergebnisberechnung

Die Auswertung und Berechnung wurde gemäß DIN 38407-42 durchgeführt. Die Ergebnisse wurden zunächst auf die Masse bezogen und dann auf die Fläche der untersuchten Probe umgerechnet. Die vollständigen Ergebnisse befinden sich als Tabelle in der Anlage zu diesem Bericht.

Gerätespezifikationen

HPLC: Agilent 1290 Infinity Serie (Pumpensystem, Autosampler inkl. Thermostat, Säulenofen)
Detektor: Agilent 6460A Triple Quad LC/MS
Eluent A: ca. 2 mM dest. H_2O
Eluent B: Methanol mit ca. 0.05% Essigsäure
Gradient: Startbedingung: 20% Eluent B
Anstieg: Eluent B auf 99% bis 9 min
Isokratisch: bis 16,5 min
Endbedingung: 20% Eluent B bis 22 min
Trennsäule: Synergi 4u Fusion-RP 80A (100 x 2.00 mm; 4 μm)
Security Guard Cartridge Gemini-NX C18 4 x 2.0 mm
Injektionsvolumen: 5 μL

Massenübergänge der 11 untersuchten PFC

Für alle elf analysierten perfluorierten Chemikalien wurden charakteristische Massenübergänge erfasst. Hierbei handelt es sich um analytische Kenngrößen, die zur Identifizierung des jeweiligen PFC dienen. ESI-Modus ist die Art der Ionisierung, in diesem Fall immer eine negative. Das Mutterion ist die Masse des primären PFC-Ions nach der Ionisierung. Die 1. Produktion ist das erste zusätzlich zur Identifizierung genutzte Ion, in das das Mutterion durch den Elektronenbeschuss zerfällt und in einem

bestimmten Prozentsatz vorhanden sein muss. Die 2. Produktion erfolgt analog zur 1. Produktion).

Tab. 48: Massenübergänge der 11 untersuchten PFC

Substanz	ESI-Modus	Mutter-Ion	1. Produktion	2. Produktion
PFHxA	neg	313	269	119
PFHpA	neg	363	319	169
PFOA	neg	413	369	169
PFNA	neg	463	419	169
PFDA	neg	513	469	269
PFDoA	neg	613	569	169
PFBS	neg	299	80	99
PFHxS	neg	399	80	99
PFOS	neg	499	80	99
PFDeS	neg	599	80	99
PFOSA	neg	498	78	Keine Angaben

9.3.3 Ergebnisse der Untersuchungen

Um einen besseren Überblick zu bekommen sind die Ergebnisse der untersuchten Arbeitsschutztextilien und die dazugehörigen Proben in folgende zehn Unterkategorien eingeteilt:

- Arbeitsschutzjacken- und -hosen (20 Proben, 16 Produkte)
- Warnschutzkleidung (6 Proben, 4 Produkte)
- Kälteschutzkleidung (7 Proben, 7 Produkte)
- Regenschutzkleidung (4 Proben, 3 Produkte)
- Fleeceprodukte (4 Proben, 3 Produkte)
- Pilotenbekleidung (7 Proben, 6 Produkte)
- Flammhemmende Schutzkleidung (4 Proben, 4 Produkte)
- OP Bekleidung (5 Proben, 5 Produkte)
- Wetter-/Chemikalienschutzkleidung aus NRW-Wäscherei (8 Proben, 4 Produkte)
- Hydrophobierungsmittel (1 Probe, 1 Produkt)

Die Ergebnisse der Untersuchungen auf PFC sind in den folgenden Tabellen in $\mu\text{g}/\text{m}^2$ angegeben. Diejenigen Proben, die den PFOA oder PFOS Wert von $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ überschreiten, sind grau hinterlegt und die jeweils höchsten gemessenen Werte sind fett markiert dargestellt.

In den graphischen Abbildungen werden die Einzelwerte von PFOS, PFOA und der PFC Summenwert jeweils dargestellt.

Kategorie Arbeitsschutzjacken und -hosen

Tab. 49 gibt die Gehalte in Arbeitsschutzjacken- und -hosen in $\mu\text{g}/\text{m}^2$ an. Auffallend sind die hohen Gehalte von PFC in zwei auffällige Proben (Extremwerte) in einer Forstjacke (Probe-Nr. 11G19747.1 und 11G19747.2). Die Höchstwerte liegen bei 36,51 und 12,9 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ für PFOA, 29,8 und 8,20 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ für PFDA sowie bei 8,52 und

3,99 µg/m² für PFNA. Alle anderen Proben waren dagegen geringer belastet.

Der EU-Grenzwert für PFOS von 1 µg/m² wird in allen Proben nicht überschritten. Allerdings wird PFOA in sieben Proben in Gehalten > 1 µg/m² gefunden.

Tab. 49: Gehalte an PFC in Arbeitsschutzjacken und -hosen

Probe-Nr.	Produkt	PFOS	PFOA	PFBS	PFHxS	PFHxA	PFHpA
11G19745.1	Arbeitsweste, grün	< 0,067	< 0,067	< 0,134	< 0,134	< 0,067	< 0,067
11G19745.2	Arbeitsweste, grün	< 0,063	< 0,063	< 0,094	< 0,094	< 0,063	< 0,063
11G19747.1	Forstjacke	< 0,058	36,5	< 0,088	< 0,088	5,57	3,79
11G19747.2	Forstjacke	< 0,076	12,9	< 0,101	< 0,101	1,77	2,07
11G19748.1	Schnittschutzhose, blau	< 0,036	0,272	< 0,073	< 0,073	0,090	< 0,036
11G19808.1	Arbeitsbundjacke Nevada	< 0,071	< 0,071	< 0,142	< 0,142	< 0,071	< 0,071
11G19808.2	Arbeitsbundjacke Nevada	< 0,075	0,225	< 0,15	< 0,15	< 0,075	< 0,075
11G19810.1	Creek Jacket	< 0,023	0,892	0,0704	< 0,047	0,329	0,164
11G19811.1	Norway Jacke	< 0,054	2,25	< 0,107	< 0,107	0,429	0,268
11G19832.1	Arbeitshose	< 0,042	1,85	< 0,084	< 0,084	0,652	0,147
11G19833.1	Hose	< 0,05	0,572	< 0,10	< 0,10	< 0,05	0,010
11G19847.1	Norway Jacke	< 0,046	0,255	< 0,093	< 0,093	< 0,046	< 0,046
11G19847.2	Norway Jacke	< 0,042	< 0,042	< 0,063	< 0,063	< 0,042	< 0,042
11G22266.1	Forstschutzbundhose	< 0,048	5,36	< 0,095	< 0,095	1,36	0,524
11G22267.1	Weste, grün	< 0,016	0,250	< 0,056	< 0,056	0,0886	0,072
11G22268.1	Latzhose, grün	< 0,071	0,249	< 0,142	< 0,142	< 0,071	< 0,071
11G22270.1	Latzhose, grün	< 0,064	< 0,064	< 0,128	< 0,128	< 0,064	< 0,064
11G22272.1	Schnittschutzlatzhose	< 0,055	1,90	< 0,11	< 0,11	1,21	0,331
11G22273.1	Bundhose Gelb	< 0,068	1,34	0,171	< 0,137	< 0,068	< 0,068
11G22275.1	Handschuh General Pulsa	< 0,084	< 0,084	< 0,168	< 0,168	< 0,084	< 0,084
Probe-Nr.	Produkt	PFOSA	PFNA	PFDeS	PFDA	PFDoA	
11G19745.1	Arbeitsweste, grün	< 0,067	< 0,067	< 0,134	< 0,067	< 0,067	
11G19745.2	Arbeitsweste, grün	< 0,063	< 0,063	< 0,094	< 0,063	< 0,063	
11G19747.1	Forstjacke	< 0,058	8,52	< 0,088	29,8	6,10	
11G19747.2	Forstjacke	< 0,076	3,99	< 0,101	8,20	< 0,177	
11G19748.1	Schnittschutzhose, blau	< 0,036	< 0,036	< 0,073	0,091	< 0,036	
11G19808.1	Arbeitsbundjacke Nevada	< 0,071	< 0,071	< 0,142	< 0,071	< 0,071	
11G19808.2	Arbeitsbundjacke Nevada	< 0,075	< 0,075	< 0,15	< 0,075	< 0,075	
11G19810.1	Creek Jacket	< 0,023	0,364	< 0,047	0,622	0,059	
11G19811.1	Norway Jacke	< 0,054	0,241	< 0,107	3,54	2,55	
11G19832.1	Arbeitshose	< 0,042	0,168	< 0,084	0,862	0,379	
11G19833.1	Hose	< 0,05	1,39	< 0,1	0,224	< 0,05	
11G19847.1	Norway Jacke	< 0,046	< 0,046	< 0,093	< 0,046	< 0,046	
11G19847.2	Norway Jacke	< 0,042	< 0,042	< 0,063	< 0,042	< 0,042	
11G22266.1	Forstschutzbundhose	< 0,048	0,357	< 0,095	2,64	0,453	
11G22267.1	Weste, grün	< 0,04	0,040	< 0,056	0,153	< 0,04	
11G22268.1	Latzhose, grün	< 0,071	0,249	< 0,142	< 0,071	< 0,071	
11G22270.1	Latzhose, grün	< 0,064	< 0,064	< 0,128	< 0,064	< 0,064	
11G22272.1	Schnittschutzlatzhose	< 0,055	0,165	< 0,11	0,799	0,193	
11G22273.1	Bundhose Gelb	< 0,068	< 0,068	< 0,137	1,81	0,308	
11G22275.1	Handschuh General Pulsa	< 0,084	< 0,084	< 0,168	< 0,084	< 0,084	

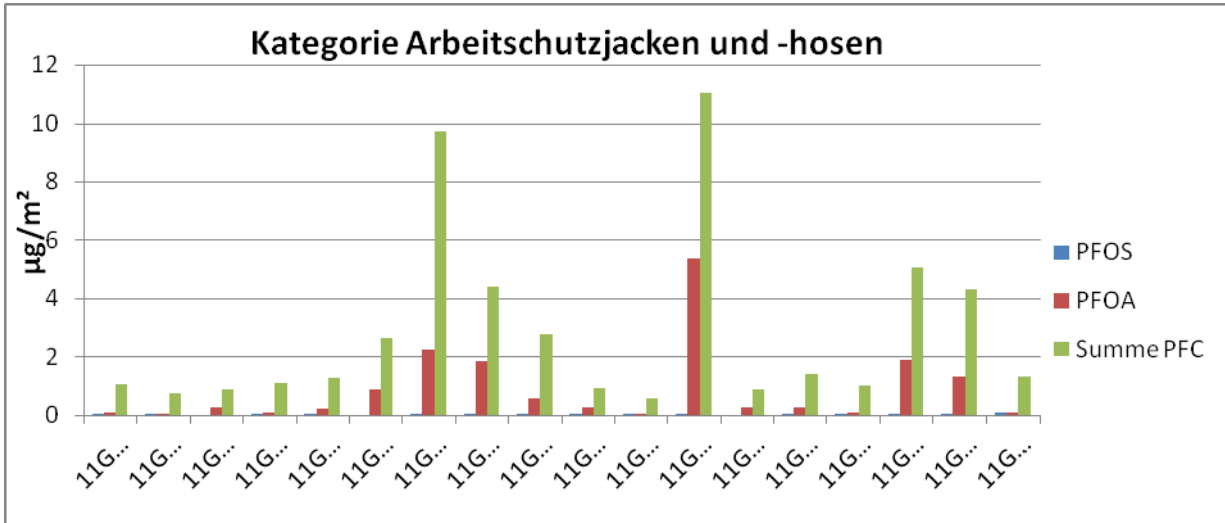


Abb. 14: Gehalte an PFC in Arbeitsschutzjacken und -hosen

In der folgenden Abb. 15 werden die beiden Extremwerte 11G19747.1 und 11G19747.2 aus der Tab. 49 aus Gründen der besseren Darstellungsweise mit einer anderen Achsenformatierung dargestellt.

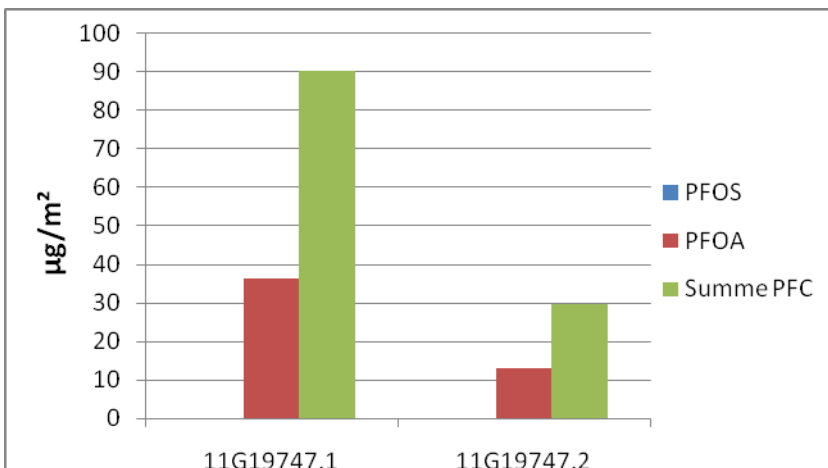


Abb. 15: Zwei Extremwerte an PFC in Arbeitsschutzjacken und -hosen

Kategorie Warnschutzkleidung

Die Gehalte an PFCs in Warnschutzkleidung sind in Tab. 50 in µg/m² angegeben. Die Ergebnisse zeigen, dass die meisten Proben nur sehr gering belastet sind. Allerdings gibt es eine Probe, die einen sehr hohen Gehalte an PFOA (11G19812.1, Warnschutzhose) mit 12 µg/m² aufweist.

Tab. 50: Gehalte an PFC in Warnschutzkleidung

Probe-Nr.	Produkt	PFOS	PFOA	PFBS	PFHxS	PFHxA	PFHpA
11G19751.1	Warnschutzjacke, orange	< 0,047	0,260	< 0,071	< 0,071	< 0,047	< 0,047
11G19753.1	Funktionswarnschutzhemd, gelb	< 0,05	0,149	< 0,099	< 0,099	< 0,05	< 0,05
11G19753.2	Funktionswarnschutzhemd, gelb	< 0,063	0,252	< 0,094	< 0,094	< 0,063	< 0,063
11G19753.3	Funktionswarnschutzhemd, gelb	< 0,156	0,313	< 0,235	< 0,235	< 0,156	< 0,156

11G19812.1	Warnschutzhose	< 0,057	12,0	0,141	< 0,113	1,47	0,792
11G22274.1	Warnschutzhose, gelb	< 0,037	0,093	< 0,074	< 0,074	< 0,037	< 0,037
Probe-Nr.	Produkt	PFOSA	PFNA	PFDeS	PFDA	PFDoA	
11G19751.1	Warnschutzjacke, orange	< 0,047	< 0,047	< 0,071	0,118	< 0,047	
11G19753.1	Funktionswarnschutzhemd, gelb	< 0,05	< 0,05	< 0,099	< 0,05	< 0,05	
11G19753.2	Funktionswarnschutzhemd, gelb	< 0,063	< 0,063	< 0,094	< 0,063	< 0,063	
11G19753.3	Funktionswarnschutzhemd, gelb	< 0,156	< 0,156	< 0,235	< 0,156	< 0,156	
11G19812.1	Warnschutzhose	< 0,057	0,792	< 0,113	6,10	2,29	
11G22274.1	Warnschutzhose, gelb	< 0,037	0,167	< 0,074	0,074	< 0,037	

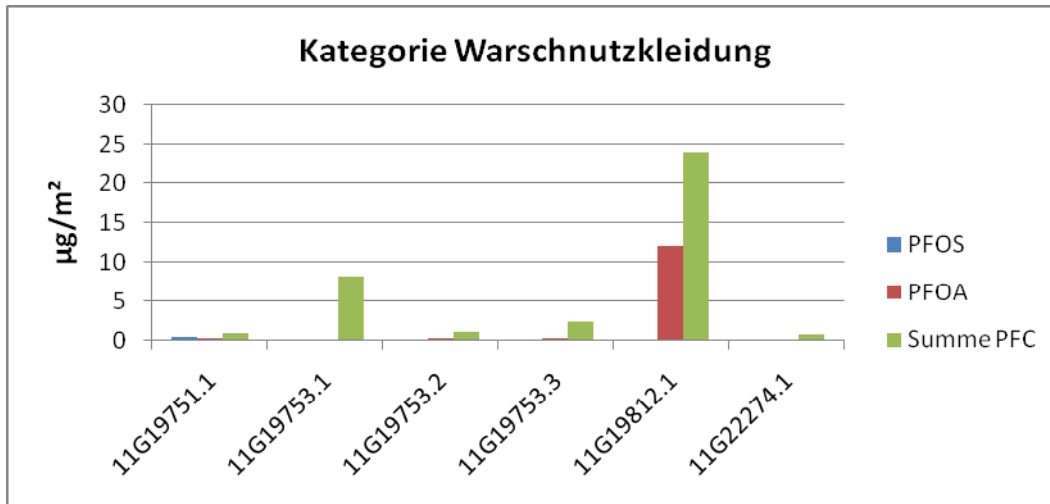


Abb. 16: Gehalte an PFC in Warnschutzkleidung

Kategorie Kälteschutzkldeidung

Tab. 51 gibt die Gehalte in Arbeitsschutzjacken- und hosen in µg/m² an. In den relativ höchsten Konzentrationen werden in den Arbeitsschutzjacken PFHxA bis zu 10,0 µg/m², PFOA bis zu 5,85 µg/m² und PFDA bis zu 3,78 µg/m² gefunden.

Der EU-Grenzwert für PFOS von 1 µg/m² wird in allen Proben nicht überschritten. Allerdings wird PFOA in 7 Proben in Gehalten > µg/m² gefunden.

Tab. 51: Gehalte an PFC in Kälteschutzkleidung

11G19794.1	Thermoparka Dresden	< 0,045	0,513	< 0,089	< 0,089	< 0,045	0,0670
11G19796.1	Offshoreparka	< 0,044	0,111	< 0,133	< 0,133	< 0,089	< 0,044
11G19842.1	Overall	< 0,055	5,47	< 0,109	< 0,109	2,35	0,794
11G22269.1	Softshelljacke army green	< 0,081	< 0,081	< 0,163	< 0,163	< 0,081	< 0,081
11G22279.1	Softshellweste	< 0,054	5,85	< 0,107	< 0,107	10,0	0,939
11G22281.1	Softshelljacke Arizoni	< 0,068	0,203	< 0,136	< 0,136	< 0,068	< 0,068
11G22282.1	Winterweste, schwarz-orange	< 0,088	0,482	< 0,175	< 0,175	< 0,088	< 0,088
Probe-Nr.	Produkt	PFOSA	PFNA	PFDeS	PFDA	PFDoA	
11G19794.1	Thermoparka Dresden	< 0,045	0,424	< 0,089	0,268	< 0,045	
11G19796.1	Offshoreparka	< 0,044	< 0,044	< 0,067	0,0444	< 0,044	
11G19842.1	Overall	< 0,055	0,246	< 0,109	3,78	2,13	
11G22269.1	Softshelljacke army green	< 0,081	< 0,081	< 0,163	< 0,081	< 0,081	
11G22279.1	Softshellweste	< 0,054	0,376	< 0,107	2,82	1,13	
11G22281.1	Softshelljacke Arizoni	< 0,068	< 0,068	< 0,136	< 0,068	< 0,068	

11G22282.1	Winterweste, schwarz-orange	< 0,088	< 0,088	< 0,175	0,131	< 0,088
------------	-----------------------------	---------	---------	---------	-------	---------

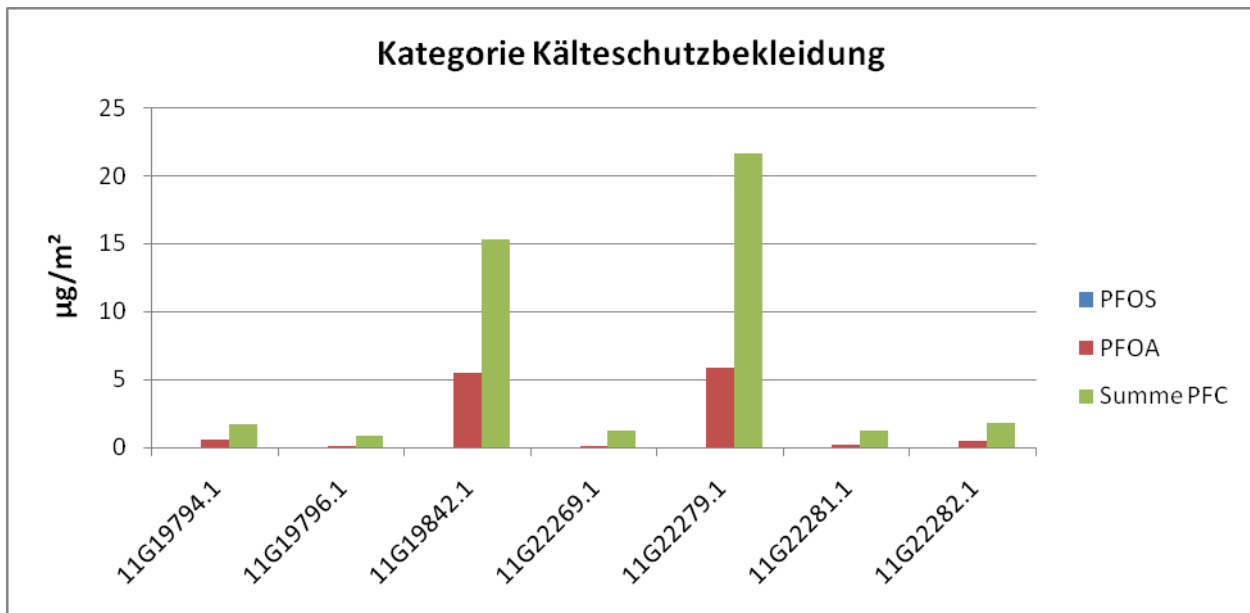


Abb. 17: Gehalte an PFC in Kälteschutzbekleidung

Kategorie Regenschutzbekleidung

Die Ergebnisse zeigen, dass die meisten Proben in der Kategorie Regenschutzbekleidung (siehe Tab. 52) nur sehr gering belastet sind. Die Flächenkonzentrationen lagen für PFOS unter 1 µg/m². Jedoch wird der Wert für PFOA in den zwei Proben der Profi-X-Weste leicht überschritten.

Tab. 52: Gehalte an PFC in Regenschutzbekleidung

Probe-Nr.	Produkt	PFOS	PFOA	PFBS	PFHxS	PFHxA	PFHpA
11G19797.1	Regenjacke heavy weight	< 0,04	< 0,04	< 0,08	< 0,08	< 0,04	< 0,04
11G19798.1	Regenhose gelb	< 0,041	< 0,041	< 0,082	< 0,082	< 0,041	< 0,041
11G19801.1	Profi-X-Weste	< 0,08	1,25	< 0,121	< 0,121	0,201	0,121
11G19801.2	Profi-X-Weste	< 0,089	1,073	< 0,179	< 0,179	0,224	< 0,089
Probe-Nr.	Produkt	PFOSA	PFNA	PFDeS	PFDA	PFDoA	
11G19797.1	Regenjacke heavy weight	< 0,04	< 0,04	< 0,08	< 0,04	< 0,04	
11G19798.1	Regenhose gelb	< 0,041	< 0,041	< 0,082	< 0,041	< 0,041	
11G19801.1	Profi-X-Weste	< 0,08	0,2012	< 0,121	0,603125	< 0,08	
11G19801.2	Profi-X-Weste	< 0,089	0,134	< 0,179	0,537	< 0,089	

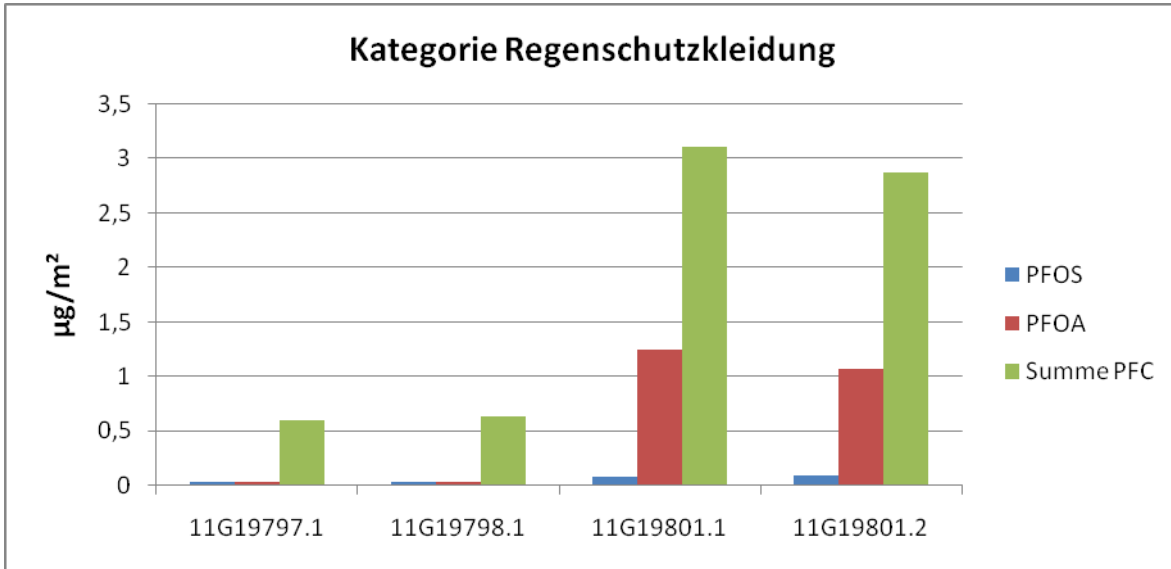


Abb. 18: Gehalte an PFC in Regenschutzkleidung

Kategorie Fleeceprodukte

Da Fleece ein besonders leichter Stoff ist, war die Wahrscheinlichkeit groß, dass der Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^2$ deutlich über 1 liegen würde. Die Ergebnisse in Tab. 53 zeigen jedoch, dass sehr geringen PFOS Gehalte (unter dem EU Grenzwert von $\mu\text{g}/\text{m}^2$) enthalten sind.

