

TEXTE

111/2026

Abschlussbericht

Gestern PCBs – heute PFCs und bromierte Flammschutzmittel – und morgen?

Möglichkeiten und Empfehlungen für ein stärker vorausschauendes Management von Chemikalien mit POP-Eigenschaften

von:

Clara Löw, Katja Moch, Dirk Bunke
Öko-Institut e. V.

Roland Weber, Markus Blepp
Roland Weber Environment POPs Consultant

Martin Scheringer, Maria Helena Azevedo Teixeira de Andrade
ETH Zürich

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 111/2026

REFOPLAN des Bundesministeriums Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3719 65 413 0

Abschlussbericht

Gestern PCBs – heute PFCs und bromierte Flammschutzmittel – und morgen?

Möglichkeiten und Empfehlungen für ein stärker
vorausschauendes Management von Chemikalien mit
POP-Eigenschaften

von

Clara Löw, Katja Moch, Dirk Bunke
Öko-Institut e. V.

Roland Weber, Markus Blepp
Roland Weber Environment POPs Consultant

Martin Scheringer, Maria Helena Azevedo Teixeira de
Andrade
ETH Zürich

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Öko-Institut e.V.
Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
gemeinsam mit
Environment POPs Consultant
und
ETH Zürich

Abschlussdatum:

November 2021

Redaktion:

Fachgebiet IV 2.1 Informationssysteme Chemikaliensicherheit
Dr. Andreas Höllrigl-Rosta

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-7791>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juli 2026

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen*Autoren.

Die in diesem Bericht vertretenen Auffassungen und Empfehlungen spiegeln nicht notwendigerweise die offizielle Position des Umweltbundesamts wider, sondern die Einschätzung der beauftragten Forschungsinstitute.

In diesem Forschungsbericht werden Aussagen über den Ausschuss zur Bewertung persistenter organischer Schadstoffe des Stockholmer Übereinkommens (POPs Review Committee) getroffen. Bei seiner wissenschaftlichen Politikberatung im Kontext des Stockholmer Übereinkommens sieht und teilt das Umweltbundesamt aufgrund seiner Wahrnehmung der internationalen Verhandlungs- und Abstimmungsprozesse folgendes Gesamtbild:

Das Stockholmer Übereinkommen gilt als eine der erfolgreichsten internationalen Umweltvereinbarungen der letzten Jahrzehnte. Es ist ein internationales Abkommen zum Schutz von Umwelt und Gesundheit, dessen Ziel es ist, besonders gefährliche und langlebige Chemikalien – sogenannte persistente organische Schadstoffe (POPs) – weltweit zu verbieten oder stark einzuschränken. Heute haben fast alle Staaten der Welt das Abkommen ratifiziert. Dadurch entstand ein weltweit verbindliches System zur Kontrolle gefährlicher Chemikalien.

Seit Beginn des Abkommens wurde die Liste der geregelten Stoffe von ursprünglich 12 auf inzwischen mehr als 37 Chemikalien/gruppen erweitert. In vielen Regionen ist die Belastung von Menschen, Tieren und Umwelt durch POPs bereits deutlich zurückgegangen. So wurden zum Beispiel niedrigere Konzentrationen dieser Stoffe in Muttermilch, Fischen und Böden gemessen.

Das POPs Review Committee ist das wissenschaftliche Beratungsgremium des Stockholmer Übereinkommens. Es untersucht Chemikalien darauf, ob sie die Eigenschaften von POPs besitzen. Außerdem bewertet es, wie diese Stoffe hergestellt, verarbeitet, verwendet und beseitigt werden. Auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse spricht das Gremium Empfehlungen für internationale Regelungen aus. Die endgültigen Entscheidungen treffen die Mitgliedstaaten auf den Vertragsstaatenkonferenzen.

Das POPs Review Committee besteht aus 31 Expertinnen und Experten aus allen Weltregionen, die von ihren Regierungen benannt werden. Dadurch soll eine ausgewogene und unabhängige Bewertung der Chemikalien sichergestellt werden.

Für seine Arbeit sammelt das Committee Informationen von unterschiedlichen Interessengruppen, darunter Wissenschaft, Behörden, Industrie und Anwender. Dies ist wichtig, weil manche als POP eingestuft Chemikalien in bestimmten Bereichen noch genutzt werden und dort als schwer ersetzbar gelten. Die Informationen helfen dem Committee dabei zu bewerten, ob und wie diese Stoffe weiterhin sicher verwendet werden können.

Das POPs Review Committee ist damit im weltweiten Umweltschutzregime einmalig, seine Arbeit weltweit anerkannt und erfolgreich.

Kurzbeschreibung: Gestern PCBs – heute PFCs und bromierte Flammschutzmittel – und morgen?

Persistente organische Schadstoffe können zu schweren Schäden an Mensch und Umwelt führen. Mit dem Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe (im Folgenden kurz „Stockholm-Konvention“ genannt) begann im Jahre 2004 die weltweite Regulierung von Stoffen, die solche Eigenschaften haben, wo immer möglich mit dem Ziel ihres Verbotes. Bis heute sind 30 Stoffe (oder Stoffgruppen) als POPs gelistet.

Die Stockholm-Konvention hat bei diesen Stoffen in vielen Ländern zu Verboten und damit dem Stopp ihrer Verwendungen geführt. Dennoch stellen die Stoffe immer noch eine Herausforderung für das Chemikalienmanagement dar. Teils hohe Altbestände in Erzeugnissen, Schwierigkeiten bei der Erfassung und fachgerechten Entsorgung POP-haltiger Abfallströme und der Ersatz von POPs durch ebenfalls problematische Ersatzstoffe sind einige dieser Herausforderungen.

Aufgabe des Forschungsprojektes war es daher, Möglichkeiten für ein effektiveres und stärker vorausschauend ausgerichtetes Management von POPs zu erarbeiten, und zwar auf der Grundlage der Erfahrungen mit den bisher durchgeführten Aktivitäten zu POPs. Die Analyse der bisherigen Aktivitäten und die Entwicklung von Empfehlungen beziehen sich auf unterschiedliche Gesichtspunkte des Managements von POPs: die wissenschaftlichen Kriterien und ihre Anwendung zur Identifizierung von POPs, die Praxis der Listung von Stoffen in der Stockholm-Konvention und der Umsetzung der damit verbundenen Verpflichtungen und auf zusätzliche Aktivitäten der Chemikalienpolitik, die die gesetzlichen Vorgaben unterstützen sollen, z.B. sektorspezifische Akteurs-Workshops.

Abstract: Yesterday PCBs – today PFCs and brominated flame retardants – and tomorrow?

Persistent organic pollutants can cause severe damage to humans and the environment. In the year 2004, the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (hereinafter referred to as the "Stockholm Convention") initiated the global regulation of substances that have such properties, with the aim of banning them wherever possible. To date, 30 substances (or groups of substances) have been listed as POPs.

The Stockholm Convention has led to bans on these substances in many countries and thus to a halt in their use. Nevertheless, the substances still pose a challenge for chemicals management. Partly high stockpiles in products, difficulties in the collection and proper disposal of waste streams containing POPs, and the replacement of POPs with equally problematic substitutes are some of these challenges.

The task of the research project was therefore to work out possibilities for a more effective and more forward-looking management of POPs, based on the experience of the activities on POPs carried out so far. The analysis of previous activities and the development of recommendations relate to different aspects of the management of POPs: the scientific criteria and their application for the identification of POPs, the practice of listing substances in the Stockholm Convention and the implementation of the related obligations, and additional activities in chemicals policy that are intended to support the legal requirements, e.g., sector-specific stakeholder workshops.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	13
Tabellenverzeichnis	15
Abkürzungsverzeichnis	18
Zusammenfassung.....	19
Summary	35
1 Einleitung.....	49
1.1 Projekthintergrund.....	49
1.2 Die Stoffe – Die ersten und die neuen POPs.....	49
2 Fachliche Bewertung von potenziellen POPs (AP 1)	51
2.1 Ziel des Arbeitspaketes	51
2.2 Methodisches Vorgehen	51
2.2.1 Literaturrecherche und Darstellung der Ergebnisse in substanzspezifischen Datenblättern.....	51
2.2.2 Auswertung der Daten hinsichtlich übergeordneter Erkenntnisse	52
2.3 Ergebnisse	53
2.3.1 Datenblätter.....	53
2.3.1.1 Datenblatt für Aldrin.....	53
2.3.1.2 Datenblatt zu Chlordan.....	56
2.3.1.3 Die neuen POPs von 2009 bis 2017	59
2.3.2 Substanzübergreifende Aspekte der Auswertung der Datenblätter	62
2.4 Schlussfolgerungen aus der Analyse der wissenschaftlichen Publikationen.....	64
2.4.1 Fazit der Auswertung der Publikationsverläufe und stoffspezifischen Referenzen	64
2.4.2 Einzelne Kriterien.....	67
2.4.3 Gesamtheit des Bewertungsprozesses	68
2.4.4 Weitere Erkenntnisse.....	69
2.5 Empfehlungen.....	70
2.5.1 Anpassungen der Kriterien	70
2.5.2 Erweiterung der Kriterien	70
2.5.3 Kriterien-übergreifende Empfehlungen.....	71
3 Stockholm-Konvention (AP 2)	72
3.1 Ziel des Arbeitspaketes	72
3.2 Einleitung und historische Entwicklung des POP-Managements	73
3.2.1 Einleitung	73

3.2.2	Historische Entwicklung des POP-Managements	74
3.2.3	Die Stockholm-Konvention	76
3.2.3.1	Umsetzung und Beschreibung des Listungsprozesses (Entscheidungsprozess).....	77
3.2.3.2	Ablauf des Entscheidungsprozess der Listung von Chemikalien in der Konvention	79
3.2.3.3	Umsetzung der Verpflichtungen, die sich aus der Ratifizierung ergeben	83
3.3	Ergebnisse der Analysen zur Listung der POPs	84
3.3.1	Analyse der ursprünglich gelisteten 12 „alten“ POPs.....	84
3.3.2	Analyse der Listung der „neuen“ POPs: Einführung und Übersichten	87
3.3.3	Analyse und Auswertung der Effektivität des Entscheidungs- und Listungsprozesses	94
3.3.3.1	Listung von Lindan (Gamma-HCH) und Alpha- und Beta-HCH	95
3.3.3.2	Listung von Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), ihren Salzen und Perfluorooctansulfonylfluorid (PFOSF)	103
3.4	Ratifizierung und Nachratifizierung von Substanzen (Artikel 25).....	111
3.4.1	Regelung der Ratifizierung (Artikel 25 und 22 der Stockholm-Konvention).....	111
3.4.2	Stand der Ratifizierung der neuen POPs durch die Länder mit Ratifizierungsvorbehalt nach Artikel 25(4)	111
3.4.3	Auswirkungen des Ratifizierungsvorbehalts auf die spezifischen Ausnahmen	114
3.4.4	Handlungsempfehlungen hinsichtlich des Ratifizierungsvorbehalts nach Artikel 25(4).....	116
3.4.5	Status Artikel 22, Absatz 3 (b) Notifikation der Nichtannahme.....	116
3.5	Registrierung der Vertragsstaaten für Ausnahmegenehmigungen	117
3.5.1	Hintergrund.....	117
3.5.2	Interpretation von Artikel 4 und Implikationen.....	118
3.5.3	Fazit.....	119
3.6	Ausnahmen in der Stockholm-Konvention: Probleme und Chancen	120
3.6.1	Hintergrund.....	120
3.6.2	Ausnahmen, die während der Evaluation im POPRC beantragt wurden, und Vergleich zu den gelisteten Ausnahmen.....	120
3.6.3	Gründe für die nachträgliche Listung von Ausnahmen und Ansatzpunkte für eine mögliche Verbesserung	123
3.6.4	Chancen durch die Listung von Ausnahmen und die Zusammenstellung der Alternativen	125
3.6.4.1	Stoffbezogene Informationen zu Alternativen	125
3.6.4.2	Welche Ausnahmen sollen bei der Zusammenstellung von Alternativen berücksichtigt werden	127
3.6.5	Fazit: Chancen einer Listung mit vielen Alternativen	127

3.6.5.1	Evaluierung der Alternativen und die Wahl grüner und nachhaltiger Alternativen ..	127
3.6.5.2	Chance für eine Gruppierung von Chemikalien bei der globalen Substitution von POPs	128
3.6.5.3	Inventarisierung und Implementierung in den Ländern	128
3.6.5.4	Nationale Implementierungspläne: Chancen zur Förderung der Bewertung von Alternativen und der Konzepte der Grünen/Nachhaltigen Chemie	129
3.7	Schwierigkeiten (Bottlenecks) bei der Listung von POPs, der Implementierung der Beschlüsse und die Gefahr einer Überforderung der Entwicklungsländer.....	129
3.7.1	Limitierte Zahl der vorschlagenden Vertragsparteien und insgesamt geringe Anzahl von Vorschlägen für neue POPs.....	129
3.7.2	Schwierigkeiten bei der Implementierung der Konvention und schwindendes Interesse der Entwicklungsländer an weiteren POP-Listungen.....	130
3.7.3	Regulatorischer Rahmen für die Entwicklung und Fortschreibung von NIPs und tatsächlich erreichter globaler Status.....	136
3.7.4	Fazit und Empfehlungen	138
3.8	Synergien und Zusammenarbeit der Stockholm-Konvention mit anderen internationalen Konventionen und anderen POP-Regelwerken	140
3.8.1	Hintergrund.....	140
3.8.2	Zusammenhang der Listung von POPs mit der Listung in anderen Konventionen und REACH	141
3.8.3	Synergien mit den Import- und Export-Regelungen der Rotterdam-Konvention	146
3.8.4	Synergien mit der Basel-Konvention	154
3.8.5	Synergien mit dem SAICM-Prozess.....	157
3.8.6	Synergien und Kooperation mit Aktivitäten des IOMC.....	158
3.9	Zusammenfassung und Empfehlungen aus dem Arbeitspaket 2.....	159
3.9.1	Listungsprozess in der Stockholm-Konvention	159
3.9.2	Vorschlagende Vertragsparteien	159
3.9.3	Gefahr der unzureichenden Nachratifizierung durch Berufung auf Artikel 25(4)	160
3.9.4	Gefahren und Chancen durch gewährte Ausnahmen für Produktion und Verwendung von POPs.....	160
3.9.5	Schwierigkeiten der Umsetzung in Entwicklungsländern.....	160
4	Empfehlungen für Vorgaben und Anreize in der Chemikalienpolitik zur Vermeidung potenzieller POPs in Prozessen und Produkten (AP 3).....	162
4.1	Ziel des Arbeitspaketes	162
4.2	Hintergrund.....	162
4.3	Methodisches Vorgehen	164
4.3.1	Vorgehen im analytischen Teil und Begriffsklärung	164

4.3.2	Empfehlungen.....	166
4.4	Analyse der Verwendungsmuster.....	166
4.4.1	Datenerhebung und Auswertung	166
4.4.1.1	Die Verwendungsmuster der POPs.....	168
4.4.1.2	Diskussion & Ergebnisse	177
4.4.2	Fazit aus der Analyse der Verwendungsmuster	181
4.5	Analyse der Emissionspotenziale	183
4.5.1	Hintergrund: Analysen aus früheren Forschungsvorhaben.....	184
4.5.2	Verwendungsmuster der POPs: Emissionspotenziale in der Nutzungsphase	186
4.5.3	Emissionspotenziale in der Abfallphase	193
4.5.4	Fazit und Ausblick	197
4.6	Analyse von chemikalienpolitischen Instrumenten für die gefundenen Anwendungs- und Emissionsmuster	198
4.6.1	SAICM- und UN-Aktivitäten	199
4.6.2	Die ECHA <i>Plastic Additives Initiative</i>	203
4.6.3	Die OECD Ad hoc-Gruppe zur Substitution gefährlicher Chemikalien.....	205
4.6.3.1	Hintergrund und Ziel der Gruppe	205
4.6.3.2	Bisherige Arbeitsschwerpunkte.....	205
4.6.3.3	Bezug zu den POP-Verwendungsmustern	206
4.6.3.4	Zukünftige Schwerpunkte der OECD Ad hoc-Group und Schnittstellen zu den POP-Verwendungsmustern	214
4.6.3.5	Einschätzung zur Wirksamkeit und den Auswirkungen der Aktivitäten.....	215
4.6.3.6	Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Empfehlungen	215
4.6.4	Die Aktivitäten der ECHA zur Substitution.....	216
4.6.4.1	Ziel der ECHA-Substitutionsstrategie.....	216
4.6.4.2	Schwerpunkte der ECHA-Aktivitäten in der Substitutionsstrategie	217
4.6.4.3	Bezug zu den POP-Verwendungsmustern	219
4.6.4.4	Zukünftige Schwerpunkte der ECHA und Schnittstellen zu den POP-Verwendungsmustern	219
4.6.4.5	Einschätzung zur Wirksamkeit und den Auswirkungen der Aktivitäten.....	219
4.6.4.6	Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Empfehlungen	220
4.7	Empfehlungen.....	221
4.7.1	Chemiepolitische Instrumente: Empfehlungen mit sehr großer Wirkung	221
4.7.2	Chemiepolitische Instrumente: Empfehlungen mit großer Wirkung	222
4.7.3	Chemiepolitische Instrumente: Weitere Empfehlungen	223

5	Quellenverzeichnis	225
A	Anhang 1: Ergänzende Informationen zu den Verwendungsmustern	242
A.1	Zuordnung der POPs zu den drei Verwendungsgruppen, die in der Stockholm-Konvention genannt werden.	242
A.2	Verwendungen der POPs: Listung und Analyse anhand von Kategorien	244
A.3	Erklärungen für die Zuordnung der Verwendungsmuster zu den Aktivitäten von SAICM (Tabelle 47 in Kapitel 4.6.1)	254
B	Suchbegriffe und ergänzende Angaben zu den Stoffbeschreibungen	258
B.1	Kombinierte Suchbegriffe für die systematische Suche im Web of Science	258
B.2	Primärdaten für Abbildungen in Kapitel 2.3.2	260

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Zeitreihe der Publikationen zu Aldrin.....	53
Abbildung 2:	Anzahl an Publikationen zu Aldrin in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....	54
Abbildung 3:	Zeitreihe der Publikationen zu Chlordan.....	56
Abbildung 4:	Anzahl an Publikationen zu Chlordan in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....	57
Abbildung 5:	Zeitreihe der Publikationen zu Alpha-HCH.....	60
Abbildung 6:	Anzahl an Publikationen zu Alpha-HCH in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....	60
Abbildung 7:	Zeitspanne (in Jahren) zwischen der ersten Publikation mit Umweltbezug und der Aufnahme in die Konvention.....	63
Abbildung 8:	Zeitspanne (in Jahren) zwischen dem Veröffentlichungsjahr der meist-zitierten Publikation (bis inkl. 2019) und der Aufnahme in die Konvention.....	64
Abbildung 9:	Chronologie der in der Stockholm-Konvention gelisteten POPs mit ihrer Zuordnung zu den Anhängen der Konvention.	77
Abbildung 10:	Verfahren zur Bewertung und Listung von POP-Kandidaten in der Stockholm-Konvention.....	79
Abbildung 11:	Gesamtdauer der Listung neuer POPs von Vorschlag bis zur Aufnahme in die Konvention.....	94
Abbildung 12:	Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Lindan in der Konvention	98
Abbildung 13:	Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Alpha-/Beta-HCH in der Konvention	101
Abbildung 14:	Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von PFOS in der Konvention	108
Abbildung 15:	Vertragsparteien mit gesonderten Vereinbarungen nach Artikel 25 Abs.4 und deren Anzahl an ratifizierten neuen POPs (Stand BRS Webseite 01/2021 dort ausgewiesen als Stand 12/2020)	113
Abbildung 16:	Ratifizierte POPs der Artikel 25(4) Vertragsparteien, die zum Teil langsam oder nicht nachratifizieren.	115
Abbildung 17:	Verteilung der gelisteten POPs nach Verwendung als Pestizid, Industriechemikalie und Nebenprodukt (Mehrfachzählungen sind erlaubt).....	167
Abbildung 18:	Die Verwendungsmuster für die Industriechemikalien der Stockholm-Konvention	169
Abbildung 19:	Anzahl der in die Analyse eingegangenen Anwendungen pro Substanz(-gruppe)	177
Abbildung 20:	Vergleich der Verwendungsmuster in der hier angewandten Systematik (Produkt – Material – Funktion) gegenüber der ECHA <i>Use Descriptor</i> Systematik	180

Abbildung 21:	Zunahme der Vielfalt der Anwendungen von POPs durch Einsatz mit verschiedenen technischen Funktionen in Materialien, Gemischen und Erzeugnissen	182
Abbildung 22:	Wortwolke der TOP 25-Begriffe in den Titeln der geförderten Projekte im Rahmen der Förderprogramme von SAICM und der UNEP Chemicals & Waste Division	203
Abbildung 23	ECHA Plastic Additives Initiative – Häufigkeitsverteilung nach Funktion.....	204
Abbildung 24	Die SIN-Liste. Ergebnis einer Suche nach dem Stoff DEHP A..	209
Abbildung 25	Das SINilarity-Instrument: Ergebnis einer Abfrage nach Bisphenol F– Teil 1	210
Abbildung 26	Das SINilarity-Instrument: Ergebnis einer Abfrage nach Bisphenol F – Teil 2: Listung der Stoffe, bei denen eine Übereinstimmung mit problematischen Stoffen gefunden wurde.....	211
Abbildung 27	Recherche nach Ersatzprodukten für DEHP auf dem Marketplace von ChemSec.....	212
Abbildung 28:	Substitutions-Internetseite der ECHA: Zugang zu Daten aus unterschiedlichen REACH-Prozessen.....	218
Abbildung 29:	Der Eingabe- und Ergebnisanzeige-Bereich von REACH Radar	222

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die in der Stockholm-Konvention regulierten POPs.....	50
Tabelle 2:	Grundinformationen zu Aldrin	53
Tabelle 3:	Spezifische Stoffreferenzen zu Aldrin.....	55
Tabelle 4:	Grundinformationen zu Chlordan	56
Tabelle 5:	Spezifische Stoffreferenzen zu Chlordan.....	58
Tabelle 6:	Grundinformationen zu Alpha-HCH	59
Tabelle 7:	Spezifische Stoffreferenzen zu Alpha-HCH.....	61
Tabelle 8:	Kriterien und Schwellenwerte für die Screening-Kriterien auf der Grundlage von Anhang D der Stockholm-Konvention	80
Tabelle 9:	Übersicht über die ursprünglich gelisteten 12 „alten“ POPs ...	85
Tabelle 10:	Übersicht über die „neu gelisteten“ POPs und deren Ausnahmen (seit 2009).....	88
Tabelle 11:	Ergebnisse aus der Analyse von Phase 1 (Vorschlag) und Phase 2 (Bewertung anhand der Anhang D-Kriterien).....	90
Tabelle 12:	Zeitliche Übersicht der POPRC- und COP-Meetings und ihre zeitliche Terminierung	92
Tabelle 13:	Stand der Evaluierung der aktuellen POPs Kandidaten im POPRC (12/2020)	95
Tabelle 14:	Steckbrief Lindan mit Hintergrundinformationen und Informationen zur Listung in der Stockholm-Konvention	97
Tabelle 15:	Auswertung Anhang-D-Screening Lindan.....	99
Tabelle 16:	Steckbrief Alpha-/Beta-HCH mit Hintergrundinformationen und Informationen zur Listung in der Stockholm-Konvention	100
Tabelle 17:	Auswertung Anhang-D-Screening Alpha-/Beta-HCH.....	102
Tabelle 18:	Steckbrief PFOS mit Hintergrundinformationen und Informationen zur Listung in der Stockholm-Konvention	107
Tabelle 19:	PFOS-Chemikalien wie in Anhang B des Stockholm-Konvention angegeben	109
Tabelle 20:	Auswertung Anhang-D-Screening für PFOS November 2005.	110
Tabelle 21:	Artikel 25(4) Vertragsparteien und deren nachratifizierten POPs (Stand 01/2021).....	114
Tabelle 22:	Notifikation der Nichtannahme gemäß Artikel 22 Absätze 3 und 4	117
Tabelle 23:	POPs, die mit spezifischen Ausnahmen oder akzeptablen Zwecken gelistet sind und Vergleich der vorgeschlagenen Ausnahmen aus dem POPRC Prozess mit der letztendlichen Listung durch die COP.....	122
Tabelle 24:	Vergleich der POP-Grenzwerte der Basel-/Stockholm-Konvention, der EU POP-Verordnung und der deutschen Abfallverzeichnis-Verordnung und POP-Abfall-Überwachungsverordnung.....	135

Tabelle 25:	Eingereichte Nationale Implementierungspläne für die gelisteten POPs (Stand 31.12.2020)	138
Tabelle 26:	Anzahl der Vertragsparteien der Basel-, Rotterdam- und Stockholm-Konventionen	140
Tabelle 27:	Einfluss von internationalen Konventionen und POP Regelwerken auf die Listung von POPs in der Stockholm-Konvention	143
Tabelle 28:	Neue POPs nach Stockholm-Konvention, die auch unter dem Anhang III der Rotterdam-Konvention gelistet sind	147
Tabelle 29:	Vergleich der Einfuhrgenehmigungen nach Rotterdam- und der registrierten Ausnahmen nach Stockholm-Konvention	150
Tabelle 30:	Vergleich der Ausnahmen nach Stockholm- und der Importbescheide nach Rotterdam-Konvention.....	153
Tabelle 31:	Analyse und Listung der Verwendungen der POPs. Anwendungsgebiete, Funktionen und Zuordnung zu Verwendungsmustern (VWM). Exemplarischer Auszug der Tabelle in Anhang A.1	168
Tabelle 32:	Verwendungsmuster 1: POPs als bromierte Flammschutzmittel in Kunststoffen mit technischer Anwendung	170
Tabelle 33:	Verwendungsdeskriptoren der ECHA, die für das Verwendungsmuster 1 von Bedeutung sind.	170
Tabelle 34:	Verwendungsdeskriptoren der ECHA, die für das Verwendungsmuster 2 von Bedeutung sind.	171
Tabelle 35:	Verwendungsdeskriptoren der ECHA, die für das Verwendungsmuster 3 von Bedeutung sind.	172
Tabelle 36:	Verwendungsmuster 4: POPs als Maschinenöl-Zusätze in unterschiedlichen Funktionen.....	173
Tabelle 37:	Verwendungsdeskriptoren der ECHA, die für das Verwendungsmuster 4 von Bedeutung sind.	173
Tabelle 38:	Verwendungsdeskriptoren der ECHA, die für das Verwendungsmuster 5 von Bedeutung sind.	174
Tabelle 39:	Verwendungen der ersten zwölf gelisteten POPs (<i>Dirty Dozen</i>), nach Ritter et al. (1995)	175
Tabelle 40:	Charakterisierung der Verwendungsmuster: Anzahl der Anwendungen und der Stoffe.	178
Tabelle 41:	Überblick über die Verwendungsmuster im Hinblick auf Funktion der POPs, Gemische, Materialien, Erzeugnisse und Anwendungen	182
Tabelle 42:	Umweltfreisetzungskategorien (nach ECHA-Leitlinie, R.12) für Endverwendung und Nutzungsphase der fünf POP Verwendungsmuster (ECHA, 2014b)	187
Tabelle 43:	Umweltfreisetzungskategorien nach ECHA-Leitlinie, R.16, die für die vier Verwendungsmuster der POPs von Bedeutung sind,	

	und zugehörige Standard Worst-Case-Freisetzungsfaktoren (ECHA, 2014c)	189
Tabelle 44:	Möglichkeiten zur Abschätzung der Emission aus Erzeugnissen in der Nutzungsphase gemäß ECHA-Leitlinie, R.16 (ECHA, 2014c).	191
Tabelle 45:	Abfallarten aus der Nutzungsphase nach den identifizierten Verwendungen von MCCP gemäß ECHA Leitlinie, R.18 (LANUV, 2017).	194
Tabelle 46:	Standardannahmen für die Zerkleinerung (Schreddern) (LANUV, 2017)	196
Tabelle 47:	Gegenüberstellung der SAICM- und UN-Aktivitäten und den Verwendungsmustern (VWM) der POPs mit Identifizierung von inhaltlichen Bezügen	201
Tabelle 48:	Schlagwortzuweisung der Stockholm-Konvention	242
Tabelle 49:	Analyse und Listung der Verwendungen der POPs im Schema der Anwendungsgebiete und -funktionen sowie Zuordnung zu den gefunden Verwendungsmustern (VWM) – ausführlich ..	244
Tabelle 50:	Zahl der verschiedenen Einträge in den Kategorien, die den Verwendungsmustern der POPs zugeordnet werden können.	251
Tabelle 51:	Auflistung der verschiedenen Produkte und Materialien, in bzw. für die POPs eingesetzt werden können, und der zugehörigen ECHA Use Descriptor-Kategorien PC, AC, TH & SU	251
Tabelle 52:	Gegenüberstellung der SAICM- und UN-Aktivitäten und den Verwendungsmustern (VWM) der POPs mit Identifizierung von inhaltlichen Bezügen. Die Erläuterungen werden in der letzten Spalte gegeben.	254
Tabelle 53:	Beschreibung der Sucheingaben pro Substanz	258
Tabelle 54:	Beschreibung der Sucheingaben pro POP-Kriterium	260
Tabelle 55:	Datengrundlage für Abbildung 7 – Zeitspanne (in Jahren) zwischen der ersten Publikation mit Umweltbezug und der Aufnahme in die Konvention – Grafik a (Histogramm)	260
Tabelle 56:	Datengrundlage für Abbildung 7 – Zeitspanne (in Jahren) zwischen der ersten Publikation mit Umweltbezug und der Aufnahme in die Konvention – Grafik b (absolut)	261
Tabelle 57:	Datengrundlage für Abbildung 8 – Zeitspanne (in Jahren) zwischen dem Veröffentlichungsjahr der meist zitierten Publikation (bis inkl. 2019) und der Aufnahme in die Konvention	262
Tabelle 58:	Datengrundlage für Abbildung 8 – Zeitspanne (in Jahren) zwischen dem Veröffentlichungsjahr der meist zitierten Publikation (bis inkl. 2019) und der Aufnahme in die Konvention für einzelne POPs	263

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
AC	Erzeugnis-Kategorie (Article category)
B	Bioakkumulation
COP	Vertragsstaatenkonferenz (Conference of Parties)
ERC	Umweltfreisetzungs-Kategorie (Environmental Release Category)
HBB	Hexabromobiphenyl
HBCD	Hexabromocyclododecan
HCBD	Hexachlorbutadien
IPCS	International Programme on Chemical Safety
LRT	Ferntransport (long range transport)
P	Persistenz
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PBDE	Polybromierte Diphenylether
PCN	Polychlorierte Naphthaline
PFOA	Perfluorooctansäure
POP	Persistente organische Schadstoffe (persistent organic pollutants)
POPRC	POP Review Committee
PROC	Prozess-Kategorie (Process Category)
SAICM	Strategic Approach to International Chemicals Management
SCCP	Kurzkettige Chlorparaffine (short chain chlorinated paraffines)
SIN-Liste	Substitute it now-Liste
SVHC	Besonders besorgniserregende Stoffe (substances of very high concern)
T	Toxizität
UC	Verwendungskategorie (Use Category)
WoS	Web of Science

Zusammenfassung

Auf dem Weg zu einem stärker vorausschauenden Management von POPs

Persistente organische Schadstoffe können zu schweren Schäden an Mensch und Umwelt führen. Mit dem Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe (im Folgenden kurz Stockholm-Konvention genannt) begann im Jahre 2004 die weltweite Regulierung von Stoffen, die solche Eigenschaften haben, wo immer möglich mit dem Ziel ihres Verbotes. Bis heute sind 30 Stoffe (oder Stoffgruppen) als POPs gelistet.

Die Stockholm-Konvention hat bei diesen Stoffen in vielen Ländern zu Verboten und damit dem Stopp ihrer Verwendungen geführt. Dennoch stellen die Stoffe immer noch eine Herausforderung für das Chemikalienmanagement dar. Teils hohe Altbestände in Erzeugnissen, Schwierigkeiten bei der Erfassung und fachgerechten Entsorgung POP-haltiger Abfallströme und der Ersatz von POPs durch ebenfalls problematische Ersatzstoffe sind einige dieser Herausforderungen.

Aufgabe des Forschungsprojektes, über das hier berichtet wird, war es daher, Möglichkeiten für ein effektiveres und stärker vorausschauend ausgerichtetes Management von POPs zu erarbeiten, und zwar auf der Grundlage der Erfahrungen der bisher durchgeführten Aktivitäten zu POPs. Die Ergebnisse sollen das wichtige umweltpolitische Ziel unterstützen, jetzt und in Zukunft den Einsatz und die Freisetzung von Stoffen mit POP-Eigenschaften möglichst weitgehend und frühzeitig zu verhindern.

Die Analyse der bisherigen Aktivitäten und die Entwicklung von Empfehlungen geschah in drei Arbeitspaketen. Sie beziehen sich auf unterschiedliche Gesichtspunkte des Managements von POPs:

- Im Arbeitspaket 1 geht es um die wissenschaftlichen Kriterien und ihre Anwendung zur Identifizierung von POPs.
- Im Arbeitspaket 2 geht es um die Praxis der Listung von Stoffen in der Stockholm-Konvention und der Umsetzung der damit verbundenen Verpflichtungen.
- Im Arbeitspaket 3 geht es um zusätzliche Aktivitäten der Chemikalienpolitik, die die gesetzlichen Vorgaben unterstützen sollen, z.B. um sektorspezifische Akteurs-Workshops.

Im Einzelnen werden die Ergebnisse dieser Analysen und die hieraus erarbeiteten Empfehlungen in den Kapiteln 2, 3 und 4 des Berichtes vorgestellt. Umfangreiche zusätzliche stoffspezifische Informationen aus den Arbeitspaketen 1 und 2 finden sich in einem zusätzlichen Anhangband.

In den folgenden drei Unterkapiteln werden die wichtigsten Ergebnisse aus den Arbeitspaketen 1 bis 3 zusammengefasst, mit Verweisen auf die Abschnitte des Hauptteils, die diese Ergebnisse im Einzelnen darstellen.

1. Wissenschaftliche Erkenntnisse, die für die Entdeckung von POPs wichtig sind

In AP1 wurden die wissenschaftlichen Publikationen zu allen POPs mit Hilfe der wissenschaftlichen Datenbank „Web of Science“ (WoS)¹ identifiziert und anschließend analysiert. Die Datenbank des WoS ist sehr umfassend und hat es ermöglicht, mit Hilfe geeigneter Suchanfragen alle relevanten Publikationen zu POPs von 1950 bis 2019 zu finden.

¹ <https://webofknowledge.com> (Web of Science, o. J.)

Für jede Substanz (oder Substanzgruppe) wurde die zeitliche Abfolge aller Publikationen zu jeder der vier POP-Eigenschaften (Persistenz, Bioakkumulationspotential, Toxizität und Ferntransportpotential) dargestellt, und zwar in der Form von vier Histogrammen pro Substanz, die für jedes Jahr von 1950 bis zur Aufnahme in die Konvention die Anzahl an Publikationen zur jeweils betrachteten POP-Eigenschaft zeigen. Zusätzlich zu jedem Histogramm wurde eine Zeitschiene erstellt, welche die wichtigen Erkenntnisfortschritte im Lauf der Jahre anzeigt.

Weiterhin wurde mittels des WoS erfasst, wie häufig die jeweiligen Publikationen zitiert werden und welche Publikationen die meistzitierten sind (wiederum für jede POP-Eigenschaft jeder Substanz). Auf diese Weise konnte der wissenschaftliche Erkenntnisfortschritt über eine Dauer von 70 Jahren aufgeschlüsselt und analysiert werden, gerade auch im Zusammenhang mit dem zeitlichen Ablauf des Stockholm-Verfahrens von der Nominierung als mögliche POP-Substanz, der Bewertung durch das POPRC, und schließlich der Aufnahme in die Konvention. Wesentliche Ergebnisse dieser Analyse sind:

- ▶ Zu den ersten 12 POPs gibt es bereits ab 1950 oder 1960 wissenschaftliche Publikationen, und zwar vor allem zu ihrer Toxizität und zum Teil auch zu ihrer Persistenz (weil man schon früh festgestellt hatte, dass die Rückstände dieser Substanzen lange Zeiten in der Umwelt verbleiben).
- ▶ Zu den ersten 12 POPs wurde ab ca. 1991 sehr viel mehr publiziert (zu allen Eigenschaften), weil in dieser Zeit die Stockholm-Konvention ausgearbeitet wurde und eine große Nachfrage nach Resultaten zu den vier POP-Merkmalen dieser Substanzen entstand. Die Forschung zum Ferntransportpotential hat in dieser Zeit erst richtig begonnen.
- ▶ Für viele Substanzen ist der Erkenntnisfortschritt weitgehend graduell, und die für die Beurteilung durch das POPRC relevanten Befunde haben sich über lange Zeit akkumuliert. Im Durchschnitt beträgt die Dauer von der ersten umweltrelevanten Publikation zu einer POP-Substanz und der Aufnahme in die Konvention 40 Jahre (wobei die kürzesten Zeitdauern gut 10 Jahre und die längsten knapp 80 Jahre lang sind).
- ▶ Bei einigen Substanzen und einigen Merkmalen, z.B. bei der Toxizität von polybromierten Diphenylethern, gibt es „Meilenstein-Publikationen“, welche die Erkenntnisse bündeln und den für die Aufnahme in die Konvention relevanten Forschungsstand darstellen.
- ▶ Für alle neuen POPs (Aufnahme ab 2009) lagen mindestens drei Jahre zwischen den meistzitierten Publikationen und der Aufnahme in die Konvention.

Insgesamt sind die Zeitreihen-Analysen sehr umfangreich, und der Hauptteil ist im Anhangband dargestellt.

Die Schlussfolgerungen aus AP1 besagen:

- ▶ Die Kriterien für POPs gemäß Anhang D der Konvention erfassen die zentralen POP-Eigenschaften gut.
- ▶ Unter den POP-Eigenschaften ist die Persistenz zentral, da sie erst das Auftreten von Ferntransport und langjähriger Bioakkumulation sowie den Aufbau von relevanten Konzentrationen in der Umwelt als „Folgeprobleme“ ermöglicht.

- ▶ Der wissenschaftliche Erkenntnisprozess vor der Aufnahme in die Konvention kann bei Substanzen, die schon lange umweltchemisch relevant sind, lange dauern, sodass die Ergebnisse aus vielen Jahren oder Jahrzehnten an Forschung einfließen.
- ▶ Umgekehrt kann es bei Substanzen, die erst durch die Nominierung ins „Rampenlicht“ gehoben werden, dazu kommen, dass der Bewertungsprozess des POPRC durch einen Mangel an Daten erschwert wird (z.B. SCCPs). Hier besteht ein zunehmend auftretendes Problem darin, dass das Fehlen von Daten als Hinweis auf das Fehlen der POP-Eigenschaft gedeutet wird (mit den englischen Begriffen: *absence of evidence* wird als *evidence of absence* gedeutet). Dies ist ein schwerwiegender logischer Fehlschluss, und es sollte vermehrt darauf geachtet werden, dass dieser Fehlschluss erkannt wird und die Beurteilung nicht beeinträchtigt (z.B. der zurzeit laufenden Beurteilung von UV-328, welches 2020 als POP-Kandidat nominiert wurde). Wenn spezifische Daten für die Bewertung einer POP-Eigenschaft fehlen, besteht im Rahmen einer Dossier- oder Substanzbewertung unter REACH die Möglichkeit, Tests z.B. nach OECD Guidelines beim Registranten einzufordern.
- ▶ Der Beurteilungsprozess im POPRC einiger Substanzen, die noch im Gebrauch sind (Endosulfan, kurzkettige chlorierte Paraffine, UV-328), zeigt, dass in solchen Konstellationen von einzelnen Akteuren teils auch Angaben in den Prozess eingespeist wurden, die zwar wissenschaftlich erschienen aber letztlich ungeeignet waren, das Gefahrenpotenzial der Substanzen im Sinne der POP-Kriterien angemessen zu beschreiben. Selbst wenn solche Aktionen am Ende keinen nachteiligen Einfluss auf das Ergebnis der Bewertung haben, wird dadurch dennoch der Aufwand zur Aufklärung der tatsächlichen Sachlage unangemessen erhöht.
- ▶ Außerdem wird der Prozess v.a. bei der Diskussion des Risikoprofils durch eine sehr große Anzahl an Kommentaren und Kritikpunkten überlastet, für die jedoch keine ausreichende Bearbeitungskapazität vorhanden ist. So ergeben sich erhebliche Stressfaktoren, welche das Funktionieren des Beurteilungsprozesses gefährden. Wir empfehlen daher: (i) die Kommentierungsmöglichkeiten sollten stark formalisiert werden (nur als Einträge in eine vorgegebene Tabelle möglich), (ii) für die Kommentierung sollten strikte und enge Zeitvorgaben gesetzt werden, und (iii) Vertragsstaaten, welche eine POP-Nominierung verantworten und die eingehenden Kommentare bearbeiten müssen, sollten ein ausreichendes Budget (deutlich größer als bisher) sowie personelle Kapazitäten bereitstellen bzw. bei der Bereitstellung dieser Ressourcen unterstützt werden.

2. Die Stockholm-Konvention: Vorschläge, Listungen und Umsetzung

Vom Einbringen eines Stoffes in den Prozess der Stockholm-Konvention bis zur Listung vergehen mehrere Jahre. Im Arbeitspaket 2 wurde systematisch untersucht, wie dieser Prozess für die einzelnen Stoffe durchgeführt wurde. Es wurde auch herausgearbeitet, welche Herausforderungen sich aktuell aus einer Listung im Hinblick auf die Umsetzung der damit verbundenen Verpflichtungen für diejenigen Länder ergeben, die die Stockholm-Konvention ratifiziert haben.

Für die bereits gelisteten 30 POPs (Stand 2020) wird im analytischen Teil von AP2 untersucht, wann und mit welchen wissenschaftlichen und/oder rechtlichen Begründungen die Substanzen

in den Entscheidungs- und Listungsprozess der Stockholmer Konvention eingeführt wurden. Dabei wird auch analysiert,

- ▶ welche Daten zu diesem Zeitpunkt vorlagen,
- ▶ welche Daten zusätzlich im Verfahren auf welcher rechtlichen Grundlage erhoben wurden,
- ▶ welche zusätzlichen Informationsquellen (z.B. Auftragsforschung) hierfür genutzt wurden und
- ▶ welche Daten abschließend für die regulatorische Entscheidung herangezogen wurden.

Folgende wesentliche Aspekte werden in der Analyse betrachtet. Weitere Analysen sind im Bericht dokumentiert.

- ▶ Analyse der Abläufe für die 12 ursprünglich gelisteten POPs in der Stockholmer Konvention.
- ▶ Untersuchung der Rolle des POP-Protokolls über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, CLRTAP) für die Listung. Es wurde schon am 24. Juni 1998 unter dem Dach der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) vereinbart. In ihm wurde eine Reihe der heute unter der Stockholm-Konvention gelisteten POP evaluiert und gelistet.
- ▶ Detaillierte Evaluierung über die Effektivität des Entscheidungs- und Listungsprozesses für die 18 „neu gelisteten“ POPs, die die Untersuchung im POP Review Committee (POPRC) und die Listung in der Conference of Parties (COP; Vertragsstaatenkonferenz) durchlaufen haben. Dabei wird die wissenschaftliche Begründung zu dem Zeitpunkt, an dem ein POP vorgeschlagen wird, im „Vorschlag für die Listung“ zusammengefasst (Annex-D-Kriterien). Zusätzlich wurden die Dokumente untersucht und ausgewertet, die für die weiteren Schritte der Erarbeitung des Risikoprofils (Annex E) und der Bewertung zum Risikomanagement (Annex F) wichtig waren. Für jedes POP wurden Ablaufschemata (Zeitschienen) erstellt und mit fachlichen Erläuterungen versehen. Für die Untersuchung wurden neben den POPRC-Dokumenten auch Informationen von ausgewählten Personen eingeholt, die detaillierte Hintergrunderfahrungen im POPRC-Prozess hatten.
- ▶ Sonstige relevante Aspekte für die Effektivität des regulatorischen Managements der Stockholm Konvention.

Als Ziel dieses Arbeitspakets werden Empfehlungen erarbeitet, welche auf eine Anpassung und ggf. Weiterentwicklung der regulatorischen Verfahren hinzielen, welche geeignet sind, POPs global wirksamer zu regulieren und die Stockholm-Konvention im Hinblick auf die Listung von POPs effizienter und ressourcenschonender hinsichtlich Zeit und Kritik (Arbeitsroutine zwischen den Akteuren verfestigen) umzusetzen. Dabei wurde auch das Ziel verfolgt zu verstehen, inwieweit auch bei anfangs weniger umfassend erforschten Substanzen eine Entscheidung auf fundierter Datengrundlage in angemessener Zeit getroffen werden kann.

2.1 Analyse der ursprünglich gelisteten 12 „alten“ POPs

Die ursprünglichen 12 POPs („alte POPs“ oder „dreckiges Dutzend“) wurden für die Stockholm-Konvention ohne Risikoprofil und Berücksichtigung der sozioökonomischen Auswirkungen

aufgenommen. Das „dreckige Dutzend“ war zum damaligen Zeitpunkt in vielen Ländern bereits stark reguliert und/oder verboten, nicht mehr weit verbreitet und nicht mehr durch Patente geschützt. Zudem waren auch deren Anwendungsbereiche begrenzt, da 9 von 12 POPs hauptsächlich in der Landwirtschaft als Pestizide eingesetzt wurden und durch profitablere Alternativen ersetzt worden waren.

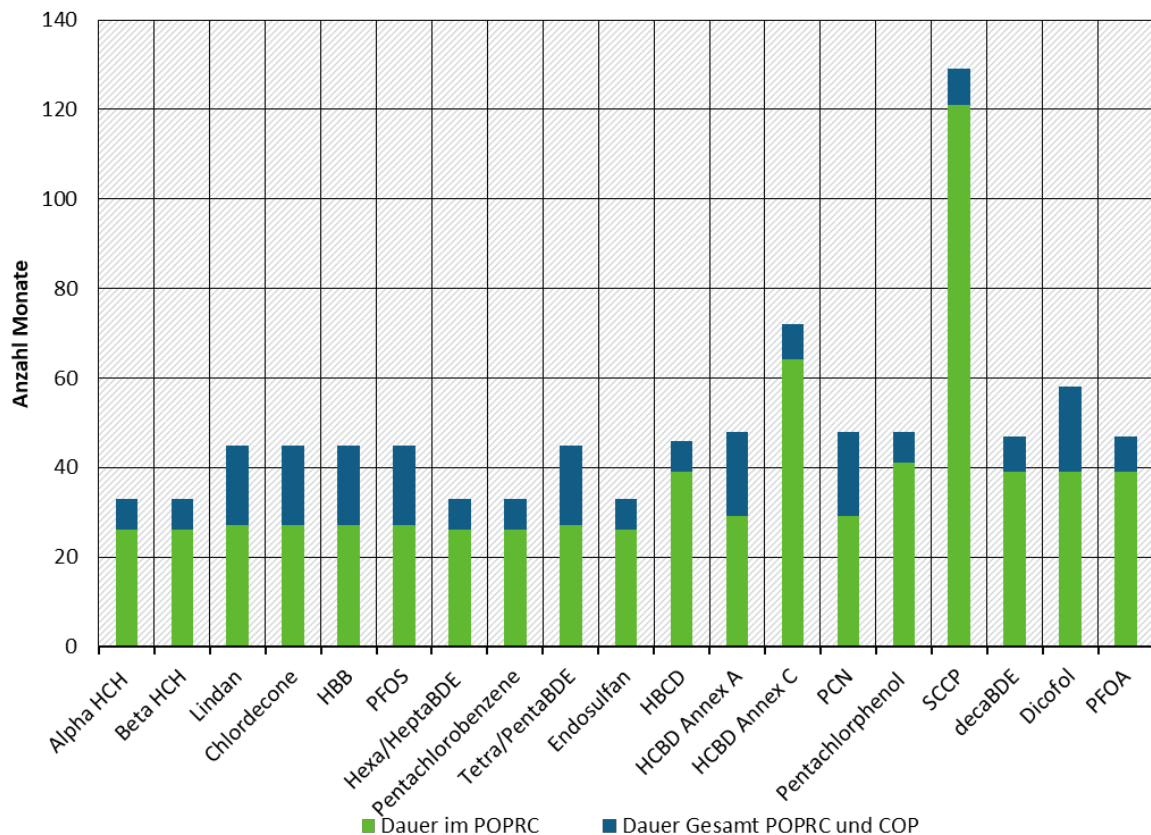
Die Konventionsverhandlungen zeichneten sich durch eine starke Beteiligung verschiedener NGOs aus, wohingegen die chemische Industrie kaum beteiligt war, da die bedenklichen Substanzen weitgehend als nicht marktfähig angesehen wurden. In einem Dokument von Ritter et al. (1995) waren die verfügbaren Informationen über die Chemie, die Toxikologie, die relevanten Transportwege sowie die Herkunft, den Transport und die Entsorgung der betreffenden Stoffe für das Internationale Programm für Chemikaliensicherheit (*The International Programme on Chemical Safety*, IPCS) zusammengestellt worden. Dies war die Grundlage, die 12 POPs im POP-Protokoll zu listen. In den Informationen für ein Risikoprofil waren Datenlücken erkennbar im Hinblick auf Produktionsmengen, Lösungsstrategien und auf die spezifischen Verwendungen oder Zwecke, für die diese POP speziell in Entwicklungsländern zum Einsatz kamen. Bei der Listung der 12 „alten“ POPs war das POP-Protokoll als treibende Kraft dafür verantwortlich, dass diese – mit mehreren Ausnahmen für die weitere Verwendung – auch in die Stockholm-Konvention aufgenommen wurden.

2.2 Analyse und Auswertung der Effektivität des Entscheidungs- und Listungsprozesses der 18 „neuen“ POPs

Als einfaches Kriterium, ob es im POPRC zu Vorschlägen und Bewertungen divergierende Meinungen und dadurch Schwierigkeiten bei der Listung gab, die zu einer Verzögerung geführt haben, wurde die Gesamtdauer der Entscheidungs- und Listungsprozesse einerseits im Vergleich für alle 18 Substanzen (folgende Abbildung) sowie andererseits in Form detaillierter Zeitschienen für jede einzelne Substanz dokumentiert. Bei der Interpretation ist zu berücksichtigen, dass die Sitzungen des POPRC jährlich meist im September/Okttober in Genf oder Rom abgehalten werden. Der theoretisch kürzeste Prozess bis zum Vorschlag zur Listung erstreckt sich mit der dreistufigen Untersuchung (Annex D, Annex E und Annex F) im POPRC (ca. 24 Monate) und der anschließenden Listung in der Vertragsstaatenkonferenz somit über ca. 36 Monate bzw. ca. 48 Monate, wenn die zweijährlich stattfindende Vertragsstaatenkonferenz erst im Folgejahr nach Abschluss der Evaluierung im POPRC stattfindet.

12 dieser POPs wurden in der kürzest möglichen Zeit (ca. 24 Monate) im POPRC evaluiert. Weitere 5 POPs (HBCD, PCP, PFOA, DecaBDE und Dicofol) wurden innerhalb von ca. 36 Monaten und somit mit nur leichter einjähriger Verzögerung im POPRC evaluiert und für die Listung vorgeschlagen. HBCD wurde zweimal im POPRC evaluiert – einmal für den Vorschlag der Listung in Annex A und dann zusätzlich für die Listung in Annex C, welche mit einer Verzögerung von 4 Jahren vorgeschlagen wurde. Einen deutlich längeren Evaluierungsprozess von ca. 10 Jahren gab es im POPRC bei den SCCPs.

Abbildung 1: Gesamtdauer der Listung neuer POP von Vorschlag bis zur Aufnahme in die Konvention



Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental Consulting

Alle 18 neuen POPs, die in den POPRC Prozess eingebracht wurden, wurden somit auch für die Listung vorgeschlagen und von der COP schließlich als POP gelistet. Dies belegt, dass der Evaluierungs- und Listungsprozess im POPRC und in der COP insgesamt sehr effektiv ist. Jedoch gab es auch bei POPs, die in kurzer Zeit den POPRC Prozess durchlaufen haben, zum Teil kontroverse Diskussionen und bei Endosulfan sogar eine Abstimmung anstelle der üblichen einvernehmlichen Übereinkunft.

2.3 Sonstige relevante Aspekte für die Effektivität des regulatorischen Managements der Stockholmer Konvention

In den folgenden Abschnitten werden weitere Aspekte zusammengefasst, die für die Effektivität des regulatorischen Managements der Stockholmer Konvention wichtig erscheinen.

2.3.1 Limitierte Zahl der vorschlagenden Vertragsparteien und insgesamt geringe Anzahl von Vorschlägen für neue POP

Bis 2020 haben von den 184 Vertragsstaaten nur fünf Vertragsstaaten von ihrem Recht Gebrauch gemacht, POP Kandidaten vorzuschlagen (EU, Norwegen, Schweden, Schweiz und Mexiko). Mehr als die Hälfte dieser Vorschläge für die 18 „neuen“ POP und die 4 POP-Kandidaten stammt aus der EU. 2021 kamen noch zwei weitere Vertragsstaaten mit Vorschlägen für eine POP Listung hinzu: Das Vereinigte Königreich hat die mittelkettigen Chlorparaffine (MCCP)

vorgeschlagen und Kanada hat die langkettigen Perfluorcarbonsäuren (LC-PFCA) vorgeschlagen. Damit haben nun 7 Vertragsstaaten POPs nominiert, mit Mexiko als einzigem Entwicklungsland.

Im Hinblick auf die für ein weltweites Abkommen relevante globale Perspektive gibt es hier ein Verbesserungs- bzw. Entwicklungspotential. Es sollte versucht werden, zusätzliche Vertragsstaaten in den Nominierungsprozess einzubinden (interessant wären z.B. China oder Indien). Falls es ein Vorschlagsinteresse von einem Entwicklungsland gäbe, könnte es sinnvoll sein, hierfür Unterstützungen bei den Arbeiten, die mit der Nominierung verbunden sind, zu geben, und ggf. auch Unterstützung bei den nachfolgenden Implementierungsaufgaben.

Gemessen an den 570 bis 900 Stoffen und Stoffgruppen, denen POP Eigenschaften zugeschrieben werden, ist die Zahl der 30 bisher gelisteten POP eher niedrig.

2.3.2 Gefahr der unzureichenden Nachratifizierung durch Berufung auf Artikel 25(4)

Der Ratifizierungsvorbehalt für neu gelistete POP (Artikel 25(4)) stellt ein mögliches Risiko für ein effektives Phase-out von POPs und die Implementierung der Stockholmer Konvention dar.

Einige der 17 Vertragsstaaten, die die Konvention gemäß Artikel 25(4) ratifiziert haben, haben bisher keine oder nur wenige der neu gelisteten POPs nachratifiziert. Da dies bevölkerungsreiche Länder wie Bangladesch, Indien und Russland miteinschließt, wird die Konvention hier für ca. 20 % der Weltbevölkerung nicht angemessen umgesetzt, da auch die Nationale Implementierungspläne (NIPs) dieser Länder wegen nicht beantragbaren GEF Finanzierung nicht aktualisiert werden können. Die mögliche Weiterführung der Produktion und Verwendung in diesen Ländern und die Ausnahmeregelung nach Artikel 4(4) beim Nachratifizieren stellen eine Gefahr für eine effektive Eliminierung der gelisteten POPs und damit auch eine effektive Umsetzung der Konvention dar. Dies ist besonders deshalb bedeutsam, weil Länder mit großer Produktionskapazität die gelisteten POPs weiter produzieren und verwenden können. Dies sind Länder wie Indien oder Russland und zum Teil auch China, das allerdings sukzessive nachratifiziert.

Die Nichtratifizierung von neu gelisteten POP durch Industrieländer wie Australien, Slowenien und zum Teil Kanada ist schwer verständlich und auch problematisch in Bezug auf die Vorbildfunktion für Entwicklungsländer, welche bei der Umsetzung der Konvention typischerweise größere Schwierigkeiten haben.

Der Interpretationsspielraum von Artikel 25 (4) lässt es zudem zu, dass ab dem Zeitpunkt der Nachratifizierung eines POP die bereits früher genehmigten spezifischen Ausnahmen 5 weitere Jahre lang in Anspruch genommen werden können und auch die Substanz meist weiter produziert werden darf.

Auf der politischen Ebene ist das 2023 neu eingerichtete Compliance Committee² dafür zuständig, die Umsetzung des Übereinkommens zu behandeln. Inwiefern ausbleibende oder zeitlich stark verzögerte Nachratifizierungen von neu gelisteten POPs hier beschleunigt werden, bleibt abzuwarten.

Über schlecht oder nicht nachratifizierende Länder hat das Sekretariat der Stockholmer Konvention einen Bericht erstellen lassen, um die Nachratifizierung in sich auf Artikel 25(4) berufenden Ländern zu unterstützen (UNEP, 2021d). Da weltweit mangelnde Kapazitäten zur Einrichtung eines nachhaltigen Chemikalienmanagements zu verzeichnen sind, scheint es hier allerdings keine schnelle Verbesserung der Situation zu geben.

² Das Compliance Committee wurde erst nach Ende der fachlichen Bearbeitung des Vorhabens 2021 eingerichtet. Der Verweis darauf wurde nachträglich für die Publikation des Berichts in 2026 ergänzt.

2.3.3 Gefahren und Chancen durch gewährte Ausnahmen für Produktion und Verwendung von POPs

Für die Effektivität des regulatorischen Managements spielen neben der Listung als POP auch die in der Stockholmer Konvention gelisteten Ausnahmen eine wichtige Rolle. Die aktuelle Situation zahlreicher POPs (u.a. PFOA, PFOS, HBCD, DecaBDE, SCCP), dass bei deren Listung praktisch alle wichtigen Verwendungen (zunächst) als Ausnahmen gelistet wurden, ist einerseits problematisch. POPs können dadurch in vielen Verwendungen auch nach einem wissenschaftlich begründeten Verbotsbeschluss weiter eingesetzt werden.

Umfangreiche Listen von Ausnahmen eröffnen andererseits aber auch die Chance, global das Thema Substitution mit sichereren und nachhaltigeren Chemikalien voranzubringen und die Ansätze der Grünen Chemie und Nachhaltigen Chemie als Kriterien bei der Wahl der Alternativen zu thematisieren und umzusetzen. Durch die Listung von vielen Ausnahmen müssen Alternativen für diese betrachtet und evaluiert werden. Die so entstehenden Dokumente und Leitfäden mit Alternativen zu POPs mit gelisteten Ausnahmen eröffnen eine Möglichkeit, die besten, sichersten und nachhaltigsten Alternativen zu diesen POPs dann auch global bekannt zu machen. Bisher werden dabei die Alternativen in den Leitfäden des BRS-Sekretariats noch nicht bewertet, sondern lediglich zusammengestellt. Eine fachlich fundierte Bewertung der Alternativen wäre insofern ein interessanter nächster Schritt und absehbar ein sehr wichtiges Mittel, die derzeit sehr häufige Verwendung von problematischen Ersatzstoffen (*regrettable substitutions*) zu verringern und stattdessen einen tatsächlich besseren globalen Substitutionsprozess zu unterstützen (Fantke et al., 2015). Diese Aktivitäten könnten mit den Vorhaben des Umweltbundesamtes und ggf. des ISC3 zu Förderung der Nachhaltigen Chemie verknüpft werden.

Eine verstärkte Anwendung der Ansätze zur Gruppierung von Stoffen könnte es dann auch ermöglichen, umfangreiche Gruppen strukturell verwandter Stoffe in bestimmten Anwendungen gemeinsam durch nachhaltigere Ersatzstoffe oder -verfahren global zu ersetzen. Beispiele sind PBDEs (und die alternativen bromierten Flammschutzmittel) wie auch PFOS/PFOA (einschließlich anderer PFAS als Alternativen), bei denen derzeit noch der Ersatz durch ebenfalls problematische Stoffe vorherrscht.

Das Thema der Gruppierung von Stoffen und der funktionalen bzw. informierten Substitution kann durch eine stärkere Verknüpfung der Aktivitäten zur Stockholm-Konvention mit den Arbeiten des IOCM und den Schwerpunkten des SAICM-Nachfolgeprozesses sowie in Verbindung mit den Zielen für nachhaltige Entwicklung des SDG-Prozesses weltweit in den Fokus der regulatorischen und chemikalienpolitischen Aktivitäten gerückt werden.

2.3.4 Schwierigkeiten der Umsetzung in Entwicklungsländern

Das eigentliche Problem bzw. der Engpass bei der Realisierung der Ziele der Stockholm-Konvention ist die Umsetzung in den Vertragsstaaten. Nachdem ein POP gelistet und das Verbot in Kraft getreten ist, haben die Vertragsstaaten 2 Jahre Zeit, ihren NIP zu aktualisieren (Artikel 7). Besonders den Entwicklungsländern fehlen durchweg die Mittel, um ihrer Verpflichtung nachzukommen, die Chemikalien vernünftig zu inventarisieren und adäquat zu managen. Ein großer Teil der Vertragsstaaten ist mit der Entwicklung und Einreichung von NIPs im Verzug. Aktuell gibt es neben einigen wenigen Pilotprojekten für die kürzlich gelisteten POPs keine umfassend angelegten Aktivitäten, um die Aktualisierung für die kürzlich gelisteten POPs und vor allem Implementierung der NIPs in Entwicklungsländern durch GEF-Finanzierung zu ermöglichen. Dies stellt ein wesentliches Problem für eine effektive Umsetzung der Stockholm-Konvention dar, und ist auch, wie oben erwähnt, ein Grund, warum Entwicklungsländer keine Vorschläge für neue POP einreichen.

Das Fehlen von Entsorgungs- und Zerstörungsoptionen für POP in weiten Teilen der Welt ist ein weiterer wichtiger Grund, Produktion und Anwendung von Chemikaliengruppe global so schnell wie möglich zu verbieten bzw. den gesellschaftlich notwendigen Verwendungen (*essential uses*) eine sehr rigide Produkthaftung (*Extended Producer Responsibility*) aufzuerlegen. Zum Beispiel können hochpersistente und wasserlösliche Chemikalien wie die Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (PFAS) in praktisch keinem Entwicklungsland sicher deponiert oder zuverlässig zerstört werden. Weder gibt es in diesen Ländern ein Abfallmanagement, das diese Chemikalien über den Lebenszyklus adäquat erfassen könnte, noch sind geeignete Zerstörungstechnologien für diese Stoffe vorhanden.

2.3.5 Synergien und Zusammenarbeit der Stockholm-Konvention mit anderen internationalen Konventionen und anderen POP-Regelwerken

Wichtiger Bestandteil eines wirkungsvollen Managements von POPs sind die Nutzung bzw. der Ausbau von Synergien zwischen den relevanten globalen Konventionen. Die Bedeutsamkeit der Zusammenarbeit hat in den letzten Jahren zugenommen. Dazu tragen einerseits Listungen von POPs in der Stockholm-Konvention bei, die noch produzierte industrielle POPs betreffen und mit Ausnahmen verbunden sind; für dieselben Substanzen existieren Listungen auch in der Rotterdam-Konvention. Andererseits ergeben sich Überschneidungen durch die Aufnahme von gemischtem Plastik-Abfall, der zum Teil POPs als Additive enthält, in die Anhänge der Basel-Konvention. Der Austausch von Informationen untereinander sowie die Zusammenarbeit auch mit den jeweiligen nationalen oder regionalen Akteuren haben somit einen Einfluss auf die Implementierung der Stockholmer Konvention.

Eine Analyse zeigt, dass von den 18 neu gelisteten POPs unter der Stockholm-Konvention 10 Substanzen auch in Annex III der Rotterdam-Konvention gelistet sind. Auch die erst kürzlich gelisteten industriellen POPs DecaBDE und PFOA wurden mittlerweile vom „Chemical Review Committee“ der Rotterdam-Konvention für eine mögliche Listung vorgeschlagen. Ziel sollte es hier sein, alle POPs der Stockholm-Konvention, die noch produziert und gehandelt werden dürfen, auch in der Rotterdam-Konvention zu listen und zu kontrollieren. In der Analyse wurde weiterhin untersucht, inwieweit die Einhaltung der einschlägigen Regelungen beider Konventionen in den Vertragsstaaten gewährleistet ist. Wenn eine Vertragspartei ein gelistetes und ratifiziertes POP zur Verwendung importiert (PIC-Verfahren nach der Rotterdam-Konvention), wäre für dieses POP auch eine Ausnahme nach Artikel 4 der Stockholm-Konvention zu registrieren. Jedoch liegen nur bei einer Handvoll von Vertragsstaaten beide Registrierungen vor, während es in den meisten Ländern bei registrierten Einfuhrgenehmigungen unter der Rotterdam-Konvention keine entsprechend registrierten Ausnahmen nach der Stockholm-Konvention gibt. Hier besteht ein Verbesserungsbedarf, der auch vom BRS-Sekretariat auf Nachfrage bestätigt wurde.

Eine wichtige Synergie zwischen der Stockholm- und der Basel-Konvention gibt es bei der Entsorgung von POP-Abfällen. Betrachtet wurde der Export von POP-Abfällen aus Entwicklungsländern in Industrieländer, für welche Notifizierungen gemäß der Basel-Konvention vor Beginn der Abfallverbringungen und für jeden Abfalltransport vorab kontrolliert werden müssen. Das Hauptproblem des Basler Notifizierungsverfahrens besteht in der oft sehr langen Bearbeitungsdauer und der Versagung von Genehmigungen für den Transit (z.B. im Fall von Pestizidabfällen aus den Staaten der ehemaligen Sowjetunion oder von Plastik aus in afrikanischen Staaten verarbeitetem Elektronikschrott, wenn diese zur Vernichtung bzw. zum Recycling nach Europa verbracht werden). Für eine bessere Synergie müsste hier die Basel-Notifizierung effektiver und schneller gestaltet werden. Es sollte sichergestellt werden, dass alle Anlaufstellen der Basel-Konvention in Ländern zeitnah kommunizieren und erreichbar sind.

Eine Koordinierung und Verzahnung von gewissen Themen sollte durch den internationalen SAICM-Prozess angegangen werden, um so mögliche Synergien verschiedener Aktivitäten im internationalen Chemikalienmanagement zu nutzen und den Prozess besser finanzieren zu können. Dasselbe gilt auch für das Organisationen-übergreifende Programm *Inter-Organisation Programme for the Sound Management of Chemicals* (IOMC). Beispielsweise könnte dort die entwickelte IOMC-Toolbox für die Entscheidungsfindung im Chemikalienmanagement weiterentwickelt und in Kooperation mit der Stockholm-Konvention (und anderen Konventionen) besser verbreitet und angewendet werden.

3. Unterstützung, Anreize und Motivation: ergänzende chemiepolitische Instrumente

Der Ersatz problematischer Stoffe durch tatsächlich sichere und nachhaltigere Stoffe erfordert mehr als gesetzliche Vorgaben. Unterstützung, Anreize und Motivation sind erforderlich, damit Unternehmen, aber auch Behörden und private Nutzer von Chemikalien und Erzeugnisse vorhandene bessere Produkte auswählen oder auch eigenständig bessere Alternativen suchen und entwickeln. Im Arbeitspaket 3 ging es um die Analyse chemiepolitischer Instrumente, die diese Aktivitäten unterstützen können.

Ausserdem wurde in diesem Arbeitspaket untersucht, ob es möglich ist, bei solchen Aktivitäten Schwerpunkte in zwei Richtungen zu setzen: zum einen auf Verwendungsmuster, in denen häufig POPs eingesetzt werden, und zum anderen auf Verwendungen, die sich durch ein hohes Emissionspotenzial auszeichnen. Die folgenden drei Abschnitte beziehen sich insofern auf Verwendungsmuster von POPs, besonders hohe Emissionspotentiale und ausgewählte chemiepolitische Instrumente.

3.1 Verwendungsmuster von POPs

In der Stockholm-Konvention werden die POPs nach ihren Verwendungen offiziell in drei Gruppen eingeteilt: Die Pestizide, die Industriechemikalien, unter denen sich viele bromierte Flammschutzmittel (BFR) befinden, und die Chemikalien, die ungewollt entstehen oder unbeabsichtigt produziert werden. Für Pestizide sind die Verwendungsmuster bereits ausführlich beschreibbar, bei unbeabsichtigt entstandenen POPs gibt es definitionsgemäß gar keine beabsichtigte Verwendung. Für die dreizehn als Industriechemikalien eingesetzten POPs wurden in dieser Studie die Verwendungsmuster untersucht. Ein Verwendungsmuster ist eine häufige, d.h. bei mehreren POPs gefundene Kombination aus einem Anwendungsgebiet³ und einer Funktion.

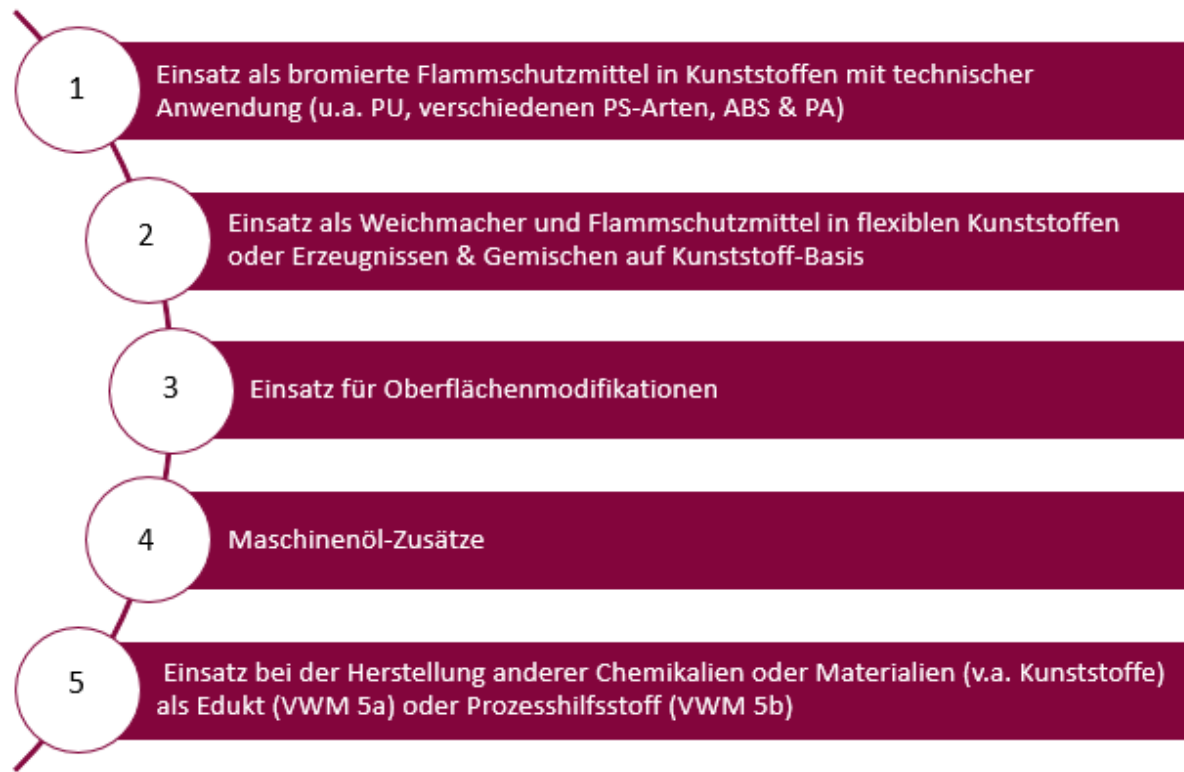
Wendet man die Indikatoren des ECHA *Use Descriptor System* auf die identifizierten Verwendungsmuster an, wird deutlich, dass es derzeit unterschiedliche Definitionen in der Chemikalienregulierung (Gemisch, Erzeugnis, ...) und bei den Produktbeschreibungen (Material, Produkt, ...) gibt. Hier ist in Zukunft eine einheitlichere Beschreibung von Anwendungen wichtig, um die chemikalien- und produktbezogenen Regulierungen besser aneinander anzupassen und Bezüge zwischen ihnen gezielt zu nutzen.

Auch wenn die Zahl der Industriechemikalien-POPs selbst relativ klein ist, werden sie in vielen unterschiedlichen technischen Funktionen eingesetzt. Sehr hoch wird die Gesamtzahl an Verwendungen der POPs dadurch, dass sie in vielen Gemischen und in Erzeugnissen und in verschiedenen Sektoren eingesetzt werden.

³ Unter Anwendungsgebieten werden in diesem Zusammenhang die Prozesse, die Materialien und die Produkte verstanden, in denen POPs eingesetzt werden. Produkte können entweder Gemische oder Erzeugnisse sein.

Die Analyse der vielen Verwendungen hat allerdings auch gezeigt, dass 90% von ihnen einem der fünf Verwendungsmuster zugeordnet werden können, die die folgende Abbildung zeigt:

Abbildung 2: Die Verwendungsmuster für die Industriechemikalien der Stockholm-Konvention



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

Je etwa ein Drittel der Verwendungen beziehen sich auf Plastikadditive (VWM 1 und 2) und Oberflächenmodifikationen (VWM 3). Die meisten Verwendungen der POPs können dieser überschaubaren Zahl an Verwendungsmustern zugeordnet werden. Einige wenige Stoffe werden darüber hinaus noch in anderen Verwendungen eingesetzt. Dies führt zu der Empfehlung, zukünftige Anstrengungen zur Reduzierung und Regulierung der POPs gezielt auf diese wichtigen technischen Funktionen (Flammschutz, Weichmacher, Oberflächenmodifikation) und die dazu gehörenden Verwendungsmuster zu konzentrieren. Geeignete Ansatzpunkte wären hier z.B. gezieltes Monitoring, Forschungsarbeiten, Ausweitung der *Plastic Additives Initiative* der ECHA und Workshops mit Anwendern in diesen Bereichen.

3.2 Verwendungen mit hohen Emissionspotentialen

Ausgangspunkt der Analyse bildeten die Ergebnisse früherer Forschungsarbeiten, die gezeigt hatten, dass Belastungen durch PCBs in verschiedenen, auch umweltoffenen Anwendungen deutlich schwieriger zu managen und länger wirksam sind als Belastungen durch z.B. chlorierte Pestizide. Nach der europäischen POP Verordnung sind zwar Herstellung, Inverkehrbringen und Verwendung eines POP-Stoffes verboten, aber die Verwendung von Erzeugnissen, die vor dem Inkrafttreten des Verbots in der EU auf den Markt gebracht wurden, bleibt zulässig. Die Emissionen von POPs aus Erzeugnissen, das zeigen die früheren Forschungsarbeiten, können somit erheblich sein, dennoch sind Daten zu Mengen der POPs in den Erzeugnissen nicht automatisch verfügbar.

Um die Emissionen aus den Erzeugnissen zu analysieren, wurde ausgehend von den identifizierten Verwendungsmustern das ECHA *Use Descriptor System* ausgewertet, um zu

prüfen, welche Daten bei der Listung eines Stoffes vorliegen, bzw. auf welche Informationen von REACH zurückgegriffen werden kann.

Mittels der Umweltfreisetzungskategorien und deren standardmäßig als Worst-Case zugeordneten Freisetzungsfaktoren kann aus den Freisetzungsraten und der Tonnagen des in den Erzeugnissen enthaltenen Stoffes die geschätzte Belastung der Umwelt berechnet werden. Alternative Möglichkeiten, Emissionen aus Erzeugnissen zu berechnen, beruhen auf den Annahmen, dass die Emission direkt proportional zur Oberfläche der Erzeugnisse ist, die dem Wasser (Auswaschung) oder der Luft (Verflüchtigung) ausgesetzt sind, oder vom Bestand, dem *in-use stock* (Menge des Stoffes in Erzeugnissen auf dem Markt) abhängt. Das bedeutet, dass die Emission von der Oberfläche der Gegenstände und Lebensdauer bzw. dem Bestand und der Lebensdauer abhängt.

Bei drei der fünf Verwendungsmuster werden POPs in Erzeugnissen eingesetzt, die eine große Oberfläche und eine lange Lebensdauer aufweisen, das heißt, dass ein hohes Potenzial für Freisetzungen von POPs aus Erzeugnissen während der Nutzungsphase besteht. Maßnahmen zum besseren Management von POPs sollten daher ausdrücklich die Nutzungsphase von Erzeugnissen einbeziehen. Schwerpunkte sollten hierbei auf Erzeugnisse mit einem hohen Bestand, mit großer Oberfläche, hohen Stoffkonzentrationen, hohen Freisetzungsraten und langer Lebensdauer gelegt werden.

Die Abfallphase (Entsorgung oder Rückgewinnung) stellt (noch) keinen Teil der Verwendungsbeschreibung unter REACH dar. Dennoch soll nach dem Kapitel R.18 der ECHA Leitlinien zur Expositionsabschätzung im Abfallstadium die Abfallphase in der Stoffsicherheitsbeurteilung berücksichtigt werden. Für Stoffe mit PBT-Eigenschaften ist eine genaue qualitative Bewertung erforderlich. Allerdings ist der Abfallsektor durch eine Vielzahl von Akteuren geprägt; Abfälle durchlaufen in der Regel mehrere Behandlungsschritte an einem oder mehreren Standorten, die oft auch eine Trennung oder Vermischung verschiedener Abfallfraktionen beinhalten. Die auf früheren Forschungsvorhaben und den Verwendungsmustern aufbauende Analyse zeigt, dass es insbesondere bei langlebigen Erzeugnissen im Bausektor an Kenntnis über den möglichen Gehalt an POP-Stoffen mangelt und folglich POP-haltige Abfallströme auch eine Zerkleinerung (Schreddern) durchlaufen und/oder in der Deponierung enden können. Handlungsbedarfe bestehen also hinsichtlich der Entwicklung von Messmethoden zur quantitativen Bestimmung von POPs in langlebigen Erzeugnissen und hinsichtlich der Klärung des Emissions- und Gefahrenpotentials bei Deponien und Schredder-Prozessen sowie der (Weiter)Entwicklung von Arbeitsverfahren und -geräten, um die Emissionen zu minimieren.

Seit Januar 2021 besteht für Hersteller und Importeure von Erzeugnissen die gesetzliche Verpflichtung, schadstoffbezogene Informationen in die SCIP-Datenbank zu melden. Zu nennen ist der Gehalt an besonders besorgniserregenden Stoffen der REACH-Kandidatenliste. Es ist zu erwarten, dass dadurch die Kenntnisse zum Vorkommen dieser Stoffe in Erzeugnissen und Abfällen deutlich verbessert werden können. Eine ähnliche Verpflichtung zur sorgfältigen Information sollte auch für diejenigen POPs eingeführt werden, die nicht auf der REACH-Kandidatenliste genannt sind. Dadurch könnte auch die dringend erforderliche Inventarisierung von POPs im Bestand unterstützt werden. In diesem Sinne könnte die SCIP Datenbank auch als Ausgangspunkt genutzt werden, um sukzessive zu einer verlässlichen Deklaration bei solchen Produkten zu gelangen, bei denen es in der Nutzungsphase hohe Emissionspotenziale geben kann, z.B. bei langlebigen Produkten wie Baumaterialien und bei Produkten mit hoher Oberfläche. Dies würde es wesentlich erleichtern, POP-haltige Abfallströme zu erkennen und hier mögliche Freisetzungen von POPs zu verhindern.

3.3 Unterstützende Instrumente der Chemikalienpolitik

Wie können flankierende Instrumente der Chemikalienpolitik gesetzliche Regelungen zur Vermeidung potenzieller POPs in Prozessen und Produkten ergänzen? Die Beantwortung dieser Frage war Aufgabe des dritten Arbeitspaketes im Projekt. Gesucht wurden Empfehlungen für einen wirksameren Einsatz bestehender Instrumente oder für die Entwicklung neuer Instrumente. Sie sollen in der Umsetzung dazu führen, dass beim Management potentieller POPs das Vorsorgeprinzip gestärkt und potenzielle POPs in Produkten und Prozessen in Zukunft wirksamer vermieden werden. Einträge dieser Stoffe in die Umwelt sollten bereits frühzeitiger unterbunden oder mindestens stark eingeschränkt werden, bevor es zu einer nicht mehr kontrollierbaren Ausbreitung und zu Schäden kommt.

Derzeit führen die gesetzlichen Möglichkeiten eines direkten Verbotes des Einsatzes von Stoffen alleine nicht dazu, dass verstärkt Stoffe bzw. Verfahren verwendet werden, die auf Dauer sicherer und besser sind. Dies gilt auch dann, wenn für einzelne Verwendungen bereits seit langem Alternativen auf dem Markt verfügbar sind. Daher sind in der Chemikalienpolitik seit mehreren Jahrzehnten Instrumente entwickelt worden, die verstärkt auf eine freiwillige Zusammenarbeit unterschiedlicher gesellschaftlicher Handlungsträger setzen. Sie sollen die gesetzlichen Vorgaben zum Stoffmanagement ergänzen, um verstärkt problematische Stoffe zu ersetzen. Ersatz kann die Verwendung anderer Stoffklassen bedeuten oder den Wegfall bzw. die deutliche Modifikation bestimmter Anwendungsmuster.

3.3.1. Ausgewählte chemiepolitische Instrumente

Wichtige Beispiele solcher chemiepolitischer Instrumente sind:

- ▶ SAICM (mit dem prioritären Politikthema der PFCs);
- ▶ die Ad-hoc-Gruppe der OECD zur Substitution gefährlicher Chemikalien;
- ▶ die Strategie der ECHA zur Substitution problematischer Stoffe;
- ▶ das Konzept der Green Chemistry und der Nachhaltigen Chemie sowie hiermit verbundene öffentliche und privatwirtschaftliche Initiativen; z.B. die Substitutionsstrategie von Coop als Beispiel für ein privatwirtschaftliches Engagement;
- ▶ die Aktivitäten von ChemSEC: die SIN-List, das Instrument SINimilarity und der Marketplace und
- ▶ das Substitutionsportal Subsport Plus.

In den Kapiteln 4.6.1 – 4.6.4 werden vier chemiepolitische Aktivitäten beschrieben und untersucht, die mit vielen unterschiedlichen Ansätzen Beiträge zum vorausschauenden Management leisten bzw. leisten können. Hierbei wird auch dargestellt, welche Beziehungen es gibt zu den Verwendungsmustern, die für POPs typisch sind und die in diesem Projekt herausgearbeitet wurden.

3.3.2. Konkrete Beiträge zur Unterstützung der Vermeidung von POPs

Die Beiträge durch die begleitenden freiwilligen Instrumente sind sehr unterschiedlich. Es kann die Durchführung sektorspezifischer Workshops zu wichtigen Verwendungen von POPs sein. Es kann die Dokumentation von vorhandenen Alternativen in Internet-Portalen oder die Unterstützung von besseren und sicheren Alternativen auf Produktplattformen wie z.B. dem

Marketplace von ChemSec sein. Die folgende Abbildung zeigt hier ein Beispiel. Es ist das Ergebnis einer Recherche nach einem Ersatzprodukt für den Weichmacher Diethylhexylphthalat (DEHP).

Abbildung 3: Recherche nach Ersatzprodukten für DEHP auf dem Marketplace von ChemSec

Quelle: (ChemSec, o. J.-a)

Andere wichtige Beiträge sind die frühzeitige Information von Unternehmen über Stoffe mit kritischen Eigenschaften. Hier gibt es inzwischen eine ganze Reihe öffentlich zugänglicher Problemstofflisten, z.B. die SIN-Liste. Im Rahmen des Projektes ist ein bestehendes Instrument um die POP-Liste erweitert worden: REACH Radar. Es unterstützt gerade kleine und mittlere Unternehmen bei der Identifizierung problematischer Stoffe. Die folgende Abbildung zeigt die Eingabe- und Ergebnisanzeige-seite von REACH Radar.

Abbildung 4: Der Eingabe- und Ergebnisanzeige-Bereich von REACH Radar

Summe CAS-Inhaltsstoffe in Liste	31	7	81	5	80	73
	Ersatz wichtig!				Beobachten!	
CAS-Nr Inhaltsstoff	Kandidatenliste	Anhang XIV	SIN	Eigene Liste	PACT	CORAP
101-80-4	x Art. 33: Kommunikation!		x	x		
7790-79-6	x Art. 33: Kommunikation!		x	x	x	
97-99-4	x Art. 33: Kommunikation!		x	x		
134237-50-6	x Art. 33: Kommunikation!	x Zulassung!	x	x		
26471-62-5				x	x	x

Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

3.3.3. Empfehlungen

Die Analyse vorhandener chemiepolitischer Instrumente hat gezeigt, dass es sehr viele Ansatzpunkte gibt, um das vorausschauende Management von Stoffen mit POP-Eigenschaften zu fördern. Das Kapitel 4.7 dieses Berichtes nennt alle Empfehlungen, die erarbeitet werden konnten. An dieser Stelle werden acht besonders wichtige Empfehlungen hervorgehoben.

- E1 / Kapazitäts- und Netzbildung durch verstärkte Bekanntmachung wirtschaftlich erfolgreicher, sicherer und besserer Alternativen auf Informationsveranstaltungen und Workshops zur Besten Praxis mit Anwenderverbänden. Erforderliche Partner: Behörden, Wirtschaftsverbände.

Schwerpunkte sollten hierbei auf Verwendungsmuster gelegt werden, bei denen aktuell überwiegend nicht-nachhaltige Alternativen zum Einsatz kommen (z.B. kurz- und mittelkettige PFCs). Bestehende Netzwerke (z.B. die OECD *Ad hoc Group on Substitution of Harmful Chemicals* bzw. das *Substitution to Safer Chemicals – European Information Sharing Network* der ECHA) können genutzt und ausgebaut werden.