Allerdings gibt es eine Probe, die sehr hohe Gehalte (besonders an PFOA) aufweisen. Bei PFOA lagen bei $21,3 \mu\text{g}/\text{m}^2$. Auffällig ist bei dieser Probe auch, dass ein breites PFC-Spektrum mit hohen Gehalten (PFHxA, PFNA, PFDA, etc.) nachweisbar ist.

Tab. 53: Gehalte an PFC in Fleeceprodukte

Probe-Nr.	Produkt	PFOS	PFOA	PFBS	PFHxS	PFHxA	PFHpA
11G19782.1	Fleecehandschuhe	< 0,053	< 0,053	< 0,107	< 0,107	< 0,053	< 0,053
11G19809.1	Fleecejacke schwarz	0,231	0,847	< 0,154	< 0,154	0,115	0,115
11G19809.2	Fleecejacke schwarz	0,131	21,3	< 0,153	< 0,175	10,3	3,52
11G22276.1	Fleecehandschuhe	< 0,043	0,108	< 0,087	< 0,087	< 0,043	< 0,043
Probe-Nr.	Produkt	PFOSA	PFNA	PFDeS	PFDA	PFDoA	
11G19782.1	Fleecehandschuhe	< 0,053	< 0,053	< 0,107	< 0,053	< 0,053	
11G19809.1	Fleecejacke schwarz	< 0,077	0,154	< 0,154	0,385	< 0,077	
11G19809.2	Fleecejacke schwarz	< 0,109	3,365	< 0,175	8,26	2,32	
11G22276.1	Fleecehandschuhe	< 0,043	< 0,043	< 0,087	< 0,043	< 0,043	

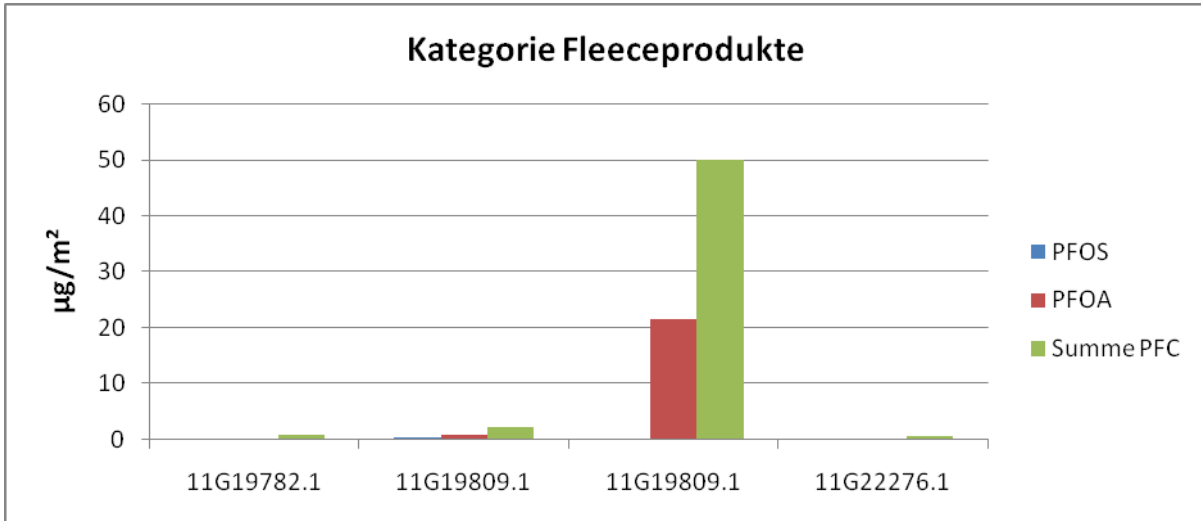


Abb. 19: Gehalte an PFC in Fleeceprodukte

Kategorie Pilotenbekleidung

Tab. 54 gibt die Gehalte für die Kategorie Pilotenbekleidung in $\mu\text{g}/\text{m}^2$ an. Der EU-Grenzwert für PFOS von $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ wird in allen Proben nicht überschritten. Jedoch wird PFOA in vier von sieben Proben in Gehalten $> 1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ gefunden. Die höchste Konzentration liegt bei $5,77 \mu\text{g}/\text{m}^2$. Auffallend in den diesen vier Proben sind die relativ niedrigen Gehalte der anderen PFCs.

Tab. 54: Gehalte an PFC in Pilotenbekleidung

Probe-Nr.	Produkt	PFOS	PFOA	PFBS	PFHxS	PFHxA	PFHpA
11G19787.1	Pilotenjacke, blau	0,123	0,74	< 0,099	< 0,099	0,222	< 0,049
11G19788.1	Pilotenjacke, neon	< 0,037	0,056	< 0,074	< 0,074	< 0,037	< 0,037
11G19825.1	Pilotenjacke	< 0,039	1,84	< 0,078	< 0,078	0,543	0,349
11G19848.1	Pilotenjacke Kaunus	< 0,075	< 0,075	< 0,15	< 0,15	< 0,075	< 0,075
11G22277.1	Pilotjacke orange	< 0,062	4,01	< 0,124	< 0,124	0,249	0,436
11G22278.1	Pilotenjacke Stromboli	< 0,065	2,344	< 0,13	< 0,13	0,716	0,488
11G22278.2	Pilotenjacke Stromboli	< 0,054	5,77	< 0,109	< 0,109	1,55	0,599

Probe-Nr.	Produkt	PFOSA	PFNA	PFDeS	PFDA	PFDoA
11G19787.1	Pilotenjacke, blau	< 0,049	< 0,049	< 0,099	0,197	0,074
11G19788.1	Pilotenjacke, neon	< 0,037	0,111	< 0,074	0,056	< 0,037
11G19825.1	Pilotenjacke	< 0,039	0,329	< 0,078	1,03	0,078
11G19848.1	Pilotenjacke Kaunus	< 0,075	< 0,075	< 0,15	< 0,075	< 0,075
11G22277.1	Pilotjacke orange	< 0,062	1,34	< 0,124	3,05	0,311
11G22278.1	Pilotenjacke Stromboli	< 0,065	0,358	< 0,13	1,63	0,488
11G22278.2	Pilotenjacke Stromboli	< 0,054	0,49	< 0,109	4,00	2,12

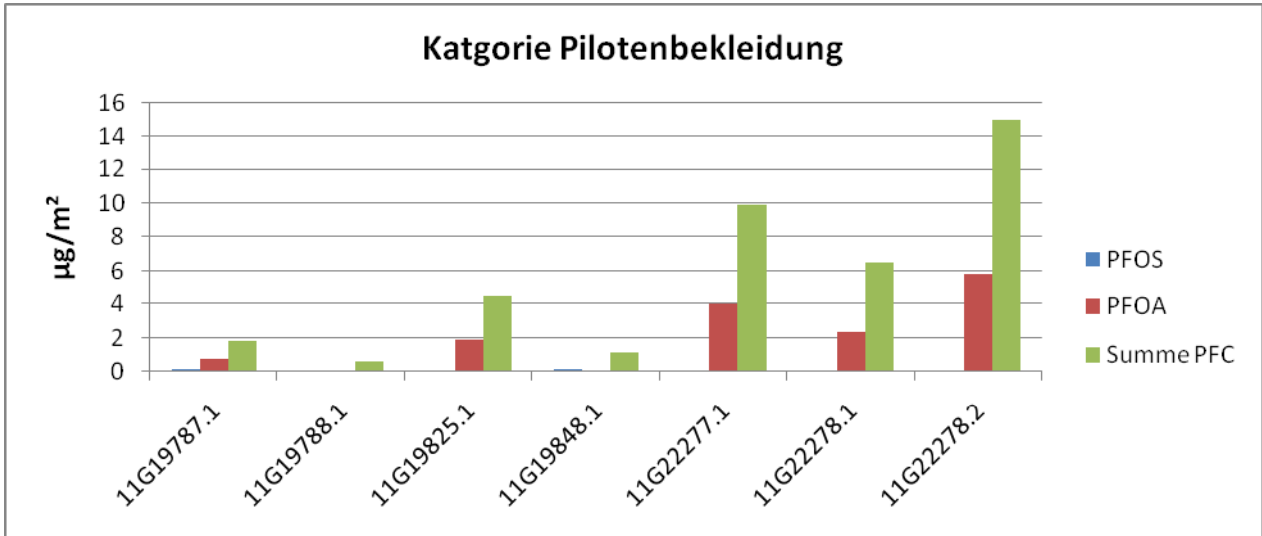


Abb. 20: Gehalte an PFC in Pilotenbekleidung

Kategorie flammhemmende Schutzkleidung

Die Analysen von flammhemmender Schutzbekleidung ergaben unauffällige Ergebnisse. Die meisten Analysen wurden in vernachlässigbaren Gehalten gefunden. PFOS war in den meisten Proben nachweisbar jedoch sicher unter dem EU-Grenzwert von 1 µg/m²

Tab. 55: Gehalte an PFC in flammhemmende Schutzkleidung

Probe-Nr.	Produkt	PFOS	PFOA	PFBS	PFHxS	PFHxA	PFHpA
11G19844.1	Flammschutz Latzhose Proban	< 0,22	0,396	< 0,308	< 0,308	< 0,22	< 0,22
11G19845.1	Unterhemd Flammschutz	< 0,048	< 0,048	< 0,072	< 0,072	< 0,048	< 0,048
11G19851.1	Köninger, Fire Keeper Feuerwehrhandschuhe	< 0,072	0,288	< 0,108	< 0,108	< 0,072	< 0,072
11G19852.1	Seiz Feuerwehrhandschuhe	< 0,393	1,00	< 0,568	< 0,568	0,699	< 0,393
Probe-Nr.	Produkt	PFOSA	PFNA	PFDeS	PFDA	PFDoA	
11G19844.1	Flammschutz Latzhose Proban	< 0,22	< 0,22	< 0,308	< 0,22	< 0,22	
11G19845.1	Unterhemd Flammschutz	< 0,048	< 0,048	< 0,072	< 0,048	< 0,048	
11G19851.1	Köninger, Fire Keeper Feuerwehrhandschuhe	< 0,072	< 0,072	< 0,108	0,216	0,108	
11G19852.1	Seiz Feuerwehrhandschuhe	< 0,393	< 0,393	< 0,568	< 0,393	< 0,393	

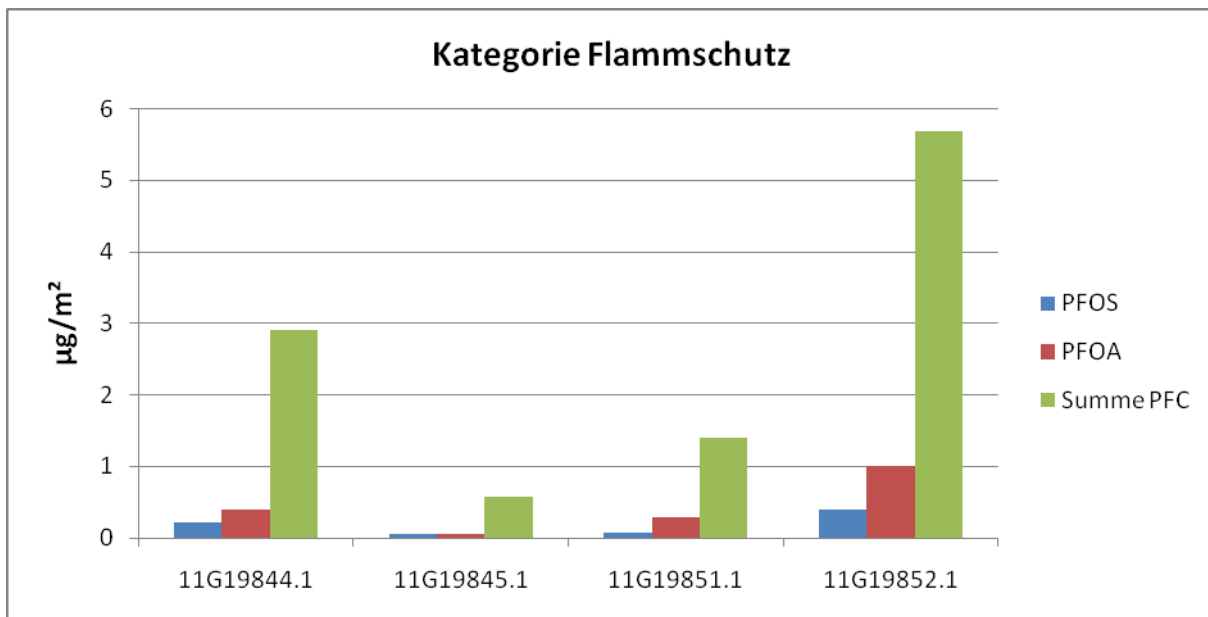


Abb. 21: Gehalte an PFC für flammhemmende Schutzbekleidung

Kategorie OP Bekleidung

Wie Tab. 56 zeigt, wurden in den untersuchten OP-Bekleidungen keine nennenswerten Gehalte an > 1 µg/m² Perfluorcarbon- und Perfluorsulfonsäuren gefunden.

Tab. 56: Gehalte an PFC in OP-Bekleidung

Probe-Nr.	Produkt	PFOS	PFOA	PFBS	PFHxS	PFHxA	PFHpA
11G19836.1	Op-Schlupfkasack	< 0,041	< 0,041	< 0,082	< 0,082	< 0,041	< 0,041
11G19837.1	Op-Mantel	< 0,04	< 0,04	< 0,059	< 0,059	< 0,04	< 0,04
11G19838.1	Op-Schlupfkasack	< 0,045	0,246	< 0,089	< 0,089	< 0,045	< 0,045
11G19839.1	Op-Schlupfkasack	< 0,05	0,1244	< 0,074	< 0,074	< 0,05	< 0,05
11G19841.1	OP-Hemd	< 0,042	0,063	< 0,084	< 0,084	< 0,042	< 0,042

Probe-Nr.	Produkt	PFOSA	PFNA	PFDeS	PFDA	PFDoA
11G19836.1	Op-Schlupfkasack	< 0,041	< 0,041	< 0,082	< 0,041	< 0,041
11G19837.1	Op-Mantel	< 0,04	< 0,04	< 0,059	< 0,04	< 0,04
11G19838.1	Op-Schlupfkasack	< 0,045	< 0,045	< 0,089	< 0,045	< 0,045
11G19839.1	Op-Schlupfkasack	< 0,05	< 0,05	< 0,074	< 0,05	< 0,05
11G19841.1	OP-Hemd	< 0,042	< 0,042	< 0,084	< 0,042	< 0,042

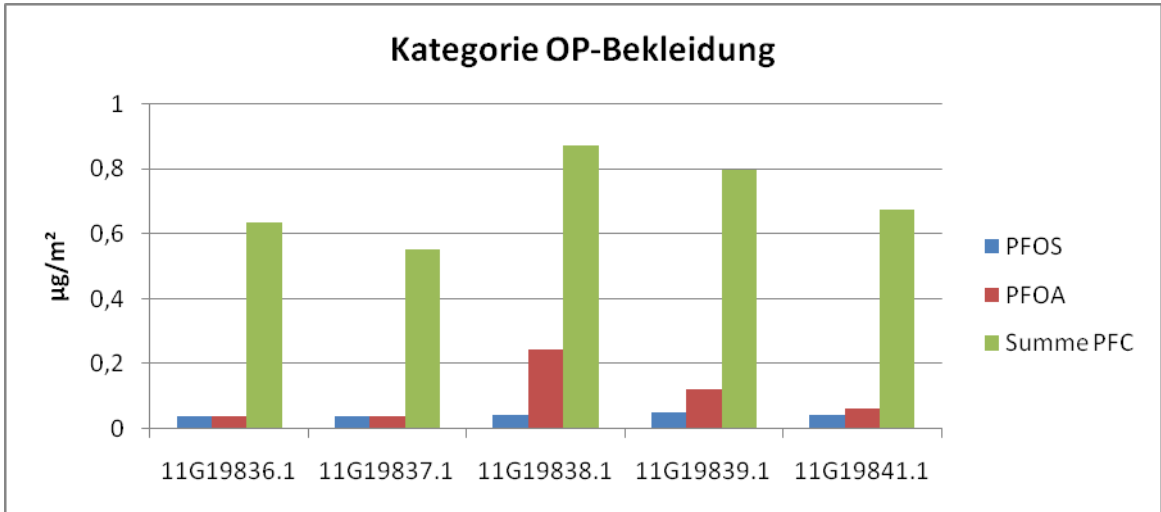


Abb. 22: Gehalte an PFC in OP-Bekleidung

Kategorie Wetter-/Chemikalienschutzkleidung aus Wäscherei in NRW:

Der EU-Grenzwert für PFOS von 1 µg/m² wird in allen Proben nicht überschritten. Die PFOA -Werte sind mit Ausnahme einer Probe (10.05 µg/m²) nicht als relevant einzustufen. Jedoch wird PFBS in fünf Proben der Gehalt von > µg/m² gefunden. Die höchste Konzentration liegt bei 414,51 µg/m² (Probe-Nr. 12G4363.4, Arbeitsjacke Wetterschutz). Auffallend in dieser Probe sind zudem die relativ niedrigen Gehalte der anderen PFCs.

Tab. 57: Gehalte an PFC in Wetter-/Chemikalienschutzkleidung NRW-Wäscherei

Probe-Nr.	Produkt	PFOS	PFOA	PFBS	PFHxS	PFHxA	PFHpA
12G4363.1	Arbeitsjacke Wetterschutz	0,069	0,459	63,19	< 0,092	2,091	0,4131
12G4363.2	Arbeitsjacke Wetterschutz	< 0,039	0,19	29,47	< 0,051	5,80	1,81
12G4363.4	Arbeitsjacke Wetterschutz	< 0,489	0,61	414,51	< 0,745	1,58	0,75
12G4366.2	Arbeitsjacke Chemschutz (Obermaterial, blau)	< 0,062	0,53	< 0,125	< 0,125	0,19	0,16
12G4366.3	Arbeitsjacke Chemschutz (Obermaterial, blau)	< 0,095	0,60	1,26	< 0,126	0,19	0,25
12G4367.1	Arbeitsjacke Chemschutz (rotes Obermaterial)	< 0,057	10,05	0,14	< 0,114	3,18	1,70
12G4367.3	Arbeitsjacke Chemschutz (rotes Obermaterial)	< 0,067	0,13	< 0,133	< 0,133	4,69	0,10
12G4368.1	Arbeitshemd Chemschutz (Obermaterial, Arbeitshemd)	< 0,082	4,21	5,66	< 0,109	0,77	1,04
Probe-Nr.	Produkt	PFOSA	PFNA	PFDeS	PFDA	PFDoA	
12G4363.1	Arbeitsjacke Wetterschutz	< 0,489	0,84	< 0,745	0,56	< 0,489	
12G4363.2	Arbeitsjacke Wetterschutz	< 0,039	0,04	< 0,051	0,06	0,12	
12G4363.4	Arbeitsjacke Wetterschutz	< 0,489	0,84	< 0,745	0,56	< 0,489	
12G4366.2	Arbeitsjacke Chemschutz (Obermaterial, blau)	< 0,062	0,09	< 0,125	0,25	< 0,062	
12G4366.3	Arbeitsjacke Chemschutz (Obermaterial, blau)	< 0,095	0,19	< 0,126	0,35	< 0,095	
12G4367.1	Arbeitsjacke Chemschutz (rotes Obermaterial)	< 0,057	1,19	< 0,114	7,89	4,09	
12G4367.3	Arbeitsjacke Chemschutz (rotes Obermaterial)	< 0,067	< 0,067	< 0,133	< 0,067	< 0,067	

12G4368.1	Arbeitshemd Chemschutz (Obermaterial, Arbeitshemd)	< 0,082	1,12	< 0,109	5,77	3,01
-----------	---	---------	------	---------	------	------

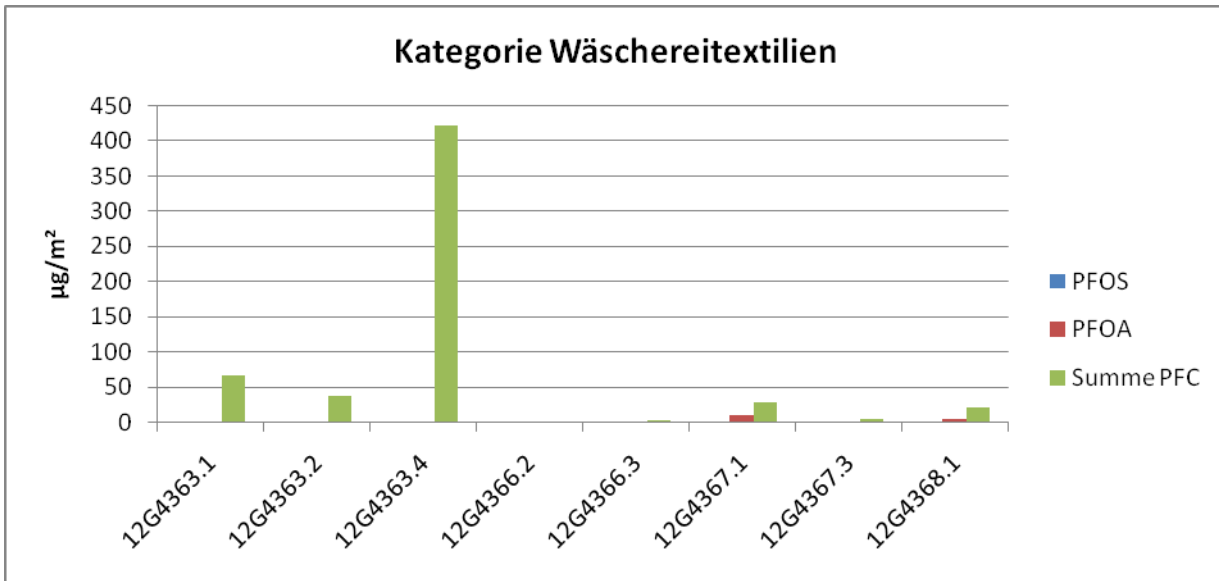


Abb. 23: Gehalte an PFC in Wetter-/Chemikalienschutzkleidung (Wäscherei in NRW)

Hydrophobierungsmittel

Neben den Kleidungsstücken wurde noch eine 100 mL Probe des Imprägnierungsmittels Osmafin Aquabloc Plus beprobt. Aus dem Analysebericht des Imprägnierungsmittels (Hydrophobierungsmittel) geht hervor, dass keine nennenswerten PFC enthalten sind. Allerdings entstanden bei der Probenaufbereitung große Schwierigkeiten mit der Matrix, daher sind die Bestimmungsgrenzen außergewöhnlich erhöht (siehe Anlage 5, Kap. 12.5, S. 267). Die Nachweisgrenze liegt dabei noch höher als die bereits schon hohe Nachweisgrenze der Herstelleranalyse. Sinnvoll wäre eine niedrigere Nachweisgrenze im Bereich von µg/L oder ng/L. Daher ist die Analyse für eine plausible Aussage nicht praktikabel.

9.3.4 Diskussion der Analysenergebnisse

PFC finden nicht nur in Arbeitsschutztextilien sondern unter anderem in der gesamten Textilindustrie ihren Einsatz und sind persistent, ubiquitär in der Umwelt zu finden und als besorgniserregend einzustufen. Neben dem PFOS gehört hierzu vor allem einer der bekanntesten und am besten untersuchten Vertreter der PFC, das PFOA. Während das Inverkehrbringen und die Verwendung von PFOS mit wenigen Ausnahmen seit dem 27. Juni 2008 in der

EU verboten sind, unterliegt PFOA bisher keiner stoffspezifischen Regulierung¹⁴³.

Die PFC-Belastung der untersuchten Produkte und Proben war sehr unterschiedlich. Während einige Produktgruppen, wie z.B. OP-Bekleidung, flammhemmende Schutzbekleidung oder die Kategorie Regenschutzbekleidung nur gering belastet waren, wurden in anderen Kategorien wie z.B. Arbeitsschutzjacken und -hosen und in den Proben aus der NRW-Wäscherei hohe PFC-Gehalte gefunden.

In allen Proben wurde der nach der europäischen Gesetzgebung gültige Grenzwert für PFOS von $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ eingehalten. Der höchste gemessene Wert liegt bei $0,393 \mu\text{g}/\text{m}^2$ (siehe Tab. 55, Seite 175, Probenummer 11G19852.1, Seiz Feuerwehrhandschuhe).

Die Analysenergebnisse haben jedoch gezeigt, dass einige Produkte hohe Belastungen insbesondere an PFOA aufzeigen. Extreme Werte wurden für einige Proben ermittelt, in denen Gehalte bis fast $37 \mu\text{g}/\text{m}^2$ PFOA (siehe Tab. 49, Seite 169, Probe-Nr. 1G19747.1, Forstjacke) gefunden wurden. Insgesamt lagen in zu etwa einem Drittel der insgesamt 58 Proben die Gehalte an PFOA oberhalb von $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$.

Neben PFOA sind vor allem in einigen Proben die hohen Werte der längerkettigen PFC (C8-C12) auffallend. Die Höchstwerte liegen für PFNA bei $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^2$, für PFDA rund $30 \mu\text{g}/\text{m}^2$ und für PFDoA bei rund $6 \mu\text{g}/\text{m}^2$ (alles Probe-Nr. 1G19747.1, Tab. 49, Seite 169, Forstjacke).

Wegen der bekannten Risiken von PFOA und PFOS werden diese Chemikalien zunehmend durch kurzkettige PFC (C4-C7) ersetzt. Aus den Analyseergebnissen sind teilweise auch die Gehalte der kurzkettigen PFC in einigen Proben zu beachten. Die Höchstwerte liegen für PFBS bei über $414 \mu\text{g}/\text{m}^2$ (Probe-Nr. 12G43634, Tab. 57, Seite 177, Arbeitsjacke Wetterschutz), für PFHxA bei $10,29 \mu\text{g}/\text{m}^2$ (Probe-Nr. 11G19809, Tab. 53, Seite 173, Fleecejacke) und für PFHpA bei $3,79 \mu\text{g}/\text{m}^2$ (Probe-Nr. 1G19747.1, Tab. 49, Seite 169, Forstjacke).

Das Problem der kurzkettigen PFC liegt darin, dass sie je kürzer die Kettenlänge, umso mobiler im Boden sind und dadurch leichter in das Grundwasser versickern können.

Trotz der eingeschränkten Anzahl der Materialien und der Proben zeigt diese Untersuchung, dass perfluorierte Verbindungen in einer Vielzahl von Arbeitsschutztextilien vorkommen. Sie wurden in allen untersuchten Produktkategorien gefunden. Dennoch können im Rahmen dieses Projektes (Arbeitspaket 2) nur exemplarische Beispiele zur

¹⁴³ Unter REACH ist PFOA als reproduktionstoxisch Kategorie 2 eingestuft worden und erfüllt damit die Voraussetzung für eine Zulassungspflicht.

PFC-Belastung in Arbeitsschutztextilien geliefert werde, weitere Untersuchungen sind auf jeden Fall zu empfehlen.

Dies spiegelt sich auch durch die Überprüfung der zusätzlich untersuchten Textilprodukte aus der Wäscherei in NRW wieder. Die Untersuchung ergab, dass alle Proben eine hohe Gesamtkonzentration an PFC enthalten. Die Belastungen hier variierten aber auch sehr stark innerhalb der Produkte: z.B. enthalten einige Proben sehr hohe Konzentrationen an PFBS, während im Gegensatz dazu die restlichen PFC-Werte gering ausfallen. PFOA wurde nur in zwei der insgesamt acht Proben aus der Wäscherei in einer Konzentration über $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ gefunden. Laut Konformitätserklärung der Lieferanten von der Wäscherei in NRW entsprechen die Textilien den gesetzlichen Anforderungen von PFOS in Textilien auf kleiner als ein Mikrogramm pro Quadratmeter ($1 \mu\text{g}/\text{m}^2$). Dies wird durch die Analysenergebnisse bestätigt.

Für die PFOA Thematik wird ebenfalls die Lieferantenerklärung zum größten Teil eingehalten, PFOA Gehalte in den Produkten so gering wie möglich zu halten. Reste von PFOA sind noch in einigen der Produkte aus der Wäscherei enthalten, liegen jedoch deutlich unter der geforderten Höchstgrenze für die Lieferanten von 250 $\mu\text{g}/\text{kg}$ des Öko-Tex Standard 100 (Produkt Klasse II). Sie unterschreiten sogar den deutlich strengeren Grenzwert des Bluesign¹⁴⁴ Standards in Höhe 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Bei den anderen Arbeitsschutztextilien überschreiten nur zwei Proben (Probe-Nr. 1G19747.1, Forstjacke und Probe-Nr. 11G19809, Fleecejacke) den Bluesign Grenzwert.

Eurofins führte parallel eine Untersuchung an verschiedenen imprägnierten Textilien eines englischen Herstellers durch. Hier wurden die Textilien neu und nach unterschiedlich vielen Waschgängen auf PFC überprüft. Es wurde auch das Waschwasser vom Hersteller mitgeschickt und auf PFC untersucht. Bei den Analysen wurde festgestellt, dass in den Textilien bzw. der Beschichtung sehr viel PFC enthalten sind und diese mit jedem Waschen weiter vom Textil herunter gewaschen werden. Das Waschwasser war teilweise auch sehr stark belastet. Da die PFC nicht wasserlöslich sind, gehen sowohl Eurofins als auch der englische Hersteller von einem mechanischen Abrieb während des Waschens aus. Da aus der Stichprobe des Imprägnierungsmittels (Hydrophobierungsmittel), das in der Wäscherei in NRW zum Einsatz kommt, keine nennenswerten PFC-Gehalte hervorgehen und auch bis auf einige Ausnahmen die PFC-Werte aus den neuen Textilien nicht außerordentlich hoch sind, ist es wahrscheinlich, dass die PFC-Gehalte im Abwasser und

¹⁴⁴ <http://www.bluesign.com/>, Stand 3.5.2012

Klärschlamm in NRW durch den mechanischen Abrieb beim Waschen zu erklären sind.

9.4 Quellenverzeichnis Analytik

Bergmann, M. (2007): Bestimmung polybromierter Diphenylether in Kunststoffen und Untersuchungen zum Emissionsverhalten. BAM-Dissertationsreihe, Band 20. Bremerhaven 2007.

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

CreaSolv (2004): The CreaSolv® Process - PlasTicker 22.4.2004, <http://www.creacycle.de/042004PlasTickerNewsQQid-52-8QQlang-german.html>, Stand: 7.9.2011.

DanishEPA (2002): Vejrup, K.V.; Lindblom, B.: Analysis of perfluorooctansulfonate compounds in impregnating agents, wax and floor polish products. Survey of Chemical Substances in Consumer Products Survey no. 17, <http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/C2B54B41-7C66-4E2F-B2F9-A6ACAA69C37B/0/17.pdf>, Stand: 7.9.2011.

Eurofins (2010a): Anlage zum GfA-Angebot 65551-001 vom 05.07.2010.

Eurofins (2010b): Polybromierte Diphenylether (PBDE) Ausgabe 2010/I.

Eurofins (2010c): Perfluorierte Verbindungen (PFC). Ausgabe 2010/II.

Herkze et al. (2009): Herzke, D., Posner, S., Olsson, E.: Survey, screening and analyses of PFCs in consumer products, Swerea IVF AB, Project report 09/47, 2009.

Jensen et al. (2008): Jensen, A.A., Poulsen P.B., Bossi, R.: Survey and environmental/health assessment of fluorinated substances in impregnated consumer products and impregnating agents, Danish Ministry of the Environment, Survey of Chemical Substances in Consumer Products, No. 99, 2008.

Kemmlin et al. (2005): Kemmlin, S.; Bergmann, M.; Jann, O.: Probenaufbereitungs- und Analyseverfahren für Flammenschutzmittel (Pentabromdiphenylether, Octabromdiphenylether) in Erzeugnissen, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) im Auftrag des Umweltbundesamtes, Forschungsbericht 202 67 300. UBA Texte 23/05, Dessau 2005.

Kuhn et al. (2004): Kuhn, E.; Frey, T.; Arnet, R.; Känzig, A.: Bromierte Flammenschutzmittel in Kunststoffprodukten des Schweizer Marktes. Umweltmaterialien NR. 189, Umweltgefährdende Stoffe. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern 2004.

OECD (2010): Risk Reduction Tools and Experience, PFCs: Outcome of the 2009 Survey on the production, use and release of PFOS, PFAS, PFOA, PFCA, their related substances and products/mixtures containing these substances, 45th Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology, 9-11 Feb. 2010, Paris.

Pöhlein (2009): Schnelle chromatographische Bestimmung von Flammenschutzmitteln mit HPLC und GC/MS. Dissertation der Naturwissenschaftlichen Fakultäten der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. <http://www.opus.ub.uni-erlangen.de/opus/volltexte/2009/1490/pdf/ManfredPoehleinDissertation.PDF>, Stand: 7.9.2011.

UNEP (2007): UNEP Chemicals Branch, DTIE: Guidance for Analysis of Persistent Organic Pollutants (POPs). March 2007, http://www.chem.unep.ch/Pops/laboratory/analytical_guidance_en.pdf, Stand: 7.9.2011.

10 Synthese, Ausblick und Diskussion

Die in diesem Vorhaben generierten Ergebnisse sollen dem Umweltbundesamt einerseits dazu dienen, die bestehende Datengrundlage zu PBDE (Tetra-, Penta-, Hexa-, HeptaBDE) und PFOS-Stoffströmen in Erzeugnissen und im Recyclingkreislauf zu verbessern und andererseits gezielt vermutete noch bestehende Einträge zu überprüfen und zu verifizieren. Die im ersten Teil dieses Berichts ausführlich durchgeführte theoretische Untersuchung der PBDE- und PFOS-Stoffströme in unterschiedlichen Anwendungsbereichen, ist dazu geeignet den Berichtspflichten im Rahmen des Stockholmer Übereinkommens nachzukommen. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die ermittelte Datengrundlage mit vielen Unsicherheiten behaftet ist und nur in Teilen den realen Eintrag von PBDE und PFOS in die Umwelt wiedergeben kann. Vielmehr sollten diese Ergebnisse dazu genutzt werden, für die Zukunft weiteren Forschungsbedarf zu identifizieren. So wurde z.B. in den Kapiteln Empfehlungen zu analytischen Messungen zu PBDE (s. Kapitel 9.1.3) sowie zu PFOS (s. Kapitel 9.2.3) hergeleitet, für welche Bereiche empirische Messungen und Untersuchungen mit realen physischen Proben notwendig erscheinen. Da diese jedoch nicht im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens durchführbar sind, wurde in Abstimmung und auf Wunsch des Umweltbundesamtes entschieden, aktuelle Hinweise einer bestimmten möglichen PFOS-Quelle aus einer Großwäscherei nachzugehen. Dies hat ermöglicht zu überprüfen, ob das Produkt „imprägnierte Arbeitsschutzkleidung“ nach wie vor PFOS enthält und darüber ein PFOS-Eintrag in die Umwelt zustande kommt (siehe auch Kapitel 9.2.3).

Neben dem Ziel, dem UBA zu ermöglichen seine Berichtspflichten im Rahmen des Übereinkommens hinsichtlich der neuen POPs zu erfüllen, wurden im Laufe der Projektarbeiten aber noch weitere interessante Aspekte behan-

delt, die das UBA in anderen Kontexten unterstützen könnten. Auch diese Ergebnisse sollen in diesem Kapitel noch einmal kurz zusammengefasst und festgehalten werden. Dazu zählen:

- Offensichtliche Schwierigkeiten bei der Datenlage;
- Empfehlungen für weitere Forschungsvorhaben;
- Erkenntnisse zu anderen Stoffen aus den Messungen.

10.1 Verpflichtungen Im Rahmen des Stockholmer Übereinkommens

10.1.1 Berichtspflichten

Aus den durchgeführten Recherchen lässt sich für die Berichtspflichten Deutschlands im Rahmen des Stockholmer Übereinkommens festhalten, dass die Verpflichtungen für die neuen im Rahmen des Vorhabens untersuchten POPs erfüllt werden. Erfüllt sind die Berichtspflichten dann, wenn alle Vorgaben der gesetzlichen Umsetzung des Übereinkommens und der POP-Verordnung eingehalten werden.

Zwar sind die Daten z.T. mit großen Unsicherheiten behaftet, da eine Reihe von Annahmen getroffen werden mussten, dennoch können anhand von einigen Gründen die folgenden Aussagen getroffen werden:

1. Es gibt keine Hinweise darauf, dass derzeit neu in den Markt gebrachte Produkte einen der PBDE in einer Konzentration oberhalb der festgelegten Grenzen enthält. Für PFOS gilt diese Aussage prinzipiell in gleicher Form, trotz Hinweise, dass in manchen Untersuchungen PFOS-Werte in norwegischen Verbraucherprodukten gemessen wurden (siehe auch 9.2.1, Seite 159). Das PFOS von seiner Art der Verwendung nicht aktiv in Erzeugnisse eingebracht wird, kann als Beleg für diese Aussage gelten. Ausnahmen waren Verwendungen bei denen das PFOS als Verunreinigung zurückblieb, z.B. Fotomaterialien. Für letztere kommt PFOS jedoch nach Angaben der Verbände nicht mehr zum Einsatz. Auch die im Projekt durchgeführten Messungen unterstützen diese Aussage. Auch hier wurde kein Produkt gefunden, dass den in der POP-Verordnung festgelegten Grenzwert von $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ für Textilien überschritten hätte. Für die PBDE haben die Regelungen der REACH Verordnung und der RoHS-Richtlinie im Bereich der Elektrogeräte bereits seit längerem dafür gesorgt, dass die Stoffe mit Bedeutung für das Stockholmer Übereinkommen von den Herstellern der Produkte nicht mehr eingesetzt wurden.
2. Es wurden keine Fälle von stofflicher Verwertung gefunden, bei denen Material von potentiell POP-haltigen Altprodukten Eingang in neue Erzeugnisse findet. Von daher erscheint eine Verschleppung der PBDE z.B. über Kunststoffrezyklate unwahrscheinlich.
3. Soweit Daten zu POP-Gehalten in Abfallströmen vorliegen, wurden die Grenzwerte für recyclingmaterialhaltige Erzeugnisse nicht überschritten. Somit ist es wahrscheinlich, dass selbst bei einer nicht bekannten Nutzung von Rezyklaten aus potentiell POP belasteten Abfallströmen die Grenzwerte der POP-Verordnung eingehalten werden und somit den Verpflichtungen des Stockholmer Übereinkommens genüge getan ist.

10.1.2 Maßnahmenvorschläge im Rahmen eines Aktionsplans

Das Übereinkommen regelt unter anderem, dass jeder Mitgliedsstaat einen Aktionsplan zur Umsetzung der Verordnung erstellen muss, mit dem Ziel einer endgültigen Eliminierung der Freisetzungen von POPs. Dieser soll die nationalen Maßnahmen zur Identifizierung, Charakterisierung und Minimierung der POPs enthalten. Weiterhin werden die Mitgliedsstaaten verpflichtet, den Austausch von Informationen über die Verringerung, Minimierung oder Beendigung der Herstellung, Verwendung und Freisetzung von POPs zu fördern.

Das kommerzielle Penta- und OctaBDE sowie PFOS sind seit 2004 resp. 2006 im Rahmen von Richtlinie 76/769/EWG und der Verordnung (EG) Nr. 850/2004 in ihrer Marktfähigkeit beschränkt. Die Auswirkungen dieser rechtlichen Voraussetzung zeigen sich auch in den Ergebnissen dieser Studie, wonach in den meisten untersuchten Branchen schon heute keine PBDE und PFOS mehr eingesetzt werden. Einige PFOS-Anwendungen sind von diesen Regelungen ausgenommen, da für sie noch keine Ersatzstoffe vorhanden sind. Ausnahmen vom PFOS-Verbot gelten zum heutigen Stand für folgende Bereiche:

- Antischleiermittel für nicht-dekoratives Hartverchromen (Chrom VI) und Netzmittel für überwachte Galvanotechniksysteme;
- Fotoresistlacke und Antireflexbeschichtungen für fotolithografische Prozesse;
- fotografische Beschichtungen von Filmen, Papieren und Druckplatten und
- Hydraulikflüssigkeiten für die Luft- und Raumfahrt.

Diese Ausnahmen können nach wie vor Quellen für PFOS Einträge in die Umwelt darstellen. Ihre Notwendigkeit sollte in regelmäßigen Abständen hinterfragt werden und Aktivitäten zur Systematischen Substitution der Stoffe gefördert werden. Die Ausnahme für die Feuerlöschschäume ist zum 27. Juni 2011 ausgelaufen und ist somit für die Frage der Substitution nicht mehr relevant.

Ein Beispiel für die möglicherweise nicht mehr gegebene Relevanz einer Ausnahme scheint die Anwendungen von PFOS in der Luftfahrtindustrie. Hier ist zu klären, ob für Deutschland, bzw. aufgrund der geringen Anzahl der Akteure und des hohen Standardisierungsgrads in der Branche, nicht bereits eine vollständige Substitution vorliegt. Die Erklärungen der Hersteller von Hydraulikflüssigkeiten und die Gespräche mit Airbus und Lufthansa legen dies nahe. Aus den Diskussionen mit der Luftfahrtindustrie lässt sich schließen, dass zumindest in Deutschland vornehmlich zwei Produkte zum Einsatz kommen und andere nur eine Nischenanwendung darstellen. Hier sollte in einem Dialog mit den Stakeholdern erörtert werden, inwieweit eine Streichung der Ausnahme für Hydraulikflüssigkeiten die Branche tangiert.

In der Galvanotechnik lässt die Ausnahmeregelung eine weitere Verwendung von PFOS weiterhin zu. Ungeachtet dessen wird bei den Oberflächen bear-

beitenden Betrieben und deren Zulieferern verstärkt Forschung betrieben, um für ihren Anwendungsbereich PFOS-Ersatzstoffen (z.B. H4PFOS) zu finden oder bessere Maßnahmen zur Reduzierung des Eintrags von PFOS in die Umwelt einzuführen.

Im Bereich der Halbleiterindustrie wird auf die Notwendigkeit der bestehenden Ausnahme für die kritischen Anwendungen hingewiesen, da bisher von Seiten der Industrie oder auch deren Chemikalienzulieferern keine signifikanten Anstrengungen unternommen wurden. Dahingegen gibt es aber auch Andeutungen, dass derzeit neue PFOS-freie Techniken entwickelt werden. Diese Gegenseitigkeit wäre in einem Dialog mit den betroffenen Stakeholdern zu erörtern.

Die letzte noch vorhandene Ausnahme in der Fotoindustrie wäre analog zur Halbleiterindustrie zu betrachten. Interessant ist hierbei, dass sich der europäische Fotoindustrieverband I&P Europe für dieses Vorhaben als ein guter Dialogpartner erwiesen hat und sich vermutlich auch in weiteren Gesprächen kooperativ zeigen wird. Allerdings sind die Einsatzmengen seit Jahren stark rückläufig und werden infolge des verstärkten Einsatzes der digitalen Techniken auch weiterhin zurückgehen, wodurch auch hier eine Diskussion über die weitere Notwendigkeit bzw. Streichung der Ausnahme angebracht erscheint.

Generell scheint es nicht sinnvoll eine systematische Beprobung von Produkten zur Überprüfung der Ausnahmen durchzuführen, da ein nationales Vorgehen hier wenig Nutzen hat sowie extensive Beprobung zu hohen ökonomischen Belastungen der Behörden führen würden.

Alternativ zu den Untersuchungen durch die Behörden könnte eine geeignete Maßnahme zur Überwachung der Ausnahmen eine Berichtspflicht für die Unternehmen sein, die Gebrauch von diesen Ausnahmen machen. Diese Berichtspflicht sollte beinhalten:

- POP-Mengen, die von den Unternehmen eingekauft werden;
- die verwendeten Mengen des POP;
- Informationen über Restgehalte des POP in Abfällen, dem Abwasser oder der Abluft;
- Gehalte des POP in gefertigten Produkten.

Dieses Vorgehen sollte in der POP-Verordnung auf europäischer Ebene implementiert werden, um so die Nutznießer der Ausnahmen entsprechend auch mit in die Pflicht zu nehmen, wenn es um deren Kontrolle geht.

Gleichzeitig sollten auch Vorgaben für die Restgehalte in den Abfällen und dem Abwasser festgeschrieben werden. Diese sollten verpflichtend eingehalten werden. Verankert werden könnten solche Vorgaben in der anlagen- oder wasserrechtlichen Genehmigung (national oder im Rahmen des BREF Prozess).

Diese Maßnahme ist nur wirksam für noch bestehende Ausnahmen, also solange ein Stoff noch aktiv in der EU genutzt wird. Kommen Stoffe nur noch in

Produkten vor, die sich bereits seit langem in der Nutzung befinden, wie im Falle der einzelnen PBDEs, ist dieses Vorgehen nicht anwendbar.

Solange die Produkte von professionellen Nutzern verwendet werden, kann ggf. noch eine Inventarisierung sinnvoll sein, die möglicherweise durch eine Übergangsregelung ergänzt wird, bis zu welchem Zeitpunkt ein entsprechendes Produkt außer Betrieb gesetzt werden muss (vgl. die entsprechende Regelung für PCB-haltige Transformatoren¹⁴⁵).

Für Produkte, die durch Verbraucher genutzt werden, kann auch dieses Vorgehen nicht angewendet werden, da sich die betroffenen Produkte, solange sie im Gebrauch sind, systematisch dem Zugriff solcher Maßnahmen entziehen und auch die POP-Verordnung hier einen Bestandsschutz vorsieht. In solchen Fällen sollte erwogen werden inwieweit Abfallströme, die entsprechenden POPs enthalten können, systematisch in ein Monitoring eingebunden werden (z.B. Altfahrzeuge oder Elektrogeräte) und hinsichtlich ihrer POP-Gehalte untersucht werden können. Aus den vorliegenden Recherchedaten haben sich einige Aspekte ergeben, die für eine solche Überwachung unabdingbar sind:

- Die Abfallströme müssen identifiziert werden und systematisch in die Überwachung eingebaut werden, d.h.:
 - Die Abfallströme müssen identifizierbar sein - z.B. über eigene POP spezifische Abfallschlüssel¹⁴⁶;
 - Die Probenahme und die Untersuchungsmethoden müssen erarbeitet und festgeschrieben werden (ggf. über einen Prozess des Europäische Komitee für Normung European (engl. Committee for Standardization - CEN ¹⁴⁷);

¹⁴⁵ Seit 1978 vollzog sich der Ausstieg aus der Verwendung von PCBs schrittweise, bis im Jahre 2010 die letzten PCB-haltigen Transformatoren außer Betrieb genommen werden mussten. Diese stellten bis zu diesem Zeitpunkt die einzige noch zulässige Ausnahme von einem völligen PCB Verbot dar und mussten im Anschluss an die Nutzung entsprechend entsorgt werden, wobei eine irreversible Zerstörung oder Beseitigung des PCB ab einem PCB-Gehalt von 50 mg/kg vorgeschrieben ist (Artikel 7 POP-Verordnung in Verbindung mit Anhang IV).

¹⁴⁶ Ausnahme kann die Debatte um den Grenzwert für den Klärschlamm darstellen, da überwiegend PFOS Belastungen im Klärschlamm auftreten. Anhang V Teil 2 der POP-VO enthält hierzu keine passende Schlüsselnummer, so dass insoweit der jeweilige Abfall bei Überschreiten des "unteren Grenzwerts" nur gemäß Anhang V Teil 1 der POP-VO entsorgt werden darf; die Deponierung von Klärschlamm mit einer PFOS-Belastung ab 10 mg/kg ist daher unzulässig. Es ist zu hinterfragen, ob eine Anpassung bzw. Verschärfung des POP Grenzwertes vorzunehmen wäre.

¹⁴⁷ <http://www.cen.eu/cen/products/en/pages/default.aspx>, Stand 8.5.2012

- o Maßnahmewerte für bestimmte Abfallbehandlungen müssen festgelegt werden (darf in neue Produkte eingehen, muss irreversibel beseitigt werden, darf nur...).