- E2 / Verstärkte Information zu wirtschaftlich erfolgreichen, sicheren und besseren Alternativen auf Informations-Plattformen. **Erforderliche Partner:** Behörden, Wirtschaftsverbände.

Für alle POPs und für die bewerteten Ausnahmen sollten die inzwischen identifizierten guten Alternativen in der SAA Toolbox, in SUBSPORTplus, in den US EPA *Safer Product Ingredients Lists* und in ähnlichen Instrumenten bzw. auf vergleichbaren Plattformen genannt werden.

- E3 / Gezielte Wirtschaftsförderung zur Entwicklung und Marktdurchsetzung sicherer und besserer Alternativen. **Erforderliche Partner:** Behörden, Wirtschaftsverbände, Forschung.

Für alle Anwendungen von POPs, bei denen bessere und sichere Alternativen noch fehlen, sollten sie gezielt entwickelt werden (Bewertung, Forschungspreise, Wettbewerbe). Anschließend sollten sie in der Markteinführung und -durchdringung gefördert werden.

- E5 / Verstärkte und frühzeitige Sichtbarmachung problematischer Stoffe durch gezielte Listung parallel zum Listungs-Prozess der Stockholm Konvention (z.B. SIN Liste, z.B. *Green Screen List of List*). **Erforderliche Partner:** Behörden, ChemSec, US EPA.

Stoffe mit POP Eigenschaften sollten frühzeitig auf die SIN- Liste, im Leitfaden für Nachhaltige Chemikalien, im Instrument Subselect und in das Portal SUBSPORT plus aufgenommen werden, noch bevor eine Listung in der Stockholm-Konvention stattgefunden hat. Dadurch wäre sichergestellt, dass die Stoffe von einer großen Zahl von Nutzern als problematisch erkannt und bei ihren Substitutions-Aktivitäten berücksichtigt werden.

- E 7/ Platzierung aller bekannten und funktionierenden Alternativen auf ChemSec *Marketplace* und ähnlichen Plattformen. **Erforderliche Partner:** Behörden und NGOs.

Für alle POPs und für die bewerteten Ausnahmen sollten die inzwischen identifizierten, sichereren und besseren Alternativen z.B. auf dem Marketplace beworben werden. Die Anfrage-Funktionalität des Marketplace- kann genutzt werden, um gezielt weitere Alternativen für (zukünftige) POPs zu finden.

- E10 / Verstärkte Öffentlichkeitsarbeit zur Steigerung der Nachfrage nach Produkten ohne POPs durch die Bevölkerung. **Erforderliche Partner:** Behörden, Erwachsenenbildung und Verbraucherschutzverbände
- E11 / Verstärktes Augenmerk auf die Vermeidung von POPs und nicht-nachhaltigen Alternativen bei öffentlichen Beschaffungen. **Erforderliche Partner:** Behörden.

- E12/ Verstärkte Einbeziehung der Vermeidung von POPs und nicht-nachhaltigen Alternativen als Kriterium bei Investitionsentscheidungen von Investoren. **Erforderliche Partner:** Behörden und private Investoren.

Weitere wichtige Empfehlungen finden sich im Kapitel 4.7. Auf dieses Kapitel beziehen sich auch die oben verwendeten Nummerierungen der Empfehlungen.

Im Mittelpunkt der begleitenden chemiepolitischen Aktivitäten sollten wirtschaftlich erfolgreiche und dadurch attraktive Beispiele stehen. Dieser anreiz- und lösungsorientierte Ansatz kann Unternehmen motivieren, eigenständig Schritte zum frühzeitigen Ersatz von (neuen) POPs zu gehen. Attraktive Beispiele ermöglichen einen Wechsel der Perspektive. Substitution ist dann für Unternehmen keine Last mehr zur Erfüllung gesetzlicher Vorgaben, sondern eine interessante Möglichkeit, mit nachhaltigen Produkten auf dem Markt langfristig erfolgreich zu sein.

Summary

Towards a more proactive management of POPs

Persistent organic pollutants can cause severe damage to humans and the environment. In the year 2004, the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (hereinafter referred to as the Stockholm Convention) initiated the global regulation of substances that have such properties, with the aim of banning them wherever possible. To date, 30 substances (or groups of substances) have been listed as POPs.

The Stockholm Convention has led to bans on these substances in many countries and thus to a halt in their use. Nevertheless, the substances still pose a challenge for chemicals management. Partly high stockpiles in products, difficulties in the collection and proper disposal of waste streams containing POPs, and the replacement of POPs with equally problematic substitutes are some of these challenges.

The task of the research project reported on here was therefore to work out possibilities for a more effective and more forward-looking management of POPs, based on the experience of the activities on POPs carried out so far. The results should support the important environmental policy objective of preventing the use and release of substances with POP characteristics as far as possible and at an early stage, now and in the future.

The analysis of previous activities and the development of recommendations was structured in three work packages. They relate to different aspects of the management of POPs:

- Work package 1 deals with the scientific criteria and their application for the identification of POPs.
- Work package 2 deals with the practice of listing substances in the Stockholm Convention and the implementation of the related obligations.
- Work package 3 deals with additional activities in chemicals policy that are intended to support the legal requirements, example.g., sector-specific stakeholder workshops.

The results of these analyses and the resulting recommendations are presented in detail in chapters 2, 3 and 4 of the report. Extensive additional substance-specific information from work packages 1 and 2 can be found in an additional annex volume.

The following three sub-chapters summarise the main findings from work packages 1 to 3, with references to the sections of the main body that present these findings in detail.

1. Scientific findings that are important for the identification of POPs

In WP1, the scientific publications on all POPs were identified using the scientific database Web of Science (WoS)⁴ and then analysed. The WoS database is very comprehensive and made it possible to find all relevant publications on POPs from 1950 to 2019 using appropriate search queries. For each substance (or substance group), the chronological sequence of all publications on each of the four POP characteristics (persistence, bioaccumulation, toxicity and long-range transport) was presented, in the form of four histograms per substance, showing the number of publications on the respective POP characteristic for each year from 1950 until the inclusion in the convention. In addition to each histogram, a timeline was created that shows the important progress in knowledge over the years.

⁴ <https://webofknowledge.com> (Web of Science, o. J.)

Furthermore, the WoS was used to record how often the respective publications are cited and which publications are the most cited ones (again for each POP characteristic of each substance). In this way, it was possible to break down and analyse the scientific progress of knowledge over a period of 70 years, especially in connection with the Stockholm process starting with the nomination as a possible POP substance via evaluation by the POPRC to the final inclusion in the Convention. The main results of this analysis are:

- ▶ There are scientific publications on the first 12 POPs from as early as 1950 or 1960, mainly on their toxicity and partly also on their persistence (because it was established early that the residues of these substances remain in the environment for a long time).
- ▶ From about 1991 onwards, much more was published on the first 12 POPs (on all properties), because the Stockholm Convention was elaborated at that time and there was a great demand for results on the four POP characteristics of these substances. Research on long-range transport potential only really began during this period.
- ▶ For many substances, the progress in knowledge is largely gradual, and the findings relevant for assessment by the POPRC have accumulated over a long period of time. On average, the duration from the first environmentally relevant publication on a POP substance and its inclusion in the Convention is 40 years (with the shortest durations being just over 10 years and the longest just under 80 years).
- ▶ For some substances and some characteristics, e.g. the toxicity of polybrominated diphenyl ethers, there are milestone publications that bundle the findings and represent the state of research relevant for inclusion in the Convention.
- ▶ For all new POPs (inclusion from 2009 onwards), there were at least three years between the most cited publications and the inclusion in the Convention.

Overall, the time series analyses are very extensive, and the main part of them is presented in the annex volume.

The conclusions from WP1 state:

- ▶ The criteria for POPs according to Annex D of the Convention capture the central POP characteristics well.
- ▶ Among the POP characteristics, persistence is central, as it is what enables the occurrence of long-range transport and long-term bioaccumulation as well as the build-up of relevant concentrations in the environment.
- ▶ The generation of the pertinent scientific knowledge before inclusion in the Convention can take a long time, especially for substances that have been environmentally relevant for a long time, so that the results of many years or decades of research are incorporated.
- ▶ Conversely, for substances that are only brought into the spotlight through their nomination as a POP candidate, the POPRC assessment process may be hampered by a lack of data (e.g. SCCPs). Here, an increasingly occurring problem is that the absence of data is interpreted as an indication of the absence of the POP property (*absence of evidence* is interpreted as *evidence of absence*). This is a serious logical fallacy, and more care should be taken to ensure

that this fallacy is recognised and does not affect the assessment (e.g. the currently ongoing assessment of UV-328, which was nominated as a POP candidate in 2020). It should be noted that it is possible within the framework of a dossier or substance evaluation under REACH to request tests from the registrant if specific data for the assessment of a POP characteristic are missing; the information requirement can cover e.g. tests according to OECD Guidelines.

- ▶ The discussion of POP nominations for substances that are still in use or economically relevant (e.g., endosulfan, short-chain chlorinated paraffins, UV-328) has shown that in such constellations, individual actors sometimes fed information into the process that appeared scientific but was finally unsuitable to adequately describe the hazard potential of the substances in terms of the POP criteria. Even if this ultimately has no detrimental effect on the result of the assessment, it nevertheless greatly increases the effort required to clarify the actual situation.
- ▶ In addition, the discussions and deliberations of the POPRC, in particular at the stage of the draft risk profile, are increasingly burdened by excessively extensive and detailed comments. This is a threat to the overall workflow because the capacity of the submitter in terms of time, funding, and personnel is exceeded. As a consequence of these observations, we recommend: (i) in the future, comments can only be provided through a predefined and formalized table, which will make the comments more concise, specific and transparent; (ii) the commenting phase should be limited strictly to a short period of time; (iii) submitters of POP dossiers need to provide a sufficient (meaning: larger than in previous years) budget in terms of time, funding and personnel that meets the increasing requirements of the handling of a submission throughout the different stages. If needed, submitters should receive support for this from other parties.

2. The Stockholm Convention: proposals, listings and implementation

Several years pass between the introduction of a substance into the Stockholm Convention process and its listing. Work package 2 systematically examined how this process was carried out for the individual substances. It also identified the current challenges in implementing the listing obligations for countries that have ratified the Stockholm Convention.

For the 30 POPs already listed (as of 2020), the analytical part of WP2 examines when and with what scientific and/or legal justifications the substances were introduced into the decision-making and listing process of the Stockholm Convention. In the process, it was also analysed

- ▶ which data were available at that time,
- ▶ which additional data were collected in the process and on what legal basis,
- ▶ which additional sources of information (e.g. contract research) were used for this purpose, and
- ▶ which data were finally used for the regulatory decision.

The following essential aspects are considered in the analysis. Further analyses can be found in the report.

- ▶ Analysis of the processes for the 12 originally listed POPs in the Stockholm Convention

- Analysis of the role of the POP Protocol on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) for the listing. It was already concluded on 24 June 1998 under the umbrella of the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). It evaluated and listed a number of POPs currently listed under the Stockholm Convention.
- Detailed evaluation of the effectiveness of the decision-making and listing process for the 18 newly listed POPs that have gone through POP Review Committee (POPRC) screening and listing in the Conference of Parties (COP) meetings. In this process, the scientific justification at the time a POP is proposed is summarised in the listing proposal (Annex D criteria). In addition, the documents that were important for the further steps of establishing the risk profile (Annex E) and the risk management assessment (Annex F) were examined and evaluated. For each POP, flow charts (timelines) were prepared and provided with technical explanations. In addition to the POPRC documents investigated in the context of the study, information was obtained from selected persons who had detailed background experience in the POPRC process.
- Other relevant aspects for the effectiveness of the regulatory management of the Stockholm Convention.

The aim of this work package is to develop recommendations aimed at adapting and, if necessary, further developing regulatory procedures that are suitable for regulating POPs more effectively on a global level, and implementing the Stockholm Convention with regard to the listing of POPs more efficiently and in a way that conserves resources in terms of time and criticism (solidifying working routines between the actors). The aim was also to understand the extent to which a decision can be made on a sound data basis in a reasonable time, even for substances that are initially less comprehensively researched.

2.1 Analysis of the originally listed 12 old POPs

The original 12 POPs (old POPs or dirty dozen) were included for the Stockholm Convention without a risk profile and consideration of socio-economic impacts. At that time, the dirty dozen were already heavily regulated and/or banned in many countries, no longer widely used and no longer protected by patents. Moreover, their areas of application were also limited, as 9 out of 12 POPs were mainly used in agriculture as pesticides and had been replaced by more profitable alternatives.

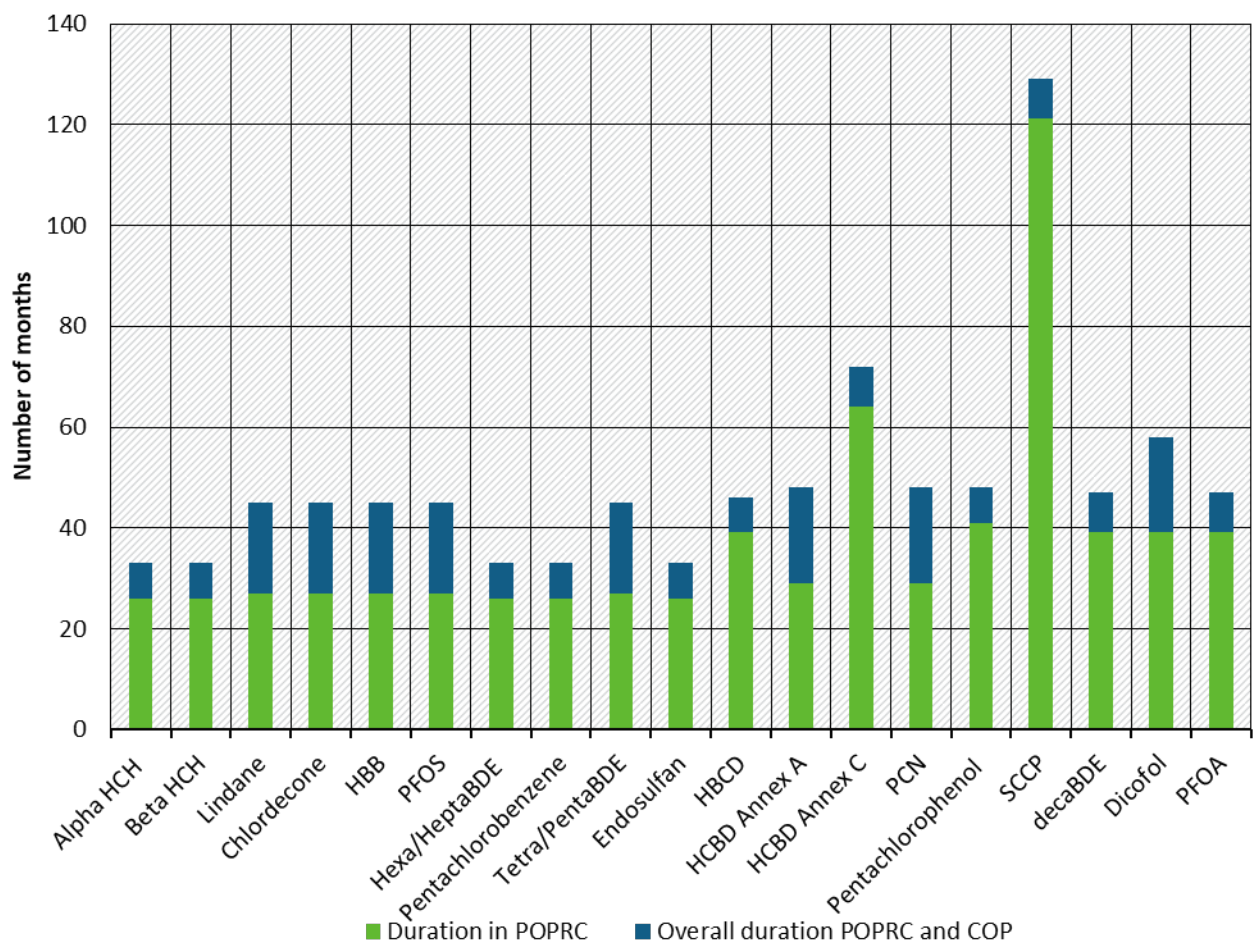
The convention negotiations were characterised by strong participation of various NGOs, whereas the chemical industry was hardly involved, as the substances of concern were largely considered non-marketable. In a document by Ritter et al. (1995), the available information on the chemistry, toxicology, relevant transport routes and the origin, transport and disposal of the substances concerned was compiled for the International Programme on Chemical Safety (IPCS). This was the basis for listing the 12 POPs in the POP Protocol. In the information for a risk profile, data gaps were identified with regard to production quantities, solution strategies and the specific uses or purposes for which these POPs were used, especially in developing countries. In the listing of the 12 old POPs, the POP Protocol was the driving force behind their inclusion in the Stockholm Convention, with several exceptions for further use for developing countries for some time.

2.2 Analysis and evaluation of the effectiveness of the decision-making and listing process of the 18 new POPs

As a simple criterion, whether there were diverging opinions in the POPRC on proposals and evaluations and thus difficulties in listing that led to delay, the total duration of the decision-making and listing processes was documented on the one hand in comparison for all 18 substances (Figure 1) and on the other hand in the form of detailed timelines for each substance. When interpreting this, it should be taken into account that the meetings of the POPRC are usually held annually in September/October in Geneva or Rome. The theoretically shortest process up to the proposal for listing, with the three-stage investigation (Annex D, Annex E and Annex F) in the POPRC (approx. 24 months) and the subsequent listing in the Conference of the Parties, thus extends over approx. 36 months, or approx. 48 months if the biennial Conference of the Parties does not take place until the following year after the completion of the evaluation in the POPRC.

12 of these POPs were evaluated in the POPRC in the shortest possible time (approx. 24 months). Another 5 POPs (HBCD, PCP, PFOA, DecaBDE and Dicofol) were evaluated and proposed for listing in the POPRC within approx. 36 months (Figure 1) and thus with only a slight one-year delay. HCBd was evaluated twice in the POPRC – once for the proposal of listing in Annex A and then additionally for listing in Annex C, which was proposed with a delay of 4 years. With 10 years, the evaluation duration for SCCPs carried out in the framework of POPRC was significantly longer.

Figure 1: Total duration of listing of new POPs from proposal to inclusion in the Convention



Source: own illustration, POPs Environmental Consulting

All 18 new POPs submitted to the POPRC process were thus also proposed for listing and finally listed as POPs by the COP. This proves that the evaluation and listing process in the POPRC and in the COP on the whole is very effective. However, even POPs that have gone through the POPRC process in a short time have had some controversial discussions and, in the case of endosulfan, even a vote instead of the usual consensual agreement.

2.3 Other relevant aspects for the effectiveness of the regulatory management of the Stockholm Convention

The following sections summarise other aspects that appear to be important for the effectiveness of the regulatory management of the Stockholm Convention.

2.3.1 Limited number of proposing Parties and overall low number of proposals for new POPs

By 2020, of the 184 Parties, only five Parties had exercised their right to propose POP candidates (EU, Norway, Sweden, Switzerland and Mexico). More than half of these proposals for the 18 new POPs and the 4 POP candidates came from the EU. In 2021, two more Parties made POP listing proposals: the UK proposed the medium-chain chlorinated paraffins (MCCPs) and Canada proposed the long-chain perfluorocarboxylic acids (LC-PFCAs). Thus, 7 Parties have now nominated POPs, with Mexico being the only developing country.

With regard to the global perspective relevant for a worldwide agreement, there is potential for improvement or development here. Attempts should be made to involve additional Parties in the nomination process (China or India, for example, would be interesting). If there is interest in a proposal from a developing country, it might make sense to provide support for the work associated with the nomination, and possibly also support for the subsequent implementation tasks.

Compared to the 570 to 900 substances and substance groups to which POP properties are attributed, the number of 30 POPs listed so far is rather low.

2.3.2 Danger of insufficient post-ratification by invoking Article 25(4)

The reservation of ratification for newly listed POPs (Article 25(4)) poses a potential risk to effective phase-out of POPs and implementation of the Stockholm Convention.

Some of the 17 Parties that have ratified the Convention under Article 25(4) have not yet ratified any or only a few of the newly listed POPs. As this includes populous countries such as Bangladesh, India and Russia, the Convention is not appropriately implemented here for about 20% of the world's population, as these countries' National Implementation Plans (NIPs) cannot be updated due to non-applicable GEF funding. The possible continuation of production and use in these countries and the exemption under Article 4(4) for post-ratification pose a threat to effective elimination of listed POPs and thus also to effective implementation of the Convention. This is particularly significant, because countries with large production capacities can continue to produce and use listed POPs. These are countries such as India or Russia, and to some extent also China, which, however, is successively ratifying new listed POPs.

The non-ratification of newly listed POPs by industrialised countries such as Australia, Slovenia and partly Canada is difficult to understand and also problematic with regard to the role model function for developing countries, which typically have greater difficulties in implementing the Convention.

Moreover, due to the room for interpretation of Article 25 (4), previously approved specific exemptions may continue to be used for 5 further years from the time of the post-ratification of a POP, and this substance may also continue to be produced.

At the political level, it seems expedient to address the problems arising from non-ratification or severely delayed post-ratification under Article 25(4).

At the political level, the Compliance Committee,⁵ newly established in 2023, is responsible for overseeing the implementation of the Convention. It remains to be seen to what extent the non-ratification or significant delays in ratifying newly listed POPs will be accelerated through this process.

The Secretariat of the Stockholm Convention has commissioned a report on countries that have ratified poorly or not at all, with a view to supporting ratification in countries invoking Article 25(4) (UNEP, 2021d). However, given the global lack of capacity to establish sustainable chemicals management, there appears to be no rapid improvement in the situation here.

2.3.3 Threats and opportunities from granted exemptions for production and use of POPs

In addition to the listing as POPs, the exemptions listed in the Stockholm Convention also play an important role for the effectiveness of regulatory management. The current situation of several POPs (including PFOA, PFOS, HBCD, DecaBDE, SCCP), where virtually all important uses were (initially) listed as exemptions, is problematic on the one hand. These POPs can thus continue to be used in many applications even after a scientifically justified ban decision.

On the other hand, extensive lists of exemptions also open up the opportunity to advance the issue of substitution with safer and more sustainable chemicals globally and to address and implement the approaches of green chemistry and sustainable chemistry as criteria in the choice of alternatives. Due to the listing of many exceptions, alternatives must be considered and evaluated for these chemicals. The resulting documents and guidance documents with alternatives to POPs with listed exemptions open up an opportunity to make the best, safest and most sustainable alternatives to these POPs known globally. So far, the alternatives in the BRS Secretariat's guidance documents have not yet been evaluated, but merely compiled. Insofar, a technically sound evaluation of the alternatives would be an interesting next step and foreseeably a very important means to reduce the currently very frequent use of problematic substitutes (regrettable substitutions) and instead support a truly better global substitution process (Fantke et al., 2015). These activities could be linked to the projects of the Federal Environment Agency and possibly the ISC3 to promote sustainable chemistry.

Increased application of substance grouping approaches could then also make it possible to jointly replace extensive groups of structurally related substances in certain applications with more sustainable substitutes or processes globally. Examples include PBDEs (and the alternative brominated flame retardants) as well as PFOS/PFOA (including other PFAS as alternatives), where substitution with equally problematic substances is currently still predominant.

The issue of grouping substances and functional or informed substitution can be brought into the focus of regulatory and chemical policy activities worldwide through a stronger linkage of the Stockholm Convention activities with the work of the IOCM and the emerging policy issues of the SAICM follow-up process, as well as in connection with the Sustainable Development Goals of the SDG process.

⁵ The Compliance Committee was not established until after the technical work on the project had been completed in 2021. A reference to this was added retrospectively for the publication of the report in 2026.

2.3.4 Difficulties of implementation in developing countries

The actual problem or bottleneck in realising the goals the Stockholm Convention is implementation by the Parties. After a POP has been listed and the ban has entered into force, the Parties have 2 years to update their NIP (Article 7). Developing countries in particular are lacking the resources to meet their obligation to properly inventory and adequately manage chemicals. A large proportion of Parties are behind schedule in developing and submitting NIPs. Apart from a few pilot projects for the recently listed POPs, there are currently no large-scale activities to enable the updating for the recently listed POPs and, in particular the implementation of NIPs in developing countries through GEF funding. This is a major problem for effective implementation of the Stockholm Convention and, as mentioned above, is also a reason why developing countries do not submit proposals for new POPs.

The lack of disposal and destruction options for POPs in large parts of the world is another important reason to ban the production and use of chemical groups globally as soon as possible or to impose very rigid product liability (*Extended Producer Responsibility*) on the socially necessary uses (*essential uses*). For example, highly persistent and water-soluble chemicals such as per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) cannot be safely disposed of or reliably destroyed in practically any developing country. Neither is there a waste management system in these countries that could adequately record these chemicals over their life cycle, nor are suitable destruction technologies available for these substances in these countries.

2.3.5 Synergies and cooperation of the Stockholm Convention with other international conventions and other POPs regulations

An important component of effective POP management is the use or the expansion of synergies between the relevant global conventions. The importance of cooperation has increased in recent years. This is due, on the one hand, to the listing of industrial POPs still in production in the Stockholm Convention, where the listing includes exemptions; for the same substances, there are also listings in the Rotterdam Convention. On the other hand, overlaps result from the inclusion of mixed plastic wastes, some of which contain POPs as additives, in the Annexes of the Basel Convention. The mutual exchange of information as well as the cooperation also with the respective national or regional actors thus have an impact on the implementation of the Stockholm Convention.

An analysis shows that of the 18 newly listed POPs under the Stockholm Convention, 10 substances are also listed in Annex III of the Rotterdam Convention. The recently listed industrial POPs DecaBDE and PFOA have now also been proposed for possible listing by the Chemical Review Committee of the Rotterdam Convention. The aim here should be to list and control all POPs of the Stockholm Convention that may still be produced and traded also in the Rotterdam Convention. The analysis further examined, to which extent compliance is maintained between the relevant regulations of the conventions by the Parties. If a Party imports a listed and ratified POP for use (PIC procedure under the Rotterdam Convention), an exemption under Article 4 of the Stockholm Convention would also have to be registered for this POP. However, only a handful of Parties have both registrations, while in most countries, no corresponding registered exemptions under the Stockholm Convention exist for import permits under the Rotterdam Convention. There is a need for improvement here, which was also confirmed by the BRS Secretariat when asked.

An important synergy between the Stockholm and Basel Conventions exists in the disposal of POP wastes. The export of POP wastes from developing countries to industrialised countries was considered, for which notifications under the Basel Convention have to be checked in advance before waste shipments start and for each waste shipment. The main challenge with the Basel

notification procedure is the often very long processing time and the denial of permits for transit (e.g. in the case of pesticide waste from the states of the former Soviet union or of plastic from electronic waste processed in African states, when these are shipped to Europe for destruction or recycling, respectively). For better synergy, the Basel notification would have to be made more effective and faster at this point. It should be ensured that all Basel Convention focal points in countries respond and can be reached in a timely manner.

Coordination and dovetailing of certain issues should be addressed through the international SAICM process in order to exploit possible synergies of different activities in international chemicals management and to make the process more efficient. The same applies to the *Inter-Organisation Programme for the Sound Management of Chemicals* (IOMC). As an example, the IOMC toolbox developed there for decision-making in chemicals management could be further developed and better disseminated and applied in cooperation with the Stockholm Convention (and other conventions).

3. Support, incentives and motivation: complementary chemical policy instruments

Replacing problematic substances with genuinely safe and more sustainable substances requires more than legal requirements. Support, incentives and motivation are needed so that companies, but also public authorities and private users of chemicals and products will select existing better products or will independently search for and develop better alternatives. Work package 3 focused on the analysis of chemical policy instruments that can support these activities.

Furthermore, this work package investigated whether it is possible to focus such activities in two directions: on the one hand, on usage patterns in which POPs are frequently used, and on the other hand, on uses that are characterised by a high emission potential. The following three sections thus refer to usage patterns of POPs, particularly high emission potentials and selected chemical policy instruments.

3.1 Use patterns of POPs

The Stockholm Convention officially classifies POPs into three groups according to their uses: Pesticides, industrial chemicals, among which are many brominated flame retardants (BFRs), and chemicals that are unintentionally generated or produced. For pesticides, the use patterns can already be described in detail; for unintentionally produced POPs, there is by definition no intended use at all. For the thirteen POPs used as industrial chemicals, the use patterns were investigated in this study. A use pattern is a frequent combination, i.e. found in several POPs, of one application area⁶ and one function.

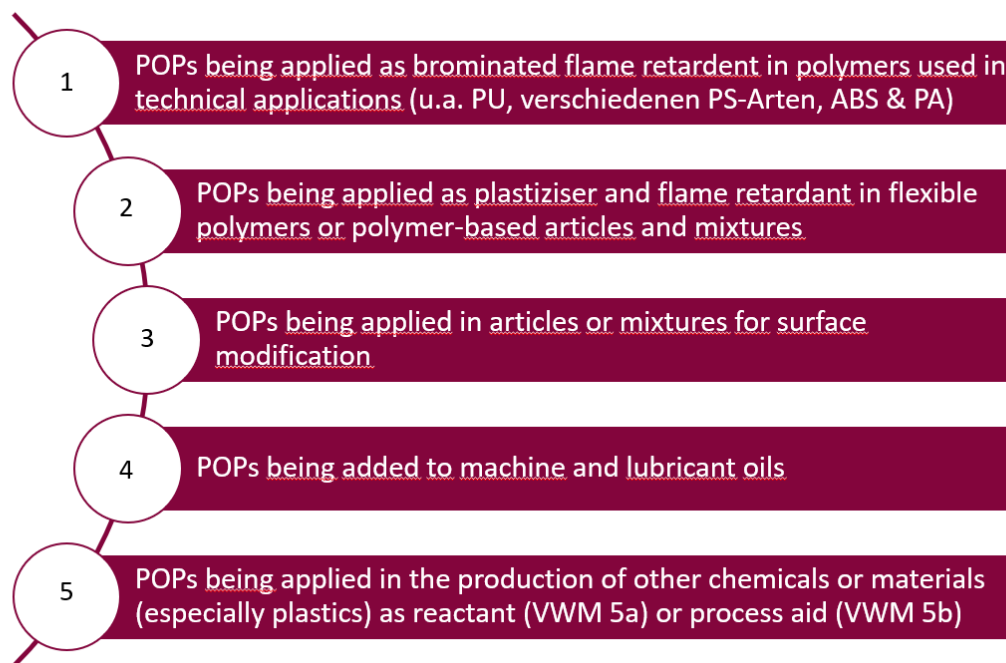
Applying the indicators of the ECHA *Use Descriptor System* to the identified use patterns, it becomes clear that there are currently different definitions in chemical regulation (mixture, article, ...) and in product descriptions (material, product, ...). In future, a more uniform description of uses will be important here in order to better align the chemicals and product-related regulations and to make targeted use of references between them.

Even if the number of industrial chemical POPs themselves is relatively small, they are used in many different technical functions. The total number of uses of POPs is very high because they are used in many mixtures and articles and in different sectors.

⁶ In this context, application areas are understood to be the processes, the materials and the products in which POPs are used. Products can be either mixtures or articles.

However, the analysis of the many uses has also shown that 90% of them can be assigned to one of the five use patterns, which are shown in the following figure:

Figure 2: Use pattern of the industrial chemicals listed in the Stockholm-Convention



Source: own illustration, Öko-Institut e.V.

About one third of the uses each relate to plastic additives (VWM 1 and 2) and surface modifications (VWM 3). Most uses of POPs can be assigned to this manageable number of use patterns. A few substances are also used in other applications. This leads to the recommendation future efforts to reduce and regulate POPs be focused on these important technical functions (flame retardancy, plasticisers, surface modification) and the associated use patterns. Suitable starting points could be here, e.g., targeted monitoring, research work, expansion of ECHA's *Plastic Additives Initiative* and workshops with users in these areas.

3.2 Uses with high emission potentials

The starting point for the analysis was the results of previous research that had shown that exposures to PCBs in various applications, including those open to the environment, are significantly more difficult to manage and last longer than exposures to, e.g., chlorinated pesticides. Under the European POPs Regulation, the production, placing on the market and use of a POP substance is banned, but the use of articles placed on the market before the entry into force of the ban comes in the EU remains permitted. Emissions of POPs from articles, as shown by previous research, can thus be significant, but data on quantities of POPs in articles are not automatically available.

In order to analyse the emissions from articles, the ECHA *Use Descriptor System* was evaluated based on the identified use patterns to check which data are available when a substance is listed or which information can be accessed from REACH.

Using the environmental release categories and their assigned default worst-case release factors, the estimated burden on the environment can be calculated from the release rates and

the tonnages of the substance contained in the articles. Alternative ways of calculating emissions from articles are based on the assumptions that the emission is directly proportional to the surface area of the articles exposed to water (leaching) or air (volatilisation) or depends on the *in-use stock* (quantity of the substance in articles on the market). This means that emission depends on the surface of the articles and lifetime or the stock and lifetime.

Three of the five use patterns involve POPs in articles that have a large surface area and a long lifetime, meaning that there is a high potential for releases of POPs from articles during the use phase. Measures to improve the management of POPs should therefore explicitly also include the use phase of articles. Emphasis should be placed on articles having high in-use stocks, a large surface area, high substance concentrations, high release rates and a long lifespan.

The waste phase (disposal or recovery) is not (yet) part of the use description under REACH. Nevertheless, according to Chapter R.18 of the ECHA Guidance on "Exposure assessment for the waste stage", the waste stage should be considered in the chemical safety assessment. For substances with PBT properties, a precise qualitative assessment is required. However, the waste sector is characterised by a multitude of actors; waste usually goes through several treatment steps at one or more sites, often involving separation or mixing of different waste fractions. The analysis based on previous research projects and the use patterns shows that there is a lack of knowledge about the possible content of POP substances, especially in the case of long-lived products in the construction sector, and consequently waste streams containing POPs may also undergo shredding and/or end up in landfills. Thus, there is a need for action with regard to the development of measurement methods for the quantitative determination of POPs in long-lived products and with regard to the clarification of the emission and hazard potential in landfills and shredding processes as well as the (further) development of working procedures and equipment in order to minimise emissions.

Since January 2021, manufacturers and importers of articles have been legally obliged to report pollutant-related information to the SCIP database. This includes the content of substances of very high concern of the REACH candidate list. It is expected that this will significantly improve knowledge about the occurrence of these substances in articles and waste. A similar obligation to provide careful information should also be introduced for those POPs that are not listed on the REACH candidate list. This could also support the urgently needed inventory of POPs in the stockpile. In that sense, the SCIP database could also be used as a starting point to successively achieve a reliable declaration for products with high emission potentials during their use phase, e.g. for long-lived products such as building materials and for products with high surface areas. This would make it much easier to identify waste streams containing POPs and to prevent possible releases of POPs.

3.3 Supporting instruments of chemicals policy

How can supporting instruments of chemicals policy complement legal regulations for the prevention of potential POPs in processes and products? Answering this question was the task of the third work package in the project. Recommendations for a more effective use of existing instruments or for the development of new instruments were sought. When implemented, they should lead to a strengthening of the precautionary principle in the management of potential POPs and to a more effective avoidance of potential POPs in products and processes in the future. Inputs of these substances into the environment should be prevented at an early stage or at least severely restricted before they spread beyond control and cause damage.

At present, the legal possibilities of a direct ban on the use of substances alone do not lead to the increased use of substances or processes that are safer and better in the long run. This is also the case when alternatives for individual uses have been available on the market for a long time. For

this reason, instruments have been developed in chemicals policy for several decades that increasingly rely on voluntary cooperation between different actors in society. They are intended to supplement the legal requirements for substance management in order to increasingly replace problematic substances. Substitution can mean the use of other substance classes or the elimination or significant modification of certain application patterns.

3.3.1 Selected chemical policy instruments

Important examples of such chemical policy instruments are:

- ▶ SAICM (with the priority policy issue of PFCs);
- ▶ the OECD Ad Hoc Group on Substitution of Harmful Chemicals;
- ▶ ECHA's strategy on the substitution of problematic substances;
- ▶ the concept of Green Chemistry and Sustainable Chemistry as well as related public and private sector initiatives; e.g. Coop's substitution strategy as an example of private sector involvement;
- ▶ The activities of ChemSEC: the SIN-List, the SINimilarity tool and the Marketplace; and
- ▶ the substitution portal Subsport Plus.

Chapters 4.6.1 - 4.6.4 describe and examine four chemical policy activities that make or can make contributions to forward-looking management with many different approaches. In this context, the relationships to the usage patterns that are typical for POPs and that were elaborated in this project are also presented.

3.3.2 Concrete contributions to support the prevention of POPs

The contributions through the accompanying voluntary instruments vary widely. It can be the implementation of sector-specific workshops on important uses of POPs. It can be the documentation of existing alternatives in internet portals or the support of better and safer alternatives on product platforms such as the Marketplace of ChemSec. The following figure shows an example. It is the result of a search for a substitute product for the plasticiser diethyl hexyl phthalate (DEHP).

Figure 3: Search for substitute products for DEHP on the Marketplace of ChemSec

The screenshot shows the ChemSec Marketplace search interface. At the top, there is a search bar with 'DEHP' entered and a magnifying glass icon. Below the search bar is a 'Filter' button with a green checkmark. To the right, there is a 'Sort by' dropdown menu set to 'Most recent'. Below these elements, it says 'Found 24 results'. The first result is highlighted with a green 'EVALUATED ALTERNATIVE' tag. The result title is 'True non-phthalate plasticizer for close to human use: Pevalen™'. To the right of the title is the Perstorp logo. Below the title, there is a short description: 'Pevalen™ is a true non-phthalate plasticizer with uncompromising performance. It is the perfect choice for sensitive applications, such as products in direct human contact, e.g. apparel and accessories, sports & leisure products, automotive interiors or other indoor applications such as floors or wall coverings in homes and public spaces. Perstorp has also obtained Food Contact Notification from the FDA in USA for the use of Pevalen™ as a plasticizer for use in repeated-use food contact articles.'

Source: (ChemSec, o. J.-a)

Other important contributions are the early information of companies about substances with critical properties. In the meantime, a number of publicly accessible lists of problematic substances have been provided, e.g. the SIN list. Within the framework of the project, an existing instrument has been extended to include the POP list: REACH Radar. It supports especially small and medium-sized enterprises in identifying problematic substances. The following figure shows the input and result display page of REACH Radar.

Figure 4 REACH Radar: input and results display field

C	D	E	F	G	H	I	AB	AC
Show matches			16		6	25	20	0
		Substitution important!				Observe!		
Name of ingredients	CAS-No ingredients	Candidate list	Annex XIV	SIN	PACT	CORAP		
	15087-24-8	x Art. 33: Kommunikation!		x	x			
	7440-43-9	x Art. 33: Kommunikation!		x	x			
	18540-29-9							
	7439-92-1	x Art. 33: Kommunikation!		x				

Source: own compilation, Öko-Institut e.V.

3.3.3 Recommendations

The analysis of existing chemical policy instruments has shown that there are many starting points to promote the pro-active management of substances with POP characteristics. Chapter 4.7 of this report lists all recommendations that could be developed. Eight particularly important recommendations are highlighted here.

- E1 / Capacity and network building through increased promotion of economically successful, safer and better alternatives at information events and best practice workshops with user associations. Required partners: public authorities, business associations.

Emphasis should be placed on usage patterns where currently mainly non-sustainable alternatives are used (e.g. short- and medium-chained PFCs). Existing networks (e.g. the OECD *Ad Hoc Group on Substitution of Harmful Chemicals* or the *Substitution to Safer Chemicals - European Information Sharing Network* of ECHA) can be used and expanded.

- E2 / Increased information on economically successful, safe and better alternatives on information platforms. **Required partners:** public authorities, business associations.

For all POPs and for the evaluated exemptions, the good alternatives identified in the meantime should be mentioned in the SAA Toolbox, in SUBSPORTplus, in the US EPA *Safer Product Ingredients Lists* and in similar tools or on comparable platforms.

- E3 / Targeted business promotion for the development and market penetration of safer and better alternatives. **Required partners:** public authorities, business associations, research.

For all applications of POPs where better and safer alternatives are still lacking, they should be specifically developed (evaluation, research awards, competitions). They should then be promoted for market introduction and penetration.

- ▶ E5 / Increased and early visualisation of problematic substances through targeted listing parallel to the listing process of the Stockholm Convention (e.g. SIN list, e.g. *Green Screen List of List*). **Required partners:** public authorities, ChemSec, US EPA.

Substances with POP properties should be included on the SIN list, in the Guidance on Sustainable Chemicals, in the Subselect instrument and in the SUBSPORT plus portal at an early stage, even before a listing has taken place in the Stockholm Convention. This would ensure that the substances are recognised as problematic by a large number of users and taken into account in their substitution activities.

- ▶ E 7/ Place all known and functioning alternatives on ChemSec *Marketplace* and similar platforms. **Required partners:** public authorities and NGOs.

For all POPs and for the evaluated exemptions, the meanwhile identified safer and better alternatives should be advertised e.g. on the Marketplace. The Marketplace request functionality can be used to specifically find further alternatives for (future) POPs.

- ▶ E10 / Increased public relations work to increase demand for products without POPs by the population. **Required partners:** public authorities, adult education and consumer protection associations.
- ▶ E11 / Increased focus on the avoidance of POPs and non-sustainable alternatives in public procurement. **Required partners:** public authorities.
- ▶ E12/ Increased inclusion of the avoidance of POPs and non-sustainable alternatives as a criterion in investment decisions by investors. **Required partners:** public authorities and private investors.

Further important recommendations can be found in chapter 4.7. The numbering of the recommendations shown above also refers to that chapter.

The focus of the accompanying chemical policy activities should be on economically successful and thus attractive examples. This incentive- and solution-oriented approach can motivate companies to take independent steps towards the early replacement of (new) POPs. Attractive examples enable a change of perspective. Substitution is then no longer a burden for companies to meet legal requirements, but an interesting opportunity to be successful on the market with sustainable products in the long term.

1 Einleitung

1.1 Projekthintergrund

Persistente organische Schadstoffe können zu schweren Schäden an Mensch und Umwelt führen. Mit dem Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe (im Folgenden kurz „Stockholm-Konvention genannt“) begann vor mehr als 30 Jahren die weltweite Regulierung von Stoffen, die solche Eigenschaften haben, wo immer möglich mit dem Ziel ihres Verbotes. Bis heute sind 28 Stoffe (oder Stoffgruppen) als POPs gelistet.

Die Stockholm-Konvention hat bei diesen Stoffen in vielen Ländern zu Verboten und damit dem Stop ihrer Verwendungen geführt. Dennoch stellen diese Stoffe immer noch eine Herausforderung für das Chemikalienmanagement dar. Teils hohe Altbestände in Erzeugnissen, Schwierigkeiten bei der Erfassung und fachgerechten Entsorgung POP-haltiger Abfallströme und der Ersatz von POPs durch ebenfalls problematische Ersatzstoffe sind einige dieser Herausforderungen.

Aufgabe des Forschungsprojektes, über das hier berichtet wird, war es daher, Möglichkeiten für ein effektiveres und stärker vorausschauend ausgerichtetes Management von POPs zu erarbeiten, und zwar auf der Grundlage der Erfahrungen der bisher durchgeführten Aktivitäten zu POPs. Die Ergebnisse sollen das wichtige umweltpolitische Ziel unterstützen, jetzt und in Zukunft den Einsatz und die Freisetzung von Stoffen mit POP-Eigenschaften möglichst weitgehend und frühzeitig zu verhindern.

Die Analyse der bisherigen Aktivitäten und die Entwicklung von Empfehlungen geschah in drei Arbeitspaketen. Sie beziehen sich auf unterschiedliche Gesichtspunkte des Managements von POPs:

- ▶ Im Arbeitspaket 1 geht es um die wissenschaftlichen Kriterien und ihre Anwendung zur Identifizierung von POPs.
- ▶ Im Arbeitspaket 2 geht es um die Praxis der Listung von Stoffen in der Stockholm-Konvention und der Umsetzung der damit verbundenen Verpflichtungen.
- ▶ Im Arbeitspaket 3 geht es um zusätzliche Aktivitäten der Chemikalienpolitik, die die gesetzlichen Vorgaben unterstützen sollen. Z.B. um Programme zur Harmonisierung der Bewertungsmethoden und sektorspezifische Akteurs-Workshops.

Im Einzelnen werden die Ergebnisse dieser Analysen und die hieraus erarbeiteten Empfehlungen in den Kapiteln 2, 3 und 4 des Berichtes vorgestellt. Umfangreiche zusätzliche stoffspezifische Informationen aus den Arbeitspaketen 1 und 2 finden sich in einem zusätzlichen Anhangband.

Die wichtigsten Ergebnisse und Empfehlungen aus den drei Arbeitspaketen werden auch in der Zusammenfassung genannt.

1.2 Die Stoffe – Die ersten und die neuen POPs

Die Internetseite der Stockholm-Konvention teilt die bisher offiziell identifizierten POPs in zwei Gruppen ein: Die ersten POPs (*The initial POPs*) und die neuen POPs (*The new POPs*).

Die ersten POPs, die bereits bei der Unterzeichnung der Konvention gelistet wurden, umfassen zwölf Stoffe und Stoffgruppen.

Als neue POPs kamen bisher (Stand [Juni2020]) 15 Substanzen dazu.

Zum Stand [Juni 2020] befinden sich drei weitere POPs in der Überprüfung:

- Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS), ihre Salze und PFHxS-verwandte Verbindungen („Perfluorohexane sulfonic acid (PFHxS), its salts and PFHxS-related compounds“),
- Dechloran Plus und
- Methoxychlor.

Tabelle 1: Übersicht über die in der Stockholm-Konvention regulierten POPs

Frtl. Nr.	Die ersten POPs („The Initial POPs“)	Frtl. Nr.	Die neuen POPs („The New POPs“)
1	Aldrin	13	Alpha-Hexachlorcyclohexan
2	Chlordan	14	Beta-Hexachlorcyclohexan
3	DDT	15	Chlordecon
4	Dieldrin	16	Decabromdiphenylether (commercial mixture), c-decaBDE
5	Endrin	17	Hexabrombiphenyl
6	Heptachlor	18	Hexabromcyclododecan (HBCDD)
7	Hexachlorbenzen (HCB)	19	Hexabromdiphenylether and Heptabromdiphenylether
8	Mirex	20	Hexachlorbutadien (HCBD)
9	Toxaphen	21	Lindan
10	Polychlorierte Biphenyle (PCB)	22	Pentachlorbenzen
11	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD)	23	Pentachlorphenol und seine Salze und Ester
12	Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF)	24	Perfluoroktansulfonsäure, ihre Salze und Perfluoroktansulfonylfluorid (PFOS)
		25	Polychlorierte Naphthaline
		26	kurzkettige chlorierte Paraffine (SCCPs)
		27	Endosulfan (technisch) und Isomere
		28	Tetrabromdiphenylether und Pentabromdiphenylether

2 Fachliche Bewertung von potenziellen POPs (AP 1)

2.1 Ziel des Arbeitspaketes

Im ersten Arbeitspaket geht es um die Frage, wie die kritischen Eigenschaften (Persistenz, Bioakkumulationspotential, Toxizität und Ferntransportpotential) bisheriger POPs wissenschaftlich bestimmt wurden und wie gut die Kriterien des Stockholmer Übereinkommens diese kritischen Eigenschaften abdecken. Durch eine Analyse der wissenschaftlichen Publikations-tätigkeit zu jeder einzelnen POP-Substanz soll gezeigt werden, wie der Erkenntnisgewinn zu den kritischen Eigenschaften der Substanzen verlaufen ist und wie schnell und aufgrund welcher Datenlage die Substanzen unter dem Stockholmer Übereinkommen als POPs klassifiziert werden konnten. Auf dieser Grundlage soll untersucht werden, ob die POP-Kriterien des Übereinkommens allenfalls ergänzt werden müssten.

Hinweis: In diesem Arbeitspaket geht es um die sogenannten intrinsischen Stoffeigenschaften (P, B, T, LRTP). Die Verwendungsmuster der bisherigen POPs werden ergänzend in Arbeitspaket 3 betrachtet. Ziel ist es hier, zu bestimmen, bei welchen Substanzen das Verwendungsmuster ein besonders hohes Emissionspotential hat. Auf dieser Grundlage werden Empfehlungen erarbeitet zur stärkeren Berücksichtigung des Emissionspotentials (siehe Abschnitt 4.5).

2.2 Methodisches Vorgehen

Für alle bisher identifizierten POPs⁷ wird erhoben, wie sie in der wissenschaftlichen Literatur im Laufe der letzten Jahrzehnte untersucht worden sind und insbesondere, wann ihre POP-Eigenschaften und die aus ihrer Verwendung resultierende Umweltbelastung erstmals dargestellt wurden.

Weiterhin wird anhand einer umfassenden Analyse der wissenschaftlichen Literatur herausgearbeitet, welchen Gang die wissenschaftliche Untersuchung dieser Substanzen nach dem Bekanntwerden ihrer POP-Eigenschaften genommen hat, und wie der wissenschaftliche Kenntnisstand war, als sie für die Aufnahme in das Stockholmer Übereinkommen vorgeschlagen wurden.

2.2.1 Literaturrecherche und Darstellung der Ergebnisse in substanzspezifischen Datenblättern

Um den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess, der für die bisher regulierten POPs jeweils zur Aufnahme in die Stockholm-Konvention geführt hat, nachzuvollziehen, wurden für jeden Stoff die wissenschaftlichen Publikationen in der Datenbank *Web of Science* (Core Collection) recherchiert.

Das *Web of Science* (WoS), dessen Vorgänger *ISI Web of Knowledge* hieß, ist nach eigenen Angaben der weltweit größte verlagsneutrale Zitationsindex und die leistungsfähigste Suchmaschine, die 1,7 Milliarden zitierte Referenzen von über 159 Millionen Datensätzen auswertet.

Mit folgender Suchstrategie wurde für jeden Stoff im Web of Science recherchiert, und die Ergebnisse wurden entsprechend dokumentiert:

Als Suchbegriff für die Stoffe wurden Synonyme des Namens und Abkürzungen als Alternativen angegeben,⁸ z.B. ("Aldrin" OR "Isodrin" OR "Aldrosol" OR "Kortofin" OR "octalene"). Der

⁷ Als POPs identifizierte Stoffe mit Stand der Angebotsabgabe im August 2019.

⁸ Wo vorhanden, wurden die synonymen Stoffnamen aus dem Stockholm-Risikoprofilen verwendet. Es wurden keine CAS-Nummern für die Suche verwendet, da nicht davon auszugehen ist, dass in allen Veröffentlichungen,

Stoffname wurde kombiniert mit den Suchbegriffen zu je einem der vier POP-Kriterien Persistenz, Bioakkumulation, Toxizität und Ferntransport, z.B. "AND (persistence OR persistent)". Die Suchbegriffe und deren Kombinationen sind in Anhang A dokumentiert.

Pro Stoff wurden daraus die folgenden Informationen zusammengestellt:

1. Allererste Publikation mit Umweltbezug,⁹
2. Publikationen zu jedem der vier POP-Kriterien,
3. Meistzitierte Veröffentlichungen / Meilensteine in der wissenschaftlichen Erkenntnis in Bezug auf Persistenz, Bioakkumulation, Toxizität und Ferntransport.

Die Ergebnisse wurden für jeden Stoff in einem Datenblatt zusammengestellt. Jedes Datenblatt setzt sich zusammen aus:

- ▶ einem kurzen Substanzsteckbrief, u. a. Angaben zur Verwendung,
- ▶ einer Zeitreihe zu den Publikationen zu P, B, T und LRT und damit zum Erkenntnisprozess,
- ▶ einem Histogramm mit der Anzahl der Veröffentlichungen zu P, B, T und LRT über die Jahre bis zur Nominierung für das Stockholmer Übereinkommen,¹⁰
- ▶ einer Zusammenfassung des Erkenntnisprozesses und Meilensteinen („Erklärtext“)
- ▶ den spezifischen Referenzen.

Die dem Datenblatt beigefügten spezifischen Referenzen sind die für wichtig befundenen Veröffentlichungen pro Substanz. Zur Identifikation der als wichtig angesehenen Publikationen wurde zunächst von den fünf meistzitierten Publikationen für jedes POP-Kriterium im Zeitraum von 1950 bis zum Jahr der Nominierung des Stoffes zur Aufnahme in die Konvention ausgegangen. Diese fünf Publikationen wurden inhaltlich auf ihren wissenschaftlichen Beitrag und Bedeutung mittels Experteneinschätzung (M. Scheringer) geprüft. Die Experteneinschätzung ergab, dass nicht immer eindeutig bestimmte Publikationen als Meilensteine ausgelobt werden können. Für die ersten zwölf POPs wurden zusätzlich die Referenzen der Publikation von Ritter et al. (1995), die als Grundlage für das Stockholmer Übereinkommen betrachtet werden kann, als Gegenprobe geprüft: Die dort zitierten Artikel sollten möglichst übereinstimmen mit den über den Zitationsindex durch das Web of Science ermittelten Artikeln.

Die Daten für den Steckbrief sowie für die Zeitreihen sind in einer Exceldatei zusammengestellt; gesammelt und werden getrennt vom Bericht dem Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt.

2.2.2 Auswertung der Daten hinsichtlich übergeordneter Erkenntnisse

Die Daten in der Exceldatei, die dem Steckbrief und der Zeitreihe der jeweiligen Datenblätter zugrunde liegt, wurden stoffübergreifend hinsichtlich weiterer Aspekte ausgewertet. Diese sind:

insbesondere den frühen aus den 1950-er Jahren, immer die CAS-Nummern angegeben sind. Eine alleinige Verwendung von CAS-Nummern hätte dazu geführt, dass nicht die komplette Liste der benötigten Publikationen gefunden worden wäre.

⁹ Es wurden als allererste Publikation mit Umweltbezug nur begutachtete Artikel aus Fachzeitschriften ausgewählt.

¹⁰ Mit der Nominierung für das Stockholmer Übereinkommen betrachten wir den Erkenntnisprozess zur Identifizierung des Stoffes als POP für beendet. Eventuelle Konflikte mit Schwellenwerten bei einzelnen POP-Kriterien werden in AP2 adressiert. Vor-Recherchen im Web of Science haben gezeigt, dass mit oder nach der Nominierung eines Stoffes zur Aufnahme in das Stockholmer Übereinkommen ein Trend zu einer zunehmenden Zahl an Veröffentlichungen zu beobachten ist. Als zeitliches Limit für die Erhebung der Publikationen wurde das Jahr der Nominierung für die Aufnahme in das Übereinkommen gewählt.

- Vergleich des zeitlichen Verlaufs im wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn bei verschiedenen Stoffen,
- Inhaltliche Cluster im wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn bei verschiedenen Stoffen.

2.3 Ergebnisse

2.3.1 Datenblätter

Die folgenden Seiten zeigen exemplarisch einige der Datenblätter. Die Datenblätter für alle bis August 2019 im Stockholmer Übereinkommen gelisteten POPs sind im Anhangband zu diesem Bericht dokumentiert. Es handelt sich um 28 Substanzen oder Substanzgruppen.

Die ersten POPs (*The initial POPs*)

Die Sortierung erfolgt alphabetisch nach Stoffname. An dieser Stelle werden als Beispiel die Datenblätter für Aldrin und Chlordan gezeigt. Die weiteren Datenblätter zu den ersten POPs befinden sich im Anhangband.

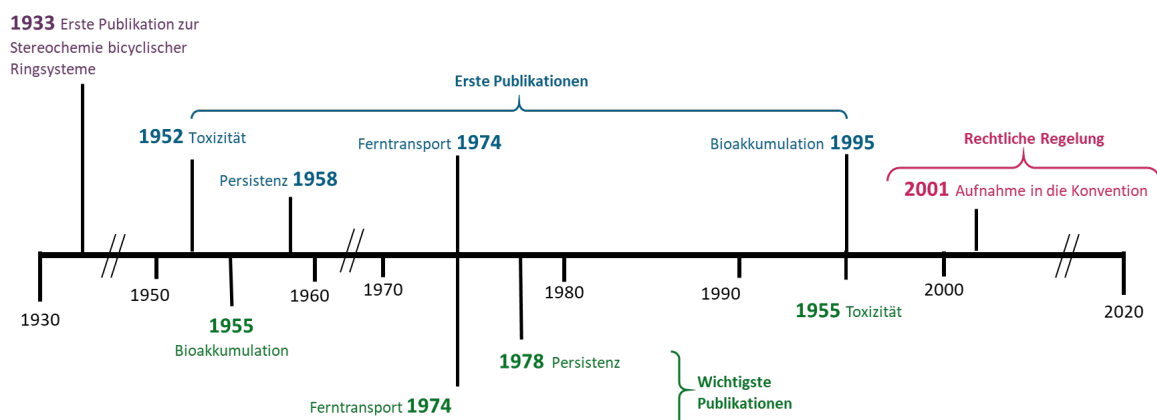
2.3.1.1 Datenblatt für Aldrin

Tabelle 2: Grundinformationen zu Aldrin

Aldrin	
IUPAC-Name	1,2,3,4,10,10-Hexachlor-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-1,4- <i>endo</i> -5,8- <i>exo</i> -dimethanonaphthalin
Chemische Formel	C ₁₂ H ₈ Cl ₆
CAS-Nr.	309-00-2
Jahr der Aufnahme	2001
Verwendung	Insektizid, Termitizid

Abbildung 1: Zeitreihe der Publikationen zu Aldrin

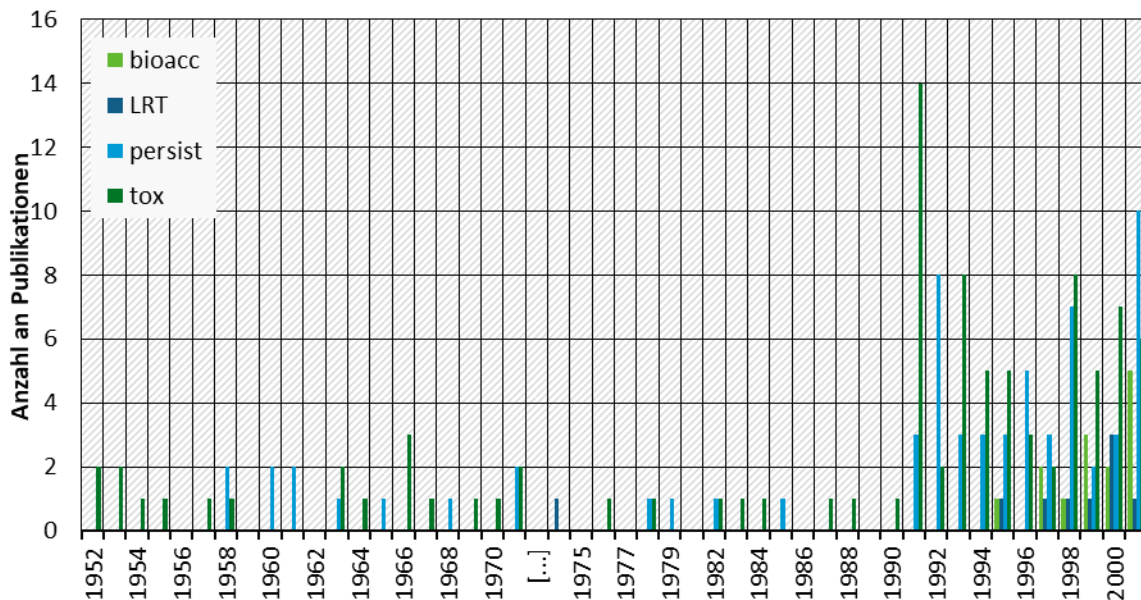
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie der wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien (Meilensteine), ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in das Übereinkommen.



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

Abbildung 2: Anzahl an Publikationen zu Aldrin in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, die mit der jeweiligen Suchkombination aus Substanzname und Kriterium gefunden wurde, und endet mit dem Jahr der Aufnahme in das Übereinkommen.



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

Im Fall von Aldrin ist die erste Publikation von Hückel & Naab (1933), und die erste umweltrelevante Veröffentlichung, eine Methodenbeschreibung für die Bestimmung von Aldrin in biologischem Gewebe, wurde erst 16 Jahre später (Dahm & Pankaskie, 1949) publiziert.

Ca. 40 Jahre lang (zwischen 1950 und 1990) wurden einzelne Publikationen zu Toxizität und Persistenz von Aldrin veröffentlicht. Häufig wurde hierbei in den Artikeln nicht nur über Aldrin berichtet, sondern auch Ergebnisse zu Dieldrin oder anderen *insecticides of the polycyclic hydrocarbon group* gezeigt. Aus diesem Zeitraum stammen die am häufigsten zitierten Publikationen, so für die Persistenz von Aldrin von Gellert (1978) sowie über das Potential von Kepon, Mirex, Dieldrin und Aldrin, den Hormonhaushalt von Ratten zu beeinflussen. Die wichtigste Toxizitätspublikation ist bereits von 1955 (Treon & Cleveland, 1955), ebenfalls ein Tierexperiment zur Toxizität von chlorierten Kohlenwasserstoffen im Allgemeinen und Aldrin und Dieldrin im Speziellen.

Inmitten der 40-jährigen Periode von vereinzelt Toxizitäts- und Persistenz-Veröffentlichungen wurden bereits 1974 die Konzentration von Aldrin sowie DDE und PCB in arktischen Vögeln in Grönland bestimmt (Braestrup et al., 1974). Die Autoren schreiben: *This is of interest since these [birds] often migrate or eat migrating fish, thus being affected by areas in which polychlorinated hydrocarbons are used*. Damit ist bereits zu diesem Zeitpunkt das Phänomen der Biomagnifikation für Aldrin bestätigt.

Im Vergleich mit den anderen Eigenschaften und gemessen am Indikator der Häufigkeit der Zitationen einer Studie spielen die Publikationen zur Bioakkumulation von Aldrin nur eine geringe Rolle.

Tabelle 3: Spezifische Stoffreferenzen zu Aldrin

Vor der Aufnahme in die Stockholm-Konvention meistzitierte Publikationen in der Kombination aus Substanzname und POP-Kriterium; [a] POP-Kriterium, [b] Anzahl an Zitationen vor dem Jahr der Aufnahme in die Konvention

[a]	Spezifische Referenz	[b]
Persistenz	Gellert, R. J. (1978). Kepone, mirex, dieldrin, and aldrin: Estrogenic activity and the induction of persistent vaginal estrus and anovulation in rats following neonatal treatment. <i>Environmental Research</i> , 16(1–3), 131–138. https://doi.org/10.1016/0013-9351(78)90150-0	98
	Lichtenstein, E. P., & Schulz, K. R. (1965). Insecticide persistence and translocation: Residues of Aldrin and Heptachlor in Soils and Their Translocation into Various Crops. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> , 13(1), 57–63. https://doi.org/10.1021/jf60137a018	76
	Lichtenstein, E. P., DePew, L. J., Eshbaugh, E. L., & Slesman, J. P. (1960). Persistence of DDT, Aldrin, and Lindane in Some Midwestern Soils. <i>Journal of Economic Entomology</i> , 53(1), 136–142. https://doi.org/10.1093/jee/53.1.136	52
Bioakkumulation	Fossi, M. C., Massi, A., Lari, L., Marsili, L., Focardi, S., Leonzio, C., & Renzoni, A. (1995). Interspecies differences in mixed function oxidase activity in birds: Relationship between feeding habits, detoxication activities and organochlorine accumulation. <i>Environmental Pollution</i> , 90(1), 15–24. https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)00098-X	10
	Sarkar, A., Nagarajan, R., Chaphadkar, S., Pal, S., & Singbal, S. Y. S. (1997). Contamination of organochlorine pesticides in sediments from the Arabian Sea along the west coast of India. <i>Water Research</i> , 31(2), 195–200. https://doi.org/10.1016/S0043-1354(96)00210-2	5
	Van Hezik, C. M., Letcher, R. J., De Geus, H.-J., Wester, P. G., Goksoyr, A., Lewis, W. E., & Boon, J. P. (2001). Indications for the involvement of a CYP3A-like iso-enzyme in the metabolism of chlorobornane (Toxaphene®) congeners in seals from inhibition studies with liver microsomes. <i>Aquatic Toxicology</i> , 51(3), 319–333. https://doi.org/10.1016/S0166-445X(00)00116-8	3
Toxizität	Treon, J. F., & Cleveland, F. P. (1955). Toxicity of Certain Chlorinated Hydrocarbon Insecticides for Laboratory Animals, with Special Reference to Aldrin and Dieldrin. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> , 3(5), 402–408. https://doi.org/10.1021/jf60051a002	62
	Ball, W. L., Kay, K., & Sinclair, J. W. (1953). Observations on toxicity of aldrin. I. Growth and estrus in rats. <i>AMA Archives of Industrial Hygiene and Occupational Medicine</i> , 7(4), 292–300.	44
	Wilkinson, A. T. S., Finlayson, D. G., & Morley, H. V. (1964). Toxic residues in soil 9 years after treatment with Aldrin and heptachlor. <i>Science</i> , 143(3607), 681–682. https://doi.org/10.1126/science.143.3607.681	34
LRT	Braestrup, L., Clausen, J., & Berg, O. (1974). DDE, PCB and aldrin levels in arctic birds of Greenland. <i>Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology</i> , 11(4), 326–332. https://doi.org/10.1007/BF01684937	19
	Millet, M., Wortham, H., Sanusi, A., & Mirabel, P. (1997). Atmospheric contamination by pesticides: Determination in the liquid, gaseous and particulate phases. <i>Environmental Science and Pollution Research</i> , 4(3), 172–180. https://doi.org/10.1007/BF02986327	9
	Standley, L. J., & Sweeney, B. W. (1995). Organochlorine Pesticides in Stream Mayflies and Terrestrial Vegetation of Undisturbed Tropical Catchments Exposed to Long-Range Atmospheric Transport. <i>Journal of the North American Benthological Society</i> , 14(1), 38–49. https://doi.org/10.2307/1467723	5

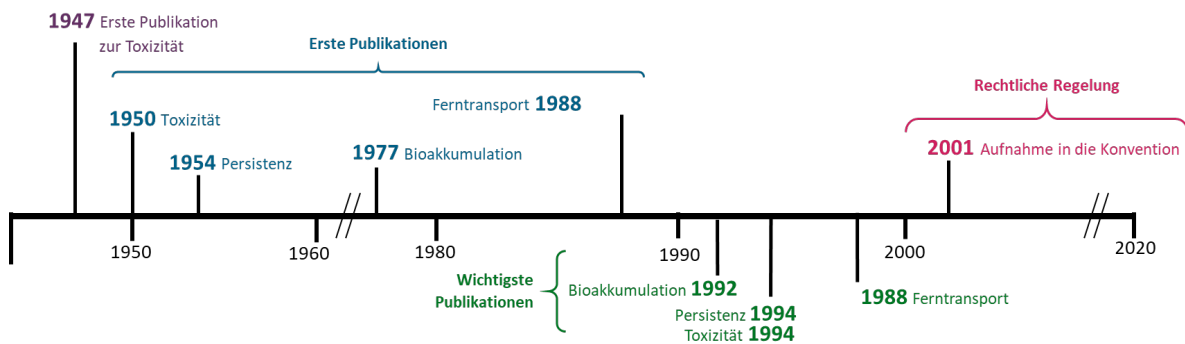
2.3.1.2 Datenblatt zu Chlordan

Tabelle 4: Grundinformationen zu Chlordan

Chlordan	
IUPAC-Name	1,2,4,5,6,7,8-Octachlor-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methano-indan
Chemische Formel	C ₁₀ H ₆ Cl ₈
CAS-Nr.	57-74-9
Jahr der Aufnahme	2001
Verwendung	Insektizid, Termitizid

Abbildung 3: Zeitreihe der Publikationen zu Chlordan

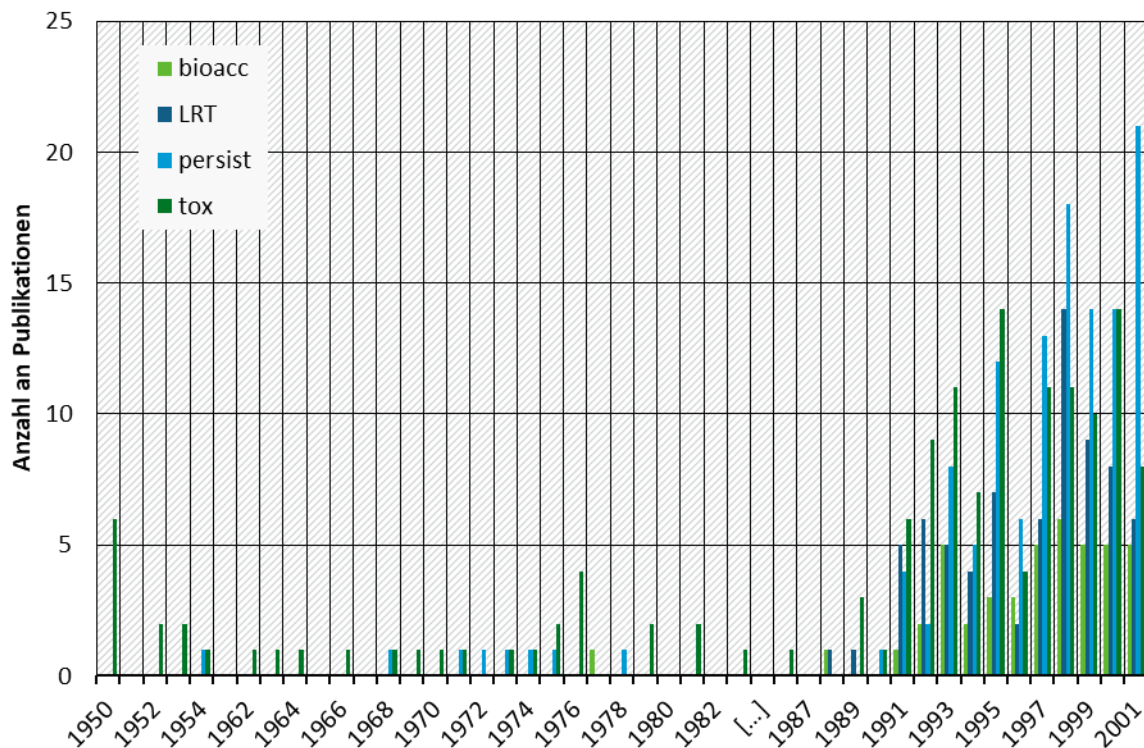
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

Abbildung 4: Anzahl an Publikationen zu Chlordan in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitreihe (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, die mit der jeweiligen Suchkombination aus Substanzname und Kriterium gefunden wurde, und endet mit dem Jahr der Aufnahme in die Konvention.



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

Die Zeitreihe beginnt gemäß der Recherchemethode im WoS mit dem Jahr 1950, jedoch bereits drei Jahre früher wurde die erste Studie zur Toxizität von Chlordan veröffentlicht (Ingle, 1947). 1950 wurden sechs Studien zur Toxizität von Chlordan veröffentlicht (Chaudhury & Robinson, 1950; Frings & O'Tousa, 1950; Rosenberg et al., 1950; Rosenberg & Adler, 1950; Rosenberg & Tanaka, 1950; Stohlman et al., 1950). Keine von ihnen ist unter den TOP 3 der am häufigsten für die Toxizität von Chlordan referenzierten Studien. Stattdessen ist eine der wichtigsten Publikationen für die Persistenz und Toxizität von Chlordan diejenige von Tanabe et al. (1994). Sie ist eine Übersichtsstudie (Review-Studie) zur globalen Verbreitung der persistenten Organochlorverbindungen mit Fokus auf den ökotoxischen Auswirkungen auf marine Säugetiere.

Im Vergleich, bzw. anhand der Anzahl der Zitationen, stechen die Studien zum Ferntransportpotential der Substanz hervor. Die Arbeit von Muir et al. (1988) mit ihrem Erscheinen kurz bevor ab 1991 zu allen POP-Eigenschaften jährlich mehr Arbeiten veröffentlicht wurden, stellt sich als die meistzitierte Referenz heraus. Es handelt sich ebenfalls um eine Übersichtsstudie mit dem Titel *Organochlorine contaminants in arctic marine food-chains - accumulation of specific polychlorinated-biphenyls and chlordane-related compounds*. Sie ist gleichzeitig auch die erste Referenz für das Ferntransportpotential von Chlordan.

Unter den spezifischen Stoffreferenzen mit den meisten Zitationen befindet sich nur eine, die nicht die ganze Gruppe der Organochlorverbindungen im Fokus hat, sondern sich ausschließlich auf Chlordan bezieht (Roberts et al., 1977). Zum Beispiel ergab die Analyse, dass eine weitere Studie von Muir et al. (1992) als die wichtigste Quelle für die Bioakkumulation von Chlordan

referenziert wird: *Arctic marine ecosystem contamination*. In dieser Studie werden mehrere unterschiedliche organische (PCBs, Organochlorverbindungen, Polyaromaten) und anorganische (Quecksilber und Cadmium) Schadstoffe in arktischen Proben untersucht.

Tabelle 5: Spezifische Stoffreferenzen zu Chlordan

Vor der Aufnahme in die Stockholm-Konvention meistzitierte Publikationen in der Kombination aus Substanzname und POP-Kriterium; [a] POP-Kriterium, [b] Anzahl an Zitationen vor dem Jahr der Aufnahme in die Konvention

[a]	Spezifische Referenz	[b]
Persistenz	Tanabe, S., Iwata, H., & Tatsukawa, R. (1994). Global contamination by persistent organochlorines and their ecotoxicological impact on marine mammals. <i>Science of the Total Environment</i> , 154(2–3), 163–177. https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90086-8	99
	Yamashita, N., Tanabe, S., Ludwig, J. P., Kurita, H., Ludwig, M. E., & Tatsukawa, R. (1993). Embryonic abnormalities and organochlorine contamination in double-crested cormorants (<i>Phalacrocorax auritus</i>) and Caspian terns (<i>Hydroprogne caspia</i>) from the upper Great Lakes in 1988. <i>Environmental Pollution</i> , 79(2), 163–173. https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90066-W	88
	Iwata, H., Tanabe, S., Sakai, N., Nishimura, A., & Tatsukawa, R. (1994). Geographical distribution of persistent organochlorines in air, water and sediments from Asia and Oceania, and their implications for global redistribution from lower latitudes. <i>Environmental Pollution</i> , 85(1), 15–33. https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)90234-8	71
Bioakkumulation	Muir, D. C. G., Wagemann, R., Hargrave, B. T., Thomas, D. J., Peakall, D. B., & Norstrom, R. J. (1992). Arctic marine ecosystem contamination. <i>Science of the Total Environment</i> , 122(1–2), 75–134. https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O	171
	Roberts, J. R., de Freitas, A. S. W., & Gidney, M. A. J. (1977). Influence of Lipid Pool Size on Bioaccumulation of the Insecticide Chlordane by Northern Redhorse Suckers (<i>Moxostoma macrolepidotum</i>). <i>Journal of the Fisheries Research Board of Canada</i> , 34(1), 89–97. https://doi.org/10.1139/f77-010	45
	Miller, M. A., Madenjian, C. P., & Masnado, R. G. (1992). Patterns of Organochlorine Contamination in Lake Trout from Wisconsin Waters of the Great Lakes. <i>Journal of Great Lakes Research</i> , 18(4), 742–754. https://doi.org/10.1016/S0380-1330(92)71333-1	34
Toxizität	Tanabe, S., Iwata, H., & Tatsukawa, R. (1994). Global contamination by persistent organochlorines and their ecotoxicological impact on marine mammals. <i>Science of the Total Environment</i> , 154(2–3), 163–177. https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90086-8	99
	Yamashita, N., Tanabe, S., Ludwig, J. P., Kurita, H., Ludwig, M. E., & Tatsukawa, R. (1993). Embryonic abnormalities and organochlorine contamination in double-crested cormorants (<i>Phalacrocorax auritus</i>) and Caspian terns (<i>Hydroprogne caspia</i>) from the upper Great Lakes in 1988. <i>Environmental Pollution</i> , 79(2), 163–173. https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90066-W	88
	Borgmann, U., & Whittle, D. M. (1991). Contaminant Concentration Trends in Lake Ontario Lake Trout (<i>Salvelinus Namaycush</i>): 1977 to 1988. <i>Journal of Great Lakes Research</i> , 17(3), 368–381. https://doi.org/10.1016/S0380-1330(91)71373-7	71

[a]	Spezifische Referenz	[b]
LRT	Muir, D. C. G., Norstrom, R. J., & Simon, M. (1988). Organochlorine Contaminants in Arctic Marine Food Chains: Accumulation of Specific Polychlorinated Biphenyls and Chlordane-Related Compounds. <i>Environmental Science and Technology</i> , 22(9), 1071–1079. https://doi.org/10.1021/es00174a012	321
	Duce, R. A., Liss, P. S., Merrill, J. T., Atlas, E. L., Buat-Menard, P., Hicks, B. B., Miller, J. M., Prospero, J. M., Arimoto, R., Church, T. M., Ellis, W., Galloway, J. N., Hansen, L., Jickells, T. D., Knap, A. H., Reinhardt, K. H., Schneider, B., Soudine, A., Tokos, J. J., ... Zhou, M. (1991). The atmospheric input of trace species to the world ocean. <i>Global Biogeochemical Cycles</i> , 5(3), 193–259. https://doi.org/10.1029/91GB01778	281
	Muir, D. C. G., Wagemann, R., Hargrave, B. T., Thomas, D. J., Peakall, D. B., & Norstrom, R. J. (1992). Arctic marine ecosystem contamination. <i>Science of the Total Environment</i> , 122(1–2), 75–134. https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O	171

2.3.1.3 Die neuen POPs von 2009 bis 2017

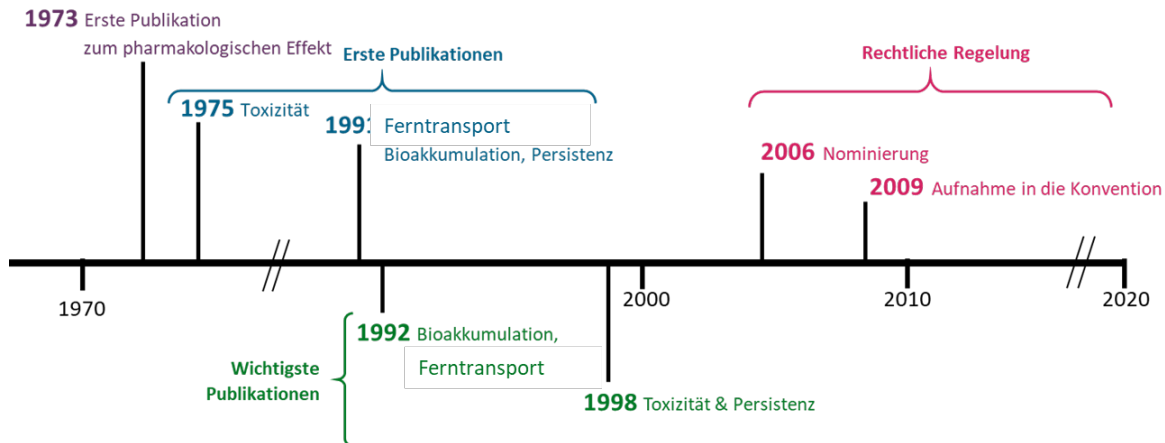
Die Datenblätter sind zunächst nach der zeitlichen Reihenfolge, in der Substanzen in das Übereinkommen aufgenommen wurden, und danach alphabetisch nach Stoffnamen sortiert. An dieser Stelle wird als Beispiel das Stoffblatt für Alpha-Hexachlorcyclohexan (Alpha-HCH) gezeigt. Die Stoffblätter für alle neuen POPs sind im Anhangband dokumentiert.

Tabelle 6: Grundinformationen zu Alpha-HCH

α-HCH/Alpha-Hexachlorcyclohexan	
IUPAC-Name	α-1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane
Chemische Formel	C ₆ H ₆ Cl ₆
CAS-Nr.	319-84-6
Jahr der Nominierung	2006
Jahr der Aufnahme	2009
Verwendung	Nebenprodukt bei der Herstellung von Lindan

Abbildung 5: Zeitreihe der Publikationen zu Alpha-HCH

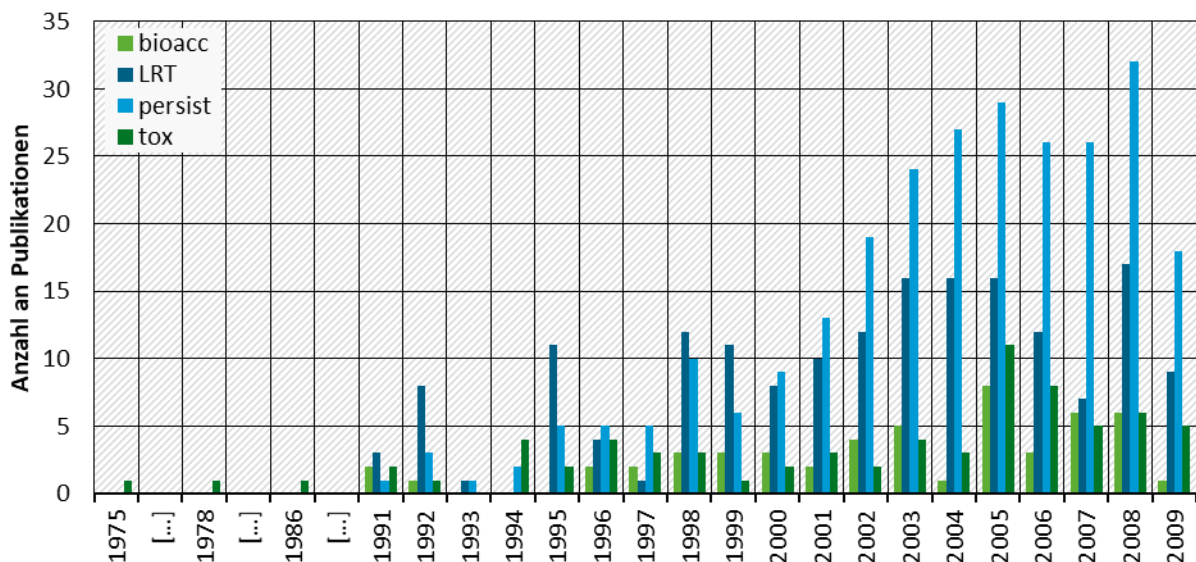
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

Abbildung 6: Anzahl an Publikationen zu Alpha-HCH in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitreihe (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, die mit der jeweiligen Suchkombination aus Substanzname und Kriterium gefunden wurde, und endet mit dem Jahr der Aufnahme in die Konvention.



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

Erste Veröffentlichungen wurden um 1970 publiziert und hatten Gewässerkonzentrationen von Alpha-HCH (Ali et al., 1973) und das Adsorptionsverhalten von Beta-HCH (als Vorstufe zu Persistenz-Beobachtungen) zum Thema. Bis zur wichtigsten Publikation vergingen allerdings knapp 30 Jahre: Willett et al. (1998) ist diejenige Publikation, die den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn von Alpha- und Beta-HCH maßgeblich geprägt hat und fast alle Aspekte abdeckt. Die Publikation taucht bei P, T und LRTP unter den TOP 3 der stoffspezifischen Referenzen auf. Die Bioakkumulation der Stoffe wurde insbesondere in der Arbeitsgruppe von Derek C. Muir in Kanada untersucht (Muir et al., 1992; Jobling et al., 1996; Muir et al., 2003). Es ist anzunehmen, dass nach diesen Veröffentlichungen keine wesentlichen neuen Erkenntnisse

hinzukamen, was für ihre Beurteilung als POPs das Bild geändert hätte. Den Publikationsverläufen ist zu entnehmen, dass noch einiges nach diesen Veröffentlichungen publiziert wurde, was als *more of the same* bezeichnet werden könnte.

Dem Risikoprofil für Alpha-HCH (UNEP, 2007d) ist die Begründung zu entnehmen, mit der die Stoffe 2009 in der COP zur Aufnahme in die Konvention vorgeschlagen wurden: Alpha-HCH ist in (arktischen) Biota weit verbreitet, so sehr, dass die tägliche Aufnahme der Substanz bei arktischer indigener Bevölkerung die höchste Tagesdosis überschreitet. Außerdem können andere Schadstoffe die toxikologischen Auswirkungen von Alpha-HCH verstärken. Beta-HCH wurde trotz des Phase-Out von technischem HCH als Pestizid weiter produziert und Lagerbestände führten zu Emissionen. Insbesondere wird die Anreicherung in der aquatischen und terrestrischen Nahrungskette erwähnt, die Tageshöchstdosis wird auch für Beta-HCH in der Ernährung arktischer indigener Bevölkerungsgruppen überschritten (UNEP, 2007e).

Die Hervorhebung der bioakkumulierenden Eigenschaften durch das POPRC scheinen im vermeintlichen Widerspruch dazu zu stehen, dass zu beiden Stoffen insbesondere zur Persistenz viel veröffentlicht wurde, und weniger Referenzen zur Bioakkumulation identifiziert wurden. Die Titel der Veröffentlichungen, die durch die Suche mit dem Schlagwort „Persistenz“ gefunden wurden, legen nahe, dass es sich bei diesen Studien um Unterschiedliches handelt: Häufige Aspekte sind *environmental fate, distribution in the environment, occurrence, pathways*, usw. Bei Publikationen der Bioakkumulation wird fast immer dieses Schlagwort im Titel der Veröffentlichungen gefunden. Die Häufigkeit von Publikationen zu bestimmten Aspekten muss also nicht bedeuten, dass dies am Ende der entscheidende Aspekt bei der Listung in der Stockholm-Konvention war.