Wichtig ist vor diesem Hintergrund festzuhalten, dass die POP-VO 850/2004 noch keine Grenzwerte für PFOS und PBDE enthält, die eine irreversible Vernichtung der Stoffe nach sich ziehen. Dieses ist dringend nötig. Dabei ist die Frage, welches Ziel mit der Festlegung dieser Werte erreicht werden soll. Ist das Ziel lediglich Stoffströme zu entfernen, die sich in Richtung des Maximalgehalts für den Wiedereinsatz der recyclingmaterialien von 0,1 Gew.-% bewegen, dann kann dieser Wert relativ willkürlich festgelegt werden (z.B. 0,05 Gew.-% = 500ppm). Soll dieser Wert zum Ziel haben, die POPs so weit als möglich aus der Umwelt zu entfernen und so einem Minimierungsgebot für besorgniserregende Stoffe nachkommen, sollte er sich entweder an realistischen Gehalten in den Abfallströmen orientieren oder gar der Wert für Recyclingmaterialfreie Produkte angestrebt werden¹⁴⁸. Bezogen auf die untersuchten Stoffe wäre ein Grenzwert von z.B. 500 ppm wohl als recht unambitioniert zu bezeichnen, da keine der ausgewerteten Daten annähernd in dieser Größenordnung lagen.

Anzuregen wäre auch, dass Nachweise über Einhaltung der Grenzwerte gefordert werden können, z.B. für Schreddermaterialien sowie die Schlämme aus Galvanik – wengleich hier Werte für die Ausbringung auf Kulturflächen bestehen.

10.1.3 Vorhandensein von PFOS und PBDE in 2030

Die Frage über das Vorhandensein im Jahr 2030 lässt sich für die untersuchten Substanzen PFOS und die PBDE und deren Vorkommen nicht verallgemeinern.

Ob ein Ausstieg möglich ist, hängt von zahlreichen Faktoren ab:

- Liegt eine historische Verwendung des Stoffs vor oder wird er aktuell noch in Ausnahmen verwendet?
- Wird der Stoff als Prozesschemikalie verwendet (sehr kurze Verweildauer in der Nutzungsphase) oder in langlebigen Produkten (Verweilzeit in der Nutzungsphase richtet sich nach Lebensdauer des Produkts und kann entsprechend während oder nach dem Ende der Nutzung zu neuen Umweltemissionen führen).

¹⁴⁸ Gleichwohl ist den Autoren bewusst, dass dieses Ziel extrem ambitioniert ist und sicher Gegenstand politischer Kontroversen sein muss, da auch die Förderung des Recyclings ein gewolltes politisches Ziel ist. Dennoch wird hier die Auffassung vertreten, dass dies nicht auf Kosten einer schlechteren Umweltleistung geschehen darf.

- Der Art der Endbehandlung anfallender Abfälle (Deponierung oder „umweltoffene“¹⁴⁹ stoffliche Verwertungsverfahren können zu Einträgen führen wohingegen thermische Beseitigung oder Verwertung – also Verbrennen – zur Zerstörung des Stoffs als solchem führt).

Einzelne Schlussfolgerungen und Ausblicke für das Jahr 2030, ob ein völliger Ausstieg aus der PFOS-Anwendung sowie das Vorhandensein von PFOS und PBDE in Recyclingprodukten möglich ist, sind nicht in allen Fällen vorherzusagen. Innerhalb der einzelnen Branchenkapitel werden die spezifischen Argumentationsketten anhand der einzelnen Erhebungen dargestellt und erläutert (siehe Kapitel 5, Seite 29 bis Kapitel 6, Seite 60 für PBDE und Kapitel 7.1, Seite 82 bis Kapitel 7.9, Seite 141 für PFOS)

Generell lässt sich für die PBDE sagen, dass alle aktuell in Deutschland behandelten Abfälle zu einer Zerstörung der PBDE führen. Potentielle Quellen für Umweltemissionen sind die mechanischen Behandlungswege von Elektrogeräten (inkl. Schredder, Verladeanlagen etc.) und die Deponien. Ein Teil der potentiell PBDE-haltigen Produkte (vor allem Elektrogeräte und Fahrzeuge) und Fraktionen fließt über den Export in andere Länder ab. Exakte Aussagen zu diesem Export sind nicht möglich, da sich die Abfallströme z.T. nicht über das gegenwärtige Nachweisverfahren (vgl. Kapitel 10.1.2 – eindeutige Identifizierung) über die Erstbehandlungsanlagen der Schredderoutputströme hinaus nachverfolgen lassen. Die Outputströme solcher Anlagen werden meist mit Abfallschlüsseln weitergegeben, die einen Rückschluss auf die ursprüngliche Herkunft des Materials nicht zulassen¹⁵⁰.

PFOS ist in den meisten Anwendungsbereichen bereits ersetzt worden, sodass für viele ehemalige Einsatzgebiete keine Umweltemissionen freigesetzt werden. Ausnahme hiervon sind die bestehenden Ausnahmeregelungen in der Galvanik-, Flugzeug-, Halbleiter- und Fotoindustrie, in welchen PFOS noch in der Produktionsphase eingesetzt werden dürfen. Vor allem in der Galvanotechnik gelangen PFOS-haltige Abfälle überwiegend als gefährliche Abfälle zur Entsorgung. PFOS-Emissionen können dort während der Abfallbehandlung und aus der Lagerung von festen Restabfällen aus der Behandlung freigesetzt werden. Außerdem können mögliche Prozessabwässer aus der Ab-

¹⁴⁹ Mit umweltoffen ist hier nicht der direkte Kontakt zu Umweltmedien gemeint, sondern auch die Verwendung in Deponien oder Bergwerken, bei denen der Stoff zumindest physisch nach wie vor erhalten bleibt und wieder in die Umwelt gelangen kann (=>.vgl. Kapitel 5.1.4)

¹⁵⁰ Z. B. wird das Material an die Anlage abgegeben mit: „19 10 03* Schredderleichtfraktionen und Staub, die gefährliche Stoffe enthalten“ und wird aus der Anlage abgegeben als „19 02 04* vorgemischte Abfälle, die wenigstens einen gefährlichen Abfall enthalten“. E nach Anlage sind auch andere Schlüssel denkbar.

fallbehandlung dieser Abfälle systematisch PFOS enthalten. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand werden weder Abfälle aus dem Galvanikbereich noch deren Abwässer gezielt auf darin enthaltenes PFOS behandelt. Auch in kommunalen Kläranlagen kann mit bestehender Technik das PFOS nicht quantitativ entfernt werden. Zudem kann PFOS aus der Beseitigung der Abfälle freigesetzt werden, z.B. über Deponiesickerwässern

Um die Relevanz der Einträge aus der Abfallphase genauer bestimmen zu können, sollte PFOS oder auch andere POPs standardisiert in das Überwachungsprogramm von Abfallbehandlungsanlagen und Beseitigungsanlagen (z.B. Deponien) einbezogen werden. In wie weit dies nötig ist, könnte im Vorfeld durch weitere Untersuchungen ausgelotet werden.

Neben den Deponien können Belastungen durch den Altlastenbereich noch eine bedeutsame Quelle sein. Durch den ehemaligen (unkontrollierten) Einsatz von Feuerlöschschäumen kann es zu PFOS Verunreinigungen im Boden und Grundwasser führen.

10.2 Probleme und Schwierigkeiten im Rahmen der Recherchen

Wie bereits im vorherigen Kapitel dargestellt, ist die Datenlage zu vielen Einsatzgebieten der untersuchten Stoffe zum Teil sehr schlecht. Zudem ist vielfach nicht erkennbar auf Basis welcher Annahmen frühere Berechnungen zu POP Gehalten durchgeführt wurden. Ein Beispiel für solche widersprüchlichen Berechnungen sind die Berechnungen für den Gehalt von C-PentaBDE in Fahrzeugen.

Die Berechnungen von BIPRO (2011) basieren auf Angaben der Automobilindustrie und legen Gehalte >4% zugrunde, bei denen das Gemisch eine technische Funktion ausübt. Die beiden entscheidenden Annahmen scheinen nach Analyse des Berichts folgende zu sein:

1. Es gibt die Information, dass PUR Schäume mit C-PentaBDE flammgeschützt wurden.
2. Es gibt die Information, dass der Gehalt, um technisch wirksam zu sein, mindestens bei 4% liegen muss.

Folgerichtig berechnen die Autoren die Mengen an C-PentaBDE anhand dieser Annahmen.

Die Berechnungen gemäß Morf et al. (2003) gehen davon aus, dass kein C-PentaBDE in den Sitzpolstern eingesetzt wurde, aber diese Stoffe an anderen Stellen der Fahrzeuge verbaut waren. Die Studie geht daher von deutlich geringeren Mengen je Fahrzeug aus und auch Informationen zu Messungen von Sitzschäumen aus der fraglichen Zeit durch die Firma OPEL, zeigen keine Gehalte einer PBDE Verbindung.

Die Entscheidung, welcher Ansatz nun der „Richtige“ ist dabei kaum zu treffen. Gleichwohl werden beide Ansätze wiederkehrend genutzt und diskutiert.

Neben diesen annahmabegründeten Unsicherheiten, gab es auch Bereiche in denen Annahmen völlig fehlten, da die Kenntnis zu den Inhaltsstoffen bei den Produzenten der Erzeugnisse fehlte (z.B. Polstermöbel). Hier basierten viele Aussagen auf den Informationen, die in der Literatur verfügbar waren.

Ein weiterer Aspekt der immer wieder Schwierigkeiten bereitete war, dass vielfach die Beschreibung von Probenahme, bestimmten Stoffen und Analysemethoden, im Zusammenhang mit Messergebnissen aus Probenahmen, systematisch fehlten oder ungenau waren. Ein gutes Beispiel ist die Bestimmung von PFC. In einigen Studien werden diese synonym für PFOS genommen, in anderen sind damit perfluorierte Polymere gemeint. Vielfach wurde dabei auch eine Mischung aus PFOS und PFOA (und ggf. noch weiteren organischen Fluorverbindungen) bezeichnet. Unsere Messungen zeigen, dass hohe PFC Gehalte nicht immer auf PFOS zurückgeführt werden können. Vielmehr spielte hier das PFOA die entscheidende Rolle.

10.3 Weitere Beobachtungen im Rahmen des Projekts

Die Analysenergebnisse aus den Arbeitsschutztextilien zeigen, dass nach wie vor geringe Mengen an PFOS enthalten sind, die jedoch unterhalb des in der POP-Verordnung festgelegten Grenzwertes von $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ liegen. Zwar sind weitere PFC bzgl. der Erfüllung der Berichtspflichten unter dem Stockholmer Übereinkommen (und daher für dieses Vorhaben) nicht direkt relevant, die durchgeführten Messungen zeigen jedoch, dass diese Stoffgruppe durchaus noch in Produkten enthalten sein und auch für nennenswerte Einträge in die Umwelt sorgen kann. Daraus lässt sich also schlussfolgernd ableiten, dass jenseits der Verpflichtungen im Rahmen des Stockholmer Übereinkommens, die Belastung der Umwelt mit perfluorierten Stoffen relevant sein kann. Konkret für die Produktgruppe Arbeitsschutzkleidung lassen sich aus den Messergebnissen weitere Handlungsmöglichkeiten ableiten:

- Die Quelle von PFC-Kontaminationen bleibt weiter unklar. Sie können z.B. durch Verunreinigungen verursacht sein, die während Produktion, Transport, Lagerung oder durch die Verpackung bedingt sind. Sie können auch durch den mechanischen Abrieb in der Wäscherei PFCs in das Abwasser gelangen. Wir schlagen vor, dieser Frage der Verunreinigung weiter nachzugehen und weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet anzugehen. Hilfreich wären auch fortlaufende Eigenkontrollen in der Wäscherei.
- Initiierung eines weitreichenderen PFC-Verbots anderer Stoffe als PFOS in bestimmten Produkten und industriellen Prozessen (z.B. über neue Beschränkungen im Rahmen von REACH), das auch in internationa-

len Regelwerken Eingang finden sollte. Es empfiehlt sich in diesen Bereichen vertiefende Recherchen durchzuführen, da Informationen zur Bewertung sozioökonomischer Effekte¹⁵¹ bei weitreichenden Regulatoraktivitäten unerlässlich¹⁵² sind. Von Interesse könnte z.B. das PFOA sein. Dies beinhaltet nicht nur PFOA als reine Aktivsubstanz sondern auch die flüchtigen Vorläufersubstanzen, sowie Untersuchungen hinsichtlich der Produktion von Fluorpolymeren, wo PFOA in kleinen Mengen als Prozesshilfsstoff eingesetzt wird und möglicherweise dadurch zum Teil im fertigen Produkt verbleibt. Zudem sollte weiter untersucht werden, welche PFC zu PFOA abgebaut werden können.

- Erweiterung der Datenlage für ein besseres Umweltmonitoring über analytische Messungen. Die Auswahl der zu analysierenden Verbraucherprodukte und des zu analysierenden PFC-Stoffspektrums richtete sich zum einen nach den Möglichkeiten der Analytik und zum anderen danach, dass für die Auswertung der Daten ein möglichst aussagekräftiger Datenpool generiert werden konnte. Weiterhin dienen für eine analytische Untersuchung insbesondere Kläranlagen, als eine der wesentlichen Quellen für PFC.
- Eine Reduzierung über Behandlungsverfahren über die Abwässer wird sich als sehr schwer erweisen, da beispielsweise das PFOA als resistent gegenüber Hydrolyse und Photolyse gilt. Das bedeutet, dass ein biotischer Abbau weder unter aeroben noch unter anaeroben Bedingungen in signifikantem Ausmaß festgestellt werden konnte (LANUV 2011b)

Wie in den vorhergehenden Abschnitten geschildert, ist PFOS in manchen Anwendungsbereichen nicht der primär auftretende Stoff und bereitet im Sinne der POP-Verordnung keine Probleme. In größerem Umfang werden jedoch andere Stoffe gefunden, die ähnlich besorgniserregenden Eigenschaften besitzen¹⁵³ (siehe die Analysenergebnisse im Rahmen dieses Projekts).

Ein ähnlicher Verdacht besteht für die Feuerlöschschäume. Mit dem Verbot von PFOS in Feuerlöschschäumen kam eine Reihe neuer Löschmittel auf den Markt, welche nach bisherigen Hinweisen ebenfalls PFC enthalten, welche auch negative Umwelteigenschaften haben könnten. Ein nicht kontrollierter

¹⁵¹ Eine sozioökonomische Analyse ist im Beschränkungsverfahren nach Titel VII (Beschränkung) unter REACH zwingend vorgeschrieben. Verantwortlich für die Erstellung dieser Analyse ist die den Beschränkungsvorschlag ausarbeitende Behörde.

¹⁵² Aller Voraussicht nach entstehen die Größten sozioökonomischen Effekte nicht bei den Herstellern der Fluorpolymere, sondern bei den Nachgeschalteten Anwendern dieser Produkte und von Produzenten, die (in der Regel hochwertige) Erzeugnisse produzieren.

¹⁵³ PFOA besitzt eine harmonisierte Einstufung als CMR-Stoff und soll im Rahmen des REACH Zulassungsverfahrens als SVHC mit CMR Eigenschaften und PBT Eigenschaften identifiziert werden.

Einsatz dieser PFC-haltigen Löschmittel kann somit eine Gefährdung für die Umwelt darstellen.

10.4 Quellenverzeichnis Ausblick und Diskussion

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

LANUV (2011b): Verbreitung von PFT in der Umwelt Ursachen - Untersuchungsstrategie - Ergebnisse - Maßnahmen LANUV- Fachbericht 34 Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen 2011.

Morf et al. (2003): Morf, L., Smutny, R. Taverna, R. Daxbeck, H.: Selected polybrominated flame retardants PBDEs and TBBPA. Substance flow analysis. Environmental Series No. 338. Environmental hazardous substances, Bern 2003.

11 Gesamtverzeichnis der Quellen

3M Company (2000): Phase-Out Plan for PFOS-Based Products, July 7, U.S. EPA 2000.

ABANDA (2011): Abfallanalysendatenbank NRW, <http://www.lanuv.nrw.de/abfall/bewertung/abanda.htm>, Stand: 18.3.2011.

ACEA (2010): Mitteilung der ACEA - European Automobile Manufacturers Association, Dezember 2010.

Adam Opel AG (2011): Flammschutzmittel in alten Opel-Modellen, Messbericht, persönliche Mitteilung Kai Siegwart, Adam Opel AG, an das Umweltbundesamt, September 2011.

Airbus (2011): Persönliche Mitteilung via Telefon, Karsten Gold, ENVIRONMENT GERMANY GDDD, Airbus Operations GmbH (Mai 2011).

Baccini et al. (1987): Baccini, P., Brunner, P.H., Belevi, H., Henseler, G., Obrist, W., Diener, H.: Die Umweltverträglichkeit von Entsorgungsanlagen - Einführung in die Methodik der Stoffflussanalyse, EAWAG, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Abteilung Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt, Dübendorf (Schweiz), September 1987.

BAFA (2011): Persönliche Mitteilung von Herrn Emig, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Mai 2011.

BAuA (2009): Erhebung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) in 2009 im Rahmen der Berichtspflichten unter der Richtlinie 2006/122/EG.

Baumann et al. (2001): Baumann, W., Gräfen, M., Pollkläsner, D., Schubert, D.: Emission Scenario Document Photographic Industry

IC-10 Assessment of the environmental release of photo chemicals. Institute for Environmental Research, University of Dortmund, für das Umweltbundesamt, Berlin, <http://oekopro.de/bilder/fotoESD.pdf>, Stand: 18.4.2012.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2005): Demontage und Verwertung von Altfahrzeugen – 17. Oktober 2005. BayLfU Fachtagung 2005, Tagungsband, S. 96, [http://www.abfallratgeber-bayern.de/arba/allglfu.nsf/0B73991950A9E5FEC12570A700305032/\\$file/altfahrzeuge.pdf](http://www.abfallratgeber-bayern.de/arba/allglfu.nsf/0B73991950A9E5FEC12570A700305032/$file/altfahrzeuge.pdf), Stand: 19.3.2012.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2009): Schredderanlagen und Abfalldeponien – relevante Sekundärquellen für dioxin-ähnliche PCB und verwandte persistente Schadstoffe.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2011), <http://www.lfu.bayern.de/abfall/abfallgruppen/landwirtschaft/index.htm>, Stand: 18.4.2012

Bergmann, M. (2007): Bestimmung polybromierter Diphenylether in Kunststoffen und Untersuchungen zum Emissionsverhalten. BAM-Dissertationsreihe, Band 20. Bremerhaven 2007.

BfR (2008): Gesundheitliche Risiken durch PFOS und PFOA in Lebensmitteln sind nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand unwahrscheinlich. Stellungnahme 004/2009 des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) vom 11. September 2008.

Biegel-Engler (2011): Persönliche Mitteilung von Frau Biegel-Engler, Umweltbundesamt, 1.9.2011.

BiPRO (2011): Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT No ENV.G.4/FRA/2007/0066; München, April 2011.

BMU (2008): Daten über Elektro(nik)geräte in Deutschland im Jahr 2006 – BMU-Erläuterungen zu der Berichterstattung an die EU-Kommission. 5.9.2008, http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/erlaeuterungen_daten_elektronikgeraete.pdf, Stand: 4.9.2011.

BMU (2011): Grenzwerte für im Klärschlamm enthaltene Schadstoffe (Milligramm je Kilogramm Schlamm-Trockenmasse oder andere angegebene Einheit) http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/klaerschlammverordnung_grenzwerte_schadstoffe.pdf, Stand: 8.9.2011.

BMU (o.J.): Elektro- und Elektronikgeräte in Deutschland: Daten 2007 und 2008 zur Erfassung, Behandlung und Wiederverwendung. http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/daten_elektrogeraete_2007_2008_bf.pdf, Stand: 4.9.2011.

BREF Galvanik (2005): Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung; Merkblatt zu den besten verfügbaren Techniken für die Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen; September 2005.

Brunner, P.H. (2004): Von der Abfallwirtschaft zum Ressourcenmanagement, Synthesebericht der vier Projekte zur Ausrichtung der österreichischen Abfallwirtschaft nach stofflichen Gesichtspunkten. Projekt ABASG II, im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, April 2004.

Buser und Morf (2009): Buser, A., Morf, L.: Substance Flow Analysis of PFOS and PFOA. Perfluorinated surfactants perfluorooctansulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in Switzerland. Environmental studies no. 0922. Federal Office for the Environment, Bern 2009.

CARACAL (2009): 3rd Meeting of the competent authorities for REACH and CLP (CARACAL 12-13 October 2009, Brussels 12 October 2009, Doc. CA/79/2009, nach BiPRO 2011.

CreaSolv (2004): The CreaSolv® Process - PlasTicker 22.4.2004, <http://www.creacycle.de/042004PlasTickerNewsQQid-52-8QQlang-german.html>, Stand: 7.9.2011.

DanishEPA (1999): Brominated Flame Retardants - Substance Flow Analysis and Assessment of Alternatives; Danish Environmental Protection Agency, Kopenhagen 1999.

DanishEPA (2002): Vejrup, K.V.; Lindblom, B.: Analysis of perfluorooctansulfonate compounds in impregnating agents, wax and floor polish products. Survey of Chemical Substances in Consumer Products Survey no. 17, <http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/C2B54B41-7C66-4E2F-B2F9-A6ACAA69C37B/0/17.pdf>, Stand: 7.9.2011.

DEFRA (2004): Proposal for Regulations on PFOS-Related Substances, Partial Regulatory Impact Assessment, prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs Chemicals and GM Policy Division, RPA in association with BRE environment, September 2004.

Dönnebrink, H. (1998): Die Sammlung und Verwertung von Alttextilien: eine empirische Analyse vor dem Hintergrund des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes, FATM Forschungsstelle für Textilwirtschaft an der Universität Münster, Münster 1998.

ESIA (2009): European Semiconductor Industry Association PFOS (C8) Mass Balance Model For year 2009.

EU OctaBDE (2003): European Union Risk Assessment Report: Diphenyl ether, octabromo derivative, final report, 2003, Rapporteur: France and United Kingdom. Luxemburg 2003.

EU PentaBDE (2001): European Union Risk Assessment Report: Diphenyl ether, pentabromo derivative, final report, August 2001, Rapporteur: United Kingdom. Luxemburg 2001.

Eurofins (2010a): Anlage zum GfA-Angebot 65551-001 vom 05.07.2010.

Eurofins (2010b): Polybromierte Diphenylether (PBDE) Ausgabe 2010/I.

Eurofins (2010c): Perfluorierte Verbindungen (PFC). Ausgabe 2010/II.

Euroleather (2010):

http://www.euroleather.com/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=12, Stand: 28.4.2011.

Europäische Kommission (2010): Questions and Answers Regarding a Draft Commission Regulation Amending Regulation (EC) No 850/2004 of the European Parliament and of the Council on Persistent Organic Pollutants as Regards Annexes I and III

http://ec.europa.eu/environment/pops/pdf/questions_answers.pdf, Stand: 8.9.2011.

European Commission DG TREN (2007): Preparatory studies for Eco-design Requirements of EuPs (TREN/D1/40-2005/LOT4/S07.56332) LOT 4: Imaging Equipment: Copiers, Faxes, Printers, Scanners, MFD Final Reports (eight documents task 1-8),

http://www.ecoimaging.org/finalised_documents.php, Stand: 4.9.2011.

EUROSTAT (2010): Altfahrzeuge, Daten 2008,

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/data/wastestreams/elvs>, Stand: 4.10.2010.

ExxonMobil (2011a): HYJET IV-A PLUS Sicherheitsdatenblatt,

<http://www.msds.exxonmobil.com/psims/psims.aspx>, Stand: 4.5.2012

ExxonMobil (2011b): pers. Comm. via E-Mail, Jan Vít Technical Help Desk Engineer - Europe Africa Middle East, ExxonMobil Business Support Center Czechia s.r.o., Vinohradská 2828/151, 130 00 Praha 3, Czech Republic, 14.06.2011

Fath, A. (2008): Minimierung des PFT Eintrags in die Galvanikabwässer. Projektnummer: BUT 015; gefördert durch das Umweltministerium Baden-Württemberg. Abschlussbericht vorgelegt am 20.12.2008 von Dr. Andreas Fath, Hansgrohe AG.