Tabelle 7: Spezifische Stoffreferenzen zu Alpha-HCH

Vor der Aufnahme in die Stockholm-Konvention meistzitierte Publikationen in der Kombination aus Substanzname und POP-Kriterium; [a] POP-Kriterium, [b] Anzahl an Zitationen vor dem Jahr der Aufnahme in die Konvention

[a]	Spezifische Referenz	[b]
Persistenz	Willett, K. L., Ulrich, E. M., & Hites, R. A. (1998). Differential toxicity and environmental fates of hexachlorocyclohexane isomers. <i>Environmental Science and Technology</i> , 32(15), 2197–2207. https://doi.org/10.1021/es9708530	246
	Jaward, F. M., Farrar, N. J., Harner, T., Sweetman, A. J., & Jones, K. C. (2004). Passive Air Sampling of PCBs, PBDEs, and Organochlorine Pesticides Across Europe. <i>Environmental Science and Technology</i> , 38(1), 34–41. https://doi.org/10.1021/es034705n	165
	Walker, K., Vallero, D. A., & Lewis, R. G. (1999). Factors influencing the distribution of lindane and other hexachlorocyclohexanes in the environment. <i>Environmental Science and Technology</i> , 33(24), 4373–4378. https://doi.org/10.1021/es990647n	111
Bioakkumulation	Muir, D. C. G., Wagemann, R., Hargrave, B. T., Thomas, D. J., Peakall, D. B., & Norstrom, R. J. (1992). Arctic marine ecosystem contamination. <i>Science of the Total Environment</i> , 122(1–2), 75–134. https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O	248
	Wiberg, K., Letcher, R. J., Sandau, C. D., Norstrom, R. J., Tysklind, M., & Bidleman, T. F. (2000). The enantioselective bioaccumulation of chiral chlordane and α -HCH contaminants in the polar bear food chain. <i>Environmental Science and Technology</i> , 34(13), 2668–2674. https://doi.org/10.1021/es990740b	68
	Wania, F. (2003). Assessing the potential of persistent organic chemicals for long-range transport and accumulation in polar regions. <i>Environmental Science and Technology</i> , 37(7), 1344–1351. https://doi.org/10.1021/es026019e	66

[a]	Spezifische Referenz	[b]
Toxizität	Willett, K. L., Ulrich, E. M., & Hites, R. A. (1998). Differential toxicity and environmental fates of hexachlorocyclohexane isomers. <i>Environmental Science and Technology</i> , 32(15), 2197–2207. https://doi.org/10.1021/es9708530	246
	Hoff, R. M., Strachan, W. M. J., Sweet, C. W., Chan, C. H., Shackleton, M., Bidleman, T. F., Brice, K. A., Burniston, D. A., Cussion, S., Gatz, D. F., Harlin, K., & Schroeder, W. H. (1996). Atmospheric deposition of toxic chemicals to the Great Lakes: A review of data through 1994. <i>Atmospheric Environment</i> , 30(20), 3505–3527. https://doi.org/10.1016/1352-2310(96)00046-5	185
	Garrison, A. W. (2006). Probing the enantioselectivity of chiral pesticides. <i>Environmental Science and Technology</i> , 40(1), 16–23. https://doi.org/10.1021/es063022f	54
LRT	Willett, K. L., Ulrich, E. M., & Hites, R. A. (1998). Differential toxicity and environmental fates of hexachlorocyclohexane isomers. <i>Environmental Science and Technology</i> , 32(15), 2197–2207. https://doi.org/10.1021/es9708530	246
	Hoff, R. M., Strachan, W. M. J., Sweet, C. W., Chan, C. H., Shackleton, M., Bidleman, T. F., Brice, K. A., Burniston, D. A., Cussion, S., Gatz, D. F., Harlin, K., & Schroeder, W. H. (1996). Atmospheric deposition of toxic chemicals to the Great Lakes: A review of data through 1994. <i>Atmospheric Environment</i> , 30(20), 3505–3527. https://doi.org/10.1016/1352-2310(96)00046-5	185
	Garrison, A. W. (2006). Probing the enantioselectivity of chiral pesticides. <i>Environmental Science and Technology</i> , 40(1), 16–23. https://doi.org/10.1021/es063022f	54

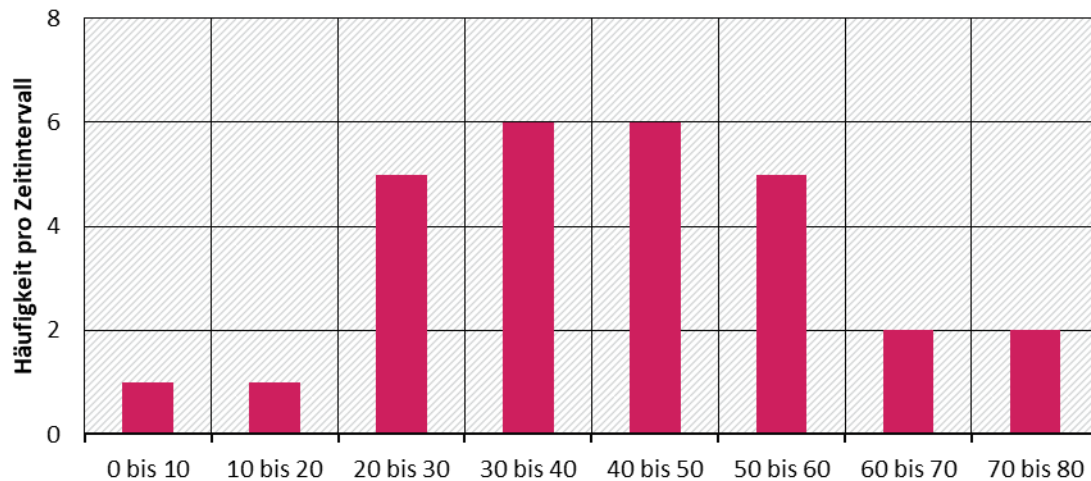
2.3.2 Substanzübergreifende Aspekte der Auswertung der Datenblätter

Die Abbildungen des Zeitstrahls zu einer Substanz in Verbindung mit je einem der POP-Eigenschaften zeigen, welche POP-Eigenschaft jeweils zuerst wissenschaftlich untersucht wurde. Übergreifend lässt sich feststellen, dass in vier Fällen Persistenz (für Endosulfan, Pentachlorophenol, PCBs und Dieldrin), in zwei Fällen Bioakkumulation (für HBCDD und SCCPs) und in drei Fällen mehrere Eigenschaften gemeinsam (für DDT, decaBDE und octaBDE) zuerst analysiert wurden. Im Fall von allen Chemikalien, die hier nicht explizit genannt sind, gilt, dass zuerst ihre Toxizität beschrieben wurde (19 Substanzen). Das heißt, bei mehr als zwei Dritteln der Substanzen wurde als erstes zum Thema Toxizität publiziert. Bei keiner Substanz wurde das Ferntransportpotential zuerst behandelt. Generell kam die Diskussion des Ferntransportpotentials erst in den 1990er-Jahren in Gang.

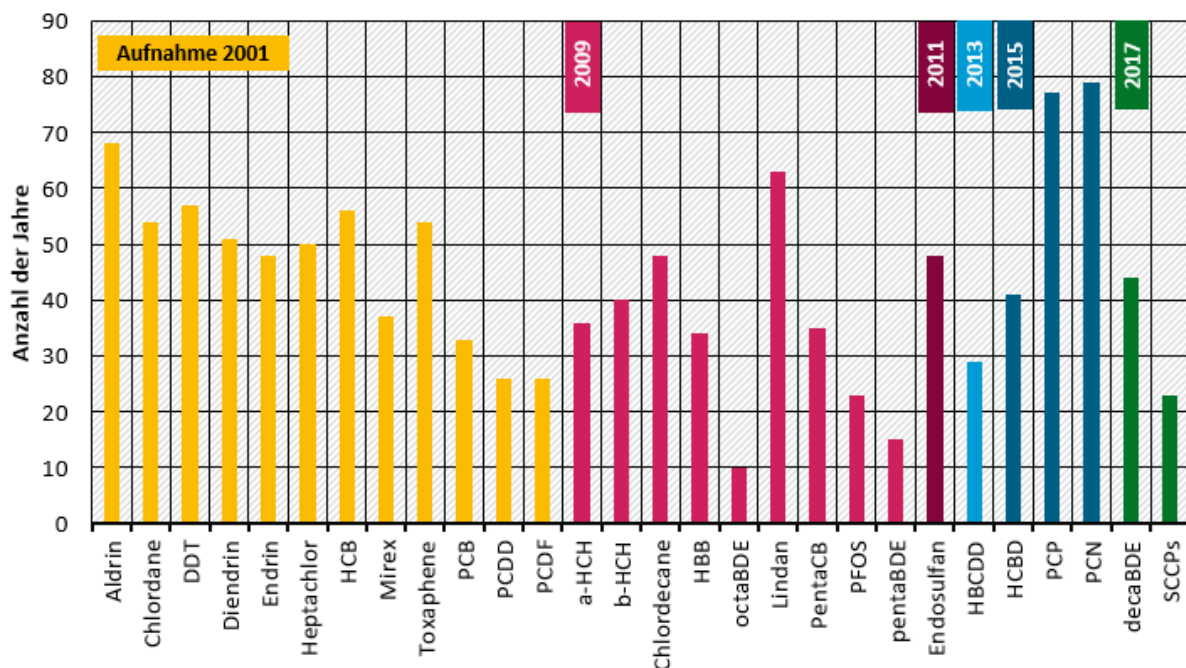
Bei fast allen Substanzen (20 von 28, d.h. > 70 %) wurde die Persistenz als zweites Kriterium behandelt; sie ist schon früh als problematische Eigenschaft aufgefallen und langlebige Rückstände in Böden wurden schon früh beobachtet, vor allem bei den Organochlor-Pestiziden. Die zeitliche Reihenfolge der ersten Publikationen, die sich mittels der Suche nach „Substanzname+Kriterium“ ergibt, ist also: Toxizität > Persistenz > Bioakkumulation/Ferntransportpotential.

Abbildung 7: Zeitspanne (in Jahren) zwischen der ersten Publikation mit Umweltbezug und der Aufnahme in die Konvention

(a) Histogramm



(b) absolut nach Substanz aufgeschlüsselt sortiert von links nach rechts nach Aufnahmedatum in die Konvention



Hinweis: Primärdaten im Anhang B.2

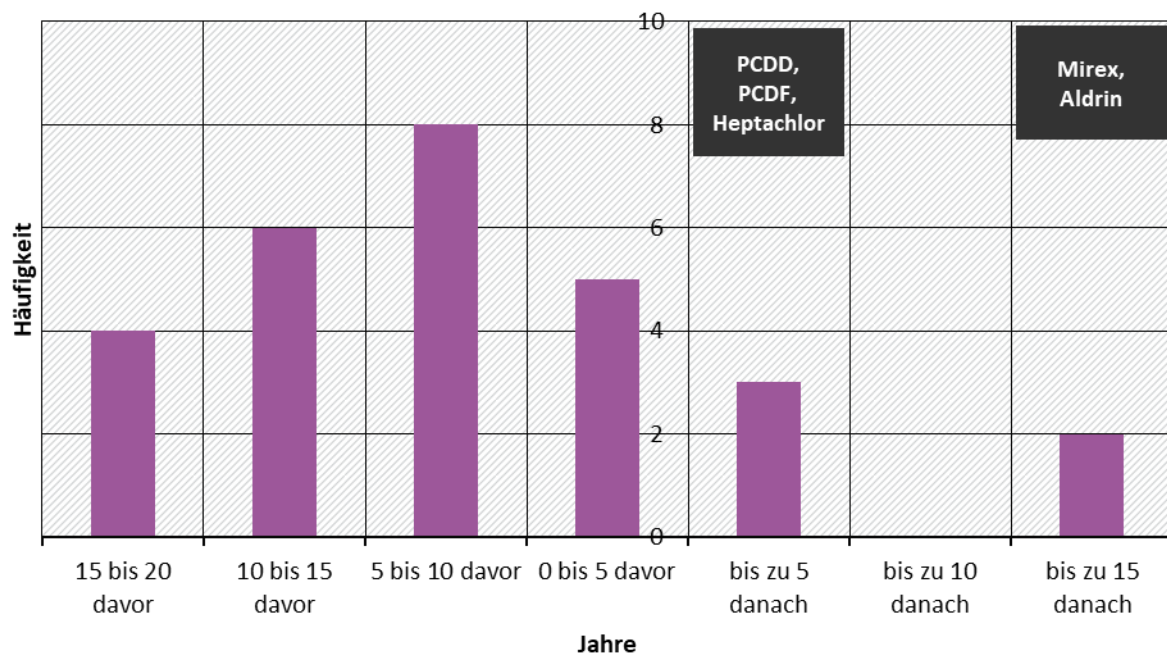
Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

- Im Durchschnitt über alle bisher gelisteten POPs dauerte es ca. 40 Jahre von der ersten Veröffentlichung zur Umweltrelevanz bis zur Aufnahme in die Konvention.
- Bei den ersten 12 Substanzen (Aldrin bis PCDF) liegt der Schnitt über dem Gesamtdurchschnitt bei ca. 47 Jahren. Dies ist plausibel, da diese Substanzen bereits in den 1950er-Jahren oder noch früher eingesetzt wurden und es ihr Umweltverhalten war, das überhaupt erst den Anlass lieferte, POPs als eigenes Umweltproblem zu anzusehen und dann für dieses Umweltproblem das Stockholmer Übereinkommen auszuarbeiten. Wenn man von der Unterzeichnung des Übereinkommens im Jahr 2001 um die Anzahl Jahre zurückgeht, die die

Ausarbeitung des Übereinkommens gedauert hat (bis 1995, also 6 Jahre) und nur bis zum Beginn dieser Periode rechnet, erhält man einen Durchschnitt von 41 Jahren.

- Die Substanz mit der schnellsten Entscheidung (10 Jahre) ist octaBDE gewesen. Für alle neuen POPs zusammengenommen beträgt der Durchschnitt 40 Jahre; ohne die beiden sehr hohen Werte von fast 80 Jahren für PCP und PCN sind es 35 Jahre. Somit ergibt sich für die neuen POPs eine leicht kürzere Dauer von wissenschaftlicher Problembeschreibung bis zur politischen Entscheidung als für die ersten 12 POPs. Allerdings dauert der Prozess auch bei neuen POPs immer noch viele Jahre.

Abbildung 8: Zeitspanne (in Jahren) zwischen dem Veröffentlichungsjahr der meist-zitierten Publikation (bis inkl. 2019) und der Aufnahme in die Konvention



Hinweis: Primärdaten im Anhang B.2

Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

- Bei zwei Dritteln der Substanzen lag mindestens 5 Jahre vor der Aufnahme in das Übereinkommen die wichtigste Veröffentlichung aus heutiger Sicht vor.
- Die fünf Substanzen, bei denen die wichtigste Publikation erst nach der Aufnahme in die Konvention erschien, zählen sämtlich zu den 12 ersten POPs.

2.4 Schlussfolgerungen aus der Analyse der wissenschaftlichen Publikationen

2.4.1 Fazit der Auswertung der Publikationsverläufe und stoffspezifischen Referenzen

Meilenstein-Publikationen

Die Textpassagen in den Datenblätter sollen individuell die Frage beantworten, wie der Erkenntnisgewinn durch die meistzitierten Publikationen und statistischen WoS-Auswertungen beschrieben werden kann. In einigen Fällen ist es sehr klar, dass es vielzitierte Arbeiten gibt, die die betreffende POP-Eigenschaft gut beschreiben. Aber in anderen Fällen ist unter den in der

WoS-Recherche gefundenen Publikationen kein klarer Kandidat für die wichtigste. Es ist manchmal sogar fraglich, ob überhaupt eine für die Nominierung in der Stockholm-Konvention relevante Publikation dabei ist (z.B. bei manchen der chlorierten Cyclodiene, Hexabrom-biphenyl). Stattdessen haben sich für viele POPs die wissenschaftlichen Ergebnisse und Befunde über Jahre akkumuliert, und der Erkenntnisprozess war eher graduell. Insbesondere zu den ersten zwölf POPs gibt es einige Überblicksstudien, die die Gruppe der Organochlorpestizide gesammelt in den Blick nehmen, oder sogar zusätzlich auf anorganische Schadstoffe hinweisen. Unter den stoffspezifischen Referenzen in den Datenblättern der ersten 12 POPs befinden sich in einigen Fällen nur wenige, die die Substanz alleinstehend bewerten. Häufig wurden die Erkenntnisse über die POP-Eigenschaften nicht nur anhand von Studien zu einer Substanz alleine, sondern aufgrund von Befunden für strukturähnliche Stoffe gewonnen.

Die stoffspezifischen Referenzen und Meilenstein-Publikationen können verschiedene Funktionen haben, die je nach Stoff unterschiedlich sind:

- ▶ Die Veröffentlichung stellt die Informationen gut zusammen und wurde im Erkenntnisprozess erst später publik, z.B. Willett et al. (1998) für α -/ β -/ γ -HCH (Lindan).
- ▶ Die Veröffentlichung war eine der ersten/die erste, die POP-Eigenschaften der betreffenden Stoffe feststellte. Sie wird als solche häufig in heutigen Studien referenziert, um den Beginn des Erkenntnisprozesses zu belegen.
- ▶ Es gibt keine eindeutig wichtigste Publikation, weil der wissenschaftliche Erkenntnisfortschritt mit der Zeit graduell, uneindeutig, lückenhaft oder unklar war und anhand der Informationen aus der WoS-Recherche nicht zu identifizieren ist.

Es lassen sich vielleicht nicht substanz- und eigenschaftsspezifische Meilensteine des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns herauskristallisieren, jedoch gibt es solche Veröffentlichungen, die für die gesamte Stoffgruppe der POPs wichtige Erkenntnisse hervorgebracht haben:

- ▶ Goldberg (1975) war wichtig für das Verständnis dafür, dass Ferntransport immer stattfindet, auch wenn der Dampfdruck sehr tief ist.
- ▶ Jensen et al. (1969) zeigten in einer Publikation in *Nature* die Ubiquität von PCBs.
- ▶ Publikationen mit den meisten Zitationen (> 1500 Cross References, TOP 5)
 - Kuiper, G. G. J. M., Lemmen, J. G., Carlsson, B., Corton, J. C., Safe, S. H., Van der Saag, P. T., Van der Burg, B., & Gustafsson, J.-Å. (1998). Interaction of estrogenic chemicals and phytoestrogens with estrogen receptor β . *Endocrinology*, 139(10), 4252–4263. <https://doi.org/10.1210/endo.139.10.6216> (PCB, DDT, Chlordacone)
 - Van der Oost, R., Beyer, J., & Vermeulen, N. P. E. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13(2), 57–149. [https://doi.org/10.1016/S1382-6689\(02\)00126-6](https://doi.org/10.1016/S1382-6689(02)00126-6) (Dioxine und Furane)
 - Van den Berg, M., Birnbaum, L. S., Denison, M., De Vito, M., Farland, W., Feeley, M., Fiedler, H., Hakansson, H., Hanberg, A., Haws, L., Rose, M., Safe, S., Schrenk, D., Tohyama, C., Tritscher, A., Tuomisto, J., Tysklind, M., Walker, N., & Peterson, R. E. (2006). The 2005

World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicological Sciences*, 93(2), 223–241. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfl055>

- Giesy, J. P., & Kannan, K. (2001). Global distribution of perfluorooctane sulfonate in wildlife. *Environmental Science and Technology*, 35(7), 1339–1342. <https://doi.org/10.1021/es001834k>
- De Wit, C. A. (2002). An overview of brominated flame retardants in the environment. *Chemosphere*, 46(5), 583–624. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(01\)00225-9](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00225-9)
- Für PCBs, Dioxine und Furane hat van den Berg wichtige Beiträge geleistet (Van den Berg et al., 1994; Brouwer et al., 1995; Van den Berg et al., 2006).
- Die Arbeitsgruppe von Derek Muir am *National Wildlife Research Centre, Carleton University, Ottawa*, sowie bei *Environment Canada* hat zu vielen Eigenschaften verschiedener POPs wichtige Beiträge geleistet. Sie haben viele arktische Proben untersucht und damit wichtige Beiträge für Bioakkumulation und Ferntransport geliefert. Eine der unter den spezifischen Stoffreferenzen am häufigsten gefundene Publikation aus dieser Gruppe ist die Arbeit unter dem Titel *Arctic marine ecosystem contamination* (Muir et al., 1992). In zwei weiteren oftmals zitierten Studien wurden Dieldrin, DDT, Heptachlor, Toxaphen, α -/ β -/ γ -HCH, Pentachlorphenol sowie Endosulfan untersucht (Hoff et al., 1992a, 1992b).

Zeitlicher Erkenntnisgewinn

Für die ersten 12 POPs ist das Jahr 1991 wichtig. In allen Darstellungen des Publikationsverlaufs sieht man einen starken Anstieg an wissenschaftlichen Arbeiten für alle vier POP-Eigenschaften. Da in dieser Zeit die Stockholm-Konvention ausgearbeitet wurde, besteht der Eindruck, dass infolgedessen eine Art Nachfrage nach Resultaten zu den vier POP-Merkmalen dieser Substanzen entstand.

Bei den neuen POPs scheint der Schluss naheliegend, dass es keinen „Erkenntnisumschlagszeitpunkt“ gab, ab dem die Datenlage als soweit gesichert galt, dass der Vorschlag zur Regulierung selbstverständlich gewesen wäre. Die neuen POPs lassen sich in bezogen auf den Anstieg in den wissenschaftlichen Publikationen in zwei Gruppen einteilen: Die Stoffe, für die die Anzahl der Arbeiten zusammen mit den ersten 12 POPs ab dem Beginn der 1990er Jahre anstieg, z.B. Lindan (Aufnahme in die Konvention 2005), PCP (2015) und Endosulfan (2011), und diejenigen Stoffe, zu denen die wissenschaftlichen Publikationen ab dem Ende der 1990er Jahre anstiegen, z.B. PFOS (Aufnahme in die Konvention 2009), pentaBDE (2009) und SCCPs (2017).

Vielmehr stellte sich im Kontext der Aufnahmeprozesse von POPs in die Stockholm-Konvention jedoch auch in anderen wissenschaftlichen Gremien zur Beratung von Stoffregulierung die Frage: Wann ist die Datenlage gut genug? Siehe dazu Kapitel 2.4.3 und 2.4.4.

Zusammenhang Meilenstein-Publikationen & POPRC-Risikoprofile

Am Beispiel von Hexabrombiphenyl lässt sich im Zusammenhang von Publikationen und POPRC-Risikoprofilen beobachten, dass im Risikoprofil nur Referenzen aufgeführt sind, die auf bromierte Flammschutzmittel oder polybromierte Biphenyle (PBB) abzielen. Dennoch ist außer Hexabrombiphenyl kein weiteres PBB gelistet. Ähnliches gilt für PentaCB in Bezug auf andere Chlorbenzole. Eine weitere Beobachtung betrifft die Stoffe bzw. eher Stoffgruppen, die in den Publikationen und Referenzen – sowohl Stoffreferenzen im Datenblatt als auch Risikoprofil – im

Fokus der Analysen sind: Obwohl die Substanzen einzeln bewertet werden, behandeln die wissenschaftlichen Studien eher Stoffgruppen (Organochlor-Pestizide, halogenierte, bromierte und chlorierte Kohlenwasserstoffe, die gesamte Gruppe der polybromierten Biphenyle anstelle von Hexabrombiphenyl im Speziellen, die chlorierten Cyclodiene usw.).

Zudem werden Publikationen aus dem regulatorischen Umfeld, wie z.B. von der US EPA, vom Web of Science nicht erfasst. Dies ist für das Risikoprofil von Hexachlorbutadien relevant: Quellen, die in die Risikobewertung für Hexachlorbutadien eingehen, die mit der WoS-Datenbank nicht gefunden wurden, sind unveröffentlichte universitäre Schriften und Doktorarbeiten sowie Berichte von Behörden und sonstigen regulatorischen Gremien (IARC; IPEN; Hazardous substances Database; Deutsches UBA; Environment Canada etc.).

Methodische Beobachtungen

Persistenz ist die schwierigste mit dem WoS bzw. der gewählten Methodik zu analysierende Eigenschaft. Dort gute Meilenstein-Publikationen zu finden, ist kompliziert, weil bei der Recherche alle Studien mit dem Schlagwort „*persistent*“ und mit hohen Zahlen an Zitationen gefiltert werden, dies aber nicht unbedingt Evidenz für die Persistenz einer Substanz ist, sondern aufgrund des Bezugs zu „*persistent organic pollutant*“ häufig allgemeinere Studien anzeigt.

2.4.2 Einzelne Kriterien

Die einzelnen Kriterien sind grundsätzlich sinnvoll definiert. Sie beschreiben vier zentrale Aspekte, welche das Umweltproblem durch POPs definieren. Die Schwellenwerte, welche das Vorhandensein einer POP-Eigenschaft bestimmen, z.B. eine Halbwertszeit von 180 Tagen im Boden, sind ein Stück weit willkürlich gewählt, aber das ist eine grundsätzliche Eigenschaft solcher Schwellenwerte, nicht nur im Stockholmer Übereinkommen (so könnten es auch 170 oder 190 Tage sein). Die Größenordnungen der Schwellenwerte sind alle plausibel, und zudem gibt es in der Definition der Kriterien genügend Flexibilität, so dass auch Substanzen erfasst werden können, welche nicht die typischen Eigenschaften von Organochlor-POPs haben, z.B. PFOS, also nicht aufgrund der Schwellenwerte die POP-Kriterien erfüllen.¹¹ Für die Toxizität sind gar keine Schwellenwerte definiert, was auch sinnvoll ist, weil die Toxizität in sehr verschiedener Weise ausgeprägt sein kann. Auch beim Ferntransportpotential ist es sinnvoll, dass ganze unterschiedliche Arten von Daten und Befunden verwendet werden können. Durch diese Flexibilität der Kriterien können auch sehr unterschiedliche Substanzen, die sich in der realen Umwelt als POPs verhalten, alle gleichermaßen als solche erfasst werden.

Die Kriterien sind auf der anderen Seite ausreichend restriktiv gestaltet, dass keine undifferenzierte Vielzahl an Substanzen als POPs gemeldet würde, was ebenfalls sinnvoll ist. Scheringer et al. (2012) haben abgeschätzt, dass von ca. 94.000 untersuchten Substanzen ca. 530 Substanzen nach den Kriterien POP-Eigenschaften aufweisen, also ca. 0,56 %. Diese Substanzen haben zum großen Teil ähnliche chemische Eigenschaften oder Strukturelemente wie die bereits identifizierten POPs (so sind 98% davon halogeniert). Dennoch sind die Kriterien nicht so strikt, dass nach aktuellem Wissensstand zu wenige POPs identifiziert würden.

Eine weitere Erkenntnis ist, dass die Kriterien z.T. voneinander abhängig sind bzw. in den Aspekten, die sie beschreiben, teilweise „überlappen“, was in 2.4.3 weiter erläutert wird. Dies ist jedoch kein grundsätzliches Problem, welches gegen die Kriterien in ihrer jetzigen Form spräche.

¹¹ Im Kapitel zu Stockholm Konvention (Kapitel 3) werden die Schwellenwerte als „Erfüllung der numerischen Screening-Kriterien aus dem Anhang D für B, P und LRT“ untersucht, sowie die „alternative Evidenz der nicht-numerischen Kriterien aus dem Anhang D“.

2.4.3 Gesamtheit des Bewertungsprozesses

Insgesamt muss der Bewertungsprozess als langwierig bezeichnet werden. Dies ist nicht per se als kritisch anzusehen, es ergeben sich jedoch daraus einige problematische Aspekte, welche weiter unten genauer ausgeführt werden. Zunächst zu dieser Aussage selbst: Zum einen vergehen mehrere oder auch viele Jahre, bis genügend viele ausreichend gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse zu den POP-Eigenschaften einer einzelnen Substanz vorhanden sind, einschließlich der toxikologischen Testung, der umfassenden Detektion in Umweltmedien in vielen Teilen der Welt und im Gewebe von Menschen und Tieren (Bioakkumulation). Im allgemeinen erfolgt dies durch eine langsame Akkumulation vieler Daten aus einzelnen Forschungsprojekten in verschiedenen Ländern und zu verschiedenen Zeiten; es gibt keinen koordinierten Forschungsprozess, um den POP-Nachweis für eine gewisse Substanz in einer gezielten Aktion zu führen. Sobald allerdings eine Substanz einmal in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt ist, nimmt die Produktivität der umweltchemischen und toxikologischen Forschung schnell zu (stark ansteigende Publikationszahlen). Kritisch ist insofern vor allem das Anfangsstadium der wissenschaftlichen Erhebung, wenn eine Substanz noch nicht im Fokus der wissenschaftlichen Aufmerksamkeit steht. Ein Beispiel ist der UV-Filter UV-328, der als Plastikadditiv verwendet wird und 2020 von der Schweiz als POP-Kandidat nominiert wurde. Für diese Substanz liegen nur sehr bruchstückhafte und unvollständige Messdaten zum Vorkommen in der Umwelt vor. In so einem Fall ist es schwierig, die POP-Eigenschaften genügend klar und fundiert zu dokumentieren. Hinzu kommt, dass fehlende Daten oft als Hinweis auf die Abwesenheit von POP-Eigenschaften interpretiert werden, was jedoch ein logischer Fehlschluss: *The absence of evidence is not the evidence of absence*. Diese Schwierigkeit führt dazu, dass die „Anlaufphase“ bei der Erhebung der POP-Eigenschaften einer Substanz zu in Relation zum folgenden Verfahren sehr lang ist.

Unter REACH besteht die besondere Möglichkeit, dass basierend auf dem Prinzip "Ohne Daten kein Markt (*no data, no market*) Registranten in der Pflicht stehen, Informationen über Stoffe nachzuliefern, wenn diese im Rahmen einer Dossierbewertung, einer Stoffbewertung oder einer PBT/ED Beurteilung geprüft werden. Details solcher Nachforderungen sind öffentlich einsehbar, wenn Registranten Widerspruch gegen die Forderung bei der Widerspruchskammer der ECHA einlegen (ECHA, o. J.-a). Die Ergebnisse sollten dann aber in den Berichten nach Annex XV verfügbar sein. Dennoch können auch hier die Zeiträume für die Durchführung der Tests lang sein; für Tests bei mittelkettigen Chlorparaffinen (MCCP) wurden drei Jahre veranschlagt (ECHA, 2014a). Die Stockholm-Konvention verfügt nicht über einen vergleichbaren Mechanismus, Hersteller von Chemikalien zur Finanzierung spezifischer Tests heranzuziehen. Insofern ist das POPRC auf öffentlich verfügbare Publikationen angewiesen. Ein Nachteil besteht dann darin, dass z.B. Monitoringdaten nicht verglichen werden können, weil diese zumeist auf unterschiedlichen Messmethoden beruhen.

Nach der wissenschaftlichen Grundlagenarbeit zu den POP-Eigenschaften einer Substanz folgt das Verfahren innerhalb des POPRC und schließlich die Entscheidung der COP. Zum Verfahren innerhalb des POPRC ist festzustellen, dass bisher in allen Fällen eine Einigung in Bezug auf die POP-Eigenschaften einer Substanz erzielt werden konnte, dies allerdings in einigen Fällen mehr Beratungszeit erfordert hat als eine für die rein stoffbezogen-fachlichen Erwägungen typischerweise angemessene Dauer von ca. 3 bis 4 Jahren. Hier wurden von einzelnen Staaten oder durch die chemische Industrie (auch wenn diese offiziell nur einen Beobachterstatus hat) leider mehrfach wissenschaftlich erscheinende Angaben in den Prozess eingespeist, die letztlich aber ungeeignet waren, das Gefahrenpotenzial der Substanzen im Sinne der POP-Kriterien angemessen zu beschreiben. Obwohl die Bewertung durch das POPRC im Ergebnis dadurch inhaltlich nicht beeinflusst wurde, kam es durch die ausgelösten zusätzlichen Beratungsrunden dennoch zu einer Verzögerung der Beschlussfassung. Ein möglicher Ansatz, um stringendere

Entscheidungsprozesse im POPRC zu erreichen, wäre die Einführung einer Vorprüfung von eingebrachten Dokumenten im Hinblick auf deren stoffbezogen-fachliche Relevanz.¹²

Auch bei einem nicht verzögerten Bewertungsverfahren mag bei einer Dauer von knapp fünf Jahren die Frage gerechtfertigt erscheinen, ob es damit nicht *per se* zu langsam oder zu träge ist. Unseres Erachtens ist diese Frage aber eher mit nein zu beantworten. Die Identifizierung einer neuen POP-Substanz bedeutet sehr viel Aufwand in der Umsetzung der Regulierungen und für viele Länder eine große administrative und technische Bürde. Es erscheint nicht sinnvoll, die Anzahl offiziell identifizierter POPs durch ein deutlich schnelleres Verfahren zu erhöhen, weil damit die Umsetzung der Beschlüsse erheblich erschwert würde. Letztendlich würden all die vielen Arbeitsschritte, die für die Eliminierung neu identifizierter POPs erforderlich sind, nicht mehr umgesetzt werden können, und die Beschlüsse der COP würden weitgehend wirkungslos.

Insofern wäre es eine sinnvolle längerfristige Strategie, nicht schneller vorzugehen und mehr POPs zu benennen, sondern insgesamt die Anzahl chemischer Substanzen (und damit auch möglicher POPs) auf dem Markt zu verringern (Fenner & Scheringer, 2021). Einen vielversprechenden Ansatzpunkt dafür bietet das sog. „essential-use concept“ (Cousins, Goldenman, et al., 2019).

2.4.4 Weitere Erkenntnisse

Wie oben kurz erwähnt, sind die POP-Kriterien nicht völlig unabhängig voneinander. Erstens fallen, wenn eine Substanz nicht persistent ist, auch Bioakkumulation und Ferntransport-Potential (weitgehend) weg, weil die zugrundeliegenden Prozesse Zeit benötigen. Zweitens sind Bioakkumulation und Toxizität miteinander korreliert; stark bioakkumulierende Substanzen sind immer auch toxisch, weil sie in die aus Lipiden bestehenden Zellmembranen eindringen und dadurch eine sogenannte Basis- oder Grundlinien-Toxizität bewirken (Maeder et al., 2004). Diese Abhängigkeit der T-Dimension von der B-Dimension wird durch die Kategorie der vPvB-Substanzen unter REACH aufgenommen, bei der die T-Dimension gar nicht mehr eigens erfasst wird. Drittens wird zurzeit die Kategorie der PMT-Substanzen diskutiert (persistent, mobil, toxisch) (Arp et al., 2017). PMT-Substanzen sind bezüglich Bioakkumulation im Prinzip das Gegenstück zu PBT-Substanzen: Bei PBT-Substanzen ist der Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient (K_{ow}) hoch, bei PMT-Substanzen ist er tief. Letztlich fällt damit eine persistente (und toxische) Substanz stets in eine problematische Kategorie, ganz unabhängig davon, welchen K_{ow} -Wert sie hat (Cousins, Ng, et al., 2019). Die B-Dimension ist damit nicht mehr relevant für die Gefährlichkeitseinschätzung an sich, sondern bestimmt nur noch die Unterscheidung zwischen PBT-Stoffen, wenn B hoch ist, oder PMT-Stoffen, wenn B tief ist. Viertens führt auch bei nicht ausgeprägt toxischen Substanzen eine hohe Persistenz dazu, dass sich in der Umwelt so hohe Konzentrationen aufbauen können, dass die Nicht-Wirkungs-Schwellen überschritten werden können (Cousins, Ng, et al., 2019). Persistente Substanzen können also auch bei nur moderater Toxizität zu dann auch lange Zeit anhaltenden toxischen Effekten in der Umwelt führen.

Alle diese Punkte deuten darauf hin, dass letztendlich hohe Persistenz als Primärproblem sich auch in Folgeproblemen wie Toxizität, Bioakkumulation und Ferntransport/Mobilität manifestieren kann. Es wäre demnach ein konsequenter Schritt, sehr persistente Substanzen allein aufgrund ihrer Persistenz zu regulieren; die anderen Kriterien wären, wenn überhaupt noch relevant, nachgeordnet. (Cousins, Ng, et al., 2019) et al. (2019) haben dieses Konzept im

¹² Nachträgliche Anmerkung der UBA-Fachbegleitung: Im Zeitraum vom Ende der fachlichen Bearbeitung des Vorhabens 2021 bis zur Publikation dieses Berichts 2026 hat es eine rasante Marktdurchdringung von Anwendungen der generativen künstlichen Intelligenz, insbesondere von *Large Language Models* gegeben. Dadurch ist es möglich geworden, in kurzer Zeit und mit geringem Aufwand auch wissenschaftlich erscheinende Dokumente mit fehlerhaften oder irreführenden Inhalten zu erzeugen. Dies stellt eine neue Herausforderung für Prüfungsgremien generell dar, wenn diese mit solchen KI-generierten Dokumenten in größerer Anzahl konfrontiert werden (vergleichbar mit *Denial of Service*-Attacken in der Informationstechnik).

Einzelnen diskutiert und als „P-sufficient approach“ bezeichnet. Selbstverständlich zielt dieses Konzept in der Anwendung allein auf (persistente) anthropogene organisch-chemische Substanzen ab, nicht auf natürlich vorkommende Stoffe wie Sand, Wasser, Salz oder Stickstoff in der Atmosphäre.

2.5 Empfehlungen

2.5.1 Anpassungen der Kriterien

Aus der Analyse der Kriterien und des Verfahrens ergeben sich keine Hinweise darauf, dass grundsätzliche Revision der Kriterien wünschenswert oder erforderlich wäre. Auch eine Anpassung der Kriterien scheint uns nicht geboten; die Kriterien „funktionieren“: Keiner der Schwellenwerte ist problematisch (zu tief oder zu hoch); zusätzlich zu den Schwellenwerten gibt es genügend Alternativen, um die Bewertung vorzunehmen. Dieses System ist eine sinnvolle Kombination aus festen Kriterien und flexiblen Elementen, die sich in den knapp 20 Jahren der Stoffbewertung unter dem Stockholmer Übereinkommen bewährt hat.

Als ein „Extremszenario“ lassen sich die Überlegungen aus 2.4.4 verstehen: Mit einem starken Fokus auf die Persistenz von Substanzen in der Umwelt (der im Einklang mit dem etablierten Begriff *Persistente Organische Schadstoffe* stünde) ließen sich die Kriterien vereinfachen. Toxizität, Bioakkumulation und Ferntransport-Potential könnten wegfallen; die ozonschädigenden Stoffe, die das Montreal-Protokoll behandelt, derzeitige POPs sowie PMT-Substanzen würden alle unter einem einzigen Bewertungsregime erfasst (Cousins, Ng, et al., 2019). Dieses Szenario würde jedoch die Logik der bisherigen Regularien erheblich verändern.

2.5.2 Erweiterung der Kriterien

Es gibt einen Aspekt, den man als eine gebotene Erweiterung der Kriterien verstehen könnte. Es geht dabei um das Kriterium „Ferntransport“ und den Mechanismus des Transports von Chemikalien mit Plastikabfällen in den Ozeanen und ggf. auch über die Luft (in der Form von Mikroplastik). Dieser Mechanismus wurde auf der Sitzung des POPRC im Januar 2021 diskutiert, weil er für den Ferntransport der Substanz UV-328 relevant ist, die als Zusatzstoff in diversen Plastiksarten verwendet wird und 2020 als POP-Kandidat nominiert worden ist. Die Substanz ist persistent (und eine PBT-Substanz unter REACH) und erfüllt auch für sich genommen das Kriterium für Ferntransport, jedoch kommt als ein wichtiger Mechanismus hinzu, dass sie auch im Verbund mit den sich global verbreitenden Plastikgegenständen und -fragmenten transportiert wird. Dieser zusätzliche Mechanismus ist auch im Fall von anderen Plastikadditiven von erheblicher Bedeutung (Andrade et al., 2021), also nicht nur für einen Einzelfall relevant. Auf der Sitzung des POPRC im Januar 2021 wurde vor allem von der chemischen Industrie, aber auch einigen Vertragsparteien die Meinung geäußert, Transport mit Plastikpartikeln werde von der Stockholm-Konvention nicht abgedeckt und sei daher nicht relevant für die Bewertung. Diese Sichtweise ist inhaltlich falsch, weil die Mechanismen des Ferntransports in Anhang D des Übereinkommens gar nicht spezifiziert und noch viel weniger abschließend aufgezählt werden. So wird etwa der Transport mit Aerosolpartikeln in der Luft nicht erwähnt, ist aber selbstverständlich ein relevanter und seit dem Inkrafttreten des Übereinkommens akzeptierter Mechanismus. Möglicherweise wäre es sinnvoll explizit anzumerken, dass alle Arten von „Trägern“ oder „Vektoren“, welche zur unkontrollierten Verbreitung von Chemikalien in der Umwelt beitragen, beim Ferntransport-Kriterium relevant sind.

2.5.3 Kriterien-übergreifende Empfehlungen

Eine dringende Empfehlung betrifft die unter 2.4.3 angesprochene Problematik der Verzögerungsmanöver durch das Einspeisen von Dokumenten mit geringer stoffbezogen-fachlicher Relevanz. Hier sollte das POPRC seine Regeln zum Umgang mit Interessenkonflikten stringenter durchsetzen, auch vor dem Hintergrund, dass legitime nicht stofflich-fachliche, sondern z.B. ökonomische Interessen an anderen Stellen des Listungsverfahrens angemessen berücksichtigt werden können. Dies betrifft ganz direkt Firmen der chemischen Industrie, welche eine Substanz herstellen, die vom POPRC bewertet wird. Es sollte aber auch auf Staaten ausgedehnt werden, die von der Produktion oder Verwendung einer Substanz unmittelbar profitieren.

Da mit dem Einspeisen derartiger Angaben keine signifikante inhaltliche Veränderung der Bewertung, sondern höchstens eine Verzögerung erreicht werden kann, bedeutet eine zeitaufwändige Befassung damit neben dem Verlust an Glaubwürdigkeit auch viel Verschleiß und Ineffizienz. Insofern sollte im POPRC sondiert werden, ob die Bereitschaft vorhanden ist, solche Verzögerungsstrategien zu sanktionieren, um deren Attraktivität zu verringern.

Zum dritten wird der Prozess vor allem bei der Diskussion des Risikoprofils durch eine sehr große Anzahl an Kommentaren und Kritikpunkten überlastet, für die jedoch keine ausreichende Bearbeitungskapazität vorhanden ist. So ergeben sich erhebliche Stressfaktoren, welche das Funktionieren des Beurteilungsprozesses gefährden. Wir empfehlen daher: (i) die Kommentierungsmöglichkeiten sollten stark formalisiert werden (nur als Einträge in eine vorgegebene Tabelle möglich), (ii) für die Kommentierung sollten strikte und enge Zeitvorgaben gesetzt werden, und (iii) Vertragsstaaten, welche eine POP-Nominierung verantworten und die eingehenden Kommentare bearbeiten müssen, sollten ein ausreichendes Budget (deutlich größer als bisher) sowie personelle Kapazitäten bereitstellen bzw. bei der Bereitstellung dieser Ressourcen unterstützt werden.

3 Stockholm-Konvention (AP 2)

3.1 Ziel des Arbeitspaketes

Im zweiten Arbeitspaket geht es um die Frage, ob Listung kritischer Stoffe im Stockholmer Übereinkommen effektiv geschieht.

In der Stockholm-Konvention wird das Vorsorgeprinzip im Artikel 1 betont. Es wird auch im Artikel 8 für die Listung von POPs ausdrücklich genannt. Im Sinne des Vorsorgeprinzips muss es das Ziel sein, Substanzen mit POP-Eigenschaften bzw. POP-Potenzial prospektiv als solche zu identifizieren und frühzeitig aus Produktions- und Verwendungsprozessen so zu eliminieren, dass schädliche Auswirkungen auf Mensch und Umwelt gänzlich vermieden werden. Das derzeit verfügbare Instrumentarium der Stockholm-Konvention ermöglicht es deshalb, Substanzen, deren Gefährlichkeit in dieser Hinsicht offenkundig ist, nach Feststellung der für POPs relevanten Kriterien nach Anhang D (Persistenz (P), Bioakkumulation (B), Ferntransport (LRT) und Toxizität (T)) global zu regulieren. Allerdings werden hier Stoffe erst dann von den Maßnahmen erfasst, wenn ein hohes Maß an Evidenz dafür vorhanden ist, dass ein Stoff die POP-Kriterien erfüllt, typischerweise dadurch, dass bereits Belege für dessen weiträumige Ausbreitung in der Umwelt vorliegen. Deshalb liegen Stoffe häufig bereits in messbaren Konzentrationen global verteilt in der Umwelt vor, wenn sie als neue POP identifiziert und für die Stockholm-Konvention vorgeschlagen werden.

Für die bereits gelisteten 28 POPs wird im analytischen Teil von AP2 untersucht, wann und mit welcher wissenschaftlichen und/oder rechtlichen Begründung die Substanzen in das Verfahren eingeführt wurden. Dabei wird auch analysiert,

- ▶ welche Daten zu diesem Zeitpunkt vorlagen,
- ▶ welche Daten zusätzlich im Verfahren auf welcher rechtlichen Grundlage erhoben wurden,
- ▶ welche zusätzlichen Informationsquellen (z.B. Auftragsforschung) hierfür genutzt wurden und
- ▶ welche Daten abschließend für die regulatorische Entscheidung herangezogen wurden.

Folgende Aspekte werden in der Analyse betrachtet

- ▶ Historische Beschreibung der Entstehung der POP-Abkommen und der entsprechenden internationalen Prozesse
- ▶ Beschreibung der beiden internationalen POP-Abkommen Stockholm-Konvention und Aarhus-Protokoll über langlebige bzw. persistente organische Schadstoffe.
- ▶ Analyse der Abläufe für die 12 ursprünglich gelisteten POPs in der Stockholm-Konvention.
- ▶ Detaillierte Evaluierung der Verfahren für die 18 „neu gelisteten“ POPs, die die Untersuchung im POP Review Committee (POPRC) und in der Conference of Parties (COP) durchlaufen haben (siehe Kapitel 3.3.2).

Dabei wird die wissenschaftliche Begründung zu dem Zeitpunkt, in dem ein POP vorgeschlagen wird, in dem „Vorschlag für die Listung“ zusammengefasst (Anhang-D-Kriterien). Zusätzlich werden die Dokumente untersucht und ausgewertet, die für die weiteren Schritte des Risikoprofils (Anhang E) und der Bewertung zum Risikomanagement (Anhang F) wichtig waren.

Für jedes POP wurden Ablaufschemata (Zeitschienen) erstellt und mit fachlichen Erläuterungen versehen (siehe Abschnitt 2.1 im Anhangband). Für die Untersuchung wurden neben den POPRC-Dokumenten auch Informationen von ausgewählten Personen eingeholt, die detaillierte Hintergrunderfahrungen im POPRC-Prozess haben.

- ▶ Gespräche mit Institutionen, die Vorschläge für die Listung von POPs unterbreitet haben, um zu erfahren, welche Erfahrung sie bei der Erstellung der Daten gemäß Anhang-D-Kriterien gemacht haben.
- ▶ Analyse des zeitlichen Abstands zwischen dem Bekanntwerden wissenschaftlicher Forschungsergebnisse und deren Umsetzung in die regulatorische Entscheidung (Resultate aus AP 1).
- ▶ Untersuchung der Rolle des POP-Protokolls über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (*Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, CLRTAP*) für die Listung. Es wurde schon am 24. Juni 1998 unter dem Dach der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (*United Nations Economic Commission for Europe, UNECE*) abgeschlossen. In ihm wurden eine Reihe der heute unter der Stockholm-Konvention gelisteten POPs schon evaluiert und gelistet.
- ▶ Sonstige relevante Aspekte für die Effektivität des regulatorischen Managements der Stockholm-Konvention.

Als Ziel dieses Arbeitspakets werden Empfehlungen erarbeitet, welche auf eine Anpassung und ggf. Weiterentwicklung der regulatorischen Verfahren hinzielen, die geeignet sind, POPs global wirksamer zu regulieren und die Stockholm-Konvention im Hinblick auf die Listung von POPs effizienter umzusetzen.

Dabei wird auch das Ziel verfolgt zu verstehen, inwieweit auch bei anfangs weniger umfassend erforschten Substanzen eine Entscheidung auf fundierter Datengrundlage in angemessener Zeit getroffen werden kann. Weiterhin soll sichergestellt werden, dass im Sinne des Vorsorgeprinzips Restriktionen auch beschlossen werden können, ohne dass zuvor für die entsprechende Substanz eine bereits erfolgte globale Verbreitung und das Auftreten von Schäden in emissionsfernen Gebieten nachgewiesen werden müssen.

3.2 Einleitung und historische Entwicklung des POP-Managements

3.2.1 Einleitung

In den 1960er und 1970er Jahren nahm der Einsatz von Chemikalien und Pestiziden in Industrie und Landwirtschaft dramatisch zu. Insbesondere eine Kategorie von Chemikalien, die mittlerweile als POPs bekannt sind, erregte internationale Aufmerksamkeit, da zunehmend wissenschaftliche Beweise dafür erbracht wurden, dass die Exposition gegenüber sehr niedrigen Dosen von POPs zu Krebs, Schädigungen des zentralen und peripheren Nervensystems, Erkrankungen des Immunsystems, Fortpflanzungsstörungen und Störungen der normalen Entwicklung von Säuglingen und Kindern führen kann (siehe Arbeitspaket 1).

POPs werden zudem über weite Strecken über Luft und Wasser in Gebiete transportiert, (weiträumiger Transport), in denen sie nie verwendet oder hergestellt wurden. Daher können einzelne Staaten in ihrem jeweiligen nationalen Rahmen die Bürgerinnen und Bürger und die Umwelt nicht vor POPs schützen. Die Internationale Gemeinschaft rief zu globalen Maßnahmen

auf, um ihre Freisetzung in die Umwelt zu verringern und zu unterbinden. Heute sind einzelne POPs deshalb Gegenstand von völkerrechtlichen Konventionen:

- ▶ der Stockholm-Konvention zu persistenten organischen Schadstoffen (*Stockholm Convention*, 2001; Deutsche Sprachfassung: *Stockholmer Übereinkommen*, 2001) und/oder
- ▶ des Aarhus-Protokolls zu persistenten organischen Schadstoffen (*POPs Protocol*, 1998) unter der UNECE-Konvention zum grenzüberschreitenden Transport von Luftschadstoffen (*CLRTAP*, 1979).

3.2.2 Historische Entwicklung des POP-Managements

Um das Problem des weiträumigen Transports zu lösen, unterzeichneten 32 Länder im Jahr 1979 die UNECE-Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverschmutzung. Sie schufen damit den ersten internationalen Vertrag zur Bekämpfung der Luftverschmutzung auf breiter regionaler Basis. Die Konvention trat 1983 in Kraft, legte die allgemeinen Grundsätze der internationalen Zusammenarbeit bei der Bekämpfung der Luftverschmutzung fest und schuf einen institutionellen Rahmen, der seither Forschung und Politik auf diesem Gebiet zusammenführt. Im Laufe der Jahre wurde die Anzahl der Stoffe, die unter die Konvention und deren Protokolle fallen, schrittweise erweitert, insbesondere auf bodennahes Ozon, POPs, Schwermetalle und Partikel.

Im Jahr 1989 hatten Kanada und Schweden im Auftrag der LRTAP-Konvention eine Zusammenfassung des Wissensstandes zu POPs erstellt. Nach Prüfung dieses Berichts richtete das Exekutivorgan eine Task Force unter der Leitung Kanadas und Schwedens ein. Sie sollte bis 1994 eine Beurteilung zur Bewertung der Notwendigkeit einer Konvention vorlegen und der möglichen Modalitäten von Maßnahmen.

Aus kanadischer Sicht wurde diese Phase durch die Einrichtung des *Arctic Monitoring and Assessment Programme* (AMAP) im Jahr 1991 stark unterstützt. Es ermöglichte Umweltwissenschaftlern der acht arktischen Länder, der Niederlande, Deutschlands und des Vereinigten Königreichs, bei der Sammlung und Bewertung von Informationen über POPs zusammenzuarbeiten. Außerdem konnten sie einen Konsens über die Bedeutung ihrer Beobachtungen in das politische Ministerforum der Arktischen Umweltschutzstrategie (heute Arktischer Rat¹³) einbringen.

Viele der Wissenschaftler, die an AMAP und anderen relevanten regionalen Organisationen wie OSPAR, HELCOM, der Barcelona-Konvention und der Internationalen Gemeinsamen Kommission beteiligt waren, auch stark in die Arbeit der LRTAP-POP-Task Force involviert. Die Synergie, die sich aus diesem sich überschneidenden Aktivitäten ergab, ermöglichte es der POP-Task Force, ein überzeugendes Informationsdossier über die Notwendigkeit von POP-Kontrollen zu erstellen, über das es auf nationaler Ebene unter den Vertragsparteien der Konvention einen starken Konsens gab. Die Task Force legte ihre Bewertung 1994 der LRTAP-Konvention vor (Substanzbericht), und bis Dezember 1995 wurde eine Arbeitsgruppe zur Ausarbeitung eines Protokollentwurfs eingesetzt. Dies führte zum Aarhus-Protokoll von 1998 über POPs.

Auf der Grundlage des Substanzberichts hatte Island eine POP-Synopse erstellt (Stone, 2004). Dieser Bericht (Vortrag) führte dazu, dass im März 1995 der Verwaltungsrat des Umweltschutzprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) den Beschluss 18/32 verabschiedete, in

¹³ <https://arctic-council.org/> (The Arctic Council, o. J.)

dem das *Inter-Organisation Programme on the Sound Management of Chemicals* (IOMC)¹⁴, das *Intergovernmental Forum on Chemical Safety* (IFCS) und das *International Programme on Chemical Safety* aufgefordert wurden, einen Beurteilungsprozess bezüglich einer Liste von 12 POPs einzuleiten.

Als Reaktion darauf berief das IFCS eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe über POPs ein. Sie entwickelte einen Arbeitsplan zur Beurteilung der verfügbaren Informationen über die Chemie, die Quellen, die Toxizität, die Verbreitung in der Umwelt und die sozioökonomischen Auswirkungen der 12 POPs. 1996 berief die Ad-hoc-Arbeitsgruppe ein Expertentreffen in Manila, Philippinen, ein und kam zu dem Schluss, dass genügend Informationen vorlagen, um internationale Maßnahmen zur Minimierung der von den 12 POPs ausgehenden Risiken ergreifen zu können, einschließlich eines globalen rechtsverbindlichen Instruments mit dieser Ausrichtung. Im Februar 1997 verabschiedete der Verwaltungsrat den Beschluss 19/13C, in dem die Schlussfolgerungen und Empfehlungen der IFCS gebilligt wurden. Der Verwaltungsrat forderte, dass UNEP zusammen mit den einschlägigen internationalen Organisationen einen zwischenstaatlichen Verhandlungsausschuss mit dem Mandat einberufen sollte, bis Ende 2000 ein internationales rechtsverbindliches Instrument zur Durchführung internationaler Maßnahmen auszuarbeiten, beginnend mit der Liste der 12 POPs (Ashton et al., 2006).

Die erste Sitzung des zwischenstaatlichen Verhandlungsausschusses (INC-1) fand vom 29. Juni bis 3. Juli 1998 in Montreal, Kanada, statt. INC-1 ersuchte das Sekretariat, ein Dokument mit Material für eine mögliche Aufnahme in ein internationales rechtsverbindliches Instrument vorzubereiten. Die zweite Sitzung des INC fand vom 25. bis 29. Januar 1999 in Nairobi, Kenia, statt, wo die Teilnehmer einen vom Sekretariat vorbereiteten Entwurf eines Konventionstextes diskutierten. Die dritte Sitzung des INC fand vom 6. bis 11. September 1999 in Genf, Schweiz, statt, wo die Delegierten den revidierten Textentwurf erörterten. Sie verabschiedeten ein Verfahren zur Einrichtung eines Überprüfungsausschusses zur Anwendung von Screening-Kriterien und zur Erstellung eines Risikoprofils und einer Bewertung des Risikomanagements für vorgeschlagene Substanzen als Grundlage für weitere Verhandlungen. Die vierte Sitzung des INC fand vom 20. bis 25. März 2000 in Bonn, Deutschland, statt. Die Delegierten entwarfen Artikel über technische Unterstützung sowie über finanzielle Ressourcen und Mechanismen, befassten sich mit Kontrollmaßnahmen und erzielten einige sprachliche Fortschritte in Bezug auf unbeabsichtigt hergestellte POPs. Die fünfte Sitzung des INC fand vom 4. bis 10. Dezember 2000 in Johannesburg, Südafrika, statt, wo die Delegierten die Verhandlungen abschlossen. Die Konferenz der Regierungsbevollmächtigten trat vom 22. bis 23. Mai 2001 in Stockholm, Schweden, zusammen. Während der Konferenz verabschiedeten die Delegierten die Stockholm-Konvention (Ashton et al., 2006).

Deutschland hat als einer der ersten Staaten die Stockholm-Konvention im Jahr 2002 ratifiziert. Die Konvention findet weltweit eine hohe Akzeptanz, was die Zahl von inzwischen 184 Ratifizierungen (Stand 09.03.2020) zeigt (BRS Sekretariat, o. J.-c) .

Die Konvention verpflichtet ihre Vertragsstaaten dazu,

- Maßnahmen zu ergreifen, um den Einsatz von POPs zu vermeiden, den Eintrag in die Umwelt zu reduzieren,

¹⁴ The IOMC was established in 1995 as an international coordinating group to promote sound chemical management worldwide, following recommendations of the 1992 UN Conference on Environment and Development (UNCED) and in particular those in Chapter 19 of Agenda 21 about toxic chemicals. FAO, ILO, UNEP, UNIDO, WHO and OECD were first to join the IOMC, followed by UNITAR in 1997, the World Bank in 2010, UNDP in 2012, and the Basel, Rotterdam, and Stockholm (BRS) Conventions in 2023. The objective of the IOMC is to strengthen international cooperation in the field of chemicals and to increase the effectiveness of the organisations' international chemicals programmes. (IOMC, o. J.-a)

- ▶ die besten verfügbaren Techniken und die besten Umweltpraktiken (*Best Available Techniques*, BAT; *Best Environmental Practices*, BEP) zum Ersatz bestehender POPs zu fördern und
- ▶ POP-Abfälle umweltgerecht zu entsorgen.

Das Ziel ist die Beendigung oder Einschränkung der Produktion, Verwendung und Freisetzung dieser Stoffe.

Außerdem wurde ein Verfahren zur Ermittlung zusätzlicher POPs und der dabei zu berücksichtigenden Kriterien vorgesehen. Zu den Schlüsselementen des Vertrags gehören (Ashton et al., 2006):

- ▶ die Forderung, dass die Industrieländer neue und zusätzliche finanzielle Mittel bereitstellen müssen;
- ▶ Maßnahmen zur Einstellung der Produktion und Verwendung absichtlich hergestellter POPs, zur Beseitigung unbeabsichtigt hergestellter POPs, wo dies möglich ist, und zur umweltgerechten Bewirtschaftung und Entsorgung von POP-Abfällen und
- ▶ die Substitution unter Verwendung sichererer Chemikalien und Verfahren zur Verhinderung unbeabsichtigt hergestellter POPs.

3.2.3 Die Stockholm-Konvention

Die Stockholm-Konvention umfasst seit der neunten Vertragsstaatenkonferenz 30 Chemikalien. Es wird unterschieden zwischen den 12 „alten POPs“ und den 18 „neu gelisteten POPs“. Die aufgenommenen Stoffe wurden drei Stoffgruppen zugeordnet: Pestizide, Industriechemikalien und unbeabsichtigte Nebenprodukte (sogenannte uPOP).

Die Stoffe sind in den Anhängen (Anhangs) A (Elimination)¹⁵, B (Beschränkung)¹⁶ und C (unbeabsichtigte Produktion) der Konvention gelistet. Die folgende Abbildung 9 zeigt, welche Stoffe in den Anhängen A bis C gelistet sind.

Die Details in den Anhängen der Stockholm-Konvention sind zunehmend von Bedeutung, denn hier werden z.B. Ausnahmeregelungen aufgeführt. In Entwicklungsländern betrifft das häufiger Pestizide wie z.B. DDT, das noch in einigen Ländern gegen Malariavektoren eingesetzt wird. Darüber hinaus betrifft es in vielen Ländern besonders Industriechemikalien und technische Anwendungen. Beispiele sind die Verwendung von gelisteten perfluorierten Verbindungen in der Galvanik und Feuerlöschschäumen, von decaBDE in Ersatzteilen von Altautos und Flugzeugen oder von HBCD in Dämmplatten – und Ausnahmen für diese Verwendungen. Die Ausnahmen werden von der Vertragsstaatenkonferenz festgelegt. Unterschieden wird hierbei zwischen „akzeptabler Zweck“ (*acceptable purpose*)¹⁷ oder „spezifischer Ausnahme“ (*specific exemption*)¹⁸. Ihre Inanspruchnahme muss jede Vertragspartei registrieren - und ihre Notwendigkeit wird regelmäßig überprüft.

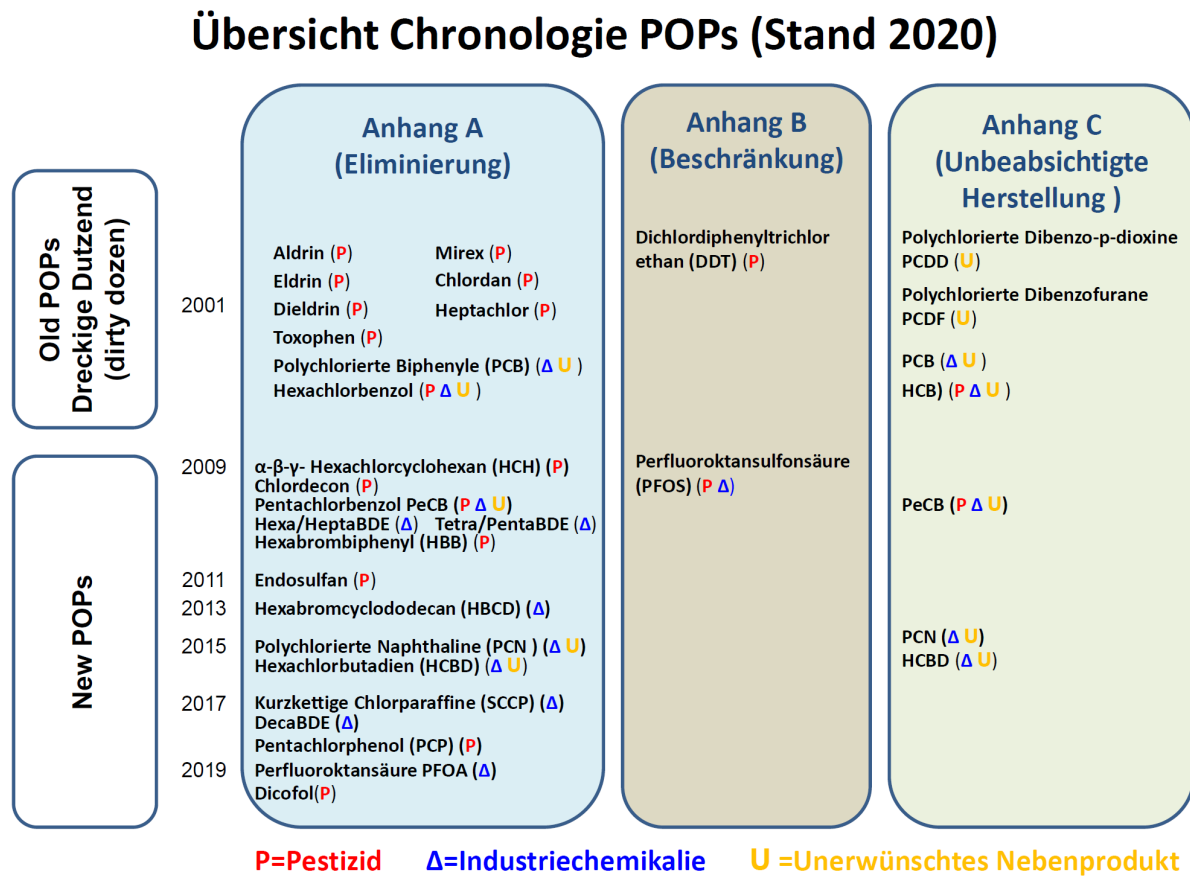
¹⁵ Jede Vertragspartei verbietet und/oder ergreift die rechtlichen und administrativen Maßnahmen, die erforderlich sind, um ihre Produktion und Verwendung der in Anlage A aufgenommenen Chemikalien vorbehaltlich der Bestimmungen dieser Anlage einzustellen. Es können zeitlimitiert spezifische Ausnahmen erlaubt werden.

¹⁶ Für diese Chemikalien gibt es noch nicht für alle Anwendungen Alternativen. Jede Vertragspartei beschränkt ihre Produktion und Verwendung der in Anhang B aufgenommenen Chemikalien im Einklang mit den Bestimmungen dieses Anhangs.

¹⁷ Bei einem „akzeptablen Zweck“ ist keine Alternative bekannt und die Ausnahme hat keine zeitliche Begrenzung.

¹⁸ Bei „spezifischen Ausnahmen“ gibt es bereits Alternativen, die aber manchen Ländern nicht zugänglich sind. Spezifische Ausnahmen sind normal auf 5 Jahre beschränkt.

Abbildung 9: Chronologie der in der Stockholm-Konvention gelisteten POPs mit ihrer Zuordnung zu den Anhängen der Konvention.



Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental Consulting

Derzeit wird die Aufnahme folgender Chemikalien in die Liste der Konvention überprüft, die im Folgenden als POP-Kandidaten bezeichnet werden:

- ▶ Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS), ihre Salze und PFHxS-verwandte Verbindungen
- ▶ Dechloran Plus
- ▶ Methoxychlor
- ▶ UV-328
- ▶ Mittelkettige Chlorparaffine (MCCP)
- ▶ Langkettige Perfluoroalkylsäuren (PFCA; C_nF_{2n+1} (mit $8 \leq n \leq 20$))
- ▶ Chlorpyrifos

3.2.3.1 Umsetzung und Beschreibung des Listungsprozesses (Entscheidungsprozess)

Die Stockholm-Konvention nimmt Bezug auf die Rio-Erklärung über Umwelt und Entwicklung mit dem darin verankerten Vorsorgeprinzip. An diesem Anspruch orientieren sich das Ziel des Übereinkommens sowie die Bestimmungen zur Identifizierung von POPs.

Jede Vertragspartei kann einen Vorschlag für die Aufnahme einer neuen Chemikalie vorlegen. Ein wissenschaftliches Begleitgremium, das *POP Review Committee* (POPRC), evaluiert die

Vorschläge in einem mehrstufigen Verfahren (Abbildung 10) und gibt eine Empfehlung für eine solche Aufnahme an die Vertragsstaatenversammlung (*Conference of Parties; COP*) ab. Die Kriterien zur Aufnahme von POPs sind im Anhang D, E und F der Stockholm-Konvention definiert. Die Liste der in der Stockholm-Konvention geregelten Stoffe wird dadurch fortlaufend auf der alle zwei Jahre stattfindenden Vertragsstaatenkonferenz erweitert (Ashton et al., 2006).

Die Konvention findet auf all jene Chemikalien Anwendung, die in Anhang A, B und C aufgenommen werden. Diese Anhänge haben die folgenden drei Ziele mit unterschiedlicher Regelungstiefe:

- ▶ **Anhang A**, legt fest, welche Chemikalien weltweit eliminiert oder verboten werden. Für einzelne Stoffe gibt es zeitlich befristete Ausnahmen (bis zu 5 Jahre). Folgende Maßnahmen sollen zur Eliminierung der Chemikalien beitragen: das Verbot von Produktion und Verwendung und das Verbot des Imports der Stoffe als solche, in Gemischen oder als Bestandteil von Erzeugnissen.
- ▶ **Anhang B** listet Chemikalien auf, die noch für einige beschränkte Zwecke erlaubt sind, weil Alternativen aus sozialen/ökonomischen Gründen derzeit nicht akzeptabel erscheinen. Hier liegt kein generelles Verbot vor, sondern es wird eine spezifische Regelung für jede Verwendung getroffen. Darüber hinaus können ggf. Ausnahmen für die Verwendung dieser Stoffe bestehen (Möglichkeit für *specific exemptions* oder *acceptable purposes*).
- ▶ **Anhang C** nennt unabsichtlich in die Umwelt emittierte Stoffe, deren Entstehen nur über eine Änderung von Produktionsverfahren und Verbrennungsprozessen verhindert werden kann. Dazu zählen auch Prozesse, in denen Stoffe als nicht isolierte Zwischenprodukte hergestellt werden. Für diese Stoffe gilt die Maßgabe, eine Freisetzung so weit wie möglich zu minimieren und, wenn technisch möglich, ganz zu vermeiden. Vertragsstaaten müssen Maßnahmen treffen, um die Emissionen in alle Sektoren zu reduzieren.

Zudem wird in der Konvention festgelegt, wie mit Beständen der Stoffe als solchen, in Gemischen oder in Erzeugnissen umzugehen ist. Es wird dargelegt, dass Regelungen zum Transport und zur Abfallbehandlung der Stoffe getroffen werden sollen (*Environmentally sound management, ESM*). Außerdem wird eine Berichtspflicht für die jeweiligen Vertragspartner festgeschrieben.

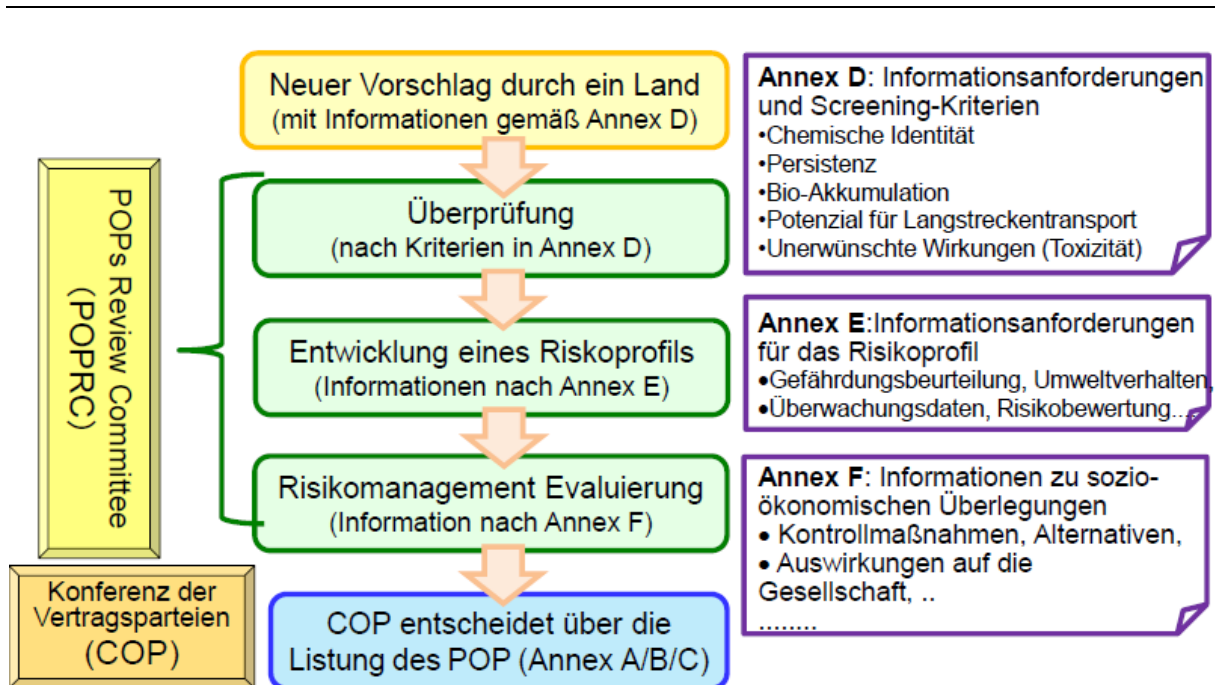
Unter welchen Bedingungen Chemikalien in die Anhänge A, B und C gelangen, wird in den Anhängen D, E und F näher bestimmt. Die Aufnahme neuer Chemikalien unterliegt einem Verfahren, das in Artikel 8 beschrieben ist.

- ▶ Anhang D nennt Kriterien, nach denen eine Chemikalie als mögliche POP-Substanz eingestuft wird, sodass das Bewertungsverfahren im POPRC weitergeführt wird.
- ▶ Anhang E bildet die Grundlage für das Ausmaß und die Beschreibung des Risikos, das von der Chemikalie ausgeht.
- ▶ Anhang F dient der Erfassung der sozioökonomischen Bedingungen und Folgen des Verbots eines Stoffes.

3.2.3.2 Ablauf des Entscheidungsprozess der Listung von Chemikalien in der Konvention

Die folgende Abbildung zeigt das Verfahren für die Aufnahme neuer Chemikalien in die Konvention gemäß Artikel 8, Absatz 1-9 der Konvention. Es kann in fünf Phasen eingeteilt werden. Die Kriterien zur Aufnahme von POPs sind im Anhang D, E und F der Stockholm-Konvention definiert. Das POPRC gibt nach der Evaluierung eine Empfehlung für eine Aufnahme an die Vertragsstaatenversammlung ab.

Abbildung 10: Verfahren zur Bewertung und Listung von POP-Kandidaten in der Stockholm-Konvention.



Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental POPs Consulting

Die Liste der in der Stockholm-Konvention geregelten Stoffe wird dadurch fortlaufend auf der etwa alle zwei Jahre stattfindenden Vertragsstaatenkonferenz erweitert.

Nach Anhang D kann jede Vertragspartei der Stockholm-Konvention einen Vorschlag zur Aufnahme einer Chemikalie in die Anlagen A, B und/oder C vorlegen. Dabei muss der Vorschlag neben den Angaben zur chemischen Identität die Informationen zu Persistenz, Bioakkumulation, dem Potential zum weiträumigen Transport der Chemikalie in der Umwelt und zu den schädlichen Auswirkungen (menschliche Gesundheit oder die Umwelt) enthalten (siehe Anhang D, Kriterien in Tabelle 8).

Die vorschlagende Vertragspartei legt die Gründe für ihre Besorgnis in einer Erklärung dar, die möglichst auch einen Vergleich von Toxizitäts- oder Ökotoxizitätsdaten mit festgestellten oder vorhergesagten Konzentrationen einer Chemikalie enthält, welche sich aus deren weiträumigem Transport in der Umwelt ergeben oder zu erwarten sind. Sie erläutert auf dieser Grundlage die Notwendigkeit einer weltweiten Kontrolle in einer kurzen Erklärung. Die vorschlagende Vertragspartei stellt im Rahmen des Möglichen und unter Berücksichtigung ihrer Kapazitäten zusätzliche Informationen zur Verfügung.

In einer ersten Phase legt eine Vertragspartei einen Vorschlag (Artikel 8, Absatz 1 und Anhang D) für die Aufnahme einer Chemikalie in die Konvention vor. Sie unterbreitet den Vorschlag dem POP-Sekretariat. Das Sekretariat verifiziert den Vorschlag und leitet ihn, wenn er mit den Kriterien von Anhang D übereinstimmt, an das POPRC weiter.

Die vier Screening-Kriterien nach Anhang D beziehen sich auf die Persistenz (P), die Bioakkumulation (B), das Potenzial für einen weiträumigen Transport der Chemikalie in der Umwelt (LRTP) und ihre schädlichen Auswirkungen (Toxizitäts- oder Ökotoxizitätsdaten; T). Tabelle 8 zeigt die Kriterien und Schwellenwerte für die Screening-Kriterien auf der Grundlage von Anhang D der Stockholm-Konvention.

Wie in Tabelle 8 zusammengefasst, werden nicht nur numerische Schwellenwerte, sondern auch nichtnumerische Kriterien als möglicher Nachweis für P, B, LRT und T akzeptiert. Für P, B und LRT sind numerische Kriterien definiert, für T wird jedoch kein solcher Wert angegeben. Der nichtnumerische Nachweis wird als wichtig, wenn nicht sogar als wichtiger (z.B. Monitoringdaten für LRT) in Relation zur Erfüllung der numerischen Kriterien angesehen. Darüber hinaus betont die Stockholm-Konvention das Vorsorgeprinzip: Ein Mangel an vollständiger wissenschaftlicher Gewissheit ist kein Grund, einen Vorschlag daran zu hindern, die Phasen des Screenings und der Risikobewertung zu durchlaufen.

Tabelle 8: Kriterien und Schwellenwerte für die Screening-Kriterien auf der Grundlage von Anhang D der Stockholm-Konvention

Screening-Kriterien	Numerische und nicht-numerische Kriterien
Persistenz (P)	Numerische Kriterien ▶ Halbwertszeit ($T_{1/2}$) Wasser >2 Monate ▶ Halbwertszeit ($T_{1/2}$) Sediment >6 Monate ▶ Halbwertszeit ($T_{1/2}$) Sediment >6 Monate Nichtnumerische Kriterien ▶ Nachweis, dass die Chemikalie anderweitig ausreichend persistent ist, um ihre Berücksichtigung im Rahmen dieser Konvention zu rechtfertigen
Bioakkumulation (B)	Numerische Kriterien ▶ BCF oder BAF >5000 L/kg (Biokonzentrationsfaktor oder Bioakkumulationsfaktor bei Wasserorganismen) ▶ $\log K_{ow}$ >5 Nichtnumerische Kriterien ▶ Nachweis, dass eine Chemikalie aus anderen Gründen Anlass zur Besorgnis gibt, beispielsweise eine hohe Bioakkumulation in anderen Organismen, eine hohe Toxizität oder Ökotoxizität ▶ Monitoringdaten in Biota, aus denen hervorgeht, dass das Bioakkumulationspotential der Chemikalie ausreicht, um ihre Berücksichtigung im Rahmen dieser Konvention zu rechtfertigen
Toxizität (T)	Nichtnumerische Kriterien ▶ Nachweis schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt, der eine Berücksichtigung im Rahmen dieser Konvention rechtfertigt ▶ Toxizitäts- oder Ökotoxizitätsdaten, aus denen das Potential für eine Schädigung der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt hervorgeht

Screening-Kriterien	Numerische und nicht-numerische Kriterien
Ferntransport (LRTP)	Numerische Kriterien ▶ Halbwertszeit ($T_{1/2}$) Luft >2 Tage Nicht-numerische Kriterien ▶ Potentiell Besorgnis erregende gemessene Konzentrationen der Chemikalie an weitab von den Quellen ihrer Freisetzung liegenden Orten ▶ Monitoringdaten, aus denen hervorgeht, dass in der Umwelt ein weiträumiger Transport der Chemikalie über die Luft, durch das Wasser oder über wandernde Arten in ein aufnehmendes Kompartiment stattgefunden haben könnte ▶ Eigenschaften hinsichtlich des Verhaltens in der Umwelt und/oder Modell-ergebnisse, die belegen, dass die Chemikalie das Potential zum weiträumigen Transport in der Umwelt über die Luft, durch das Wasser oder über wandernde Arten in ein aufnehmendes Kompartiment an weitab von den Quellen ihrer Freisetzung liegenden Orten aufweist

In der zweiten Phase prüft das POPRC den Vorschlag und entscheidet, ob die Screening-Kriterien nach Anhang D für die vorgeschlagene Substanz erfüllt sind. Wenn die Kriterien von Anhang D nicht erfüllt sind, informiert das Sekretariat die Vertragsparteien und legt den Vorschlag beiseite, es sei denn, eine Vertragspartei reicht den Vorschlag zur weiteren Prüfung erneut ein.

In der dritten Phase bringt das POPRC den Antrag und seine Bewertung allen Vertragsparteien zur Kenntnis und fordert sie auf, die Informationen bezüglich eines Risikoprofils, auf das in Anhang E Bezug genommen wird, zur Verfügung zu stellen. Dieses beinhaltet gemäß den Vorgaben der Konvention:

- a) Quellen, darunter gegebenenfalls auch
 - i) Produktionsdaten, einschließlich Menge und Ort;
 - ii) Verwendungen und
 - iii) Freisetzungen wie Einleitungen, Verluste und Emissionen;
- b) Einschätzung der Gefährlichkeit für den oder die betroffenen Endpunkte, darunter auch Prüfung der toxikologischen Wechselwirkung bei Beteiligung mehrerer Chemikalien;
- c) Verhalten in der Umwelt, einschließlich Daten und Informationen zu den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Chemikalie und deren Persistenz sowie zur Art der Verknüpfung dieser Eigenschaften mit dem Transport der Chemikalie in der Umwelt, ihres Transfers innerhalb und zwischen Teilbereichen der Umwelt sowie ihrer Zersetzung und Umwandlung in andere Chemikalien. Eine Bestimmung des Biokonzentrationsfaktors oder des Bioakkumulationsfaktors auf der Grundlage von Messwerten ist zur Verfügung zu stellen, es sei denn, bei den Monitoringdaten wird festgestellt, dass sie diesen Anforderungen Genüge tun;
- d) Monitoringdaten;
- e) örtliche Exposition, insbesondere infolge des weiträumigen Transports in der Umwelt, sowie Informationen zur Bioverfügbarkeit;

- f) nationale und internationale Risikobewertungen, Risikoeinschätzungen oder Risikoprofile und Informationen zur Kennzeichnung sowie Gefahrenklassifizierungen, soweit verfügbar, und
- g) Status der Chemikalie im Rahmen völkerrechtlicher Konventionen.

Unter Berücksichtigung aller relevanten zusätzlichen Informationen, die von den Vertragsparteien eingehen, erstellt das POPRC den Entwurf eines Risikoprofils. Es sendet diesen Entwurf erneut an die Vertragsparteien und an die Beobachter zur Stellungnahme. Nach Erhalt der technischen Kommentare vervollständigt das POPRC das Risikoprofil. Anschließend trifft das POPRC eine Entscheidung darüber, ob die Chemikalie infolge des weiträumigen Transports in der Umwelt wahrscheinlich zu erheblichen schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt führen wird, sodass ein globales Vorgehen gerechtfertigt ist. Dieser Einleitungstext zu Anhang E greift das Ziel der Konvention auf: die menschliche Gesundheit und die Umwelt vor persistenten organischen Schadstoffen zu schützen (Artikel 1 der Konvention). Diese Evaluierung wird jedoch nicht durch numerische Werte oder Indikatoren weiter konkretisiert. Sie kann deshalb zur Diskussion im POPRC führen, ob die Anhang-E-Kriterien erfüllt sind und umfasst normative Aspekte. Es war z.B. ein Diskussionspunkt bei SCCPs, ob nach Ferntransport die Gehalte in der Umwelt zu örtlich relevanten Expositionen führen.

Wenn die Kriterien der Anlage E nicht vollständig erfüllt sind, informiert das Sekretariat die Vertragsparteien und legt den Vorschlag beiseite, es sei denn, die Konferenz der Vertragsparteien (COP) beschließt nach Einholung zusätzlicher Informationen ein anderes Vorgehen.

In der vierten Phase können alle Vertragsparteien und Beobachter zusätzliche Informationen zu sozioökonomischen Überlegungen und zu Auswirkungen eines Stoffverbots einreichen (*Stockholmer Übereinkommen*, 2001, Anhang F).

- a) Wirksamkeit und Effizienz möglicher Kontrollmaßnahmen bei der Erreichung von Risikominderungszielen:
 - i) technische Machbarkeit sowie
 - ii) Kosten, einschließlich Umwelt- und Gesundheitskosten;
- b) Alternativen (Produkte und Prozesse):
 - i) technische Machbarkeit;
 - ii) Kosten, einschließlich Umwelt- und Gesundheitskosten;
 - iii) Wirksamkeit;
 - iv) Risiko;
 - v) Verfügbarkeit und
 - vi) Zugänglichkeit;
- c) positive und/oder negative Auswirkungen der Durchführung möglicher Kontrollmaßnahmen auf die Gesellschaft:
 - i) Gesundheit, darunter auch die öffentliche Gesundheit, die umweltbezogene Gesundheit und die Gesundheit am Arbeitsplatz;
 - ii) Landwirtschaft, darunter auch Aquakultur und Forstwirtschaft;
 - iii) Biota (Biodiversität);
 - iv) wirtschaftliche Aspekte;

- v) Bewegung hin zu einer nachhaltigen Entwicklung und
- vi) soziale Kosten;
- d) Folgen für Abfall und Entsorgung (insbesondere überalterte Lagerbestände von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln sowie Altlastensanierung):
 - i) technische Machbarkeit und
 - ii) Kosten;
- e) Zugang zu Informationen und Aufklärung für die Öffentlichkeit;
- f) Status der Kontroll- und Überwachungskapazität und
- g) etwaige nationale oder regionale Kontrollmaßnahmen, darunter Informationen zu Alternativen, und sonstige einschlägige Informationen zum Risikomanagement.

Anschließend erstellt das POPRC eine Risikomanagementbewertung. Sie wird auch sozio-ökonomische Analyse genannt. Sie beinhaltet eine Analyse möglicher Kontrollmaßnahmen für die Chemikalie gemäß Anhang F. Hierzu gehören sämtliche Möglichkeiten einschließlich Management, Kontrollmaßnahmen und Substitution unter Einbezug der Verfügbarkeit der Alternativen. Zu diesem Zweck werden einschlägige Informationen zu sozioökonomischen Überlegungen zur Verfügung gestellt, die mit möglichen Kontrollmaßnahmen in Zusammenhang stehen, damit von der Vertragsstaatenkonferenz eine Entscheidung getroffen werden kann (siehe Anhang F Box 3). Das POPRC gibt nach der Prüfung eine Empfehlung für die Aufnahme des POP-Kandidaten an die Vertragsstaatenkonferenz. Das Komitee schlägt auch vor, in welchen Anhang (A, B oder C) und gegebenenfalls mit welchen Ausnahmen für Produktion und Verwendung das jeweilige POP gelistet werden soll.