Fricke und Lahl (2005): Fricke, M., Lahl, U.: Risikobewertung von Perfluortensiden als Beitrag zur aktuellen Diskussion zum REACH-

- Dossier der EU-Kommission. In: UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 17(1).
- Fromme et al. (2006): Fromme, H., Schlummer, M., Ungewiß, J., Roscher, E., Lepper, H.: Umweltmedizinische Bedeutung perfluorierter Kohlenwasserstoffe. Materialien zur Umweltmedizin, Band 16, http://www.peter-liese.de/cms/upload/hintergrundpapiere/umweltmedizin_16.pdf, Stand: 3.9.2011.
- FTR (2009): Fachverband für Textil-Recycling e.V. (FTR); Kurzfassung der Studie Textilrecycling in Deutschland, 2009, [http://www.bvse.de/pdf/oeffentlich/Alttextil/Wie geht das/111017 Textilrecycling in Deutschland Kurzfassung.pdf](http://www.bvse.de/pdf/oeffentlich/Alttextil/Wie_geht_das/111017_Textilrecycling_in_Deutschland_Kurzfassung.pdf)
- G+H (2011): Persönliche Mitteilung von Herrn Geuting; G+H Leder GmbH, Vreden, April 2011.
- Gellrich et al. (2012): Chemosphere. May;87(9):1052-6. Epub 2012 Mar 3.
- Global EHS (2010): Persönliche Mitteilung von Frau Herrmanns, GLOBALFOUNDRIES Dresden Dezember 2010.
- Global EHS (2011): Persönliche Mitteilung von Frau Herrmanns, GLOBALFOUNDRIES, Dresden Oktober 2011.
- Greenpeace (2011): Dirty Laundry - Unravelling the corporate connections to toxic water pollution in China'. Greenpeace International, Juli 2011
http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/chemie/dirty-laundry-report.pdf.
- Guest, D. (2007): PFOS and PFOS-Related Substances - Invitation to submit comments on Draft Risk Management Evaluation of chemicals proposed for listing in Annexes of the Stockholm Convention to the POPs review Committee; International Imaging Industry Association, European Photo and Imaging Association and Photosensitized Materials Manufacturers' Association, 2007.
- GUT (2004a): Carpet Recycling; Präsentation von Dr. Edmund Vankann, GUT e.V.; PA 2004, 5th Annual World Congress, 14.-16. Juni 2004, Düsseldorf.
- GUT (2004b): Textile Bodenbeläge - Stoffflussanalyse und Bewertung; Ergebnisse des Gemeinschaftsausschusses „Analyse und Bewertung von Stoffströmen der Chemie in der Industriegesellschaft“ DECHEMA und GDCh unter Mitarbeit von GUT und TFI, 2004.
- GUT (2009): Textile floor covering with a tufted surface pile made of 100% polyamide 6 and a backing of textile fabrics;

Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden (GUT) e.V.; Aachen; Januar 2009.

GUT (2011): Persönliche Mitteilung von Dr. Edmund Vankann, Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden (GUT) e.V., März 2011.

Haselhorst (2010): Persönliche Mitteilung von Rolf Haselhorst, BASF-Werkfeuerwehr, Dezember 2010.

Herkze et al. (2009): Herzke, D., Posner, S., Olsson, E.: Survey, screening and analyses of PFCs in consumer products, Swerea IVF AB, Project report 09/47, 2009.

I&P Europe (2011): Persönliche Mitteilung von Markus Sude, Direktor I&P Europe; März 2011.

IMDS (2010): International Material Data System. IMDS as unified material data reporting tool. The IMDS Steering Committee.

IOLITEC (2008): Substitution von PFOS in der galvanischen Hart- und Glanzverchromung durch ionische Flüssigkeiten; Präsentation von Dr. Thomas Schubert, IoLiTec Ionic Liquids Technologies GmbH, 2008. <http://www.dbu.de/media/11080803482964ae.pdf>.

Jensen et al. (2008): Jensen, A.A., Poulsen P.B., Bossi, R.: Survey and environmental/health assessment of fluorinated substances in impregnated consumer products and impregnating agents, Danish Ministry of the Environment, Survey of Chemical Substances in Consumer Products, No. 99, 2008.

Jepsen et al. (2009): Jepsen, D.; Reihlen, A.; Wirth, O.; Sander, K.: REACH und Kunststoffrecycling – Handreichung für eine sachgerechte Umsetzung der REACH-Anforderungen für Betreiber von Recyclinganlagen, UFOPLAN Vorhaben FKZ 3708 31 305/01, Ökopool GmbH, Hamburg 2009.

KBA (2010a): Jahresbilanz der Außerbetriebsetzungen 2009, http://www.kba.de/nn_125264/DE/Statistik/Fahrzeuge/Ausserbetriebsetzungen/ausserbetriebsetzungen_node.html? nnn=true#rechts, Stand: 16.4.2012.

KBA (2010b): Neu zugelassene Personenkraftwagen in den Jahren 2000 bis 2007 nach technischen Merkmalen, http://www.kba.de/nn_191088/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungenn/Motorisierung/2007_n_leistungsbereitschaft_tabelle.html, Stand: 16.4.2012.

KBA (2011): Jahresbilanz der Außerbetriebsetzungen 2010, http://www.kba.de/cln_030/nn_125264/DE/Statistik/Fahrzeuge/Ausserbetriebsetzungen/ausserbetriebsetzungen_node.html? nnn=true, Stand: 16.4.2012.

- Keet et al. (2010): Keet, B., Giera, N., Gillett, R., Verschueren K.: Investigation of brominated flame re-tardants present in articles being used, recycled and disposed of in New Zealand, A technical report prepared for the Ministry for the Environment, Wellington, August 2010,
<http://www.mfe.govt.nz/publications/hazardous/investigation-of-brominated-flame-retardants/investigation-of-brominated-flame-retardants.pdf>
- KemI (1999): Phase-out of PBDEs and PBBs: Report on a Governmental Commission. Report No. 2/99. Kemikalieinspektionens – KemI (The Swedish National Chemicals Inspectorate), Solna 1999.
- Kemmlin et al. (2005): Kemmlin, S.; Bergmann, M.; Jann, O.: Probenaufbereitungs- und Analyseverfahren für Flammenschutzmittel (Pentabromdiphenylether, Octabromdiphenylether) in Erzeugnissen, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) im Auftrag des Umweltbundesamtes, Forschungsbericht 202 67 300. UBA Texte 23/05, Dessau 2005.
- Kohlmeyer (2011a): Einsatz einer Kompaktsortieranlage zur Rückgewinnung von Metallen aus Shredderrückständen; Teilbeitrag R. Kohlmeyer: Ressourcenschonungspotenziale durch Verwertung der Schredderleichtfraktion. In: VDI-Wissensforum: Stoffliche und energetische Verwertung von Shredderrückständen, Tagungsband. Düsseldorf 2011.
- Kohlmeyer (2011b): Persönliche Mitteilung von Frau R. Kohlmeyer, Umweltbundesamt (UBA), Mai 2011.
- Kuch et al. (2005): Kuch, B., Schneider, C, Rupp, S, v.d.Recke, R., Bopp, K., Metzger, J.W., Strack, S.: Polybromierte Diphenylether und Tetrabrombisphenol A: Untersuchungen zum Abbau und Metabolismus, Bestimmung in Nahrungsmitteln. FKZ BWB 21019, Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS),
<http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/40239/BWB21019SBer.pdf?command=downloadContent&filename=BWB21019SBer.pdf&FIS=203>, Stand: 12.9.2011.
- Kuhn et al. (2004): Kuhn, E.; Frey, T.; Arnet, R.; Känzig, A.: Bromierte Flammenschutzmittel in Kunststoffprodukten des Schweizer Marktes. Umweltmaterialien NR. 189, Umweltgefährdende Stoffe. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern 2004.
- LANUV (2010): Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, http://www.lanuv.nrw.de/abfall/pft_klaerschlam.htm.
- LANUV (2011a): Persönliche Mitteilung von Dr. R. Hanel, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Rheinland-Pfalz, Mai 2011.

LANUV (2011b): Verbreitung von PFT in der Umwelt Ursachen - Untersuchungsstrategie - Ergebnisse - Maßnahmen LANUV- Fachbericht 34 Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen 2011.

LANUV (2011c): Persönliche Mitteilung von Dr. Michael Oberdörfer, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, April 2011.

Lanxess (2010): Persönliche Mitteilung von Dr. Wolfgang Podesta, Lanxess Deutschland GmbH, November 2010.

Lausmann und Unruh (2006): Lausmann, G.A., Unruh, J.N.: Die galvanische Verchromung; 2. Auflage, Eugen G. Leuze Verlag KG, 2006.

Lederpedia (2011):

http://www.lederpedia.de/lederpruefung_lederbeurteilung/bestimmung_der_dicke_sowie_rohdichte_und_flaechengewicht_des_leders, Stand: 28.4.2011.

Leisewitz und Schwarz (2000): Leisewitz, A., Schwarz, W.: Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen zur Substitution umweltrelevanter Flammschutzmittel. Flammhemmende Ausrüstung ausgewählter Produkte anwendungsbezogene Betrachtung: Stand der Technik, Trend, Alternativen", Report no. 000171/2. UBA-Texte 27/01, Umweltbundesamt 2000.

LfU (2001): Sammlung und Verwertung von Altteppichen; Bayerisches Landesamt für Umwelt; Augsburg, Mai 2001.

LfU (2009): InfoBlatt Abfallwirtschaft Alttextilien, Bayerisches Landesamt für Umwelt, <http://www.abfallratgeber.bayern.de/publikationen/doc/infoblaetter/alttextilien.pdf>, Stand: April 2012.

LRTAP (2006): Exploration of Management Options for PFOS. Proposal submitted by Sweden for the fifth meeting of the LRTAP Task Force on Persistent Organic Pollutants, Tallinn, 29 May - 1 June 2006 and revised 15 June 2006.

LUBW (2011): Persönliche Mitteilung von D. Schlag, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, April 2011.

Lufthansa Technik (2011): Persönliche Mitteilung (Gespräch), Bernd Schröder, Lufthansa (Mai 2011).

Meppener Tagespost (2011): Landkreis warnt vor Fischen aus dem Dortmund-Ems-Kanal, <http://www.noz.de/lokales/56300235/landkreis-warnt-vor-fischen-ausdem-dortmund-ems-kanal>, Stand: 9.8.2011.

- MKUNLV (2006): Bericht über Emissionsmessungen an der Klärschlammverbrennungsanlage der WFA Eleverlingsen, http://www.lanuv.nrw.de/analytik/pdf/Messbericht_WFA_Endfassung_MKUNLV080207.pdf.
- MKUNLV (2011a): Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Perfluorierte Tenside (PFT). Gewässer und Abwasser. http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pft/situation_nrw/wasser/index.php.
- MKUNLV (2011b): Persönliche Mitteilung von Dr. Kurt Harff, Abteilung 5 Wasserwirtschaft, Gewässerschutz, April 2011.
- Moche et al. (2004): Moche, W., Stephan, K., Thanner, G., Bromierte Flammschutzmittel in der aquatischen Umwelt, Umweltbundesamt Österreich 2004, <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE243.pdf>.
- Morf et al. (2003): Morf, L., Smutny, R. Taverna, R. Daxbeck, H.: Selected polybrominated flame retardants PBDEs and TBBPA. Substance flow analysis. Environmental Series No. 338. Environmental hazardous substances, Bern 2003.
- Müller (2005): Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades Dr. phil., vorgelegt von Anna Sophie Müller; Weiterbildung von Arbeitskräften im Textilrecycling; Berufswissenschaftliche Feld- und Qualifikationsforschung in ausgewählten Textilrecyclingbetrieben; Flensburg, Januar 2005.
- Niedersachsen (2007): Kommission der Niedersächsischen Landesregierung „Umweltpolitik im Europäischen Wettbewerb“ (5. Regierungskommission): Abschlussbericht des Arbeitskreises "Entsorgung von Altfahrzeugen unter Berücksichtigung von Lebenszyklusanalysen", 2007. S. 20-21.
- Nordwest Zeitung (2011): Löschwasser chemisch belastet, <http://www.nwzonline.de/Region/Kreis/Cloppenburg/Friesoythe/Artikel/2585661/Loeschwasser-chemisch-belastet.html>, Stand: 16.4.2011.
- OECD (2002): Organisation for Economic Co-operation and Development). 2002. Hazard Assessment of Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and its Salts. November 21. ENV/JM/RD(2002)17/FINAL.
- OECD (2010): Risk Reduction Tools and Experience, PFCs: Outcome of the 2009 Survey on the production, use and release of PFOS, PFAS, PFOA, PFCA, their related substances and products/mixtures containing these substances, 45th Joint Meeting of the Chemicals

Committee and the Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology, 9-11 Feb. 2010, Paris.

OECD (2011): PFCs: Outcome of the 2009 survey. Survey of the production, use and release of PFOS, PFOA, PFCA, their related substances and products/mixtures containing these substances. Series on Risk Management, No. 24. ENV/JM/MONO(2011)1). Paris 2011.

Öko-Institut (2011): Mehlhart, G., Merz, C., Akkermans, L, Jordal-Jorgensen, J.: European second-hand car market analysis - Final Report for the European Commission DG Climate Action, Feb. 2011.

Ökopol 2007: Branchengutachten Abfallvermeidung in Anlagen der Nr 3.9 und 3.10, 4 BIMSCHV.

OSPAR (2006): OSPAR Commission, 2006 Update: Background Document on Perfluorooctane Sulphonate. Publication Number: 269/2006.

Pfaff (2006): Perfluorverbindungen in Lebensmittelbedarfsgegenständen, Dr. Karla Pfaff, BfR - Bundesinstitut für Risikobewertung. Präsentation auf der Fortbildung für den Öffentlichen Gesundheitsdienst; Berlin, 22.3.2006.

Pöhlein (2009): Schnelle chromatographische Bestimmung von Flammschutzmitteln mit HPLC und GC/MS. Dissertation der Naturwissenschaftlichen Fakultäten der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. <http://www.opus.ub.uni-erlangen.de/opus/volltexte/2009/1490/pdf/ManfredPoehleinDissertation.PDF>, Stand: 7.9.2011.

POPRC (2005): UNEP/POPS/POPRC.1/10. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its first meeting. Geneva, November 2005.

POPRC (2006a): UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.1. Risk profile on commercial pentabromodiphenyl ether. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting. Geneva, November 2006.

POPRC (2006b): UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.5. Risk profile on perfluorooctane sulfonate Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting. Geneva, November 2006.

POPRC (2006c): Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting; Addendum Risk profile on perfluorooctan sulfonate; Geneva; November 2006.

POPRC (2007): UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.6. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its third

meeting. Addendum. Risk profile on commercial octa-bromodiphenyl ether. Geneva, November 2007.

POPRC (2008): UNEP/POPS/POPRC.4/15/Add.1. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its fourth meeting. Addendum Risk management evaluation for commercial octabromodiphenyl ether. Geneva 2008.

POPRC (2010): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants POPs Review Committee (POPRC), Draft Guidance document on Alternatives to perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) and its derivatives. Geneva 2010.

PubChem Compound (2012): Potassium PFOS - Compound Summary (CID 23669238) Also known as: 2795-39-3, Fluorad FC 95, Floral FC 95, Potassium heptadecafluoro-1-octanesulfonate, Potassium perfluorooctanesulfonate, EINECS 220-527-1, National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine 8600 Rockville Pike, Bethesda MD, 20894 USA, http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=23669238&loc=ec_rcs, Stand: 19.3.2012.

Reichart (2009): Perfluorierte organische Verbindungen (PFC) in der Papierindustrie sowie Weiterentwicklung des Anhang 28 AbwV. Almut Reichart, UBA - Umweltbundesamt. Präsentation auf dem Fachgespräch des MKUNLV und UBA zu PFC. Berlin, 19. Juni 2009.

Reichart (2010): Persönliche Mitteilung von Almut Reichart, Umweltbundesamt (UBA) Dessau, November 2010.

RIKZ (2002): Perfluoralkylated substances, Aquatic environmental assessment, Report RIKZ/2002.043, Universiteit van Amsterdam, Hekster, F.M., de Voogt, P., RIKZ A.M.C.M. Pijnenburg, R.W.P.M. Laane, 1 July 2002.

RPA (2000): The Department of the Environment, Transport and the Regions. 2000. Risk Reduction Strategy and Analysis of Advantages and Drawbacks for Pentabromodiphenyl Ether. Stage 4 Report, prepared by Risk & Policy Analysts Limited (Moore L. and Corden C.). 31 March 2000.

RPA (2004): Proposal for Regulations on PFOS-Related Substances, Partial Regulatory Impact Assessment, prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs Chemicals and GM Policy Division, RPA in association with BRE environment, September 2004.

Sander et al. (2004): Sander, K., Zangl, S., Bünemann, A., Bartnik, S.: Ermittlung von Verwertungskoeffizienten für die Fraktionen und Bauteile zur Dokumentation von Quoten auf der Basis von Artikel 7 der EU-Richtlinie zur Verwertung von

Elektroaltgeräten (WEEE), Umwelt-Forschungs-Plan, FKZ 203 33 395, Endbericht; Berlin 2004.

Sander und Schilling (2010): Sander, K., Schilling, S.: Optimierung der Steuerung und Kontrolle grenzüberschreitender Stoffströme bei Elektroaltgeräten / Elektroschrott. FKZ 3708 93 300. UBA-FB 001331, http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3769, 28.8.2011

Sander (2012): Persönliche Mitteilung von Kurt Sander, Ökopol GmbH, April 2012.

Schlummer et al. (2007): Schlummer, M., Gruber, L., Maurer, A., Wolz, G., van Eldik, R.: Characterisation of polymer fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE) and implications for waste management. Chemosphere 67, 2007, 1866-1876.

Schulte (2010): Persönliche Mitteilung von Dr. Christoph Schulte, Umweltbundesamt, November 2010.

Schultz und Norin (2006): Schultz, P.-E., Norin, H.: Fluorinated pollutants in all-weather clothing, Friends of the Earth Norway, Report 2/2006, http://naturvernforbundet.no/data/f/0/89/52/9_2401_0/2_Fluorinated_pollutants_in_all-weather_clothing.pdf, Stand: 8.9.2011.

SFS (2005): Schwedisches Gesetzblatt. Verordnung zur Änderung der Verordnung über ein Verbot usw. in bestimmten Fällen in Verbindung mit der Handhabung, der Einfuhr und der Ausfuhr von chemischen Produkten.

SFT (2009): Norwegian Pollution Control Authority (SFT). 2009. Guidance on alternative flame retardants to the use of commercial pentabromodiphenylether (c-PentaBDE). SFT, Oslo, February 2009.

Solutia (2008) SKYDROL 500B4 Sicherheitsdatenblatt <https://team.solutia.com/sites/msds/Skydrol%20MSDS%20Documents/182DE.pdf>.

Statistisches Bundesamt (2003): Wirtschaftsrechnungen. Ausstattung privater Haushalte mit langlebigen Gebrauchsgütern. 1998-2002. Fachserie 15, Reihe 2.

Statistisches Bundesamt (2007): Wirtschaftsrechnungen. Ausstattung privater Haushalte mit langlebigen Gebrauchsgütern. 2000-2006. Fachserie 15, Reihe 2.

Statistisches Bundesamt (2008): Umwelt Abfallentsorgung 2006. Fachserie 19 Reihe 1.

Statistisches Bundesamt (2009): Umwelt Abfallentsorgung 2007.
Fachserie 19 Reihe 1.

Statistisches Bundesamt (2010a): Umwelt Abfallentsorgung 2008.
Fachserie 19 Reihe 1.

Statistisches Bundesamt (2010b): Laufende Wirtschaftsrechnungen.
Ausstattung privater Haushalte mit ausgewählten Gebrauchsgütern.
2009. Fachserie 15, Reihe 2.

Statistisches Bundesamt (2011a): Umwelt Abfallentsorgung.
Fachserie 19, Reihe 1.

Statistisches Bundesamt (2011b)
[https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/Erg
ebnisbericht Abfallentsorgung 2010.pdf? blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/Erg%20ergebnisbericht%20Abfallentsorgung%202010.pdf?__blob=publicationFile),
Stand: 18.4.2012.

Statistisches Bundesamt (2012): Abfallentsorgung Vorläufiger
Ergebnisbericht für ausgewählte Entsorgungsanlagen im Jahr 2010.
Wiesbaden, Januar 2012.

Stenzel und Nixon (1997): Stenzel, J.I., Nixon, W.B.: Octabromobi-
phenyl oxide (OBDO): Determination of the vapour pressure using
a spinning rotor gauge. Wildlife International Ltd., Project No.
439C-114, 1997.

stiftung ear (2010): Regelsetzung. Regel: Daten zur Ermittlung der
Garantiehöhe. ear 02-003,
<http://www.stiftung-ear.de/download/02-003alt4.pdf>, Stand:
18.4.2012.

stiftung ear (2011): Zusammensetzung gemischter Sammelgruppen:
[http://www.stiftung-
ear.de/service_und_aktuelles/kennzahlen/zusammensetzung_gemischt
er_sammelgruppen](http://www.stiftung-ear.de/service_und_aktuelles/kennzahlen/zusammensetzung_gemischter_sammelgruppen), Stand: 18.4.2012.

Stockholm Convention Conference of Parties (2009): Entscheidung
SC-4/19,
[http://chm.pops.int/Programmes/NewPOPs/Informationrequestdecisio
nSC419/tabid/666/language/en-US/Default.aspx](http://chm.pops.int/Programmes/NewPOPs/InformationrequestdecisionSC419/tabid/666/language/en-US/Default.aspx), Stand: 8.9.2011.

Stockholm Convention Conference of Parties (2009): Entscheidungen
SC-4/10 bis SC-4/18,
[http://chm.pops.int/Implementation/NewPOPs/The9newPOPs/tabid/672
/language/en-US/Default.aspx](http://chm.pops.int/Implementation/NewPOPs/The9newPOPs/tabid/672/language/en-US/Default.aspx), Stand: 8.9.2011.

Stockholm Convention Homepage: <http://chm.pops.int/>, Stand:
8.9.2011.

Stockholm Convention: Request for information on new POPs, includ-
ing brominated diphenyl ethers and PFOS, in accordance with de-

cision SC-4/19 adopted at COP4

<http://chm.pops.int/Programmes/NewPOPs/InformationrequestdecisionSC419/tabid/666/language/en-US/Default.aspx>, Stand: 7.9.2011.

TAC-Meeting (2011): Berichte des niederländischen Ministeriums für Infrastruktur und Umwelt für das TAC-Meeting zu POPs am 14. März 2011 in Brüssel.

TEGEWA (2009): Dr. Volker Schröder - Verband TEGEWA; Abwassereinträge von per/polyfluorierten Chemikalien (PFC) in der Textilindustrie; Maßnahmen zur Verminderung der PFC-Einträge; Fachgespräch des MKUNLV und UBA zu Polyfluorierten organischen Verbindungen; Berlin, 19. Juni 2009.

TEGEWA (2010): Persönliche Mitteilung von Dr. Volker Schröder, Verband TEGEWA e.V., Frankfurt a.M. November 2010.

Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) beim Umweltbundesamt (2006): Stellungnahme vom 21.6.06, überarbeitet am 13.7.06: Vorläufige Bewertung von Perfluorierten Tensiden (PFT) im Trinkwasser am Beispiel ihrer Leitsubstanzen Perfluorctansäure (PFOA) und Perfluorctansulfonsäure (PFOS), <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/pft-im-trinkwasser.pdf>.

Tschöpe (2010): Persönliche Mitteilung von Dipl.-Ing. Bernhard Tschöpe, Brandschutzbüro-Berlin, Dezember 2010.

UBA (2009): Per- und polyfluorierte Chemikalien: Einträge vermeiden - Umwelt schützen. Umweltbundesamt, Juli 2009.

UBA (2011a): Altfahrzeugaufkommen und -verwertung. <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2304>, Stand: 18.10.2011.

UBA (2011b): Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) in Feuerlöschschäumen; Umweltbundesamt (IV 2.3/IV 1.1 - 80 601-2/0; Umweltbundesamt 2011.

UBA et al. (2010): Umweltbundesamt, DFV Deutscher Feuerwehrverband e.V., Bundesverband Technischer Brandschutz e.V. (bvfa). Ratgeber: Fluorhaltige Schaumlöschmittel umweltschonend einsetzen. Mai 2010.

UBA/BMU (2011): Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland im Jahr 2009 gemäß Art. 7 Abs. 2 der Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG - Quality Report: Beschreibung der verwendeten Daten nach Artikel 1 der KOM-Entscheidung 2005/293/EG über Altfahrzeuge, http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/altfahrzeuge_2009_bf.pdf, Stand: 16.4.2012.