In der letzten Stufe entscheiden die Vertragsstaaten über die Aufnahme der vom POPRC empfohlenen POP-Vorschläge und der Listung in die jeweiligen Anhänge (A, B und C). Dies geschieht auf der alle zwei Jahre stattfindenden Vertragsstaatenkonferenz (*Conference of Parties, COP*). Hier wird auch diskutiert und entschieden, welche Ausnahmen für das jeweilige POP für Produktion und Verwendung genehmigt werden. Es können bei der Diskussion der Listung einer Chemikalie zusätzlich zu den Vorschlägen des POPRC weitere Ausnahmen vorgeschlagen werden. Bisher wurden alle derartigen Vorschläge von Vertragsstaaten in die Listung der jeweiligen POPs mit aufgenommen (siehe Kapitel 3.5).

Der gesamte Entscheidungsprozess dauert mehrere Jahre. Aufgrund der einzuhaltenden Fristen und Terminvorgaben benötigen die Verfahrensschritte von der Einreichung des Vorschlags bis zur Aufnahme einer Chemikalie mindestens drei Jahre.

3.2.3.3 Umsetzung der Verpflichtungen, die sich aus der Ratifizierung ergeben

Laut Artikel 7 der Stockholm-Konvention sollen die Vertragsparteien folgende Aufgaben erfüllen:

- einen Plan zur Umsetzung der Konvention entwickeln und darin die geplanten Aktivitäten beschreiben, wie sie POPs kontrollieren, die Verwendungen einstellen und den Abfall behandeln und somit die Verpflichtungen erfüllen, die sie mit der Ratifizierung eingegangen sind (siehe auch Kapitel 3.4.4 zu Artikel 25, Abs. 4),
- den Umsetzungsplan innerhalb von 2 Jahren nach Inkrafttreten der Konvention der Vertragsstaatenkonferenz vorlegen,

- den Umsetzungsplan regelmäßig überprüfen und wenn erforderlich, wie u.a. bei neuer Listung, diesen aktualisieren. Auch mit anderen Vertragsparteien direkt oder über internationale, regionale und lokale Organisationen kooperieren und nationale Akteure, soweit es geeignet erscheint, konsultieren – einschließlich Zivilgesellschaftsorganisationen und Organisationen, die sich für den Schutz der Gesundheit der Kinder, Frauen oder anderweitig gefährdeter Personengruppen einsetzen.

Die Umsetzungspläne sind prinzipiell für jede Person auf der BRS-Website einsehbar (BRS Sekretariat, o. J.-h). So gewährleistet die Konvention, dass viele Akteure an einem Strang ziehen können. Bei der Umsetzung der Stockholm-Konvention nimmt das Sekretariat der Stockholm-Konvention eine zentrale Rolle ein. Es ist die Verbindungsstelle zur Gewährleistung des Informationsflusses zwischen (i) den Vertragsstaaten und Beobachtern, (ii) dem Überprüfungsausschuss POPRC für POPs, der die Beschlüsse der Vertragsstaatenkonferenz vorbereitet und (iii) der Vertragsstaatenkonferenz, die das wichtigste beschließende Gremium darstellt.

3.3 Ergebnisse der Analysen zur Listung der POPs

Wie im Kapitel 3.1 beschrieben, wird in diesem Arbeitspaket untersucht, wann und mit welcher Begründung Substanzen in das Verfahren der Stockholm-Konvention aufgenommen wurden und wie effektiv die Prozesse bis zur Aufnahme waren. Die Ergebnisse dieser Analysen werden in den beiden folgenden Unterkapiteln dargestellt:

- für die ursprünglich gelisteten 12 „alten“ POPs im Kapitel 3.3.1;
- für die „neuen“ POPs, die bis zum Juni 2020 aufgenommen wurden, in den Kapiteln 3.3.2 (Überblick) und 3.3.3 (Ergebnisse für die beispielhaft ausgewählten Einzelstoffe Lindan/Gamma-HCH mit Alpha-HCH und Beta-HCH sowie Perfluorooctansulfonsäure/PFOS).

3.3.1 Analyse der ursprünglich gelisteten 12 „alten“ POPs

Die Stockholm-Konvention fordert internationale Maßnahmen zu 12 POPs („alte“ POPs oder „dreckiges Dutzend“), die dort in drei Kategorien eingeteilt sind: 1) Pestizide: Aldrin, Chlordan, DDT, Dieldrin, Endrin, Hexachlorbenzol (HCB), Heptachlor, Mirex und Toxaphen; 2) Industriechemikalien: HCB und polychlorierte Biphenyle (PCB); und 3) unbeabsichtigt hergestellte POPs: Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/PCDF).

9 der 12 Verbindungen wurden hauptsächlich als Pestizide bei landwirtschaftlichen Nutzpflanzen verwendet. Diese hatten bei der Listung jeweils spezifische Ausnahmen in der Verwendung, die am 17. Mai 2009 alle ausgelaufen sind (UNEP, 2009a).

In der Tabelle 9 sind die ursprünglichen 12 POPs aufgelistet nach CAS-Nr., Art der Chemikalie (Kategorie), Anhang A,B oder C, Jahr der Aufnahme (Listung) sowie deren Ausnahmeregelungen.

Die ursprünglichen 12 POPs wurden für die Stockholm-Konvention ohne Risikoprofil und Berücksichtigung der sozioökonomischen Auswirkungen in Betracht gezogen, wie in Artikel 8 der Konvention vorgesehen. Sie wurden deshalb als die ersten Stoffe in die Konvention aufgenommen, weil ihre unerwünschten Eigenschaften und die durch sie verursachte Belastung der Umwelt unumstritten waren und sind. Die „alten“ POPs waren in vielen Ländern bereits stark reguliert und/oder verboten und nicht mehr durch Patente geschützt (Olsen, 2003). Auch die Anwendungsbreite dieser Substanzen war begrenzt, da sie hauptsächlich in der Landwirtschaft als Pestizide eingesetzt wurden.

Tabelle 9: Übersicht über die ursprünglich gelisteten 12 „alten“ POPs

Neue POPs	CAS-Nr.	Art	Anhang	Listung	Spezifische Ausnahme		akzeptabler Zweck	
					Produktion	Verwendung	Produktion	Verwendung
Aldrin	309-00-2	Pestizid	A	2004	Keine ^{a)}	Keine ^{a)}	Keine	Keine
Chlordan	57-74-9	Pestizid	A	2004	Keine ^{a)}	Keine ^{a)}	Keine	Keine
DDT	50-29-3	Pestizid	B	2004	Als Zwischenprodukt bei der Produktion von Dicofol	Als Zwischenprodukt bei der Produktion von Dicofol	Bekämpfung von Krankheitsüberträgern von Malaria nach Teil II von Anhang B	Bekämpfung von Krankheitsüberträgern von Malaria nach Teil II von Anhang B
Dieldrin	60-57-1	Pestizid	A	2004	Keine ^{a)}	Keine ^{a)}	Keine	Keine
Endrin	72-20-8	Pestizid	A	2004	Keine	Keine	Keine	Keine
Heptachlor	76-44-8	Pestizid	A	2004	Keine ^{a)}	Keine ^{a)}	Keine	Keine
Hexachlorbenzol (HCB)	118-74-1	Pestizid, uPOP, Industriechemikalie	A & C	2004	Keine ^{a)}	Keine ^{a)}	Keine	Keine
Mirex	2385-85-5	Pestizid	A	2004	Keine ^{a)}	Keine ^{a)}		
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	Diverse	Industriechemikalie, uPOP	A & C	2004	Keine ^{b)}	Nach Teil II der Anlage A verwendete Produkte und Erzeugnisse		
Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD)	Diverse	uPOP	C	2004	Keine	Keine	Keine	Keine
Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF)	Diverse	uPOP	C	2004	Keine	Keine	Keine	Keine
Toxaphen	8001-35-2	Pestizid	A	2004	Keine ^{a)}	Keine ^{a)}	Keine	Keine

^{a)} Bis 2009 waren Ausnahmen für die Produktion und Verwendung gelistet (BRS Sekretariat, o. J.-b)

^{b)} In Nordkorea werden PCB laut dem nordkoreanischen nationalen Implementierungsplan noch produziert.

Die chemische Industrie war an den Konventionsverhandlungen nicht stark beteiligt, da die bedenklichen Substanzen weitgehend als nicht mehr marktfähig angesehen wurden. Sie waren entweder nicht mehr weit verbreitet oder wurden nur in Schwellen- oder Entwicklungsländern hergestellt, und sie waren auf dem Weltmarkt durch profitablere Alternativen ersetzt worden (Ashton & Kohler, 2010). Die Konventionsverhandlungen zeichneten sich durch eine starke Beteiligung verschiedener NGOs aus. Über 100 NGOs waren an wichtigen Verhandlungsschritten beteiligt und konnten das Endergebnis der Konvention beeinflussen (Olsen, 2003).

Eine klare Darstellung aller Fakten des Entscheidungsprozesses bei der Aufnahme der ersten zwölf Chemikalien in die Stockholm-Konvention ist nicht möglich, da dieser Prozess in den Einzelheiten nachträglich nicht mehr nachvollziehbar ist. In einem Dokument von Ritter et al. (1995) für das internationale Programm zur Chemikaliensicherheit (*The International Programme on Chemical Safety, IPCS*) wurde aber eine Zusammenfassung der verfügbaren Informationen über die Chemie, die Toxikologie, die relevanten Transportwege sowie die Herkunft, den Transport und die Entsorgung der betreffenden Stoffe bereitgestellt.

Für die zwölf POPs wurden in dieser Publikation Stoffprofile erstellt und die Stoffe entsprechend den heutigen Anhang-D-Kriterien charakterisiert durch ihre Persistenz, ihre Fähigkeit zur Biomagnifikation und Biokonzentration unter typischen Umweltbedingungen, potentiell toxikologische Wirkungen und ihr Potenzial zum Ferntransport. Auch wenn für die ersten zwölf Stoffe keine umfassenden Risikoprofile erstellt wurden, liegen für bestimmte alte POPs somit dennoch ausreichend tragfähige Risikoschätzungen vor.

Auf der sozioökonomischen Seite scheint die Situation hingegen schwieriger zu sein. Bei Ritter et al (1995) wird auf viele sozioökonomische Probleme bei der Realisierung eines Verbotes eingegangen und diese werden analysiert, allerdings ohne „Lösungen“ und Kriterien zu nennen (z.B. mangelnde Aufklärung über und Verfügbarkeit von Alternativen zu problematischen Pestiziden in ärmeren Ländern, oft keine behördliche Überwachung möglich etc.). Nach Einschätzung von Reiner Arndt¹⁹ war die Wahrnehmung der 12 als POP eingestuften Chemikalien in den ersten Diskussionen der Stockholm-Konvention eine erheblich andere als 1998 in der Vorbereitung des Aarhus-Protokolls. Bei der Listung der 12 POPs in Aarhus herrschte bei den Vertragsparteien Einigkeit, dass Produktion, Verwendung und Freisetzung dieser 12 POPs gestoppt werden mussten. Viele Teilnehmer aus Entwicklungsländern in der Vorbereitung der Stockholm-Konvention sahen viele der 12 POPs jedoch als sehr effektive und wertvolle Pestizide an.

Obwohl Informationen und Daten über die Produktionsmengen vorliegen (wenn auch zum Teil widersprüchliche), existieren nur wenige Informationen dazu, in welchen Ländern diese Verbindungen für welche spezifischen Verwendungen oder Zwecke eingesetzt wurden. Es gab zum damaligen Zeitpunkt (Ende der 1990er Jahre) keine zentralen Register für die Herstellung oder Verwendung, um entsprechende Nutzungsprofile zu erstellen. Zudem gab es nur wenige Daten zu möglichen Alternativen in den Ländern vor. Insofern dürfte es nur eine sehr spärliche Datenlage zu den sozioökonomischen Auswirkungen des Verbotes der 12 Basis-POPs gegeben haben.

¹⁹ Dr. Reiner Arndt (langjähriger Vorsitzender des POPRC und Mitglied von Vorbereitungsgruppen der Stockholm-Konvention), persönliche Kommunikation mit Roland Weber, 11 Mai 2020.

3.3.2 Analyse der Listung der „neuen“ POPs: Einführung und Übersichten

Vorgehensweise bei der Analyse

Gegenstand der Analyse war der Entscheidungsfindungsprozess im Zusammenhang mit der Aufnahme neuer Chemikalien in die Anhänge der Stockholm-Konvention. Berücksichtigt wurden wissenschaftliche, sozioökonomische und politische Aspekte der Entscheidungsfindung.

Zum einen wurde bei der Untersuchung die Erfüllung der numerischen Screening-Kriterien aus dem Anhang D für B, P und LRT untersucht. Zudem wurde die alternative Evidenz der nicht-numerischen Kriterien aus dem Anhang D analysiert. So wurde die Konsistenz des Entscheidungsprozesses bewertet. In einigen Fällen wurden sozioökonomische Aspekte der Entscheidungsfindung zusammen mit einem etwaigen Einfluss von Interessenvertretern auf den Entscheidungsprozess bewertet. Ein Schwerpunkt wurde darauf gelegt darzustellen, wie ggf. Kontroversen beim Screening, bei der Evaluierung des Risikoprofils oder der sozio-ökonomischen Bewertung überwunden wurden.

Für diese Analyse und Auswertung des Entscheidungsprozesses wurden die für das POPRC und der Conference of Parties (COP) erstellten Dokumente für die 18 neu gelisteten POPs der Stockholm-Konvention (BRS Secretariat, o. J.-e) sowie weitere Berichte und wissenschaftliche Publikationen gesichtet. Die 18 Stoffe werden in Tabelle 10 aufgeführt.

Es wurden wissenschaftliche, sozioökonomische und politische Aspekte der Entscheidungsfindung berücksichtigt. Im Einzelnen ging es bei der Analyse der neu gelisteten POPs um folgende Gesichtspunkte:

- ▶ Gesamtdauer des Prozesses bis zur Aufnahme (Listung) und Gründe für Verzögerungen.
- ▶ Evaluierung nach den fünf Phasen: (1) Vorschlag (*Proposal*), (2) Evaluierung nach Anhang D, (3) Anhang E, (4) Anhang F und (5) die Entscheidung auf der COP (*Decision*)
- ▶ Schwierigkeiten bei der Evaluierung individueller Substanzen
- ▶ Zusätzliche Information und Daten, die für die Listung erforderlich waren
- ▶ Welche Vertragsparteien haben die Listung initiiert und unterstützt?
- ▶ Wie wurden Ausnahmegenehmigungen evaluiert und in den Prozess eingebracht?
- ▶ Weitere Informationsquellen und Regulierungen (Aarhus POP-Protokoll, weitere Konventionen, REACH, Monitoringprogramme, weitere Regularien für die Zulassung, andere Substanzlisten zu POPs und PBTs)
- ▶ Ratifizierung und Nachratifizierung von Substanzen gemäß Artikel 25, Absatz 4
- ▶ Registrierung der Vertragsstaaten für Ausnahmegenehmigungen nach Artikel 4
- ▶ Listung von Ausnahmen, wie sie im POPRC vorgeschlagen wurden und welche zusätzlich auf der COP vorgeschlagen und letztendlich angenommen wurden
- ▶ Wie wurde und wird die Zusammenstellung von Alternativen für die Ausnahmen in der Konvention organisiert und gehandhabt?

Die Ergebnisse wurden für jeden Stoff in einem Steckbrief zusammengestellt. Jeder Steckbrief setzt sich zusammen aus:

- einem kurzen Substanzsteckbrief, Hintergrundinformationen und Informationen zur Listung in der Stockholm-Konvention;
- einer Analyse und Auswertung über die Effektivität des Entscheidungsprozesses der Dauer. in Form einer Zeitschiene zum Entscheidungsprozess in der Stockholm-Konvention inkl. den wichtigsten Meilensteine vor dem Stockholm Entscheidungsprozess und damit zum Erkenntnisprozess,
- einer Übersicht zur Auswertung des Anhang-D-Screenings und
- einer Zusammenfassung des Erkenntnisprozesses und der hier erkennbaren Meilensteine („Erklärtext“)

Gesondert dargestellt wird die Gesamtdauer des Entscheidungsprozesses (Kapitel 3.3) und welche POPs von den Artikel-25(4)-Vertragsparteien bisher nicht nachratifiziert wurden (Kapitel 3.4).

Übersichten zur Nominierung (Phase 1) und zur Überprüfung der Anhang-D-Kriterien (Phase 2)

Bislang wurden 18 POPs in der Stockholm-Konvention neu gelistet (Tabelle 10). Die meisten POPs wurden in den Anhang A (Eliminierung) aufgenommen. Einige der POPs wurden in Anhang A und auch in Anhang C (unbeabsichtigte Bildung) gelistet (Tabelle 10). Nur eine POP-Gruppe (PFOS und Vorläuferverbindungen) wurde in Anhang B (Beschränkung) gelistet.

Für eine Reihe von POPs wurden Ausnahmen für die weitere Produktion oder Verwendung genehmigt (Tabelle 10). Liegen Ausnahmen vor, werden diese in den Steckbriefen ausführlich ausgeführt und auch, ob diese Ausnahmen innerhalb des POP Review Prozesses evaluiert und vorgeschlagen wurden oder ob Ausnahmen nachträglich bei der Listung auf der COP von Vertragsstaaten gefordert und genehmigt wurden.

Tabelle 10: Übersicht über die „neu gelisteten“ POPs und deren Ausnahmen (seit 2009)

Neue POPs	Anhang	Listung	Spezifische Ausnahme	
			Produktion	Verwendung
Alpha-Hexachlorcyclohexan	A	2009	Keine	Keine
Beta-Hexachlorcyclohexan	A	2009	Keine	Keine
Lindan	A	2009	Keine	Ja
Chlordecon	A	2009	Keine	Keine
Hexabrombiphenyl (HBB)	A	2009	Keine	Keine
PFOS	B	2009	Ja	Ja
Hexa/HeptaBDE (c-OctaBDE)	A	2009	Keine	Ja
Tetra/PentaBDE (kommerzielles PentaBDE)	A	2009	Keine	Ja
Pentachlorbenzol (PeCB)	A & C	2009	Keine	Keine
Technisches Endosulfan (und Endosulfan—Isomere)	A	2011	Ja	Ja

Neue POPs	Anhang	Listung	Spezifische Ausnahme	
			Produktion	Verwendung
Hexabromcyclododecan (HBCDD)	A	2013	Ja	Ja
Hexachlorbutadien (HCBD)	A& C	2015/2017	Keine	Keine
Polychlorierte Naphtaline (PCN)	A& C	2015	Ja	Ja
Pentachlorphenol (PCP) und seine Salze und Ester	A	2015	Ja	Ja
SCCP	A	2017	Ja	Ja
DekaBDE (kommerzielles DekabDE)	A	2017	Ja	Ja
Dicofol	A	2019	Keine	Keine
Perfluorooctansäure (PFOA), ihrer Salze und Vorläuferverbindungen	A	2019	Ja	Ja

Aus der ersten Phase der Nominierung des POP-Kandidaten durch eine Vertragspartei (Vorschlag) wurde die jeweilige vorschlagende Vertragspartei als auch das Jahr dokumentiert. (Siehe Tabelle 11 und auch die Steckbriefe in Abschnitt 2.1 im Anhangband). Es muss betont werden, dass für die 18 neuen Substanzen bisher nur 4 Vertragsparteien (Mexiko, Europäische Union, Schweden und Norwegen) einen Vorschlag eingereicht haben.

Detailliert wurde die Erfüllung der Screening-Kriterien aus der Anhang-D-Phase untersucht. Grundlage war die jeweiligen Anhang-D-Dokumente für die einzelnen POPs des POPRC. Betrachtet wurden die die wichtigsten Stoffeigenschaften (P, B, T, LRT) nach Anhang D und deren Evaluierung und Einschätzung.

Folgende Unterteilung wurde dabei vorgenommen:

- Untersuchung, ob die numerischen Einzelkriterien (Modell-bzw. Labor-Schwellenwerte) von Anhang D nach Tabelle 8 (z.B. Halbwertszeiten, BCF, log Kow) erfüllt oder nicht erfüllt sind. Ein „Ja“ steht für „Einzelkriterium erfüllt“, ein „Nein“ steht für „nicht erfüllt und mit einer Fußnote versehen“. „Keine Angaben“ bedeutet „es wurden keine Daten oder Informationen im Anhang-D-Screening des jeweiligen POP angegeben“.
- Untersuchung, wie die in Anhang D nicht-numerischen Einzelkriterien angewendet wurden und wie diese ggf. die nicht erfüllten numerischen Kriterien kompensierten. So wurde die Konsistenz des Entscheidungsprozesses für die Phase Anhang D bewertet. Ein „Ja“ steht für „Kriterium erfüllt“, ein „Nein“ steht für „nicht erfüllt und mit einer Fußnote versehen“. „Keine Angaben“ bedeutet „es wurden keine Daten oder Informationen im Anhang-D-Screening des jeweiligen POP angegeben“.
- Dokumentation von relevanten Kommentaren/Argumentationen/Schlussfolgerungen des POPRC zu den Vorschlägen mit besonderem Augenmerk auf kontroversen Fällen in der Zusammenfassung der einzelnen Steckbriefe (siehe Kapitel 2.3.1 mit den stoffspezifischen Unterkapiteln sowie Kapitel 1.1 im Anhangband).

In den Steckbriefen für die beispielhaft ausgewählten Einzelstoffe Lindan/Gamma-HCH mit Alpha-HCH und Beta-HCH (Unterkapitel 3.3.3.1) sowie Perfluorooctansulfonsäure/PFOS (Unterkapitel 3.3.3.2) werden in diesem Dokument die Ergebnisse der Einzelkriterien der jeweiligen POPs in einer Tabelle dargestellt. Die Daten und die zugrunde liegenden Publikationen sind aus den Anhang-D-Dokumenten ersichtlich. Wegen ihres Umfangs werden die Steckbriefe für die weiteren 16 „neuen“ POPs im Anhangband dokumentiert.

Die Tabelle 11 zeigt die Auswertung der Vorschläge. Gezeigt wird das Jahr, in dem die Nominierung erfolgte und welche Vertragspartei sie einbrachte. Für die Analyse des Anhang-D-Screening wurde eine vereinfachte Übersicht erstellt, welche POPs die numerischen und nicht numerischen Kriterien im Gesamten erfüllt haben oder nicht.

In der vereinfachten Übersicht steht ein „Ja“ für die Erfüllung der Einzelkriterien der numerischen oder nicht-numerischen Kriterien. Wenn eines der Einzelkriterien nicht erfüllt ist, wird in dieser Tabelle ein „Nein“ eingetragen. Ein „Nein“ bei der Evaluierung kann verschiedene Gründe haben:

- ▶ Kriterium nicht erfüllt;
- ▶ Kriterium nicht anwendbar oder
- ▶ Datenlage ungenügend.

In den ausführlichen Steckbriefen ist das „Nein“ jeweils mit einer Fußnote mit Erklärung versehen (siehe Kapitel 3.3.3 und Kapitel 2.1 im Anhangband).

Im Allgemeinen haben die in der Umwelt gemessenen Daten höhere Priorität zur Beurteilung von PBTR-Daten als die Laborwerte oder QSAR-Ergebnisse:

- ▶ der Nachweis einer Chemikalie in entlegenen und isolierten Gebieten wiegt höher als die numerischen Kriterien (Laborwerte) zur Beurteilung von Langstreckentransport;
- ▶ eine hohe Konzentration einer Chemikalie in Wildtieren (aquatisch oder terrestrisch) wiegt höher als Laborwerte über Bioakkumulation.

Der Nachweis über hohe Toxizität kann ein Unterschreiten der PB-Kriterien aufwiegen. Die Toxizität ist allerdings wenig konkretisiert und es sind hier keine Schwellenwerte festgelegt worden.

Tabelle 11: Ergebnisse aus der Analyse von Phase 1 (Vorschlag) und Phase 2 (Bewertung anhand der Anhang D-Kriterien)

Neue POPs und POP-Kandidaten	Vorschlag wann	Vorschlag durch	Numerische Kriterien Anhang D	nicht-numerische Kriterien Anhang D
Alpha-Hexachlorcyclohexan	2006	Mexico	Nein	Ja
Beta-Hexachlorcyclohexan	2006	Mexico	Nein	Ja
Lindan	2005	Mexico	Nein	Ja
Chlordecon	2005	EU	Nein	Ja
Hexabrombiphenyl (HBB)	2005	EU	Ja	Ja

Neue POPs und POP-Kandidaten	Vorschlag wann	Vorschlag durch	Numerische Kriterien Anhang D	nicht-numerische Kriterien Anhang D
PFOS	2005	Schweden	Nein	Ja
Hexa/HeptaBDE (c-OctaBDE)	2006	EU	Nein	Ja
Tetra/PentaBDE (c-PentaBDE)	2005	Norwegen	Ja	Ja
Pentachlorbenzol (PeCB)	2006	EU	Ja	Ja
Endosulfan	2008	EU	Nein	Ja
Hexabromcyclododecan (HBCDD)	2009	Norwegen	Nein	Ja
Hexachlorbutadien (HCBD)	2011	EU	Ja	Ja
Polychlorierte Naphthaline (PCN)	2011	EU	Ja	Ja
Pentachlorphenol (PCP)	2011	EU	Ja	Ja
SCCP	2006	EU	Ja	Ja
DecaBDE	2013	Norwegen	Ja	Nein
Dicofol	2014	EU	Ja	Ja
Perfluorooctansäure (PFOA)	2015	EU	Nein	Ja

Hinweise zum Vorgehen für die Phasen 3 – 5

Zusätzlich wurden die Dokumente, die für die weiteren Schritte des Risikoprofils (Anhang E) (Phase 3) und der Bewertung zum Risikomanagement (Anhang F) (Phase 4) erstellt wurden, untersucht und ausgewertet. Für die einzelnen POPs werden hier damit jeweils die zeitlichen Ablaufschemata zum Prozess erstellt und mit fachlichen Erläuterungen versehen. In der Zusammenstellung werden auch die Schwierigkeiten oder Verzögerungen im POPRC Prozess dokumentiert und soweit möglich erklärt.

Für die Phasen von Anhang E (Risikoprofil) und Anhang F (Risikobewertung) wird in der Zusammenfassung der Steckbriefe auf die jeweils besonderen Argumentationen und Kontroversen (z.B. politische und wirtschaftliche Entscheidungsprozesse) bei der Evaluierung des Risikoprofils oder der sozioökonomischen Bewertung gesondert hingewiesen.

Wenn es eindeutige Hinweise gab, welche Vertragsparteien eine Nominierung unterstützt oder nicht unterstützt hatten, wurde dies ebenfalls in der Zusammenfassung der Steckbriefe erwähnt. Beispielsweise können Indizien vorliegen, dass schon vorhandene Restriktionen oder eine Selbstkontrolle seitens der Industrie vor Aufnahme der Substanz in der Konvention vorlagen.

Für die Phase 5, die Entscheidung zur Aufnahme in die Stockholm-Konvention im COP-Beschluss, wurden nochmals die Informationen aus Anhang E und Anhang F den Entscheidungen auf der Vertragsstaatenkonferenz gegenübergestellt. Dort, wo es zu erheblichen Unterschieden gekommen war, z.B. bei der Empfehlung von Ausnahmen (wie etwa bei SCCP oder PFOA), ist dies in der Zusammenfassung der jeweiligen POPs dokumentiert.

Der Entscheidungsprozess und die relevanten Dokumente sind in den jeweiligen Zeitschienen zusammengestellt einschließlich der Dauer des Entscheidungsprozesses, sodass hier ein schneller Überblick möglich ist.

Bei tiefergehendem Interesse an Details der Prozesse können die POPRC-Dokumente konsultiert werden, welche sich einfach über die UN-Nomenklatur der Dokumente finden lassen und alle über die Stockholm-Website (<https://www.pops.int/>) frei zugänglich sind.

Effektivität des Entscheidungs- und Listungsprozesses

Als einfaches Kriterium, ob es bei der Untersuchung und Vorschlag im POPRC Schwierigkeiten gab, die zu einer verzögerten Prozess oder Listung geführt haben, wurde die Gesamtdauer der Untersuchung einerseits im Vergleich für alle Substanzen sowie andererseits in Form detaillierter Zeitschienen (und Folgeabbildungen) für jede einzelne Substanz dokumentiert. Bei der Interpretation ist zu berücksichtigen, dass die Sitzungen des POPRC jährlich meist im September/Oktobre in Genf oder Rom abgehalten werden (Tabelle 12).

Tabelle 12: Zeitliche Übersicht der POPRC- und COP-Meetings und ihre zeitliche Terminierung

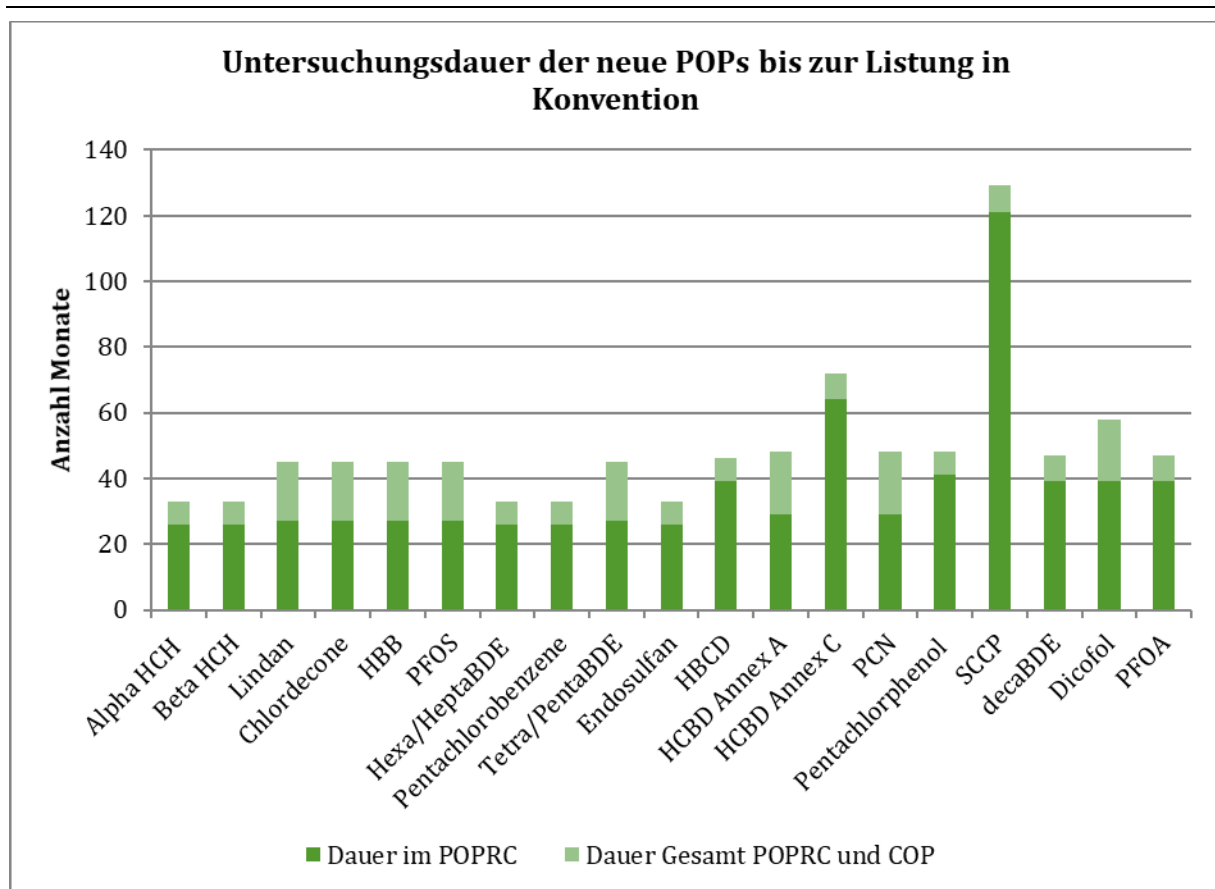
Meeting	Datum, Ort
POPRC Meeting 1	7-11 November 2005, Genf, Schweiz
POPRC Meeting 2	6-10 November 2006; Genf, Schweiz
POPRC Meeting 3	19 - 23 November 2007, Genf, Schweiz
POPRC Meeting 4	13 -17 Oktober 2008, Genf, Schweiz
POPRC Meeting 5	12 -16 Oktober 2009, Genf, Schweiz
POPRC Meeting 6	11 -15 Oktober 2010, Genf, Schweiz
POPRC Meeting 7	10 -14 Oktober 2011, Genf, Schweiz
POPRC Meeting 8	15 -19 Oktober 2012, Genf, Schweiz
POPRC Meeting 9	14 -18 Oktober 2013, Rom, Italien
POPRC Meeting 10	27 -30 Oktober 2014, Rom, Italien
POPRC Meeting 11	19 -23 Oktober 2015, Rom, Italien
POPRC Meeting 12	19 -23 September 2016, Rom, Italien
POPRC Meeting 13	17 -20 Oktober 2017, Rom, Italien
POPRC Meeting 14	17 -21 September 2018, Rom, Italien
POPRC Meeting 15	1 -4 Oktober 2019, Rom, Italien
POPRC Meeting 16	11– 16 Januar 2021, Online
COP Meeting 1	2 - 6 Mai 2005, Punta del Este, Uruguay
COP Meeting 2	1 - 5 Mai 2006, Genf, Schweiz
COP Meeting 3	30 April - 4 Mai 2007, Dakar, Senegal

Meeting	Datum, Ort
COP Meeting 4	4 - 8 Mai 2009, Genf, Schweiz
COP Meeting 5	25 - 29 Mai 2011, Genf, Schweiz
COP Meeting 6	28 April - 10 Mai 2013, Genf, Schweiz
COP Meeting 7	4 - 15 May 2015, Genf, Schweiz
COP Meeting 8	24 April- 5 Mai 2017, Genf, Schweiz
COP Meeting 9	29 April- 10 Mai 2019, Genf, Schweiz
COP Meeting 10	19 - 30 Juli 2021, Genf, Schweiz

Der theoretisch kürzeste Prozess bis zur Listung erstreckt sich mit der dreistufigen Untersuchung im POPRC (24 Monate) und der anschließenden Listung in der Vertragsstaatenkonferenz somit über ca. 36 Monate (bzw. ca. 48 Monate, wenn die zwei jährlich stattfindende Vertragsstaatenkonferenz erst im Folgejahr nach Abschluss der Evaluierung im POPRC stattfindet). In diesem Bericht wird in den Zeitschienen die Gesamtdauer des Prozesses zwischen Einreichung des Vorschlags bis zur Entscheidung in Monaten dargestellt.²⁰ Insgesamt wurden 18 Substanzen evaluiert. Die folgende Abbildung zeigt die Dauer der Prozesse im Überblick für alle Stoffe.

²⁰ Hierbei wird nicht der jeweilige Tag im jeweiligen Monat berücksichtigt, an dem die jeweilige Kategorisierung des relevanten Dokuments im Entscheidungsprozess erschienen ist. Stattdessen wird für die Berechnung der Zeitdauern jeweils der Monatserste verwendet.

Abbildung 11: Gesamtdauer der Listung neuer POPs von Vorschlag bis zur Aufnahme in die Konvention



Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental Consulting

HCBDD wurde zweimal im POPRC evaluiert – einmal für die Listung in Anhang A und dann zusätzlich für die Listung in Anhang C. Von den 18 POPs wurden 12 in der kürzest möglichen Zeit (ca. 24 Monate) evaluiert. Weitere 5 POPs (HBCD, PCP, PFOA, DecaBDE und Dicofol) wurden innerhalb von 36 Monaten und somit mit nur leichter einjähriger Verzögerung im POPRC evaluiert und für die Listung vorgeschlagen. Ein deutlich längerer Evaluierungsprozess gab es bei den SCCPs (siehe die detailliertere Abbildung im Anhangband, Abschnitt 2.1.11, in der die Analyse von SCCP im Einzelnen dokumentiert wird).

Nach Abschluss der jeweiligen Evaluierungen im POPRC wurden alle 18 zur Listung empfohlenen POPs direkt in der jeweils folgenden Vertragsstaatenkonferenz aufgenommen. Somit wurden alle Stoffe, die in den POPRC eingebracht wurden, auch als POPs gelistet. Dies belegt, dass der Evaluierungs- und Listungsprozess in der Stockholm-Konvention – POPRC und Vertragsstaatenkonferenz – insgesamt betrachtet effektiv ist.

3.3.3 Analyse und Auswertung der Effektivität des Entscheidungs- und Listungsprozesses

Die Zeitdauer des Verfahrens scheint nicht immer ein guter Indikator für die wissenschaftliche Akzeptanz der Anhang-D-Daten zu sein (gemessen daran, wie kontrovers teilweise die fachlichen Diskussionen im POPRC geführt wurden). Daher werden in den folgenden Abschnitten bei der Untersuchung der einzelnen POPs weitere Indikatoren ermittelt, die helfen können, Schwierigkeiten in den Prozessabläufen zu finden und abzubilden.

Zusätzlich befinden sich zurzeit²¹ vier POPs im Entscheidungsprozess (Methoxychlor, Perfluorhexasulfonat, Dechloran Plus, UV-328). Der Stand der Evaluierung (12/2020), den die vier POP-Kandidaten aktuell im POP Review Committee (POPRC) durchlaufen, ist in Tabelle 13: dargestellt. Eine über diesen Stand hinausgehende Evaluierung wurde in diesem Projekt nicht durchgeführt.

Tabelle 13: Stand der Evaluierung der aktuellen POPs Kandidaten im POPRC (12/2020)

Phase Aufnahmeprozess	Perfluorhexan-sulfonsäure (PFHxS)	Dechloran Plus	Methoxychlor	UV-328
Proposal (Vorschlag)	Jun 17	Mai 19	Mai 19	Mai 20
Screening Anhang D	Okt 17	Okt 19	Okt 19	Januar 21
Risk Profile	Sep 18	Noch offen	Noch offen	Noch offen
Risk Profile Assessment (Anhang E)	Sep 18	Noch offen	Noch offen	Noch offen
Risk Management Evaluation	Okt 19	Noch offen	Noch offen	Noch offen
Risk Management Evaluation (Anhang F)	Okt 19	Noch offen	Noch offen	Noch offen
Decision (Entscheidung Listung)	Noch offen	Noch offen	Noch offen	Noch offen

Im Folgenden wird die Auswertung des Entscheidungsprozesses der einzelnen 18 neu gelisteten POPs einschließlich der Besonderheiten und Probleme bei der Evaluierung und Listung exemplarisch für Lindan (Gamma-HCH) und Alpha- und Beta-HCH sowie für Perfluoroctansulfonsäure (PFOS), ihre Salze und Perfluoroctansulfonylfluorid (PFOSF) jeweils in Zeitschienen und Steckbriefen zusammengestellt und kurz beschrieben. Die Zusammenfassungen für die übrigen 16 neu gelisteten POPs finden sich in Anhang 2.

3.3.3.1 Listung von Lindan (Gamma-HCH) und Alpha- und Beta-HCH

Hintergrund

Technisches Hexachlorcyclohexan (HCH) ist der Name eines Gemischs von verschiedenen Isomeren (Alpha-, Beta-, Gamma-, Delta- und Epsilon-Isomere), die bei der technischen Produktion von Hexachlorcyclohexan entstehen. Die Isomere haben eine unterschiedliche dreidimensionale Anordnung der Chloratome am Cyclohexan-Ring und unterscheiden sich stark in ihrer biologischen Aktivität. Nur das als Lindan bezeichnete Gamma-HCH besitzt insektizide Wirkung. Lindan konnte jedoch nicht isomeren-spezifisch hergestellt werden, sondern es wurde durch Chlorierung von Benzol ein HCH-Gemisch mit einer Isomerenverteilung von 55–80 % Alpha-HCH, 5–14 % Beta-HCH, 8–15 % Gamma-HCH (Lindan), 2–16 % Delta-HCH und 3–5 % Epsilon-HCH produziert. In einem zweiten Schritt wurde dann das Gamma-HCH (Lindan) vom HCH-Gemisch abgetrennt und als Pestizid verkauft (Vijgen et al., 2011). In Entwicklungsländer wurde zum Teil auch die technische Mischung als Pestizid verkauft.

Lindan und technisches HCH wurde als Insektizid zur Saatgut- und Bodenbehandlung, zur Blattbehandlung, zur Baum- und Holzbehandlung und gegen Ektoparasiten sowohl in der

²¹ Stand 29.11.2020

Veterinärmedizin als auch beim Menschen eingesetzt. Die Produktion von Lindan ist in den letzten Jahrzehnten zurückgegangen, und die letzte Lindanproduktion wurde vor wenigen Jahren in Indien gestoppt (Jit et al., 2011). Lindan ist persistent, reichert sich leicht in der Nahrungskette an. Es gibt Hinweise auf weiträumigen Transport und toxische Wirkungen bei Wasserorganismen. Lindan wirkt vor allem schädigend auf Nerven und Leber und wurde in Umweltproben auf der ganzen Welt sowie im menschlichen Blut, Muttermilch und Fettgewebe vorgefunden. Auch die Isomere Alpha-HCH und Beta-HCH sind sehr persistent und können sich in Biota und arktischen Nahrungsnetzen bioakkumulieren und biomagnifizieren. Diese Chemikalien unterliegen einem weiträumigen Transport, werden als potentiell krebserregend für den Menschen eingestuft und beeinträchtigen die Tierwelt und die menschliche Gesundheit. Freisetzungen können auch aus Lagerbeständen und vor allem aus kontaminierten Standorten erfolgen (UNEP, 2006c).

Lindan war eines der meistproduzierten Pestizide weltweit. Zusätzlich verursachte die Produktion von einer Tonne Lindan ca. 10 Tonnen HCH-Abfallisomere. Die insgesamt von 1950 bis 2000 produzierten 600.000 Tonnen Lindan verursachten somit zwischen 5 und 7 Millionen Tonnen HCH-Abfallisomere, die zum Großteil in der Nähe der Produktionsstätten deponiert wurden (Vijgen et al., 2011, 2019).

Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention

Mexiko schlug Gamma-HCH (Lindan) im Jahr 2005 sowie Alpha- und Beta-HCH im Jahr 2006 vor, in die Stockholm-Konvention aufzunehmen (Tabelle 14 und Tabelle 16). Alle drei vorgeschlagenen HCH-Isomere waren zu der Zeit bereits in zwei internationalen Vereinbarungen gelistet: dem Aarhus POP-Protokoll und der Rotterdam-Konvention. Auch nationale und regionale Gesetze und Vereinbarungen konzentrieren sich auf wirksame Kontrollmaßnahmen für die HCH-Isomere: u.a. der nordamerikanische regionale Aktionsplan für Lindan und andere HCH-Isomere (NARAB), die Kommission für den Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks (OSPAR), die EU-POP-Verordnung und die europäische Wasserrahmenrichtlinie. Zudem hatten mehrere Länder berichtet, dass die HCH-Isomere Teil ihrer nationalen und internationalen Monitoringprogramme waren.

Nach mehr als vierzig Jahren umfangreicher Nutzung wurde technisches HCH schrittweise auch in Entwicklungsländern durch Lindan ersetzt. Die Vertragsparteien und Beobachter der Stockholm-Konvention hatten im Jahr 2008 keine signifikanten aktuellen Verwendungen von Alpha- und Beta-HCH (als Bestandteile von technischem HCH) gemeldet.

Nach der Bewertung der Risikoprofile (Anhang E; UNEP, 2006c, 2007d, 2007e) durch das POPRC auf seiner dritten Tagung im November 2007 kam der Ausschuss zu dem Schluss, dass Alpha-HCH und Beta-HCH aufgrund ihres weiträumigen Transports in der Umwelt wahrscheinlich zu erheblichen schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt führen werden, so dass globale Maßnahmen gerechtfertigt sind. Auf diesem Meeting wurde auch die Bewertung des Risikomanagements (Anhang F) für Lindan angenommen und seine Aufnahme in Anlage A der Stockholm-Konvention empfohlen, einschließlich Überlegungen zu möglichen spezifischen Ausnahmen. Das Risikomanagement für Alpha-HCH und Beta-HCH fand ein Jahr später im Oktober 2008 statt ebenfalls mit Empfehlung zur Aufnahme. Die drei HCH-Isomere wurde im Mai 2009 in Anhang A der Stockholm-Konvention aufgenommen. Für Alpha-HCH und Beta-HCH liegen keine spezifischen Ausnahmeregelungen für die Verwendung vor. Für Lindan liegen folgende spezifische Ausnahmeregelungen vor:

- Produktion: keine

- Verwendung: Humanarzneimittel zur Kopflaus- und Krätze-Behandlung als Zweitlinientherapie

Heutzutage ist die Hauptquelle von Alpha- und Beta-HCH die Emission aus den Deponien der ehemaligen Hersteller von Lindan (Vijgen et al., 2011; Wycisk et al., 2013; Vijgen et al., 2019).

Die Gesamtdauer des Entscheidungsprozesses von der Nominierung bis zur Aufnahme von den drei HCH Isomere unter Stockholm dauerte ohne Verzögerungen für

- Alpha- und Beta-HCH 33 Monate bzw. 26 Monate im POPRC
- Lindan 45 Monate bzw. 27 Monate im POPRC

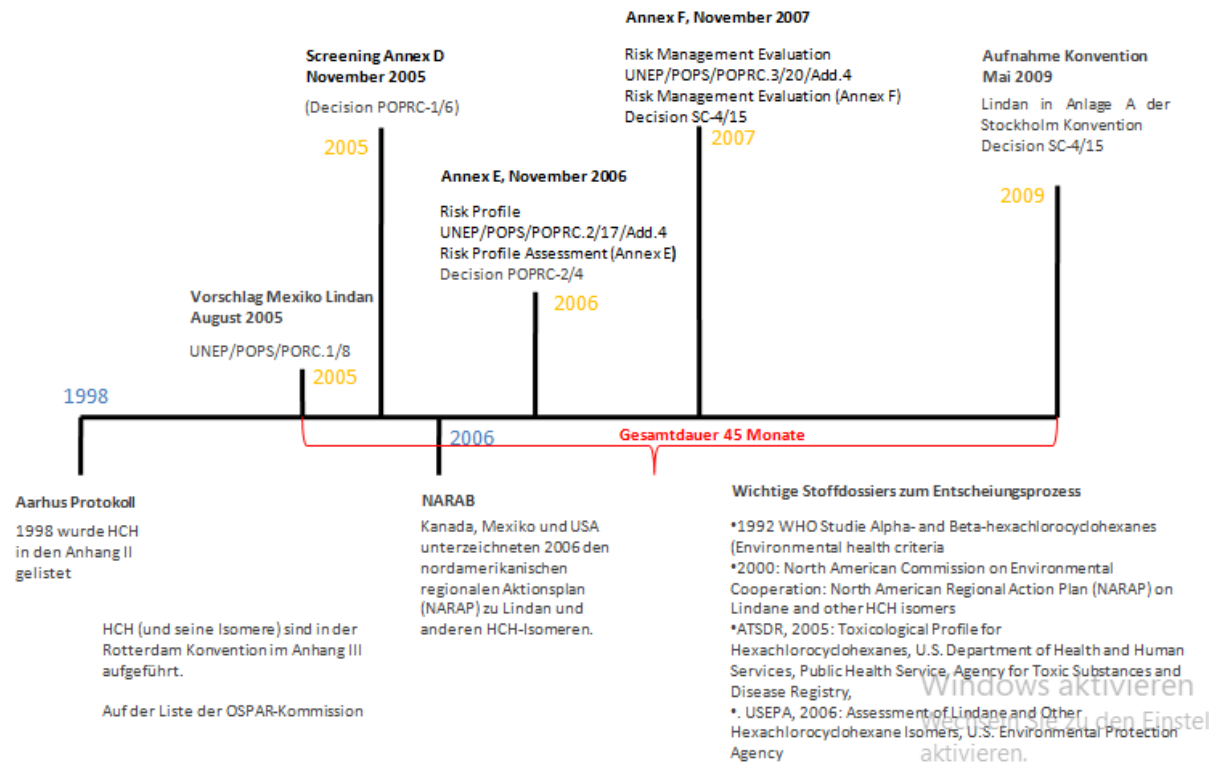
Tabelle 14: Steckbrief Lindan mit Hintergrundinformationen und Informationen zur Listung in der Stockholm-Konvention

Substanz	Lindan
CAS-Nr.	58-89-9
Vorschlag Jahr und Vertragspartei	2005, Mexico
Listung Jahr und Anhang	2009, Anhang A
Dauer Entscheidungsprozess im POPRC bis Anhang F bis COP	27 Monate (Minimale Dauer) 45 Monate (Reguläre Listung)
Ausnahmen	Produktion: keine Verwendung: Humanarzneimittel zur Kopflaus- und Krätze-Behandlung als Zweitlinientherapie. Die Ausnahmen wurden im POPRC evaluiert und für die Listung vorgeschlagen.
Frühere Nutzung	Etwa 600.000 Tonnen Lindan wurden im Zeitraum 1950-2000 weltweit als Pestizid und in der Tier- und Humanmedizin verwendet
Gegenwärtige Nutzung	In einigen Ländern wird Lindan weiterhin verwendet (z.B. zur Bekämpfung von Kopfläusen und Krätze)
Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben	7 (Australien, Bahrein, Bangladesch, Indien, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu)
Sonstiges / Auffälligkeiten	Länder, die Lindan noch nicht ratifiziert haben (Australien, Bahrein, Bangladesch , Indien , Slowenien, Usbekistan, Vanuatu) könnten weiterhin Lindan/technisches HCH produzieren. Freisetzung erfolgt auch aus kontaminierten Standorten/Deponien (4-7 Millionen Tonnen).

Abbildung 12: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Lindan in der Konvention

Dargestellt werden in **blau** die Jahreszahlen der relevantesten regulatorischen (Konventionen, Substanzlisten) und sonstigen (Industrie, NGOs etc.) Begründungen, warum die Substanz vorgeschlagen worden ist, die wichtigsten wissenschaftlichen Dossiers/Publikationen/Risikoprofile/Forschungsergebnisse für den Entscheidungsprozess in der Konvention sowie in **orange** die entscheidenden Phasen im Entscheidungsprozess unter der Stockholm-Konvention sortiert vom Jahr der Nominierung bis hin zur Aufnahme in die Konvention.

Zeitschiene Entscheidungsprozess Lindan



Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental POPs Consulting

Tabelle 15: Auswertung Anhang-D-Screening Lindan

	Numerische Kriterien			Nicht-Numerische Kriterien		
Persistenz	T ½ Wasser >2 Monate	T ½ Sediment >6 Monate	T ½ Boden >6 Monate	Nachweis, dass die Chemikalie anderweitig ausreichend persistent ist		
	Ja	k.A.	Ja	k.A.		
Bioakkumu- lation	BCF oder BAF > 5000 L/kg (bei Wasserorganismen) oder log Kow> 5			Nachweis, dass eine Chemikalie aus anderen Gründen Anlass zur Besorgnis gibt, z.B. eine hohe Bioakkumulation in anderen Organismen, eine hohe Toxizität oder Ökotoxizität	Monitoringdaten in Biota, aus denen hervorgeht, dass das Bioakkumulations- potential der Chemikalie ausreicht, um ihre Berücksichtigung im Rahmen dieser Konvention zu rechtfertigen	
	Nein ^{a)}			Ja	Ja	
Toxizität				Nachweis schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesund- heit oder die Umwelt	Toxizitäts- oder Ökotoxizi- tätsdaten, aus denen das Potential für eine Schädi- gung der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt hervorgeht	
				Ja	Ja	
LRT	T ½ Luft > 2d			Potentiell besorgnis- erregende gemessene Konzentratio- nen der Chemikalie an weitab von den Quellen ihrer Freisetzung liegenden Orten	Monitoring- daten aus denen hervor- geht, dass in der Umwelt ein LRT der Chemi- kalie über die Luft, durch das Wasser oder über wandern- de Arten in ein aufnehmendes Kompartiment stattgefunden haben könnte.	Eigenschaften hinsichtlich des Verhaltens in der Umwelt und/oder Modellergebnisse, die belegen, dass die Chemikalie das Potential zum weiträumigen Transport hat.
	Nein			Ja	k.A.	Nein
Numerische oder nicht- numerische Kriterien erfüllt	Nein			Ja		
Kriterium nach Anhang D, Artikel 8 Abs. 4 erfüllt	Ja					

^{a)} BCF= 13 – 1.240 und log Kow = 3,5

Quelle: Decision POPRC-1/6 (UNEP, 2005a)

Tabelle 16: Steckbrief Alpha-/Beta-HCH mit Hintergrundinformationen und Informationen zur Listung in der Stockholm-Konvention

Substanz	Alpha-Hexachlorcyclohexan (HCH)	Beta-Hexachlorcyclohexan (HCH)
CAS-Nr.	319-84-6	319-85-7
Vorschlag Jahr und Wer	2006, Mexico	2006, Mexico
Listung Jahr und Anhang	2009, Anhang A	2009, Anhang A
Entscheidungsprozess Dauer POPRC Gesamtdauer von POPRC bis COP	26 Monate (Minimale Zeit) 33 Monate (Reguläre Listung auf COP)	26 Monate (Minimale Zeit) 33 Monate (Reguläre Listung auf COP)
Ausnahmen	keine	keine
Frühere Nutzung	In technischem HCH; Große Mengen als Nebenprodukt der Lindan-Herstellung; bei der Produktion einer Tonne Lindan entstanden ca. 8 Tonnen Abfallisomere (primär Alpha- & Beta-HCH)	
Gegenwärtige Nutzung	Keine. Es existieren jedoch noch große Abfalldeponien mit ca. 4 bis 7 Millionen Tonnen, ca. 90 % Alpha- und Beta-HCH ^{a)}	
Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben	7 (Australien, Bahrein, Bangladesch, Indien, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu)	
Sonstiges / Auffälligkeiten	Zur Vervollständigung der Evaluierung von Lindan (Gamma-HCH) wurden die beiden HCH Isomere Alpha- und Beta-HCH ein Jahr später für den Entscheidungsprozess der Konvention vorgeschlagen. Ländern die Alpha-/Beta-HCH noch nicht ratifiziert haben (Australien, Bahrein, Bangladesch, Indien, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu) könnten weiterhin Lindan/technisches HCH produzieren. Freisetzungen erfolgen vor allem aus deponiertem HCH in kontaminierten Standorten/Deponien (4-7 Millionen Tonnen) ^{a),b)}	

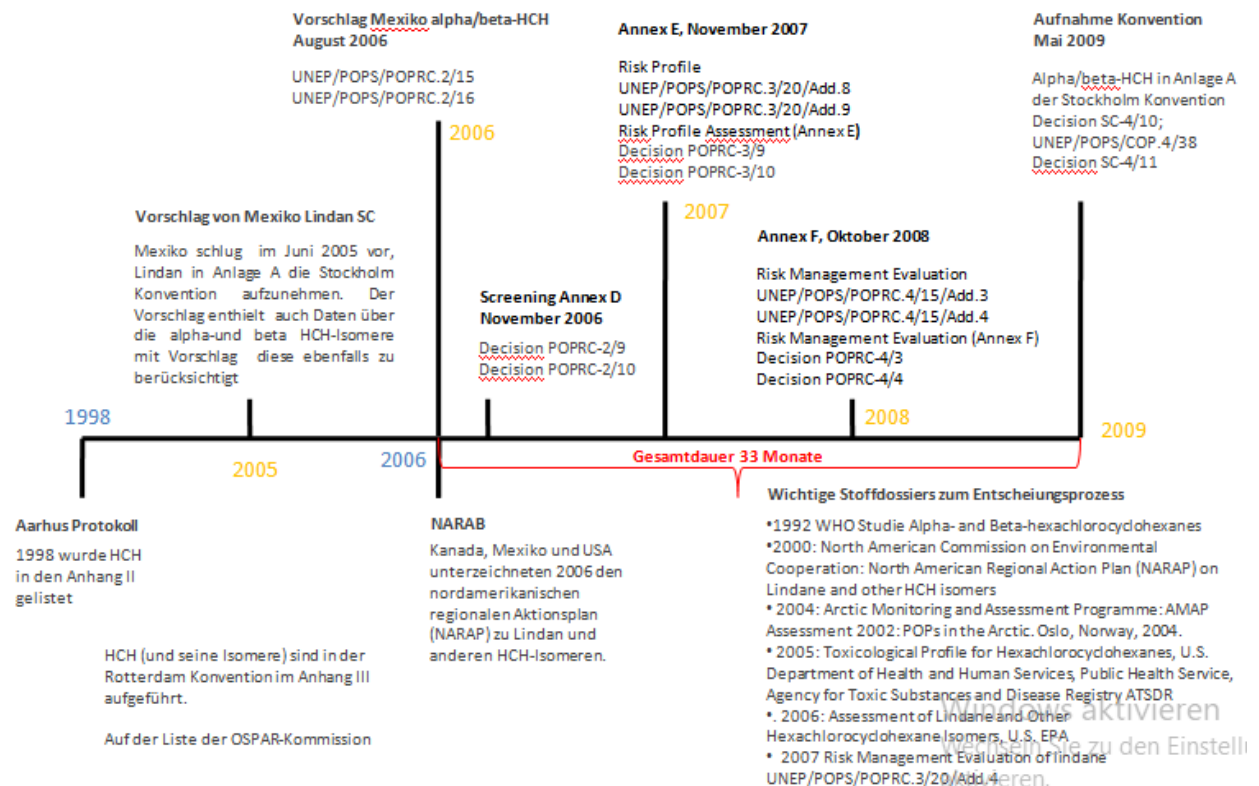
^{a)} (Vijgen et al., 2011)

^{b)} (Vijgen et al., 2019)

Abbildung 13: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Alpha-/Beta-HCH in der Konvention

Dargestellt werden in **blau** die Jahreszahlen der relevantesten regulatorischen (Konventionen, Substanzlisten) und sonstigen (Industrie, NGOs etc.) Begründungen, warum die Substanz vorgeschlagen worden ist, die wichtigsten wissenschaftlichen Dossiers/Publikationen/Risikoprofile/Forschungsergebnisse für den Entscheidungsprozess in der Konvention sowie in **orange** die entscheidenden Phasen im Entscheidungsprozess unter der Stockholmer Konvention sortiert vom Jahr der Nominierung bis hin zur Aufnahme in die Konvention.

Zeitschiene Entscheidungsprozess alpha-und beta HCH



Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental POPs Consulting

Tabelle 17: Auswertung Anhang-D-Screening Alpha-/Beta-HCH

	Numerische Kriterien			Nicht-Numerische Kriterien		
Persistenz	T ½ Wasser >2 Monate	T ½ Sediment >6 Monate	T ½ Boden >6 Monate	Nachweis, dass die Chemikalie anderweitig ausreichend persistent ist		
	Ja/Nein	k.A.	Nein/Nein	Ja/Ja		
Bioakkumu- lation	BCF oder BAF > 5000 L/kg (bei Wasserorganismen) oder log Kow> 5			Nachweis, dass eine Chemikalie aus anderen Gründen Anlass zur Besorgnis gibt, z.B. eine hohe Bioakkumulation in anderen Organismen, eine hohe Toxizität oder Ökotoxizität	Monitoringdaten in Biota, aus denen hervorgeht, dass das Bioakkumulations- potential der Chemikalie ausreicht, um ihre Berücksichtigung im Rahmen dieser Konvention zu rechtfertigen	
	Nein ^{a)} /Nein ^{b)}			Nein/Ja	Ja/Ja	
Toxizität				Nachweis schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesund- heit oder die Umwelt	Toxizitäts- oder Ökotoxizi- tätsdaten, aus denen das Potential für eine Schädi- gung der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt hervorgeht	
				Ja/Ja	Ja/Ja	
LRT	T ½ Luft > 2d			Potentiell besorgnis- erregende gemessene Konzentratio- nen der Chemikalie an weitab von den Quellen ihrer Freisetzung liegenden Orten	Monitoring- daten aus denen hervor- geht, dass in der Umwelt ein LRT der Chemi- kalie über die Luft, durch das Wasser oder über wandern- de Arten in ein aufnehmendes Kompartiment stattgefunden haben könnte.	Eigenschaften hinsichtlich des Verhaltens in der Umwelt und/oder Modellergebnisse, die belegen, dass die Chemikalie das Potential zum weiträumigen Transport hat.
	Ja/Ja			Ja/Ja	Ja/Ja	Ja/Ja
Numerische oder nicht- numerische Kriterien erfüllt	Nein/Nein			Ja/Ja		
Kriterium nach Anhang D, Artikel 8 Abs. 4 erfüllt	Ja/Ja					

^{a)} Alpha-HCH: log Kow = 3,8; BCF (wirbellose Tiere) = 60-2.750; BCF (Fisch) = 313-2.400

^{b)} Beta-HCH: log Kow = 3,7, BCF (Fisch) = 1.460

Quelle: Decision POPRC-2/9 (UNEP, 2006a) und Decision POPRC-2/10 (UNEP, 2006b)

3.3.3.2 Listung von Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), ihren Salzen und Perfluorooctansulfonylfluorid (PFOSF)

Hintergrund

Nachdem PFOS weltweit in Menschen und anderen Lebewesen nachgewiesen wurde, insbesondere auch in der 1999/2000 in den USA durchgeführten NHANES Studie (Calafat et al., 2007) entschied sich im Jahr 2000 das US-amerikanische Unternehmen 3M als der mit Abstand größte PFOS-Hersteller (mehr als 95 % Marktanteil) für einen „freiwilligen“ stufenweisen Rückzug aus der Produktion und Nutzung von PFOS bis zum Ende des Jahres 2002. Damit versuchte die Firma auch eine Regulierung der Behörden und Schadensersatzforderungen von Verbrauchern zu vermeiden. Diese Schadensersatzforderungen wurde aber inzwischen in 2018 gegen alle PFOS/PFAS-Produzenten in der USA durch eine Sammelklage gestellt (Lerner, 2018). Diese Unternehmensentscheidung bewirkte einen erheblichen Rückgang der Nutzung von PFOS in der EU und weltweit, da dadurch die globale Produktion von 4.500 Tonnen auf ca. 200 Tonnen reduziert wurde (Fricke & Lahl, 2005).

Aufgrund ihrer thermischen und chemischen Stabilität, ihrer Beständigkeit gegenüber UV-Strahlung und Verwitterung sowie ihrer schmutz-, farb-, fett-, öl- und wasserabweisenden Eigenschaften fanden oder finden poly- und perfluorierte Tenside in zahlreichen Industrie- und Verbraucherprodukten Anwendung (Paul et al., 2009). PFOS wird hauptsächlich noch in der Oberflächenbehandlung (Galvanik), in Feuerlöschschäumen, und in Insektiziden eingesetzt. Heute wird PFOS immer noch in China hergestellt aber im Rahmen eines Weltbank-Projektes wird die Produktion reduziert und soll eliminiert werden (World Bank, 2017). PFOS wird noch in vielen Ländern vor allem in Feuerlöschschäumen verwendet.

Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention

PFOS wurde im August 2006 von Schweden für die Listung in die Stockholm-Konvention vorgeschlagen (Tabelle 18; Abbildung 14).

Das Anhang-D Screening (Tabelle 20) erfolgte bei PFOS/PFOSF in zwei Durchläufen, da zunächst die beiden Stoffe getrennt als Einzelsubstanzen evaluiert wurden. Das erste Screening erfolgte im November 2005 (Decision POPRC-1/7) für PFOS. Die POP-Kriterien wurden durch das POPRC als erfüllt angesehen und eine Empfehlung für die Erstellung eines Risikoprofils nach Anhang E verabschiedet. Die POP-Eigenschaft wurde im darauffolgendem Jahr 2006 (POPRC 3) infolge des weiträumigen Transports in der Umwelt bestätigt (Decision POPRC-2/5). Da Perfluorooctansulfonylfluorid (PFOSF) bei der Herstellung aller PFOS-Vorläufer eine wichtige Rolle spielt, wurde im Jahr 2007 beschlossen, für diese Substanz ein zweites Anhang-D-Screening (UNEP, 2007b) durchzuführen. PFOSF wird in der Umwelt durch Hydrolyse zu PFOS abgebaut. Es wurde insofern Übereinkunft erzielt, dass daher eine gemeinsame Listung von PFOS zusammen mit PFOSF die wirksamste Maßnahme zur Verringerung der Freisetzung von PFOS in die Umwelt darstellt.

Der Antrag im August 2005 von Schweden zur Aufnahme von PFOS in die Stockholm-Konvention bezog sich ursprünglich auf PFOS und 96 PFOS-verwandte Substanzen (UNEP, 2005c). PFOS ist eine synthetische Substanz und kommt nicht natürlich 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 Ausgangsmaterial für alle bekannten 165 PFOS-Vorläuferverbindungen. Für die Listung wurden als Substanzen PFOS, seine Salze und PFOSF zusammengefasst. In Tabelle 19 sind die in Anhang B gelisteten PFOS-Verbindungen aufgeführt. Durch die Listung von PFOSF sollten im Prinzip auch alle weiteren Vorläufersubstanzen verboten werden. Jedoch gab und gibt es darüber in

einigen Ländern Diskussionen, da z.B. das Pestizid Sulfluramid (N-Ethylperfluorooctansulfonamid), das auch eine PFOS-Vorläufersubstanz ist, nicht namentlich in der Listung genannt ist und auch generell der Begriff „Vorläuferverbindungen“ in der Listung im Anhang nicht verwendet wird. Da jedoch mit der Nennung von PFOSF die Absicht verfolgt worden war, tatsächlich alle Vorläuferverbindungen zu verbieten, sind faktisch alle 165 PFOS-Vorläuferverbindungen als verboten anzusehen. Um derartige Unsicherheiten zu vermeiden, wurden bei der später erfolgten Listung von PFOA die „Vorläuferverbindungen“ im Anhang explizit genannt.

Die geschätzte Halbwertszeit für PFOS in Wasser wird mit >41 Jahren angegeben, dürfte aber real deutlich länger als 41 Jahre sein, da experimentell kein Abbau festgestellt wurde. Die BCF-Werte in aquatischen Organismen (Fische) und die log Kow-Werte erfüllen an sich nicht die numerischen Kriterien nach Anhang D. Aufgrund der oberflächenaktiven Eigenschaften von PFOS kann der Kow für PFOS nicht bestimmt werden. Die berichteten BCF-Werte für Sonnenbarsche und Regenbogenforellen lagen bei etwa 3000 L/kg und damit unter dem festgelegten POP-Kriterium von 5000 L/kg. Im Risikoprofil wurde festgestellt, dass mit dem BCF als Indikator, der nur den Mechanismus der Aufnahme von Chemikalien direkt aus dem umgebenden Medium Wasser abbildet, die Bioakkumulation von PFOS deutlich unterschätzt wird, da die Hauptaufnahmequelle der Chemikalie die Nahrung ist. Ursache ist, dass aquatische Organismen Stoffe, die noch eine gewisse Wasserlöslichkeit haben, über die Kiemen wieder „abatem“ können, anders als terrestrische Organismen. PFOS erfüllt die numerischen Kriterien nicht. Dies wurde jedoch durch Ergebnisse kompensiert, die niedrige Eliminationsraten der Substanz sowie Entwicklungseffekte bei Säugetieren schon bei geringen Gehalten im Körper zeigten. Zusätzlich zeigten Monitoringdaten aus der Arktis und anderen verschiedenen Teilen der Nordhalbkugel das hohe Bioakkumulationspotential in terrestrischen Organismen (Eisbär, Robbe, Weißkopfschneeköter und Nerz).

PFOS erfüllt auch die numerischen Kriterien für die atmosphärische Halbwertszeit.

Wichtige Daten lieferte dem POPRC im Fall von PFOS der ehemals weltgrößte Produzent 3M. Dies ermöglichte eine ausgewogene Bewertung der chemischen Eigenschaften und Verwendungsmuster, einschließlich der schädlichen Auswirkungen der Chemikalie. Da es in der Regel schwierig ist, solche Daten zu erhalten, war die Zusammenarbeit mit der Industrie bei der Erstellung des Risikoprofils und der sozioökonomischen Bewertung unter Anhang F von PFOS sehr hilfreich. Die erforderlichen Informationen nach Artikel 8 lagen vor. Diskutiert in der Bewertung des Risikomanagements (Anhang F) wurde hauptsächlich, ob PFOS

- ▶ mit oder ohne spezifische Ausnahmen in **Anhang A** gelistet werden sollte und mit einem neuen Teil III von Anhang A versehen wird, in dem Maßnahmen für jede einzelne oder Gruppen von PFOS, PFOS Salze und PFOSF oder Verwendungen solcher Stoffe im Einzelnen aufgeführt sind; oder
- ▶ mit bestimmten akzeptablen Zwecken oder spezifischen Ausnahmen in Anhang B aufgeführt werden soll und mit einem neuen Teil III von **Anhang B** versehen wird, in dem die Maßnahmen für jede einzelne oder Gruppen von PFOS, dessen Salze und PFOSF oder die Verwendungen solcher Stoffe im Einzelnen aufgeführt sind.

Die Unterstützung von 3M machte es möglich, dass PFOS und Vorläuferverbindungen 2009 in Anhang B der Stockholm-Konvention aufgenommen wurde, obwohl viele andere Industriegruppen, welche PFOS noch in verschiedenen Produkten verwendeten, gegen die Aufnahme in die Konvention waren.

Folgende akzeptable Zwecke sowie spezifische Ausnahmeregelungen wurden 2009 im Anhang B für PFOS gelistet:

► Für die Produktion

- Als akzeptabler Zweck:
 - Nach Teil III des Anhang B Produktion anderer Chemikalien, die nur für die nachstehenden Verwendungen verwendet werden dürfen
 - Produktion für die nachstehend aufgeführten Verwendungen.
- Spezifische Ausnahmeregelung: Zugelassen für die in das Register aufgenommenen Vertragsparteien

► Verwendung:

- als akzeptabler Zweck: Nach Teil III des Anhang B für die folgenden akzeptablen Zwecke oder als Zwischenprodukt bei der Produktion von Chemikalien mit den folgenden akzeptablen Zwecken:
 - Foto-/Bildbearbeitung
 - Fotoresist-Lacke und Antireflexbeschichtungen für Halbleiter
 - Ätzmittel für Verbindungshalbleiter und Keramikfilter
 - Hydraulikflüssigkeiten für die Luft- und Raumfahrt
 - Metallgalvanisierung (Hartmetallbeschichtung) nur in Kreislaufsystemen
 - Bestimmte Medizinprodukte (z.B. Ethylen-Tetrafluorethylen-Copolymer-(ETFE)-Beschichtungen und Produktion von strahlenundurchlässigem ETFE, Medizinprodukte für die In-vitro-Diagnostik und CCD-Farbfilter)
 - Feuerlöschschaum
 - Insektenköder zur Bekämpfung von Blattschneiderameisen der Gattungen *Attasp.* und *Acromyrmexsp.*
- spezifische Ausnahmeregelungen²²: Für die folgenden spezifischen Verwendungen oder als Zwischenprodukt bei der Produktion von Chemikalien:
 - Fotomasken in der Halbleiter- und Flüssigkristall-(LCD)-Industrie
 - Metallgalvanisierung (Hartmetallbeschichtung)
 - Metallgalvanisierung (Zierbeschichtung)
 - Elektrische und elektronische Bauteile für verschiedene Farbdrucker und Farbkopierer

²² Spezifische Ausnahmen sind normal auf 5 Jahre beschränkt. Sie können jedoch verlängert werden.

- Insektizide zur Bekämpfung von Roten Feuerameisen und Termiten
- Chemisch gestützte Ölförderung
- Teppiche
- Leder und Bekleidung
- Textilien und Polster
- Papier und Verpackungen
- Beschichtungen und Beschichtungsadditive
- Gummi und Kunststoffe

Die Gesamtdauer des Aufnahmeprozesses betrug 45 Monate, davon im POPRC 27 Monate, wobei es im Verfahren keine Verzögerungen gab.

Wegen der vielen Ausnahmen in den verschiedenen Anwendungsgebieten lief der Prozess in den folgenden Jahren im POPRC weiter, da Informationen zu Alternativen zusammengestellt werden müssen. Für PFOS sind der COP Berichte über die Fortschritte bei den Alternativen und Ausnahmen vorzulegen. Sobald geeignete Alternativen vorliegen, werden die Vertragsparteien von der COP darauf hingewiesen, diese Verwendungen auslaufen zu lassen. Die Vertragsparteien sind verpflichtet, im Rahmen ihrer Möglichkeiten die Forschung nach sichereren Alternativen zu fördern und dabei die Risiken für die menschliche Gesundheit und die Auswirkungen auf die Umwelt zu berücksichtigen. Jede Vertragspartei, die PFOS verwendet und/oder herstellt, muss als Teil des Nationalen Umsetzungsplans einen Aktionsplan entwickeln und umsetzen; siehe hierzu die *Guidance on alternatives to perfluorooctane sulfonate and its derivatives* (UNEP, 2010a, 2010b).

Die Diskussionen über die Ausnahmeregelungen und Alternativen dauern bis heute (Stand 2020) an. Beispielsweise wurde in der EU nur einen Teil der oben genannten Ausnahmen in Anspruch genommen, die entsprechend in die POP-Verordnung übernommen wurden und zum Teil schon ausgelaufen sind. Weiterhin wurde jedoch auch in Europa und Deutschland nach 2009 noch lange die Ausnahme zur Verwendung von PFOS in der Galvanik als Netzmittel benötigt.²³

Inzwischen wurden viele der Ausnahmen gestrichen (UNEP, 2019c, 2019d). Gelistet sind nunmehr noch die Verwendung von PFOS als Pestizid gegen Blattschneiderameisen (als akzeptabler Zweck), Feuerlöschschäumen für Brandklasse B und bei der Hartverchromung im geschlossenen Kreislauf (als spezielle Ausnahme bis 2025). Jedoch können Länder, die gemäß Artikel 25(4) nachratifizieren, dann wieder alle am Anfang gelisteten Ausnahmen beantragen (siehe Abschnitt 3.4).

Das POPRC hat im Jahr 2010 Empfehlungen für Maßnahmen zur Risikominderung entwickelt, die sich in chronologischer Reihenfolge am Lebenszyklus von PFOS und PFOS-haltigen Prozessen und Materialien orientieren, um die Minderung der damit verbundenen Risiken systematisch anzugehen (UNEP, 2010d). Diese wurden von der COP angenommen.

²³ In Deutschland und Europa bestand bis zum Jahr 2015 die Ausnahme für Netzmittel für überwachte Galvanotechniksysteme und für die Verwendung von PFOS in der Galvanotechnik. Seitdem gilt sie nur noch als Mittel zur Sprühnebelunterdrückung für nicht dekoratives Hartverchromen in geschlossenen Kreislaufsystemen.

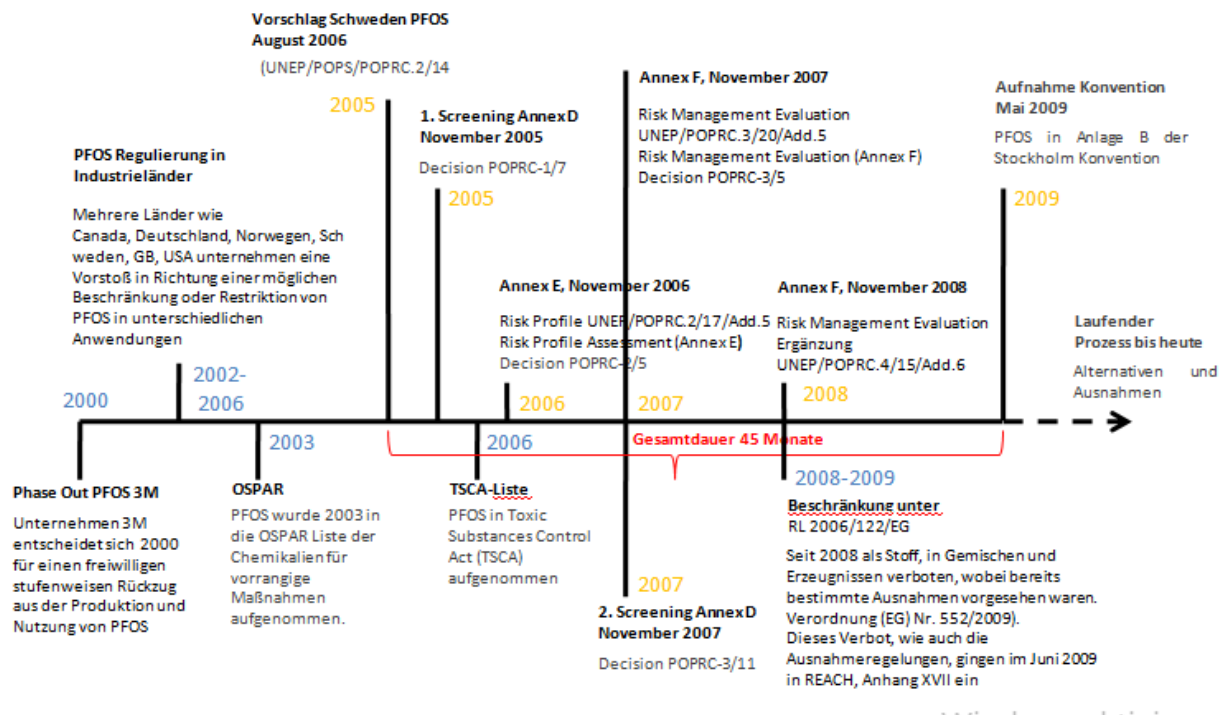
Tabelle 18: Steckbrief PFOS mit Hintergrundinformationen und Informationen zur Listung in der Stockholm-Konvention

Substanz	Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), ihre Salze und Perfluorooctansulfonylfluorid (PFOSF)
CAS-Nr.	1763-23-1 s, 307-35-7 und weitere
Vorschlag Jahr und Wer	2005, Schweden
Listung Jahr und Anhang	2009, Anhang B
Dauer Entscheidungsprozess im POPRC bis Anhang F bis COP Listung	27 Monate (Minimale Dauer) 45 Monate (Reguläre Listung COP)
Ausnahmen	Produktion: Für die gelisteten Ausnahmen Verwendung: Zahlreiche akzeptable Zwecke sowie spezifischen Ausnahmenregelungen in der Verwendung
Frühere Nutzung	Historische Produktion: ca. 100.000 Tonnen; ausgezeichnetes Tensid; schmutz- fett- und wasserabweisend. PFOS ist sowohl absichtlich hergestellt als auch ein unbeabsichtigtes Abbauprodukt von PFOS-verwandten Substanzen (PFOS-Vorläufer). Anwendungsbeispiele: Feuerlöschschäume, Textilien, Leder, Teppiche usw., Galvanik und industrielle Anwendungen
Gegenwärtige Nutzung	PFOS wird immer noch in mehreren Ländern hergestellt und verwendet
Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben	9 (Australien, Bahrain, Bangladesch, Indien, Moldawien, Russland, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu)
Sonstiges / Auffälligkeiten	Nachratifizierende Länder können alle ursprünglich gelisteten Ausnahmen beantragen. Beispiel für einen Stoff, bei dem das numerische Kriterium von Anhang D nicht hilfreich ist, weil es nicht das Risiko adäquat erfasst

Abbildung 14: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von PFOS in der Konvention

Dargestellt werden in **blau** die Jahreszahlen der relevantesten regulatorischen (Konventionen, Substanzlisten) und sonstigen (Industrie, NGOs etc.) Begründungen, warum die Substanz vorgeschlagen worden ist, die wichtigsten wissenschaftlichen Dossiers/Publikationen/Risikoprofile/Forschungsergebnisse für den Entscheidungsprozess in der Konvention sowie in **orange** die entscheidenden Phasen im Entscheidungsprozess unter der Stockholm-Konvention sortiert vom Jahr der Nominierung bis hin zur Aufnahme in die Konvention.

Zeitschiene Entscheidungsprozess PFOS



Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental POPs Consulting

Wichtige Stoffdossiers und wissenschaftliche Dokumente für den Entscheidungsprozess waren

- ▶ OECD 2000; Hazard Assessment of PFOS and its Salts
- ▶ OECD (2002) Co-operation on Existing Chemicals - Hazard Assessment of PFOS and its Salts, Environment Directorate Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology; OECD
- ▶ Perfluorooctane Sulfonate: Risk Assessment Strategy and Analysis of Advantages and Drawbacks. UK, 2004.
- ▶ UK 2004: Environmental Risk Evaluation Report:
- ▶ PFOSRPA AND BRE (2004) PFOS – 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
- ▶ Zahlreiche Dokumente von 3M, insgesamt weit mehr als 200 Dokumente, Publikationen und Stellungnahmen.

Tabelle 19: PFOS-Chemikalien wie in Anhang B des Stockholm-Konvention angegeben

PFOS-Chemikalie	CAS-Nr.
Perfluoroktansulfonsäure	1763-23-1
Perfluoroktansulfonylfluorid	307-35-7
Kaliumsalz	2795-39-3
Diethanolaminsalz	70225-14-8
Ammoniumsalz	29081-56-9
Lithiumsalz	29457-72-5
Tetraethylammoniumsalz	56773-42-3
Didecyldimethylammoniumsalz	251099-16-8

Tabelle 20: Auswertung Anhang-D-Screening für PFOS November 2005

	Numerische Kriterien			Nicht-Numerische Kriterien		
Persistenz	T ½ Wasser >2 Monate	T ½ Sediment >6 Monate	T ½ Boden >6 Monate	Nachweis, dass die Chemikalie anderweitig ausreichend persistent ist		
	k.A.	k.A.	k.A.	Ja		
Bioakkumu- lation	BCF oder BAF > 5000 L/kg (bei Wasserorganismen) oder log Kow> 5			Nachweis, dass eine Chemikalie aus anderen Gründen Anlass zur Besorgnis gibt, z.B. eine hohe Bioakkumulation in anderen Organismen, eine hohe Toxizität oder Ökotoxizität	Monitoringdaten in Biota, aus denen hervorgeht, dass das Bioakkumulations- potential der Chemikalie ausreicht, um ihre Berücksichtigung im Rahmen dieser Konvention zu rechtfertigen	
	Nein ^{a)}			Ja	Ja	
Toxizität				Nachweis schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesund- heit oder die Umwelt	Toxizitäts- oder Ökotoxizi- tätsdaten, aus denen das Potential für eine Schädi- gung der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt hervorgeht	
				Nein	Ja	
LRT	T ½ Luft > 2d			Potentiell besorgnis- erregende gemessene Konzentratio- nen der Chemikalie an weitab von den Quellen ihrer Freisetzung liegenden Orten	Monitoring- daten aus denen hervor- geht, dass in der Umwelt ein LRT der Chemi- kalie über die Luft, durch das Wasser oder über wandern- de Arten in ein aufnehmendes Kompartiment stattgefunden haben könnte.	Eigenschaften hinsichtlich des Verhaltens in der Umwelt und/oder Modellergebnisse, die belegen, dass die Chemikalie das Potential zum weiträumigen Transport hat.
	Ja			Ja	Nein	Ja
Numerische oder nicht- numerische Kriterien erfüllt	Nein			Ja		
Kriterium nach Anhang D, Artikel 8 Abs. 4 erfüllt	Ja					

^{a)} Kriterium nicht erfüllt: BCF 240–1,300

Quelle: Decision POPRC-1/7 (UNEP, 2005b)

3.4 Ratifizierung und Nachratifizierung von Substanzen (Artikel 25)

Inwieweit eine effektive Implementierung der Stockholm-Konvention im Hinblick auf das Ziel der Eliminierung von neu gelisteten POPs erfolgen kann, hängt davon ab, wie die Vertragsstaaten sich bei der Ratifizierung und Umsetzung der Entscheidungen verhalten. Hier ist insbesondere der Ratifizierungsvorbehalt von neu gelisteten POPs (Artikel 25 SC, insbesondere Abs. 4) von potenziell großer Bedeutung.

3.4.1 Regelung der Ratifizierung (Artikel 25 und 22 der Stockholm-Konvention)

Die Ratifizierung der Konvention ist im Artikel 25 der Konvention geregelt. Es gab und gibt prinzipiell zwei Optionen für die Ratifizierung von neu gelisteten POPs.

Entweder kann eine Vertragspartei die Konvention so ratifizieren, dass eine Neulistung POPs automatisch und direkt für diese Vertragspartei gilt. Diesen Ratifizierungsmodus haben 155 Vertragsstaaten gewählt.

Es gibt daneben eine zweite Ratifizierungsvariante, bei der eine Vertragspartei jedes neu gelistete POPs eigenständig nachratifizieren muss. Diese Variante wird in Artikel 25, Abs. 4 wie folgt beschrieben: *„In ihrer Ratifikations-, Annahme-, Genehmigungs- oder Beitrittsurkunde kann jede Vertragspartei erklären, dass jede Änderung der Anlage A, B oder C für sie erst bei Hinterlegung ihrer sich auf diese Änderung beziehenden Ratifikations-, Annahme-, Genehmigungs- oder Beitrittsurkunde in Kraft tritt.“* Laut Website der Stockholm-Konvention (BRS Sekretariat, o. J.-g) haben 18 Vertragsparteien²⁴ diesen fallweisen Ratifizierungsvorbehalt für sich in Anspruch genommen (Tabelle 21). Diese Länder haben somit zwar das Stockholmer Übereinkommen unterzeichnet, müssen aber nach Artikel 25 Absatz 4 jedes neu gelistete POPs einzeln ratifizieren.²⁵ Die Slowakei zog im Mai 2013 ihre Erklärung nach Art. 25 Absatz 4 zurück, es verbleiben seitdem also 17 Vertragsparteien, die die Möglichkeit des Ratifizierungsvorbehaltes gewählt haben.

3.4.2 Stand der Ratifizierung der neuen POPs durch die Länder mit Ratifizierungsvorbehalt nach Artikel 25(4)

Die folgenden Ausführungen zur Nachratifizierung aller 18 „neu gelisteten“ POPs beziehen sich auf den Stand Dezember 2020, wie er auf der BRS-Website dokumentiert war. Hexachlorbutadien (HCBd) erscheint dort zweimal, da die Aufnahme zuerst 2015 in Anhang A und 2017 noch einmal in Anhang C erfolgte und jede der beiden Entscheidungen für sich zu ratifizieren war.

In Tabelle 21 sind die 17 Vertragsparteien mit Ratifizierungsvorbehalt nach Artikel 25(4) aufgelistet, bei denen Ratifizierungen von „neuen“ POPs noch ausstehen. In Abbildung 16 sind die POPs mit der Anzahl der Nachratifizierungen und Nicht-Ratifizierungen gelistet. Von diesen 17 Vertragsparteien hat mit Stand Dezember 2020 keine Vertragspartei alle 18 Substanzen (inkl. Anhang A und Anhang C für HCBd) ratifiziert. Südkorea hat zu diesem Zeitpunkt 16 POPs ratifiziert; nur Dicofol und PFOA stehen noch aus (Abbildung 15). Mauritius folgt mit 14 POP (COP4 bis COP7).

²⁴ Die Slowakei zog am 10. Mai 2013 ihre Erklärung zur Ratifizierung nach Artikel 25 Absatz 4 zurück.

²⁵ Die Liste im Internet hat nur indikativen Charakter - jede offizielle Erklärung über den Status der Ratifizierung, der Annahme, der Genehmigung oder des Beitritts zum Stockholmer Übereinkommen oder dessen Änderungen fällt ausschließlich in die Zuständigkeit des Verwahrers, der in Übereinstimmung mit Artikel 29 des Übereinkommens der Generalsekretär der Vereinten Nationen ist.

Sechs Vertragsparteien haben keine einzige der 18 neuen POP-Substanzen ratifiziert. Zu diesen Ländern gehören sowohl Entwicklungsländer (Bangladesch, Usbekistan, und Vanuatu) als auch Industrieländer (Australien, Bahrain und Slowenien).

Weitere Industrieländer und Entwicklungs- bzw. Schwellenländer, die bislang erst wenige neu gelistete POPs nachratifiziert haben, sind Moldawien (6 POPs: Alpha-, und Beta-HCH, Lindan, Chlordecone, PeCB und Endosulfan), Indien²⁶ (7 POPs: Chlordecone, HBB, PeCB, TetraBDE/PentaBDE, HexaBDE/HeptaBDE, HBCD und HCBd), Russland (8 POPs: Alpha- und Beta-HCH, Lindan, Chlordecone, Endosulfan, PCP, PCN und HCBd), Venezuela und Kanada (9 POPs aus COP4 ratifiziert), Argentinien (10 POPs aus COP4 und COP5 ratifiziert), Botswana (10 POPs aus COP4 und COP5 ratifiziert), Mikronesien und Guatemala (11 POPs aus COP4 bis COP6 ratifiziert). China hat 11 POPs aus der COP4 bis COP6 ratifiziert. (Tabelle 21, Abbildung 15).

Die Nichtratifizierung der neu gelisteten POPs speziell durch Bangladesch, Indien und Russland hat wegen der Größe und hohen Bevölkerungszahl dieser Länder zur Folge, dass für mehr als 20 % der Weltbevölkerung die vereinbarten Maßnahmen für die meisten der neu gelisteten POPs derzeit nicht oder nur bedingt implementiert werden. Diese Länder können die entsprechenden nicht ratifizierten POPs weiter produzieren oder verwenden. Dies kann besonders für Länder wie Russland oder Indien mit ihren hohen Produktionskapazitäten relevant sein. Hinzu kommt, dass diese Länder, welche keine oder wenige der neuen POPs ratifiziert haben, auch keine Projekte und keine Finanzierung von der Global Environment Facility (GEF)²⁷ für die Aktualisierung des nationalen Implementierungsplans (NIP) beantragen können (z. B. Bangladesch, Indien oder Russland). Als Problem betrifft dies auch die alten POPs, da die NIPs dieser Länder zum Teil veraltet sind (Bangladesch 05/2008; Indien 04/2011) oder das Land noch gar keinen NIP entwickelt hat (Bahrain).

Bei der Nachratifizierung fällt auf, dass die meisten Länder dabei chronologisch vorgehen und POPs in derselben Reihenfolge nachratifizieren wie bei der Beschlussfassung durch die COP (Abbildung 15; Tabelle 21). Abweichend davon agieren allerdings Russland und Moldawien, die bislang nur die POP-Pestizide der COP4 von 2009 und Endosulfan aus der COP5 von 2011 nachratifiziert haben (Tabelle 21). Somit haben diese Länder noch keines der industriellen bromierten oder fluorierten POPs ratifiziert. Offizielle Begründungen für diese Vorgehensweise existieren nicht, jedoch weiß man aus Kommentaren bei POPRC-Treffen von russischen Mitgliedern oder Beobachtern, dass dort PFOS und PFOA nicht als POPs angesehen wurden und wahrscheinlich aus diesem Grund nicht nachratifiziert werden. Auch Indien hat in der kürzlich eingereichten Ratifizierung sehr spezifisch nur diejenigen POPs ratifiziert, die als „tote Chemikalien“ gelten, welche nicht mehr produziert werden (mit Ausnahme von HBCD).

Im Kontext des sonstigen Agierens nicht erklärbar ist die Nichtratifizierung durch die Industrieländer Australien und Slowenien. Beide Länder hatten die Konvention am 23. Mai 2001 unterzeichnet und am 4. Mai 2004 (Slowenien) bzw. am 20. Mai 2004 (Australien) ratifiziert, in beiden Fällen also früh. Ein weiteres Industrieland, das bisher nur die POPs der COP 4 von 2009 nachratifiziert hat, ist Kanada. Unabhängig davon haben dennoch alle drei Länder ihr 4. nationales Reporting (Berichterstattung) nach Artikel 15 korrekt im Jahr 2018 eingereicht, was nahelegt, dass die geforderten Berichtspflichten bei der Umsetzung der Konvention in den Ländern angemessen wahrgenommen werden. Dass dennoch manche Industrieländer hier POPs nicht zeitnah nach der Beschlussfassung nachratifizieren, ist

²⁶ in Kraft ab 18.03.2021

²⁷ Die Global Environment Facility (GEF) ist der Finanzierungsmechanismus vieler internationaler Umweltkonventionen einschließlich der Stockholm-Konvention und der NIPs.

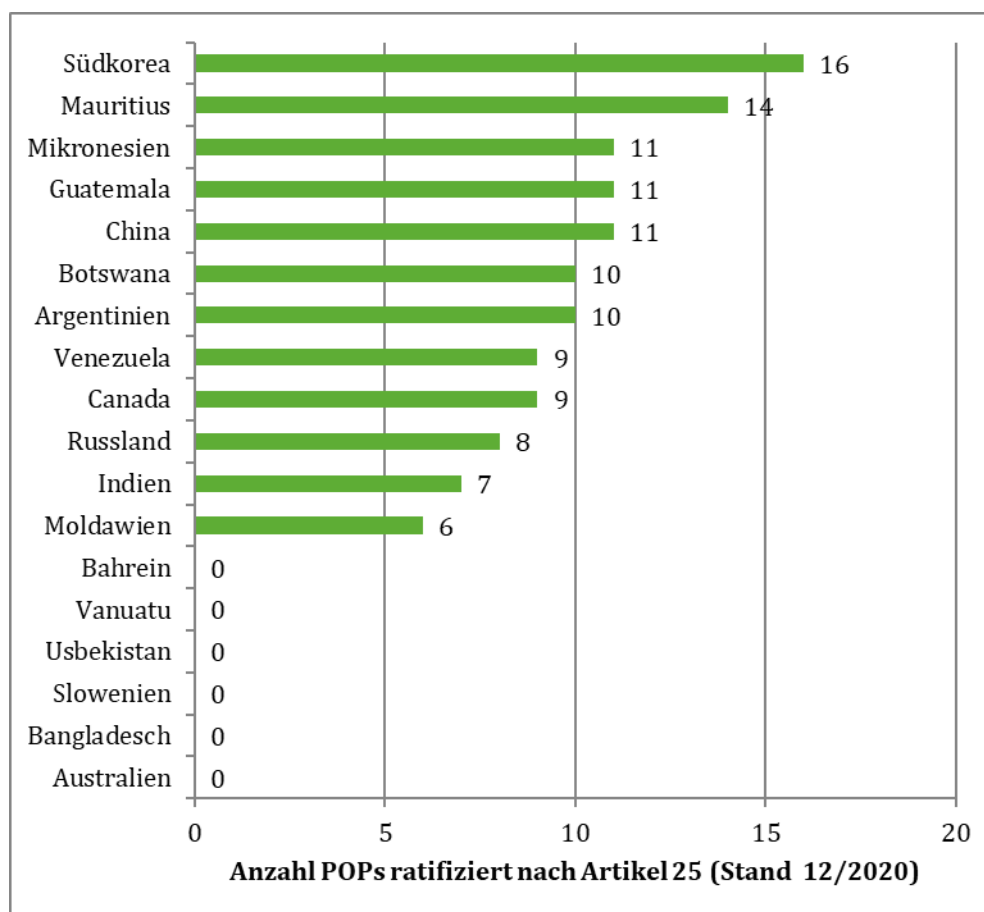
problematisch in Bezug auf die Vorbildfunktion für Entwicklungsländer, welche bei der Umsetzung der Konvention typischerweise größere Schwierigkeiten haben.

Bahrain hat bislang keines der neuen POPs nachratifiziert und ist auch seinen Berichtspflichten gemäß Artikel 15 (3. und 4. Reporting) nicht nachgekommen. Ebenfalls hat das Land bisher noch keinen NIP eingereicht, dessen Einreichungstermin im Mai 2008 war. Jedoch hat Bahrain aktuell Aktivitäten in Kooperation mit UNEP gestartet, um nun den ersten NIP zu entwickeln.

Vanuatu hat bislang auch noch keines der neuen POPs ratifiziert und ist auch seinen Berichtspflichten gemäß Artikel 15 (1, 2 3. und 4. Reporting) nicht nachgekommen. Vanuatu hat aber 12/2018 mit 11 Jahre Verspätung den ersten NIP eingereicht. Somit gibt es POP-bezogene Aktivitäten in dem Land.

Usbekistan hat die Stockholm-Konvention erst 28.06.2019 ratifiziert und dabei den Ratifizierungsvorbehalt für neu gelistete POPs nach Art. 25(4) für sich in Anspruch genommen.

Abbildung 15: Vertragsparteien mit gesonderten Vereinbarungen nach Artikel 25 Abs.4 und deren Anzahl an ratifizierten neuen POPs (Stand BRS Webseite 01/2021 dort ausgewiesen als Stand 12/2020)



Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental POPs Consulting

Tabelle 21: Artikel 25(4) Vertragsparteien und deren nachratifizierten POPs (Stand 01/2021)

Vertragspartei	Ratifizierungen	Substanzen ratifiziert
Argentinien	10	COP4 und COP 5
Australien	0	Keine
Bahrein	0	Keine
Bangladesch	0	Keine
Botswana	10	COP4 und COP 5
Canada	9	COP4
China	11	COP4 bis COP6
Guatemala	11	COP4 bis COP6
Indien ^{a)}	7	Chlordecone, HBB, PeCB, TetraBDE/PentaBDE, HexaBDE/HeptaBDE, HBCD und HCBd
Mauritius ^{b)}	14	COP4 bis COP7
Mikronesien	11	COP4 bis COP6
Moldawien	6	Nur Pestizide COP4 COP5 (Alpha-/Beta-HCH, Lindan, Chlordecone, Endosulfan)
Russland	5	Nur chlorierte POPs COP4, COP5 und COP6 (Alpha-/Beta-HCH, Lindan, Chlordecone, PeCB und Endosulfan, PCN, PCP, HCBd)
Slowenien	0	Keine
Südkorea	16	COP4 bis COP8
Usbekistan ^{c)}	0	Keine
Vanuatu	0	Keine
Venezuela	9	COP4

^{a)} Die ratifizierten POPs treten für Indien am 18.03.2021 in Kraft

^{b)} Mauritius hat für HCBd bisher nur Anhang A ratifiziert

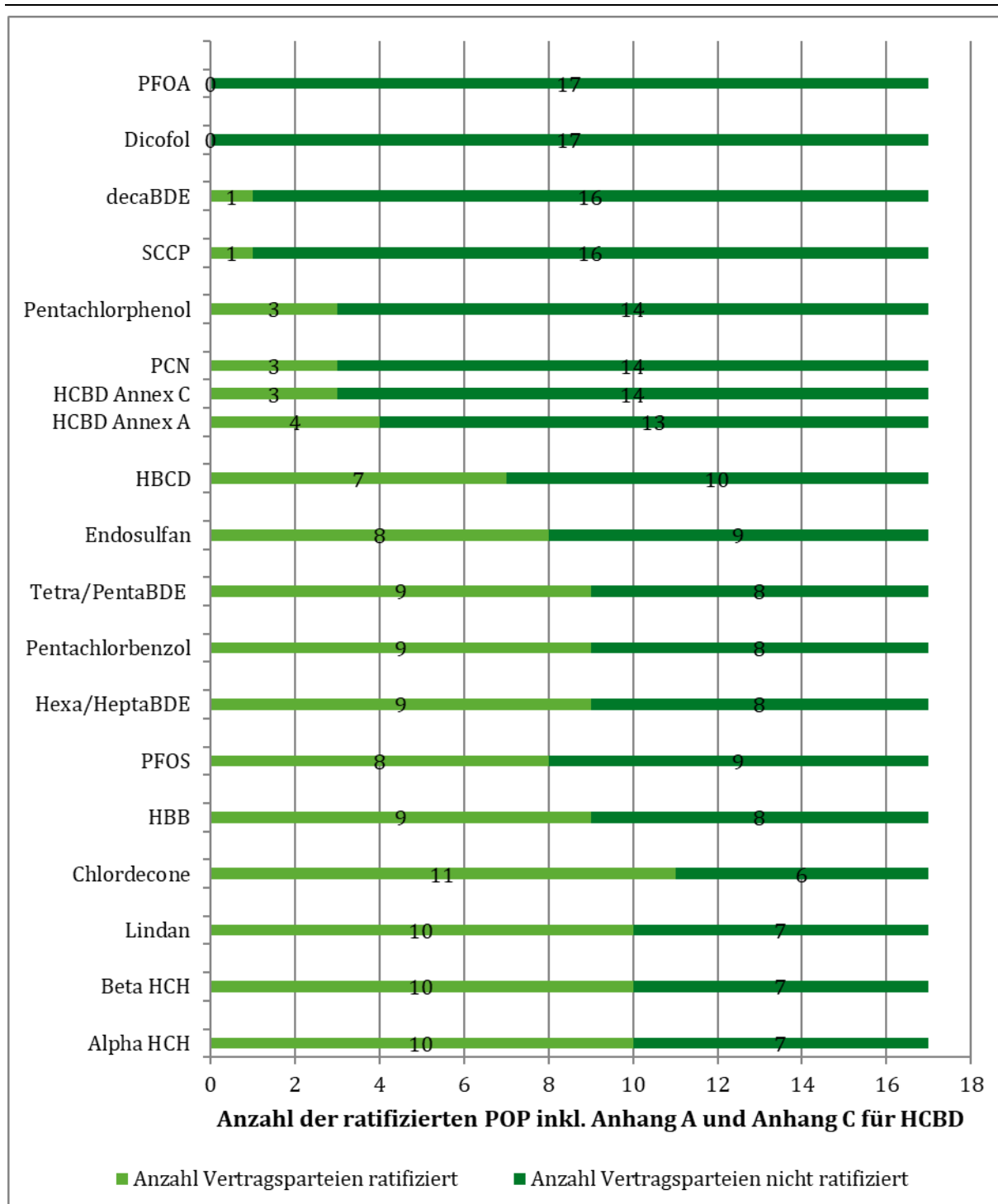
^{c)} Usbekistan hat die Stockholm-Konvention erst am 28.06.2019 ratifiziert

3.4.3 Auswirkungen des Ratifizierungsvorbehalts auf die spezifischen Ausnahmen

Ein bedeutsamer negativer Effekt des Ratifizierungsvorbehalts gemäß Artikel 25(4) besteht darin, dass nicht- bzw. nachratifizierende Vertragsstaaten aufgrund der aktuellen Interpretation von Artikel 4 (siehe Kapitel 3.5) sowohl vor als auch nach einer etwaigen zukünftigen Ratifizierung alle bisher für die neu gelisteten POPs vereinbarten Ausnahmen uneingeschränkt für 5 Jahre (bzw. mit Verlängerung für 10 Jahre) ab eigener Ratifizierung in Anspruch nehmen können, einschließlich der für die anderen Vertragsstaaten bereits über die letzten Jahre gestrichenen Ausnahmen. Dadurch können die nicht- bzw. nachratifizierenden Vertragsstaaten die Implementierung der Stockholm-Konvention und das Phase-out der regulierten POPs über solche Ausnahmen um viele Jahre oder sogar Jahrzehnte verschleppen. So dürfen zum Beispiel Bangladesch und Indien aktuell noch PFOS in der Textilindustrie oder Teppichindustrie verwenden und könnten dies auch nach einer nachträglichen Ratifizierung für weitere 5 oder 10 Jahre fortsetzen.

Auch die langsamere Ratifizierung durch China, das inzwischen 11 neu gelistete POPs ratifiziert hat (Listung COP4 bis COP6), birgt ein Risiko für die Umsetzung der Konvention und die Erreichung ihrer Ziele, da China der größte POP-Produzent ist (z.B. SCCP, HBCD, PFOS, wahrscheinlich auch PFOA und verwandte Substanzen). So resultiert etwa aus der verzögerten Ratifizierung von HBCD durch China am 26.12.2016, dass dort noch bis Ende 2021 HBCD produziert werden kann und dies mithilfe der Ausnahmeregelung nach Artikel 4(7) noch einmal um 5 Jahre bis 2026 verlängert werden könnte (siehe Kapitel 3.5).

Abbildung 16: Ratifizierte POPs der Artikel 25(4) Vertragsparteien, die zum Teil langsam oder nicht nachratifizieren.



Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental POPs Consulting

3.4.4 Handlungsempfehlungen hinsichtlich des Ratifizierungsvorbehalts nach Artikel 25(4)

Auf der politischen Ebene (AP3) erscheint es zielführend, die Probleme zu thematisieren, die sich aus Nicht- oder zeitlich stark verzögerten Nachratifizierungen nach Artikel 25(4) ergeben.

- ▶ Die Nichtratifizierung der neu gelisteten POPs durch Indien, Bangladesch und Russland hat zur Folge, dass für mehr als 20 % der Weltbevölkerung die Maßnahmen für diese POPs nicht oder nur bedingt implementiert werden.
- ▶ Die Länder, die bislang keine oder zu wenige neuen POPs ratifiziert haben, können auch keine Projektfinanzierung von GEF für die Fortschreibung ihres NIP beantragen (z. B. Indien oder Bangladesch). Dies trifft auch auf Russland zu, das nur vier der neun in 2009 gelisteten POPs ratifiziert hat. Damit können für diese mehr als 20 % der Weltbevölkerung auch die nationalen Implementierungspläne zurzeit nicht aktualisiert werden.
- ▶ Es besteht zumindest theoretisch die Möglichkeit, dass Länder wie z. B. Indien oder Russland diese POPs weiterhin produzieren und verwenden, was auch einen Export der Substanzen oder von damit belasteten Produkten einschließen kann. Ein Grund zur Besorgnis in diesem Zusammenhang ist, dass Russland im POPRC aktuell die Auffassung vertritt, PFOS, PFOA und SCCP seien keine POPs. Auch Indien sieht PCP nicht als POP an, hat auf der COP gegen die Listung von PCP gestimmt und produziert und verwendet die Chemikalie weiterhin. Die Verwendung von PCP hat z.B. 2010 zu einer PCP- und Dioxinbelastung von Guarkernmehl geführt (CVUA Freiburg, 2007a, 2007b), das weltweit eine der wichtigsten Speisestärken (E402) ist und zu 80 % in Indien hergestellt wird.
- ▶ Die Nichtratifizierung von neu gelisteten POPs durch Industrieländer wie Australien, Slowenien und zum Teil Kanada ist schwer verständlich und auch problematisch in Bezug auf die Vorbildfunktion für Entwicklungsländer, welche bei der Umsetzung der Konvention typischerweise größere Schwierigkeiten haben.

Vor diesem Hintergrund sollte es ein Ziel sein, die entsprechenden Länder bei der Ratifizierung der noch nicht gelisteten POPs zu unterstützen.

3.4.5 Status Artikel 22, Absatz 3 (b) Notifikation der Nichtannahme

Noch ein weiterer Artikel in der Konvention kann eine gewisse Gefahr für die Implementierung in sich bergen. Nach Artikel 22, Absatz 3 Buchstabe b existiert die Option für eine Vertragspartei *„die eine weiteren Anlage (Anhang) nicht anzunehmen vermag, dies schriftlich dem Verwahrer²⁸ innerhalb eines Jahres nach dem Zeitpunkt zu notifizieren, zu dem dieser mitgeteilt hat, dass die weitere Anlage (Anhang) beschlossen worden ist. Der Verwahrer verständigt unverzüglich alle Vertragsparteien vom Empfang jeder derartigen Notifikation. Eine Vertragspartei kann ihre Notifikation über die Nichtannahme einer etwaigen weiteren Anlage (Anhang) jederzeit zurücknehmen, und die Anlage (Anhang) tritt daraufhin für diese Vertragspartei nach Buchstabe c²⁹ in Kraft;“*

Die nachstehende Tabelle enthält alle bisher von der COP beschlossenen Änderungen, einschließlich der auf ihrer neunten Tagung beschlossenen Änderungen der Anlagen A und B,

²⁸ hier: Generalsekretär der Vereinten Nationen

²⁹ nach einem Jahr

die am 3. Dezember 2020 für alle Vertragsparteien in Kraft getreten sind, welche keine Notifikation der Nichtannahme nach Artikel 22 Absatz 3 Buchstabe b vorgelegt haben. Laut BRS-Website (BRS Sekretariat, o. J.-g) haben drei Vertragsparteien von Artikel 22 Absatz 3 Buchstabe b Gebrauch gemacht (siehe Tabelle 22). Eine Notifikation für Anlage A, B oder C kann nur von einer Vertragspartei in Anspruch genommen werden, wenn diese das Stockholmer Übereinkommen unterzeichnet hat, und dies auch nur, wenn eine Erklärung über einen Ratifizierungsvorbehalt nach Artikel 25(4) abgegeben wurde.

Die EU und Serbien hatten für HBCD sowie Neuseeland für 13 POPs eine Notifikation abgegeben. Alle diese Notifikationen der Nichtannahme gemäß Artikel 22 Absätze 3 und 4 wurden später wieder zurückgezogen.

Von daher wird zwar von dem Artikel 22 Abs. 3 Gebrauch gemacht aber alle Nichtratifizierungen wurden bisher auch wieder zurückgezogen (Tabelle 22). Bisher führt dieser Mechanismus somit zu keiner Schwächung der Konvention, sondern zu mehr Flexibilität. Es können so Vertragsstaaten, die bei Neuaufnahmen in die Konvention einen Ratifizierungsvorbehalt nach Artikel 25(4) eingelegt haben, auch POPs in die Konvention aufnehmen lassen, die sie selbst zu der Zeit nicht ratifizieren können.

Tabelle 22: Notifikation der Nichtannahme gemäß Artikel 22 Absätze 3 und 4

Vertragspartei nach Artikel 22 Absätze 3 und 4	POP	Begründung
EU	HBCD	Notifikation der Nichtannahme gemäß Artikel 22 Absätze 3 und 4 vorgelegt und später zurückgezogen
Serbien	HBCD	Notifikation der Nichtannahme gemäß Artikel 22 Absätze 3 und 4 vorgelegt, und später zurückgezogen
Neuseeland	Alpha und Beta HCH, Lindan, Chlordecon, HBB, PFOS, Hexa-/HeptaBDE, Tetra-/PentaBDE, PeCB, HBCD, HCBd Anhang A, PCN, PCP	Notifikation der Nichtannahme gemäß Artikel 22 Absätze 3 und 4 vorgelegt und später zurückgezogen

3.5 Registrierung der Vertragsstaaten für Ausnahmegenehmigungen

3.5.1 Hintergrund

Nach Artikel 4 kann sich jeder Vertragsstaat durch schriftliche Notifikation an das Sekretariat für eine oder mehrere Arten spezifischer Ausnahmeregelungen, die in Anlage A oder Anlage B aufgenommen sind, registrieren lassen (Box 4). Alle Registrierungen spezifischer Ausnahmeregelungen erlöschen fünf Jahre nach Inkrafttreten dieses Übereinkommens in Bezug auf eine bestimmte Chemikalie, sofern in dem Register nicht durch eine Vertragspartei ein früherer Termin angegeben ist oder sofern nicht nach Absatz 7 eine Verlängerung gewährt wird. Eine solche Verlängerung um einen Zeitraum von bis zu fünf Jahren kann die Konferenz der Vertragsparteien auf Ersuchen der betroffenen Vertragspartei beschließen, wobei die besonderen Gegebenheiten von Vertragsparteien, welche Entwicklungsländer sind, sowie von

Vertragsparteien mit im Übergang befindlichen Wirtschaftssystemen in angemessenem Umfang zu berücksichtigen sind (siehe Box 1 unten).

Der Artikel 4 kann jedoch unterschiedlich interpretiert werden. Aus der jeweiligen Interpretation ergibt sich, ab wann gewisse Ausnahmefristen beginnen. Dies wird im folgenden Kapitel beschrieben.

3.5.2 Interpretation von Artikel 4 und Implikationen

Im Artikel 4 gibt es mehrere Absätze, die einen gewissen Interpretationsspielraum ermöglichen und folglich von verschiedenen Vertragsstaaten unterschiedlich ausgelegt werden. Deshalb gab es auf der COP 7 einen Beschluss, von den Vertragsstaaten ihre jeweilige Interpretation von Artikel 4 zu erfragen. Dabei zeigten sich voneinander abweichende Interpretationen im Wesentlichen in Bezug auf die Artikel 4(4), 4(7) und 4(9) (Box 4).

Die Abweichungen betreffen die Frage, ab welchem Datum eine spezifische Ausnahmeregelung gemäß Artikel 4 Absatz 4 in Kraft tritt – und damit auch, wann diese nach 5 Jahren endet („*alle Registrierungen spezifischer Ausnahmen erlöschen fünf Jahre nach dem Datum des Inkrafttretens dieses Übereinkommens in Bezug auf eine bestimmte Chemikalie*“; siehe Box 1).

Das Stockholm-Sekretariat hat dazu die Vertragsstaaten befragt (UNEP, 2015a, Paragraph 11). Nach einer Interpretation, die z.B. die EU und Norwegen vertreten, beziehen sich die 5 Jahre auf den Listungsprozess der Chemikalie selber, genauer gesagt, auf den Zeitpunkt, an dem die Listung stattfand.

Die alternative Lesart ist, dass für sich auf Artikel 25(4) berufende Länder die 5-Jahresfrist erst bei der Ratifizierung der jeweiligen Chemikalie für die einzelne Vertragspartei in Kraft tritt. Diese Ansicht vertritt Australien, eines der sich auf Artikel 25(4) berufenden Länder.

Solange Artikel 4(4) nach der Interpretation von Australien praktisch umgesetzt wird, können die Ausnahmen für nicht ratifizierende, sich auf Artikel 25(4) berufende Vertragsstaaten prinzipiell noch sehr lange in Anspruch genommen werden.

Das BRS-Sekretariat hat nun 2020 für PFOS den aktuellen Stand der Ausnahmen als Ratifizierungsoption zusammengefasst. So kann nun PFOS sowohl in dieser Form mit den reduzierten Ausnahmen oder in der originalen Listung von 2009 ratifiziert werden. Damit können nachratifizierende Vertragsparteien auch nur die reduzierte Liste von Ausnahmen ratifizieren.

Box 1: Artikel 4 der Stockholm-Konvention zur Registrierung spezifischer Ausnahmeregelungen

(1) Hiermit wird ein Register zu dem Zweck eingerichtet, diejenigen Vertragsparteien zu benennen, für welche spezifische Ausnahmeregelungen gelten, die in Anlage A oder Anlage B aufgenommen sind. Hierin nicht benannt werden Vertragsparteien, die von den Bestimmungen in Anlage A oder Anlage B Gebrauch machen, welche von allen Vertragsparteien in Anspruch genommen werden können. Das Register wird vom Sekretariat geführt und ist für die Öffentlichkeit verfügbar.

(2) Das Register umfasst

a) eine den Anlagen A und B entnommene Aufstellung der Arten spezifischer Ausnahmeregelungen;

b) eine Aufstellung der Vertragsparteien, für die eine in Anlage A oder Anlage B aufgenommene Ausnahmeregelung gilt, und

c) eine Aufstellung der für jede registrierte spezifische Ausnahmeregelung geltenden Ablauftermine.

(3) Jeder Staat kann sich, wenn er Vertragspartei wird, durch schriftliche Notifikation an das Sekretariat für eine oder mehrere Arten spezifischer Ausnahmeregelungen, die in Anlage A oder Anlage B aufgenommen sind, registrieren lassen.

(4) Sofern in dem Register nicht durch eine Vertragspartei ein früherer Termin angegeben ist oder sofern nicht nach Absatz 7 eine Verlängerung gewährt wird, erlöschen alle Registrierungen spezifischer Ausnahmeregelungen fünf Jahre nach Inkrafttreten dieses Übereinkommens in Bezug auf eine bestimmte Chemikalie.

(5) Auf ihrer ersten Tagung entscheidet die Konferenz der Vertragsparteien über ihr Überprüfungsverfahren für die Registereinträge.

(6) Vor der Überprüfung eines Registereintrags legt die betroffene Vertragspartei dem Sekretariat einen Bericht vor, in dem die weiterhin bestehende Notwendigkeit einer Registrierung dieser Ausnahmeregelung begründet wird. Der Bericht wird vom Sekretariat allen Vertragsparteien zugesandt. Die Überprüfung einer Registrierung wird auf der Grundlage aller verfügbaren Informationen durchgeführt. Daraufhin kann die Konferenz der Vertragsparteien gegenüber der betroffenen Vertragspartei die Empfehlungen aussprechen, die sie für angemessen hält.

(7) Die Konferenz der Vertragsparteien kann auf Ersuchen der betroffenen Vertragspartei beschließen, den Zeitpunkt des Erlöschens einer spezifischen Ausnahmeregelung um einen Zeitraum von bis zu fünf Jahren zu verschieben. Bei ihrem Beschluss berücksichtigt die Konferenz der Vertragsparteien die besonderen Gegebenheiten von Vertragsparteien, die Entwicklungsländer sind, sowie von Vertragsparteien mit im Übergang befindlichen Wirtschaftssystemen in angemessenem Umfang.

(8) Eine Vertragspartei kann einen Registereintrag hinsichtlich einer spezifischen Ausnahmeregelung durch schriftliche Notifikation an das Sekretariat jederzeit zurücknehmen. Die Rücknahme wird an dem Tag wirksam, der in der Notifikation angegeben ist.

(9) Sind für eine bestimmte Art von spezifischen Ausnahmeregelungen keine Vertragsparteien mehr registriert, so können hierzu keine neuen Registrierungen mehr erfolgen.

3.5.3 Fazit

Parteien, die Ergänzungen der Stockholm-Konvention gemäß Artikel 25(4) ratifiziert haben, dürfen vom Zeitpunkt ihrer Ratifizierung eines POP dieses in den zuvor genehmigten spezifischen Ausnahmen 5 Jahre lang weiterverwenden und die Substanz auch weiter produzieren. Dies ergibt sich aus dem Interpretationsspielraum von Artikel 25(4) (siehe Kapitel 3.5.2), Manche Staaten haben noch keine oder nur wenige der neu gelisteten POPs ratifiziert. Somit können für alle POPs in Zukunft solche Ausnahmen von diesen Vertragsstaaten weiter in Anspruch genommen und/oder die Substanzen weiter produziert werden. Es können z.B. Indien oder Bangladesch in Zukunft alle ursprünglich in der Stockholm-Konvention gelisteten Ausnahmen von PFOS in Anspruch nehmen, obwohl eigentlich 2020 ein Großteil der spezifischen Ausnahmen gestrichen wurde. Da diese nachratifizierenden Vertragsstaaten 21 % der Weltbevölkerung repräsentieren, stellt dies ein Risiko für die effektive Umsetzung der Stockholm-Konvention und für die Elimination der mit Ausnahmen gelisteter POPs dar. Dies betrifft einen relevanten Teil der mit Ausnahmen gelisteten fluorierten (PFOS und PFOA),

bromierten (DekaBDE und HBCD) und chlorierten (Endosulfan, PCP, PCN und SCCP) POPs (siehe Abschnitt 3.6 und Tabelle 23).

3.6 Ausnahmen in der Stockholm-Konvention: Probleme und Chancen

3.6.1 Hintergrund

Für die Effektivität des regulatorischen Managements spielen neben der Listung eine Chemikalie als POP auch die in der Stockholm-Konvention gelisteten Ausnahmen hinsichtlich ihrer Verwendungen eine wichtige Rolle. Ausnahmen werden zum Teil während des POPRC-Prozesses in der Bewertung zum Risikomanagement (Anhang F) vorgeschlagen und diskutiert und dann bei der Empfehlung der POP-Listung an die Vertragsstaatenkonferenz mit vorgeschlagen. Jedoch wurden auch bei einigen Listungen erst auf der Vertragsstaatenkonferenz von Entwicklungsländern viele weitere Ausnahmen beantragt und bei der Aufnahme genehmigt. Viele dieser Ausnahmen waren zuvor im POPRC als nicht notwendig erachtet worden, waren aber zum Teil auch nicht diskutiert worden. Diese Problematik wird im Folgenden untersucht und beschrieben. Hierbei wird auch dargestellt, dass sich aus der Listung vieler Ausnahme durchaus Vorteile an anderer Stelle, nämlich bei der Darstellung von Alternativen, ergeben können.

3.6.2 Ausnahmen, die während der Evaluation im POPRC beantragt wurden, und Vergleich zu den gelisteten Ausnahmen

Wie für die einzelnen POPs in Abschnitt 3.3 beschrieben, wurden für eine Reihe der POPs viele Ausnahmen erst auf der Vertragsstaatenkonferenz gelistet und waren nicht vom POPRC empfohlen worden. Tabelle 23 gibt einen Überblick über die mit Ausnahmen gelisteten POPs. Sie zeigt, ob diese Ausnahmen aus dem POPRC-Prozess heraus vorgeschlagen oder erst bei der Listung auf der Vertragsstaatenkonferenz von einem Vertragsstaat vorgeschlagen oder gefordert wurden. Die gelisteten Ausnahmen sind detailliert in den jeweiligen Abschnitten des Kapitels 3.3 zu den einzelnen neu gelisteten POPs beschrieben.

Listung der Ausnahmen von PBDE (2009)

In der Empfehlung für die Listung der PBDE (2009) war keine Ausnahme vorgeschlagen worden, da die c-PentaBDE und c-OctaBDE seit 2004 nicht mehr produziert wurden. Auf der COP kam jedoch dann eine Diskussion darüber auf, was die Listung für das Recycling bedeuten würde und dass es für das Recycling eine Ausnahme brauche. PBDE (2009) wurde dann mit einer Ausnahme für das Recycling von PBDE enthaltenden Materialien gelistet. Es wurde zusätzlich eine Untersuchung für das POPRC in Auftrag gegeben, welche Auswirkungen diese Ausnahme in Bezug auf Gesundheit und Umwelt hat. Dieser Bericht wurde 2010 im POPRC vorgestellt (UNEP, 2010c) und daraus Empfehlungen zur Risikominderung abgeleitet, welche auf der nächsten COP verabschiedet wurden.

Listung der Ausnahmen von PFOS

Es wurden in Anhang F keine konkreten Ausnahmen für die COP vorgeschlagen. Vielmehr wurde diskutiert, ob PFOS in Anhang A oder in Anhang B gelistet werden sollte. Als Empfehlung wurde die Listung in entweder Anhang A oder B gegeben. Auf der COP wurde bei der Listung in Anhang B festgestellt, dass es für mehrere Anwendungen keine Alternativen gab, welche deshalb als akzeptable Zwecke gelistet wurden. Zusätzlich wurden viele spezifische Ausnahmen für solche Anwendungen gelistet, in denen es zwar Alternativen gab, aber Entwicklungsländer diese noch nicht anwenden konnten oder diese nicht zugänglich waren (UNEP, 2009c).

Listung der Ausnahmen von Lindan

In der Empfehlung für die Listung von Lindan war keine Ausnahme vorgeschlagen worden (UNEP, 2007a), und es waren auch Alternativen zu Lindan detailliert diskutiert worden. Auf der COP wurden dann Ausnahmen für die Verwendung als Humanarzneimittel zur Kopflaus- und Krätze-Behandlung als Zweitlinientherapie gefordert und genehmigt (UNEP, 2009b). Jedoch waren die späteren Ausnahmen bereits in der Evaluierung des Risikomanagements erwähnt worden.

Listung der Ausnahmen von Endosulfan

Für die Listung von den Endosulfan wurde vom POPRC empfohlen, den Stoff in Anhang A mit spezifischen Ausnahmen zu listen, jedoch ohne konkrete Nennung von Ausnahmen, da bis zur COP noch weitere Informationen zu Alternativen und deren Wirksamkeit gesammelt werden sollten. Bei der Listung auf der COP wurden dann eine lange Liste von spezifischen Ausnahmen, vor allem auf Forderung von Indien hin genehmigt (UNEP, 2011).

Listung von Ausnahmen für HBCD

Nur die vom POPRC empfohlene Ausnahme für die Produktion und Verwendung von HBCD als Flammschutzmittel in EPS/XPS im Baubereich wurde gelistet.

Listung von Ausnahmen bei PCN

In der Empfehlung vom POPRC für die Listung von PCN war keine Ausnahme vorgeschlagen worden. Auf der COP wurde von Russland dann eine Ausnahme für PCN als Zwischenprodukt für die Produktion von fluorierten Naphthalinen (PFN), speziell Oktafluornaphthalin beantragt. Für diese Ausnahme hat sich bisher jedoch keine Vertragspartei registriert. Russland hat allerdings erst 2020 die PCN ratifiziert und könnte die Ausnahme noch beantragen.

Listung der Ausnahmen von PCP

Bei der Listung von PCP wurde nur die im POPRC diskutierte Ausnahme als Holzschutzmittel für Strommasten und Querträger bei der COP Listung auch aufgenommen. Zusätzlich wurde gefordert, dass das behandelte Holz während des gesamten Lebenszyklus durch Kennzeichnung oder andere Mittel leicht identifiziert werden kann. Desweiteren wurde vorgeschlagen, dass mit PCP behandelte Materialien nicht für andere als die ausgenommenen Zwecke wiederverwendet werden dürfen. Der Vorschlag wurde auf der COP ohne Änderungen angenommen.

Listung der Ausnahmen von DecaBDE

Im POPRC waren nur sehr eng begrenzte Ausnahmen für spezifische Ersatzteile der Autoindustrie empfohlen worden. Auf der COP wurden von verschiedenen Parteien aus Entwicklungsländern weitere breit gefasste Ausnahmen für Polymere in Elektronikgeräten, Textil und Polyurethan Isolierschaum im Baubereich gefordert und genehmigt.

Listung der Ausnahmen von SCCP

In der Untersuchung im POPRC war eine Listung in Anhang A ohne spezifische Ausnahmen empfohlen worden. Bei der Listung auf der COP hatte eine Reihe von Parteien aus Entwicklungsländern eine Vielzahl von Ausnahmen gefordert, die praktisch die wichtigsten Verwendungen von SCCP abdecken. Alle geforderten Ausnahmen wurden gelistet.

Listung der Ausnahmen von PFOA.

Im POPRC war in einer detaillierten Evaluierung eine Reihe von Ausnahmen für die Listung vorgeschlagen worden. Bei der Listung auf der COP wurden zusätzlich zu diesen Ausnahmen von Iran noch weitere Ausnahmen für die Produktion verschiedener Fluorpolymere gefordert. Diese

waren bei der Evaluierung im POPRC als nicht notwendig erachtet worden. Nach längerer Diskussion auf der COP wurden auch diese Ausnahmen gelistet.

Tabelle 23: POPs, die mit spezifischen Ausnahmen oder akzeptablen Zwecken gelistet sind und Vergleich der vorgeschlagenen Ausnahmen aus dem POPRC Prozess mit der letztendlichen Listung durch die COP

Neue POPs (Listung und Anhang)	Spezifische Ausnahme und akzeptabler Zweck	Vorschlag POPRC (Referenz Anhang F Entscheidungsdokument)	Entscheidung COP (Referenz Entscheidung COP Dokument)
Lindan (2009, A)	Verwendung: Humanarzneimittel zur Kopflaus- und Krätze-Behandlung als Zweitlinientherapie (Ausgelaufen)	Es wurde in Anhang F keine Ausnahme für die COP vorgeschlagen (Decision POPRC-3/4). Jedoch war die spätere Ausnahme in der Evaluierung des Risikomanagements erwähnt worden.	Entscheidung in der COP mit der auf der COP geforderten spezifischen Ausnahme. Decision SC-4/15 (UNEP, 2009b)
PFOS (2009, B)	Zahlreiche Anwendungen, spezifische Ausnahmen und akzeptablen Zwecke; siehe Abschnitt 3.3.3.2	Es wurden in Anhang F keine konkreten Ausnahmen für die COP vorgeschlagen. Vielmehr wurde diskutiert, ob PFOS in Anhang A oder in Anhang B gelistet werden sollte. Als Empfehlung wurde die Listung in entweder Anhang A oder B gegeben.	Listung in Anhang B mit spezifischen Ausnahmen und akzeptablen Zwecken für verschiedene Anwendungen (siehe Steckbrief PFOS und aktueller Stand der Gültigkeit der gesetzten Fristen), da es zum Zeitpunkt der Listung keine Alternativen für zahlreiche Anwendungen gab ^{a)} . UNEP/POPS/COP.4/38 (UNEP, 2009d)
Hexa/HeptaB DE und Tetra/PentaB DE (2009, A)	Regelungen für Produkte und Erzeugnisse nach Maßgabe von Teil V des Anhang A (nur Recyclingprodukte)	Es wurde in Anhang F (Decision POPRC-3/1 und POPRC-4/1) keine Ausnahme für die COP vorgeschlagen.	Entscheidung in der COP mit spezifischer Ausnahme. Anhand des COP 4 Reports lässt sich keine klare Argumentation für die Ausnahme bei Recyclingprodukten ableiten. UNEP/POPS/COP.4/38 (UNEP, 2009d)
Endosulfan (2011, A)	Produktion für registrierte Parteien Verwendung: Viele Kulturen und Schädlingen nach Maßgabe von Teil VI des Anhang A	Anhang-F-Vorschlag mit spezifischen Ausnahmen (ohne konkrete Nennung, da bis zur COP noch weitere Informationen zu Alternativen und deren Performance gesammelt wurden).	Entscheidung in der COP mit einer Reihe spezifischer Ausnahme. Für die Entscheidung wurde Bezug auf das Risikoprofil (Anhang E) genommen. Decision SC-5/3 (UNEP, 2011)
HBCD (2013, A)	Produktion: für die registrierten Parteien Verwendung: in EPS und XPS im Bausektor	Anhang-F-Vorschlag mit spezifischer Ausnahme in EPS und XPS im Bausektor	Entscheidung in der COP mit spezifischer Ausnahme. Weitgehende Übereinstimmung mit Anhang-F-Vorschlag. Decision SC-6/13 (UNEP, 2013)

Neue POPs (Listung und Anhang)	Spezifische Ausnahme und akzeptabler Zweck	Vorschlag POPRC (Referenz Anhang F Entscheidungsdokument)	Entscheidung COP (Referenz Entscheidung COP Dokument)
PCN (2015, A&C)	Produktion: Zwischenprodukt bei der Herstellung von Oktafluornaphthalin Verwendung: Herstellung von Oktafluornaphthalin	Es wurde in Anhang F (Decision POPRC-9/1) keine Ausnahme für die COP vorgeschlagen.	Entscheidung in der COP mit spezifischen Ausnahmen als Zwischenprodukt für die Produktion von fluorierten Naphthalinen, auf Antrag von Russland. Decision SC-7/14 (UNEP, 2015c)
PCP und seine Salze und Ester (2015, A)	Produktion für registrierte Parteien; Verwendung zur Behandlung von Strommasten und deren Querbalken	Anhang-F-Vorschlag mit spezifischen Ausnahmen. In der Evaluierung des Risikomanagements sind noch weitere Vorschläge aufgelistet, um Ausnahmen zu definieren (siehe NEP/POPS/POPRC.10/10/Ad d.1 Schlussbemerkung, Seite 31 ff.)	Entscheidung in der COP mit spezifischen Ausnahmen für Strommasten und deren Querbalken, somit keine zusätzliche Ausnahme auf der COP beantragt. Decision SC-7/13 (UNEP, 2015b)
SCCP (2017, A)	Zahlreiche Ausnahmen siehe Daten zu SCCP im Anhangband, Abschnitt 2.1.11	Anhang-F-Vorschlag (Decision POPRC-12/3) ohne konkreten Vorschlag zu Ausnahmen	Entscheidung in der COP mit zahlreichen spezifischen Ausnahmen. Decision SC-8/11 (UNEP, 2017c)
DekaBDE (2017, A)	Produktion für registrierte Parteien; mit zahlreichen Ausnahmen, siehe Anhangband, Abschnitt 2.1.5	Anhang-F-Vorschlag mit wenigen, sehr spezifischen Ausnahmen in der Autoindustrie.	Zahlreiche weitere spezifische Ausnahmen wurden über den Vorschlag des POPRC hinaus von verschiedenen Parteien beantragt und genehmigt. Decision SC-8/10 (UNEP, 2017b)
PFOA (2019, A)	Zahlreiche Anwendungen, siehe Anhangband, Abschnitt 2.1.13	Anhang-F-Vorschlag (Decision POPRC-14/2) mit klar definierten spezifischen Ausnahmen.	Die empfohlenen spezifischen Ausnahmen wurden auf der COP-9 noch einmal auf Antrag von Iran mit der Produktion von Fluorpolymeren stark erweitert. UNEP/POPS/COP.9/30 (UNEP, 2019j)

a) (BRS Sekretariat, o. J.-b)

3.6.3 Gründe für die nachträgliche Listung von Ausnahmen und Ansatzpunkte für eine mögliche Verbesserung

Im POPRC-Prozess werden beim Risikomanagement die Anwendungen in Bezug auf eine etwaige Notwendigkeit von spezifischen Ausnahmen und akzeptable Zwecke untersucht und basierend darauf Empfehlungen für die Listung gegeben. Auf der Vertragsstaatenkonferenz werden meist weitere Ausnahmen beantragt und genehmigt, die vor dem Hintergrund der Empfehlungen zunächst nicht immer berechtigt erscheinen. Gründe dafür und Implikationen werden im Folgenden diskutiert.

Ein bedeutsamer Grund, dass sehr viele zusätzliche Ausnahmen erst auf der COP gelistet werden, besteht darin, dass nur 31 ernannte Vertreter von Vertragsparteien aus den

verschiedenen UN-Regionen als Mitglieder im POPRC vertreten sind.³⁰ Somit nehmen die meisten Vertragsparteien nicht direkt am POPRC Meeting teil und beteiligen sich nicht direkt an dem Prozess. Es nehmen zwar zusätzlich auch mehrere weitere Vertragsparteien als Beobachter teil. Diese Beobachter kommen jedoch fast ausschließlich aus Industrienationen und den BRICS-Staaten, die sich die Teilnahme (Anreise und Hotel) auch auf eigene Kosten bzw. Kosten des jeweiligen Landes leisten können

Die nicht selbst teilnehmenden Vertragsstaaten haben dennoch verschiedene Möglichkeiten sich in den POPRC-Prozess einzubringen. Zum einen stammen die oben genannten 31 Vertreter aus den verschiedenen UN-Regionen. Dadurch soll gewährleistet werden, dass die Situation aller Regionen in den Entscheidungen berücksichtigt wird. Parteien in diesen Regionen, die zu der Zeit keinen Vertreter im POPRC haben, können ihre Kommentare und Wünsche über die Vertreter der Region in das POPRC einbringen.

Desweiteren haben alle Vertragsparteien und andere Beobachter bereits mehrere Wochen vor dem Treffen freien Zugang zu allen POPRC Dokumenten. Sie können so auch zum Risikomanagement ihre Kommentare zum Dokument und gegebenenfalls ihre Forderungen nach Ausnahmen einreichen. Allerdings wird über die Details der Ausnahmen vornehmlich auf dem letzten POPRC-Treffen gesprochen, bei dem Anhang F angenommen und die Empfehlung an die COP formuliert wird. Es war bisher also kaum möglich, auf diesen Prozess als ein Nicht-Teilnehmer direkt Einfluss zu nehmen. Theoretisch könnten zwar die Vertreter der Region im POPRC während des Treffens mit anderen Vertragsparteien in Kontakt treten und sich austauschen, ähnlich wie in den Vertragsstaatenkonferenzen. Dies war in der Realität jedoch unter den bisherigen Rahmenbedingungen kaum möglich. Nachdem allerdings im Jahr 2021 das ganze POPRC-Treffen online durchgeführt wurde, könnten in diesem neuen Rahmen die Diskussion und die Evaluierung von Ausnahmen im POPRC mit breiterer Beteiligung rechtzeitig durchgeführt werden. Ungeachtet dessen ist es jedoch oft sehr zeitintensiv, wenn in einem Land mit den jeweiligen Stakeholdern ein etwaiges Verbot zu diskutieren ist. Dazu hat die Befassung mit noch nicht gelisteten POPs in den meisten Entwicklungsländern keine hohe Priorität, da schon die Implementierung der aktuell gelisteten POPs die Kapazitäten der verantwortlichen Mitarbeiter oft überfordert (siehe unten).

Ein weiterer Ansatz, um eine hohe Zahl von gelisteten Ausnahmen zu vermeiden, könnte darin bestehen, die Forderungen nach weiteren Ausnahmen auf der Vertragsstaatenkonferenz zu begrenzen. Dies erscheint allerdings schwieriger. Zum einen ist die Zeit für eine Diskussion zur Listung von Alternativen auf einer COP sehr begrenzt. Es wird daher auf einer COP nach Möglichkeit nicht konfrontativ diskutiert, sodass es bei einem bestehenden Dissens in Bezug auf Ausnahmen dann womöglich überhaupt nicht zu einer Abstimmung über eine Substanz kommen würde. Man könnte zwar möglicherweise stärker in Kontaktgruppen zu Ausnahmen diskutieren, wie es teilweise auch schon geschehen ist. Allerdings haben Delegationen in der COP teils auch Weisungen ihrer Regierungen zu befolgen und zu vertreten, die nicht kurzfristig auf Basis einer Sachdiskussion, während der COP abgeändert werden können.

Von daher muss man wohl auch in Zukunft mit zusätzlichen Forderungen nach weiteren Ausnahmen auf der COP rechnen und den Prozess so akzeptieren, wenn ein vorgeschlagener Stoff in die Konvention aufgenommen werden soll. Eine zeitliche Befristung von Ausnahmen hilft bei der Beendigung der Produktion in absehbarer Zeit. Eine Diskussion auf breiterer Basis im POPRC durch ein Online- oder ein hybrides Format könnte aber möglicherweise in Zukunft die Zahl der Forderungen reduzieren.

³⁰ Das POPs Review Komitee besteht aus 31 von den Regierungen benannten Experten aus den folgenden Regionen. Afrikanische Staaten: 8; Asiatische und pazifische Staaten: 8; Mittel- und osteuropäische Staaten: 3; Lateinamerikanische und karibische Staaten: 5; westeuropäische und andere Staaten: 7.

3.6.4 Chancen durch die Listung von Ausnahmen und die Zusammenstellung der Alternativen

Hintergrund

Die Evaluierung von Alternativen zur Verwendung von POPs und die Auswahl der danach besten Alternativen für die jeweiligen Anwendungen eröffnet eine große Chance, sicherere und nachhaltigere Chemikalien global über einen Selektionsprozess in die praktische Anwendung zu bringen. Hierfür ist es hilfreich, bei den Empfehlungen auf Konzepte wie die der Grünen Chemie und der Nachhaltigen Chemie sowie auf die damit bereits gemachten Erfahrungen Bezug zu nehmen.

Die sehr umfangreichen Listen von Ausnahmen bei einer Reihe von POPs bieten somit die Möglichkeit, für viele Anwendungen international nachhaltigere Alternativen zu empfehlen.

Durch den gesamten Prozess der Listung von Ausnahmen, der Zusammenstellung und schließlich der Auswahl der Alternativen können einerseits Umweltbehörden, andererseits aber auch Anwender von Chemikalien global mit Informationen zu besseren Alternativen versorgt werden (siehe Abschnitt 3.6.5). Hierbei ist es sehr wichtig, das Thema der Bewertung von Alternativen und der hier anzuwendenden Methoden und Werkzeuge angemessen zu kommunizieren. Es ist erforderlich, globale Bildungsmaßnahmen zu initiieren, damit ein gewisser Bildungsstand oder zumindest Bekanntheit für das *Alternative Assessment* entwickelt wird. Entsprechende Ansätze sind bereits 2014 von Roland Weber in der Publikation *POPs in Articles and Phasing-Out Opportunities* dargestellt und zusammengestellt worden. Diese Veröffentlichung wurde in Kooperation mit dem BRS-Sekretariat und dem chinesischen regionalen Stockholm/Basel-Center für Asien und dem pazifischen Raum erstellt (Weber et al., 2014).

Die Praxis der Zusammenstellung von Alternativen für die Ausnahmen in der Konvention

In der Sozioökonomischen Untersuchung und Bewertung im POPRC (Anhang F) werden auch Informationen zu Alternativen zu der jeweiligen untersuchten Substanz zusammengestellt. Dies geschah für unterschiedliche POPs je nach aktueller Verwendung unterschiedlich intensiv und detailliert. Zusätzlich wurden diese Informationen und ggf. neue und zusätzliche Informationen zu Alternativen zu POPs, welche mit Ausnahmen in der Konvention gelistet wurden, in Leitfäden für die Inventarisierung oder in Leitfäden für die beste verfügbare Technik als eigenes Kapitel integriert (siehe unten). Für die 2017 gelisteten POPs wurde sogar ein eigenständiger kurzer Leitfaden zu Alternativen für die gelisteten Ausnahmen zusammengestellt. Eine Übersicht dazu wird im folgenden Unterkapitel dargestellt. In derartigen Dokumenten und Leitfäden können (in Zukunft) global gute oder die besten sichereren und nachhaltigeren Alternativen für mit Ausnahmen gelistete POPs zusammengestellt werden, um den globalen Substitutionsprozess zu unterstützen. Dies ist ein wichtiger Beitrag, um die derzeit vorherrschende Verwendung ebenfalls problematischer Ersatzstoffe (*regrettable substitutes*) in Zukunft einzudämmen (Fantke et al., 2015).

3.6.4.1 Stoffbezogene Informationen zu Alternativen

3.6.4.1.1 PFOS: Zusammenstellung von Alternativen in der Konvention

Während der POPRC-Evaluierung wurde schnell klar, dass für die Produktion und Verwendung von PFOS in Entwicklungsländern aber auch in Industrieländern eine Reihe von Ausnahmen gebraucht werden würden. Deswegen wurde für PFOS ein eigener Prozess im POPRC initiiert, um Alternativen für die verschiedenen PFOS-Verwendungen zusammenzustellen. Dies wurde als Auftragsarbeit vergeben. Die erste Zusammenstellung von PFOS-Alternativen wurde 2010 vom POPRC publiziert (UNEP, 2014a). Da Alternativen typischerweise erst entwickelt werden

müssen und daneben auch die unbefristeten akzeptierten Verwendungen regelmäßig überprüft werden müssen, wurde dieses Dokument mehrfach überarbeitet und aktualisiert (UNEP, 2014b, 2018a, 2018b).

3.6.4.1.2 Endosulfan: Zusammenstellung von Alternativen in der Konvention

Im POPRC wurden Informationen zu chemischen (UNEP, 2012c) sowie zu nicht-chemischen (UNEP, 2012a) Alternativen zu Endosulfan zusammengestellt. In diesem Prozess wurde auch ein erstes Screening durchgeführt, ob und ggf. welche dieser potentiellen Alternativen die PBT-Kriterien des Anhang D erfüllen. Dabei wurde eine Alternative identifiziert, die alle Anhang-D-Kriterien erfüllte (Dicofol) sowie mehrere Alternativen, die auch die POP Kriterien erfüllten, wo aber die verfügbaren Daten Lücken aufwiesen (Bifenthrin, Chlorpyrifos, Flufenoxuron, Lufenuron, Pyridalyl, Pyridaben, Chlorfluazuron, Tolfenpyrad und Prothiofos). Dicofol wurde inzwischen evaluiert und selbst als POP gelistet (Anhangband, Abschnitt 2.1.12). Als eine Folge dieser Aktivitäten beauftragte das Unternehmen Dow AgroSciences, LLP (USA) sehr renommierte Forscher (Prof. John P Giesy; Prof. Keith R Solomon; Prof. Don Mackay) mit einem Review zu Untersuchungen, ob Chlorpyrifos ein POP ist (Giesy et al., 2014). Hier ist weiterhin erwähnenswert, dass die EU/ECHA aktuell für Chlorpyrifos ein Anhang-D-Dokument erstellt hat, um es in den POPRC-Prozess einzubringen und ggf. Chlorpyrifos als POP zu listen (ECHA, 2020a).

Für Endosulfan wurde kein eigenständiges Dokument zu Alternativen vom Sekretariat der Stockholm-Konvention publiziert, da im POPRC-Prozess schon die oben genannten zwei ausführlichen INF-Dokumente mit Informationen und einem Überblick zu den chemischen und nicht chemischen Alternativen von Endosulfan zusammengestellt worden waren.

3.6.4.1.3 HBCD: Zusammenstellung von Alternativen in der Konvention

Alternativen zu HBCD wurden nur im Rahmen der Anhang-F-Untersuchungen zusammengestellt. Es wurde dennoch für HBCD im POPRC kein eigenständiges Dokument zu Alternativen erstellt.

Jedoch wurde zusätzlich bei der Erstellung der Leitlinie für die Inventarisierung von HBCD ein eigenständiges Kapitel über Alternativen zu HBCD mit aufgenommen (UNEP, 2019i). In den folgenden Jahren wurde diskutiert, ob die Leitlinie für die Inventarisierung das geeignete Dokument für die Zusammenstellung der Alternativen sei, oder ob nicht die Leitlinien für die beste verfügbare Technik (BAT/BEP) der bessere Ort für ein Kapitel zu Alternativen wären. Letztlich wurde im BRS-Sekretariat der BAT/BEP-Leitfaden als das geeignetere Dokument erachtet. Daher wurde das Kapitel zu Alternativen in die BAT/BEP-Leitlinie für HBCD aufgenommen und in der Leitlinie für die Inventarisierung von HBCD gelöscht. 2019 wurde dann ein eigener Leitfaden für Alternativen zu HBCD publiziert (UNEP, 2019e).

3.6.4.1.4 SCCP: Zusammenstellung von Alternativen in der Konvention

Für SCCP wurde bei der Listung auf der Vertragsstaatenkonferenz (COP8) für praktisch alle wichtigen Anwendungen Ausnahmen beantragt und genehmigt. Deshalb wurden 2018/2019 auch Informationen über Alternativen zu SCCP in den ausgenommenen Anwendungen zusammengestellt. Zum ersten Mal ist hier 2019 vom BRS-Sekretariat ein eigenständiger Leitfaden zu Alternativen entwickelt und publiziert worden (UNEP, 2019i).

DecaBDE: Zusammenstellung von Alternativen in der Konvention

Auch für DecaBDE wurden 2018/2019 Informationen zu Alternativen in den ausgenommenen Anwendungen zusammengestellt und vom BRS-Sekretariat zum ersten Mal als ein eigenständiges Leitliniendokument zu Alternativen entwickelt und publiziert (UNEP, 2019h).

3.6.4.2 Welche Ausnahmen sollen bei der Zusammenstellung von Alternativen berücksichtigt werden

Bei der Zusammenstellung von Alternativen stellt sich die Frage, ob in den Leitfäden nur solche für die aktuell gelisteten Ausnahmen dargestellt werden sollen, oder ob auch alle Alternativen zu den ursprünglich gelisteten Ausnahmen vollständig enthalten bleiben sollen. Es gibt hier gute Gründe, alle ursprünglich gelisteten Ausnahmen in den Leitfäden zu behandeln:

- ▶ Sich auf Artikel 25(4) berufende Parteien wie Indien können bei Nachratifizierung (siehe Abschnitt 3.4) wieder alle ursprünglichen spezifischen Ausnahmen und akzeptierten Verwendungen in Anspruch nehmen.
- ▶ Je mehr Verwendungen im Leitfaden enthalten bleiben, desto umfassender können Vorschläge für nachhaltige Alternativen und die Evaluierungen von Alternativen zusammengestellt werden.
- ▶ Über die Jahre werden neue und gegebenenfalls bessere Alternativen entwickelt. Diese können dann einfach in die Leitlinien mit aufgenommen und so global kommuniziert werden.

3.6.5 Fazit: Chancen einer Listung mit vielen Alternativen

Auch wenn Ausnahmen unter der Stockholm-Konvention einerseits bedeuten, dass die betreffenden POPs länger produziert und verwendet werden, existiert andererseits auch ein positiver Effekt durch Listung einer großen Anzahl von Ausnahmen.

3.6.5.1 Evaluierung der Alternativen und die Wahl grüner und nachhaltiger Alternativen

Eine Listung von vielen Ausnahmen bedingt, dass für diese Alternativen betrachtet und evaluiert werden müssen. Die so entstehenden Dokumente und Leitfäden mit Alternativen zu POPs mit gelisteten Ausnahmen eröffnen eine Möglichkeit, sicherere und nachhaltigere Alternativen zu diesen POPs global bekannt zu machen. Bisher werden dabei die Alternativen noch nicht bewertet, sondern lediglich zusammengestellt. Eine fachlich fundierte Bewertung der Alternativen wäre insofern ein interessanter nächster Schritt und absehbar ein sehr wichtiges Mittel, die derzeit sehr häufige Verwendung von problematischen Ersatzstoffen (*regrettable substitutions*) zu verringern und stattdessen einen tatsächlich besseren globalen Substitutionsprozess zu unterstützen (Fantke et al., 2015). Diese Aktivitäten könnten mit den Vorhaben des Umweltbundesamtes und ggf. des ISC3 zu Förderung der Nachhaltigen Chemie verknüpft werden.

Die Publikation *POPs in Articles and Phasing-Out Opportunities* (Weber et al., 2014) gab bereits 2014 die Empfehlung, dass die Konzepte der Grünen Chemie und der Nachhaltigen Chemie bei der Evaluierung von Alternativen von POPs eine zentrale Rolle spielen sollten. Das regionale Stockholm/Basel-Center für Asien und den pazifischen Raum in Peking hat mit den kompletten Inhalten dieser Publikation eine Webseite erstellt. Diese Webseite war 5 Jahre im Netz, wurde dann allerdings 2019 inaktiviert, da die 2015, 2017 und 2019 gelisteten POPs nicht enthalten waren und die Webseite damit veraltet war.

Zudem enthält die Publikation *POPs in Articles and Phasing-Out Opportunities* unter anderem ein eigenes Kapitel zu Methoden für die Bewertung von Alternativen. In den Vertragsstaaten ist ein gezielter Kapazitätsaufbau für solche Bewertungen erforderlich. Hierbei können Synergien zu Materialien und Arbeiten des IOMC sowie aus der Publikation des Umweltbundesamtes zum Konzept der Nachhaltigen Chemie genutzt werden (Blum, Bunke et al. 2017). Die praktische

Arbeit an Alternativen zu POPs wäre ein sehr sinnvoller Schwerpunkt für zukünftige Aktivitäten beim weiteren internationalen Kapazitätsaufbau im Rahmen der Implementierung der Stockholm-Konvention und der Arbeit des IOMC (siehe Abschnitt 3.8.6).

3.6.5.2 Chance für eine Gruppierung von Chemikalien bei der globalen Substitution von POPs

Die Bewertung von Alternativen ermöglicht es, durch Anwendung von Gruppierungs-Methoden nachhaltigere Lösungen nicht nur für Einzelstoffe, sondern auch für ganze Gruppen miteinander verwandter problematischer Stoffe voran zu bringen. Dies erfolgt vor dem Hintergrund, dass man bei den Alternativen, die Vertreter derselben Gruppe kritisch evaluieren kann.

Mittlerweile sind mit PFOS, PFOA und PFHxS die wichtigen bekannten stark bioakkumulierenden PFAS gelistet. Diese decken zusammen mit ihren verwandten Vorläuferverbindungen einen großen Teil der PFAS-Anwendungen ab. Durch Nutzung der Synergie mit der Herangehensweise von SAICM (siehe Abschnitt 3.8.5), in der PFAS als *Issue of concern* angesehen werden, könnten PFAS als Gruppe miteinander verwandter problematischer Stoffe thematisiert werden, ähnlich wie in der EU-Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit (European Commission, 2020, o. J.).

Regulatorisch fällt es mit der aktuell weltweit üblichen Herangehensweise der Evaluierung von Einzelsubstanzen schwer, ganze Chemikaliengruppen konsistent zu regulieren. In dieser Situation bietet der Schritt der Bewertung von Alternativen die Chance, systematisch die PFAS gruppenweise in denjenigen Anwendungen von PFOS/PFOA/PFHxS zu substituieren, wo es entsprechend nachhaltigere Alternativen gibt. Dabei wären auch die essenziellen Verwendungen (Cousins, Goldenman, et al., 2019) global zu thematisieren.

Eine vergleichbare Situation besteht für DecaBDE und die wichtigen Anwendungsgebiete als Flammschutzmittel: DecaBDE wurde gelistet mit Ausnahmen für Textilien, Plastik in Elektronik, Plastik in Automobilen und Isolierschaum im Bau. Bei der Substitution könnte hier direkt die ganze Gruppe der bromierten oder halogenierten Flammschutzmittel evaluiert werden, u.a. im Hinblick auf die mögliche starke Erhöhung der Toxizität von Brandrückständen durch bromierte Flammschutzmittel (Stec, 2017; McKenna et al., 2018). In diesem Zusammenhang wären auch Aspekte der Lebenszyklusbewertung der flammgeschützten Produkte zu berücksichtigen (Shaw et al., 2010; Charbonnet et al., 2020).

3.6.5.3 Inventarisierung und Implementierung in den Ländern

Für die POPs in Produkten und im Gebrauch sind Inventare für den gesamten Lebenszyklus zu erstellen. Hierbei könnten die Vertragsparteien in den jeweiligen Bereichen auch die verschiedenen verwendeten Alternativen mit inventarisieren und evaluieren.

Bei der Inventarisierung sollen auch die Abfallbehandlung und das Recycling betrachtet werden. Dadurch könnte insbesondere auch für Entwicklungsländer nachvollziehbar gemacht werden, welche Probleme durch POPs in Produkten beim Recycling (Hahladakis et al., 2018), der offenen Verbrennung (Lemieux et al., 2004) oder der Deponierung (Weber et al., 2011) entstehen. Aufgrund der dort limitierten Abfallbehandlungsmöglichkeiten sind diese Stoffe mittelfristig nicht sicher zu handhaben und sollten schon allein deshalb substituiert werden (dies gilt auch für die Gruppe der PFAS). Gesellschaftlich erforderliche Verwendungen (*Essential Uses*) von POPs, die dort nicht substituiert werden können, brauchen in diesen Ländern einen gesetzlichen Rahmen der erweiterten Produktverantwortung (EPR), der erst entwickelt und dann implementiert werden muss.

3.6.5.4 Nationale Implementierungspläne: Chancen zur Förderung der Bewertung von Alternativen und der Konzepte der Grünen/Nachhaltigen Chemie

Vertragsparteien müssen nach Artikel 7 einen nationalen Durchführungsplan zur Umsetzung der Entscheidungen unter der Konvention erstellen. Jede Vertragspartei, die ein POP verwendet und/oder herstellt, muss dafür einen Aktionsplan entwickeln und implementieren. In den jeweiligen Aktionsplänen sollte als Aktivität die Bewertung von Alternativen enthalten sein. Hier ist auf die Verwendung von sichereren und nachhaltigeren Chemikalien zu verweisen. Im Rahmen der Unterstützung bei der Entwicklung von NIPs können hier z.B. in Workshops Entwürfe von Aktionsplänen erarbeitet werden, die solche Elemente enthalten. Dieser Ansatz wurde schon einige Male im Rahmen des Kapazitätssaufbaus verfolgt, um Länder bei der Entwicklung ihrer NIPs und Aktionspläne zu unterstützen.³¹

3.7 Schwierigkeiten (Bottlenecks) bei der Listung von POPs, der Implementierung der Beschlüsse und die Gefahr einer Überforderung der Entwicklungsländer

Prinzipiell sind derzeit sehr viele Substanzen in Produktion und Verwendung, die ihren Eigenschaften nach potentielle POPs darstellen (Scheringer et al., 2012) und folglich im POPRC evaluiert und ggf. gelistet werden sollten. Welche Schwierigkeiten bewirken, dass die Zahl der gelisteten POPs derzeit im Vergleich gering ist?

Die in diesem Projekt durchgeführten Analysen zeigen, dass die Limitierungen der Stockholm-Konvention bisher nicht in der Bewertung der POPs im relativ gut funktionierenden POPRC-Prozess und auch nicht in der Listung durch die Vertragsstaatenversammlung liegen.

Das eigentliche Problem im Hinblick auf die Eliminierung möglichst vieler potentieller POPs aus den Produktions- und Verwendungsprozessen ist die praktische Implementierung von Verbotsbeschlüssen in Entwicklungsländern. Diese geraten schon bei der aktuellen Listung der POPs mit ihren Kapazitäten, ihren finanziellen Mitteln und auch schon bei der Antragstellung an die Global Environment Facility (GEF) zur finanziellen Unterstützung an ihre Grenzen (Weber et al., 2018). Dies ist eine Gefahr für eine ordnungsgemäße Implementierung der Konvention und wird in den folgenden Abschnitten analysiert, um daraus auch Empfehlungen für Verbesserungen abzuleiten.

3.7.1 Limitierte Zahl der vorschlagenden Vertragsparteien und insgesamt geringe Anzahl von Vorschlägen für neue POPs

Anzahl der POPs, die im Gebrauch sind

Ausgehend von den Ergebnissen einer vom Umweltbundesamt finanzierten Untersuchung (Blepp et al., 2012)³² gibt es 570 bis 900 mögliche POP-Kandidaten (Scheringer et al. 2012). Hierzu zählen auch Gruppen strukturell verwandter Stoffe, die sehr viele Einzelstoffe umfassen können. So sind z.B. für die Gruppe der PFAS 5.264 definierte Einzelstrukturen (mit insgesamt 6.330 CAS-Nummern) beschrieben. Alle diese Verbindungen sind persistent oder enthalten persistente Abbauprodukte. Vor diesem Hintergrund ist die Zahl der 30 bisher gelisteten POPs bzw. POP-Gruppen eher niedrig.

³¹ siehe z.B. Nationale Durchführungspläne von Ghana (2019), Myanmar (2020); Pakistan (2019) Sudan (2014) oder Surinam (2019).

³² Es wurde eine Strategie zur Identifizierung potenzieller POP-Kandidaten entwickelt und 10 POPs für eine mögliche Nominierung vorgeschlagen. Folgende drei POP-Kandidaten wurden dabei priorisiert: 1-Iodo-1H,1H,2H,2H-perfluorodecane (CAS-Nr.: 2043-53-0) und -octan (CAS-Nr.: 204357-4) sowie Perfluortributylamin (CAS-Nr.: 311-89-7).

Begrenzte Anzahl von Vertragsstaaten, die Vorschläge für die Listung von POPs einreichen

Nach Artikel 8(1) der Stockholm-Konvention haben alle 184 Vertragsparteien das Recht, neue POPs vorzuschlagen. Ein solcher Vorschlag an das BRS-Sekretariat zur Aufnahme einer Chemikalie in die Anlagen A, B und/oder C muss die in Anlage D angegebenen Informationen enthalten. Bei der Erarbeitung eines Vorschlags kann eine Vertragspartei von anderen Vertragsparteien und/oder dem Sekretariat unterstützt werden. Jedoch macht nur eine sehr begrenzte Anzahl von Vertragsstaaten von diesem Vorschlagsrecht Gebrauch. Insgesamt haben bis 2020 nur 5 Vertragsstaaten POP-Kandidaten für die Stockholm-Konvention und den POPRC-Prozess vorgeschlagen. Von den 18 POPs wurden 11 von der EU, 3 von Norwegen, 3 von Mexiko (HCH-Isomere), jeweils eines von Schweden und der Schweiz vorgeschlagen (Tabelle 11). 2021 kamen noch zwei Vertragsstaaten mit neuen Vorschlägen für eine POP-Listung dazu, das Vereinigte Königreich mit den mittelkettigen Chlorparaffinen (MCCP) (UNEP, 2021b) und Kanada mit den langkettigen Perfluoroalkylsäuren (PFCAs; $C_nF_{2n+1}COOH$ (mit $8 \leq n \leq 20$)) (UNEP, 2021c). Damit haben nun 7 Vertragsstaaten POPs nominiert, mit Mexiko als einzigem Entwicklungsland.

Ein Grund, warum Entwicklungsländer kaum Vorschläge für die Listung von POPs machen, ist die damit verbundene Verpflichtung, den Listungsprozess im Verlauf weiter zu unterstützen. Dies ist für Entwicklungsländer kaum leistbar.

Ein zweiter Grund ist, dass viele Entwicklungsländer nicht mehr POPs in der Konvention gelistet sehen wollen. Sie sind oft schon jetzt bei der Entwicklung von Inventaren und vor allem bei Aktivitäten für das Management von POPs überfordert.

Bei der Entwicklung der nationalen Implementierungspläne und der Implementierung der Konvention müssen folglich die Entwicklungsländer besser unterstützt werden. Dies gilt vor allem für die industriell verwendeten fluorierten, bromierten und chlorierten POPs. Hier müssen technische Kapazitäten aufgebaut werden, angefangen von der Analytik von Produkten und Abfällen über das Recycling bis hin zur Entsorgung der POPs, für die ja gemäß den Regelungen der Konvention eine Zerstörung gefordert ist (Weber et al., 2018), siehe dazu weiterhin Abschnitt 3.7.2)

Wenn man die Hürde einer relativ geringen Zahl von Vorschlägen überwinden könnte und bedeutend mehr POPs vorgeschlagen würden, könnte allerdings unter Umständen der POPRC-Prozess überfordert werden. Man könnte dies jedoch im aktuellen Verfahrensverlauf frühzeitig erkennen und könnte dann ggf. durch Änderungen im Prozess auch gegensteuern.

3.7.2 Schwierigkeiten bei der Implementierung der Konvention und schwindendes Interesse der Entwicklungsländer an weiteren POP-Listungen

Der Erfolg der Stockholm-Konvention hängt neben der Listung relevanter POPs vor allem auch von der Implementierung der Konvention in den Entwicklungs- und Schwellenländern ab. Bei der Listung von POPs sollte folglich auch die Geschwindigkeit bei der Implementierung nicht außer Acht gelassen werden. Vor allem sollten die Industrieländer praktikable und transparente Wege aufzeigen, die aktuell gelisteten POPs zu regulieren, zu inventarisieren, zu messen und zu entsorgen. Dies ist in den NIPs zu dokumentieren, in denen auch auf ggf. existierende Schwierigkeiten verwiesen werden sollte.

Schwierigkeiten bei der Inventarisierung von POPs

Die Stockholm-Konvention fordert in Artikel 6(1), Strategien zu entwickeln, um POPs in Beständen und Abfällen zu identifizieren und dann – soweit möglich und praktikabel – die POPs auch zu eliminieren. Die Stockholm-Konvention hat für die einzelnen industriellen POPs Leitfäden entwickelt, um die Vertragsparteien in dieser Aufgabe unterstützen. Ein Inventar ist

erforderlich, um die Lagerbestände von POPs und die Menge POP-haltiger Abfälle abzuschätzen und um ein vernünftiges Management dieser Stoffe überhaupt zu ermöglichen. Insbesondere geht es darum, POPs aus Recyclingkreisläufen auszuschleusen und aus der Kreislaufwirtschaft herauszuhalten.

Entwicklungsländer haben große Probleme bei der Entwicklung von POP-Inventaren (Weber et al., 2018). Dies betrifft allerdings nicht nur sie – auch Industrieländer haben oft Schwierigkeiten bei der Inventarisierung von industriellen POPs. Ein F&E-Projekt für das Umweltbundesamt (Weber, Hollert, et al., 2015) hat gezeigt, dass Deutschland, wie die meisten Industriestaaten, PCB in offenen Anwendungen nicht bzw. schlecht inventarisiert hat. Dies, obwohl sich noch eine relevante Menge (geschätzt 12.000 bis 18.000 t im Jahr 2013) in Produkten aus solchen Anwendungen befindet und daraus jährlich 7 bis 12 t (Weber, Hollert, et al., 2015, Anhang 2), nach anderen Schätzungen 5.4 bis 15.7 t (Zimmermann et al., 2019) allein durch Desorption emittiert werden, mit damit verbundener Belastung von Umwelt und Nutztieren. Weltweit hat bislang nur Schweden ein nationales robustes Inventar für PCB in Gebäuden erstellt, als eine wesentliche Voraussetzung für ein adäquates Management von PCB in Fugendichtungen und Farben.

SCCP/CP haben PCB in vielen der offenen Anwendungen in den letzten 50 Jahren ersetzt. Sie werden vor allem in den schwierig zu inventarisierenden offenen Anwendungen (Fugendichtung, Polymere/PVC, Farben, Klebstoffen) verwendet. SCCP sind die aktuell in größten Mengen produzierten POPs. Es werden hauptsächlich durch China, das immer noch fast ausschließlich Mischungen von CPs herstellt, seit mehreren Jahren jährlich 1 Million Tonnen CP mit einem Gehalt von 20 bis 60 % SCCP in den Umlauf und in Millionen von Tonnen Produkten gebracht (UNEP, 2019i; Guida et al., 2020). In Deutschland werden SCCP in Abfall oder Gebäuden bisher nicht systematisch untersucht oder inventarisiert. Dies wäre jedoch im Hinblick auf die Implementierung der Stockholm-Konvention und im Sinn einer Kreislaufwirtschaft, die Schadstoffe kontrolliert und ausschleust, geboten. Die Schweiz ist mutmaßlich das erste Land, das nun SCCP in Gebäuden untersucht. In einer kürzlich veröffentlichten Studie des bayrischen LfU werden auch CP als Gebäudeschadstoffe benannt (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2019). In Deutschland wurden durch die POP-Verordnung und zusätzlich von der LAGA Grenzwerte für POP-Abfälle einschließlich SCCP festgelegt (Tabelle 24). Es gibt ISO-Standards für die Bestimmung von SCCP in Leder und Textil (UNEP, 2017d), jedoch zum Beispiel noch keinen ISO/CEN/VDI-Standard für die Analytik von SCCP in Polymeren oder Abfällen. Auch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) hat noch keine solchen Nachweismethoden für SCCP in Plastik/Polymeren, Recyclingprodukten oder Abfall entwickelt,³³ die jedoch als notwendige Grundlage für eine praktische Umsetzung der Stockholm-Konvention und das Management von SCCP erforderlich wären. Zwar hat kürzlich das japanische *National Institut of Environmental Studies* (NIES) eine Methode für die Analyse von SCCP in Plastikabfällen publiziert (Matsukami et al., 2020). Allerdings ist diese Methode bisher noch kein anerkannter und validierter Standard.

Auch für PFOS oder PFOA haben Industrieländer bislang keine robusten Inventare erstellt. In Deutschland wurde in einem F&E-Projekt in einer Studie ohne eigene Analytik ein PFOS- (und PBDE-) Inventar erstellt, das relevante verbleibende Mengen von PFOS vor allem in Teppichen indizierte (Zangl et al., 2012). Es gibt allerdings in noch keinem Land eine solide Untersuchung und Inventarisierung von Teppichen oder Textilien, die mit einem Monitoring untermauert ist, obwohl dies für eine erste Übersicht auch ohne aufwendige Analytik möglich wäre. In Surinam wurden mit dem Wassertropfentest (UNEP, 2017d) Teppiche auf Imprägnierung mit PFAS

³³ Die BAM arbeitet zurzeit an Methoden, wie man PFAS in Abfall untersuchen kann, hat Methoden für PBDEs in Produkten und Abfall entwickelt und wäre somit die geeignetste Institution, diese Aufgabe auch für CPs zu übernehmen.

überprüft und darauf aufbauend ein einfaches Inventar erstellt (Pinas et al., 2020). Neben PFAS gibt es noch eine Reihe von Giftstoffen in Teppichen, die ein Recycling problematisch machen, was bisher primär von Nichtregierungsorganisationen thematisiert wurde (Vallette et al., 2017; Onyshko & Hewlett, 2018).

Ein Problem besteht darin, dass PFOS und PFOA sehr viele Vorläufersubstanzen haben und es keinen validierten ISO- oder CEN-Standard gibt, mit dem auch deren Vorläuferverbindungen umfassend in Produkten wie Teppichen oder Textilien bestimmt werden könnten (UNEP, 2017d). In Europa wurde eine technische Spezifikation für extrahierbares PFOS in Produkten entwickelt (*DIN CEN/TS 15968*, 2010). Diese wurde jedoch bisher nicht validiert und erfasst keine gebundenen PFOS-Vorläuferverbindungen, die den Großteil des PFOS-Gehalts in Teppichen, Textilien, oder Möbeln ausmachen.

Das japanische Umweltministerium hat 2019 ein detailliertes Inventar für PFOS enthaltende Feuerlöschschäume erstellt. Dies berücksichtigt auch schwierig zu inventarisierende Institutionen wie Militäreinrichtungen oder weniger bekannte Reservoirs wie stationäre Systeme in Parkhäusern. Insgesamt fand das Ministerium in diesen Reservoirs 3,4 Millionen Liter PFOS-Schäume mit ca. 18.000 kg PFOS (Government of Japan, 2020; Kudo, 2020). Ein vergleichbares Inventar wurde bisher weder in Deutschland noch in einem anderen europäischen Land entwickelt bzw. veröffentlicht. Es ist auch keine Studie über die Entsorgung von PFOS-Feuerlöschschäumen in Deutschland oder Europa bekannt.

Bisher ist nur von der USA ein systematisches nationales Monitoring für Grundwasser und Trinkwasser auf PFOS/PFOA veröffentlicht worden. Dies hat gezeigt, dass selbst nach den hoch angesetzten EPA *Health Advisory Levels* mehr als 6 Millionen Amerikaner über diesem Zielwert belastet sind (Hu et al., 2016). In einer neuen Studie, deren Autoren 1 ng/L als adäquaten Unbedenklichkeitswert erachten, was auch in etwa dem neuen EFSA-TWI (EFSA CONTAM Panel et al., 2020) entspräche, wären 200 Millionen Amerikaner und 400 Millionen Chinesen über diesem Wert belastet (Andrews & Naidenko, 2020; Liu et al., 2021). Für die meisten Länder gibt es noch kein Inventar von Grundwasser und Trinkwasser.

In Deutschland wurde ein erstes Inventar von PFAS-Verdachtsflächen erstellt. Insgesamt wurden bis 2019 in 8 von 16 Bundesländern 1635 PFAS-Verdachtsflächen entdeckt, es wurden dazu 685 Standorte untersucht und 76 befanden sich zu diesem Zeitpunkt in der Sanierung (Biegel-Engler, 2020).

Für Entwicklungsländer ist eine Inventarisierung der industriellen POPs noch schwieriger als für Industrieländer, da es meist eine schlechtere statistische Erfassung gibt. Auch fehlen für detaillierte Inventare und Untersuchungen in den meisten Entwicklungsländern die Kapazitäten, um industrielle POPs zu analysieren. Dies wäre jedoch für eine Inventarisierung z.B. von Grundwasserbelastungen und Trinkwasserbelastungen mit PFOS/PFOA oder für eine Bewertung des Recyclings von Teppichen oder Textilien erforderlich. Oft gibt es nicht einmal in Sicherheitsdatenblätter die Information, ob ein Feuerlöschschaum PFOS oder PFOA enthält. So wurden bisher meist semi-quantitative Inventare auf Grundlage der Leitfäden zur Stockholm-Konvention erstellt, in denen die Größenordnung von POPs in Gebrauch abgeschätzt wird (Pinas et al., 2020)

Schwierigkeiten beim Management und bei der Zerstörung von POPs und der praktischen Implementierung in Entwicklungsländern

Entwicklungsländer können POPs kaum managen, da ein echtes Abfallmanagement in den meisten dieser Länder nicht existiert. Auch können die meisten Entwicklungsländer POPs und Abfälle, die POPs enthalten, nicht zerstören, da sie keine entsprechenden Anlagen besitzen, die dafür geeignet sind (Weber et al., 2018). Dies ist für POP-Pestizide und PCB gut dokumentiert,

die Altpestizide müssen daher größtenteils für eine Entsorgung zu hohen Kosten (ca. 5000 US\$/t) aus Entwicklungsländern exportiert werden (Weber et al., 2013) und werden zum Teil auch in Deutschland verbrannt.

Die neuen industriellen POPs bereiten ähnliche Schwierigkeiten. Auch diese können in den meisten Entwicklungsländer bisher nicht zerstört werden. Die großen Mengen von POPs enthaltenden Materialien, wie bromierte Flammschutzmittel enthaltendes Plastik in Elektro- und Elektronikschrott und Dämmungen oder PFAS enthaltende Teppiche oder mit PFOS/PFOA kontaminierte Löschwasser oder Böden werden allerdings wegen der hohen Kosten auch in Zukunft nur schwerlich aus Entwicklungsländern für eine Entsorgung exportiert werden können.