- UK_DEFRA (2004): Perfluorooctane Sulphonate - Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks. Final Report prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environment Agency for England and Wales. Risk & Policy Analysts Limited (RPA) in association with BRE Environment. London, Norfolk, August 2004, <http://archive.defra.gov.uk/environment/quality/chemicals/documents/pfos-riskstrategy.pdf>, Stand: 8.9.2011.
- UK_EK (2004): Brooke, D., Footitt, A., Nwaogu, T.A.: Environmental risk evaluation report: Perfluorooctanesulphonate (PFOS), Environment Agency, Building Research Establishment Ltd Risk and Policy Analysts Ltd, 2004.
- UK-UA (2004): Environmental risk evaluation report: Perfluorooctanesulphonate (PFOS), Environment Agency, Building Research Establishment Ltd Risk and Policy Analysts Ltd, Rotherham, GB, 2004.
- UN (1998): Protocol to the 1979 convention on long range transboundary air Pollution on persistent organic pollutants. Amendments to the text and to annexes I, II, III, IV, VI and VIII to the protocol. United Nations, Aarhus, 24. June 1998, <http://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2010/CN.555.2010-Eng.pdf>, Stand: 8.9.2011.
- UNECE: The 1998 Aarhus Protocol on Persistent Organic Pollutants (POPs), http://www.unece.org/env/lrtap/pops_h1.htm, Stand: 7.9.2011.
- UNEP (2007): UNEP Chemicals Branch, DTIE: Guidance for Analysis of Persistent Organic Pollutants (POPs). March 2007, http://www.chem.unep.ch/Pops/laboratory/analytical_guidance_en.pdf, Stand: 7.9.2011.
- UNEP (2010a): UNEP/POPS/POPRC.6/INF/6, Supporting Document for Technical Review of the Implications of Recycling Commercial Pentabromdiphenyl Ether and Commercial Octabromdiphenyl Ether.
- UNEP (2010b): UNEP/POPS/POPRC.6/2: Work programmes on new persistent organic pollutants as adopted by the Conference of the Parties: Technical Review of the Implications of Recycling Commercial Pentabromdiphenyl Ether and Commercial Octabromdiphenyl Ether, DRAFT August 2010 <http://chm.pops.int/Convention/POPsReviewCommittee/POPRCMeetings/POPRC6/POPRC6Documents/tabid/783/Default.aspx>, Stand: 8.9.2011.
- UNEP POPs COP SC-4/17 (2009): Listing of perfluorooctane sulfonic acid, its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride, <http://chm.pops.int/Convention/COP/Meetings/COP4/COP4Documents/tabid/531/Default.aspx>, Stand: 12.9.2011.

UNEP Report (2010): Secretariat of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, Questionnaire for submission of information on New POPs in accordance with SC-4/19, nach BiPRO (2011).

UNEP (2012): Guidance for the inventory of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants; Version 2 May 01 2012

UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05. August 2007,
http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf, Stand: 8.9.2011.

VDL (2010): Persönliche Mitteilung von Thomas Schröder, Verband der Deutschen Lederindustrie e.V. - VDL; Vreden, Oktober 2011.

VDL (2012): Persönliche Mitteilung von Thomas Schröder, Verband der Deutschen Lederindustrie e.V. - VDL; Vreden, März 2012.

VDP (2011): Persönliche Mitteilung von Dr. Reinhardt Thiel, Geschäftsführer, Verband Deutscher Papierfabriken e.V., April 2011.

VW (2011): Volkswagen AG Internetauftritt zum Thema Altfahrzeugverwertung:
<http://www.volkswagen.de/de/Volkswagen/nachhaltigkeit/produkte/recycling/verwertung1.html>, Stand: 16.4.2012.

VWI (2011): Mitteilung des Verbands der Polyurethan-Weichschaum-Industrie e.V., Mai 2011.

Wäger, P.; Schluemp, M.; Müller, E. (2010): RoHS substances in mixed plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment. Final Report September 17, 2010. Technology & Society Lab. Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology.

WHO (1994): Environmental Health Criteria 162, Brominated health criteria. ISBN 9241571624. Genf 1994.

Witteveen+Bos (2008): Stichting Witgoed, Stichting Bruingoed, Stichting ICT~Milieu, Stichting Metalektro Recycling, Stichting LightRec, Stichting Verwerking Centrale, Ventilatoren, Stichting Verwijdering Elektrische, Gereedschappen: Onderzoek naar complementaire afvalstromen voor e-waste in Nederland, Breda 2008.

Yinan (2008): Textilrecycling in Deutschland, Studienarbeit Yinan, G., RWTH-Aachen, Aachen 2008.

ZVO (2004): Stellungnahme des Zentralverbands der Oberflächentechnik e.V. (ZVO), Verbot des Einsatzes von

perfluorierten Kohlenwasserstoffen (PFOS) in der dekorativen Glanzverchromung (funktionelle Chromüberzüge), 15. November 2004; http://www.zvo.org/uploads/media/PFOS-ZVOStellungnahme_0.pdf.

ZVO (2007a): Position des Zentralverbandes Oberflächentechnik e.V. (ZVO) zu Perfluorctansulfonaten (PFOS), 7.11.2007

ZVO (2007b): Branchenanalyse der deutschen Galvanotechnik und Oberflächentechnik, <http://www.zvo.org/reach/ruh-umsetzungshilfen/leitfaeden.html>, Stand: 28.10.2011.

ZVO (2009a): Informationen über die Arbeiten zur Novellierung des Anhang 40 der Abwasserverordnung im Hinblick auf die PFC-Problematik. Dipl. Ing. Herbert Breidenbach, ZVO Akademie. Präsentation auf dem Fachgespräch des MKUNLV und UBA zu PFC in Berlin, 19. Juni 2009.

ZVO (2009b): Abwasserbelastungen durch den Einsatz von PFC-Stoffen in der Galvanikindustrie; Maßnahmen zur Reduzierung der PFC-Emissionen. Dipl. Ing. Herbert Breidenbach, ZVO Akademie. Präsentation auf dem Fachgespräch des MKUNLV und UBA zu PFC in Berlin, 19. Juni 2009.

ZVO (2010a): Einsatz von PFOS in galvanischen Betrieben, http://www.zvo.org/uploads/media/PFOS_Stand_2010-01_1.pdf.

ZVO (2010b): Persönliche Mitteilung von Dipl. Ing. Herbert Breidenbach, ZVO, Dezember 2010.

ZVO (2011): Persönliche Mitteilung von Dipl. Ing. Herbert Breidenbach, ZVO, März 2011.

12 Anhang

12.1 Anhang 1: Ansprechpartner des UBA und zugehörige Abteilungen nach Anwendungsbereichen

Tab. 58: Ansprechpartner des UBA und zugehörige Abteilungen nach Anwendungsbereichen

Stationäre Emissionsquelle	Ansprechpartner/innen (Abteilung):
Zellstoffproduktion	Almut Reichart (III 2.1)
Metallindustrie	Eisen/Stahl: Sebastian Plickert (III 2.2) Nichteisenmetalle: Christian Lehmann (III 2.2)
Kommunaler Abfall	Jörg Friedrich (III 1.5)
Haushalte und übrige Kleinverbraucher	Anja Behnke (III 2.1)
Chemische Industrie	Chlor-Alkali Anlagen: Anja Nowak (III 2.1) Anorg. Chemie: Jens Reichel (III 2.1) Org. Chemie: Johannes Drotleff (III 2.1)
Textil- und Lederbehandlung	Brigitte Zietlow (III 2.1)
Galvanik	Sandra Leuthold (III 2.2)
Anwendungsbereiche BDE	Ansprechpartner/innen (Abteilung):
Autos/Altautos/Schredderrückstände	Regina Kohlmeyer (III 1.2)
Flammschutzmittel in E-Geräten	Dmitri Hörig (III 1.2) Dr. Johanna Wurbs (III 1.4)
Akzeptierte Anwendungen für PFOS	Ansprechpartner/innen:
Antireflexionsbeschichtungen für fotolithografische Verfahren und fotografische Beschichtungen bei der Herstellung von Prozessoren	Galvanik: Sandra Leuthold (III 2.2)
Ätzmittel für Hochfrequenz-Halbleiter und keramische Filter	Nichteisenmetalle: Christian Lehmann (III 2.2)
Hydraulikflüssigkeit in der Luftfahrt	Dr. Jörn-Uwe Thurner (III 1.3)
Verwendung als Netzmittel in sonstigen galvanotechnischen Systemen (insbesondere für Cr(VI)-Verchromungen in geschlossenen Systemen)	Galvanik: Sandra Leuthold (III 2.2)
bestimmte medizinische Geräte (tetrafluorethylen-kopolymer Schichten, in-vitro-diagnostische Geräte und CCD Farbfilter)	Chemische Industrie: III 1.1/ III 1.2
Feuerlöschschäume	Dr. Wolfgang Plehn (III 1.4) Dr. Johanna Wurbs (III 1.4)
Spezifische Ausnahmen (zeitlich befristet für fünf Jahre):	Ansprechpartner/innen (Abteilung):
Fotomasken in Halbleiter und Flüssigkristallanzeigenindustrie	Galvanik: Sandra Leuthold (III 2.2)
Verwendung als Netzmittel in sonstigen galvanotechnischen Systemen (insbesondere für Cr(VI)-Verchromungen in offenen Systemen)	Galvanik: Sandra Leuthold (III 2.2)
Elektronische Teile von einigen Farbdruckern und Farbkopierern	Dmitri Hörig (III 1.2)
Chemikalienbasierte Ölförderungsverfahren	Edda Hoffmann (III 2.1)
Teppiche, Leder, Textilien und Polsterungen	Brigitte Zietlow (III 2.1)
Papier	Almut Reichart (III 2.1)
Verpackungen	Gerhard Kotschik (III 1.2)
Beschichtungen und Beschichtungsadditive	Birgit Mahrwald (III 2.1) Karen Pannier (III 2.1)
Gummi und Kunststoffe	Wolfgang Beier (III 1.2)
Verbraucherprodukte, in denen PFOS enthalten sind/waren	Ansprechpartner/innen (Abteilung):
Reinigungsmittel, Wachse, Polituren für Autos und Böden	Marcus Gast (IV 2.2)
Farben und Lacke	Dr. Wolfgang Plehn (III 1.4)

12.2 Anhang 2: Gegenüberstellung REACH Anhang XVII und EU POP-Verordnung

Tab. 59: Gegenüberstellung der Beschränkungsbedingungen nach REACH Anhang XVII und der Europäischen Verordnung über persistente organische Schadstoffe

REACH Anhang XVII	EU POP-Verordnung
Perfluorooctansulfonate (PFOS) C ₈ F ₁₇ SO ₂ X (X = OH, Metallsalze (O-M ⁺), Halogenide, Amide und andere Derivate einschließlich Polymere)	Perfluorooctansulfonsäure und ihre Derivate (PFOS) C ₈ F ₁₇ SO ₂ X (X = OH, Metallsalze (O-M ⁺), Halogenide, Amide und andere Derivate einschließlich Polymere)
Beschränkungsbedingungen	Ausnahme für die Verwendung als Zwischenprodukt oder andere Spezifikation
<ol style="list-style-type: none"> 1. Darf nicht als Stoff oder Bestandteil von Gemischen in einer Konzentration von ≥ 50 mg/kg (0,005 Gew.-%) in Verkehr gebracht oder verwendet werden. 2. Darf nicht in Halbfertigerzeugnissen oder Erzeugnissen oder Bestandteilen davon in Verkehr gebracht werden, wenn die PFOS-Konzentration $\geq 0,1$ Gew.-% beträgt, berechnet im Verhältnis zur Masse der strukturell oder mikrostrukturell verschiedenartigen Bestandteile, die PFOS enthalten, oder bei Textilien oder anderen beschichteten Werkstoffen wenn der PFOS-Anteil ≥ 1 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ des beschichteten Materials beträgt. 3. Die Absätze 1 und 2 gelten jedoch weder für folgende Produkte noch für die zu deren Erzeugung erforderlichen Stoffe und Gemische: <ol style="list-style-type: none"> a) Fotoresistlacke und Antireflexbeschichtungen für fotolithografische Prozesse; b) fotografische Beschichtungen von Filmen, Papieren und Druckplatten; c) Mittel zur Sprühnebelunterdrückung für nicht dekoratives Hartverchromen (Chrom VI) und Netzmittel für überwachte Galvanotechniksysteme, bei denen die Menge der PFOS-Emissionen in die Umwelt durch vollständigen Einsatz der einschlägigen besten verfügbaren Technologien, die im Rahmen der Richtlinie 2008/1/EG des Europäischen Parlaments und des Rates entwickelt worden sind, auf ein Mindestmaß reduziert wird; d) Hydraulikflüssigkeiten für die Luft- und Raumfahrt. 4. Abweichend von Absatz 1 dürfen Feuerlöschschäume, die vor dem 27. Dezember 2006 in Verkehr gebracht wurden, bis zum 27. Juni 2011 verwendet werden. 5. Absatz 2 gilt jedoch nicht für Erzeugnisse, die in der Gemeinschaft vor dem 27. Juni 2008 verwendet wurden. 6. Die Absätze 1 und 2 finden unbeschadet der Verordnung (EG) Nr. 648/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates Anwendung. 7. Sobald neue Informationen über Einzelheiten für den Einsatz und über weniger bedenkliche alternative Stoffe oder Technologien für den Einsatz vorliegen, 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Für die Zwecke dieses Eintrags gilt Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe b für Konzentrationen von PFOS von höchstens 10 mg/kg (0,001 Gew.-%), wenn diese in Stoffen oder Zubereitungen vorkommt. 2. Für die Zwecke dieses Eintrags gilt Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe b für Konzentrationen von PFOS in Halbfertigerzeugnissen oder Artikeln oder Bestandteilen davon, wenn die PFOS-Konzentration weniger als 0,1 Gew.-% beträgt, berechnet im Verhältnis zur Masse der strukturell oder mikrostrukturell verschiedenartigen Bestandteile, die PFOS enthalten, oder – bei Textilien oder anderen beschichteten Werkstoffen – wenn der PFOS-Anteil weniger als 1 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ des beschichteten Materials beträgt. 3. Die Verwendung von PFOS als Bestandteil enthaltenen Artikeln, die in der Union vor dem 25. August 2010 bereits verwendet wurden, ist zulässig. Artikel 4 Absatz 2 Unterabsätze 3 und 4 finden auf solche Artikel Anwendung. 4. Feuerlöschschäume, die vor dem 27. Dezember 2006 in Verkehr gebracht wurden, dürfen bis zum 27. Juni 2011 verwendet werden. 5. Sofern die Menge der PFOS-Emissionen in die Umwelt auf ein Mindestmaß reduziert wird, sind die Herstellung und das Inverkehrbringen für die nachstehenden besonderen Verwendungszwecke zulässig, vorausgesetzt die Mitgliedstaaten erstatten der Kommission alle vier Jahre über die Fortschritte bei der Eliminierung von PFOS Bericht: <ol style="list-style-type: none"> a) bis 26. August 2015: Netzmittel für überwachte Galvanotechniksysteme; b) Fotoresistlacke und Antireflexbeschichtungen für fotolithografische Prozesse; c) fotografische Beschichtungen von Filmen, Papieren und Druckplatten; d) Mittel zur Sprühnebelunterdrückung für nicht dekoratives Hartverchromen (Chrom VI) in geschlossenen Kreislaufsystemen; e) Hydraulikflüssigkeiten für die Luftfahrt. <p>Soweit die Ausnahmeregelungen gemäß den Buchstaben a bis e die Herstellung oder Verwendung in einer unter die Richtlinie 2008/1/EG des Europäischen Parlaments und des Rates fallenden Anlage betreffen, sind die einschlägigen</p>

REACH Anhang XVII	EU POP-Verordnung
<p>überprüft die Kommission sämtliche Ausnahmeregelungen von Absatz 3 Buchstaben a bis d, sodass</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Verwendung von PFOS schrittweise eingestellt wird, sobald der Einsatz weniger bedenklicher Alternativen technisch und wirtschaftlich vertretbar ist, • eine Ausnahmeregelung für wesentliche Verwendungszwecke nur dann verlängert werden kann, wenn keine weniger bedenklichen Alternativen bestehen und wenn darüber Bericht erstattet worden ist, welche Schritte unternommen wurden, um weniger bedenkliche Alternativen zu finden, • PFOS-Emissionen in die Umwelt durch Einsatz der besten verfügbaren Technologien auf ein Mindestmaß reduziert worden sind. <p>8. Die Kommission überprüft fortdauernd die laufenden Risikobewertungstätigkeiten und die Verfügbarkeit weniger bedenklicher Alternativen oder Technologien im Zusammenhang mit der Verwendung von Perfluorooctansäure (PFOA) und verwandten Stoffen und schlägt alle erforderlichen Maßnahmen zur Begrenzung der festgestellten Risiken einschließlich einer Beschränkung des Inverkehrbringens und der Verwendung vor, insbesondere wenn weniger bedenkliche alternative Stoffe oder Technologien, die technisch und wirtschaftlich vertretbar sind, zur Verfügung stehen.</p> <p>(*) ABl. L 24 vom 29.1.2008, S. 8. (**) ABl. L 104 vom 8.4.2004, S. 1.</p>	<p>gen besten verfügbaren Techniken für die Vermeidung oder größtmögliche Verminderung von PFOS-Emissionen anzuwenden, wie sie in den von der Kommission gemäß Artikel 17 Absatz 2 Unterabsatz 2 der Richtlinie 2008/1/EG veröffentlichten Informationen beschrieben sind. Sobald neue Informationen über Einzelheiten für Verwendungen und über weniger bedenkliche alternative Stoffe oder Technologien für die Verwendungen gemäß den Buchstaben b bis e vorliegen, überprüft die Kommission sämtliche Ausnahmeregelungen des Unterabsatzes 2, sodass</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Verwendung von PFOS schrittweise eingestellt wird, sobald der Einsatz weniger bedenklicher Alternativen technisch und wirtschaftlich vertretbar ist, • eine Ausnahmeregelung für wesentliche Verwendungszwecke nur dann verlängert werden kann, wenn keine weniger bedenklichen Alternativen bestehen und wenn darüber Bericht erstattet worden ist, welche Schritte unternommen wurden, um weniger bedenkliche Alternativen zu finden, • PFOS-Emissionen in die Umwelt durch Einsatz der besten verfügbaren Technologien auf ein Mindestmaß reduziert worden sind. <p>6. Sobald das Europäische Komitee für Normung (CEN) Normen erlassen hat, sind diese als Analyseverfahren für den Nachweis der Übereinstimmung von Stoffen, Zubereitungen und Artikeln mit den Absätzen 1 und 2 heranzuziehen.</p>

12.3 Anhang 3: Elektro- und Elektronikgeräte

12.3.1 Lebensdauer

Tab. 60: Durchschnittliche Lebensdauer elektrischer und elektronischer Geräte

Geräte	Ø Lebensdauer [Jahre]	Quelle
EDV und Büroelektronik		
Computer und Monitore	Computer: 6 Monitore: 5	IVF (2007): Intermediate step report 8 for EuP study Lot3.Draft 070706. Scenario-, Policy-, Impact- and Sensitivity analysis. Öko-Institut (2008): EcoTopTen-Kriterien für Computermonitore, August 2008. http://www.ecotopten.de/download/EcoTopTen_Kriterien_Monitore.pdf
	4	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf
Computer samt Desktops (inkl. Monitore) sowie Laptops	5–8	Schluep, M. et al. (2009): Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies RECYCLING FROM E-WASTE TO RESOURCES. July 2009. http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf
Notebook	5	IVF (2007): Intermediate step report 8 for EuP study Lot3. Draft 070706. Scenario-, Policy-, Impact- and Sensitivity analysis.

Geräte	Ø Lebensdauer [Jahre]	Quelle
	5-8	Schluep, M. et al. (2009): Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies RECYCLING FROM E-WASTE TO RESOURCES. July 2009. http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf
Laserdrucker	6	Fraunhofer IZM (2007): EuP Preparatory Studies “Imaging Equipment” (Lot 4) Report on Task 6 “Technical Analysis BAT”
Tintenstrahldrucker	4	Fraunhofer IZM (2007): EuP Preparatory Studies “Imaging Equipment” (Lot 4) Draft Report on Task 4 “Technical Analysis”
Drucker	5	Schluep, M. et al. (2009): Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies RECYCLING FROM E-WASTE TO RESOURCES. July 2009. http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf
Kopiergerät	6	Fraunhofer IZM (2007): EuP Preparatory Studies “Imaging Equipment” (Lot 4) Report on Task 6. “Technical Analysis BAT”
Kommunikationstechnik		
Telefongerät	5	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf
Mobiltelefon	4	Schluep, M. et al. (2009): Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies RECYCLING FROM E-WASTE TO RESOURCES. July 2009. http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf
Haushaltsgeräte		
Funkempfänger (Radio Receiver)	10 (Radio)	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf
(Tragbare) HiFi-Geräte(System)	10	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf
TV-Bildschirm / Fernseher	10 („primary use lifetime“)	Fraunhofer IZM and PE Europe (2007): EuP Preparatory Studies “Televisions” (Lot 5) Final Report on Task 5 “Definition of Base Cases”. UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf
	8	Schluep, M. et al. (2009): Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies RECYCLING FROM E-WASTE TO RESOURCES. July 2009. http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf
Videorecorder (& DVD Player)	5	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf
Elektrisches Spielzeug und Spiele	5	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf
Elektrokleingeräte (Small household appliances)		
Elektrokleingeräte	Bügeleisen: 10, Wasserkocher: 3, Toaster: 5, Mixergerät: 5,	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf

Geräte	Ø Lebensdauer [Jahre]	Quelle
	Fön: 10 Bohrmaschine: 10	
Elektrischer Heizkörper	20	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf
Haushalts Großgeräte		
Wäschetrockner	13	Öko-Institut (2009): EcoTopTen-Kriterien für Wäschetrockner (inkl. Berechnungsgrundlagen), Stand: Januar 2009. http://www.ecotopten.de/download/EcoTopTen_Kriterien_Trocknen_2009.pdf
	10	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf
Haushaltskühlschrank	14	Öko-Institut (2009): EcoTopTen-Kriterien für Kühl- und Gefriergeräte, September 2009. http://www.ecotopten.de/download/EcoTopTen_Kriterien_Kuehlen_2009.pdf
	10	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf Schluep, M. et al. (2009): Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies RECYCLING FROM E-WASTE TO RESOURCES. July 2009. http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf
Tiefkühlschrank	17	Öko-Institut (2009): EcoTopTen-Kriterien für Kühl- und Gefriergeräte, September 2009. http://www.ecotopten.de/download/EcoTopTen_Kriterien_Kuehlen_2009.pdf
	10	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf
Waschmaschine	13	Öko-Institut (2009): EcoTopTen-Kriterien für Waschmaschinen (inkl. Berechnungsgrundlagen), Januar 2009. http://www.ecotopten.de/download/EcoTopTen_Kriterien_Waschen_2009.pdf
	8	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf
Staubsauger	8	AEA Group (2009): Work on Preparatory Studies for Eco-Design Requirements of EuPs (II) Lot 17 Vacuum Cleaners TREN/D3/390-2006 Final Report.
	10	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf
Spülmaschine	12	Öko-Institut (2009): EcoTopTen-Kriterien für Geschirrspülmaschinen, Juni 2009. http://www.ecotopten.de/download/EcoTopTen_Kriterien_Spuelen_2009.pdf
	10	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf

Geräte	Ø Lebensdauer [Jahre]	Quelle
Mikrowelle	8	BIO IS (2010): Preparatory Studies for Ecodesign Requirements of EuPs (III) [Contract N° TREN/D3/91-2007-Lot 22-SI2.521661] Lot 22 Domestic and commercial ovens (electric, gas, microwave), including when incorporated in cookers Task 3: Consumer behaviour and Local infrastructure July 2010.
	7	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf
Backofen, Herd Kochplatten	19	BIO IS (2010): Preparatory Studies for Ecodesign Requirements of EuPs (III) [Contract N° TREN/D3/91-2007-Lot 22-SI2.521661] Lot 22 Domestic and commercial ovens (electric, gas, microwave), including when incorporated in cookers Task 3: Consumer behaviour and Local infrastructure July 2010.
	10 (electric cooker)	UNU et al. (2007): 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report. Contract No: 07010401/2006/442493/ETU/G4. ENV.G.4/ETU/2006/0032. 05 August 2007. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf
Klimaanlage, Ventilator	12	ARMINES (2009): Preparatory study on the environmental performance of residential room conditioning appliances (airco and ventilation) Contract TREN/D1/40-2005/LOT10/S07.56606 Draft report of Task 4 March 2009 TECHNICAL ANALYSIS OF EXISTING PRODUCTS.