Es haben aber selbst Industrieländer Schwierigkeiten bei der Entsorgung von PFAS. Die Projekte zur Entsorgung von PFOS-Schäumen in der USA wurden zum Teil gestoppt, weil um die Verbrennungsanlagen herum PFAS-Belastungen in Böden und Grundwasser gefunden wurden (Lerner, 2020). Weltweit gibt es nur eine, für das japanische Umweltministerium durchgeführte Studie, die die von der Basel-Konvention geforderte Zerstörungseffizienz für PFOS enthaltenden Abfall von 99,999 % (gemessen 99,9998 %) dokumentiert hat. Dabei wurden in einer japanischen Verbrennungsanlage hohen Mengen an PFOS (Löschschaum mit 0,67 % PFOS) in einer Drehrohranlage verbrannt. Die Anlage hatte am Ende des Drehrohrs (erste Verbrennungszone) eine Durchschnittstemperatur von 1088 °C (1034 bis 1126 °C) und nach der zweiten Verbrennungszone eine Durchschnittstemperatur von 896 °C (832 °C bis 966 °C) bei einer Gesamtverweilzeit von 8 Sekunden (Ministry of the Environment of Japan, 2013). Somit ist bisher nicht bewiesen, dass die geforderte Zerstörungsrate von PFOS in normalen MVAs bei den dort zu erzielenden 850 °C und 2 Sekunden Verweilzeit erreicht werden kann, obwohl über diese Anlagen seit 30 Jahren der Großteil von PFOS/PFOA und PFAS in Teppichen, Textilien, Papier oder Möbeln entsorgt wird. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass es bisher kein Probennahmeverfahren zur Messung von PFAS-Emissionen gibt. Bisher wurde das Verfahren für Dioxine verwendet (z.B. DIN EN 1948-1), welches aber nicht für PFAS validiert ist. Seit kurzem befasst sich nun eine Arbeitsgruppe in der VDI-Gruppe für Emissionsmessung mit dieser Thematik.³⁴

In Entwicklungs- und Schwellenländern landet bisher der Großteil der Produkte, die PFOS/PFOA oder PBDE enthalten, auf Deponien. Für PBDE-enthaltende Abfälle könnte die Deponierung eine Zwischenlösung sein, da Emissionen der schwer wasserlöslichen Substanzen zwar beobachtet werden, aber begrenzt sind. PFOS/PFOA oder anderen PFAS enthaltende Abfälle wie Teppiche, Textilien, Papier oder Feuerlöschschäume, können aber nicht sinnvoll deponiert werden, da die hochpersistenten und wasserlöslichen PFAS über die Zeit ausgewaschen werden (Weber et al., 2011). Auch Deutschland hat Probleme mit seiner Entsorgungsstrategie für PFAS-kontaminierten Abfall und PFAS-kontaminierte Böden. Wegen weit verbreiteter Bedenken der Deponiebetreiber, PFAS-belasteten Boden anzunehmen, werden Alternativen zur Deponierung des belasteten Bodens stark nachgefragt (Held & Reinhard, 2020). Auch generell treten in Europa Probleme mit der Entsorgung anderer POP-haltiger Abfälle auf (Weber, Hollert, et al., 2015, Anhang 2; Weber, Schlumpf, et al., 2015).

Dass PFAS in Entwicklungsländern nicht deponiert oder zerstört werden können, ist ein wichtiger Grund, Produktion und Anwendung dieser Chemikaliengruppe global so schnell wie möglich zu verbieten bzw, den gesellschaftlich notwendigen Verwendungen (*essential uses*) eine sehr rigide Produkthaftung (*Extended Producer Responsibility*) aufzuerlegen. Bisher tragen die hohen Kosten bei der Entsorgung der POPs und POP-Abfälle einerseits die Steuerzahler aus den

³⁴ Dr. Annkatrin Dreyer (Eurofins GfA Lab Service GmbH, Hamburg), persönliche Kommunikation mit Roland Weber, 27.01.2021

GEF-finanzierenden Ländern und andererseits die Entwicklungsländer. Hier haben sich die (ehemaligen) Produzenten – z.B. Bayer/Monsanto beim PCB-Management, BASF beim globalen HBCD/EPS/XPS-Management oder 3M und Du Pont/Chemours beim globalen PFOS/PFOA-Management – noch nicht in die Managementprozesse für POPs eingebracht. Eine bessere Produkthaftung wäre jedoch beim globalen POP-Management wichtig und einzufordern (Weber et al., 2013; Weber, Schlumpf, et al., 2015).

Die Schwierigkeiten des Lebenszyklusmanagements von POPs wurden kürzlich in einem Erfahrungsbericht zu NIPs dargestellt (Weber et al., 2018). Viele dieser Schwierigkeiten betreffen einerseits die praktische Implementierung der Stockholm-Konvention in Entwicklungsländern und sind andererseits auf eine zunehmende Komplexität und Breite der Themen und POP-Abfallkategorien infolge der Listung der fluorierten und der bromierten POPs zurückzuführen. Dies hat zur Folge, dass es vermehrt Stimmen aus Entwicklungsländern gibt, die nicht noch mehr POPs gelistet haben wollen, da sich diese Länder teilweise bereits mit der Umsetzung der Beschlüsse zu den aktuell gelisteten POPs überfordert sehen. Dies kann man auch an der begrenzten Anzahl von eingereichten aktualisierten NIPs und an deren zum Teil um Jahre verspäteten Einreichungen erkennen (siehe Abschnitt 3.7.3). Da derzeit sukzessive weiterhin Chemikalien gelistet werden (drei Chemikalien sind im POPRC und drei weitere Chemikalien – MCCP, Chlorpyrifos und langkettige PFAS – wurden gerade eingereicht) sollten hier Entwicklungsländer noch besser unterstützt werden.

Schwierigkeiten bei der regulatorischen Rahmensetzung für POPs

Schon Industrieländer haben Schwierigkeiten bei der Entwicklung eines praktikablen regulatorischen Rahmens für das Management von industriellen POPs sowohl in Produkten als auch vor allem im Abfall und beim Recycling. In einem F&E-Vorhaben des UBA wurde festgestellt, dass selbst der Umgang mit PCB in offenen Anwendungen in Europa nicht ausreichend geregelt ist und dass auch die deutsche PCB-Richtlinie für offene Anwendungen Schwächen aufweist (Weber, Hollert, et al., 2015, Anhang 2), sodass ein Teil der in Gebäuden verbauten PCB nicht adäquat entsorgt wird (Weber, Hollert, et al., 2015, Anhang 1). Bisher besitzt nur Schweden ein solches Regelwerk, das sicherstellt, dass PCB in offenen Anwendungen zum einen inventarisiert und zum anderen angemessen entsorgt werden. In Deutschland ist hingegen das Management von PCB im Baubereich als ungenügend anzusehen, da kein PCB-Inventar vorhanden ist, die bekannten Bestände zum Teil schlecht überwacht werden und Abfälle nicht fachgerecht gehandhabt werden (Weber, Hollert, et al., 2015, Anhang 2). Nachdem die PCB aus der Chemikalienverbotsverordnung genommen wurden, fehlen dadurch auch spezifische Regelungen für den Umgang mit unbeabsichtigten PCB in Produkten wie z.B. Pigmenten. So gibt es in Deutschland keine Messungen zu PCB in Pigmenten, während zum Beispiel die japanische Regierung seit Jahren entsprechende Analysen durchführen lässt und Pigmente mit einem PCB-Gehalt über 50 mg/kg vom Markt nimmt (Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry, 2013).

Entwicklungs- und Schwellenländer sind bereits mit der Untersuchung von PCB in Transformatoren und Kondensatoren überbeansprucht (Weber et al., 2013, 2018). PCB in offenen Anwendungen werden in Entwicklungsländern bisher nicht geregelt oder untersucht.

Der Versuch Deutschlands, HBCD enthaltende EPS/XPS-Dämmplatten 2016 als gefährlichen Abfall zu klassifizieren, resultierte in einer Krise beim Abfallmanagement von EPS/XPS. Deshalb wurde die POP-Abfall-Überwachungsverordnung (POP-Abfall-ÜberwV)³⁵ erlassen, nach der gewisse POP-Abfälle als nicht gefährliche aber überwachungsbedürftige Abfälle klassifiziert

³⁵ POP-Abfall-Überwachungs-Verordnung vom 17. Juli 2017 (BGBl. I S. 2644), die zuletzt durch Artikel 6 der Verordnung vom 28. April 2022 (BGBl. I S. 700) geändert worden ist.

werden (z.B. Polymere die HBCD und PBDE enthalten). Diese müssen nun nach der POP-Abfall-ÜberwV getrennt gesammelt und adäquat entsorgt werden. In einem zweiten Schritt definierte die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) ein Schema zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit für das Abfallmanagement (LAGA, 2018) und legte auch fest, ab welchen POP-Gehalten ein Abfall mit den neu gelisteten industriellen POPs als gefährlicher Abfall einzustufen ist (Tabelle 24). Dies ist wahrscheinlich einer der ersten Versuche weltweit, einen regulatorischen Rahmen für ein wissenschaftsbasiertes Abfallmanagement von POP-Abfällen zu entwickeln und dieses auch mit dem Abfallkatalog zu harmonisieren. Es zeigt aber auch auf, welche Schwierigkeiten es selbst in Deutschland trotz gutem Abfallmanagement bereitet, den Umgang mit großen Mengen von Abfällen mit (bromierten) POPs adäquat zu regeln.

Für PFOS und PFOA gibt es bisher keine Grenzwerte für Gehalte in Lebensmitteln oder Böden, obwohl seit der Heruntersetzung der tolerierbaren Wochendosis (TWI) durch die EFSA (2018, 2020) ein Teil der Bevölkerung über dem TWI belastet ist. In einem Human-Biomonitoring an Kindern wurde gezeigt, dass immer noch eine erhebliche Exposition vorliegt (Duffek et al., 2020). Zurzeit werden in den Laboren die Nachweismethoden für PFOS und PFOA in Lebensmitteln verbessert, um die Nachweisgrenzen um einen Faktor von ca. 1000 abzusenken,, damit die nötige Analysenqualität für eine Überwachung von Lebensmitteln und damit Humanexposition erreicht wird. Die in Europa von der EFSA abgeleiteten TWI-Werte für PFOS/PFOA (EFSA CONTAM Panel et al., 2018, 2020) sind bislang noch nicht in der Gesetzgebung umgesetzt worden (Trinkwasser, Lebensmittel, Boden).

Die Entwicklungsländer stehen bei der Erstellung von regulatorischen Rahmen für POPs meist ganz am Anfang. Oft sind nur die POP-Pestizide verboten, und es existieren rudimentäre Regelungen für das Verbot von PCB, hinterlegt mit PCB-Grenzwerten für Transformatorenöl.

Tabelle 24: Vergleich der POP-Grenzwerte der Basel-/Stockholm-Konvention, der EU POP-Verordnung und der deutschen Abfallverzeichnis-Verordnung und POP-Abfall-Überwachungsverordnung

Stoffe	UPGW Basel-/Stockholm-Konvention ^{a)}	UPGW EU-POP-Verordnung (Anhang IV)	POP-Abfall-ÜberwV (nicht gefährlicher Abfall)	Gefährlicher Abfall nach AVV 2.2.3 oder 2.2.1 ^{b)}
Endosulfan	50 mg/kg	50 mg/kg	50≤X<2.500 mg/kg	≥2500 mg/kg ^{b)}
HCBD	100 mg/kg	100 mg/kg		d)
PCN	10 mg/kg	10 mg/kg	10≤X<2.500 mg/kg	≥2500 mg/kg ^{b)}
SCCP	100 oder 10 000 mg/kg	10.000 mg/kg		≥2500 mg/kg ^{b)}
TetraBDE PentaBDE	Σ 50 mg/kg oder	Σ 1.000 mg/kg	1000≤X<2.500 mg/kg	≥2500 mg/kg ^{b)}
HexaBDE HeptaBDE	Σ 500 mg/kg oder			
DecaBDE	Σ 1.000 mg/kg			
HBB	50 mg/kg	50 mg/kg	-	≥ 50 mg/kg ^{c)}
HBCD	100 & 1.000 mg/kg	1.000 mg/kg	1000≤X<30000 mg/kg	≥30.000 mg/kg ^{b)}
PCP	100 mg/kg	(100 mg/kg)		
DDT	50 mg/kg	50 mg/kg	-	≥ 50 mg/kg ^{c)}

Stoffe	UPGW Basel-/Stockholm-Konvention ^{a)}	UPGW EU-POP-Verordnung (Anhang IV)	POP-Abfall-ÜberwV (nicht gefährlicher Abfall)	Gefährlicher Abfall nach AVV 2.2.3 oder 2.2.1 ^{b)}
Chlordan	50 mg/kg	50 mg/kg	-	≥ 50 mg/kg ^{c)}
Lindan (Gamma-HCH) Alpha-/Beta-HCH	Σ50 mg/kg	Σ50 mg/kg	-	≥ Σ50 mg/kg ^{c)}
Dieldrin	50 mg/kg	50 mg/kg	-	≥ 50 mg/kg ^{c)}
Endrin	50 mg/kg	50 mg/kg	-	≥ 50 mg/kg ^{c)}
Heptachlor	50 mg/kg	50 mg/kg	-	≥ 50 mg/kg ^{c)}
Chlordecon	50 mg/kg	50 mg/kg	-	≥ 50 mg/kg ^{c)}
Aldrin	50 mg/kg	50 mg/kg	-	≥ 50 mg/kg ^{c)}
Pentachlorbenzol	50 mg/kg	50 mg/kg	-	≥ 50 mg/kg ^{c)}
Hexachlorbenzol	50 mg/kg	50 mg/kg	-	≥ 50 mg/kg ^{c)}
Mirex	50 mg/kg	50 mg/kg	-	≥ 50 mg/kg ^{c)}
Toxaphen	50 mg/kg	50 mg/kg	-	≥ 50 mg/kg ^{c)}
PCB	50 mg/kg	50 mg/kg	-	≥ 50 mg/kg ^{c)}
PCDD und PCDF	15 µg/kg & 1 µg TEQ/kg	15 µg/kg	-	≥ 50 mg/kg ^{c)}
PFOS & Vorläufersubst.	50 mg/kg	50 mg/kg	50≤X<3.000 mg/kg	≥3000 mg/kg ^{b)}
PFOA & Vorläufersubst.	Noch nicht festgelegt ^{e)}		...<X<3.000 mg/kg	≥3000 mg/kg ^{b)}

^{a)} (UNEP, 2019I)

^{b)} Konzentrationsgrenze nach Nr. 2.2.1 der Anlage zur Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) i.V.m. Anhang III der Abfall-RahmenRL. Zusammengefasst in LAGA (2018).

^{c)} Gelistet in Nr. 2.2.3 der AVV als gefährlicher POP-Abfall.

^{d)} Da keine harmonisierten Einstufungen nach CLP-V vorliegen, kann die Selbsteinstufung nach dem Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis (C&L-Inventary) der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) herangezogen werden.

^{e)} PFOA wurde erst im Mai 2019 in der Stockholm-Konvention gelistet.

3.7.3 Regulatorischer Rahmen für die Entwicklung und Fortschreibung von NIPs und tatsächlich erreichter globaler Status

Nachdem ein POP gelistet und das Verbot in Kraft getreten ist, haben die Vertragsstaaten 2 Jahre Zeit, ihren NIP zu aktualisieren (Artikel 7). Wie man an der ersten Aufnahme von neuen POPs gesehen hat, ist dieser Zeitrahmen zu eng gesteckt. Nur Japan, Niederlande und Schweden hatten den aktualisierten NIP innerhalb dieses kurzen Zeitraums fristgerecht bis zum 26. August 2012 beim Sekretariat bzw. der COP eingereicht. Einige wenige weitere Länder (Bulgarien, Deutschland, Österreich, Finnland) waren noch in der Lage, ihren NIP mit geringer Verspätung innerhalb des Jahres 2012 einzureichen.³⁶ Dabei enthielten diese NIPs jedoch meist keine robusten Inventare von POPs oder Details zur Zerstörung von schwierig zu behandelnden POPs,

³⁶ Allerdings hatten diese Länder dabei für die schwierig zu managenden POPs wie PFOS oder PBDEs keine robusten Inventare erstellt und auch in ihren Aktionsplänen nicht klar dargelegt, wie sie PBDEs oder PFOS in Materialströmen umweltgerecht handhaben wollten, obgleich dies der zentrale Aspekt der Implementierung der Konvention ist. Die europäischen Länder hatten bis 2018 PBDE enthaltendes Plastik in Entwicklungs- und Schwellenländer, vor allem China exportiert.

wie PFOS. Es wurde bis heute noch in keinem NIP eine vernünftige Entsorgung von PFOS enthaltenden Teppichen oder Feuerlöschmitteln dokumentiert.

Die Entwicklung und Aktualisierung der NIPs ist für Entwicklungsländer eine schwierige Aufgabe, die von der GEF finanziert wird. Für die Entwicklung des jeweils ersten NIPs bekam jede Vertragspartei, die Entwicklungs- oder Schwellenland war, eine finanzielle Unterstützung von 500.000 US\$³⁷ sowie administrative und personelle Unterstützung von UN-Organisationen (UNEP, UNIDO und UNDP) und internationalen Beratern. Die meisten Schwellen-/Entwicklungsländer haben den ersten NIP entwickelt. Von den 184 Vertragsstaaten haben inzwischen 171 Parteien³⁸ einen NIP eingereicht (Tabelle 25). Auch für die erste Aktualisierung der NIPs bekamen Schwellen-/Entwicklungsländer eine GEF-Finanzierung, die je nach Ländergröße zwischen 150.000 und 250.000 US\$ lag.

Je nach dem Zeitraum, in dem ein Land die NIP-Aktualisierung vorgenommen hatte, wurden darin die neu gelisteten POPs der COP 4 oder COP 5 (mit Endosulfan), der COP 6 (mit HBCD) oder der COP 7 (mit PCP, PCN und HCBd) erfasst. Für die neu gelisteten POPs von 2009 (COP 4) mit Aktualisierungspflicht des NIP bis 2012 haben trotz der Finanzierungsoption durch die GEF bislang nur 101 Länder (57 %) den aktualisierten NIP eingereicht (Tabelle 25). 90 Vertragsstaaten (52 %) haben einen aktualisierten NIP mit Endosulfan (Berichtspflicht bis 2013) und 58 Vertragsstaaten (35 %) einen solchen mit HBCD (Berichtspflicht bis 2015) eingereicht. Nur 35 Länder (21 %) haben den aktualisierten NIP für die 2015 gelisteten POPs (PCN, PCP, HCBd) mit Berichtspflicht bis 2017 und erst 15 Länder (9 %) haben den aktualisierten NIP für die 2017 gelisteten POPs (SCCP und DecaBDE) mit Berichtspflicht bis 2019 eingereicht (Tabelle 25). **Somit ist ein großer Teil der Vertragsstaaten mit der Entwicklung und Einreichung von NIPs zwei Jahre nach Inkrafttreten der Verbote von gelisteten POP im Verzug. Dies ist, wie oben erwähnt, ein wesentlicher Grund, warum Entwicklungsländer keine Vorschläge für neue POPs einreichen und viele Länder auch nicht daran interessiert sind, dass neue POPs gelistet werden.**

Es ist zurzeit unklar, wie die Aktualisierung der NIPs weiter unterstützt werden wird und ob dafür wieder eine Finanzierungsrunde von der GEF bereitgestellt wird. Für die 2015 gelisteten POPs (HCBd, PCN und PCP) gab es bisher nur ein Pilotprojekt. Zu diesem sind mit zwei regionalen Workshops in Südamerika und Afrika Mitglieder aus jeweils ca. 25 Ländern eingeladen worden. Eine vorläufige Inventarisierung von PCN und HCBd konnte durch Bereitstellung von EU-Mitteln an das BRS-Sekretariat in zwei Pilotländern initiiert werden. Sie wurde mit einer ersten Inventarisierung von potentiell SCCP enthaltenden Produkten und Materialströmen verknüpft, da SCCP eine Alternativsubstanz für PCN (und für PCB) in offenen Anwendungen ist (Fugendichtung, Gummi, Kabel, Farbe). Es sind zwei Doktorarbeiten zu dem Thema initiiert worden. Für die POPs, die in 2017 gelistet wurden (SCCP und DecaBDE), läuft ein Pilotprojekt, in dem in Indonesien ein Inventar für SCCP und DecaBDE erstellt wird. Auch dieses Pilotprojekt wurde durch eine Spende von Schweden und der EU an das BRS-Sekretariat ermöglicht und nicht durch die GEF finanziert.

Ähnlich sieht es mit der Berichtspflicht nach Artikel 15 aus, für die alle 4 Jahre von den Vertragsstaaten ein Onlineformular ausgefüllt werden soll. Insgesamt haben 31 % der Vertragsstaaten im ersten Zyklus berichtet, 55 % im zweiten und 40 % im dritten Zyklus. Für den vierten Berichtszyklus haben 78 Vertragsparteien (42,5 %) ihre Berichte nach Artikel 15 eingereicht. Es gibt aktuell ein von UNEP durchgeführtes GEF-Projekt, das eine Verbesserung bei

³⁷ Indien und China hatten wegen Ihrer Größe und Relevanz als POP-Produzenten größere Projekte über 1 Million US\$ bewilligt bekommen.

³⁸ Mindestens 3 weitere Länder sind dabei, den ersten NIP fertigzustellen (Irak, Kuwait und Bahrain).

der Berichtspflichten nach Artikel 15 erreichen und diese besser mit der Entwicklung und Aktualisierung der NIPs verzahnen möchte.

Jedoch fehlt damit weiterhin eine Unterstützung bei der Aktualisierung der individuellen nationalen Implementierungspläne zur Stockholm-Konvention für andere Entwicklungs- und Schwellenländer in Bezug auf die 2015, 2017 und 2019 gelisteten POPs.

Tabelle 25: Eingereichte Nationale Implementierungspläne für die gelisteten POPs (Stand 31.12.2020)

NIP Phase	Eingereichte NIP	Anteil Vertragsstaaten, die der Einreichungspflicht nachgekommen sind ^{a)}
Initial NIP	171	94 %
NIP Update COP 4 POP	101	57 %
NIP Update COP 5 POP	90	52 %
NIP Update COP 6 POP	58	35 %
NIP Update COP 7 POP	35	21 %
NIP Update COP 8 POP	15	9 %
NIP Update COP 9 POP	5	3 %

^{a)} Dabei ist berücksichtigt, dass Vertragsstaaten, die erst kürzlich ratifiziert haben oder nicht alle POP ratifiziert haben, für manche POP noch nicht berichten müssen

3.7.4 Fazit und Empfehlungen

Die NIPs werden nur sehr schleppend aktualisiert. In einem Großteil der Entwicklungs- und Schwellenländer kommt es zu Verzögerungen bei der Aktualisierung der NIPs. Aktuell gibt es neben einigen wenigen Pilotprojekten keine breit angelegten Aktivitäten, um die Aktualisierung der NIPs in Entwicklungsländern durch GEF-Finanzierung zu ermöglichen. Dies stellt ein wesentliches Problem für eine effektive Umsetzung der Stockholm-Konvention dar.

Es braucht somit ein wirksames Konzept, wie hier Vertragsparteien bei der NIP-Aktualisierung besser zum Beispiel regional unterstützt werden können. Dies könnte z.B. durch eine gezieltere Unterstützung der Regionalcenter geschehen, wie dies etwa die GIZ für das Regionalcenter in Algerien für die Nordafrikanische Region von 2015 bis 2017 getan hat (GIZ, 2017). Auch das Regionalcenter in Trinidad hat zusammen mit einem zweiten Regionalcenter für Gesundheit in der Karibik acht Parteien bei der Aktualisierung von NIPs unterstützt. Beide Beispiele zum Kapazitätsaufbau für NIP-Aktualisierungen in Entwicklungsländer wurden im UNEP-Bericht *NIP Lessons Learned* als *best-practice*-Beispiele hervorgehoben (Weber et al., 2018).

Als eine weitere Empfehlung sollte die Zweijahresfrist für die NIP-Aktualisierung nach Listung von neuen POPs verlängert werden. In dieser Zeitspanne können zumeist erst die Leitfäden für eine Entwicklung von Inventaren erstellt und ein Pilotprojekt in einigen wenigen Ländern durchgeführt werden. Vier Jahre wären ein realistischerer und praktikablerer Zeitrahmen, um umfassend die NIPs nach einer Listung zu aktualisieren. Diese Änderung müsste auf der COP vorgeschlagen, diskutiert und beschlossen werden.

Es sollten als zusätzliche Option beim Aufbau von internationalen Kapazitäten besser die Synergien zwischen den Konventionen aber auch die Synergien mit SAICM-*beyond-2020*

evaluiert und genutzt werden. Auch der Kapazitätsaufbau mit den IOMC *Toolkits* könnte mit praktischen Beispielen für POPs synergistisch bei der Implementierung der Stockholm-Konvention eingesetzt werden (siehe auch Abschnitt 3.8).

Industrielle POPs werden derzeit global nicht adäquat entsorgt. Auch in Industrieländern gibt es hier starke Defizite, speziell bei der Entsorgung von PFOS und PFOA. Es fehlen für PFAS Studien zur großtechnischen Entsorgung in den bisher genutzten Anlagen (vor allem MVAs), um für diese die geforderte Zerstörung von 99,999 % der POPs nachweisen zu können. Bisher gibt es auch noch keine validierte Methode zur Probenahme für eine Emissionsmessung von PFAS aus Verbrennungsanlagen. Die Industrieländer sollten die praktischen Schwierigkeiten beim Management von industriellen POPs in Produkten bei der Entsorgung und beim Recycling besser dokumentieren und Leuchtturmprojekte entwickeln, die die Separierung und das Recycling von POP-haltigen Abfallströmen thematisieren.

Deutschland hat als erstes Land systematisch POP-Abfälle in gefährliche und nicht gefährliche, aber überwachungsbedürftige Abfälle kategorisiert und versucht, diese Kategorisierung von POPs enthaltenden Abfällen mit dem Abfallkatalog zu verlinken. Dafür wurde eine Reihe von Grenzwerten abgeleitet. Während diese Systematik grundsätzlich sinnvoll erscheint, muss die Praktikabilität des Ansatzes in der Umsetzung noch gezeigt und müssen vor allem auch entsprechende Monitoringstandards entwickelt und Recyclingströme untersucht werden. Ohne solche Standards können auch in Industrieländer keine geregelte und überprüfbare Entsorgung von POPs und kein Schutz von Recyclingkreisläufen vor POP-Einträgen gewährleistet werden.

Für das Management industrieller POPs (PFAS, BFRs, SCCP) bedarf es geeigneter ISO- oder CEN-Standards für den analytischen Nachweis von POPs in Produkten (einschließlich Rezyklaten) und Abfall. Sie sollten daher systematisch entwickelt und validiert werden. Für PFOS wurde in Europa nur eine technische Spezifikation für extrahierbare Substanz in Produkten entwickelt, die aber seit mehr als 10 Jahren auf eine Validierung wartet und somit noch nicht als Standard dienen kann. Für die Bestimmung von nicht extrahierbaren PFOS oder PFOA und andere PFAS in Produkten gibt es bislang weder eine etablierte Methode noch einen europäischen Standard, der die komplexe Gruppe der Vorläuferverbindungen abdeckt. Ebenso gibt es für SCCP derzeit noch keine ISO/CEN/VDI-Standardmethode für die analytische Bestimmung in Polymeren oder Abfällen. Auch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) hat noch keine solchen Nachweismethoden für SCCP in Plastik/Polymeren, Recyclingprodukten oder Abfall entwickelt,³⁹ die jedoch als notwendige Grundlage für eine praktische Umsetzung der Stockholm-Konvention und das Management von SCCP erforderlich wären.

Über die letzten Jahre wurden und werden weiterhin Millionen Tonnen von SCCP enthaltenden CP produziert und diese in mehrere 10 Millionen Tonnen Produkten eingebracht. Es sollten hier mit hoher Dringlichkeit in den Industrieländern die nötigen Instrumente/Methoden entwickelt werden, um die großen Recyclingflüsse wie PVC, Gummi, Öl, Textil oder Leder in Zukunft adäquat auch in anderen Länder bzw. global prüfen und ein sicheres Recycling gewährleisten zu können. Im Leitfaden der Stockholm-Konvention zum Monitoring von POPs in Produkten und Recycling (UNEP, 2017d) wurde der aktuelle Stand des Screenings und der Analytik von POPs in Produkten zusammengestellt einschließlich einer Analyseverfahren für alle industriellen und unbeabsichtigten POPs.

In den meisten Entwicklungsländern gibt es keine Entsorgungsmöglichkeit für POPs. Dass PFAS (und andere POPs) in Entwicklungsländern nicht zerstört oder deponiert werden können, ist ein wichtiger Grund, Produktion und Anwendung dieser Chemikaliengruppe global so schnell wie

³⁹ Die BAM arbeitet zurzeit an Methoden, wie man PFAS in Abfall untersuchen kann, hat Methoden für PBDEs in Produkten und Abfall entwickelt und wäre somit die geeignetste Institution, diese Aufgabe auch für CPs zu übernehmen.

möglich zu verbieten bzw. den gesellschaftlich notwendigen Verwendungen (*essential uses*) eine sehr rigide Produkthaftung (*Extended Producer Responsibility*, EPR) aufzuerlegen. An der Entsorgung der POPs und am Management der POP-Abfälle sollten die Produzenten nach dem Verursacherprinzip intensiv beteiligt werden. Eine entsprechende erweiterte Produkthaftung ist gesetzlich zu verankern.

3.8 Synergien und Zusammenarbeit der Stockholm-Konvention mit anderen internationalen Konventionen und anderen POP-Regelwerken

3.8.1 Hintergrund

Um die Umsetzung der globalen Konventionen zum Chemikalienmanagement zu erleichtern, haben die jeweiligen Konferenzen der Vertragsparteien im Laufe der Jahre eine Reihe von Beschlüssen gefasst, die darauf abzielen, die Zusammenarbeit und Koordination zwischen diesen Konventionen, vor allem der Basel-, der Rotterdam- und der Stockholm-Konvention zu verbessern. Damit wurde ein Rahmen für den sogenannten Synergieprozess gesetzt. In der Tabelle 26 sind die jeweiligen Vertragsparteien der drei Konventionen gelistet.

Bereits im Jahr 1989 verabschiedete das *United Nations Environmental Programme* (UNEP) die Basel-Konvention über die *Kontrolle grenzüberschreitender Bewegungen von gefährlichen Abfällen und deren Entsorgung*. Sie trat 1992 in Kraft und soll den internationalen Handel mit Gefahrstoffen und Abfälle (Sonderabfall) regulieren, deren umweltgerechte Entsorgung möglichst nahe beim Ort ihrer Entstehung sicherstellen, sowie generell die Menge der produzierten Sonderabfälle reduzieren. Aktuell haben 188 Vertragsparteien die Konvention ratifiziert und somit gegenüber den beiden Chemikalienübereinkommen die meisten Vertragsparteien.

Die im Jahr 2004 in Kraft getretene Rotterdam-Konvention hat aktuell 164 Staaten als Vertragsparteien (BRS Secretariat, o. J.-d) gelistet. Das sind aktuell 20 Vertragsparteien weniger als in der Stockholm-Konvention und 24 weniger als in der Basel-Konvention gelistet sind. Für eine optimale Nutzung der Synergien wäre es sinnvoll, wenn Staaten alle drei Konventionen ratifizieren würden.

Tabelle 26: Anzahl der Vertragsparteien der Basel-, Rotterdam- und Stockholm-Konventionen

Konvention	Anzahl an Vertragsparteien	In Kraft getreten
Stockholm	184	2004
Rotterdam	164	2004
Basel	188	1992

Die Beschlüsse zur verstärkten Zusammenarbeit und Koordination zwischen den drei Konventionen, auch „Synergiebeschlüsse“ genannt, wurden von den Konferenzen der Vertragsparteien der Basel-Konvention (Beschluss BC-IX/10, Juni 2008), der Rotterdam-Konvention (Beschluss RC-4/11, Oktober 2008) und der Stockholm-Konvention (Beschluss SC-4/34, Mai 2009) geprüft und ohne inhaltliche Änderungen angenommen.

Die Synergiebeschlüsse betreffen Synergien auf nationaler, regionaler und globaler Ebene in den folgenden Bereichen:

- Organisatorische Fragen;
- Technische Fragen;
- Fragen des Informationsmanagements und des öffentlichen Bewusstseins;
- Administrative Fragen;
- Entscheidungsfindung.

Für ein wirkungsvolles Management der POPs sind die Nutzung bzw. ggf. der Ausbau arbeitsteiliger Synergien zwischen den Konventionen wichtig. Die Wichtigkeit der Zusammenarbeit hat in den letzten Jahren an Bedeutung zugenommen. Zum einen durch Listung von industriellen POPs die noch produziert werden und Ausnahmen in der Stockholm-Konvention haben, und parallel dazu der Listung dieser industriellen POPs in der Rotterdam-Konvention. Zum anderen durch die Aufnahme von gemischtem Plastikabfall, der zum Teil POPs als Additive enthält, in die Anhänge der Basel-Konvention

In den folgenden Abschnitten werden deshalb einige Aspekte des Zusammenhangs und der Synergien von internationalen Chemikalienkonventionen untersucht und beschrieben. Zusätzlich zu den Synergien der BRS-Konventionen wird auch auf Synergie mit SAICM eingegangen.

3.8.2 Zusammenhang der Listung von POPs mit der Listung in anderen Konventionen und REACH

In den POPRC Dokumenten von Anhang E (Risikoprofil) und Anhang F (Evaluierung des Risikomanagements) ist jeweils ein gesondertes und standardisiertes Kapitel zum aktuellen Regulierungsstand der POPs, über internationale Konventionen und Rahmenwerke sowie über nationale oder regionale Kontrollmaßnahmen (Regulierungen, Verbote etc.) enthalten.

Der Austausch von Informationen und die Zusammenarbeit mit diesen internationalen Konventionen und den nationalen oder regionalen Akteuren haben einen Einfluss auf den Entscheidungsprozess unter der Stockholm-Konvention. Ein automatischer Austausch von Informationen ist allerdings aktuell nicht etabliert. Jedoch ist im Artikel 9 der Stockholm-Konvention der Informationsaustausch geregelt. In Artikel 9(4) wird definiert, dass das Stockholm-Sekretariat als Datenkontaktstelle (*clearing-house mechanism*) zu POPs für Vertragsstaaten sowie staatliche (IGOs) und nichtstaatliche (NGOs) internationale Organisationen dient.

In Tabelle 27 sind die 18 neuen POPs mit den relevantesten Konventionen und Regelwerken aufgeführt. Die Tabelle zeigt, dass für alle POPs außer PeCB zuvor eine Listung in einer anderen Konvention vorlag. Besonders zu erwähnen ist hier das Aarhus POP-Protokoll (siehe auch Kapitel 3.2.2). Alle POPs, die schon 1998 im POP-Protokoll gelistet waren, wurden auch in die Stockholm-Konvention aufgenommen (Alpha- und Beta-HCH, Lindan, Chlordacon und HBB). Auch die 2009 im Aarhus-Protokoll zur Ratifizierung in den Anhang III aufgenommenen POPs sind durchweg in der Stockholm-Konvention gelistet. Im POP-Protokoll sind diese Stoffe jedoch erst von weniger als 50 % der Parteien ratifiziert worden. Durch weitere Aufnahmen von POPs in die global ausgerichtete Stockholm-Konvention (DecaBDE, PFOA, PCP, PeCB) wurde das regionale Aarhus POP-Protokoll eigentlich obsolet gemacht. Alle dort erfassten POPs sind auch in der Stockholm-Konvention gelistet, die außerdem noch zusätzliche POP listet, welche nicht im Aarhus Protokoll genannt werden. Für die Berichterstattung von Luftemissionen von POPs und anderen Luftschadstoffen bleibt das Aarhus-Protokoll für die Vertragsstaaten aber relevant.

Auch andere Konventionen hatten für die Nominierung unter der Stockholm-Konvention wahrscheinlich einen Einfluss auf entweder den Vorschlag oder die Entscheidungsfindung. So waren etwa alle POPs zuvor schon in einer der Listen der OSPAR-Konvention (*OSPAR Convention*, 1992) enthalten (Tabelle 27). Auch der erst kürzlich vorgeschlagene Stoff UV-328 ist in OSPAR schon in Liste A als „möglicherweise bedenkliche Substanz“ eingestuft.⁴⁰ Ausschlaggebend war aber die Listung von UV-328 in die Kandidatenliste unter REACH (ECHA, 2014d), da es hier als persistent, sehr bioakkumulierend und toxisch eingestuft wurde (siehe unten).

Auch die Rotterdam-Konvention hatte die neu gelisteten Pestizide (außer Chlordacon) schon vor der Nominierung gelistet. Chlordacon war unter der Rotterdam-Konvention im CRC13 geprüft worden und hatte dort die Kriterien nicht erfüllt (UNEP, 2017f). Inzwischen werden aber vor allem auch industrielle POPs, welche in der Stockholm-Konvention gelistet sind, danach auch in der Rotterdam-Konvention vorgeschlagen und gelistet. Dies kann als ein Prozess der Abgleichung der Listen von Stockholm- und Rotterdam-Konvention gesehen werden.

Die Analyse zeigt, dass internationale auf Chemikalien fokussierende Konventionen einen wechselseitigen Einfluss aufeinander haben und so zur internationalen Zusammenarbeit in der Chemikalienpolitik beitragen.

Auf nationaler und regionaler Ebene gibt es zahlreiche Akteure die potentielle POPs erkennen. In Europa z.B. ECHA⁴¹, die *PBT Expert Group*, Priorisierungsstudien von Mitgliedsstaaten wie etwa der PB-Score von Rorije et al. (2011), zusammengestellt in einem UBA Forschungsvorhaben (Blepp et al., 2012), sowie der REACH-Prozess⁴², welche damit auch die Arbeit des POPRC unterstützen. Die *PBT Expert Group* der Europäischen Chemikalienagentur hat HBCD, HCBD und PFOA im REACH-Prozess als Chemikalien mit besorgniserregenden Eigenschaften, insbesondere auch mit POP-Potential eingestuft und hat somit die Grundlage für eine Nominierung durch die EU unter der Stockholm-Konvention geschaffen. Die ECHA hat nun eine koordinieren Rolle in Europa bei der Vorbereitung für die POP-Nominierung. und kann aus dem REACH-Prozess heraus direkt POPs vorgeschlagen. Wie oben erwähnt hatte die Evaluierung von UV-328 unter REACH (ECHA, 2014d) auch auf die danach erfolgte Schweizer Nominierung als POP für die Stockholm-Konvention entscheidenden Einfluss, und es sind auf der ECHA Webseite schon weitere mögliche Kandidaten genannt. Dieser Prozess stellt inzwischen vielleicht den effektivsten Mechanismus für die Nominierung weiterer Stoffe dar und sollte weiter gestärkt werden.

In der EU wird die Stockholm-Konvention durch die EU-POP-Verordnung in europäisches Recht umgesetzt. Neue Stoffe werden in die EU-POP-Verordnung aufgenommen, wenn sie in der Stockholm-Konvention gelistet sind.

⁴⁰ OSPAR hat auch angekündigt, dass es 2021/2022 eine aktualisierte Liste von „möglicherweise bedenklichen Substanzen“ publizieren wird (OSPAR, o. J.).

⁴¹ Die ECHA unterstützt die Kommission und die Mitgliedstaaten bei der Ermittlung neuer POP und führt während des Ermittlungsverfahrens Konsultationen durch.

⁴² In REACH sind die Voraussetzungen gegeben, potenzielle POPs in diesem Verfahren zu erkennen, sofern die gemeldeten Stoffdaten die entsprechenden Kriterien erfüllen.

Tabelle 27: Einfluss von internationalen Konventionen und POP Regelwerken auf die Listung von POPs in der Stockholm-Konvention

Neue POPs und POP-Kandidaten	Stockholm-Konvention			Gelistet in Aarhus/ UNECE POP Protocol (Zeitpunkt Stockholm)	Gelistet in EU-POP- Verordnung (Zeitpunkt Stockholm)	Gelistet unter einer anderen internationalen Konvention vor dem Proposal	Abgedeckt durch PBT/ REACH vor dem Proposal	POP zum Zeitpunkt des Proposal in Produktion
	Proposal	Listung	Anhang					
Alpha-Hexachlorcyclohexan	2006	2009	A	Ja, seit 1998 (vor dem Proposal)	Ja, Anhang I, IV; seit 2004 (aufgrund POP-Protokoll)	Ja (OSPAR LCPC ^{b)} und Rotterdam)	Nein ^{d)}	Nein
Beta-Hexachlorcyclohexan	2006	2009	A	Ja, seit 1998 (vor dem Proposal)	Ja, Anhang I, IV; seit 2004 (aufgrund POP-Protokoll)	Ja (OSPAR LCPC ^{b)} und Rotterdam)	Nein ^{d)}	Nein
Lindan	2005	2009	A	Ja, seit 1998 (vor dem Proposal)	Ja, Anhang I, IV; seit 2004 (aufgrund POP-Protokoll)	Ja (OSPAR LCPC ^{b)} und Rotterdam)	Nein ^{d)}	Nein
Chlordecon	2005	2009	A	Ja, seit 1998 (vor dem Proposal)	Ja, Anhang I, IV; seit 2004 (aufgrund POP-Protokoll)	Ja (OSPAR LCPC ^{c)})	Nein ^{d)}	Nein
Hexabrombiphenyl (HBB)	2005	2009	A	Ja, seit 1998 (vor dem Proposal)	Ja, Anhang I, IV; seit 2004 (aufgrund POP-Protokoll)	Ja (OSPAR LCPC ^{c)} und Rotterdam)	Nein	Nein
PFOS	2005	2009	B	Ja, seit 2009 ^{a)} (nach dem Proposal mit Listung)	Nein	Ja (OSPAR LCPC ^{b)})	Nein	Ja (China, Deutschland)
Hexa/HeptaBDE	2006	2009	A	Ja, seit 2009 ^{a)} (nach dem Proposal mit Listung)	Nein	Ja (OSPAR LCPC ^{b)} unter PBDE)	Nein	Nein
Tetra/PentaBDE	2005	2009	A	Ja, seit 2009 ^{a)} (nach dem Proposal mit Listung)	Nein	Ja (OSPAR LCPC ^{b)} unter PBDE)	Nein	Nein
Pentachlorbenzol (PeCB)	2006	2009	A & C	Nein	Nein	Ja (OSPAR LCPC ^{c)})	Nein	Nein

Neue POPs und POP-Kandidaten	Stockholm-Konvention			Gelistet in Aarhus/ UNECE POP Protocol (Zeitpunkt Stockholm)	Gelistet in EU-POP- Verordnung (Zeitpunkt Stockholm)	Gelistet unter einer anderen internationalen Konvention vor dem Proposal	Abgedeckt durch PBT/ REACH vor dem Proposal	POP zum Zeitpunkt des Proposal in Produktion
	Proposal	Listung	Anhang					
Endosulfan	2008	2011	A	Nein	Nein	Ja (OSPAR LCPA ^{b)} und Rotterdam)	Nein ^{d)}	Ja (China und Indien)
Hexabromcyclododecan (HBCD)	2009	2013	A	Nein	Nein	Ja (OSPAR LCPA ^{b)} unter PBDE)	Ja (REACH PBT)	Ja
Hexachlorbutadien (HCBD)	2011	2015 & 2017	A & C	Ja, seit 2009 ^{a)} (vor dem Proposal mit Listung)	Nein (jedoch während des Entscheidungsprozesses aufgrund POP-Protokoll)	Ja (OSPAR LCPC ^{c)})	Ja (REACH PBT)	Nein
Polychlorierte Naphthaline (PCN)	2011	2015	A & C	Ja, seit 2009 ^{a)} (vor dem Proposal)	Nein (jedoch während des Entscheidungsprozesses aufgrund POP-Protokoll)	Ja (OSPAR LCPA ^{b)})	Nein	Nein
Pentachlorphenol (PCP)	2011	2015	A	Nein	Nein	Ja (OSPAR LCPA ^{b)} und Rotterdam)	Nein	Nein
SCCP	2006	2017	A	Ja, seit 2009 ^{a)} (nach dem Proposal)	Nein (jedoch während des Entscheidungsprozesses aufgrund POP-Protokoll)	Ja (OSPAR LCPA ^{b)})	Nein	Ja (vor allem China und Indien)
DekaBDE	2013	2017	A	Nein	Nein	Ja (OSPAR LCPA ^{b)} unter PBDE)	Nein	Ja (China und Israel)
Dicofol	2015	2019	A	Nein	Nein	Ja (OSPAR LCPA ^{b)})	Nein	Ja (Indien)

Neue POPs und POP-Kandidaten	Stockholm-Konvention			Gelistet in Aarhus/ UNECE POP Protocol (Zeitpunkt Stockholm)	Gelistet in EU-POP- Verordnung (Zeitpunkt Stockholm)	Gelistet unter einer anderen internationalen Konvention vor dem Proposal	Abgedeckt durch PBT/ REACH vor dem Proposal	POP zum Zeitpunkt des Proposal in Produktion
	Proposal	Listung	Anhang					
Perfluorooctansäure (PFOA)	2015	2019	A	Nein	Nein	Nein	Ja (REACH PBT)	Ja (China)

^{a)} Diese POPs sind zwar 2009 in das UNECE POP Protocol gelistet worden, jedoch sind die Anhänge 1, 2 und 3 bislang nicht in Kraft getreten da noch keine 2/3-Mehrheit der Vertragsparteien ratifiziert hat.

^{b)} Diese Chemikalien sind in OSPAR auf der Liste der „Priority Action (OSPAR, 2004, 2013).

^{c)} Diese Chemikalien sind in OSPAR bislang unter „Possible Concern“ gelistet und werden evaluiert (OSPAR, o. J.)

^{d)} Diese Chemikalien sind Pflanzenschutzmittel und werden daher separat geregelt, nicht unter REACH.

3.8.3 Synergien mit den Import- und Export-Regelungen der Rotterdam-Konvention

Genehmigungen zum Im- und Export von gefährlichen Chemikalien im internationalen Handel werden durch die Rotterdam-Konvention geregelt. Die Rotterdam-Konvention bezieht sich auf Regelungen der gegenseitigen Information und Genehmigungen beim Handel (Im- und Export) mit gefährlichen Chemikalien, die in der Konvention in Anhang III gelistet sind. Wird ein gefährlicher Stoff, der in Anhang III der Rotterdam-Konvention gelistet ist, in ein anderes Vertragsland des Abkommens exportiert, so muss das Exportland den Stoff bei den Behörden im Zielland und beim Sekretariat anmelden. Das Zielland muss der Einfuhr von Stoffen auf sein Staatsgebiet entweder ausdrücklich zustimmen oder erst eine vorläufige Antwort liefern und dann die geplante Verwendung klären oder die beteiligten Firmen prüfen.

Die Konvention verpflichtet die Vertragsparteien außerdem dazu, sich gegenseitig über nationale Verbote oder Beschränkungen von Chemikalien zu unterrichten und darüber zu informieren, ob es in einem Land umweltbezogene oder gesundheitliche Probleme durch eine spezifische Chemikalie gibt. Die Vertragsparteien müssen außerdem aktuelle Sicherheitsdatenblätter und Kennzeichnungen der Chemikalien verwenden und die importierenden Parteien darüber informieren, ob ein Export eines der Chemikalie im Anhang III der Konvention geplant ist. Die in Anhang III aufgeführten 52 Chemikalien umfassen 35 Pestizide und 16 Industriechemikalien sowie eine Chemikalie, die sowohl in der Kategorie Pestizide als auch in der Kategorie Industriechemikalien gelistet ist (Tributylzinn-Verbindungen). Diese Chemikalien dürfen nicht in ein Land ausgeführt werden, ohne dass dessen eindeutige vorherige Zustimmung vorliegt. Dieses Verfahren wird *Vorherige Zustimmung nach Inkenntnissetzung* oder im Englischen *Prior Informed Consent* (PIC) genannt. Aus diesem Grund wird die Rotterdam-Konvention auch als PIC-Konvention beschrieben. Lieferungen entgegen dem Willen eines Einfuhrlandes sind unzulässig. Das PIC-Verfahren soll allerdings nicht dazu führen, dass Handelshemmnisse aufgebaut werden.

Die Konvention besteht aus 30 Artikeln, in denen das PIC-Verfahren beschrieben ist, und 5 Anhängen, in denen aufgelistet ist, für welche Chemikalien (Industriechemikalien und Pestizide, siehe Anhang III) das PIC-Verfahren gilt. Chemikalien, die in Anhang III der Konvention aufgeführt sind, sind aus Gesundheits- oder Umweltgründen von zwei oder mehr Vertragsparteien verboten oder unterliegen strengen Beschränkungen. Grundsätzlich ist der Handel mit den Anhang III gelisteten Chemikalien weiterhin erlaubt. Jedoch müssen bestimmte Informationen zwischen der exportierenden Partei und der importierenden Partei ausgetauscht werden.

Gemäß dem PIC-Verfahren wird für Stoffe, nachdem sie im Anhang III aufgenommen wurden, ein Entscheidungsleitfaden mit Informationen über die gefährlichen Eigenschaften des Stoffes erstellt und an die Vertragsparteien verschickt (Artikel 7 Absatz 3). Weiterhin muss das Sekretariat die Vertragsparteien davon unterrichten, wenn eine Chemikalie ins PIC-Verfahren aufgenommen wurde. In Artikel 10 des Übereinkommens sind die Verpflichtungen der Vertragsparteien in Bezug auf die Einfuhr von Chemikalien festgelegt, die in Anlage III des Übereinkommens aufgeführt sind und dementsprechend dem PIC-Verfahren unterliegen. Innerhalb von 9 Monaten müssen die jeweiligen Vertragsparteien ihre Position zum zukünftigen Import der Chemikalie dem Sekretariat bekannt geben (Einfuhr oder Importentscheide). Neben einer endgültigen Entscheidung kann auch eine vorläufige Antwort vorgelegt werden. Ändert eine Vertragspartei diese Antwort, so legt sie die überarbeitete Antwort so bald wie möglich vor. Ein Überblick über die von den Vertragsparteien vorgelegten neuen Antworten auf die Einfuhr wird alle sechs Monate, im Juni und im Dezember, im PIC-Rundschreiben veröffentlicht. Folgende drei Antworten im Zusammenhang mit der künftigen Einfuhr können getroffen werden (Artikel 10 Absatz 4a)

- Keine Zustimmung zur Einfuhr
- Zustimmung zur Einfuhr
- Zustimmung zur Einfuhr nur unter vorbehaltlich bestimmten Bedingungen

Bei einer endgültigen Entscheidung soll auch eine Beschreibung aller Rechts- bzw. Verwaltungsvorschriften der jeweiligen Vertragspartei beiliegen. Wird die Einfuhr einer Chemikalie nicht oder nur unter bestimmten Bedingungen zugestimmt muss die Vertragspartei die Einfuhr der Chemikalie aus jeder Quelle und die Herstellung der Chemikalie im eigenen Land für den Inlandsverbrauch verbieten.

Jede Vertragspartei, die eine im eigenen Land verbotene oder anwendungsbeschränkte Chemikalie, die noch nicht im Anhang III enthalten ist, exportieren will, muss das Importland über diesen Sachverhalt vor dem ersten Export und ab dann vor dem ersten Export eines jeden Jahres informieren (Export-Notifizierung).

Diese Regelungen sollen Staaten vor unkontrollierter Einfuhr von gefährlichen Stoffen schützen. Bei einer erteilten Erlaubnis oder Erlaubnis unter bestimmten Bedingungen für den Import der Chemikalie ist die geplante Verwendung zu klären oder sind die beteiligten Firmen zu prüfen. Generell bedeutet eine erteilte Erlaubnis dabei allerdings nicht, dass dieser Stoff dann automatisch auch importiert wird.

Ein weiterer wichtiger Aspekt im PIC-Verfahren ist zudem der öffentliche Informationsaustausch über den Zugang zu Alternativen⁴³ zu den Chemikalien des Anhang III im Hinblick auf die Reduzierung ihrer Risiken (siehe Artikel 15 der Konvention). Zudem beschreibt der Anhang I die Informationsanforderungen für die Notifizierung von Stoffen im Rahmen des PIC-Verfahrens. Relevante Informationen sind dort unter anderem Informationen zu Alternativen und deren Risiken.

Vergleich der gelisteten POP in Stockholm- und Rotterdam-Konvention

Zu den Stoffen des Anhang III zählen auch Stockholm-POPs. Von den ersten 12 POPs sind alle 9 Pestizide sowie PCB und DDT in der Rotterdam-Konvention gelistet. Nur die PCDD/PCDF sind nicht im Anhang III nach Rotterdam gelistet. Von den 18 neu gelisteten POPs unter der Stockholm-Konvention sind 10 POPs auch in Anhang III der Rotterdam-Konvention gelistet (siehe Tabelle 28).

Tabelle 28 Neue POPs nach Stockholm-Konvention, die auch unter dem Anhang III der Rotterdam-Konvention gelistet sind

Neue POPs	Stockholm-Konvention		Rotterdam-Konvention Anhang III
	Anhang	Listung	
Alpha-Hexachlorcyclohexan	A	2009	Ja
Beta- Hexachlorcyclohexan	A	2009	Ja
Lindan	A	2009	Ja
Chlordecon	A	2009	Nein

⁴³ Mit Alternativen sind zum Beispiel Strategien im integrierten Pflanzenschutz gemeint, oder industrielle Praktiken oder Prozesse, einschließlich sauberer Technologien.

Neue POPs	Stockholm-Konvention		Rotterdam-Konvention Anhang III
	Anhang	Listung	
Hexabromobiphenyl (HBB)	A	2009	Nein
PFOS	B	2009	Ja
Hexa-/HeptaBDE (kommerzielles OctaBDE)	A	2009	Ja
Tetra-/PentaBDE (kommerzielles PentaBDE)	A	2009	Ja
Pentachlorbenzol (PeCB)	A & C	2009	Nein
Technisches Endosulfan (und Endosulfan—Isomere)	A	2011	Ja
Hexabromocyclododecan (HBCD)	A	2013	Ja
Hexachlorbutadien (HCBD)	A & C	2015	Nein
Polychlorierte Naphthaline (PCN)	A & C	2015	Nein
Pentachlorphenol (PCP) und seine Salze und Ester	A	2015	Ja
SCCP	A	2017	Ja
DekaBDE (kommerzielles DekaBDE)	A	2017	Nein
Dicofol	A	2019	Nein
Perfluorooctansäure (PFOA), ihrer Salze und Vorläuferverbindungen	A	2019	Nein

Inzwischen sind diejenigen wichtigsten Industriechemikalien, die in der Stockholm-Konvention mit Ausnahmen gelistet sind, gleichermaßen in der Rotterdam-Konvention registriert (Endosulfan, HBCD, PCP, PBDE (2009), PFOS, SCCP). Auch die erst kürzlich gelisteten industriellen POPs (DekaBDE und PFOA) wurden mittlerweile vom *Chemical Review Committee* der Rotterdam-Konvention für die mögliche Listung vorgeschlagen (UNEP, 2019a, 2019b).

Es wären im Ergebnis dann alle industriellen POPs der Stockholm-Konvention auch in der Rotterdam-Konvention gelistet. Ihr Export und Import könnte somit über den PIC-Prozess kontrolliert werden. Eine vertiefte Analyse der in diesem Prozess leider noch auftretenden praktischen Probleme – so sind etwa als Additive in Produkten enthaltene POPs, z.B. SCCP in Spielzeug, Kabeln oder Yogamatten, bisher nicht gekennzeichnet; es fehlen für neu gelistete POPs HS-Codes für eine einfache Erkennung durch den Zoll (Korucu et al., 2015) – ginge allerdings über den Rahmen dieses Projekts hinaus.

Vergleich der Einfuhrgenehmigungen nach Rotterdam- und der registrierten Ausnahmen nach Stockholm-Konvention

Alle 164 Vertragsparteien der Rotterdam-Konvention sind auch Vertragsparteien der Stockholm-Konvention. Wenn eine Vertragspartei ein gelistetes und ratifiziertes POP zur

Verwendung importiert, dann sollte das Land grundsätzlich neben dem PIC Prozess auch dieses POP als Ausnahme nach Artikel 4 der Stockholm-Konvention registriert haben. Eine Ausnahme davon stellt der Import von POP-Abfällen zur umweltgerechten Entsorgung dar, der dann aber einer Notifikation unter dem Basler Übereinkommen bedarf (Kapitel 3.8.4). Umgekehrt müsste ein Land, das eine Ausnahmegenehmigung für die Stockholm-Konvention registriert hat, welche nur für aus einem anderen Land importierte POPs in Anspruch genommen wird, eine Einfuhrgenehmigung nach Rotterdam-Konvention für die Substanz gemeldet haben.

Für Alpha-HCH und Beta-HCH liegen keine spezifischen Ausnahmeregelungen unter Stockholm für die Verwendung vor. Daher kann auch keine registrierte Ausnahme nach Artikel 4 vorliegen.

Somit wurden 8 neu gelistete POPs (Lindan, PFOS, Hepta/HexaBDE und Tetra/PentaBDE, Endosulfan, HBCD, PCP, SCCP, DDT, die nach Tabelle 28 in beiden Konventionen gelistet sind, für eine Analyse mit der BRS-Website abgeglichen, um die von den Vertragsparteien eingereichten Einfuhrantworten (BRS Secretariat, o. J.-a) einzusehen. Für die Untersuchung wurde zusätzlich DDT als Vertreter der alten POPs herangezogen, da für DDT noch eine Ausnahmeregelung unter der Stockholm-Konvention existiert. Die Datenbank der Rotterdam-Konvention unterscheidet in den Einfuhrbestimmungen folgende mögliche Entscheidungen (siehe auch in der Beschreibung oben).

- ▶ Keine Zustimmung zur Einfuhr
- ▶ Zustimmung zur Einfuhr
- ▶ Zustimmung zur Einfuhr nur unter bestimmten Bedingungen

In Tabelle 29 sind für die 9 herangezogenen POPs diejenigen Vertragsparteien aufgelistet, welche unter der Rotterdam-Konvention eine allgemeine *Zustimmung zur Einfuhr* dieser Chemikalien erteilt haben sowie in der benachbarten Spalte diejenigen Vertragsparteien mit einer *Zustimmung zur Einfuhr nur unter bestimmten Bedingungen*. In der letzten Spalte ist dem gegenübergestellt, ob diese Partei unter der Stockholm-Konvention eine entsprechende Ausnahme nach Artikel 4 registriert hat bzw. diese bereits abgelaufen oder zurückgenommen wurde.

Tabelle 29 Vergleich der Einfuhrgenehmigungen nach Rotterdam- und der registrierten Ausnahmen nach Stockholm-Konvention

POPs die in der Stockholm-Konvention mit Ausnahmen und in der Rotterdam-Konvention in Anhang III gelistet sind	Vertragspartei mit Zustimmung zur Einfuhr unter Rotterdam-Konvention	Vertragspartei mit einer bestimmten Einfuhrgenehmigung Anhang III Rotterdam-Konvention	Ausnahme nach Artikel 4 Stockholm-Konvention vorhanden
Lindan		China, Nigeria	Ausnahme registriert
	Zypern, Nordkorea, Kenia	Australien, Benin, Äthiopien, Ungarn, Indien ^{a)} , Jamaika, Malaysia, Mexico, Neuseeland, Philippinen, Rumänien, Senegal, Singapur, Südafrika, Togo, Trinidad & Tobago, Tansania	Keine Ausnahme registriert
PFOS		Brasilien, Kanada, China, EU, Nigeria, Norwegen, Schweiz, Türkei	Ausnahme registriert
	Costa Rica, El Salvador, Honduras, Jordanien, Gabun, Panama, Russland ^{a)}	Australien, Bosnien Herzogowina, Burkina Faso, Kolumbien, Indonesien, Japan, Laos, Lesotho, Malaysia, Nord Mazedonien, Peru, St.-Kitties, Serbien, Palistina, Thailand, Tansania, Ukraine	Keine Ausnahme registriert
Hepta/HexaBDE und Tetra/PentaBDE ^{b)}		EU, Türkei	Ausnahme registriert
	Costa Rica, El Salvador, Panama, Russland ^{a)}	Australien, Bosnien-Herzegowina, Burkina Faso, Indonesien, Jordanien, Laos, Lesotho ^{c)} , Malaysia, Nigeria, Nord Mazedonien, Peru, Serbien, Singapur, Thailand, Ukraine	Keine Ausnahme registriert
Endosulfan	Guatemala		Ausnahme registriert
	Panama	Australien, Chile, El Salvador, Gabun, Malaysia, Mexico, Singapur, Uruguay	Keine Ausnahme registriert
HBCD		China	Ausnahme registriert
	Russland ^{a)}	Australien, Bosnien und Herzegowina, Eritrea, Gabun, Kanada ^{a)} , Singapur, Thailand	Keine Ausnahme registriert

POPs die in der Stockholm-Konvention mit Ausnahmen und in der Rotterdam-Konvention in Anhang III gelistet sind	Vertragspartei mit Zustimmung zur Einfuhr unter Rotterdam-Konvention	Vertragspartei mit einer bestimmten Einfuhrgenehmigung Anhang III Rotterdam-Konvention	Ausnahme nach Artikel 4 Stockholm-Konvention vorhanden
PCP und seine Salze und Ester		Mexico	Ausnahme registriert
	Kanada ^{a)} , Dominikanische Republik, Slowenien ^{a)} , Uruguay	Australien, Äthiopien, Benin, Bulgarien, China, Tschechien, Nordkorea, Malawi, Singapur, Togo	Keine Ausnahme registriert
SCCP	El Salvador, Eritrea, Russland ^{a)}	Albanien, Australien, Bosnien-Herzegowina, Burkina Faso, China, EU, Gabun, Guatemala, Indonesien, Japan, Laos, Malaysia, Nigeria, Nord Mazedonien, Peru, Serbien, Singapur, Thailand, Türkei, Ukraine	Keine Ausnahme registriert
DDT	Indien, Mauritius,	Äthiopien, Madagaskar, Südafrika	Ausnahme registriert
	Kenia, Nepal, Tansania	Bolivien, Gambia, , Malawi, Mali, Mexico, Philippinen, Singapur	Keine Ausnahme registriert

^{a)} Partei, die nach Artikel 25(4) ratifiziert hat und das jeweilige neu gelistete POP noch nicht ratifiziert hat.

^{b)} Diese PBDE werden nicht mehr hergestellt aber die Ausnahme betrifft das Recycling von Abfall und Rezyklaten.

^{c)} nur für Tetra/PentaBDE

Insgesamt haben 19 verschiedenen Vertragsparteien für die 9 POPs eine allgemeine Zustimmung zur Einfuhr in Anspruch genommen, Russland hat am häufigsten Importbescheide (4 POPs) über die Zustimmung einer allgemeinen Einfuhr erstellt. Es folgen Costa Rica und El Salvador mit jeweils 3 POPs.

Bei dem Vergleich mit einer *Zustimmung zur Einfuhr nur unter bestimmten Bedingungen* fällt auf Anstieg auf, dass es viel mehr Vertragsparteien sind, die eine Genehmigung in Anspruch genommen haben. Insgesamt haben 58 Vertragsparteien eine Zustimmung unter bestimmten Bedingungen in Anspruch genommen. Am häufigsten haben diese Option Australien (Lindan, PFOS, hexa-/heptaBDE, tetra-/pentaBDE, Endosulfan, HBCD, PCP, SCCP) und Singapur (Lindan, hexa-/heptaBDE, tetra-/pentaBDE, Endosulfan, HBCD, PCP, SCCP, DDT) genutzt, mit je 8 POPs. Weitere Industrieländer und Entwicklungs- bzw. Schwellenländer, die bislang eine *Zustimmung zur Einfuhr nur unter bestimmten Bedingungen* gegeben haben sind, Malaysia (6 POPs) sowie China, Nigeria, Thailand und Bosnien-Herzegowina mit 5 POPs.

Wenn man die Listungen vergleicht, zeigt sich, dass drei Staaten mit einer gelisteten allgemeinen Einfuhrgenehmigung (*Zustimmung zur Einfuhr*) für ein POP dafür auch gleichzeitig eine Ausnahme für die Stockholm-Konvention registriert haben. Guatemala hat für Endosulfan sowohl eine Einfuhrgenehmigung als auch eine spezifische Ausnahme gelistet. Für das unter der

alten POPs fallende DDT haben Indien und Mauritius sowohl eine Einfuhrgenehmigung als auch eine spezifische Ausnahme gelistet.

In der Entscheidungskategorie *Zustimmung zur Einfuhr nur unter bestimmten Bedingungen* haben mehrere Vertragsparteien sowohl die Rotterdam-Zustimmung als auch gleichzeitig eine Ausnahme für die Stockholm-Konvention registriert. Für Lindan haben China und Nigeria, für PFOS Brasilien, Kanada, China, EU, Nigeria, Norwegen, Schweiz, Türkei, für die POP-BDE die EU und die Türkei, für HBCD China sowie für PCP und seine Salze und Ester Mexico sowohl eine bestimmte Einfuhrgenehmigung als auch eine spezifische Ausnahme gelistet. Für die Industriechemikalie SCCP liegen keine registrierten Ausnahmen in Verbindung mit einer der beiden Antworten bei einer Zustimmung zur Einfuhr vor.

Für alle anderen Länder gibt es bei registrierten allgemeinen Einfuhrgenehmigungen keine entsprechend registrierten Ausnahmen. Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass hier auch Vertragsstaaten aufgeführt sind, welche mit Berufung auf Artikel 25(4) POPs noch nicht ratifiziert haben und diese folglich importieren können, ohne eine Ausnahme beantragt zu haben. Dies ist für Russland, Indien und Kanada der Fall (siehe Tabelle 29). So verwendet zum Beispiel Kanada PCP für die Behandlung von Holzstrommasten und muss es dafür importieren. Da Kanada aber dieses POP noch nicht ratifiziert hat, muss bzw. kann es PCP nicht als Ausnahme registrieren.

Es muss betont werden, dass die erteilten Einfuhrgenehmigungen der Länder noch kein Indiz für einen Verstoß gegen die Stockholm-Konvention darstellen, da eine Genehmigung zur Einfuhr noch nicht eine tatsächliche Einfuhr beweist.

Wenn man allerdings den Synergiegedanken ernst nimmt, sollten stets die erteilten Einfuhrgenehmigungen (Importbescheide) unter der Rotterdam-Konvention mit den registrierten Ausnahmen unter der Stockholm-Konvention übereinstimmen. Eine entsprechende Forderung könnte so aussehen, dass ein Land nur mit einer Ausnahme nach Artikel 4 unter der Stockholm-Konvention auch eine entsprechende Einfuhrgenehmigung unter der Rotterdam-Konvention beantragen dürfte. Damit wäre eine bessere Kontrolle der POP-Stoffflüsse durch die Vertragsstaaten bzw. die Verantwortlichen für die Stockholm-Konvention gewährleistet, statt diese Verantwortung an andere, für die Umsetzung der Rotterdam-Konvention zuständige Institutionen oder an die Chemikalien importierenden Firmen zu delegieren.

Weitere Auffälligkeiten aus dem Vergleich von Stockholm- und Rotterdam-Konvention

Generell ist die Frage aufzuwerfen, inwieweit die Begründungen für eine Einfuhr bzw. bestimmten Einfuhr einer Chemikalie unter Rotterdam-Regelungen der aktuellen rechtlichen Situation entspricht. Ebenso ob dies auch für die im PIC-Verfahren zuständige Stelle (die sogenannte *Designated National Authority*, DNA) übereinstimmt. Zudem gibt es eine Reihe von Zwischenlösungen (vorläufigen Antworten) sowie spezifischen Begründungen einer Einfuhrgenehmigung, deren Evaluierung und Diskussion aber über den Rahmen dieses Projektes hinausgehen.

Weiterhin ist bei dem Vergleich aufgefallen, dass bei den Zustimmungen für eine Einfuhr es solche gibt, bei denen kein Grund angeführt wird, aber dennoch eine Listung erfolgt, was widersprüchlich zum Konventionstext ist.⁴⁴ So sind beispielsweise für Alpha- und Beta-HCH zwei Staaten (Kongo und Tansania) mit einer Zustimmung zur Einfuhr gelistet ohne einen Grund zu nennen. Drei Staaten (Indien, Nepal und Uganda) haben sich auf den Grund „mehr Zeit

⁴⁴ Laut Rotterdam-Konvention müsste ein Grund genannt werden, mit Nennung der anzuwendenden gesetzlichen Regelwerke, aus dem eine Zustimmung zur Einfuhr erteilt wird.

notwendig“ berufen. Es ist kaum nachvollziehbar, dass die aus dem Jahr 1993 geltende Begründung heute noch gültig sein sollte.

Schaut man sich die Ausnahmen nach Artikel 4 der Stockholm-Konvention genauer an fällt auf, dass für einige POPs noch registrierte Ausnahmen von Vertragsparteien vorliegen, welche jedoch nicht im Vergleich der Rotterdam-Einfuhrgenehmigungen und der registrierten Ausnahme nach Stockholm-Konvention in Tabelle 29 abgebildet sind.

Betrachtet man daher im Umkehrschluss noch die übrig gebliebenen registrierten Ausnahmen nach Artikel 4 der Stockholm-Konvention, fällt auf, dass diese Vertragsparteien unter der Rotterdam-Konvention entweder keine Zustimmung zur Einfuhr gegeben haben oder gar keine Antwort (Importbescheid) nach Artikel 10 vorgelegt haben, was eigentlich der Fall sein sollte.

In Tabelle 30 sind in der zweiten Spalte die Vertragsparteien aufgelistet, die Ausnahmen nach Artikel 4 erteilt haben, welche nicht im Zusammenhang mit einer Einfuhrgenehmigung stehen. In der nächsten Spalte ist die Anzahl an vorhandenen Importbescheiden von den 164 Vertragsstaaten, welche die Rotterdam-Konvention ratifiziert haben, angegeben. In den beiden letzten Spalten sind die Vertragsparteien gelistet, die entweder keiner Einfuhr zugestimmt haben oder gar keinen Importbescheid nach Artikel 10 der Rotterdam Konvention abgegeben haben.

So liegen beispielsweise noch registrierte Ausnahmen nach Artikel 4 für HBCD von Brasilien, Tschechien, EU, Südkorea, Saudi-Arabien sowie Türkei vor. Die EU und die Türkei haben unter der Rotterdam-Konvention für diese Chemikalie keine Zustimmung zu einer Einfuhr erteilt. Brasilien, Tschechien, Südkorea und Saudi-Arabien haben nicht einmal einen Importbescheid abgegeben. Insgesamt haben nur 26 Vertragsparteien zu HBCD eine Antwort an das Sekretariat gegeben.

Tabelle 30: Vergleich der Ausnahmen nach Stockholm- und der Importbescheide nach Rotterdam-Konvention

POPs	Vertragsparteien mit Ausnahme nach Artikel 4 Stockholm-Konvention, die noch nicht in Tabelle 29 berücksichtigt sind	Anzahl an Importbescheiden von Vertragsparteien unter Rotterdam-Konvention	Vertragspartei mit keiner Zustimmung zur Einfuhr unter Rotterdam-Konvention	Vertragspartei ohne Importbescheid zum zukünftigen Import der Chemikalie (Artikel 10)
Lindan	Kanada, Sri Lanka	127 von 164	Kanada, Sri Lanka	
PFOS	Tschechien, Iran, Vietnam	59 von 164		Tschechien, Iran, Vietnam
Hepta/HexaBDE	Brasilien, Kambodscha, Japan, Südkorea, Kanada, Tschechien, Iran	59 von 164	Brasilien, Japan, Kanada	Kambodscha, Südkorea, Tschechien, Iran
Tetra/PentaBDE	Brasilien, Kambodscha, Japan, Südkorea, Kanada, Tschechien, Iran, Vietnam	61 von 164	Brasilien, Japan, Kanada	Kambodscha, Südkorea, Tschechien, Iran, Vietnam

POPs	Vertragsparteien mit Ausnahme nach Artikel 4 Stockholm-Konvention, die noch nicht in Tabelle 29 berücksichtigt sind	Anzahl an Importbescheiden von Vertragsparteien unter Rotterdam-Konvention	Vertragspartei mit keiner Zustimmung zur Einfuhr unter Rotterdam-Konvention	Vertragspartei ohne Importbescheid zum zukünftigen Import der Chemikalie (Artikel 10)
Endosulfan	China, Costa Rica, Zambia	94 von 164	China, Costa Rica	Zambia
HBCD	Brasilien, Tschechien, EU, Südkorea, Saudi-Arabien, Türkei	26 von 164	EU, Türkei	Brasilien, Tschechien, Südkorea, Saudi-Arabien,
PCP und seine Salze und Ester	Keine weitere vorhanden	126 von 164		
SCCP	Keine vorhanden	50 von 164		
DDT	Botswana, Eritrea, Marshall-Inseln, Mauritius, Micronesien, Mozambique, Namibia, Senegal, Swasiland, Uganda, Venezuela, Yemen, Sambia, Simbabwe, China, Marokko, Myanmar	134 von 164	Eritrea, Mauritius, Mozambique, Senegal, Uganda, Venezuela, Yemen, Sambia, Simbabwe, China, Marokko	Botswana, Marschall Inseln, Micronesien, Namibia, Swasiland, Myanmar

3.8.4 Synergien mit der Basel-Konvention

Bereits im Jahr 1989 verabschiedete das *United Nations Environmental Programme* (UNEP) die Basel-Konvention über die *Kontrolle grenzüberschreitender Bewegungen von gefährlichen Abfällen und deren Entsorgung*. Sie trat 1992 in Kraft und soll den internationalen Handel mit Gefahrstoffen und Abfälle (Sonderabfall) regulieren, deren umweltgerechte Entsorgung möglichst nahe beim Ort ihrer Entstehung sicherstellen sowie generell die Menge der produzierten Sonderabfälle reduzieren. Aktuell haben 188 Vertragsparteien die Konvention ratifiziert und somit im Vergleich mit den beiden Chemikalienübereinkommen die größte Anzahl an Vertragsparteien. Kernpunkte sind hierbei, wie von Zotz et al. (2020) detailliert ausgeführt, die Reduzierung der Erzeugung von Abfällen (Artikel 4 Abs. 2 lit. a), die Entsorgung von Abfällen möglichst am Entstehungsort (Artikel 4 Abs. 2 lit. b), die grundsätzliche Eindämmung von Risiken, die mit der grenzüberschreitenden Verbringung von gefährlichen Abfällen einhergehen (Artikel 4 Abs. 2 lit. c), die Beschränkung der grenzüberschreitenden Verbringung auf ein Mindestmaß, das mit der umweltgerechten und wirksamen Behandlung vereinbar ist (Artikel 4 Abs. 2 lit. d) und die allgemeine Kontrolle und Überwachung von grenzüberschreitenden Verbringungen. Das Basler Übereinkommen findet Anwendung auf gefährliche Abfälle im Sinne des Artikel 1 Abs. 1 und sogenannte „andere Abfälle“ im Sinne des Artikels 1 Abs. 2, worunter Haushaltsabfälle und Rückstände aus der Verbrennung von Haushaltsabfällen subsumiert werden. Darin ist insbesondere geregelt, dass die Verbringung von gefährlichen Abfällen und

anderen Abfällen nur zulässig ist, wenn im Vorfeld alle beteiligten Staaten informiert wurden und dem Import und dem Export sowie ggf. der Durchfuhr zugestimmt haben. Verbringungen in Staaten, die nicht Vertragspartei der Basel-Konvention sind, sind unzulässig, es sei denn, es bestehen Übereinkünfte nach Art. 11, die den Vorgaben des Übereinkommens entsprechen. Die Konvention enthält Regelungen für eine eventuelle Rücknahme von Abfällen, falls eine Verbringung nicht wie vorgesehen abgeschlossen werden kann (Artikel 8), oder bei zuvor illegaler Verbringung (Artikel 9).

Entsorgung von POP-Abfällen

Eine wichtige Synergie der Stockholm- und Basel-Konvention ist bei der Entsorgung von POP-Abfällen gegeben. POP-Abfallprojekte in Entwicklungs- und Schwellenländern werden im Rahmen der Implementierung der Stockholm-Konvention entwickelt und realisiert, da sie nur im Rahmen der Stockholm-Konvention als GEF-Projekte durchgeführt werden können. Es gibt keine GEF-Projekte, um die Basel-Konvention zu implementieren (GEF, o. J.).

In Entwicklungsländern gibt es meistens keine Anlagen, über die POP-Abfälle umweltgerecht entsorgt werden können. Von daher ist meist ein Export der POP-Abfälle (bisher vor allem POP-Pestizide und PCBs) aus den Entwicklungsländern in die Industrieländer notwendig. Für diesen Export müssen dann Notifizierungen gemäß der Basel-Konvention getätigt werden. Beim Notifizierungsverfahren müssen Abfälle vor Beginn der Abfallverbringungen und für jeden Abfalltransport vorkontrolliert werden. Der Exporteur hat die geplante Verbringung von Abfällen mittels Notifizierungsformular und Begleitformular sowie weiterer erforderlicher Unterlagen bei der in seinem Heimatland zuständigen Behörde zu beantragen. Grenzüberschreitende Abfallverbringungen sind nur dann zulässig, wenn vorher die zuständigen Behörden am Versandort (Exportstaat) und am Bestimmungsort (Importstaat) schriftlich zugestimmt haben. Für die Durchfuhr zuständige Behörden (Transitstaaten) müssen auch zugestimmt haben. Die Zustimmungen aller Behörden müssen gesammelt vorliegen. In den letzten 20 Jahren hat sich gezeigt, dass öfters POP-Abfallprojekte an diesen Notifizierungsverfahren scheitern. Das liegt unter anderem daran, dass das Basel-Notifizierungsverfahren sehr lange dauern kann (in manchen Fällen ein Jahr und mehr).⁴⁵ In manchen Fällen reagiert die Basel-Anlaufstelle gar nicht, und in einigen Ländern wird die Durchfuhr von POP-Abfällen nicht erlaubt. Dies war ein Faktor, warum die letzten 15 Jahre POP-Abfälle aus den postsowjetischen Staaten, die die größten Mengen an POP-Pestizidabfälle besitzen (Vijgen et al., 2013), oft nicht exportiert und entsorgt werden konnten.

Auch der Versuch, Plastik aus in afrikanischen Staaten verarbeitetem Elektronikschrott zum Recycling nach Europa zu exportieren, scheiterte an der Basel-Notifizierung. Dabei war der wichtigste Grund, dass Schifffahrtsunternehmen keine notifizierungspflichtigen Abfälle befördern wollten, da dies zu Schwierigkeiten führen kann und man die Fahrtroute nicht mehr ändern kann, da diese in der Notifizierung festgelegt ist.⁴⁶

Für eine bessere Synergie müsste hier die Basel-Notifizierung effektiver und schneller gestaltet werden. Es sollte sichergestellt werden, dass alle Basel-Anlaufstellen in Ländern zeitnah kommunizieren und erreichbar sind. Für die Entsorger und Transporteure sollte der Notifizierungsprozess von POP-Abfällen aus Entwicklungsländern so gestaltet werden, dass er keinen Hinderungsgrund für einen Export von POP-Abfällen darstellt, wenn dieser nicht umweltgerecht in den Herkunftsländern entsorgt werden kann.

⁴⁵ Stephan Robinson (seit 15 Jahren in Projekten zum POP-Management involviert), persönliche Kommunikation mit Roland Weber 02.09.2021.

⁴⁶ Chris Slijkhuis, Gedanken zu BFRs im WEEE-Kunststoffrecyclingprozess. persönliche Kommunikation mit Roland Weber 29.06.2021.

Insgesamt müssen aber auch weltweit Kapazitäten für die Entsorgung von POP-Abfällen ausgebaut werden, da das bestehende Entsorgungsproblem der vielen Millionen Tonnen in Entwicklungsländern lagernden POP-Abfälle nicht allein durch deren Export gelöst werden kann. Hier versucht beispielsweise die GIZ, in Entwicklungs- und Schwellenländern die Mitverbrennung von Abfällen in Zementwerken und Verbrennungsanlagen zu unterstützen.

Synergien beim Management von POPs in Plastik

Mit der Listung der bromierten Flammschutzmittel (PBDE, HBCD, HBB), der Chlorparaffine (SCCP, mittlerweile zusätzlich auch MCCP im POPRC vorgeschlagen) und PFOA fallen nun relevante Mengen von Plastik und anderen Polymeren in Gebäuden, EEE und Fahrzeugen in die Kategorie der POPs enthaltenden Materialien. Eine aktuelle Studie hat gezeigt, dass die in China produzierten Chlorparaffine zu einem Großteil eine Mischung aus SCCP und MCCP darstellen, die einen SCCP-Anteil von über 1 % aufweisen (Chen et al., 2021; Xia et al., 2021). Die 13 analysierten CP52-Produkte (das meist produzierte technische Chlorparaffin mit 52 % Chloranteil) hatten SCCP-Gehalte zwischen 21,6 und 51,4 % (Xia et al., 2021). Somit sind ca. 1 Million Tonnen der in China produzierten Chlorparaffine POPs (Guida et al., 2022). Diese werden in China zu mehr als 90 % als Plastik-/Polymeradditive verwendet (Chen et al., 2021). Daraus resultieren bei Annahme einer Additivzugabe von 10 % zusätzliche 10 Millionen Tonnen POP-haltige Produkte pro Jahr allein aus der Verwendung von Chlorparaffinen.

Auf der Vertragsstaatenkonferenz 2017 und 2019 gab es jeweils ein INF-Dokument, das das Thema „POPs in Plastik“ thematisierte (UNEP, 2017a, 2019k). Darin wurde 2017 der Vorschlag gemacht, dass die Regionalzentren von Basel- und Stockholm-Konvention Plastikabfall als eigenes Arbeitsfeld definieren. Dies wurde auf der COP8 bzw. CHW13 begrüßt, und es werden seitdem viele Plastikabfall-Projekte im Rahmen der Basel-Konvention durchgeführt (BRS Sekretariat, o. J.-f). Die aktuellen Vorschläge, auch MCCP und UV-328 in der Stockholm-Konvention zu listen, betreffen zwei weitere Chemikalien mit hohem Produktionsvolumen, die vor allem als Plastikadditive verwendet werden. Somit wird die Synergie auf diesem Gebiet in Zukunft noch wichtiger.

Da in wichtigen Anwendungsgebieten der POP-Plastikadditive – Automobil und Gebäude-dämmung – auch die in Deutschland ansässige Industrie eine Produktverantwortung trägt, sollte international das Management auch dieser beiden Produktionsbereiche mit den zugehörigen Abfall-/Recycling-Stoffströme in Entwicklungsländern durch deutsches Engagement verbessert werden, wie es von der GIZ schon seit Jahren für Elektroschrott praktiziert wird.⁴⁷

Leitfäden und Anleitungsdokumente der Konventionen

Sowohl für die Implementierung der Stockholm- wie auch der Basel-Konvention existieren Anleitungen für das Management von POPs. Dabei werden die BAT/BEP-Dokumente der Stockholm-Konvention als Anleitungen (*Guidance*) bezeichnet, mit Ausnahme des BAT/BEP-Dokuments für unbeabsichtigte POPs. Im Unterschied dazu werden die entsprechenden technischen Dokumente der Basel Konvention als Leitfäden (*Guidelines*) bezeichnet. Dabei laufen die Prozesse der Entwicklung der Dokumente größtenteils unabhängig voneinander ab. Bei den Dokumenten gibt es gewisse Überschneidungen, die sich aus den Verantwortungsbereichen der Konventionen ergeben. Die Stockholm-Konvention regelt den gesamten Lebenszyklus der POPs einschließlich der Entsorgung, während die Vorschriften der Basel-Konvention vor allem die grenzüberschreitende Abfallentsorgung betreffen. In der praktischen Umsetzung werden alle POP-Abfallprojekte (z.B. Pestizid-Abfallprojekte und PCB-Abfallprojekte) im Rahmen der Implementierung der Stockholm-Konvention durchgeführt, da

⁴⁷ Zwei Beispiele hierfür sind das von 2016-2026 angelegte Projekt *Environmentally Sound Disposal and Recycling of E-waste in Ghana* (GIZ, 2016) oder das 2020 etablierte, auf drei Jahre angelegte Projekt *'E-Safai'* (RLG & GIZ, 2020).

alle GEF-Projekte in diesem Bereich Implementierungsprojekte der Stockholm-Konvention sind. Das BAT/BEP-Dokument der Stockholm-Konvention, das für das Recycling und Management von PBDE-belastetem Abfallplastik entwickelt wurde, enthält auch ein Kapitel zur thermischen Verwertung des Plastiks in Verbrennungsanlagen, Zementwerken und Metallschmelzen. Darin wird detailliert die Problematik der thermischen Behandlung bromierter Verbindungen betrachtet, einerseits das Problem der Eliminierung von elementarem Brom im Rauchgas vor dem Hintergrund des hohen Korrosionspotentials von Brom, und andererseits das Problem der Bildung von bromierten und gemischthalogenierten Dioxinen/Furanen (PBDD/PBDF). Zu diesem Teil entstand eine Kontroverse, da verschiedene Akteure der Basel-Konvention in ihrer Kommentierung eine Streichung vorschlugen, obwohl der weniger detaillierte Technische Leitfaden zur Basel-Konvention diese wichtigen Details nicht enthält (UNEP, 2019m). Letztlich wurde die Information im BAT/BEP-Dokument beibehalten, allerdings in einen Anhang verschoben (UNEP, 2021a).

Es wäre sinnvoll zu überprüfen, ob für gewisse Themen gemeinsame Stockholm/Basel-Dokumente erstellt werden könnten und hierbei die *Open-ended Working Group* (OEWG) der Basel-Konvention und die BAT/BEP-Expertengruppe der Stockholm-Konvention enger miteinander kooperieren könnten.