12.3.2 Ausstattungsbestand je 100 (privater) Haushalte in Deutschland von 1998-2009

Tab. 61: Ausstattungsbestand je 100 (privater) Haushalte in Deutschland von 1998-2009 mit langlebigen Gebrauchsgütern (Statistisches Bundesamt 2003, 2007 und 2011b)

Kategorie	Jahr											
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<i>Unterhaltungselektronik</i>												
Fernseher	139,2	143,7	143,2	147,4	k.A.	k.A.	148,1	k.A.	151,9	156	147,4	155,4
dar. Flachbildfernseher (LCD, Plasma)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	5,6	10,1	17,5	29,8
Satellitenempfangsgerät	29,2	29,5	33,8	33,9	35,4	37,5	38,7	42,1	43	52,2	52,3	55,7
Kabelanschluss	54,1	54,2	56,4	56,5	55,8	55,5	55,8	53,7	52,9	50	49,5	49,7
DVB-T-Gerät (Decoder)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	14,3	18,9	23,7
Pay-TV-Decoder	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	4,9	5,1	5,7
DVD-Player/-Recorder (auch im PC)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	15,9	31,6	50,9	63,2	75,6	84,2	109,3	114,1
Videorecorder	73,2	79,4	80,5	84,2	86,5	86,3	84,5	84,7	83,6	k.A.	k.A.	k.A.
Camcorder (Videokamera)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	29	21,6	20,8	21,5	21,9	21,4	22,8
Camcorder (analog)	16,5	17,3	19	19,1	17,5	18,5	15,3	14	13,7	12,9	11,4	11,5
Camcorder (digital)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	5	10,5	6,3	6,9	7,8	9	10,1	11,3
Fotoapparat	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	127	k.A.	147	152	153,3	162,7
Fotoapparat analog	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	105,7	102,7	98,1	92,6	80,4	77,6
Fotoapparat digital	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	21,3	36,1	48,9	59,4	73,3	85,1
Hi-Fi-Anlage	82,7	82,9	79,7	82,9	98,2	98	94,5	96,5	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
MP3-Player	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.		18,5	31,2	41,4	55,3	62,4
CD-Player/CD-Recorder (auch im PC)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	105,6	104,3	124,2	134,5	155,4	156,6
CD-Player stationär	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	78	89	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
CD-Recorder (auch CD-Brenner im PC)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	33,4	40,8	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
MiniDisc-Player/-Recorder	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	13,3	13,2	15	13,4	12,9	k.A.	k.A.	k.A.
Spielkonsole	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	18,3	20,8	30	33,8
<i>Informations- und Kommunikationstechnik</i>												
Personalcomputer	k.A.	55	60,8	69,3	75,4	83,5	89,7	98,5	106,8	110,9	121,7	129,1
PC stationär	k.A.	49,8	54,8	62,8	66,7	72,9	75	79,3	82,8	82,5	80,2	81,2
PC mobil (Netbook, Laptop, Palmtop)	k.A.	5,2	6	6,5	8,7	10,6	14,7	19,2	24	28,4	41,5	47,8
Internetzugang, -anschluss	7,5	11,4	17,9	29,4	37,8	44,6	49,5	57,2	60,1	62,7	69	73,3

Nationale Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu POPs – PBDE und PFOS in Erzeugnissen und im Recyclingkreislauf

Kategorie	Jahr											
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ISDN-Anschluss	4,2	5,2	8	12,2	14,4	19,4	20,6	24,4	25,5	26,3	23,7	32,4
Telefon	k.A.	132,1	138,4	181,9	k.A.	k.A.	222,5	241,3	261,2	267	268,3	270,6
Telefon stationär (auch schnurlos)	107,7	113,6	102,8	101,7	k.A.	k.A.	107,8	114,7	124	125,9	114,5	113,7
Telefon mobil (Autotelefon, Handy)	10,2	18,4	35,5	80,2	105,6	113,9	114,7	126,5	137,1	141,1	153,8	156,9
Anrufbeantworter stationär	35,5	40,1	42,3	43,9	45,6	46,6	47,3	48	49,7	49,7	50,9	53,5
Telefaxgerät stationär	12,5	15,3	15,1	16,1	16,4	17,1	17,4	18,9	19,1	18,7	20	19,4
Navigationssystem	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	4,6	8	12,9	22,5	29,2
<i>Haushalts- und sonstige Geräte</i>												
Kühlschrank	k.A.	k.A.	114,8	116,4	k.A.	k.A.	k.A.	115,3	117,1	118,1	120,1	120
Gefrierschrank, Gefriertruhe	k.A.	k.A.	81	83	79,9	94,5	86,9	83,6	83	85,2	58,6	60,4
Geschirrspülmaschine	43,2	45,6	48,8	51,8	52,9	55,6	57,4	59,8	62,5	63,3	63,3	65,5
Mikrowellengerät	50,7	53,3	57	59,4	60,2	61,8	63,9	68,7	70,1	70,4	71,4	73,8
Waschmaschinen	92,5	94,6	95,7	97,1	k.A.	k.A.	97,2	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Wäschetrockner	28,3	29,6	32,1	33,6	33,4	35,6	36,9	39,5	34,6	40,1	38,7	38,8
Sportgeräte (Hometrainer)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	24,4	27	29,5	31	32,5	33,4	32,7	36

12.4 Anhang 4: Gesamtübersicht der Arbeitsschutztextilien und die Ergebnisse aus den Untersuchungen des PFC-Spektrums



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19745	Arbeitsweste, grün	2535048 Planam	Niebuhr	65% Polyester 35% Baumwolle	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer		11G19745.1		11G19745.2	
		710-2011-19745001		710-2011-19745002	
Eingangsdatum		21.11.2011 10:25:49		21.11.2011 10:25:49	
Probebeschreibung		Arbeitsweste, grün (Außenmaterial, grün)		Arbeitsweste, grün (Außenmateri- al, schwarz)	
Gesamtgewicht [g]		423		141	
Gesamtfläche [cm ²]		12600		4500	
		Wert	Einheit	Wert	Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)		< 0,067	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)		< 0,067	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG		ND	µg/m ²	ND	µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG		0,168	µg/m ²	0,125	µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)		< 0,134	µg/m ²	< 0,094	µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)		< 0,134	µg/m ²	< 0,094	µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)		< 0,067	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)		< 0,067	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)		< 0,067	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²
Perfluoromonansäure (PFNA)		< 0,067	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)		< 0,134	µg/m ²	< 0,094	µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)		< 0,067	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)		< 0,067	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG		ND	µg/m ²	ND	µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG		1,041	µg/m ²	0,752	µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19747	Forstjacke	Woodsafe	Hornbach	50% Baumwolle 50% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer		11G19747.1		11G19747.2	
		710-2011-19747001		710-2011-19747002	
Eingangsdatum		21.11.2011 10:39:56		21.11.2011 10:39:56	
Probebeschreibung		Forstjacke (Stoff, grün)		Forstjacke (Stoff, orange)	
Gesamtgewicht [g]		359		159	
Gesamtfläche [cm ²]		12300		6300	
		Wert	Einheit	Wert	Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)		< 0,058	µg/m ²	< 0,076	µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)		36,484	µg/m ²	12,922	µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG		36,484	µg/m ²	12,922	µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG		36,484	µg/m ²	12,998	µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)		< 0,088	µg/m ²	< 0,101	µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)		< 0,088	µg/m ²	< 0,101	µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)		5,575	µg/m ²	1,767	µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)		3,794	µg/m ²	2,070	µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)		< 0,058	µg/m ²	< 0,076	µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)		8,523	µg/m ²	3,988	µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)		< 0,088	µg/m ²	< 0,101	µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)		29,771	µg/m ²	8,202	µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)		6,100	µg/m ²	< 0,177	µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG		90,188	µg/m ²	29,024	µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG		90,480	µg/m ²	29,529	µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19748	Schnittschutzhose, blau	49-133 Novotex-Isomat	Praktiker	100% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19748.1		
			710-2011-19748001		
Eingangsdatum			21.11.2011 10:43:14		
Probebeschreibung			Schnittschutzhose, blau (Außenmaterial)		
Gesamtgewicht [g]			332		
Gesamtfläche [cm ²]			18300		
			Wert	Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,036	µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,272	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,272	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,327	µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,073	µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,073	µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)			0,091	µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,036	µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,036	µg/m ²	
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,036	µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,073	µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)			0,091	µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,036	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,472	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,889	µg/m ²	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19751	Warnschutzjacke, orange	40899 L+D	Hornbach	100% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11g19751.1		
			710-2011-19751001		
Eingangsdatum			21.11.2011 10:55:36		
Probebeschreibung			Warnschutzjacke, orange (Obermaterial, orange)		
Gesamtgewicht [g]			411		
Gesamtfläche [cm ²]			17400		
			Wert	Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,047	µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,260	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,260	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,307	µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,071	µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,071	µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,047	µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,047	µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,047	µg/m ²	
Perfluorononansäure (PFNA)			< 0,047	µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,071	µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)			0,118	µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,047	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,378	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,945	µg/m ²	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland	
11g19753	Funktionswarn- schutzhemd, gelb	73983 Helly Hansen	Niebuhr	100% Polyester	China	
Eurofins-GfA Probennummer		11G19753.1	11G19753.2	11G19753.3		
		710-2011-19753001	710-2011-19753002	710-2011- 19753003		
Eingangsdatum		21.11.2011 11:00:59	21.11.2011 11:00:59	21.11.2011 11:00:59		
Probebeschreibung		(Obermaterial)	(Reflektorstreifen)	(Bund)		
Gesamtgewicht [g]		306	73	92		
Gesamtfläche [cm ²]		12350	2320	1176		
		Wert	Einheit	Wert	Einheit	Wert
Perfluorooctansulfonat (PFOS)		< 0,05	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²	< 0,156
Perfluorooctansäure (PFOA)		0,149	µg/m ²	0,252	µg/m ²	0,313
Summe PFOS / PFOA exkl. BG		0,149	µg/m ²	0,252	µg/m ²	0,313
Summe PFOS / PFOA inkl. BG		0,198	µg/m ²	0,315	µg/m ²	0,469
Perfluorbutansulfonat (PFBS)		< 0,099	µg/m ²	< 0,094	µg/m ²	< 0,235
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)		< 0,099	µg/m ²	< 0,094	µg/m ²	< 0,235
Perfluorhexansäure (PFHxA)		< 0,05	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²	< 0,156
Perfluorheptansäure (PFHpA)		< 0,05	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²	< 0,156
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)		< 0,05	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²	< 0,156
Perfluorononansäure (PFNA)		< 0,05	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²	< 0,156
Perfluordecansulfonat (PFDeS)		< 0,099	µg/m ²	< 0,094	µg/m ²	< 0,235
Perfluordecansäure (PFDA)		< 0,05	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²	< 0,156
Perfluordodecansäure (PFDoA)		< 0,05	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²	< 0,156
Summe PFT Komponenten exkl. BG		0,149	µg/m ²	0,252	µg/m ²	0,313
Summe PFT Komponenten inkl. BG		0,818	µg/m ²	1,070	µg/m ²	2,347



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19782	Fleecehandschuhe	8885 Elutex	Max Bahr	unbekannt	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19782.1		
			710-2011-19782001		
Eingangsdatum			21.11.2011 13:36:04		
Probebeschreibung			Fleecehandschuhe (Obermaterial)		
Gesamtgewicht [g]			56		
Gesamtfläche [cm ²]			2100		
			Wert	Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,053	µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)			< 0,053	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			ND	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,133	µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,107	µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,107	µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,053	µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,053	µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,053	µg/m ²	
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,053	µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,107	µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,053	µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,053	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG			ND	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,827	µg/m ²	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19787	Pilotenjacke, blau	322900L Wellwork	Praktiker	100% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19787.1		
			710-2011-19787001		
Eingangsdatum			21.11.2011 13:49:55		
Probebeschreibung			Pilotenjacke, blau (Oberstoff, blau)		
Gesamtgewicht [g]			444		
Gesamtfläche [cm ²]			18000		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			0,123		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,740		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,863		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,863		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,099		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,099		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			0,222		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,049		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,049		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,049		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,099		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			0,197		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			0,074		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			1,381		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			1,825		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19788	Pilotenjacke, neon	40920 L+D	Hornbach	100% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19788.1		
			710-2011-19788001		
Eingangsdatum			21.11.2011 13:52:17		
Probebeschreibung			Pilotenjacke, neon (Obermaterial, neon gelb)		
Gesamtgewicht [g]			381		
Gesamtfläche [cm ²]			20520		
			Wert	Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,037	µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,056	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,056	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,093	µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,074	µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,074	µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,037	µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,037	µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,037	µg/m ²	
Perfluornonansäure (PFNA)			0,111	µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,074	µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)			0,056	µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,037	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,204	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,631	µg/m ²	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19794	Thermoparka Dresden	1816 H.D. Concept	Max Bahr	100% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19794.1		
			710-2011-19794001		
Eingangsdatum			21.11.2011 14:13:35		
Probebeschreibung			Thermoparka Dresden (Obermaterial, grau)		
Gesamtgewicht [g]			568		
Gesamtfläche [cm ²]			25440		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,045		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,514		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,514		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,581		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,089		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,089		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,045		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			0,067		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,045		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			0,424		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,089		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			0,268		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,045		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			1,273		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			1,742		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19796	Offshoreparka	Scheibler (Elutex)	Max Bahr	100% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19796.1		
			710-2011-19796001		
Eingangsdatum			21.11.2011 14:26:02		
Probebeschreibung			Offshoreparka (Obermaterial)		
Gesamtgewicht [g]			560		
Gesamtfläche [cm ²]			25200		
			Wert	Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,044	µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,111	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,111	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,178	µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,133	µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,133	µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,089	µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,044	µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,044	µg/m ²	
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,044	µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,067	µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)			0,044	µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,044	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,178	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,867	µg/m ²	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19797	Regenjacke heavy weight	4301 Bläkländer	Praktiker	Atmungsaktiv, behandelte Nähte, Wasserabweisend	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19797.1		
			710-2011-19797001		
Eingangsdatum			21.11.2011 14:28:44		
Probebeschreibung			Regenjacke heavy weight (Stoff)		
Gesamtgewicht [g]			480		
Gesamtfläche [cm ²]			24000		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,04		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			< 0,04		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			ND		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,100		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,08		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,08		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,04		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,04		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,04		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,04		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,08		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,04		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,04		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			ND		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,600		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammensetz- zung	Herstellerland
11g19798	Regenhose gelb	PUBHGM Triuso	Praktiker	PU-Strechmaterial	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19798.1		
			710-2011-19798001		
Eingangsdatum			21.11.2011 14:30:48		
Probebeschreibung			Regenhose gelb (Obermaterial)		
Gesamtgewicht [g]			206		
Gesamtfläche [cm ²]			10000		
			Wert	Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,041	µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)			< 0,041	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			ND	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,103	µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,082	µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,082	µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,041	µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,041	µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,041	µg/m ²	
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,041	µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,082	µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,041	µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,041	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG			ND	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,639	µg/m ²	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19801	Profi-X-Weste	4307 Profi-X- Workware	Hornbach	65% Polyester 35% Baumwolle	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer		11G19801.1		11G19801.2	
		710-2011-19801001		710-2011-19801002	
Eingangsdatum		21.11.2011 14:34:48		21.11.2011 14:34:48	
Probebeschreibung		Profi-X-Weste (Stoff, schwarz)		Profi-X-Weste (Stoff, kariert)	
Gesamtgewicht [g]		386		161	
Gesamtfläche [cm ²]		9600		3600	
		Wert	Einheit	Wert	Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)		< 0,08	µg/m ²	< 0,089	µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)		1,246	µg/m ²	1,073	µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG		1,246	µg/m ²	1,073	µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG		1,367	µg/m ²	1,163	µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)		< 0,121	µg/m ²	< 0,179	µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)		< 0,121	µg/m ²	< 0,179	µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)		0,201	µg/m ²	0,224	µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)		0,121	µg/m ²	< 0,089	µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)		< 0,08	µg/m ²	< 0,089	µg/m ²
Perfluorononansäure (PFNA)		0,201	µg/m ²	0,134	µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)		< 0,121	µg/m ²	< 0,179	µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)		0,603	µg/m ²	0,537	µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)		< 0,08	µg/m ²	< 0,089	µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG		2,413	µg/m ²	1,968	µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG		3,096	µg/m ²	2,862	µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19808	Arbeitsbundjacke Nevada	325003 Triuso	Glismann	65% Polyester 35% Baumwolle	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer		11G19808.1		11G19808.2	
		710-2011-19808001		710-2011-19808002	
Eingangsdatum		21.11.2011 15:20:55		21.11.2011 15:20:55	
Probebeschreibung		Arbeitsbundjacke Nevada (Stoff, grün)		Arbeitsbundjacke Nevada (Stoff, blau)	
Gesamtgewicht [g]		319		270	
Gesamtfläche [cm ²]		8968		7200	
		Wert		Wert	
		Einheit		Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)		< 0,071		< 0,075	
Perfluorooctansäure (PFOA)		< 0,071		0,225	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG		ND		0,225	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG		0,178		0,338	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)		< 0,142		< 0,15	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)		< 0,142		< 0,15	
Perfluorhexansäure (PFHxA)		< 0,071		< 0,075	
Perfluorheptansäure (PFHpA)		< 0,071		< 0,075	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)		< 0,071		< 0,075	
Perfluornonansäure (PFNA)		< 0,071		< 0,075	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)		< 0,142		< 0,15	
Perfluordecansäure (PFDA)		< 0,071		< 0,075	
Perfluordodecansäure (PFDoA)		< 0,071		< 0,075	
Summe PFT Komponenten exkl. BG		ND		0,225	
Summe PFT Komponenten inkl. BG		1,103		1,275	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammensetzung	Herstellerland
11g19809	Fleecejacke schwarz	1852571032 BP Outdoor	Niebuhr	100% Polyamid	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer		11G19809.1		11G19809.2	
		710-2011-19809001		710-2011-19809002	
Eingangsdatum		21.11.2011 15:24:08		21.11.2011 15:24:08	
Probebeschreibung		Arbeitsbundjacke Nevada (Stoff, grün)		Arbeitsbundjacke Nevada (Stoff, blau)	
Gesamtgewicht [g]		612		118	
Gesamtfläche [cm ²]		15900		5400	
		Wert		Einheit	
		Wert		Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)		0,231		µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)		0,847		µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG		1,078		µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG		1,078		µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)		< 0,154		µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)		< 0,154		µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)		0,115		µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)		0,115		µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)		< 0,077		µg/m ²	
Perfluornonansäure (PFNA)		0,154		µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)		< 0,154		µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)		0,385		µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)		< 0,077		µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG		1,809		µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG		2,386		µg/m ²	
		Wert		Einheit	
		Wert		Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)		0,131		µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)		21,327		µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG		21,459		µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG		21,459		µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)		< 0,153		µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)		< 0,175		µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)		10,292		µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)		3,518		µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)		< 0,109		µg/m ²	
Perfluornonansäure (PFNA)		3,365		µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)		< 0,175		µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)		8,260		µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)		2,316		µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG		49,167		µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG		49,822		µg/m ²	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19810	Creek Jacket	Planam	Niebuhr	100% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19810.1		
			710-2011-19810001		
Eingangsdatum			21.11.2011 15:27:20		
Probebeschreibung			Creek Jacket (Oberfläche)		
Gesamtgewicht [g]			352		
Gesamtfläche [cm ²]			30000		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,023		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,892		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,892		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,927		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			0,070		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,047		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			0,329		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			0,164		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,023		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			0,364		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,047		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			0,622		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			0,059		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			2,499		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			2,640		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19811	Norway Jacke	23618 Crafland	Niebuhr	60% Baumwolle 40% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19811.1		
			710-2011-19811001		
Eingangsdatum			21.11.2011 15:29:48		
Probebeschreibung			Norway Jacke (Obermaterial)		
Gesamtgewicht [g]			560		
Gesamtfläche [cm ²]			20880		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,054		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			2,253		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			2,253		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			2,307		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,107		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,107		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			0,429		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			0,268		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,054		µg/m ²
Perfluorononansäure (PFNA)			0,241		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,107		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			3,540		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			2,548		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			9,253		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			9,709		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19812	Warnschutzhose	OCEAN-HIGH-VIS-Antistatic-Warnschutz-Hose	Heinrich Rathjen	Atmungsaktiv und flammhemmend	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19812.1		
			710-2011-19812001		
Eingangsdatum			21.11.2011 15:35:04		
Probebeschreibung			Warnschutzhose (Außenstoff)		
Gesamtgewicht [g]			441		
Gesamtfläche [cm ²]			15600		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,057		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			11,986		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			11,986		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			12,043		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			0,141		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,113		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			1,470		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			0,792		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,057		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			0,792		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,113		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			6,106		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			2,290		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			23,577		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			23,916		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammensetzung	Herstellerland
11g19825	Pilotenjacke	Thor-Pilotenjacke schwarz-Ocean	Heinrich Rathjen	100% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19825.1		
			710-2011-19825001		
Eingangsdatum			21.11.2011 15:39:33		
Probebeschreibung			Pilotenjacke (Außenmaterial)		
Gesamtgewicht [g]			407		
Gesamtfläche [cm ²]			21000		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,039		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			1,841		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			1,841		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			1,880		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,078		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,078		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			0,543		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			0,349		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,039		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			0,329		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,078		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			1,027		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			0,078		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			4,148		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			4,458		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19832	Arbeitschse	OCEAN-Tritex- Atmungsaktive- Arbeitschsen	Heinrich Rathjen	Tritex atmungsak- tiv	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19832.1		
			710-2011-19832001		
Eingangsdatum			21.11.2011 15:42:19		
Probebeschreibung			Arbeitschse (Obermaterial)		
Gesamtgewicht [g]			294		
Gesamtflche [cm ²]			13980		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,042		µg/m ²
Perfluorooctansure (PFOA)			1,851		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			1,851		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			1,914		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,084		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,084		µg/m ²
Perfluorhexansure (PFHxA)			0,652		µg/m ²
Perfluorheptansure (PFHpA)			0,147		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,042		µg/m ²
Perfluornonansure (PFNA)			0,168		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,084		µg/m ²
Perfluordecansure (PFDA)			0,862		µg/m ²
Perfluordodecansure (PFDoA)			0,379		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			4,059		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			4,374		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19833	Rothenburg Hose Helly Hansen	HHW 71446- 260-orange	Arbeitsmax	99% Polyester 1% Karbon	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19833.1		
			710-2011-19833001		
Eingangsdatum			21.11.2011 15:45:09		
Probebeschreibung			Hose (Obermaterial, orange)		
Gesamtgewicht [g]			294		
Gesamtfläche [cm ²]			13980		
			Wert	Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,05	µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,572	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,572	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,622	µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,1	µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,1	µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,05	µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)			0,100	µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,05	µg/m ²	
Perfluorononansäure (PFNA)			1,394	µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,1	µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)			0,224	µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,05	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG			2,265	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG			2,788	µg/m ²	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19836	Op-Schlupf- kasack, Leiber	LE08769	Lehmann Berufs- bekleidung	50% Baumwolle 50% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19836.1		
			710-2011-19836001		
Eingangsdatum			21.11.2011 15:53:17		
Probebeschreibung			Op-Schlupfkasack (Stoff)		
Gesamtgewicht [g]			258		
Gesamtfläche [cm ²]			12600		
			Wert	Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,041	µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)			< 0,041	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			ND	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,102	µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,082	µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,082	µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,041	µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,041	µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,041	µg/m ²	
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,041	µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,082	µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,041	µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,041	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG			ND	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,635	µg/m ²	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19837	Op-Mantel kornblau	0824	Lehmann Berufs- bekleidung	100% Baumwolle nach TB21	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19836.1		
			710-2011-19837001		
Eingangsdatum			21.11.2011 15:55:29		
Probebeschreibung			Op-Mantel (Stoff)		
Gesamtgewicht [g]			474		
Gesamtfläche [cm ²]			24000		
			Wert	Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,04	µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)			< 0,04	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			ND	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,079	µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,059	µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,059	µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,04	µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,04	µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,04	µg/m ²	
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,04	µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,059	µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,04	µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,04	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG			ND	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,553	µg/m ²	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19838	Op- Schlupfkasack, Herren	85325	WD-Praxis	50% Baumwolle 50% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19838.1		
			710-2011-19838001		
Eingangsdatum			21.11.2011 15:55:29		
Probebeschreibung			Op-Schlupfkasack (Stoff)		
Gesamtgewicht [g]			215		
Gesamtfläche [cm ²]			9630		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,045		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,246		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,246		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,290		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,089		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,089		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,045		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,045		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,045		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,045		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,089		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,045		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,045		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,246		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,871		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19839	Op-Schlupfkasack	unisex-Schlupf- kasack azurblau 179415209	Clinic Dress	65% Polyester 35% Baumwolle	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19839.1		
			710-2011-19839001		
Eingangsdatum			21.11.2011 16:00:51		
Probebeschreibung			Op-Schlupfkasack (Stoff)		
Gesamtgewicht [g]			227		
Gesamtfläche [cm ²]			9149		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,05		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,124		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,124		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,198		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,074		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,074		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,05		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,05		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,05		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,05		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,074		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,05		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,05		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,124		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,794		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19841	OP-Hemd für Damen und Her- ren, grün	125383GNI Bernhard Leiber	Praxisdienst	50% Baumwolle 50% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19841.1		
			710-2011-19841001		
Eingangsdatum			21.11.2011 16:05:36		
Probebeschreibung			OP-Hemd (Stoff)		
Gesamtgewicht [g]			228		
Gesamtfläche [cm ²]			10817		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,042		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,063		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,063		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,126		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,084		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,084		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,042		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,042		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,042		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,042		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,084		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,042		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,042		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,063		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,674		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19842	Overall	Kansas Winter- kombi Nepal GEO721781-02	Schäfer Shop	Oberfläche aus wasserabweisen- dem Wertex	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19842.1		
			710-2011-19842001		
Eingangsdatum			21.11.2011 16:08:37		
Probebeschreibung			Overall (Obermaterial, blau)		
Gesamtgewicht [g]			903		
Gesamtfläche [cm ²]			33000		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,055		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			5,473		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			5,473		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			5,555		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,109		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,109		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			2,353		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			0,794		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,055		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			0,246		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,109		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			3,776		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			2,134		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			14,804		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			15,269		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19844	Flammschutz Latzhose Proban 46	22,5,16,046	Erl	Baumwolle	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19844.1		
			710-2011-19844001		
Eingangsdatum			21.11.2011 16:23:39		
Probebeschreibung			Flammschutz Latzhose (Oberstoff)		
Gesamtgewicht [g]			740		
Gesamtfläche [cm ²]			16800		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,22		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,396		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,396		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,617		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,308		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,308		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,22		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,22		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,22		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,22		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,308		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,22		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,22		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,396		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			2,907		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19845	Unterhemd Flammschutz	489317039900	Bläkläder	55% Modacryl 45% Baumwolle	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19845.1		
			710-2011-19845001		
Eingangsdatum			21.11.2011 16:25:55		
Probebeschreibung			Unterhemd Flammschutz (Stoff)		
Gesamtgewicht [g]			216		
Gesamtfläche [cm ²]			9000		
			Wert	Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,048	µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)			< 0,048	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			ND	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,096	µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,072	µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,072	µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,048	µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,048	µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,048	µg/m ²	
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,048	µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,072	µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,048	µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,048	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG			ND	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,576	µg/m ²	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammensetzung	Herstellerland
11g19847	Norway - PU Forst-Regenjacke	F-22753-1	Berufskleidung Fricke	100% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer		11G19847.1		11G19847.2	
		710-2011-19847001		710-2011-19847002	
Eingangsdatum		21.11.2011 16:34:33		21.11.2011 16:34:33	
Probebeschreibung		Norway Jacke (Stoff, grün)		Norway Jacke (Stoff, orange)	
Gesamtgewicht [g]		243		219	
Gesamtfläche [cm ²]		10500		10500	
		Wert	Einheit	Wert	Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)		< 0,046	µg/m ²	< 0,042	µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)		0,255	µg/m ²	< 0,042	µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG		0,255	µg/m ²	ND	µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG		0,301	µg/m ²	0,104	µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)		< 0,093	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)		< 0,093	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)		< 0,046	µg/m ²	< 0,042	µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)		< 0,046	µg/m ²	< 0,042	µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)		< 0,046	µg/m ²	< 0,042	µg/m ²
Perfluorononansäure (PFNA)		< 0,046	µg/m ²	< 0,042	µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)		< 0,093	µg/m ²	< 0,063	µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)		< 0,046	µg/m ²	< 0,042	µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)		< 0,046	µg/m ²	< 0,042	µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG		0,255	µg/m ²	ND	µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG		0,903	µg/m ²	0,584	µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19848	Pilotenjacke Kaunus	081-2378	Fala	Obermaterial 60% Baumwolle 40% Polyester mit Teflon Beschich- tung	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19848.1		
			710-2011-19848001		
Eingangsdatum			21.11.2011 16:38:54		
Probebeschreibung			Pilotenjacke Kansas (Obermaterial, blau)		
Gesamtgewicht [g]			855		
Gesamtfläche [cm ²]			22800		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,075		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			< 0,075		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			ND		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,188		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,15		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,15		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,075		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,075		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,075		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,075		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,15		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,075		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,075		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			ND		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			1,125		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikel- nummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19851	Königer, Fire Keeper Feuer- wehrhandschuhe	43090	Feuerwehr Dis- count	unbekannt	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19851.1		
			710-2011-19851001		
Eingangsdatum			21.11.2011 16:49:40		
Probebeschreibung			Feuerwehrhandschuhe (Obermaterial, antirutsch)		
Gesamtgewicht [g]			72		
Gesamtfläche [cm ²]			2000		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,072		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,288		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,288		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,396		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,108		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,108		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,072		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,072		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,072		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,072		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,108		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			0,216		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			0,108		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,612		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			1,404		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g19852	Seiz Feuerwehr- handschuhe	41083	Feuerwehr Dis- count	unbekannt	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G19852.1		
			710-2011-19852001		
Eingangsdatum			21.11.2011 16:51:46		
Probebeschreibung			Feuerwehrhandschuhe (Außenstoff, blau, weiß ge- punktet)		
Gesamtgewicht [g]			19		
Gesamtfläche [cm ²]			435		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,393		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			1,005		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			1,005		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			1,398		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,568		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,568		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			0,699		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,393		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,393		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,393		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,568		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,393		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,393		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			1,660		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			5,678		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g22266	Forstschutz- bundhose	3766209 (8-1701) Wartex	Niebuhr	50% PA 50% Baumwolle	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G22266.1		
			710-2011-22266001		
Eingangsdatum			23.12.2011 14:47:54		
Probebeschreibung			Forstschutzbundhose, Niebuhr (Obermaterial, grün)		
Gesamtgewicht [g]			443		
Gesamtfläche [cm ²]			18600		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,048		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			5,359		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			5,359		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			5,407		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,095		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,095		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			1,358		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			0,524		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,048		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			0,357		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,095		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			2,644		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			0,453		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			10,670		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			11,051		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g22267	Weste, grün	2589 Pionier	Niebuhr	unbekannt	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G22267.1		
			710-2011-22267001		
Eingangsdatum			23.12.2011 14:53:12		
Probebeschreibung			Weste, grün, Niebuhr (Obermaterial, grün)		
Gesamtgewicht [g]			87		
Gesamtfläche [cm ²]			10800		
			Wert	Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,016	µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,250	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,250	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,274	µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,056	µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,056	µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)			0,089	µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)			0,073	µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,04	µg/m ²	
Perfluornonansäure (PFNA)			0,040	µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,056	µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)			0,153	µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,04	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,612	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,886	µg/m ²	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g22268	Latzhose, grün	216750 Pionier	Niebuhr	65% Baumwolle 35% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G22268.1		
			710-2011-22268001		
Eingangsdatum			23.12.2011 14:57:48		
Probebeschreibung			Latzhose, grün, Niebuhr (Obermaterial, grün)		
Gesamtgewicht [g]			725		
Gesamtfläche [cm ²]			20400		
			Wert	Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,071	µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,249	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,249	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,355	µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,142	µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,142	µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,071	µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,071	µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,071	µg/m ²	
Perfluornonansäure (PFNA)			0,249	µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,142	µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,071	µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,071	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,533	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG			1,422	µg/m ²	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g22269	Softshelljacke army green	4834 Bläkländer	Max Bahr	100% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G22269.1		
			710-2011-22269001		
Eingangsdatum			23.12.2011 15:00:04		
Probebeschreibung			Softshelljacke army green, (Obermaterial, grün- schwarz)		
Gesamtgewicht [g]			732		
Gesamtfläche [cm ²]			18000		
			Wert	Einheit	
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,081	µg/m ²	
Perfluorooctansäure (PFOA)			< 0,081	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			ND	µg/m ²	
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,203	µg/m ²	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,163	µg/m ²	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,163	µg/m ²	
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,081	µg/m ²	
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,081	µg/m ²	
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,081	µg/m ²	
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,081	µg/m ²	
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,163	µg/m ²	
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,081	µg/m ²	
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,081	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten exkl. BG			ND	µg/m ²	
Summe PFT Komponenten inkl. BG			1,220	µg/m ²	