3.8.5 Synergien mit dem SAICM-Prozess

Bei einer Umfrage für den UNEP-Bericht zu den Erfahrungen bei der Entwicklung und der Implementierung von NIPs zur Stockholm-Konvention (Weber et al., 2018) bestätigten 95 % der interviewten Vertragsparteien (Entwicklungsländer), dass die Arbeiten zur Stockholm-Konvention mit den Arbeiten zu anderen multinationalen Abkommen verknüpft würden: dem Basler und dem Rotterdamer Übereinkommen, dem Minamata-Übereinkommen und dem Strategischen Ansatz zum internationalen Chemikalienmanagement (SAICM). Diese synergistische Umsetzung sei vor allem durch die Begrenzung der personellen und finanziellen Ressourcen getrieben, die es schwierig mache, Multilaterale Übereinkommen (MEAs) jeweils einzeln zu erfüllen. Insofern habe sich der synergistische Ansatz als der kostengünstigste und technisch machbarste erwiesen. Von daher sollten Überlegungen angestellt werden, wie in Zukunft in Entwicklungsländern der weitere Kapazitätsaufbau für die Stockholm-Konvention (und andere Chemikalienkonventionen) sowie derjenige für SAICM stärker miteinander verzahnt werden können, um ein internationales Chemikalienmanagement besser finanzieren zu können.

Im Leitfaden für die Erstellung von NIPs unter der Stockholm-Konvention (UNEP, 2017e) wird betont, dass die Entwicklung, Überprüfung und Aktualisierung eines NIP auf bestehenden Arbeiten und Bewertungen aufbauen sollen. Dabei wird neben früheren NIPs auch auf die nationalen Umsetzungspläne (NAPs) des Strategischen Konzepts für das internationale Chemikalienmanagement (SAICM) und auf GHS Strategien verwiesen. Umgekehrt empfiehlt auch der Leitfaden für die Erstellung eines SAICM-NAP (UNITAR, 2009), auf dem Stockholm-NIP aufzubauen und erwähnt, dass ggf. kein eigener SAICM-NAP benötigt wird.⁴⁸

Es gibt bisher noch relativ wenige SAICM-NAPs (SAICM, 2019) und keine spezifischen internationalen Förderungsmechanismen für deren Entwicklung und vor allem Implementierung. Zurzeit gibt es aber auch keine spezifische GEF-Finanzierungsrunde für

⁴⁸ Executive Summary, 3. Absatz: *While the development of SAICM implementation plans is encouraged, they are entirely voluntary and are not necessarily needed in all cases. It is also important to note that for both the process and substance of a SAICM implementation plan, existing national and regional mechanisms should be considered and used (e.g. national chemical safety committees or regional health and environment initiatives), as appropriate. The substance of such plans can also build on the significant body of materials that already exist, such as national planning documents, National Chemicals Management Profiles, and Stockholm Convention National Implementation Plans, among others. (UNITAR, 2009)*

neuerliche NIP-Aktualisierungen, um die 2015 bis 2019 neu gelisteten POPs in den NIPs zu erfassen.⁴⁹ Es erscheint somit sinnvoll, für die nächste Stufe eines nationalen Kapazitätsaufbaus für SAICM-Beyond-2020 und des Kapazitätsaufbaus für die Erfassung der in den letzten 6 Jahren gelisteten POPs zu prüfen, ob es sinnvoll ist, diese Aktivitäten zu verzahnen. Dabei sollte auch überprüft werden, inwieweit entweder NIPs zur Stockholm-Konvention und SAICM-NAPs miteinander verknüpft werden können, wie etwa im NIP von Surinam (The Government of Suriname, 2019), oder ob es möglich wäre, ein integriertes gemeinsames Dokument für beide Verwendungszwecke zu entwickeln.

In mehr als 100 Entwicklungsländern wurde für die Entwicklung und für die Aktualisierung des NIP ein nationales Koordinationskomitee aus verschiedenen Ministerien und Stakeholdern einschließlich NGOs entwickelt. Eine ähnlich breite Aufstellung von nationalen Koordinationskomitees gab es mit Ausnahme von einigen Quick-Start-Projekten für das vergleichsweise eher unterfinanzierte SAICM nicht. Jedoch enthält auch der Leitfaden für den SAICM-NAP ein Kapitel zur Entwicklung von nationalen Koordinierungsmechanismen. Dadurch sollen verschiedene internationale Abkommen koordiniert werden. Es wäre folglich sicher sinnvoll, diese Koordinierung durch nationale SAICM-Aktivitäten zu fördern. Allerdings wären eine entsprechende Finanzierung und personelle Ressourcen für solch einen Kapazitätsaufbau bereitzustellen. Auch hier könnte demnach eine Kooperation des SAICM-Nachfolgeprozesses mit der bisher finanziell besser ausgestatteten Stockholm-Konvention sinnvoll sein. Ein erster Schritt könnte dabei die Entwicklung von Modulen sein, die zum einen dem Kapazitätsaufbau für die neu gelisteten POPs dienen (vor allem PFOA, PFHxS, DecaBDE, SCCP), zum anderen aber gleichzeitig auch wichtige Aspekte für ein Chemikalienmanagement nach SAICM aufgreifen und umsetzen.

Als konkreter Vorschlag könnten in einer ersten Stufe Module zu den neu gelisteten PFAS (PFOS, PFOA und PFHxS) erarbeitet werden. Über die Bewertung der Alternativen könnte darin das SAICM *Emerging Policy Issue* PFAS thematisiert werden, aber auch wichtige weitere Themen. Hierzu würden die Bewertung von Alternativen und die Nachhaltige Chemie zählen – unter Nutzung eines breit angelegten Koordinationsmechanismus mit allen relevanten Stakeholdern. Auch die Vorstellung der IOMC *Toolbox* (siehe unten) könnte ein solches Modul sein. Hier wäre es möglich, POP-spezifische Fallbeispiele zu entwickeln, um daran verschiedene Aspekte der Toolbox vorzustellen, etwa die Erklärung des *Environmental Risk Assessment Toolkit* anhand der Umweltbelastung durch PFOA.

3.8.6 Synergien und Kooperation mit Aktivitäten des IOMC

Das organisationenübergreifende Programm *Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals* (IOMC) wurde 1995 von UNEP, ILO, FAO, WHO, UNIDO, und OECD gegründet, um die Empfehlungen der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung von 1992 und insbesondere die Empfehlungen zu toxischen Chemikalien umzusetzen. Ziel des IOMC ist es, die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Chemikalien und des Chemikalienmanagements zu stärken und die Effektivität der internationalen Chemikalienprogramme der einzelnen Organisationen zu erhöhen. Das IOMC fördert die Koordinierung von Strategien und Aktivitäten, um einen vernünftigen Umgang mit Chemikalien zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt zu erreichen.

Das IOMC hat mit Unterstützung der OECD die IOMC *Toolbox* für die Entscheidungsfindung im Chemikalienmanagement entwickelt (IOMC, o. J.-b). Dieses internetbasierte, über die Adresse <https://www.iomctoolbox.org/> aufrufbare Werkzeug richtet sich an Länder, die sich mit

⁴⁹ Für den ersten NIP gab es für alle Entwicklungsländer 500,000 US\$ aus Mitteln des GEF. Für die erste Aktualisierung der NIPs wurden je nach Größe des Landes 170,000 bis 250,000 US\$ bereitgestellt.

spezifischen nationalen Fragen des Chemikalienmanagements befassen wollen. Nach unserer Beobachtung ist dieses Toolkit, obwohl schon vor 10 Jahren entwickelt, leider erst wenig bei den Entwicklungsländern angekommen. Es gibt seit etwa 3 Jahren Webinare zur Toolbox, in denen IOMC-Mitglieder wie UNITAR, OECD oder UNIDO diese selbst oder spezielle Themenbereiche davon vorstellen. Die Nachfrage bzw. die Reichweite sind jedoch nicht groß, am Webinar im Dezember 2020 nahmen ca. 25 Zuhörer teil.

Die Toolbox deckt Themenbereiche wie GHS, PRTR oder Risikoabschätzung von Chemikalien ab und verlinkt auf andere Toolkits wie etwa zur *Green Chemistry* (UNIDO) oder zum *Chemical Leasing* (UNIDO). Auch hat die OECD als IOMC-Mitglied durch die *Ad hoc Group on Substitution of Harmful Chemicals* eine Zusammenstellung von Instrumenten und Leitfäden zur Bewertung von Alternativen entwickelt und als *Substitution and Alternative Assessment Toolbox* publiziert, die über den Link <http://www.oecd-satoolbox.org/> aufgerufen werden kann (OECD, o. J.). Dieses Instrument und die Ergebnisse der OECD- Arbeitsgruppe werden im Arbeitspaket 3/Kapitel 4.6.1 dieses Berichtes näher beschrieben. Mit einem Einsatz dieser Werkzeuge der Toolbox bei der Entwicklung eines NIP könnte so das spezifische Management von POPs als Vehikel genutzt werden, um darüber auch die Wahrnehmung für weiter reichende chemikalienpolitischen Ansätze zu verbessern. Es enthalten auch bereits einige der NIPs zur Stockholm-Konvention schon im Aktionsplan manche der oben genannten Themenbereiche des IOMC Toolkit (wie z.B. die NIPs von Myanmar, 2020 oder Pakistan, 2019).

3.9 Zusammenfassung und Empfehlungen aus dem Arbeitspaket 2

3.9.1 Listungsprozess in der Stockholm-Konvention

Bisher wurden alle Substanzen, die in das POPRC eingebracht wurden, von diesem meist in der kürzest möglichen Zeit evaluiert und zur Listung vorgeschlagen. Alle vorgeschlagenen POPs wurden auf der Vertragsstaatenkonferenz auch zur Listung angenommen. Somit funktionieren die Evaluierung und Listung von POPs im POPRC und der Vertragsstaatenkonferenz bisher gut. Die Erfahrungen bei der Listung von SCCP und Endosulfan wie auch bei der Bewertung von UV-328 zeigen allerdings, dass es bei Chemikalien mit noch bestehenden kommerziellen Interessen im Bewertungsprozess zu Kontroversen und aus stoffbezogen-fachlicher Sicht nicht gerechtfertigten Verzögerungen kommen kann. Hier sollten bestehende Regeln z.B. zu Interessenkonflikten stringenter angewendet werden, um die solide wissenschaftliche Fundierung der POP-Listungen weiterhin sicherzustellen.

Im Vergleich zum Listungsprozess ist die Implementierung der Stockholm-Konvention mit deutlich größeren Herausforderungen verbunden. Neben den Bemühungen zur Listung von Stoffen als POP sollte Wert darauf gelegt werden, die Voraussetzungen zu verbessern, unter denen die Regelungen des Übereinkommens in der Praxis umgesetzt werden.

3.9.2 Vorschlagende Vertragsparteien

Für die 18 neuen POPs und die 4 POP-Kandidaten im POPRC (2020) haben von den 184 Vertragsstaaten bis 2020 nur fünf Vertragsstaaten von ihrem Recht Gebrauch gemacht, POPs vorzuschlagen (EU, Norwegen, Schweden, Schweiz und Mexiko). Mehr als die Hälfte dieser Vorschläge stammt aus der EU. 2021 kamen noch zwei weitere Vertragsstaaten mit Vorschlägen für eine POP-Listung hinzu: Das Vereinigte Königreich hat die mittelkettigen Chlorparaffine (MCCP) vorgeschlagen und Kanada hat die langkettigen Perfluoroalkylverbindungen vorgeschlagen. Damit haben nun 7 Vertragsstaaten POPs nominiert, mit Mexiko als einzigem Entwicklungsland. Im Hinblick auf die für ein weltweites Abkommen relevante globale Perspektive gibt es hier ein Verbesserung- bzw. Entwicklungspotential.

Es sollte versucht werden, zusätzliche Vertragsstaaten in den Nominierungsprozess einzubinden. Falls es ein Vorschlagsinteresse von einem Entwicklungsland gäbe, könnte es sinnvoll sein, hier bei den Arbeiten, die mit der Nominierung verbunden sind, Unterstützung zu geben, und ggf. auch Unterstützung bei den nachfolgenden Implementierungsaufgaben.

3.9.3 Gefahr der unzureichenden Nachratifizierung durch Berufung auf Artikel 25(4)

Einige der 17 sich auf Artikel 25(4) berufenden Länder ratifizieren keine oder nur wenige der neu gelisteten POPs. Dadurch wird zurzeit die Konvention für ca. 20 % der Weltbevölkerung nicht angemessen umgesetzt, da auch die NIPs dort nur mit Schwierigkeiten aktualisiert werden können. Die mögliche Weiterführung der Produktion und Verwendung in diesen Ländern und die Ausnahmeregelung nach Artikel 4(4) beim Nachratifizieren verzögern die Eliminierung der gelisteten POPs und damit auch eine effektive Umsetzung der Konvention erheblich. So werden, geschützt von der Ausnahmeregelung nach Artikel 4(4), in mehreren Ländern POPs weiter produziert und verwendet.

In Bezug auf die Unterstützung von schlecht oder nicht nachratifizierenden Ländern wurde vom Sekretariat der Stockholm-Konvention ein Bericht entwickelt, um die Nachratifizierung zu unterstützen (UNEP, 2021d). Mögliche Folgeaktivitäten des Sekretariats könnten hier ggf. unterstützt werden.

3.9.4 Gefahren und Chancen durch gewährte Ausnahmen für Produktion und Verwendung von POPs

Die aktuelle Situation, dass bei der Listung von POPs praktisch alle wichtigen Verwendungen (zunächst) als Ausnahmen gelistet sind, ist einerseits problematisch. POPs können dadurch in vielen Verwendungen auch nach einem wissenschaftlich begründeten Verbotsbeschluss weiter eingesetzt werden.

Umfangreiche Listen von Ausnahmen eröffnen andererseits aber auch die Chance, global das Thema Substitution mit sichereren und nachhaltigeren Chemikalien voranzubringen und die Ansätze der Grünen Chemie und Nachhaltigen Chemie umzusetzen. Eine verstärkte Anwendung der Ansätze zur Gruppierung von Stoffen kann es dann auch ermöglichen, umfangreiche Gruppen strukturell verwandter Stoffe in bestimmten Anwendungen gemeinsam durch nachhaltigere Ersatzstoffe oder -verfahren global zu ersetzen. Beispiele sind bromierte Flammschutzmittel und bestimmte Anwendungen von PFAS, bei denen derzeit noch der Ersatz durch ebenfalls problematische Stoffe (*regrettable substitution*) vorherrscht.

Das Thema der Gruppierung von Stoffen und der funktionalen bzw. informierten Substitution kann durch eine stärkere Verknüpfung der Aktivitäten zur Stockholm-Konvention mit den Arbeiten des IOCM und den Schwerpunkten des SAICM-Nachfolgeprozesses weltweit in den Fokus der regulatorischen und chemikalienpolitischen Aktivitäten gerückt werden.

3.9.5 Schwierigkeiten der Umsetzung in Entwicklungsländern

Das eigentliche Problem bzw. der Engpass bei der Umsetzung der Stockholm-Konvention ist die Umsetzung in den Vertragsstaaten. Insbesondere den Entwicklungsländern fehlen durchweg die Mittel, um ihrer Verpflichtung nachzukommen, die Chemikalien vernünftig zu inventarisieren und adäquat zu managen. Zum Beispiel können hochpersistente und wasserlösliche Chemikalien wie PFAS in praktisch keinem Entwicklungsland sicher deponiert oder zuverlässig zerstört werden. Weder gibt es in diesen Ländern ein Abfallmanagement, das diese Chemikalien über den Lebenszyklus adäquat erfassen könnte, noch sind geeignete Zerstörungstechnologien für diese Stoffe vorhanden.

Das Fehlen von Entsorgungs- und Zerstörungsoptionen für POPs in weiten Teilen der Welt ist ein wichtiger Grund, Produktion und Anwendung dieser Chemikaliengruppe global so schnell wie möglich zu verbieten bzw. den gesellschaftlich notwendigen Verwendungen (*essential uses*) eine sehr rigide Produkthaftung (*Extended Producer Responsibility*) aufzuerlegen.

4 Empfehlungen für Vorgaben und Anreize in der Chemikalienpolitik zur Vermeidung potenzieller POPs in Prozessen und Produkten (AP 3)

4.1 Ziel des Arbeitspaketes

Wie können Instrumente der Chemikalienpolitik gesetzliche Regelungen zur Vermeidung potenzieller POPs in Prozessen und Produkten ergänzen? Die Beantwortung dieser Frage ist die Aufgabe dieses Arbeitspaketes. Hieraus ergeben sich zwei Ziele:

- Empfehlungen für einen wirksameren Einsatz bestehender Instrumente der Chemikalienpolitik;
- Empfehlungen für die Entwicklung neuer Instrumente in der Chemikalienpolitik.

Auch in diesem Arbeitspaket sollen die Empfehlungen dazu führen, dass beim Management potentieller POPs das Vorsorgeprinzip gestärkt wird. Zukünftig sollen Einträge dieser Stoffe in die Umwelt bereits frühzeitiger unterbunden oder mindestens stark eingeschränkt werden, bevor es zu einer nicht mehr kontrollierbaren Ausbreitung und zu Schäden kommt.

4.2 Hintergrund

Das Stockholmer Übereinkommen ist die rechtliche Grundlage für das globale Verbot von Stoffen, die als POPs identifiziert wurden. Voraussetzung für eine erfolgreiche Beschränkung mit diesem Instrument ist ein breiter fachlicher und wissenschaftlicher Konsens über die problematischen Eigenschaften der Stoffe. Dies erfordert Zeit: Toxizitätstests dauern möglicherweise mehrere Jahre, als nicht-numerischer Nachweis für den Ferntransport gilt der Fund der Substanz in entlegenen Gebieten der Welt, und der Stockholm-Prozess vom Antrag bis zur Verabschiedung auf der COP dauert mindestens vier Jahre. Die Substanzen, selbst wenn sie als POPs in die Stockholm-Konvention aufgenommen wurden, sind dann noch viele Jahre auf dem Markt und werden in unterschiedlichen Prozessen und Produkten verwendet. Häufig hat sich ein Stoff dann schon weltweit verbreitet. Substanzen mit POP-Eigenschaften sollten jedoch im Sinne des Vorsorgeprinzips früh erkannt und aus Produkten und Prozessen entfernt werden, bevor sie in der Umwelt aufgefunden werden.

In der Rückschau ist bislang nicht erkennbar, dass für die im Stockholmer Übereinkommen geregelten Stoffe über dieses Verfahren Alternativen gefunden wurden, die besser und sicherer sind. In sehr vielen Fällen wurden Ersatzstoffe verwendet, die strukturelle Ähnlichkeiten mit den identifizierten POPs aufweisen und ebenfalls als problematisch einzuschätzen sind (*regrettable substitutions*, Fantke et al 2017).

Auf europäischer Ebene sieht die REACH-Verordnung für besonders besorgniserregende Stoffe (*substances of very high concern*, SVHC) im Zulassungsverfahren ihren schrittweisen Ersatz durch geeignete Alternativstoffe oder -technologien vor, sofern diese wirtschaftlich und technisch tragfähig sind. Zum Februar 2021 sind 211 Stoffe bzw. Stoffgruppen als besonders besorgniserregend erkannt und auf der REACH-Kandidatenliste gelistet worden. Diesen Einträgen können mehr als 380 Stoffe mit CAS-Nummern zugeordnet werden. Von ihnen sind bislang lediglich 43 Stoffe bzw. Stoffgruppen einer Zulassungspflicht unterworfen und im REACH-Anhang XIV genannt worden. Sie dürfen nach Ablauf eines stoffspezifischen Datums nicht länger in der EU verwendet werden, es sei denn, einem Antrag eines Unternehmens auf Zulassung für eine spezifische Verwendung wurde stattgegeben.

Solange keine Aufnahme in den Anhang der zulassungspflichtigen Stoffe erfolgt, dürfen die Kandidatenstoffe weiterhin verwendet werden. Allerdings sind mit der Listung aufgrund von Artikel 33 der REACH-VO direkt Kommunikationspflichten zum Vorhandensein der Stoffe in Erzeugnissen für alle Lieferanten von Erzeugnissen verbunden – sowohl gegenüber Abnehmern als auch, auf Nachfrage hin, gegenüber Verbrauchern.

Neben der Zulassung ermöglicht REACH Beschränkungen problematischer Verwendungen von Stoffen. Beschränkungen können (anders als bei der Zulassung) nicht nur für besonders besorgniserregende Stoffe erteilt werden, sondern auch für andere problematische Stoffe (die nicht die Kriterien für SVHC erfüllen). Durch die Beschränkung entsteht ebenfalls ein direkter Druck, Ersatzstoffe oder -verfahren für problematische Anwendungen zu finden. Auch hier werden als Ersatz oftmals strukturell verwandte, ebenfalls problematische Stoffe genommen.

Das Umweltbundesamt hat bereits einige Forschungsvorhaben zur Früherkennung von Stoffen mit kritischen Eigenschaften und für ein zielgerichtetes Management durchgeführt. Außerdem wurden in verschiedenen Studien die Auswirkungen von REACH auf die Substitution problematischer Stoffe untersucht. Einige der Studien waren Teil des REACH-Reviews 2017. Im Forschungsprojekt *Advancing REACH* des Umweltbundesamtes wurde in einer Auswertung dieser Studien gezeigt, dass bei einigen besonders problematischen Stoffen der Ersatz durch REACH durchaus gefördert wurde. In der Regel wirkt REACH hier zusammen mit den anderen bestehenden Chemikaliengesetzen. Die Quantifizierung solcher Auswirkungen ist schwierig. Es wurde auch deutlich, dass gesetzlicher Druck in der Regel lediglich zu einem Ausweichen auf strukturell ähnliche, bisher aber noch nicht streng geregelte Stoffe geführt hat.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass derzeit die gesetzlichen Möglichkeiten eines direkten Verbotes des Einsatzes von Stoffen alleine nicht dazu führen, dass verstärkt Stoffe bzw. Verfahren verwendet werden, die auf Dauer sicherer und besser sind. Dies gilt auch dann, wenn für einzelne Verwendungen bereits seit langem Alternativen auf dem Markt verfügbar sind. Daher sind in der Chemikalienpolitik ebenfalls seit mehreren Jahrzehnten Instrumente entwickelt worden, die verstärkt auf eine freiwillige Zusammenarbeit unterschiedlicher gesellschaftlicher Handlungsträger setzen. Sie sollen die gesetzlichen Vorgaben zum Stoffmanagement ergänzen.

Es gibt in der Chemikalienpolitik viele solcher Instrumente, die das Ziel haben, problematische Stoffe zu ersetzen. Ersatz kann die Verwendung anderer Stoffklassen bedeuten oder den Wegfall bzw. die deutliche Modifikation bestimmter Anwendungsmuster. Beispiele hierfür sind:

- ▶ SAICM (mit dem prioritären Politikthema der PFCs);
- ▶ die Ad-hoc-Gruppe der OECD zur Substitution gefährlicher Chemikalien;
- ▶ die Strategie der ECHA zur Substitution problematischer Stoffe;
- ▶ das Konzept der Green Chemistry und der Nachhaltigen Chemie sowie hiermit verbundene öffentliche und privatwirtschaftliche Initiativen; z.B. die Substitutionsstrategie von Coop als Beispiel für ein privatwirtschaftliches Engagement;
- ▶ die Aktivitäten von ChemSEC: die SIN-List, das Instrument SINimilarity und der Marketplace und
- ▶ das Substitutionsportal Subsport Plus.

Inzwischen gibt es eine Reihe von Erfahrungen zur Wirksamkeit dieser flankierenden Maßnahmen. Es gilt herauszufinden, welcher dieser Maßnahmen sich insbesondere dafür eignen, die derzeitigen und die neuen POPs effektiver und vorausschauender als bisher einzugrenzen und zu ersetzen.

4.3 Methodisches Vorgehen

Auch dieses Arbeitspaket besteht aus zwei Teilen, die nacheinander erarbeitet werden.

Teil 1: Analytischer Teil, umfassend

die Analyse der Anwendungsgebiete und Funktionen von POPs in ihren unterschiedlichen Verwendungen. Sie hat das Ziel, für POPs typische Verwendungsmuster zu identifizieren;

die Analyse von Monitoringdaten und Emissionen entlang des Lebenszyklus der POPs in ihren typischen Verwendungsmustern. Ziel ist hierbei, Verwendungen und Lebensabschnitte zu identifizieren, in denen Emissionen auftreten bzw. zu erwarten sind;

die Analyse existierender Programme und Instrumente der Chemikalienpolitik. Hier wird geprüft, ob in ihnen die gefundenen typischen Verwendungsmuster oder Emissionspotenziale angesprochen werden.

Teil 2: Empfehlungsteil, umfassend

die Ableitung von Empfehlungen für Vorgaben und Anreize in der Chemikalienpolitik. Die einzelnen Schritte im analytischen Teil und im Empfehlungsteil beschreiben wir in den beiden folgenden Abschnitten.

4.3.1 Vorgehen im analytischen Teil und Begriffsklärung

Der analytische Teil besteht aus drei Schritten: Der Identifizierung von Mustern in den Anwendungsgebieten und Funktionen, der Bestimmung derjenigen Lebenszyklusabschnitte mit den höchsten Emissionspotenzialen und zuletzt der Untersuchung, ob existierende Programme und Instrumente der Chemikalienpolitik die gefundenen Verwendungsmuster und Emissionspotenziale hinreichend adressieren.⁵⁰

Unter **Anwendungsgebieten** werden in diesem Zusammenhang die Prozesse, die Materialien und die Produkte verstanden, in denen POPs eingesetzt werden. Produkte können entweder Gemische oder Erzeugnisse sein. Außerdem kann hier auch angegeben werden, in welchem Wirtschaftsbereich die Anwendung stattfindet.

In der Systematik der ECHA *Use Descriptors* (ECHA, 2014b) lässt sich das Anwendungsgebiet genauer beschreiben:

- ▶ der Wirtschaftsbereich, in dem der Stoff Verwendung findet (*Sector of use*, SU), z.B. SU 5 Herstellung von Textilien, Leder und Pelzen;
- ▶ die chemischen Produkte, d.h., die Gemische, in denen der Stoff Verwendung findet (*Chemical Products*, PC), z.B. PC 17 Hydraulic Fluids;

⁵⁰ Die in Arbeitspaket 1 durchgeführte systematische Literaturrecherche zum Erkenntnisprozess bei den POP Eigenschaften zeigte sich als nicht geeignet, der in der Leistungsbeschreibung geforderten Analyse der Anwendungsmuster von POPs und der sich daraus ergebenden Kontaminationspotenziale Rechnung zu tragen. Diese Analyse wurde daher im Einvernehmen mit dem Umweltbundesamt im Arbeitspaket 3 verortet.

- ▶ die Erzeugnisse (*articles*), in denen ein Stoff enthalten ist oder auf denen er zur Anwendung kommt (*Article Categories, AC*) z.B. AC 13, Kunststoff-Erzeugnisse.

Der Grund für die Verwendung eines Stoffes wird durch den Begriff **Funktion** beschrieben. Gemeint ist hiermit die technische Funktion eines Stoffes. Im *Use Descriptor System* der ECHA werden mehr als 120 verschiedene technische Funktionen beschrieben, mit denen die Verwendung eines Stoffes charakterisiert werden kann (*Technical functions*, TF, ECHA 2015, Tabelle R12.15). Wenn beispielsweise die Angabe „Sekundär-Weichmacher in flexiblem PVC“ als Verwendung für SCCPs gefunden wird, ist das Anwendungsgebiet demnach das Material Kunststoff („flexibles PVC“) und die Funktion „Weichmacher“.

Für die einzelnen POPs werden ihre Anwendungsgebiete und Funktionen untersucht. Die Zusammenstellung erfolgt in tabellarischer Form. Dies geschieht:

- ▶ auf der Grundlage der Angaben zu den Verwendungen in den Stoffbeschreibungen aus den Arbeitspaketen 1 und 2,
- ▶ basierend auf Angaben, die in den jeweiligen für die Vertragsstaatenkonferenz vorbereiteten Dossiers über Alternativen zu den Stoffen gelistet sind,
- ▶ Informationen aus weiteren Materialien, die das Sekretariat der Stockholm Konvention oder öffentlich zugängliche Medien bereithalten.

Anhand der Häufigkeit, mit denen ein bestimmtes Anwendungsgebiet oder eine bestimmte Funktion bei den bereits gelisteten POPs auftritt, werden typische **Verwendungsmuster** abgeleitet.

Ein Verwendungsmuster ist eine häufige, d.h. bei mehreren POPs gefundene Kombination eines Anwendungsgebiets und einer Funktion.

Die gefundenen Verwendungsmuster werden auch unter Nutzung der ECHA-Anwendungssystematik beschrieben (o.g. ECHA *Use Descriptor System*). Als Ergebnis entsteht so eine Liste der gefundenen Verwendungsmuster und der dazugehörigen Kategorien der ECHA-Anwendungssystematik, die für POPs am relevantesten sind.

Für das Management von POPs sind genaue Kenntnisse ihrer Verwendungen sehr wichtig. Eine weitere wichtige Information ist, in welchen Abschnitten im Lebenszyklus der Stoffe hohe Expositionen oder Emissionen gefunden wurden oder erwartet werden können. In bereits durchgeführten Forschungsarbeiten des Umweltbundesamtes wurden für ausgewählte POPs Immissions-, Depositions- und Emissionsdaten recherchiert und ausgewertet (ECHA, 2014b; Potrykus et al., 2017).

Diese Ergebnisse sowie weitere Studien (siehe unten) werden mit dem Ziel analysiert, **Emissionspotenziale** entlang des Lebenszyklus der Anwendungsgebiete der Substanzen zu identifizieren.

Emissionspotenziale werden in einer Kombination aus Anwendungsgebieten und Lebenszyklusabschnitten, die häufig, d.h. für mehrere POPs auftreten, beschrieben.

Der Lebenszyklus umfasst die Abschnitte Herstellung des Stoffes, ggf. Formulierung in ein Gemisch, Anwendung des Stoffes bzw. Gemisches, ggf. Herstellung eines Erzeugnisses, Anwendungsphase/Nutzungsphase, Witterung/Alterung, Entsorgungsprozesse und Deponierung. Als wiederkehrende Abschnitte werden (Zwischen- sowie End-)Lagerung und

Transport einbezogen. Der Schwerpunkt bei der Analyse der vorliegenden Studien liegt hierbei auf den Erfahrungen, die aus diesen Arbeiten zum Monitoring für das Management von POPs gewonnen wurden bzw. gewonnen werden können.

Die Emissionspotenziale werden zeigen, welche Anwendungsgebiete und welche Lebenswegabschnitte von derzeitigen und zukünftigen POPs zu besonders hohen Emissionen führen können. Auf dieser Grundlage können dann Empfehlungen entwickelt werden, ob bei bestimmten Emissionen regulatorische Maßnahmen möglich sind.

Der letzte analytische Schritt zielt darauf ab, für POPs insgesamt und für die identifizierten Verwendungsmuster und Lebensabschnitte mit hohem Emissionspotenzialen zu ermitteln, wo es Instrumente in der Chemikalienpolitik gibt, die Anstrengungen für ein sachgemäßes Management und Substitution fördern.

Zunächst werden dafür die inhaltlichen Schwerpunkte ausgewählter wichtiger Instrumente (z.B. SAICM) tabellarisch aufgelistet. Dann wird für jeden Schwerpunkt geprüft, ob er einen Bezug zu POPs und den typischen Anwendungs- und Expositionsmustern aufweist. Die Ergebnisse der Überprüfung können für einige Instrumente in Form einer Tabellenzuordnung (Matrix) dargestellt werden.

Die Analyse wird für die folgenden vier Instrumente bzw. Aktivitäten durchgeführt:

- ▶ SAICM;
- ▶ die Ad hoc-Gruppe der OECD zur Substitution gefährlicher Chemikalien;
- ▶ die Plastic Additives Initiative der ECHA und
- ▶ die ECHA-Substitutionsstrategie.

Ergänzend werden in mehreren Exkursen weitere Aktivitäten zur Unterstützung von Substitutionen beschrieben.

Ergebnis dieser Analyse ist eine Auswertung, inwieweit POPs und die Stockholm Konvention bei diesen Institutionen und Aktivitäten ein Thema sind, welche typischen Anwendungs- und Expositionsmuster hier angesprochen werden und wo es noch keine Aktivitäten gibt.

4.3.2 Empfehlungen

Für jedes der drei Themen dieses Kapitels (Verwendungsmuster, Emissionspotenziale und chemiepolitische Instrumente) werden auf der Grundlage der durchgeführten Analyse Empfehlungen gegeben zum

- ▶ wirksameren Einsatz bestehender Instrumente und
- ▶ ggf. zur Entwicklung neuerer Instrumente.

4.4 Analyse der Verwendungsmuster

4.4.1 Datenerhebung und Auswertung

Die POPs werden offiziell in der Stockholm-Konvention nach ihren Verwendungen in drei Gruppen eingeteilt:

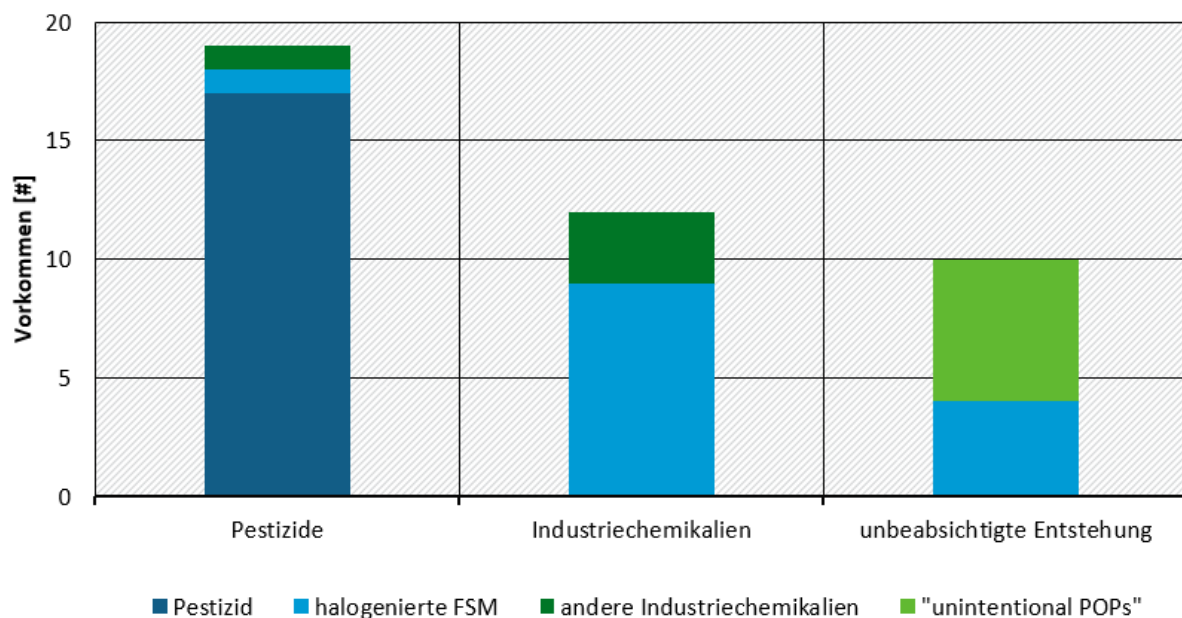
- ▶ die Pestizide, viele der ersten 12 POPs, aber auch später gelistete,

- ▶ die Industriechemikalien, unter denen sich viele bromierte Flammschutzmittel (BFR) befinden, und
- ▶ die Chemikalien, die ungewollt entstehen oder unbeabsichtigt produziert werden (unintentional POPs).

Abbildung 17 stellt dar, wie viele Stoffe zu diesen drei Gruppen gehören. Es sind Mehrfachnennungen möglich. Pentachlorbenzol lässt sich sogar allen drei Gruppen zuordnen, einige andere Stoffe zwei Gruppen (HCB, PCB, PCN, HCBd, PFOA). Für die einzelnen Stoffe ist die Zuordnung der Tabelle 48 im Anhang zu entnehmen. Weil halogenierte Flammschutzmittel (FSM) eine so wichtige Teilgruppe innerhalb der POPs darstellen, sind sie in der Abbildung durch eine hellblaue Markierung zusätzlich gekennzeichnet.

Insgesamt sind 41 Nennungen gefunden worden: 19 bei den Pestiziden (46 %), 12 bei den Industriechemikalien (29 %) und 10 bei den Nebenprodukten (25 %).

Abbildung 17 Verteilung der gelisteten POPs nach Verwendung als Pestizid, Industriechemikalie und Nebenprodukt (Mehrfachzählungen sind erlaubt)



FSM = Flammschutzmittel

Quelle: eigene Darstellung nach Daten in Tabelle 48 im Anhang, basierend auf Verschlagwortung im Rahmen der Konvention, Öko-Institut e.V.

Im Folgenden werden die Begriffe **Anwendungsgebiet**, **Funktion** und **Verwendungsmuster** genutzt, die im Kapitel 4.3.1 erklärt wurden. Diese Systematik wurde zur Analyse der Gruppe der Industriechemikalien entwickelt. Für Pestizide sind die Verwendungsmuster bereits ausführlich beschreibbar, bei unbeabsichtigt entstandenen POPs gibt es definitionsgemäß gar keine beabsichtigte Verwendung.

Für alle Industriechemikalien (PFOS, PFOA, PFHxS, SCCPs und die übrigen, die sich in der Teilgruppe der halogenierten Flammschutzmitteln zusammenfassen lassen) wurden die Anwendungen in einer Tabelle nach dem untenstehenden Schema gelistet (Tabelle 31). Als Quellen dienten einige offizielle Konferenzdokumente der Stockholm Konvention, Veröffentlichungen des Umweltbundessamtes sowie wissenschaftliche und populärwissenschaftliche

Veröffentlichungen. Einzelquellen sind der ausführlichen Tabelle im Anhang (siehe Tabelle 49, A.1) zu entnehmen.

Tabelle 31: Analyse und Listung der Verwendungen der POPs. Anwendungsgebiete, Funktionen und Zuordnung zu Verwendungsmustern (VWM). Exemplarischer Auszug der Tabelle in Anhang A.1

Abk.	Prozesse/ Produkte	Material	Funktion	Quelle
Beispiel				
decaBDE	Gehäuseteile von EEE / Kabel	Plastik	FSM (BFR)	COP.9/Inf/20

Quelle: eigene Erarbeitung, Einzelquellen sind pro Zeile der Tabelle im Anhang (A.1) zu entnehmen; POPs Environmental Consulting

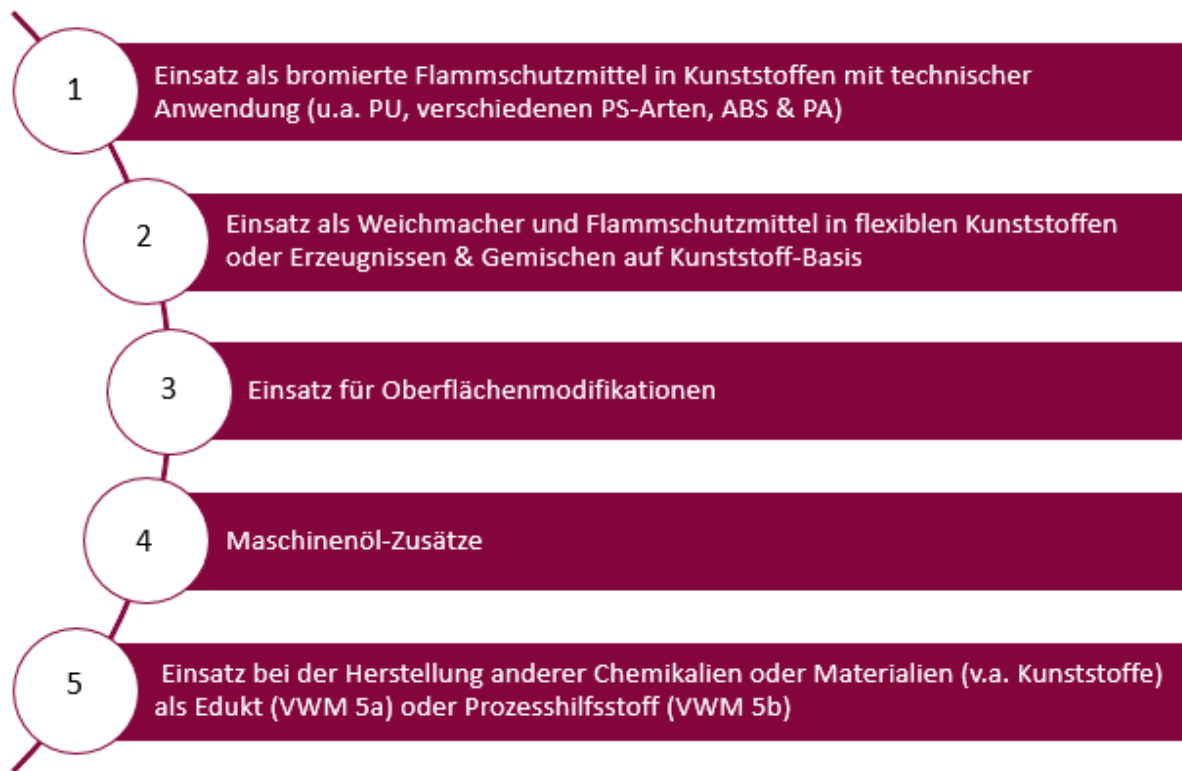
Es wurden 13 verschiedene Stoffe bzw. Stoffgruppen⁵¹ mit jeweils mehreren Anwendungsgebieten und/oder Funktionen einbezogen, sodass die Tabelle mehr als 60 Einträge hat. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Hauptanwendungen der Stoffe abgedeckt sind, jedoch kann kein Anspruch auf Vollständigkeit der Anwendungen erhoben werden. Die Tabelle wurde nach einzelnen Einträgen in den Spalten „Funktion“ und „Material“ gefiltert. Dieser Vorgang kann durch die Auflistung bzw. schriftliche Zusammenfassung der Stoffe, Materialien und Funktionen im Unterkapitel zu den identifizierten Verwendungsmustern nachvollzogen werden.

4.4.1.1 Die Verwendungsmuster der POPs

Auf Grundlage der Analyse der Verwendungen können für die POPs der Gruppe der Industriechemikalien fünf Verwendungsmuster identifiziert werden, die die folgende Abbildung zeigt:

⁵¹ Es handelt sich um die 12 als „Industriechemikalien“ verschlagworteten POPs (siehe Tabelle 48) plus PFHxS.

Abbildung 18: Die Verwendungsmuster für die Industriechemikalien der Stockholm-Konvention



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

Die meisten Verwendungen der POPs können dieser überschaubaren Zahl an Verwendungsmustern zugeordnet werden. Einige wenige Stoffe werden darüber hinaus noch in anderen Verwendungen eingesetzt. Nebenprodukte und Altlasten sind keine Verwendungen von Stoffen im Sinne der Definition in Kapitel 4.3.1. Pestizide sind ein weiteres Verwendungsmuster, das in der vorliegenden Analyse nicht im Vordergrund steht.

Die fünf Verwendungsmuster, die für die Industriechemikalien gefunden wurden, werden im Folgenden in einzelnen Unterkapiteln vorgestellt. Die Diskussion der Ergebnisse aus dieser Analyse erfolgt im Anschluss im Kapitel 4.4.1.2.

Verwendungsmuster 1: Einsatz als bromierte Flammschutzmittel in Kunststoffen mit technischer Anwendung (u.a. PU, verschiedene PS-Arten, ABS und PA)

Fünf halogenierte POPs (deca-, octa-, pentaBDE, HBCDD und HBB) werden als Flammschutzmittel in verschiedenen Kunststofftypen eingesetzt. Einzelheiten hierzu zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 32: Verwendungsmuster 1: POPs als bromierte Flammschutzmittel in Kunststoffen mit technischer Anwendung

Produkte/Prozesse	Material	Substanz
Gehäuseteile für EEE (Werkzeuge, Motoren, Radios und Fernseher) / Kabel	Plastik (unspezifisch)	decaBDE
	Plastik (unspezifisch)	HBCDD
	PU Hartschaum	pentaBDE
	ABS	HBB (Firemaster)
Gebäude(-isolierung) und Verpackungen (z.B. von weit transportierter Elektronik)	EPS & XPS	HBCDD
	PU Weichschaum	decaBDE
Spritzgussanwendungen	Plastik (HIPS)	octaBDE
Autos und Flugzeuge (Verkleidungen)	Plastik (PA)	decaBDE
Möbel, Teppichunterlagen, Auto Innenausstattung (Polster)	Plastik (PU Weichschaum)	pentaBDE
Auto Innenausstattung (Polster)	Plastik (PU)	HBB (FireMaster)

Quelle: modifizierter Auszug aus Tabelle 49 im Anhang mit Funktion „bromierte Flammschutzmittel“

Für das Verwendungsmuster 1 sind die folgenden Verwendungsdiskriptoren der ECHA von Bedeutung:

Tabelle 33: Verwendungsdiskriptoren der ECHA, die für das Verwendungsmuster 1 von Bedeutung sind.

Descriptor	Relevante Einträge aus der Deskriptorenliste
Chemical products (CP)	PC32: Polymer preparations and compounds
Article categories (AC)	AC 2a incl. EEE covered by the WEEE directive AC 13 plastic articles incl. foam materials, 13a: Large surface area articles, incl. housing 13c: Packaging 13e: Furniture & furnishings
Sector of use (SU)	SU 12: Manufacture of plastic products (Spritzgussanwendungen) SU 19: Building and construction work
Technical function (TF)	flame retardant

Verwendungsmuster 2: Einsatz als Weichmacher und Flammschutzmittel in flexiblen Kunststoffen oder Erzeugnissen & Gemischen auf Kunststoff-Basis

Dem zweiten Verwendungsmuster lassen sich solche Produkte aus flexiblen, polymerbasierten Materialien zuordnen, in denen PCBs, PCN, SCCPs und HCBd in doppelter Funktion als Weichmacher und Flammschutzmittel eingesetzt werden. Dazu wurden die Verwendungen aus Tabelle 49 (Anhang) mithilfe des Filterns der Spalte „Material“ auf diejenigen Polymere

eingegrenzt, die nicht in Verwendungsmuster 1 abgedeckt sind. Dabei wurde festgestellt, dass die POPs jeweils mit der erwähnten doppelten Funktion vorkommen.

Die Produkte umfassen

- ▶ Dichtungs- oder Beschichtungsmassen,
- ▶ Klebstoffe,
- ▶ Kunstharze,
- ▶ Gummi,
- ▶ flexibles PVC und
- ▶ weitere Elastomere.

Sie werden eingesetzt zur

- ▶ Fugendichtung,
- ▶ Oberflächenbeschichtung,
- ▶ zur Herstellung von Transport- und Antriebbändern,
- ▶ als Kabelummantelungen sowie in weiteren
- ▶ unspezifischen Erzeugnissen oder Gemischen auf Kunststoffbasis.

Für das Verwendungsmuster 2 sind die folgenden Verwendungsdiskriptoren der ECHA von Bedeutung:

Tabelle 34: Verwendungsdiskriptoren der ECHA, die für das Verwendungsmuster 2 von Bedeutung sind.

Descriptor	Relevante Einträge aus der Deskriptorenliste
Chemical products (CP)	PC 1: Adhesives, sealants PC32: Polymer preparations and compounds
Article categories (AC)	AC10: Rubber articles AC 13: Plastic articles
Sector of use (SU)	SU 11: Manufacture of rubber products SU 12: Manufacture of plastic products SU 16: Manufacture of EEE SU 17: General manufacture SU 18: Manufacture of furniture SU 19: Building and construction work
Technical function (TF)	Plasticiser Flame retardant Resins (pre polymers) Solvent Viscosity modifier

Verwendungsmuster 3: Einsatz für Oberflächenmodifikationen

Acht POPs wurden als Beschichtungs- und Oberflächenbehandlungsmittel mit unterschiedlichen Funktionen eingesetzt, vor allem zur Imprägnierung sowie zum Flamm- und Korrosionsschutz. Die Einträge aus Tabelle 31 lassen sich in die folgenden Gruppen unterteilen:

- ▶ Verwendungsmuster 3a: Flammschutzmittel in Textilien, seltener in Lacken und Farben (SCCPs, decaBDE, HBCDD, HBB, PCBs) für Polstermöbel, Vorhänge, LKW- & Zeltplanen und Teppiche
- ▶ Verwendungsmuster 3b: Imprägnierung / Schmutz-, Wasser- und Öl-abweisender Oberflächenschutz (PFOA, PFOS, PFHxS, SCCPs) für Textilien (siehe 3a + Outdoor- und Schutzkleidung, medizinische Vliesstoffe), Metalloberflächen (Tanks, Brücken, im Bau), Papiere, Leder, (Innenraum-)Böden
- ▶ Verwendungsmuster 3c: Korrosionsschutz für Metalle und im Bau (PFHxS, PCBs)
- ▶ Verwendungsmuster 3.d. einzelne andere Verwendungen (PFHxS für Nebelgasminderung in der Metallverarbeitung, PentaCB in Farben als Trägersubstanz, PCBs in Durchschlagpapier)
- ▶ Verwendungsmuster 3e: PFOA, PFOS, PFHxS als filmbildende Tenside in Löschschaum. Im weiteren Sinne stellt der Löschschaum bzw. seine Bläschen eine Oberfläche dar, auf der die POPs eine filmbildende Funktion erfüllen.

Für das Verwendungsmuster 3 sind die folgenden Verwendungsdeskriptoren der ECHA von Bedeutung:

Tabelle 35: Verwendungsdeskriptoren der ECHA, die für das Verwendungsmuster 3 von Bedeutung sind.

Descriptor	Relevante Einträge aus der Deskriptorenliste
Chemical products (PC)	PC 9a: Coatings, paints, thinners, paint removers PC 15: Non-metal-surface treatment products PC 23: Leather treatment products PC 34: Textile dyes and impregnating products
Article categories (AC)	AC 2: Machinery, medical appliances, EEE AC 5: Fabrics, textiles and apparel (5a, b, c, e, g, h) AC 6: Leather articles (6a, e, g) AC 7e: Metal articles: furniture & furnishings AC 8: Paper articles (8e, g) AC 10a: Rubber articles: Large surface articles (e.g. flooring) AC 11a: Wood articles: Large surface articles (e.g. flooring) AC 13a: Plastic articles: Large surface articles (e.g. flooring)
Sector of use (SU)	SU 5: Manufacture of textile, leather and fur SU 18: Manufacture of furniture SU 19: Building and construction work

Descriptor	Relevante Einträge aus der Deskriptorenliste	
Technical function (TF)	Surface modifier Waterproofing agent, Corrosion inhibitor <i>in more detail this can be</i> Adhesion promotor Adsorbent Antiadhesive Anticondensation agent Antifreezing agent Antiredeposition Antiscaling agent Dusting agent	Dye Etching agent Finishing agents Film former Flame retardant Flow promotor Plating agent Reactive cleaning / removal agent

Verwendungsmuster 4: Maschinenöl-Zusätze

Die vier POPs PFOS, PCBs, SCCPS und HDCBD werden in Transformatoren, Kondensatoren und Motoren, zum Teil in der Metallverarbeitung und in Flugzeugen verwendet. Sie erfüllen dort wasserabweisende, schmierende, zum Teil kühlende Effekte oder werden insgesamt zur Sicherung einer thermischen Stabilität eingesetzt. Ein genaues Bild gibt Tabelle 36.

Tabelle 36: Verwendungsmuster 4: POPs als Maschinenöl-Zusätze in unterschiedlichen Funktionen.

Abk.	Produkt	Material	Funktion
PFOS	Erzeugnisse aus der Metallverarbeitung, Flugzeuge	Hydrauliköl	Wasserabweisend
PCBs	Transformatoren, Kondensatoren	Hydrauliköl, Isolieröl	Schmierstoff, Thermische Stabilität
SCCPs	Motoren	Motorenöl / Metallbearbeitungsöl	Schmierstoff, Kühleffekt
HCBD	Transformatoren	Hydrauliköl	Schmierstoff, Kühleffekt,

Für das Verwendungsmuster 4 sind die folgenden Verwendungsdiskriptoren der ECHA von Bedeutung:

Tabelle 37: Verwendungsdiskriptoren der ECHA, die für das Verwendungsmuster 4 von Bedeutung sind.

Descriptor	Relevante Einträge aus der Deskriptorenliste
Chemical products (CP)	PC 17: Hydraulic fluids PC 24: Lubricants, greases, release products
Article categories (AC)	Maschinenöl ist per Definition ein Gemisch, in dieser Systematik also bei den Chemical products zu finden.

Descriptor	Relevante Einträge aus der Deskriptorenliste
Sector of use (SU)	SU 14: Manufacture of basic metals, including alloys SU 15: Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment SU 17: General manufacture Other SU: Mobility Andere Sektoren, in denen Motoren eingesetzt werden
Technical function (TF)	Antifreeze agent Corrosion inhibitor Filler Fuel additive Heat transferring agent Hydraulic (functional) fluids Lubricating agent Pressure transfer agent Refrigerants/ Coolants

Verwendungsmuster 5: Einsatz als Edukt oder Prozesshilfsstoff bei der Herstellung anderer Chemikalien oder Materialien (vor allem Kunststoffe)

Hierzu zählen

- ▶ PCBs als Edukt oder Zwischenprodukt in der Herstellung von Chemikalien zur Holzbodenveredelung, Entstaubung, in der Guss-Technik
- ▶ PFOA als Edukt oder Zwischenprodukt für fluorierte Polymere (z.B. Fluoracrylate, PTFE/Teflon®) für die Auto-Innenausstattung, Kabelisolierung, Membranen, Küchengeräte oder F-haltige Schmiermittel, Chemikalienbehälter, Verrohrungen, Dichtungen, Kanalisierungen, bei der Filtration und in Beschichtungen von Halbleiterequipment
- ▶ HCBd als Edukt oder Zwischenprodukt für Gummi, Aluminium- und Graphitstangen
- ▶ PentaCB in der Herstellung von Pestiziden.

Für das Verwendungsmuster 5 sind die folgenden Verwendungsdeskriptoren der ECHA von Bedeutung:

Tabelle 38: Verwendungsdeskriptoren der ECHA, die für das Verwendungsmuster 5 von Bedeutung sind.

Descriptor	Relevante Einträge aus der Deskriptorenliste
Chemical products (CP)	PC 1: Adhesives, sealants PC 24: Lubricants, greases, release products PC 32: Polymer preparations and compounds
Article Categories (AC)	AC 2: Machinery, medical appliances, EEE AC 13a: Plastic articles: Large surface area articles (e.g. pipes)
Sector of use (SU)	SU 8: Manufacture of bulk, large scale chemicals SU 9: Manufacture of fine chemicals SU 12: Manufacture of plastic products

Descriptor	Relevante Einträge aus der Deskriptorenliste
Technical function (TF)	Monomers Educt

Andere Verwendungen und Quellen

Hier werden andere Anwendungen industrieller POPs dargestellt, die sich nicht den zuvor genannten Mustern zuordnen lassen, Außerdem geht das Kapitel kurz auf die als Pestizide verwendeten POPs sowie auf POPs in Nebenprodukten und Altlasten ein.

Andere Verwendungen industrieller POPs

Vier der über 60 Einträge aus der Tabelle 49 (Anhang), d.h. der Verwendungen der POPs im Schema der Anwendungsgebiete und -funktionen, konnten keinem Verwendungsmuster zugeordnet werden. Grund dafür sind entweder sehr spezifische technische Anwendungen, z.B. PFOA als Ätzchemikalie in der Quarzglasproduktion/-verarbeitung, oder solche, über die nur wenige Details bekannt sind, wie etwa die Anwendung von PentaCB als Flammschutzmittel.

Diese nicht zuordenbaren Verwendungen von POPs sind:

- ▶ Unspezifisch eingesetztes Flammschutzmittel (PentaCB)
- ▶ PentaCB in PCB zur Viskositätsveränderung
- ▶ HCBd als Adsorptionsmittel für Gasverunreinigungen
- ▶ PFOA als Ätzchemikalien in der Quarzglasproduktion/-verarbeitung

Verwendung als Pestizide

21 der 30 in der Stockholm-Konvention gelisteten POPs werden (unter anderem) als Pestizide eingesetzt. Da fast alle der ersten 12 POPs Pestizide sind, ist dieses Anwendungsmuster schon seit zwei Jahrzehnten bekannt. Zur Verringerung der Umweltbelastungen durch Pestizide gibt es eine Vielzahl von Aktivitäten, auch im Rahmen der Stockholm-Konvention (UNEP, 2012b). Einen Überblick über die Verwendungen gibt die folgende Tabelle. Ein Charakteristikum der Pestizide ist, dass sie umweltoffen angewendet werden, d.h. es findet ein direkter Eintrag in die Umwelt statt.

Tabelle 39: Verwendungen der ersten zwölf gelisteten POPs (*Dirty Dozen*), nach Ritter et al. (1995)

Substanzen	Verwendung
Aldrin	Termitenvernichtungsmittel in den 1970er Jahren in den USA, zuletzt zur unterirdischen Termitenbekämpfung in Kanada eingesetzt, Insektizid auf Baumwolle, Saatgutbehandlung
Chlordan	allgemeines Insektizid (Regenwurm, Insektenbekämpfung in Rasenflächen), importiert in Entwicklungsländer; verwendet für Mais, Hirse, Bodenschädlingsbekämpfung, Saatgutbehandlung, Termiten- und Strukturschädlingsbekämpfung
DDT	Breites Nutzungsspektrum, aber v.a. Kontrolle von Malaria und Beulenpest, in den 70er Jahren in CAN, USA, EUR, eingeschränkt, andernorts fortgesetzt
Dieldrin	Insektizid für Baumwolle und landwirtschaftliche Nutzpflanzen

Substanzen	Verwendung
Endrin	Insektizid für landwirtschaftliche Nutzpflanzen, Rodentizid gegen Wiesenmäuse und Wühlmäuse (Wühl- und Wiesenmäuse)
Heptachlor	Insektizid, wirksam gegen Bodeninsekten, verwendet für Mais, Sorghum, Saatgutbehandlung, Termitenbekämpfung, Eintauchen von Wurzeln oder Kronen von Nichtnahrungsmittelpflanzen; auch in Rasenflächen und Gärten
Hexachlorbenzene (HCB)	Explizite Produktion, aber auch Nebenprodukt von Verbrennungsprozessen und Verunreinigung bei der Herstellung von Cl-Pestiziden; Fungizid zum Schutz des Saatguts von Weizen
Mirex	Insektizid gegen Feuerameisen und Flammschutzmittel; keine bekannten Hersteller
Toxaphen	stark genutztes Insektizid für Nutzpflanzen, verfügbar ab 1948, für Baumwolle, kleinere Mengen zur Unkrautbekämpfung in Sojabohnen
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	werden in Transformatoren-, Kondensatorölen, Hydraulik- und Wärmeaustauschflüssigkeiten sowie Schmierölen verwendet
Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD) und Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF)	unerwünschte Nebenprodukte der Abfallverbrennung, die bei jedem Prozess entstehen, bei dem Chlor und Kohlenstoff bei hoher Temperatur vorhanden sind; keine Emissionsdaten verfügbar

Quelle: (Ritter et al., 1995)

Eine nähere Analyse dieses Verwendungsmusters ist daher nicht Gegenstand dieses Berichtes. Dessen Schwerpunkt liegt auf POPs, die als Industriechemikalien gelistet sind.

Nebenprodukte und Altlasten

POPs werden nicht nur in beabsichtigten Verwendungen eingesetzt. Einige POPs entstehen auch als Nebenprodukte in thermischen Prozessen. Sie bilden sich in der Hitze aus anderen Stoffen, die verbrannt oder verarbeitet werden. Die Stockholm-Konvention gruppiert sie in der Verwendungsgruppe *unintentional use/unintentional production*. Hierzu zählen

- Thermische Abfallanlagen und Recycling
- Zementproduktion und
- weitere thermische Prozesse, unter anderem offene (unkontrollierte) Verbrennung

Weitere Quellen für POPs in der Umwelt sind Altlasten, z.B. Lagerstätten der POPs oder ehemalige Anlagen, in denen Produkte thermisch verwertet oder verarbeitet wurden, welche POP-Vorläufersubstanzen enthielten. Bei sieben der derzeit gelisteten POPs wird auch die unbeabsichtigte Verwendung bzw. unbeabsichtigte Produktion in der Regulierung ausdrücklich erfasst: HCB, PCDD, PCDF, HCBd, die PCBs, PCN, PentaCB (in der Reihenfolge der Listung). Die meisten dieser Stoffe werden allerdings auch beabsichtigt verwendet.

Im Arbeitspaket 3 dieser Studie geht es um die Identifizierung von Verwendungsmustern von POPs, die zu kritischen Expositionen führen. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf beabsichtigten Verwendungen von Stoffen. Auf Stoffe, die unbeabsichtigt bei thermischen Verwertungs- und Verarbeitungsprozessen entstehen, wird daher im Folgenden nicht weiter eingegangen. In der EU gibt es hier Vorgaben z.B. aus der Industrieemissionsrichtlinie.

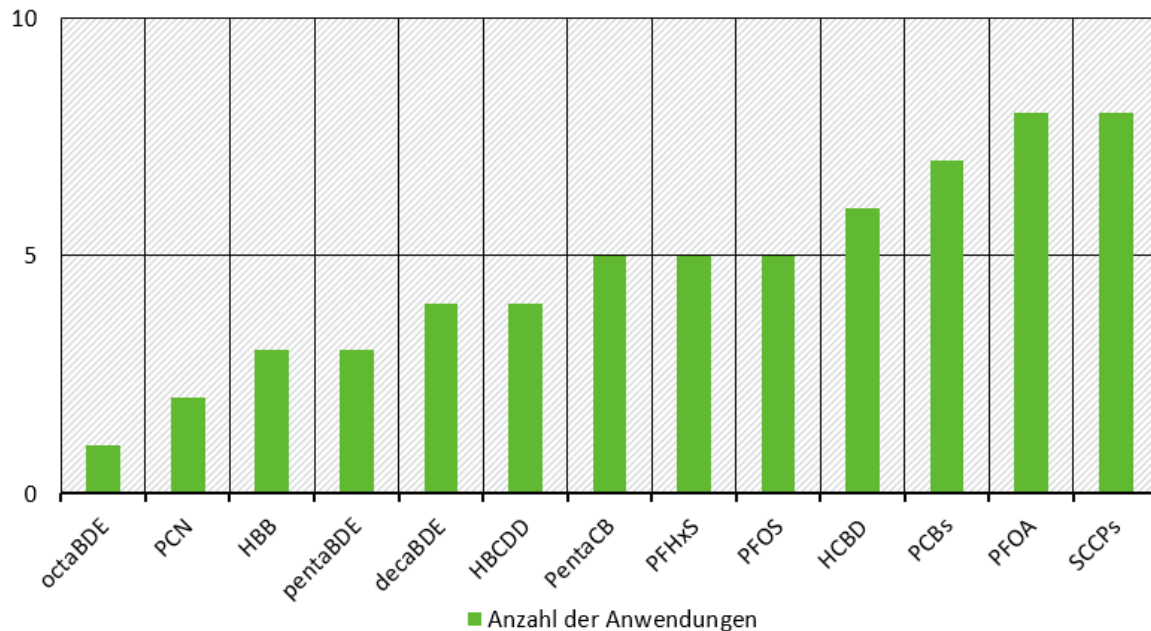
4.4.1.2 Diskussion & Ergebnisse

Auswertung der Verwendungsmuster

In diesem Kapitel werden die eben vorgestellten fünf Verwendungsmuster der als Industriechemikalien bezeichneten POPs näher analysiert und diskutiert.

Die folgende Abbildung zeigt, wie viele unterschiedliche Anwendungen pro Substanz bzw. Stoffgruppe in der ausgewerteten Literatur gefunden wurden. Für die 13 POP-Substanzen ergab dies in Summe mehr als 60 verschiedene Anwendungen.

Abbildung 19: Anzahl der in die Analyse eingegangenen Anwendungen pro Substanz(-gruppe)



Quelle: eigene Auswertung, Öko-Institut e.V.

PCBs, PFOA und die SCCPs zeigen mit sieben bzw. acht verschiedenen Anwendungen die größte Bandbreite im Einsatz. Im Gegensatz hierzu wurde für OctaBDE nur eine einzige Anwendung gefunden, als Flammschutzmittel in high-impact-Polystyrol (HIPS). Die anderen POPs haben zwischen zwei und sechs Anwendungen.

Es gibt einige Anwendungen, bei denen die Funktion des POP im Gemisch oder Material eindeutig ist, Wo dieses Gemisch oder Material dann aber in vielen verschiedenen Produkten/Erzeugnissen oder verschiedenen Sektoren verwendet wird. Ein Beispiel ist PFOA als Hilfsstoff (Emulgator) für die PTFE-Produktion. Diese fluorhaltigen Polymere werden dann in vielen verschiedenen Produkten eingesetzt (z.B. für inerte Kanister, in der Halbleiterindustrie und für Küchengeräte).

In der folgenden Tabelle sind die Verteilungen (a) der Anwendungen pro Verwendungsmuster sowie (b) der Anzahl der Stoffe pro Verwendungsmuster dargestellt. Bei den Anwendungen pro Verwendungsmuster spielt neben der Anzahl der Stoffe pro Verwendungsmuster noch ein weiterer Effekt eine Rolle: Ein Stoff/eine Stoffgruppe kann mit mehreren Anwendungen in einem Verwendungsmuster vorkommen, so z.B. SCCPs einerseits als Weichmacher und Flammschutzmittel im Gummimaterial von Transport- und Antriebbändern, aber andererseits auch in Dichtungsmaterialien, flexiblem PVC oder als Klebstoff in unspezifischen Produkten oder Prozessen.

Tabelle 40: Charakterisierung der Verwendungsmuster: Anzahl der Anwendungen und der Stoffe.

Verwendungsmuster (VWM)	1	2	3	4	5	andere
Anzahl der Anwendungen pro VWM (Anzahl)	12	11	21	5	7	5
Anzahl der Anwendungen pro VWM (prozentual, %)	20	18	34	8	11	8
Anzahl der Stoffe pro VWM	5	4	8	4	4	5
Quotient: Anwendungen pro Stoff	2,40	2,75	2,63	1,25	1,75	1,00

Quelle: eigene Auswertung, Öko-Institut e.V.

Die meisten POPs, neun der 13 Stoffe/Stoffgruppen, wurden oder werden als Kunststoffadditive eingesetzt. Zusammen machen Verwendungsmuster 1 und 2 38 % aller Anwendungen (Σ 62) aus (Tabelle 40). Allerdings sind die fünf Stoffe, die in technischen Kunststoffen eingesetzt werden (VWM 1), andere als die vier Stoffe, die in flexiblen Kunststoffen oder Erzeugnissen auf Kunststoffbasis (VWM 2) eingesetzt werden. Es gibt hier also stofflich keine Überschneidungen.

Einen ähnlich hohen Anteil an den Verwendungen hält das Verwendungsmuster „Einsatz in Oberflächenmodifikationen“ (Verwendungsmuster 3). Zu ihm gehören acht Stoffe/Stoffgruppen und 34% der Anwendungen (Σ 62). Jeweils vier Stoffe/Stoffgruppen werden als Maschinenölzusätze (VWM 4) verwendet oder als Ausgangsstoffe oder Zwischenprodukte (VWM 5). Die fünf Verwendungsmuster decken über 90% aller Verwendungen ab.

Aus den Daten in Tabelle 40 lässt sich ableiten, dass zu den VWM 1, 2 und 3 einige Stoffe mit mehreren Anwendungen (im Schnitt 2,4 – 2,75 Anwendungen pro Stoff) gehören. Stoffe, die zu den VWM 4, 5 und andere Verwendungen gehören, werden hier nur in einer, maximal in zwei Anwendungen eingesetzt. Das bedeutet, dass die Stoffe der Verwendungsmuster 1 bis 3 in ihrer technischen Funktion variabler sind als die Stoffe der VWM 4 & 5.

Die wesentlichen Erkenntnisse dieser Analyse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Erkenntnisse der Analyse der Verwendungsmuster:

Für die dreizehn POPs, die als Industriechemikalien verwendet werden bzw. wurden, sind über 60 Anwendungen bekannt.

Die meisten dieser Anwendungen können fünf Verwendungsmustern zugeordnet werden.

Die fünf Verwendungsmuster decken über 90 % aller Verwendungen der analysierten POPs ab.

Je ca. ein Drittel der Verwendungen entfallen auf Plastikadditive oder Einsätze zur Oberflächenmodifikation.

Die Stoffe der Verwendungsmuster 1 bis 3 sind in ihrer technischen Funktion variabler als die Stoffe der Verwendungsmuster 4 und 5.

Auswertung der Verwendungsmuster unter Nutzung der Kategorien des ECHA Use Descriptor

Eine weitere Möglichkeit, die Verwendungsmuster zu charakterisieren, eröffnet das System der Verwendungskategorien, das von der ECHA entwickelt wurde. Es hat als Ziel, die Vielzahl der Verwendungen von Chemikalien für die Registrierung von Stoffen unter REACH zu strukturieren. Für die oben beschriebenen fünf Verwendungsmuster enthalten daher die Abschnitte zur Beschreibung der einzelnen Verwendungsmuster (Kapitel 4.4.1.1) auch tabellarische Übersichten, welche der folgenden vier Kategorien des ECHA *Use Descriptor System*

jeweils den Verwendungsmustern zuzuordnen sind: *technical function*, *chemical product*, *article category* und *sector of use*

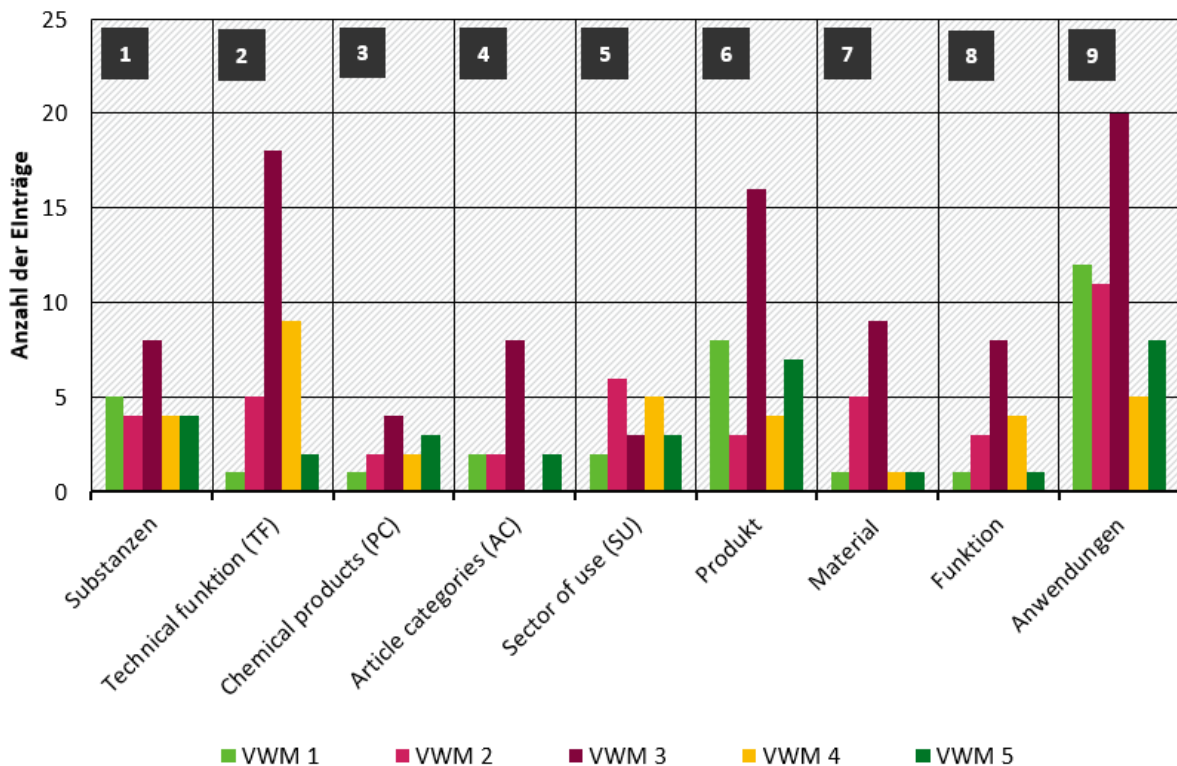
Insgesamt korrespondieren die fünf Verwendungsmuster zum einen mit acht Arten chemischer Produkte (*chemical products*) und können zum anderen acht Kategorien von Erzeugnissen (*article categories*) zugeordnet werden. Die POPs werden in diesen Bereichen in 33 verschiedenen technischen Funktionen (*technical use*) eingesetzt sowie in zwölf unterschiedlichen Anwendungsbereichen (*sectors of use*). Bereits diese erste Zusammenstellung verdeutlicht, dass die POPs aufgrund der Vielzahl ihrer technischen Funktionen in sehr vielen unterschiedlichen Bereichen eingesetzt werden.

In Abbildung 20 wird die ECHA-Verwendungssystematik mit den hier zu Grunde gelegten Kategorien verglichen. Sie zeigt auf der x-Achse die sieben Kategorien, sowie die Substanzen (Spalte 1) und Anwendungen (Σ 62, Spalte 9). Auf der y-Achse wird für die fünf Verwendungsmuster gezeigt, wieviele Anwendungen zu einer Kategorie gehören. Für die analysierten über 60 **Anwendungen** der POPs wurde zunächst geprüft, in welche der drei Kategorien **Produkt/Prozess, Material** (Anwendungsgebiete⁵²) und **Funktion** sie gehören. Das Ergebnis ist in der Abbildung im rechten Teil zu sehen, in den Spalten 6 (Produkt), 7 (Material) und 8 (Funktion). Farblich unterschieden werden hier die fünf Verwendungsmuster. Die Abbildung zeigt, dass z.B. zum Verwendungsmuster 1 acht verschiedene Produkte aber nur ein Material gehören.

Die vier Kategorien der Systematik des ECHA Use Descriptor werden in den Spalten 2 – 5 der Abbildung gezeigt: die *technical functions* (Spalte 2), die *chemical products* (Spalte 3), die *article categories* (Spalte 4) und die *sectors of use* (Spalte 5). So gehören z.B. in dieser Systematik zum Verwendungsmuster 3 18 verschiedene technische Funktionen (in Spalte 8 sind es nur acht verschiedene Funktionen).

⁵² In diesem Zusammenhang sind die Prozesse, die Materialien und die Produkte gemeint, in denen POPs eingesetzt werden. Produkte können entweder Gemische oder Erzeugnisse sein. Außerdem kann hier auch angegeben werden, in welchem Wirtschaftsbereich die Anwendung stattfindet.

Abbildung 20: Vergleich der Verwendungsmuster in der hier angewandten Systematik (Produkt – Material – Funktion) gegenüber der ECHA Use Descriptor Systematik



Substanzen = die zwölf Industrie-POPs + PFHxS

TF, PC, AC, SU = Systematik des ECHA Use Descriptor (aus den entsprechenden Tabellen unter 4.4.1.1)

„Produkt“ und „Material“ siehe Tabelle 49 & Tabelle 50 & Tabelle 51

Anwendungen = Anzahl der Zeilen in Tabelle 49 im Anhang (ohne Anwendungen, die sich nicht den VWM zuordnen lassen)

Quelle: eigene Darstellung, Daten in Tabelle 50, Öko-Institut e.V.

Die Abbildung ermöglicht die folgenden Schlussfolgerungen:

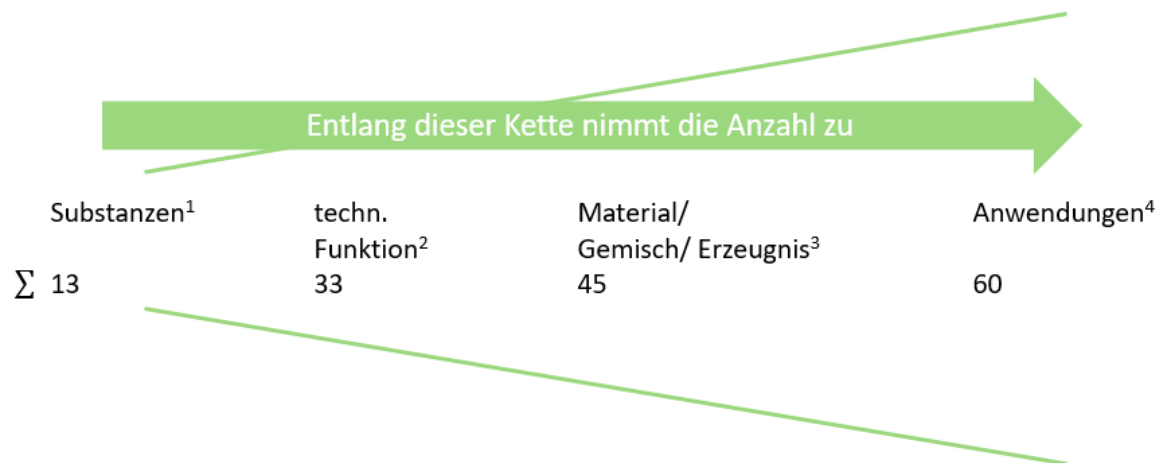
- Die meisten **technischen Funktionen** der POPs korrespondieren mit dem VWM 3: bei den Oberflächenmodifikationen kann zwischen 19 verschiedenen technischen Funktionen (TF in der Systematik des ECHA Use Descriptor) unterschieden werden. In diesem VWM werden auch die meisten POPs eingesetzt (8 von 13 Stoffen bzw. Stoffgruppen). Ebenso korrespondiert das VWM 4, die Maschinenölzusätze, mit vielen verschiedenen technischen Funktionen, jedoch nur mit zwei verschiedenen Kategorien der *chemical products*. Bei den Maschinenölzusätzen (VWM 4) wird insofern deutlich, wie viele verschiedene technische Funktionen die POPs im Maschinenöl in einem einzigen Gemisch gleichzeitig wahrnehmen. Im Gegensatz zu den anderen VWM stehen hier viele Funktionen wenigen Anwendungen gegenüber.
- Für die gleichen POPs in unterschiedlichen Materialien und Produkten/Prozessen liefern die technischen Funktionen in der Systematik des ECHA Use Descriptor eine viel detailliertere Unterscheidung als das System, das der Analyse der Verwendungsmuster zu Grunde gelegt wurde. Die OECD hat ein weiteres System, Funktionen im spezifischen Fall von Plastikadditiven zu beschreiben, der Aufbau dieser weiteren Systematik kann an anderer Stelle nachgelesen werden (OECD, 2019a).

- ▶ In allen Anwendungen zusammen werden POPS in acht verschiedene Arten von **Gemischen** (*Chemical product categories*) eingesetzt – von Dichtungsmitteln (PC 1) bis Textilimprägnierungsmitteln (PC 34). Aus oder mit ihnen werden ganz unterschiedliche **Erzeugnisse** produziert, die in acht verschiedenen Kategorien eingeteilt werden können – von Maschinen (AC 2) bis zu Kunststoffserzeugnissen und Schäumen (AC 13). Sie bestehen aus so unterschiedlichen Materialien wie Textilien, Metallen und Kunststoffen.
- ▶ Es gibt keine großen Unterschiede zwischen den Verwendungsmustern hinsichtlich der Zahl der Gemischkategorien bzw. der Zahl der Erzeugniskategorien. Eine Ausnahme bildet das Verwendungsmuster 4, hier können keine Erzeugniskategorien zugeordnet werden. Die für diese Studie verwendeten Kategorien **Produkte** und **Materialien** bilden Unterschiedliches ab. Dies unterstreicht, dass die in REACH definierten Begriffe „Stoff“, „Gemisch“ und „Erzeugnis“ und die im Alltag häufig verwendeten Begriffe „Produkt“ und „Material“ nicht immer einander direkt entsprechen, was zu Missverständnissen führen kann.
- ▶ In der Kategorie **Sector of use (SU)** zeigen sich erstaunlich niedrige Zahlen bei den einzelnen Verwendungsmustern. Die ECHA definiert im System der Verwendungsdeskriptoren 25 verschiedene Branchen, z.B. verschiedene produzierende Gewerbe, Energieproduktion und Landwirtschaft. Nach einem allgemeinen Verständnis von „Branche“ – so wurde die Kategorie SU übersetzt – wären höhere Zahlen erwartbar. Die Anwendungen von POPs liegen jedoch auch im Bereich alltäglicher Konsumgüter (z.B. Outdoorbekleidung, Bodenmaterial, Putzmittel, ...) und im Transportsektor (Autos, Bahnen, Flugzeuge). Insbesondere für das VWM 3 führt der Blick auf diese Kategorie also zu einer Fehleinschätzung. Der Deskriptor SU erscheint daher nur begrenzt geeignet, die Bereiche zu beschreiben, in denen POPs vorkommen und angewendet werden.
- ▶ Die Verwendungsmuster 1–3 beinhalten eine deutlich höhere Zahl von Anwendungen (Spalte 9 der Abbildung) als die Verwendungsmuster 4 und 5, bei jeweils einer ähnlichen Anzahl von Stoffen in den Verwendungsmustern 1, 2, 4 und 5. Auch dies belegt die größere Variabilität innerhalb der Verwendungsmuster 1–3 bezogen auf die gefundenen Anwendungen.

4.4.2 Fazit aus der Analyse der Verwendungsmuster

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich entlang der in Abbildung 21 gezeigten Kette von der Produktion der POPs über ihre Verwendung in Gemischen und Erzeugnissen die Zahl der Verwendungen dieser Stoffe vervielfacht. In dieser Auswertung wurde dieser Sachverhalt für POPs erstmals quantitativ analysiert.

Abbildung 21: Zunahme der Vielfalt der Anwendungen von POPs durch Einsatz mit verschiedenen technischen Funktionen in Materialien, Gemischen und Erzeugnissen



(1) die zwölf Industrie-POPs + PFHxS

(2) Anzahl verschiedener Funktionen nach der Systematik des ECHA *Use Descriptor* (aus den entsprechenden Tabellen unter 4.4.1.1 ohne Dopplung)

(3) Siehe „Produkt“ (Σ 27) und „Material“ (Σ 18) in Tabelle 51

(4) Anzahl der Zeilen in Tabelle 49 im Anhang.

Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

Zusammenfassend werden die Verwendungsmuster in nachstehender Tabelle beschrieben:

Tabelle 41: Überblick über die Verwendungsmuster im Hinblick auf Funktion der POPs, Gemische, Materialien, Erzeugnisse und Anwendungen

Verwendungsmuster (VWM)	Funktionen der POPs	Gemische/ Materialien	Erzeugnisse/ Anwendungen
VWM 1: Einsatz als bromierte Flammschutzmittel in Kunststoffen mit technischer Anwendung (u.a. PU, verschiedenen PS-Arten, ABS & PA)	Eine Funktion: Flammschutz	Eine überschaubare Anzahl an Kunststoffen	Eine hohe Zahl verschiedener Sektoren, Güter und Prozesse
VWM 2: Einsatz als Weichmacher und Flammschutzmittel in flexiblen Kunststoffen oder Erzeugnissen & Gemischen auf Kunststoff-Basis	Wenige Funktionen	Viele unterschiedliche Gemische und Materialien	Viele unterschiedliche Erzeugnisse und Anwendungen der Gemische
VWM 3: Einsatz für Oberflächenmodifikationen	Viele	Viele	Viele unterschiedliche Erzeugnisse und Anwendungen der Gemische
VWM 4: Einsatz als Maschinenölzusätze	Mehrere	Ein einziges Gemisch: Maschinenöl	Viele Sektoren

Verwendungsmuster (VWM)	Funktionen der POPs	Gemische/ Materialien	Erzeugnisse/ Anwendungen
VWM 5: Einsatz bei der Herstellung anderer Chemikalien oder Materialien (v.a. Kunststoffe) als Edukt (VWM 5a) oder Prozesshilfsstoff (VWM 5b)	Zwei Funktionen: Edukt ^{a)} und Prozesshilfsstoffe	Viele unterschiedliche Gemische und Materialien	Viele unterschiedliche Erzeugnisse und Anwendungen der Gemische

^{a)} Auch Monomere zur Herstellung von Kunststoffen sind Edukte.

Bei jeder dieser Anwendungen kann es verschiedene Emissionsmöglichkeiten entlang des Lebenszyklus der Materialien, Gemische und Erzeugnisse geben. Die aufgezeigte Zunahme der Anwendungen bedeutet daher auch eine Steigerung der Zahl der Möglichkeiten und Situationen, in denen die Stoffe in die Umgebung emittiert werden können.

4.5 Analyse der Emissionspotenziale

Langjährige Erfahrungen nach dem Verbot der ersten 12 POPs haben gezeigt, dass Belastungen durch PCBs, die in verschiedenen, auch umweltoffenen Anwendungen eingesetzt wurden, deutlich schwieriger zu managen sind und länger wirksam sind als die Belastungen durch z.B. chlorierte Pestizide. Dies belegt, dass auch die Art der Verwendung von (potenziellen) POPs einen wesentlichen Einfluss auf die langfristig durch sie bewirkten Schäden haben kann. Daher wird im Folgenden geprüft, welche Emissionspotenziale⁵³ die Verwendungsmuster haben können, die im vorigen Kapitel identifiziert wurden.

Hierbei ist zu beachten, dass durch die Listung im Stockholmer Übereinkommen sowie in der Europäischen POP-Verordnung die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung eines POP-Stoffes verboten sind.⁵⁴ Zulässig bleibt aber die Verwendung von Erzeugnissen, die diesen Stoff zwar enthalten, jedoch vor dem jeweiligen Inkrafttreten des Verbots in der EU auf den Markt gebracht wurden.

Diese Erzeugnisse können dann in der Nutzungsphase weiterhin eine Quelle für eine Freisetzung der POPs darstellen. Im folgenden Kapitel geht es im ersten Teil um die Frage, ob und wenn ja bei welchen der ermittelten Verwendungsmuster es in der Nutzungsphase zu besonders hohen Emissionen kommen kann.