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g22270	Latzhose, grün	L21B28 Logista	Hornbach	65% Polyester 35% Baumwolle	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G22270.1		
			710-2011-22270001		
Eingangsdatum			23.12.2011 15:02:20		
Probebeschreibung			Latzhose, grün, (Stoff, grün)		
Gesamtgewicht [g]			883		
Gesamtfläche [cm ²]			27570		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,064		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			< 0,064		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			ND		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,160		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,128		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,128		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,064		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,064		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,064		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,064		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,128		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,064		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,064		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			ND		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,993		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g22272	Schnittschutz- latzhose	13066 Woodsafe	Hornbach	Obermaterial: 65% Polyester, 35% Baumwolle	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G22272.1		
			710-2011-22272001		
Eingangsdatum			23.12.2011 15:08:55		
Probebeschreibung			Schnittschutzlatzhose, Hornbach (Obermaterial, grün)		
Gesamtgewicht [g]			496		
Gesamtfläche [cm ²]			18000		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,055		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			1,901		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			1,901		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			1,984		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,11		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,11		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			1,212		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			0,331		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,055		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			0,165		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,11		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			0,799		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			0,193		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			4,602		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			5,043		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g22273	Bundhose Gelb	1533 Bläkländer	Max Bahr	100% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G22273.1		
			710-2011-22273001		
Eingangsdatum			23.12.2011 15:12:31		
Probebeschreibung			Bundhose Gelb, Max Bahr (Obermaterial, gelb)		
Gesamtgewicht [g]			456		
Gesamtfläche [cm ²]			13320		
			Wert		Einheit
Perfluoroctansulfonat (PFOS)			< 0,068		µg/m ²
Perfluoroctansäure (PFOA)			1,335		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			1,335		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			1,438		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			0,171		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,137		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,068		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,068		µg/m ²
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)			< 0,068		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,068		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,137		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			1,814		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			0,308		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			3,663		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			4,314		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g22274	Warnschutzhose, gelb	40900 L+D	Hornbach	100% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G22274.1		
			710-2011-22274001		
Eingangsdatum			23.12.2011 15:14:47		
Probebeschreibung			Warnschutzhose, gelb, (Obermaterial, gelb)		
Gesamtgewicht [g]			212		
Gesamtfläche [cm ²]			11400		
			Wert		Einheit
Perfluoroctansulfonat (PFOS)			< 0,037		µg/m ²
Perfluoroctansäure (PFOA)			0,093		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,093		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,149		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,074		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,074		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,037		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,037		µg/m ²
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)			< 0,037		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			0,167		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,074		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			0,074		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,037		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,335		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,762		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g22275	Handschuh General Pulsa	3224611 Gut Produkte	Glismann	unbekannt	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G22275.1		
			710-2011-22275001		
Eingangsdatum			23.12.2011 15:16:46		
Probebeschreibung			Handschuh General Pulsa, (Außenstoff- Handoberseite)		
Gesamtgewicht [g]			22		
Gesamtfläche [cm ²]			525		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,084		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			< 0,084		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			ND		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,210		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,168		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,168		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,084		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,084		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,084		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,084		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,168		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,084		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,084		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			ND		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			1,299		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g22276	Fleecehandschuhe	8884 Elutex	Niebuhr	100% Polyester Wattierung: 65% Polypropylen 35% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G22276.1		
			710-2011-22276001		
Eingangsdatum			23.12.2011 15:18:35		
Probebeschreibung			Fleecehandschuhe, (Außenfleece)		
Gesamtgewicht [g]			53		
Gesamtfläche [cm ²]			2448		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,043		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,108		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,108		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,173		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,087		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,087		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,043		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,043		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,043		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,043		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,087		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,043		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,043		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,108		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			0,736		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammensetzung	Hersteller- land
11g22277	Pilotjacke orange	23557 Elysee	Niebuhr	60% Polyester 40% Baumwolle	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G22277.1		
			710-2011-22277001		
Eingangsdatum			23.12.2011 15:20:36		
Probebeschreibung			Pilotjacke orange, (Obermaterial, orange)		
Gesamtgewicht [g]			560		
Gesamtfläche [cm ²]			18000		
			Wert		Einheit
Perfluoroctansulfonat (PFOS)			< 0,062		µg/m ²
Perfluoroctansäure (PFOA)			4,013		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			4,013		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			4,107		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,124		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,124		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			0,249		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			0,436		µg/m ²
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)			< 0,062		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			1,338		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,124		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			3,049		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			0,311		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			9,396		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			9,893		µg/m ²



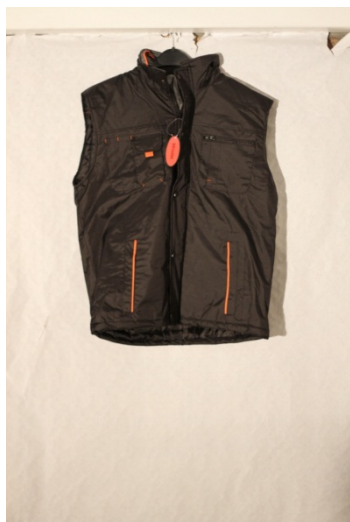
Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g22278	Pilotenjacke Stromboli	40897 L+D	Hornbach	80% Polyester 20% Baumwolle	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer		11G22278.1		11G22278.2	
		710-2011-22278001		710-2011-22278002	
Eingangsdatum		23.12.2011 15:22:48		23.12.2011 15:22:48	
Probebeschreibung		Pilotenjacke Stromboli, (Oberstoff, orange)		Pilotenjacke Stromboli, (Oberstoff, blau)	
Gesamtgewicht [g]		586		490	
Gesamtfläche [cm ²]		18000		18000	
		Wert	Einheit	Wert	Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)		< 0,065	µg/m ²	< 0,054	µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)		2,344	µg/m ²	5,771	µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG		2,344	µg/m ²	5,771	µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG		2,442	µg/m ²	5,826	µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)		< 0,13	µg/m ²	< 0,109	µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)		< 0,13	µg/m ²	< 0,109	µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)		0,716	µg/m ²	1,552	µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)		0,488	µg/m ²	0,599	µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)		< 0,065	µg/m ²	< 0,054	µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)		0,358	µg/m ²	0,490	µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)		< 0,13	µg/m ²	< 0,109	µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)		1,628	µg/m ²	4,002	µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)		0,488	µg/m ²	2,123	µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG		5,990	µg/m ²	14,537	µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG		6,511	µg/m ²	14,972	µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g22279	Softshellweste	8313 Canadian Line	Max Bahr	96% Polyester 4% Elasthan mit TPU- Beschichtung	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			11G22279.1		
			710-2011-22279001		
Eingangsdatum			23.12.2011 15:24:41		
Probebeschreibung			Softshellweste, (Obermaterial, Softshell)		
Gesamtgewicht [g]			387		
Gesamtfläche [cm ²]			14420		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,054		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			5,851		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			5,851		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			5,904		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,107		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,107		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			10,037		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			0,939		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,054		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			0,376		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,107		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			2,818		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			1,127		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			21,148		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			21,578		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g22281	Softshelljacke Arizoni	29438 Triuso	Praktiker	100% Polyester	China
Eurofins-GfA Probennummer			11G22281.1		
			710-2011-22281001		
Eingangsdatum			23.12.2011 15:26:41		
Probebeschreibung			Softshelljacke Arizoni, (Obermaterial, schwarz)		
Gesamtgewicht [g]			366		
Gesamtfläche [cm ²]			10800		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,068		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,203		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,203		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,305		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,136		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,136		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,068		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,068		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,068		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,068		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,136		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			< 0,068		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,068		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,203		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			1,186		µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammen- setzung	Herstellerland
11g22282	Winterweste, schwarz-orange	29706 Wellwork	Praktiker	100% Polyester	China
Eurofins-GfA Probennummer			11G22282.1		
			710-2011-22282001		
Eingangsdatum			23.12.2011 15:28:50		
Probebeschreibung			Winterweste, schwarz-orange, (Obermaterial, schwarz)		
Gesamtgewicht [g]			373		
Gesamtfläche [cm ²]			8250		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,088		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			0,482		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			0,482		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			0,569		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			< 0,175		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,175		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			< 0,088		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			< 0,088		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,088		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			< 0,088		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,175		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			0,131		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			< 0,088		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			0,613		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			1,751		µg/m ²

12.5 Anhang 5: Gesamtübersicht der Wetter-/Chemikalienschutzkleidung aus der Wäscherei



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammensetzung		Hersteller- land
12G4363	Arbeitsjacke Wetterschutz	Art. Nr. 4805	Wäscherei NRW	Oberstoff: 100% Polyamid Futter: 65% Polyester, 35% Cotton Funktionsschicht: 100% PTFE		unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer		12G4363.1	12G4363.2	12G4363.3		
		710-2012-04363001	710-2012-04363002	710-2012-04363003		
Eingangsdatum		13.03.2012 12:03:29	13.03.2012 12:03:29	13.03.2012 12:03:29		
Probebeschreibung		blaues Obermaterial	Kapuzenmaterial, grau	Obermaterial grau		
Gesamtgewicht [g]		188,61	49,75	390,7		
Gesamtfläche [cm ²]		8208	3865,5	16777,5		
		Wert	Einheit	Wert	Einheit	Wert
Perfluorooctansulfonat (PFOS)		0,069	µg/m ²	< 0,039	µg/m ²	< 0,489
Perfluorooctansäure (PFOA)		0,460	µg/m ²	0,193	µg/m ²	0,605
Summe PFOS / PFOA exkl. BG		0,529	µg/m ²	0,193	µg/m ²	0,605
Summe PFOS / PFOA inkl. BG		0,529	µg/m ²	0,219	µg/m ²	1,094
Perfluorbutansulfonat (PFBS)		63,192	µg/m ²	29,473	µg/m ²	414,511
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)		< 0,092	µg/m ²	< 0,051	µg/m ²	< 0,745
Perfluorhexansäure (PFHxA)		2,091	µg/m ²	5,804	µg/m ²	1,584
Perfluorheptansäure (PFHpA)		0,414	µg/m ²	1,815	µg/m ²	0,745
Perfluorooctansulfonamid		< 0,046	µg/m ²	< 0,039	µg/m ²	< 0,489
Perfluorononansäure (PFNA)		0,253	µg/m ²	0,039	µg/m ²	0,838
Perfluordecansulfonat (PFDeS)		< 0,092	µg/m ²	< 0,051	µg/m ²	< 0,745
Perfluordecansäure (PFDA)		0,184	µg/m ²	0,064	µg/m ²	0,559
Perfluordodecansäure (PFDoA)		< 0,046	µg/m ²	0,116	µg/m ²	< 0,489
Summe PFT Komponenten exkl.		66,868	µg/m ²	37,452	µg/m ²	419,169
Summe PFT Komponenten inkl.		67,098	µg/m ²	37,581	µg/m ²	421,497



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammensetzung	Herstellerland
12G4366	Arbeitsjacke Chemschutz	Art. Nr. 8916	Wäscherei NRW	54% PPAN-fr, 45% CO 1% Carbonfaser	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer		12G4366.2		12G4366.3	
		710-2012-04366002		710-2012-04366003	
Eingangsdatum		13.03.2012 12:18:41		13.03.2012 12:18:41	
Probebeschreibung		Obermaterial, blau		Obermaterial, gelb	
Gesamtgewicht [g]		396,65		356,13	
Gesamtfläche [cm ²]		12721,5		11294,52	
		Wert	Einheit	Wert	Einheit
Perfluoroctansulfonat (PFOS)		< 0,062	µg/m ²	< 0,095	µg/m ²
Perfluoroctansäure (PFOA)		0,530	µg/m ²	0,599	µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG		0,530	µg/m ²	0,599	µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG		0,592	µg/m ²	0,694	µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)		< 0,125	µg/m ²	1,261	µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)		< 0,125	µg/m ²	< 0,126	µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)		0,187	µg/m ²	0,189	µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)		0,156	µg/m ²	0,252	µg/m ²
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)		< 0,062	µg/m ²	< 0,095	µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)		0,094	µg/m ²	0,189	µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)		< 0,125	µg/m ²	< 0,126	µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)		0,249	µg/m ²	0,347	µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)		< 0,062	µg/m ²	< 0,095	µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG		1,154	µg/m ²	2,806	µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG		1,746	µg/m ²	3,279	µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammensetzung	Herstellerland
12G4367	Arbeitsjacke Chemschutz	Art. Nr. 8551	Wäscherei NRW	57,5% Aramid 40,5% Viskose 2% P140 (Antistatik- faser)	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer		12G4367.1		12G4367.3	
		710-2012-04367001		710-2012-04367003	
Eingangsdatum		13.03.2012 12:19:45		13.03.2012 12:19:45	
Probebeschreibung		Obermaterial, rot		Obermaterial, blau	
Gesamtgewicht [g]		13,94		770,62	
Gesamtfläche [cm ²]		491		23152,5	
		Wert	Einheit	Wert	Einheit
Perfluoroctansulfonat (PFOS)		< 0,057	µg/m ²	< 0,067	µg/m ²
Perfluoroctansäure (PFOA)		10,050	µg/m ²	0,133	µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG		10,050	µg/m ²	0,133	µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG		10,136	µg/m ²	0,200	µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)		0,142	µg/m ²	< 0,133	µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)		< 0,114	µg/m ²	< 0,133	µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)		3,180	µg/m ²	4,693	µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)		1,703	µg/m ²	0,100	µg/m ²
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)		< 0,057	µg/m ²	< 0,067	µg/m ²
Perfluoronansäure (PFNA)		1,192	µg/m ²	< 0,067	µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)		< 0,114	µg/m ²	< 0,133	µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)		7,893	µg/m ²	< 0,067	µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)		4,088	µg/m ²	< 0,067	µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG		28,249	µg/m ²	4,926	µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG		28,675	µg/m ²	5,692	µg/m ²



Probennummer	Produkt Produktname	Artikelnummer	Bezugsquelle	Zusammensetzung	Herstellerland
12G4368	Arbeitshemd Chemschutz	Art. Nr. 3881	Wäscherei NRW	100% Polyester	unbekannt
Eurofins-GfA Probennummer			12G4368.1		
			710-2012-04368001		
Eingangsdatum			13.03.2012 12:20:34		
Probebeschreibung			Obermaterial, Arbeitshemd		
Gesamtgewicht [g]			563,8		
Gesamtfläche [cm ²]			20627,5		
			Wert		Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)			< 0,082		µg/m ²
Perfluorooctansäure (PFOA)			4,209		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA exkl. BG			4,209		µg/m ²
Summe PFOS / PFOA inkl. BG			4,291		µg/m ²
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			5,658		µg/m ²
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			< 0,109		µg/m ²
Perfluorhexansäure (PFHxA)			0,765		µg/m ²
Perfluorheptansäure (PFHpA)			1,039		µg/m ²
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)			< 0,082		µg/m ²
Perfluornonansäure (PFNA)			1,121		µg/m ²
Perfluordecansulfonat (PFDeS)			< 0,109		µg/m ²
Perfluordecansäure (PFDA)			5,767		µg/m ²
Perfluordodecansäure (PFDoA)			3,007		µg/m ²
Summe PFT Komponenten exkl. BG			21,565		µg/m ²
Summe PFT Komponenten inkl. BG			21,893		µg/m ²

Ergebnisse des Hydrphobierungsmittels

Eurofins-GfA Probennummer	12G4369.1	
	710-2012-04369001	
Eingangsdatum	13.03.2012 12:21:12	
Probebeschreibung	Osmafin Aquabloc plus	
	Wert	Einheit
Perfluorooctansulfonat (PFOS)	< 0,5	mg/l
Perfluorooctansäure (PFOA)	< 0,5	mg/l
Summe PFOS / PFOA exkl. BG	ND	mg/l
Summe PFOS / PFOA inkl. BG	1	mg/l
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	< 0,7	mg/l
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	< 0,7	mg/l
Perfluorhexansäure (PFHxA)	< 0,5	mg/l
Perfluorheptansäure (PFHpA)	< 0,5	mg/l
Perfluorooctansulfonamid (PFOSA)	< 0,5	mg/l
Perfluornonansäure (PFNA)	< 0,5	mg/l
Perfluordecansulfonat (PFDeS)	< 0,7	mg/l
Perfluordecansäure (PFDA)	< 0,5	mg/l
Perfluordodecansäure (PFDoA)	< 0,5	mg/l
Summe PFT Komponenten exkl. BG	ND	mg/l
Summe PFT Komponenten inkl. BG	6,2	mg/l