Im zweiten Teil dieses Kapitels geht es um die Abfallphase und hier eventuell auftretende Emissionen. Die Abfallbewirtschaftung ist zwar grundsätzlich durch die europäische POP-Verordnung geregelt. Danach sollen Abfälle, die aus POPs bestehen, sie enthalten oder durch sie verunreinigt sind, ermittelt und getrennt werden. Die darin enthaltenen POPs sollen zerstört oder unumkehrbar umgewandelt werden, damit die verbleibenden Abfälle und Freisetzungen nicht mehr die Eigenschaften von POPs aufweisen. Diese Vorgaben können in der Praxis derzeit in vielen Fällen nicht eingehalten werden. Daher wird im Kapitel 2.5.3 genauer untersucht, ob bei bestimmten Verwendungsmustern besonders hohe Emissionspotenziale in der Abfallbewirtschaftung zu erwarten sind.

⁵³ Unter Emissionen werden die Freisetzungen eines Stoffes in die Umwelt verstanden. Eine Emissionsabschätzung ist unter REACH Teil der Expositionsbeurteilung und damit der Stoffsicherheitsbeurteilung im Stoffsicherheitsbericht. Eine Expositionsbeurteilung kann in dieser Studie nicht geleistet werden, da dies eine Abschätzung der Dosis/Konzentration des Stoffes einschließt, gegenüber der Mensch und/oder Umwelt exponiert sind oder sein können. Dies beinhaltet eine Emissionsabschätzung in einem ersten Schritt, aber anschließend auch eine Beurteilung von Verbleib und Verhalten in der Umwelt, was z.B. eine Analyse von Monitoringdaten, Pfaden und Senken eines Stoffes beinhaltet.

⁵⁴ Es können stoffspezifische Ausnahmeregelungen vorliegen.

Im darauffolgenden Abschnitt soll untersucht werden, bei welchen Verwendungsmustern in der Verwendungs- und Abfallphase besonders hohe Emissionspotenziale bestehen. Hieraus lassen sich Empfehlungen ableiten, welche politischen Instrumente jenseits von Produktions- und Anwendungsverböten ergriffen werden können, um mögliche Emissionen von POPs in ihren Verwendungen zu reduzieren oder zu vermeiden.

Bevor auf die Nutzungsphase und die Abfallphase genauer eingegangen wird, werden im folgenden Kapitel zunächst wichtige Ergebnisse aus bereits durchgeführten Forschungsvorhaben zur Emission von POPs zusammenfassend dargestellt.

4.5.1 Hintergrund: Analysen aus früheren Forschungsvorhaben

Frühere Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes (Weber, Hollert, et al., 2015; Potrykus et al., 2017) machen deutlich, dass die PCB-Belastung der Umwelt und der Nahrungskette besonders komplex ist: Die Besonderheit bei PCB besteht darin, dass sie auch unbeabsichtigt in thermischen Prozessen gebildet werden können, vergleichbar mit Dioxinen und Furanen. Es können aber auch chemische Prozesse bei der Herstellung bestimmter chlororganischer Verbindungen zur unbeabsichtigten Bildung von PCB führen.

Dioxine, Furane und PCB mit dioxinähnlicher Toxizität (dl-PCB) haben über eine Anreicherung in der Nahrungskette zu einer ubiquitären Belastung von Lebensmitteln geführt. Eine detaillierte Klärung der PCB-Emissionen wurde relevant, nachdem die Europäische Kommission (2006) für 2007 und 2008 ein Monitoring der Hintergrundbelastung von Lebensmitteln mit Dioxinen, dioxinähnlichen PCB und nicht dioxinähnlichen PCB empfohlen hatte und in Deutschland Auslösewerte⁵⁵ in Lebensmitteln überschritten wurden.

Im Rahmen des *European Monitoring and Evaluation Programme* (EMEP) berichtet das Umweltbundesamt als nationale Koordinierungsstelle über jährliche Emissionen von ausgewählten POPs, die unbeabsichtigt in verschiedenen Sektoren entstehen und in die Umwelt gelangen (Potrykus et al., 2017). Darin werden auch die oben genannten Emissionen von unbeabsichtigt gebildeten PCB berücksichtigt. Die an das EMEP für deren Datenbank (CEIP, o. J.) seit 2004 gemeldeten PCB-Emissionen liegen bei knapp über 200 t, in 2018 waren es 212,9 t. Die Kontaminationen in Lebensmitteln zeigten allerdings, dass darüber hinaus unbeachtete und unterschätzte Quellen und Eintragspfade vorkommen müssen.

Über Mustervergleiche von Kongenerenprofilen ist es möglich zu bestimmen, ob ein Eintrag aus technischen PCB (Verwendung als Industriechemikalie) oder thermischen PCB (unbeabsichtigt gebildete PCB) stammt. In den Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes wurde deutlich, dass das PCB-Profil, das in der Umwelt nachgewiesen wird, im Wesentlichen auf technisch hergestellte PCB in Altbeständen zurückgeführt werden kann. Laut Weber, Hollert, et al. (2015) stellen die sogenannten offenen Anwendungen die Emissionsquelle mit der heute größten Relevanz dar. Offene Anwendungen umfassen vor allem Fugendichtungsmassen in Betonfertigbauweise, in Dehn-, Anschluss-, Wand- und Deckenfugen oder Fensterfugen. In diesen Anwendungen wurden in Deutschland etwa 20.000 t eingesetzt. Der kleinere Teil der offenen Anwendungen (4.000 t) sind der Einsatz in Farben, Lacken, Flammschutzmitteln, Kunststoffen oder Papierbeschichtungen. Weber, Hollert, et al. (2015) schätzten, dass noch 50 bis 80 % der insgesamt eingesetzten Mengen in Erzeugnissen im Verkehr sind und es hieraus auch zu Freisetzungen von PCB in die Umwelt kommt.

PCB aus geschlossenen Anwendungen (Kühlmittel in Transformatoren und Kondensatoren) sind hingegen zum größten Teil bereits systematisch entsorgt worden oder bereits nicht mehr

⁵⁵ Auslösewerte für Futter- und Lebensmitteln definieren Fälle, in denen eine Kontaminationsquelle ermittelt und für ihre Eindämmung oder Beseitigung gesorgt werden sollte.

rückholbar in die Umwelt gelangt (Weber, Hollert, et al., 2015; Potrykus et al., 2017). Hier ist nicht mit weiteren Emissionen zu rechnen.

In den Studien von Weber, Hollert, et al. (2015) und Potrykus et al. (2017) sind folgende Vorschläge erarbeitet worden, um die unterschätzten Emissionen aus offenen Anwendungen zu bestätigen, zu inventarisieren und zu kennzeichnen und außerdem zu minimieren:⁵⁶

- ▶ Ergänzung im Emissionsinventar mit den Emissionen des technischen PCB durch Desorption sowie Sanierungen und Abbrucharbeiten, damit fortlaufend die verbleibenden Mengen von PCB in offenen Anwendungen abgeschätzt werden können;
- ▶ Inventarisierung von Gebäuden der 1950er bis 1970er Jahre und Kennzeichnung und Registrierung PCB-haltiger Baumaterialien;
- ▶ Entwicklung einer Handlungsanweisung und Messvorschrift für die Untersuchung von PCB in Gebäuden sowie Entwicklung von Schulungen und Ausbildungen für die Anwendung der PCB-Messungen;
- ▶ (Weiter-)Entwicklung von Arbeitsverfahren und -geräten, um die PCB-Freisetzung während Arbeiten an PCB-haltiger Bausubstanz zu minimieren;
- ▶ Prüfung von Farbpigmenten auf der Basis von chlorierten Aromaten und Chlorparaffinen auf den Gehalt an unbeabsichtigt gebildetem PCB und ggf. deren Verbot;
- ▶ Prüfung von Abfällen auf den PCB-(Höchst-)Gehalt.

Für PCB-Ersatzstoffe wurde von Potrykus et al. (2017) teilweise grundsätzlicher Forschungsbedarf formuliert, z.B. Verbesserung der Analytik und Standardisierung von Messmethoden sowie mehr und systematisches Umweltmonitoring zur Klärung des Verbleibs und der Verteilung in der Umwelt. In Bezug auf Emissionspotenziale beschreiben Potrykus et al. (2017) Forschungs- und Handlungsbedarf für die Abfallphase und bei HBCD auch für die Wiederverwertung (SCCP: Klärung des Emissionspotentials von Deponien; HBCD in Abfällen und Rezyklaten als zukünftige potentielle Quelle für die Belastung der Umwelt). Bei SCCP wird auch die Klärung der Relevanz von Inhalation (von Innenraumluft) und dermalen Aufnahme als relevanten Expositionspfaden für den Menschen benannt, was sich auf Emissionspotenziale in der Nutzungsphase bezieht.

Deutlich wird aus den Forschungsvorhaben von Weber, Hollert, et al. (2015) sowie Potrykus et al. (2017), dass

- ▶ die Emissionen von POPs aus dem Bestand / Erzeugnissen erheblich sein können und über industrielle Emissionen hinaus gehen können, die – zumindest was PCB angeht - eher bereits systematisch erfasst werden konnten, und
- ▶ dass Daten zu Mengen der POPs in den Erzeugnissen nicht automatisch verfügbar sind.

⁵⁶ In Bezug auf belastete Lebensmittel (Rind, Schaf, Huhn/Ei) formulierten Weber, Hollert, et al. (2015) Forschungsbedarf, um potenzielle Managementmaßnahmen zu untersuchen und weiter auszuarbeiten. Da eine vergleichbare ubiquitäre Belastung bei anderen als Industriechemikalien verwendete POPs nicht gegeben ist, werden diese Empfehlungen hier nicht zusammengefasst.

Daher wird im folgenden Kapitel dargestellt, welche Emissionen aus dem Bestand bzw. aus Erzeugnissen bei den fünf Verwendungsmustern zu erwarten sind, die für POPs abgeleitet wurden.

4.5.2 Verwendungsmuster der POPs: Emissionspotenziale in der Nutzungsphase

Für die Analyse der Verwendungsmuster im vorherigen Kapitel wurde das System der Verwendungsdeskriptoren der ECHA genutzt. In Bezug auf Lebenszyklusstadien unterscheidet die ECHA Herstellung, Formulierung oder Umverpackung, Verwendung an Industriestandorten, breite Verwendung durch gewerbliche Anwender und Verwendung durch Verbraucher und Nutzungsphase (ECHA, 2014b).

Die Lebenszyklusstadien Herstellung, Formulierung und Umverpackung werden im Folgenden nicht betrachtet, da die Aufnahme eines Stoffes in das Stockholmer Übereinkommen ein Verbot der Herstellung, des Inverkehrbringens und der Verwendung bedeutet. Daher wird bei den folgenden Auswertungen ein Schwerpunkt auf der Nutzungsphase liegen. Zudem haben auch die früheren Forschungsarbeiten deutlich gemacht, dass POPs in Erzeugnissen, deren Verwendung weiterhin zulässig ist, erhebliche Emissionen verursachen können.

Das System der Verwendungsdeskriptoren der ECHA wird in der jetzt beschriebenen Auswertung auch deshalb weiter angewendet, weil davon ausgegangen werden kann, dass vor einer Aufnahme eines Stoffes in das Stockholmer Übereinkommen der POP-Stoff unter REACH registriert wurde und daher Informationen zu Emissionen vorliegen sollten. Diese Informationen werden im Registrierungsdossier oft mittels der Verwendungsdeskriptoren strukturiert.

Im System der Verwendungsdeskriptoren der ECHA werden für die verschiedenen Lebenszyklusstadien Umweltfreisetzungskategorien definiert (*Environmental release categories*, ERC), um Verwendungen aus der Umweltperspektive beschreiben zu können. Darin sind auch Informationen über die Höhe der erwarteten Freisetzung enthalten. Umweltfreisetzungskategorien sind außer für Herstellung, Formulierung oder Umverpackung, die hier ja nicht weiter betrachtet werden, für Endverwendung⁵⁷ und Nutzungsphase⁵⁸ (des Erzeugnisses) definiert.

In den fünf identifizierten Verwendungsmustern wird der POP-Stoff entweder Bestandteil eines Erzeugnisses, weil er darin eine Funktion ausübt, oder er ist Bestandteil einer Funktionsflüssigkeit. Ist der POP-Stoff Teil einer Funktionsflüssigkeit, ist nach der POP Verordnung die Endverwendung des Gemisches verboten. Beim Einsatz für Oberflächenmodifikationen verbleibt aber der Stoff nach der Anwendung der Funktionsflüssigkeit in getrockneten Beschichtungen im oder am Erzeugnis. Der ECHA Leitfaden weist darauf hin, dass dann die Angaben auf die gleiche Weise erfolgen sollen wie bei der Verwendung in einem Erzeugnis.

Die folgende Tabelle zeigt für die fünf Verwendungsmuster, mit welchen Umweltfreisetzungskategorien sie beschrieben werden können. Berücksichtigt werden dabei sowohl die Endverwendungen der POPs, die zu dem jeweiligen Verwendungsmustern gehören, als auch die Nutzungsphase.

⁵⁷ Die Endverwendung ist die Verwendung eines Stoffes als solchem oder in einem Gemisch in einem letzten Schritt vor dem Nutzungsende des Stoffes, also bevor der Stoff in einem Verfahren durch Reaktion während der Verwendung verbraucht wird (einschließlich der Verwendung als Zwischenprodukt), in Abfallströme oder die Umwelt gelangt oder Bestandteil eines Erzeugnisses wird (ECHA, 2014b).

⁵⁸ Die Nutzungsphase ist der Zeitraum, in dem sich ein Erzeugnis im Einsatz oder in Verwendung befindet (ECHA, 2014b).

Tabelle 42: Umweltfreisetzungskategorien (nach ECHA-Leitlinie, R.12) für Endverwendung und Nutzungsphase der fünf POP Verwendungsmuster (ECHA, 2014b)

VWM Nr.	Verwendungsmuster	Erläuterung der Verwendung	Umweltfreisetzungskategorie ERC
1	Einsatz als bromierte Flammschutzmittel in Kunststoffen mit technischer Anwendung (u.a. PU, verschiedenen PS-Arten, ABS & PA)	Der Stoff wird Bestandteil eines Erzeugnisses, weil er eine Funktion in dem Erzeugnis erfüllt.	ERC 10a: Breite Verwendung von Erzeugnissen mit geringer Freisetzung (Außenbereich) ERC 11a: Breite Verwendung von Erzeugnissen mit geringer Freisetzung (Innenbereich) ERC 12a: Verarbeitung von Erzeugnissen an Industriestandorten mit geringer Freisetzung ERC 12c: Verwendung von Erzeugnissen an Industriestandorten mit geringer Freisetzung
2	Einsatz als Weichmacher und Flammschutzmittel in flexiblen Kunststoffen oder Erzeugnissen & Gemischen auf Kunststoff-Basis	Der Stoff wird teilweise Bestandteil eines Erzeugnisses, weil er eine Funktion in dem Erzeugnis hat, teilweise ist er Bestandteil einer Funktionsflüssigkeit.	ERC 7: Verwendung als Funktionsflüssigkeit an einem Industriestandort ERC 10a: Breite Verwendung von Erzeugnissen mit geringer Freisetzung (Außenbereich) ERC 11a: Breite Verwendung von Erzeugnissen mit geringer Freisetzung (Innenbereich) ERC 12a: Verarbeitung von Erzeugnissen an Industriestandorten mit geringer Freisetzung ERC 12c: Verwendung von Erzeugnissen an Industriestandorten mit geringer Freisetzung
3	Einsatz für Oberflächenmodifikationen	Der Stoff wird teilweise Bestandteil eines Erzeugnisses, weil er eine Funktion in dem Erzeugnis erfüllt, teilweise ist er Bestandteil einer Funktionsflüssigkeit. Teilweise verbleibt der Stoff nach der Anwendung in getrockneten Beschichtungen im oder am Erzeugnis; Angaben sollen auf die gleiche Weise erfolgen wie bei der Verwendung in einem Erzeugnis.	ERC 7: Verwendung als Funktionsflüssigkeit an einem Industriestandort ERC 9b: Breite Verwendung einer Funktionsflüssigkeit (Außenverwendung) ERC 10a: Breite Verwendung von Erzeugnissen mit geringer Freisetzung (Außenbereich) ERC 11a: Breite Verwendung von Erzeugnissen mit geringer Freisetzung (Innenbereich)
4	Maschinenöl-Zusätze	Der Stoff ist als Bestandteil einer Funktionsflüssigkeit. Der Stoff ist kein integraler Bestandteil eines Erzeugnisses.	ERC 9a: Breite Verwendung einer Funktionsflüssigkeit (Innenverwendung) ERC 9b: Breite Verwendung einer Funktionsflüssigkeit (Außenverwendung)

VWM Nr.	Verwendungsmuster	Erläuterung der Verwendung	Umweltfreisetzungskategorie ERC
5	Einsatz als Edukt oder Zwischenprodukt bei der Herstellung anderer Chemikalien oder Materialien (v.a. Kunststoffe)	Für Stoffe, die ausschließlich als Zwischenprodukte verwendet werden, sollte keine Nutzungsphase beschrieben werden, da sie bei der industriellen Verwendung definitionsgemäß in einen anderen Stoff umgewandelt werden, der seinerseits möglicherweise der Registrierungspflicht unterliegt.	Keine

Den Verwendungsmustern 1 bis 4 können für die Nutzungsphase Umweltfreisetzungskategorien zugeordnet werden. Dies ist nicht möglich für das Verwendungsmuster 5 „Einsatz als Edukt oder Zwischenprodukt bei der Herstellung anderer Chemikalien oder Materialien (v.a. Kunststoffe)“. Für Stoffe, die ausschließlich als Zwischenprodukte verwendet werden, sollte nach dem ECHA-Leitlinienkapitel R.12 keine Nutzungsphase beschrieben werden. Die Stoffe werden bei der industriellen Verwendung definitionsgemäß in einen anderen Stoff umgewandelt, der seinerseits möglicherweise der Registrierungspflicht unterliegt. Daher wird das Verwendungsmuster 5 in der Analyse der Emissionspotenziale nicht weiter berücksichtigt. Es besteht zwar die Möglichkeit, dass die Stoffe, die als Edukt oder Zwischenprodukt eingesetzt wurden, als Verunreinigungen/Restgehalte im Material verbleiben. Aber bei der hier vorgelegten Untersuchung wird der Schwerpunkt auf die beabsichtigten Verwendungen der POPs gelegt.

Im Leitlinienkapitel R.16 der ECHA zur Abschätzung der Umweltexposition (*Environmental exposure estimation*) werden für die Umweltfreisetzungskategorien (ERCs) Standard *worst-case*-Freisetzungsfaktoren angegeben (*Default worst-case release factors*), die von der ECHA unter Annahmen ungünstigster Bedingungen (*Worst Case*) erarbeitet wurden. Sie ergeben sich aus den in den ERCs beschriebenen Verwendungsbedingungen. Die geschätzte Belastung der Umwelt berechnet sich dann aus der Freisetzungsrate und der Tonnage des in den Erzeugnissen enthaltenen Stoffes.

Die vier Verwendungsmuster der POPs, bei denen die Nutzungsphase von Bedeutung ist, können mit sieben Umweltfreisetzungskategorien beschrieben werden (siehe vorherige Tabelle). Die nachfolgende Tabelle zeigt die Freisetzungsfaktoren als Ausgangspunkt für die Abschätzungen der zugehörigen Emissionen. Außerdem wird in der letzten Spalte angegeben, ob es noch zu Freisetzungen kommen kann, wenn der Stoff im Stockholmer Übereinkommen gelistet ist.

Tabelle 43: Umweltfreisetzungskategorien nach ECHA-Leitlinie, R.16, die für die vier Verwendungsmuster der POPs von Bedeutung sind, und zugehörige Standard Worst-Case-Freisetzungsfaktoren (ECHA, 2014c)

ERC	Standard Worst-Case-Freisetzungsfaktoren			Emissionspotential nach Aufnahme des Stoffes im Stockholmer Übereinkommen
	to air	to water (before STP)	to soil	
ERC 7: Verwendung als Funktionsflüssigkeit an einem Industriestandort	5%	5%	5%	Nein
ERC 9a: Breite Verwendung einer Funktionsflüssigkeit (Innenverwendung)	5%	5%	„n.a.“	Nein
ERC 9b: Breite Verwendung einer Funktionsflüssigkeit (Außenverwendung)	5%	5%	5%	Ja, z.B. bei Einsatz für Oberflächenmodifikationen
ERC 10a: Breite Verwendung von Erzeugnissen mit geringer Freisetzung (Außenbereich)	0,05%	3,2%	3,2%	Ja
ERC 11a: Breite Verwendung von Erzeugnissen mit geringer Freisetzung (Innenbereich)	0,05%	0,05%	„n.a.“	Ja

ERC	Standard Worst-Case-Freisetzungsfaktoren			Emissionspotential nach Aufnahme des Stoffes im Stockholmer Übereinkommen
	to air	to water (before STP)	to soil	
ERC 12a: Verarbeitung von Erzeugnissen an Industriestandorten mit geringer Freisetzung	2,5%	2,5%	2,5%	Nein
ERC 12c: Verwendung von Erzeugnissen an Industriestandorten mit geringer Freisetzung	0,05%	0,05%	„n.a.“	Nein

Die höchsten Freisetzungsfaktoren (bis zu 5%) werden angenommen beim (breit gefächerten) Einsatz als Funktionsflüssigkeit in Innen- oder Außenverwendungen. Dies betrifft die Verwendungsmuster 3 und 4. Beim POP-Verwendungsmuster 4 „Maschinenöl-Zusätze“ können die Emissionen durch ein Verbot der Verwendung beendet werden. Beim Verwendungsmuster 3 „Einsatz für Oberflächenmodifikationen“ verbleibt aber der POP-Stoff nach Anwendung in getrockneten Beschichtungen im oder am Erzeugnis. Damit besteht weiterhin ein Potenzial für eine Freisetzung des Stoffes aus der Beschichtung. Nach den Standard-Freisetzungsfaktoren muss im Worst-Case von einer Emission von 5% des zugefügten POP-Stoffes ausgegangen werden.

Die Freisetzungsraten variieren im Bereich von zwei Größenordnungen (von 0,05 – 5%). Das heißt, dass die Abschätzung der Emission grundsätzlich von der Gesamtmenge der Erzeugnisse bzw. des Stoffes in den Erzeugnissen beeinflusst wird und dass Daten zur Gesamtmenge des Stoffes in den Erzeugnissen eine wesentliche Voraussetzung für die Abschätzung darstellen. Für die meisten Stoffe sind diese Daten derzeit nicht verfügbar.

Statt die Umweltfreisetzungskategorien zu verwenden, beschreiben die ECHA-Leitlinie, Kapitel R.16 (ECHA, 2014c) sowie die OECD *Emission Scenario Documents* (OECD, 2019a) alternative Möglichkeiten, um die Emissionen aus Erzeugnissen abzuschätzen. Hierbei wird angenommen, dass

- die Emission direkt proportional zur Oberfläche der Erzeugnisse ist, die dem Wasser (Auswaschung) oder der Luft (Verflüchtigung) ausgesetzt sind oder
- die Emission vom Bestand, dem *In-use stock* (Menge des Stoffes in Erzeugnissen auf dem Markt) abhängt.

Die Formeln für beide Abschätzungen sind in untenstehender Tabelle dargestellt.

Tabelle 44: Möglichkeiten zur Abschätzung der Emission aus Erzeugnissen in der Nutzungsphase gemäß ECHA-Leitlinie, R.16 (ECHA, 2014c).

Abschätzung über Oberfläche der Erzeugnisse		Abschätzung über Bestand der Erzeugnisse	
$R_{\text{tot_Subst_comp}} = F_{\text{area,comp}} \times \text{Area}_{\text{article}} \times T_{\text{SL_article}}$		$E_{\text{air}}(y) = \text{Stock}(y) \times \frac{10^{-3}}{C_0 dt} \times T_{\text{product}} \times 365 \times R_{\text{air}}$	
R _{tot_Subst_comp}	Annual total release of the substance to a certain environmental compartment (comp) over the service life of the products at steady state[kg/yr]	E _{air} (y)	Emission of the plastic additive into the air (kg/year) in the year y
F _{area, comp}	Annual emission factor to an environmental compartment (comp) on an article- area basis [kg m ⁻² year ⁻¹]	Stock(y)	In-use stock (tonnes) in the year y
Area _{article}	Annual emitting surface area [m ² yr ⁻¹]	C ₀	Initial concentration (wt%) of the additive in the end product;
T _{SL_article}	Service life of articles [yr]	D	Plastic density (g/cm ³)
		T	Thickness of plastic board (mm)
		T _{product}	In-service use time (h/day) of the end product
		R _{air}	Emission rate into the air (µg/m ² /h) of the plastic additive

In beiden Ansätzen ist die Emission proportional zur Lebensdauer eines Erzeugnisses. Das bedeutet, dass langlebige Produkte ein höheres Emissionspotenzial haben. Erzeugnisse mit einer langen Lebensdauer von 10 bis 20 Jahren sind z.B. elektronische Geräte, Autos und Baumaterialien.⁵⁹

Für beide Ansätze müssen spezifische Freisetzungsfaktoren für den Stoff bekannt sein. Für die Abschätzung über die Oberfläche werden Flächenemissionsfaktoren benötigt, zu denen es im ECHA-Leitlinienkapitel R.16 (noch) keine Angaben oder Anleitungen für eine Abschätzung gibt. Für die Abschätzung der Emission aus einem Bestand wurde in der Reihe der OECD *Emission Scenario Documents* 2019 ein Dokument „Kunststoffadditive während der Verwendung von Endprodukten“ ergänzend zum Emissionsszenario über Kunststoffadditive veröffentlicht (OECD, 2019a). Darin werden Flächenemissionsfaktoren für Luft R_{air} (µg/m²/h) für verschiedene Plastikadditive angegeben (Weichmacher, Flammschutzmittel, Antioxidantien, UV-Absorptionsmittel und PVC-Stabilisatoren). Bei Flammschutzmittel beziehen sich die Emissionsfaktoren sehr spezifisch auf elektrische und elektronische Produkte mit einer Betriebstemperatur von 60 °C (*in-service temperature*) sowie einer Plastikstärke von 3 mm und einem spezifischen Gewicht von 1,2 g/cm³ für HIPS und PC/ABS sowie einer Nutzungsdauer von 5 h/Tag. Für andere Erzeugnisse z.B. Konstruktions- und Baumaterialien gelten allerdings

⁵⁹ Angaben aus der Leitlinie R.16 zur typischen Lebensdauer: „Packaging materials, articles used in agriculture: 1 year; Sports articles, plastic used in electric devices: 2 to 5 years; Furniture, household appliances (e.g. refrigerator): 5 to 10 years; Plastic used in electronic devices, cars, construction materials: 10 to 20 years; Tyres: 5 years.“ (ECHA, 2014c)

andere Bedingungen, was die Betriebstemperatur angeht, sowie die Dichte des Polymers etc. Dafür werden in dem OECD-Dokument keine Angaben gemacht.

Bei der Abschätzung der Emission aus der emittierenden Oberfläche der Erzeugnisse wird von einem stabilen Bestand auf dem Markt ausgegangen, in dem jährlich so viele neue Erzeugnisse hinzukommen wie entsorgt werden. Aus der Formel wird deutlich, dass die Emissionen proportional zu einer langen Lebensdauer und einer hohen Oberfläche sind, die also Faktoren für ein hohes Emissionspotenzial darstellen. Bei den Erzeugnis-Kategorien (AC) aus der ECHA Leitlinie, Kapitel R.12 gibt es in jeder materialbasierten Kategorie eine Unterkategorie „a“ für Erzeugnisse mit großer Oberfläche (ECHA, 2014b). Beispiele hierfür sind durchgehend Konstruktions- und Baumaterialien, die sich auch durch eine lange Lebensdauer auszeichnen. Nach ihrer Verwendung verteilen sich auch Lacke und Farbe auf eine große Oberfläche.

Zu den oben beschriebenen Verwendungsmustern 1 bis 3 der POPs (Kapitel 4.4.1.1) gehören folgende Erzeugnisse mit großer Oberfläche:

- ▶ Verwendungsmuster 1: Kunststoffe mit technischer Anwendung. In ihnen werden POPs als bromierte Flammschutzmittel eingesetzt. Hierzu gehören Erzeugnisse, die durch die folgenden Artikel-Kategorien beschrieben werden:
AC13a Plastic articles: Large surface area articles; Construction and building materials e.g. flooring, insulation (unter: *AC13: Plastic articles incl. foam materials*)
- ▶ Verwendungsmuster 2: Flexible Kunststoffe oder Erzeugnisse und Gemische auf Kunststoffbasis. In ihnen werden POPs als Weichmacher und Flammschutzmittel eingesetzt. Beispiele sind Oberflächenbeschichtungen und Transport – und Abriebbänder. Zum Verwendungsmuster 2 gehören Erzeugnisse, die durch die folgenden Artikel-Kategorien beschrieben werden:
AC10a: Rubber articles: Large surface area articles; Construction and building materials e.g. flooring (unter *AC10: Rubber articles incl. foam materials*)
- ▶ Verwendungsmuster 3: Erzeugnisse, deren Oberfläche modifiziert wurde. Hierzu zählen Gewebe, Textilien, Bekleidung, Konstruktions- und Baumaterialien, Wand- und Fußbodenbeläge. Diese Erzeugnisse werden durch die folgenden Artikelkategorien beschrieben:
AC5a: Fabrics, textiles and apparel: Large surface area articles; Construction and building materials e.g. floor or wall materials: carpets, rugs, tapestries (unter *AC5: Fabrics, textiles and apparel*)
AC6a: Leather articles: Large surface area articles; Construction and building materials (unter *AC6: Leather articles*)
AC10a: Rubber articles: Large surface area articles; Construction and building materials e.g. flooring (unter *AC10: Rubber articles incl. foam materials*)
AC13a Plastic articles: Large surface area articles; Construction and building materials e.g. flooring, insulation (unter: *AC13: Plastic articles incl. foam materials*)

In den ECHA-Erzeugniskategorien bedeutet „hohe Oberfläche“, dass einzelne Erzeugnisse (z.B. ein Wandbelag) eine große Oberfläche aufweisen. Es kann aber darüber hinaus auch sein, dass einzelne Erzeugnisse für private Endverbraucher (z.B. beschichtete Papiere) durch die weit verbreitete Nutzung in privaten Haushalten in der Summe ebenfalls eine hohe Oberfläche erreichen, obwohl das einzelne Erzeugnis nur eine vergleichsweise kleine Oberfläche hat. Dieser

Fall wird durch die ECHA-Erzeugniskategorien nicht abgedeckt. Zum Verwendungsmuster 3 (Oberflächenmodifikationen) gehören solche weit verbreiteten Verwendungen, in denen über die sehr hohe Anzahl einzelner Erzeugnisse eine hohe Oberfläche erreicht werden kann, z.B. die Herstellung von beschichtetem Papier.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Nutzungsphase

Zusammenfassend zeigt diese Analyse, dass bei drei der fünf Verwendungsmustern davon ausgegangen werden kann, dass ein hohes Potenzial für Freisetzungen von POPs aus Erzeugnissen während der Nutzungsphase besteht. Dies betrifft sehr unterschiedliche Materialien und Arten von Erzeugnissen:

- ▶ Kunststoffe mit technischer Anwendung, einschließlich Schäumen.
- ▶ Flexible Kunststoffe oder Erzeugnisse und Gemische auf Kunststoffbasis. Beispiele sind Oberflächenbeschichtungen, Transport – und Abriebbänder, Gummierzeugnisse und Baumaterialien.
- ▶ Erzeugnisse, deren Oberfläche modifiziert wurde; Beispiele sind Gewebe, Textilien, Bekleidung, Konstruktions- und Baumaterialien, Wand- und Fußbodenbeläge.

Maßnahmen zum besseren Management von POPs sollten daher bewusst auch die Nutzungsphase von Erzeugnissen einbeziehen. Schwerpunkte sollten hierbei auf Erzeugnisse mit einem hohen Bestand, mit großer Oberfläche, hohen Stoffkonzentrationen, hohen Freisetzungsraten und langer Lebensdauer gelegt werden.

Es ist wichtig zu betonen, wenn die Kommunikation über die stoffliche Zusammensetzung eines Erzeugnisses abbricht, dass dann der Gehalt des betreffenden POP-Stoffes nur über Messungen nachvollzogen werden kann. Dies kann insbesondere bei langlebigen Erzeugnissen auftreten. Die früheren Forschungsarbeiten haben gezeigt, dass es meistens noch keine standardisierten Messverfahren gibt, um den POP-Gehalt in Erzeugnissen zu ermitteln.

4.5.3 Emissionspotenziale in der Abfallphase

Grundsätzlich berücksichtigt die POP-Verordnung auch die Phase der Abfallbewirtschaftung.⁶⁰ Entledigen sich Besitzer von Erzeugnissen, die POP Stoffe enthalten, sollen die Abfälle, die aus POP bestehen, sie enthalten oder durch sie verunreinigt sind, ermittelt und getrennt werden. Die darin enthaltenen POP sollen zerstört oder unumkehrbar umgewandelt werden, damit die verbleibenden Abfälle und Freisetzungen nicht die Eigenschaften von POP aufweisen. Das bedeutet, dass die Erzeugnisse, die POP enthalten, am Ende ihrer Nutzungsdauer ermittelt und von anderen Abfällen getrennt werden sollen. In der Praxis werden diese Vorgaben nur unvollständig umgesetzt.

Wenn ein Stoff vor seiner Aufnahme in das Stockholmer Übereinkommen unter REACH registriert wurde, ist davon auszugehen, dass dabei auch für die Abfallphase gewisse Informationen bereitgestellt wurden. Einerseits wird zwar unter REACH die Abfallphase (Entsorgung oder Rückgewinnung) aktuell nicht als Teil der Verwendungsbeschreibung gesehen. Entsorgung oder Rückgewinnung sind insofern keine nachgeschalteten Verwendungen gemäß REACH, denn nach Artikel 2(2) der REACH-Verordnung gilt „Abfall im Sinne der Richtlinie 2006/12/EG des Europäischen Parlaments und des Rates nicht als Stoff, Gemisch oder Erzeugnis“. Folglich sind die REACH-Anforderungen für Stoffe (als solche, in Gemischen oder in

⁶⁰ Nach der Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG bezeichnet der Ausdruck „Abfall“ jeden Stoff oder Gegenstand, dessen sich sein Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss.

Erzeugnissen) in der Lebensphase Abfall begrenzt. Andererseits gibt aber Kapitel R.18 der ECHA Leitlinien zur „Expositionsabschätzung im Abfallstadium“ (LANUV, 2017) eindeutig vor, dass die Abfallphase in der Stoffsicherheitsbeurteilung berücksichtigt werden muss. Nach REACH Artikel 3(37) sind Expositionsszenarien eine Zusammenstellung von Bedingungen einschließlich der Verwendungsbedingungen und Risikomanagementmaßnahmen, mit denen dargestellt wird, wie der Stoff hergestellt oder während seines Lebenszyklus verwendet wird, und wie der Hersteller oder Importeur die Exposition von Mensch und Umwelt beherrscht oder den nachgeschalteten Anwendern zu beherrschen empfiehlt. Nach R.18 muss also das Abfallstadium als Teil des Lebenszyklus eines Stoffes im Expositionsszenarium berücksichtigt werden. Hierbei sind die Abfälle während Herstellung, Formulierung, auch Transport oder Umverpackung sowie während der Verwendung und im *End-of-Life* darzustellen. Im Ergebnis sollten also Informationen über die Abfallphase durch REACH grundsätzlich verfügbar sein. Besonders für Stoffe mit PBT-Eigenschaften ist laut R.18 in jedem Fall eine genaue qualitative Bewertung erforderlich.

Das Kapitel R.18 der ECHA-Leitlinien enthält ein Beispiel für die Expositionsabschätzung für MCCPs. Diese umfasst eine lokale und eine regionale Bewertung für Abfallarten, Mengen und Abfallbehandlungsverfahren in der Herstellung, aus den identifizierten Verwendungen – genannt werden hier Metallbearbeitungsflüssigkeiten (60 % des Produktionsvolumens), Dichtungsmaterialien (etwa 25 % des Produktionsvolumens) und Selbstdurchschreibepapier (etwa 15 % des Produktionsvolumens) – sowie für Abfälle der *end-of-life articles* von Dichtungsmaterialien und Selbstdurchschreibepapier. Dabei werden folgende Abfallbehandlungsverfahren genannt: Deponie, Verbrennung, Verwertung (in diesem Fall Papierrecycling) und Behandlung als gefährlicher Abfall. Die folgende Abbildung zeigt die Abfallarten nach der Nutzungsphase von zwei verschiedenen Verwendungen von MCCP, einmal in Selbstdurchschreibepapier und weiterhin in Dichtungsmaterialien.

Tabelle 45: Abfallarten aus der Nutzungsphase nach den identifizierten Verwendungen von MCCP gemäß ECHA Leitlinie, R.18 (LANUV, 2017)

Abfall Herkunft	Abfalltyp	Menge [t/a]	MCCP-Gehalt [%]	Abfall-behandlungs-prozess / Recycling	Informations-quelle
Kopierpapier nach Ablauf der Nutzungsdauer	Fest: Gebrauchte Selbstdurchschreibepapiere	405	0,01	Deponie, Verbrennung)	Allgemeinwissen (Common sense)
Dichtstoffe am Ende ihrer Lebensdauer	Bau- und Baustoffabfälle	675	1-5	Deponie, Verbrennung Recycling als Bauschutt ist unwahrscheinlich	

^{a)} Recycling of carbonless copy paper is excluded because respective information is communicated with the extended SDS/ES.

Grundsätzlich bestätigen die ECHA-Leitlinien in Kapitel R.18 allerdings, dass der Hersteller/Importeur in der Regel keinen direkten Zugang zu Informationen über den Post-Consumer-Abfall haben wird. Daher sind auch die entsprechenden Angaben zur Abfallphase in den Registrierungs dossiers typischerweise nicht detailliert. Der Abfallsektor besteht aus einer

Vielzahl von Akteuren, und die Abfälle durchlaufen in der Regel mehrere Behandlungsschritte, bevor sie entweder entsorgt oder verwertet werden.

Diese Schritte können laut ECHA-Leitlinienkapitel R.18 an einem oder mehreren Standorten durchgeführt werden und beinhalten häufig die Trennung oder Vermischung verschiedener Abfallfraktionen. Dabei kann es zu Emissionen von POPs kommen, wenn bei Erzeugnissen der mögliche Gehalt an einem solchen POP infolge fehlender oder unzureichender Kommunikation über die Lieferkette nicht mehr nachvollziehbar ist, und daher auch keine Vorkehrungen gegen solche Emissionen getroffen werden.

Dies trifft insbesondere für langlebige Erzeugnisse zu, für die keine geeigneten Untersuchungsmethoden auf darin enthaltene POPs existieren. Solche Datenlücken wurden für SCCP in früheren Forschungsarbeiten sowie in AP2 bereits für langlebige Erzeugnisse im Bausektor beschrieben: In AP2 ist zu SCCP vermerkt, dass die Schweiz das vielleicht erste Land ist, das nun SCCP in Gebäuden untersucht. In einer kürzlich veröffentlichten Studie des bayerischen LfU werden generell chlorierte Paraffine als Gebäudeschadstoffe benannt. Eine Inventarisierung von chlorierten Paraffinen bzw. SCCP wird allerdings dadurch erschwert, dass entsprechenden Nachweisverfahren fehlen (siehe AP2). Es gibt ISO-Standards für das Messen von SCCP in Leder und Textil, jedoch zum Beispiel noch keinen ISO/CEN/VDI-Standard für Messungen von SCCP in Polymeren oder Abfällen. Auch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) hat bislang noch keine Methoden für SCCP in Plastik/Polymeren, Recycling oder Abfall entwickelt. Kürzlich hat das *National Institut of Environmental Studies* (NIES; Japan) eine Methode für die Analyse von SCCP in Plastikabfällen publiziert. Noch stellt diese Methode jedoch keinen anerkannten und validierten Standard dar.

Im Folgenden wird auf drei Situationen in der Abfallphase eingegangen, für die es Hinweise auf entstehende Emissionen aus POP-haltigen Erzeugnissen gibt:

- Deponierung,
- Zerkleinerung (Schreddern) von mineralischen Baustoffen und
- Zerkleinerung von kunststoffhaltigen Erzeugnissen.

Deponierung: Frühere Forschungsarbeiten weisen auf Emissionspotenziale durch ehemalige Entsorgung auf Deponien (*Landfill*) hin; erhebliche SCCP-Mengen wurden in der Vergangenheit in Deponien abgelagert. Es sollte daher geklärt werden welches Gefahren- bzw. Emissionspotential von Deponien ausgeht (Potrykus et al., 2017). Informationen unter REACH könnten einen Teil dazu beitragen, solche Altlasten zu identifizieren. Bei der lokalen Bewertung von MCCPs wird in Bezug auf Deponien auf 8400 Anlagen (*installations*) hingewiesen.

Zerkleinerung mineralischer Baustoffe: In den ersten vier der weiter oben beschriebenen fünf Verwendungsmuster von POPs können diese in Erzeugnissen für den Baubereich eingesetzt werden. Hier entstehen dann bei Gebäudeabriss nach der Nutzung hohe Abfallmengen. Mineralische Baustoffe werden laut ECHA-Leitlinie, Kapitel R.18 einem Recycling zugeführt. Für Recyclingabfälle soll demzufolge immer ein Zerkleinerungsszenario (*Shredding Scenario*) angesprochen werden, da dessen Bewertung in Bezug auf alle in Recyclingabfällen enthaltenen Stoffe relevant sein kann. Grundsätzlich ist es so, dass Erzeugnisse, die POPs enthalten, gefährliche Abfälle sind und nicht einer Verwertung bzw. einem Recycling zugeführt werden dürfen. Frühere Forschungsarbeiten kamen bei der Verwendung von SCCP in Dichtungsmaterialien allerdings zu dem Schluss, dass im Bausektor genaue Informationen zur Behandlung/Entsorgung von Dichtungsmassen fehlen. Ein erheblicher Teil der im Bausektor eingesetzten Dichtungsmassen und Kleber haftet auf der Oberfläche der Baumaterialien an und

wird zusammen mit diesen Abfällen behandelt. In der Praxis ist nicht zu erwarten, dass die Dichtungen vollständig abgetrennt und separat behandelt werden können (Potrykus et al., 2017).

Nach dem ECHA-Leitlinienkapitel R.18 soll für Stoffe, die in Recyclingabfällen enthalten sind, das Szenario "Mischen/Zerkleinern" zusätzlich zu den wichtigsten relevanten Recyclingprozessen bewertet werden, da jeder Recyclingprozess eine Art von mechanischer Zerstörung in Form von Brechen des Materials und/oder Zerkleinern beinhaltet. Das Brechen und Zerkleinern von Materialien führt zur Bildung von Stäuben und folglich zur Freisetzung der in den Staubpartikeln enthaltenen oder an ihnen haftenden Stoffe in die Luft. Die Standardparameter für die Abschätzung der Emissionen beim Zerkleinern sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Tabelle 46: Standardannahmen für die Zerkleinerung (Schreddern) (LANUV, 2017)

Parameter	Standard-annahme	Begründung
# Anlagen	210 ^{a)}	Anzahl Anlagen in EU-27
Emissionstage	330	Normale Arbeitstage
Abwasserreinigung	nicht relevant	Es wird angenommen, dass keine Anlagen zur Abwasserreinigung vorhanden sind.
Freisetzungsfaktor Luft (F_{air})	0,1	Papier und Plastik, mineralische Materialien: mit geringem Gewicht und/oder wahrscheinliche Staubeentwicklung – nach Experteneinschätzung ^{b)}
	0,05	Elastische Materialien: mittleres Gewicht, etwas Staubeentwicklung wahrscheinlich – nach Experteneinschätzung
	0,01	Metalle: emittierte Staubpartikel sind schwer, werden größtenteils kurz nach Freisetzung wieder abgesetzt – nach Experteneinschätzung
Freisetzungsfaktor Wasser (F_{water})	0	Kein Kontakt mit Wasser
Freisetzungsfaktor Boden (F_{soil})	0	Prozess führt nicht zu Freisetzungen in den Boden

^{a)} See Table R.18- 21 for data source. The estimation doesn't include mobile shredders. As they would contribute to dispersive emissions, the number is not relevant. Nevertheless the registrant should consider the option to assess the emission as diffuse emission from mobile shredders.

^{b)} In this guidance expert judgement has been used as source to derive default values when necessary due to lack of basic data in literature. Experience and sector knowledge have been used to derive default values when available information does not allow to correlate emissions of single substances to the amount of that substance entered into a waste treatment process.

Die Standardannahmen für das Zerkleinern zeigen, dass insbesondere Papier, Plastik und mineralischen Baustoffen die relativ höchsten Freisetzungsfaktoren in die Luft zuzuordnen sind.

Zerkleinerung von Erzeugnissen mit Kunststoffanteilen: Neben Dichtungsmaterialien, wenn diese auf mineralischen Baustoffen haften, trifft auch für das Verwendungsmuster 1 „POPs als bromierte Flammschutzmittel in Kunststoffen mit technischer Anwendung“ und das Verwendungsmuster 2 „Einsatz als Weichmacher und Flammschutzmittel in flexiblen Kunststoffen oder Erzeugnissen und Gemischen auf Kunststoff-Basis“ zu, dass die Kunststoffe zerkleinert werden,

bevor sie als gefährlicher Abfall aussortiert werden. Dies ist z.B. auch der Fall bei Plastik aus Elektro- und Elektronik-Altgeräten. Die Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte schreibt vor, dass Kunststoffe, die bromierte Flammschutzmittel enthalten, entfernt werden müssen. Da speziell in Kunststoffen mit bromierten Flammschutzmitteln Diantimontrioxid als Synergist zusammen mit den halogenierten Flammschutzmitteln eingesetzt wird, basiert das in Europa angewendete Trennverfahren für Kunststoffabfälle mit bromierten Flammschutzmitteln auf dichtebasierten *Sink-Float*-Sortierv Verfahren. Solche nach der Zerkleinerung des Plastiks durch Schreddern eingesetzten Verfahren trennen Kunststoffe, die eine Flammschutzmittelkombination auf Diantimontrioxid-Basis enthalten, aufgrund von dessen hoher Dichte ($\rho = 5,7 \text{ g/cm}^3$) mit hoher Effizienz von anderen nicht flammgeschützten Kunststofftypen.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Abfallphase

Die Analyse hat gezeigt, dass es in der Abfallphase zu hohen Freisetzungen von POPs aus Erzeugnissen kommen kann. Um dies zu verhindern, sind unterschiedliche Maßnahmen erforderlich:

- ▶ Genauere Analyse der zu erwartenden Abfallströme für die wichtigsten Verwendungen der POPs;
- ▶ Entwicklung von Messmethoden zur quantitativen Bestimmung von POPs in langlebigen Erzeugnissen;
- ▶ Klärung des Emissions- und Gefahrenpotentials von Deponien, die POP-haltige Abfälle enthalten;
- ▶ Klärung des Emissions- und Gefahrenpotentials beim Schreddern POP-haltiger Erzeugnisse, insbesondere aus den Verwendungsmustern 1 -4.

4.5.4 Fazit und Ausblick

Ausgangspunkt der Analyse der Emissionspotenziale bildeten die Ergebnisse früherer Forschungsarbeiten, die gezeigt hatten, dass einerseits Emissionen von POPs aus Erzeugnissen erheblich sein können, andererseits jedoch Daten zu Mengen der POPs in den Erzeugnissen nicht automatisch verfügbar sind. Nach der europäischen POP-Verordnung sind zwar Herstellung, Inverkehrbringen und Verwendung eines POP-Stoffes verboten, aber die Verwendung von Erzeugnissen, die vor dem jeweiligen Datum, an dem das Verbot in der EU in Kraft tritt, auf den Markt gebracht wurden, bleibt zulässig. Ein effektiveres und vorausschauendes Management dieser Stoffe sollte daher einen Schwerpunkt auf Erzeugnisse legen.

In Bezug auf Verwendungsmuster sollten bei der Listung eines POP-Stoffes die unter REACH vorliegenden Daten genutzt werden. Mittels der Umweltfreisetzungskategorien der ECHA *Use Descriptor* Systematik und deren Standard Worst-Case Freisetzungsfaktoren kann die geschätzte Belastung der Umwelt aus den Freisetzungsraten und den Tonnagen der in den Erzeugnissen enthaltenen Stoffe berechnet werden. Alternative Möglichkeiten, Emissionen aus Erzeugnissen zu berechnen, beziehen sich auf die Oberfläche und Lebensdauer bzw. den Bestand und die Lebensdauer der Erzeugnisse. Bei drei der fünf Verwendungsmuster werden POPs in Erzeugnissen eingesetzt, welche eine große Oberfläche und eine lange Lebensdauer aufweisen. Das heißt, dass ein hohes Potenzial für Freisetzungen von POPs aus solchen Erzeugnissen während der Nutzungsphase besteht.

Maßnahmen zum besseren Management von POPs sollten daher bewusst die Nutzungsphase von Erzeugnissen einbeziehen. Schwerpunkte bei den Maßnahmen zur Emissionsminderung

sollten auf Erzeugnisse mit hohem Freisetzungspotential gelegt werden. Ein hohes Emissionspotenzial ergibt sich aus einem hohen Bestand, einer großen Oberfläche, einer hohen Stoffkonzentration im Produkt, einer langen Lebensdauer und einem hohen Bestand der Erzeugnisse.

Die Abfallphase (Entsorgung oder Rückgewinnung) stellt (noch) nicht Teil der Verwendungsbeschreibung unter REACH dar. Dennoch soll nach dem Kapitel R.18 der ECHA Leitlinien zur Expositionsabschätzung im Abfallstadium die Abfallphase in der Stoffsicherheitsbeurteilung berücksichtigt werden. Für Stoffe mit PBT-Eigenschaften ist eine genaue qualitative Bewertung erforderlich. Allerdings ist der Abfallsektor durch eine Vielzahl von Akteuren geprägt; Abfälle durchlaufen in der Regel mehrere Behandlungsschritte an einem oder mehreren Standorten, die oft auch eine Trennung oder Vermischung verschiedener Abfallfraktionen beinhalten. Die auf früheren Forschungsvorhaben und den Verwendungsmustern aufbauende Analyse zeigt, dass es insbesondere bei langlebigen Erzeugnissen im Bausektor an Kenntnis über den möglichen Gehalt an POP Stoffen mangelt und folglich POP-haltige Abfallströme auch eine Zerkleinerung (Schreddern) durchlaufen und/oder in der Deponierung enden können. Handlungsbedarfe bestehen also hinsichtlich der Entwicklung von Messmethoden zur quantitativen Bestimmung von POPs in langlebigen Erzeugnissen und hinsichtlich der Klärung des Emissions- und Gefahrenpotentials bei Deponien und Schredder-Prozessen sowie der (Weiter)Entwicklung von Arbeitsverfahren und -geräten, um Emissionen in Schredder-Prozessen zu minimieren.

Die Maßnahmenplanung könnte durch genauere und umfangreichere Angaben in den Registrierungsdossiers zu Emissionen in der Nutzungsphase und in der Abfallphase unterstützt werden. Hier sollte in den Leitlinien der ECHA zu den Informationsanforderungen verstärkt auf die bereits bestehenden Verpflichtungen hingewiesen werden. Im Rahmen der Erstellung der Expositionsszenarien sollte vom Registranten eine quantitative Abschätzung der zu erwartenden Emissionen während der Nutzung und in der Abfallphase vorgelegt werden. Dies sollte auch für Importeure von Erzeugnissen gelten, falls die Verwendung des Stoffes im Erzeugnis nicht von der Registrierung des Stoffherstellers abgedeckt wird (REACH Art. 7).

Seit Januar 2021 besteht für Hersteller und Importeure von Erzeugnissen die gesetzliche Verpflichtung, schadstoffbezogene Informationen in die SCIP-Datenbank zu melden. Zu nennen ist der Gehalt an besonders besorgniserregenden Stoffen der REACH-Kandidatenliste. Es ist zu erwarten, dass dadurch die Kenntnisse zum Vorkommen dieser Stoffe in Erzeugnissen und Abfällen deutlich verbessert werden können. Eine ähnliche Verpflichtung zur sorgfältigen Information sollte auch für diejenigen POPs eingeführt werden, die nicht auf der REACH-Kandidatenliste genannt sind. Diese Kenntnisse könnte auch die dringend erforderliche Inventarisierung von POPs im Bestand unterstützen. In diesem Sinne könnte die SCIP-Datenbank auch als Ausgangspunkt genutzt werden, um sukzessive eine Deklaration bei solchen Produkten einzuführen, bei denen es in der Nutzungsphase hohe Emissionspotenziale geben kann, so etwa bei langlebigen Produkten wie Baumaterialien und bei Produkten mit hoher Oberfläche. Dies würde es wesentlich erleichtern, POP-haltige Abfallströme zu erkennen und hier mögliche Freisetzungen von POPs zu verhindern.

4.6 Analyse von chemikalienpolitischen Instrumenten für die gefundenen Anwendungs- und Emissionsmuster

Die Stockholm-Konvention ist ein wichtiges globales Instrument, um Stoffe mit POP-Eigenschaften zu regulieren. Die Ergebnisse aus dem Arbeitspaket 2 zeigen gleichzeitig, dass es in der Umsetzung der Konvention erhebliche Einschränkungen und Schwierigkeiten gibt. Sie führen dazu, dass selbst bei der begrenzten Zahl der derzeit gelisteten POPs die Stoffe fallweise

dennoch über Jahre hinaus weiter hergestellt und verwendet werden können. Gleichzeitig liegen schon jetzt Informationen zu vielen Stoffen vor, die von ihren Eigenschaften her als POP-Kandidaten anzusehen sind und zur Listung vorgeschlagen werden könnten.

Bei vielen der bereits gelisteten POPs erfolgt derzeit kein weitreichender Ersatz auf freiwilliger Basis durch vorhandene, sicherere und bessere Alternativen. Daher wird in diesem Kapitel geprüft, welchen Einfluss zusätzliche chemikalienpolitische Instrumente haben können, um die beabsichtigte Substitution von POPs in ihren typischen Verwendungsmustern und bei hohen Emissionspotenzialen zu unterstützen.

Die Analyse wird für die folgenden vier Instrumente bzw. Aktivitäten durchgeführt:

- ▶ SAICM;
- ▶ die OECD-Ad-hoc-Gruppe zur Substitution gefährlicher Chemikalien
- ▶ die Plastic-Additives-Initiative der ECHA und
- ▶ die ECHA-Substitutionsstrategie.

Ergänzend werden in fünf Unterkapiteln zur OECD-Ad-hoc-Arbeitsgruppe in kürzerer Form die folgenden Ansätze zur Unterstützung von Substitutionen beschrieben:

- ▶ die SIN-Liste
- ▶ die SINimilarity-Liste;
- ▶ der ChemSec-Marketplace;
- ▶ der Leitfaden für nachhaltige Chemikalien mit seiner elektronischen Umsetzung SubSelect und
- ▶ das Portal SUBSPORTplus.

Grundlage sind öffentlich zugängliche Dokumente der Institutionen, in denen die Aktivitäten beschrieben werden und, soweit vorhanden, Jahresberichte oder vergleichbare Veröffentlichungen. Ergebnis dieser Analyse ist eine Übersicht, inwieweit POPs und die Stockholm-Konvention bei diesen Institutionen ein Thema sind, welche typischen Anwendungsmuster hier angesprochen werden und wo es noch keine Aktivitäten gibt.

Wenn es Hinweise auf die Wirksamkeit der Instrumente gibt, werden sie mit aufgenommen. Grundlage hierfür sind in erster Linie die ausgewerteten Veröffentlichungen zu den Instrumenten. Im Einzelfall können sie durch Expertengespräche ergänzt werden. Falls vorhanden, werden auch Empfehlungen zum wirksameren Einsatz der Instrumente dokumentiert.

4.6.1 SAICM- und UN-Aktivitäten

Auf der ersten *International Conference on Chemicals Management* (ICCM1) 2006 wurde der *Strategische Ansatz zum Internationalen Chemikalienmanagement* SAICM mit dem Zielhorizont 2020 beschlossen. Die Folgeaktivitäten werden bei der fünften Konferenz dieser Art, der ICCM5 beschlossen (das Datum steht noch nicht fest).

Auf der ICCM 4 (2015) wurden die Schritte in Richtung der 2020-Ziele konkretisiert. Die SAICM-Aktivitäten sind aktuell aus zwei verschiedenen Richtungen kommend im sogenannten *Overall*

Orientation and Guidance Dokument (SAICM, 2015) sowie in den *Emerging Policy Issues* spezifiziert. Dabei stellt das OOG-Dokument organisatorisch dar, auf welchen Ebenen die Umsetzung von SAICM geschehen soll: Akteure aus verschiedenen Sektoren sollen sich beteiligen, staatliche Institutionen sind für die legislative Ausgestaltung und die Rahmenbedingungen auch im Zusammenspiel mit Abfall-, Gesundheits- und sozialen Themen verantwortlich. Ein wesentlicher Bestandteil ist die Arbeit an den sogenannten *Emerging Policy Issues* und den sogenannten *Other Issues of Concern* (detailliert in Tabelle 47 aufgeführt), die die inhaltliche Ausrichtung der Arbeit im Rahmen von SAICM darstellen. Wesentlich in der konkreten Umsetzung war das SAICM Quick Start-Förderprogramm; weitere Umsetzungsprojekte werden vom UNEP *Special Programme* finanziert. Ein großes internationales Projekt ist *Chemicals without Concern*, das mit der Website saicmknowledge.org unter anderem für den Wissensaustausch zwischen nationalen Aktivitäten sorgt.

International spielt ein weiteres Gremium, ein Zusammenschluss von UN-Organisationen, eine Rolle: das IOMC (*Inter-Organisation Programme for the Sound Management of Chemicals*). Es dient dem Austausch der Aktivitäten seiner Mitglieds-UN-Organisationen auf Arbeitsebene, stellt Managementinstrumente (z.B. die IOMC *Toolbox for decision making*) zusammen und führt insbesondere eine national aufgeschlüsselte Datenbank der Projekte ihrer Mitgliedsorganisationen zum Thema Chemikalienmanagement. Aktivitäten des IOMC zur Förderung der Umsetzung der Stockholm-Konvention sind im Berichtsteil zum Arbeitspaket 2 beschrieben.

Mögliche Synergien zwischen der Stockholm-Konvention insgesamt und SAICM sind in Kapitel 3.8.5 dieses Berichts dargestellt. Dort wurde noch kein Bezug genommen auf einzelne Verwendungsmuster. Dies erfolgt in diesem Kapitel.

Wo unterstützen die konkreten Aktivitäten dieser internationalen chemikalienpolitischen Instrumente nun die Stockholm-Konvention im Hinblick auf die Verwendungsmuster oder Emissionspotenziale der POPs? Dazu sind in der folgenden Matrix (Tabelle 47) die Aktivitäten den Verwendungsmustern der POPs gegenübergestellt, konkrete Erläuterungen der Zuordnung finden sich in Anhang A.3.

Tabelle 47: Gegenüberstellung der SAICM- und UN-Aktivitäten und den Verwendungsmustern (VWM) der POPs mit Identifizierung von inhaltlichen Bezügen

SAICM- und UN-Aktivitäten auf internationaler Ebene		POP-Verwendungsmuster 1-5					Pestizide	Kein Bezug zu POPs
		1	2	3	4	5		
Dokument: Overall Orientation and Guidance mit den <i>Eleven Basic Elements</i> & <i>Six Core Activity Areas</i>								[3]
Emerging policy issues	Lead in paint;							[3]
	Chemicals in products (Toys, Electronics, building material, textiles);	[1]	[1]	[1]	a)	[1]		
	Hazardous substances within the life cycle of EEE;	[1]	[1]	[1]		[1]		
	Nanotechnology and manufactured nanomaterials;							[3]
	EDCs;	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	
	Environmentally persistent pharmaceutical pollutants;							[3]
	Perfluorinated chemicals and the transition to safer alternatives;			[1]	[1]	[1]	[2]	
	Highly hazardous pesticides						[1]	
Projekt: Chemicals without Concern (addresses the EPIs lead in paints and chemicals in products and related topics)		[1]	[1]	[1]	a)	[1]		
SAICM Quick Start-Förderprogramm & UNEP Special Programme ^{b)}		[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	
IOMC (Inter-Organisation Programme for the Sound Management of Chemicals)		[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	

^{a)} Es ist nicht davon auszugehen, dass die Kategorie "Produkte" im gemeinten Sinn Maschinen enthält, für die das VWM 4 Maschinenölsätze eine Rolle spielen würde.

^{b)} *The Special Programme, also known as the Chemicals and Waste Management Programme, provides support to developing countries and countries with economies in transition to enhance their sustainable institutional capacity to develop, adopt, monitor and enforce policy, legislation and regulation for effective frameworks for the implementation of the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions, the Minamata Convention and SAICM.* (UNEP, o. J.-a)

Erläuterung: Eine detaillierte Erklärung für die kombinierten Ziffern- und Farbcodes in den Zellen findet sich in Anhang A.3. Der Code stellt die Übereinstimmung der Materialien und Produkten/Prozessen in den Verwendungsmustern der POPs mit den von den Aktivitäten angesprochenen Materialien und Produkten/Prozessen dar. [1] Dunkles Blau = starke Übereinstimmung; [2] helles Blau = möglicherweise Übereinstimmung; [3] Rot = kein Zusammenhang.

Die Tabelle zeigt, dass Erfolge in Bezug auf Chemikaliensicherheit in der Mehrzahl der acht *Emerging Policy Issues* (EPI) bei Zugrundelegung der VWM auch Stoffe mit POP-Eigenschaften ansprechen werden. Die Projekte unter dem SAICM *Quick Start* und dem UN *Special Programme* sowie die Aktivitäten des IOMC können die Substitution von Stoffen mit POP-Eigenschaften fördern, wenn sie sich z.B. auf die genannten EPIs beziehen. Dass die *Emerging Policy Issues* manche Verwendungen der POPs abdecken, war erwartbar. Da sich das Projekt *Chemicals*

without Concern auf das EPI „Chemikalien in Produkten“ bezieht, wird dort – in Anlehnung an die in der Analyse der Verwendungsmuster gefundenen Produkten und Erzeugnisse – vermutlich auch zu Stoffen gearbeitet, die POP-Eigenschaften haben. Gemeinsam ist dem Projekt mit Fokus auf Chemikalien in Produkten und den Verwendungen der POPs in Alltagsprodukten der Produktbezug. In den am Management orientierten Aktivitäten von SAICM und IOMC spielen die POPs explizit keine Rolle. Es ist jedoch zu erwarten, dass ein gutes Management von Chemikalien zur Erreichung der Ziele von SAICM auch Verbesserungen für das Management von POPs bedeutet und damit auch die Implementierung der Stockholm Konvention unterstützt.

SAICM unterstützt Substitution für die relevanten *Emerging Policy Issues* bei guten Fortschritten in diesen EPIs in zweierlei Hinsicht: Zum einen werden die schon gelisteten POPs in der Stockholm-Konvention auch über Gesetzesanforderungen, z.B. der POP-Verordnung auf europäischer Ebene reguliert. Für diese Stoffe können SAICM-Aktivitäten dazu beitragen, dass die gesetzlich vorgeschriebene Substitution auch tatsächlich durchgeführt wird. Zusätzlich können SAICM-Aktivitäten in den entsprechenden EPIs auch ein gutes Management und eine präventive Substitution von noch nicht gelisteten Stoffen mit POP-Eigenschaften dann fördern, wenn wir annehmen, dass für derartige Substanzen ebenfalls die jetzt gefundenen Verwendungsmuster relevant sind.

Für die Förderprogramme und die Aktivitäten der UN-Organisationen ist nicht auf den ersten Blick zu beantworten, wo darüber auch POPs angesprochen werden. Daher wurde mittels einer Schlagwortanalyse der Projekttitel in den Datenbanken der Förderprogramme (mit Stand 07/2020) untersucht, ob die durch das *Quick Start* Programm und das UNEP *Special Programme* geförderten Projekte POPs bzw. die mit den Verwendungsmustern der POPs verknüpften EPIs adressieren. Die Ergebnisse aus dieser Recherche ergänzen die Beschreibung der UN-Aktivitäten des IOMC im Arbeitspaket 2 (Kapitel 3.8.6).

Abbildung 22 stellt die TOP 25 der in den Titeln genannten Begriffe dar. Es wird deutlich, dass zumindest laut der Projekttitel ein starker Fokus auf die Unterstützung von Entscheidungsträgern gelegt wird, während konkrete Bezüge zu bestimmten Produkten oder Anwendungen nicht auftauchen. Diese Lesart der Analyse legt nahe, dass die Projekte beim Verständnis und der Übersetzung des OOG in die nationalen Kontexte der Projektländer helfen sollen. Die Schlagwörter aus den *Emerging Policy Issues* finden sich verhältnismäßig selten in den analysierten Projekttiteln (Pestizide 12-mal, Blei 9-mal, Chemikalien in Produkten und EEE je zweimal, EDCs einmal, sonst keine Erwähnung; „emerging policy issue“ einmal).

Abbildung 22: Wortwolke der TOP 25-Begriffe in den Titeln der geförderten Projekte im Rahmen der Förderprogramme von SAICM und der UNEP Chemicals & Waste Division



Quelle: *Special Programme Database* des UNEP, Stand 17.07.2020 (UNEP, o. J.-b) und *Quick Start Programme Projects* von SAICM, Stand 17.07.2020 (SAICM, o. J.)

Fazit

Für die Substitution von POPs sind in SAICM insbesondere vier EPIs interessant: "Chemicals in products (Toys, Electronics, building material, textiles)"; "Hazardous substance within the life cycle of EEE"; "Perfluorinated chemicals and the transition to safer alternatives" und "Highly hazardous pesticides". Bei diesen Themen gibt es einen direkten Bezug zu einzelnen POPs bzw. Gruppen von POPs. Interessant ist außerdem das EPI "EDCs", da z.B. PCBs bereits als endokrine Disruptoren identifiziert wurden (McGovern, 2006) und es nicht unwahrscheinlich ist, dass auch andere Substanzen mit POP-Eigenschaften das Hormonsystem schädigend beeinflussen könnten.

Von der allgemeinen Vermeidung oder Reduktion von Schadstoffemissionen in diesen Bereichen profitiert die Gesellschaft also auch in der Hinsicht, dass es hier POPs sein könnten, die vermieden oder weniger emittiert werden. Mit Blick auf die Elemente der OOG zielt SAICM insbesondere darauf ab, das Bewusstsein von Entscheidungsträgern für ein nachhaltiges Management von Chemikalien und Abfällen zu fördern. Wenn die Förderprogramme an konkrete EPIs geknüpft werden, kann SAICM folglich hier auch zu Fortschritten in der Vermeidung von POP-Emissionen beitragen.

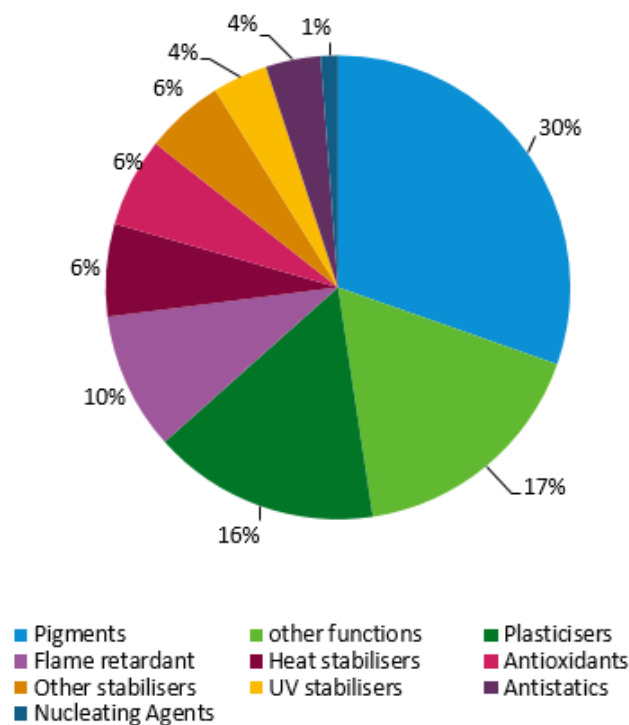
4.6.2 Die ECHA *Plastic Additives Initiative*

Die *Plastic Additives Initiative* (PLASI) war ein von 2016 bis 2018 durchgeführtes gemeinsames Projekt der ECHA und verschiedener Industrieakteure (ECHA, o. J.-d.). Es führte zu einer Liste von über 400 funktionellen Additiven oder Pigmenten, die in Kunststoffen verwendet werden, einschließlich Informationen über die Polymere, in denen sie am häufigsten vorkommen, und die typischen Konzentrationsbereiche. Die Kategorisierung berücksichtigte Stoffe, die unter REACH in Mengen von über 100 Tonnen pro Jahr registriert sind, und konzentrierte sich auf Weichmacher, Flammschutzmittel, Pigmente, Antioxidantien, Antistatika, Nukleierungsmittel und verschiedene Arten von Stabilisatoren. Additive und Pigmente, die noch nie in der EU

verwendet wurden oder nicht mehr verwendet werden, wurden nicht berücksichtigt, auch wenn sie in importierten Erzeugnissen noch enthalten sind. Unternehmen können die im Projekt entwickelte Methode nutzen, um festzustellen, welche Registrierungsdossiers sie mit höchster Priorität aktualisieren sollten. Eine Analyse der Auswirkungen des Projekts auf die Priorisierung von Stoffen durch die Behörden und auf den Inhalt und die Qualität der Registrierungsdossiers wird von der ECHA durchgeführt, sobald die entsprechenden Erfahrungen aus der Analyse vorliegen.

Die Verwendungsmuster 1 und 2 der POPs beziehen sich auf Kunststoffe. Die POPs werden hier mit zwei Funktionen eingebracht: weichmachend und flammhemmend (mit dem POP-Kandidaten UV 328 kommt noch die Funktion als Antioxidans hinzu). Diese beiden Funktionen machen laut der ECHA *Additives Initiative* zusammen ca. 25 % der Plastik-Additive aus (ECHA, 2019). Unter den untersuchten Stoffen (ECHA, o. J.-c) befindet sich mit Diundecylphthalat nur einer, der beide dieser Funktionen besitzt. Die Liste enthält weitere 65 Additive mit weichmachender Funktion und weitere 38 flammhemmende Additive. Jedoch sind natürlich nicht alle in Kunststoffen verwendeten Flammschutzmittel oder Weichmacher gleichzeitig auch POPs.

Abbildung 23 ECHA Plastic Additives Initiative – Häufigkeitsverteilung nach Funktion



„Other functions“ beinhaltet u.a. Emulgatoren, Schmieröle, Triebmittel, Antibeslagmittel, aufweichende oder viskositätsverändernde Funktionen (ECHA, 2019)

Weitere Funktionen, die Additive in Plastik erfüllen, lassen sich unter den Anwendungen der POPs in den anderen Verwendungen (für andere Produkte/Prozesse/Materialien) bislang nicht finden. Von den aktuell gelisteten POPs wird insofern keines als Antioxidans, UV-Stabilisator o.ä. eingesetzt. Einzige Ausnahme waren bislang PCBs in Transformatoren, die dort als thermische Stabilisatoren eingesetzt wurden. In Zukunft könnten allerdings auch solche Stoffe als POPs gelistet werden, die als Kunststoffadditive andere Funktionen haben, z.B. als UV-Stabilisatoren.

4.6.3 Die OECD Ad hoc-Gruppe zur Substitution gefährlicher Chemikalien

4.6.3.1 Hintergrund und Ziel der Gruppe

Die *Ad Hoc Group on Substitution of Harmful Chemicals* wurde 2012 vom Chemicals Committee und der Working Party on Chemicals, Pesticides, and Biotechnology der OECD gegründet. Co-chairs sind die amerikanische Umweltschutzbehörde (EPA) und die europäische Chemikalienagentur (ECHA). Mitglieder sind gesellschaftliche Interessensvertreter aus den OECD-Staaten (u.a. von Regierungsbehörden, Industrie, Wirtschaftsverbände, Nichtregierungsorganisationen).

Das Ziel der Gruppe ist es, die Entwicklung von Werkzeugen und Herangehensweisen voranzutreiben, die Entscheidungen für den Ersatz von besorgniserregenden Stoffen ermöglichen können (<https://search.oecd.org/chemicalsafety/substitution-of-hazardous-chemicals.htm>). Zu diesem Zweck sollen Instrumente harmonisiert und Substitution weltweit durch verschiedene Aktivitäten gefördert werden.

4.6.3.2 Bisherige Arbeitsschwerpunkte

In den zehn Jahren seit ihrer Gründung hat die Gruppe sechs Ergebnisberichte veröffentlicht, die den weltweiten Stand der Bewertung von Alternativen und die Fachdiskussion hierzu dokumentieren:

- ▶ Der Bericht *Current landscape of alternatives assessment practice: A meta-review* (OECD, 2013). Dieser Literatur-Review dokumentiert die Praxis der Substitution innerhalb der OECD. Inhalte sind Definitionen, Prinzipien, Rahmen und Werkzeuge für die Bewertung von Alternativen, Schlüsselfaktoren und Zielgruppen. In dem Bericht wird auch diskutiert, welche Beiträge die damals neu gegründete Ad hoc-Gruppe beisteuern könnte.
- ▶ Als Zusammenstellung hilfreicher Instrumente in Form eines Online-Service die OECD SAA Toolbox (*Substitution and Alternatives Assessment Toolbox*) (OECD, o. J.): Sie wurde auf der Grundlage verfügbarer Arbeiten erstellt und hat das Ziel, die Suche nach sicheren Alternativen zu unterstützen. Sie besteht aus vier Bausteinen mit Materialien zur Förderung des Verständnisses und der Durchführung von Substitutionen. Hierzu zählen Leitfäden, Bewertungsinstrumente, Datenbanken, Fallbeispiele und Beschreibungen wichtiger gesetzlicher Regelungen. Es ist vorgesehen, die Zusammenstellung regelmäßig zu aktualisieren und zu erweitern.
- ▶ Der Synthesis-Report zum OECD-Workshop zur Bewertung von Alternativen und zur Substitution schädlicher Chemikalien (OECD, 2016). Der Experten-Workshop wurde im Mai 2016 als Brainstorming-Treffen organisiert, um zu erörtern, wo noch Lücken in Bezug auf mögliche fehlende Instrumente, Leitfäden und Forschungsarbeiten bestehen. Ziel war es, mit den Ergebnissen die Arbeit derjenigen Akteure zu unterstützen, die sich mit der Bewertung von Alternativen und der Substitution schädlicher Chemikalien beschäftigen. Hier ging es auch darum, wie ein Umfeld geschaffen werden kann, das Substitution unterstützt. Diskutiert wurde unter anderem, wie ein Zusammenwirken von regulatorischen Maßnahmen und begleitenden freiwilligen politischen und wirtschaftlichen Anreizen aussehen kann.

- ▶ Als Zusammenstellung von Herangehensweisen zur Förderung von Substitutionen in einzelnen OECD-Ländern die *Cross Country Analysis of Approaches to Support Alternatives Assessment and Substitution of Chemicals of Concern* (OECD, 2019b): Auf die Abfrage antworteten sechs Länder, die EU, der Bundesstaat Kalifornien und vier Institutionen. Die Ergebnisse wurden 2018 auf einem OECD-Workshop diskutiert. Für die Veröffentlichung des Berichtes im Jahr 2019 wurden darin auch Ergebnisse der Diskussionen in diesem Workshop aufgenommen.
- ▶ Der Synthesis-Report zum OECD-Workshop zu Herangehensweisen für die Förderung der Substitution und der Bewertung von Alternativen: *Synthesis report from the Workshop on Approaches to Support Substitution and Alternatives Assessment* (OECD, 2019c). Der Workshop fand im Mai 2018 statt. Neben der Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse aus den Analysen zur Vorgehensweise der Länder (*Cross Country Analysis*) wurden als weitere Themen die Herausforderungen im Entwurf und in der Umsetzung dieser Herangehensweisen, die Verbindung zwischen Innovation und Fortschritten bei der Substitution, Initiativen zur Erleichterung der gemeinsamen Nutzung von Daten und weitere Anstrengungen zur Zusammenarbeit behandelt.
- ▶ Der Bericht über wichtige Überlegungen zur Identifizierung und Auswahl sicherer chemischer Alternativen: *Guidance on Key Considerations for the Identification and Selection of Safer Chemical Alternatives* (OECD, 2021). Im Mittelpunkt standen hier Minimalanforderungen, die erfüllt sein müssen, um eine chemische Alternative als sicherer zu bewerten. Daher wurden Vorgehensweisen und Kriterien der vergleichenden Bewertung von gefährlichen Eigenschaften, Expositionen und Risiken beschrieben. Bewusst ausgeklammert aus der Bewertung wurden die technische Leistungsfähigkeit sowie die Kosten und Möglichkeiten einer funktionalen Substitution über chemische Alternativen hinaus. Hingewiesen wurde auf Möglichkeiten, die Bewertung um zusätzliche Nachhaltigkeitsgesichtspunkte zu erweitern.

Die Veröffentlichungen bauen aufeinander auf. In ihnen werden auch Vorschläge gemacht, wie Substitution durch das Zusammenwirken der verschiedenen Akteure der internationalen Chemikalienpolitik gefördert werden kann.

4.6.3.3 Bezug zu den POP-Verwendungsmustern

Die Arbeiten der Gruppe haben als Ziel, die Bewertung von Alternativen problematischer Chemikalien insgesamt zu erleichtern, Instrumente hierfür zu harmonisieren und die Substitution global zu fördern. Hierbei wird keine Schwerpunktsetzung auf einzelne Stoffgruppen wie etwa POPs vorgenommen. Dies zeigt sich an vielen Stellen:

- ▶ Der Landscape-Bericht ist ein Meta-Review. Daher geht er weder auf bestimmte Chemikaliengruppen noch auf technische Funktionen ein, insbesondere nicht auf Expositions- oder Emissionsschwerpunkte. Ein Bezug zu einzelnen der oben genannten Verwendungsmuster kann daher nicht hergestellt werden.
- ▶ Im Landscape-Bericht werden die einzelnen Bewertungskriterien nicht im Detail diskutiert, daher finden sich hier auch keine Einzelheiten zum POP-spezifischen LRT-Kriterium.

- ▶ Die SAA Toolbox beinhaltet einen Bereich mit Fallstudien (*Case studies*). Von den 33 Fallstudien ist nur eine der Stockholm-Konvention zugeordnet (*Guidance on Alternatives to PFOS and its derivatives*, 2010). Analoge Dokumente zu anderen POPs sind nicht enthalten.
- ▶ In der SAA Toolbox werden über 60 verschiedene Problemstofflisten genannt – darunter auch die Stockholm-Liste und die Aarhus-Liste, als zwei von vielen.
- ▶ Im *Cross Country Report* (2019) wird die Stockholm-Konvention einmal kurz erwähnt, als Beispiel eines bestehenden internationalen Rahmens, der genutzt werden sollte.
- ▶ Ferntransport wird als Kriterium im *Key considerations report* genannt, aber nur im Kapitel über die zusätzlichen Kriterien.

Auch wenn POPs kein Schwerpunkt der Arbeiten der Gruppe sind, gibt es aber doch an vielen Stellen Bezüge zwischen den Arbeiten der Gruppe und der Stockholm-Konvention.

- ▶ Die Arbeitsgruppe gehört zum IOMC, das als Ziel die Förderung der weltweiten Konventionen hat (siehe hierzu Arbeitspaket 2).
- ▶ Im Landscape-Bericht wird zu Beginn dargestellt, dass das Substitutionsprinzip ein zentraler Bestandteil der Stockholm-Konvention ist.
- ▶ Im Landscape-Bericht ist die Stockholm-Konvention einer von neun Bewertungsrahmen, die genauer untersucht werden. Bezugspunkt ist hierbei der Allgemeine Leitfaden zur Bewertung von Alternativen des UNEP POP Review Committee.
- ▶ In der SAA Toolbox werden 24 Bewertungsrahmen und Leitfäden zusammengestellt (Bereich „Framework and Guidances“). Hierzu zählt auch der Leitfaden der UNEP zur Bewertung von Alternativen zu POPs.
- ▶ In der SAA Toolbox werden im Bereich „Regulations and Restrictions“ sowohl die Stockholm-Konvention als auch das Aarhus-Protokoll zu POPs genannt, mit der Möglichkeit des direkten Zugriffs auf die Stofflisten.

Die Arbeiten der Gruppe erleichtern den Zugriff auf Datenbanken zu Gefahrstoffen und Alternativen. Für alle der oben identifizierten Verwendungsmuster werden hier wichtige Informationen zu den dazu gehörenden Stoffen bzw. Stoffgruppen und zur Expositionsbewertung verfügbar gemacht:

- ▶ In der SAA Toolbox werden 15 Instrumente für die Bewertung gefährlicher Eigenschaften und 24 Instrumente für die Bewertung weiterer Kriterien mit Bedeutung für die Substitutionsprüfung aufgeführt. Viele dieser Instrumente ermöglichen eine Bewertung der PBT-LRT-Kriterien. In einzelnen Instrumenten wird Bezug auf die Stockholm-Konvention (und auf andere Konventionen) genommen, z.B. in SubSelect.
- ▶ In der SAA Toolbox werden 26 Datenquellen für Stoffdaten und auch für verfügbare Alternativen genannt, z.B. eChemPortal, GESTIS und ChemSec Marketplace. Hier kann gezielt nach den verschiedenen Verwendungsmustern gesucht werden.

- In der SAA Toolbox gibt es im Bereich „Case Studies and other resources“ zwölf Werkzeuge, die die Substitution unterstützen. Einige von ihnen, z.B. SUBSPORTplus, nennen direkt die Stockholm-Konvention. Im Bereich „Ratings“ wird u.a. das *Safer choice*-Programm der amerikanischen Umweltschutzbehörde genannt, in dem es die Listen empfehlenswerter Alternativen (*Safer Chemical Ingredient Lists*) gibt. In ihnen werden für einige der gefundenen Verwendungsmuster Alternativen aufgezeigt (unter „Case studies“ and „other resources“, dann „rating systems“).
- Erfahrungen aus der Stockholm-Konvention waren ein wichtiger Bestandteil der Präsentationen und der Diskussionen auf dem Workshop 2018. Hier wurden detailliert einzelne Stoffgruppen und kritische Verwendungen dargestellt sowie auch die Erfahrungen mit der Ermittlung von Alternativen.
- Im *Synthesis Report* zum Workshop 2018 werden PFAS als Beispiel für den Ausstieg aus einer Stoffgruppe beschrieben.
- Im *Key Considerations Report* (2021) wird die Stockholm-Konvention als eine der institutionellen Listen genannt, die auf jeden Fall zu berücksichtigen sind. Dies soll bereits im ersten Überprüfungsschritt stattfinden. Hierdurch wird sichergestellt, dass sehr kritische Stoffe gar nicht weiter betrachtet, sondern gleich zu Beginn aussortiert werden. Dies zeigt die Wichtigkeit des frühzeitigen Aufnehmens von Stoffen in diese Listen.

In den folgenden fünf Unterkapiteln werden ausgewählte Instrumente beschrieben, die in der SAA Toolbox enthalten sind. Sie können auf unterschiedliche Weise die Substitution von POPs fördern.

4.6.3.3.1 Exkurs 1: Die SIN-Liste von ChemSec

Die NGO ChemSec veröffentlichte im Jahr 2008 die *Substitute It Now*-Liste, abgekürzt SIN-Liste (ChemSec, o. J.-c). Auf ihr werden Stoffe genannt, die aufgrund ihrer gefährlichen Eigenschaften unmittelbar ersetzt werden sollten. Die Liste wird regelmäßig aktualisiert. Die auf ihr gelisteten Stoffe erfüllen die Kriterien für besonders besorgniserregende Stoffe, wie sie in REACH-Anhang XIII festgelegt sind. Die Bewertung kann schneller erfolgen als im Zulassungsverfahren unter REACH, da kein EU-weiter Abstimmungsprozess durchgeführt wird. Die Stoffbewertung erfolgt durch Wissenschaftler von ChemSec in Zusammenarbeit mit Hochschul-Forschungsgruppen und mit einem Beratungskreis aus elf Nichtregierungsorganisationen.

Auf der Internetseite können Nutzer mit einer einfachen Eingabefunktion rasch überprüfen, ob ein Stoff auf der SIN-Liste genannt ist oder nicht. Ein Beispiel zeigt die folgende Abbildung.

Abbildung 24 Die SIN-Liste. Ergebnis einer Suche nach dem Stoff DEHP A

The screenshot shows the 'SIN List search' interface. At the top, there is a search bar with 'DEHP' entered and a 'Search' button. To the right are links for 'View entire SIN List' and 'SIN List Excel'. Below the search bar is a 'Filter' section. The 'Search results' section shows 'Sin List: 1'. Below this, there are icons for 'Print', 'Download.xls', and 'Share'. The main results table has four columns: 'CAS Number', 'Chemical Name', 'SIN Groups', and 'Marketplace Alternatives'. The first row shows the CAS Number '117-81-7', the Chemical Name 'DEHP; Bis(2-ethylhexyl) phthalate', the SIN Groups 'Phthalates (Phthalates)', and the Marketplace Alternatives with a green checkmark and a right arrow.

CAS Number	Chemical Name	SIN Groups	Marketplace Alternatives
117-81-7	DEHP; Bis(2-ethylhexyl) phthalate	Phthalates (Phthalates)	✓

Quelle: (ChemSec, o. J.-c)

Die Liste wird weltweit von mehr als 20.000 Personen und Institutionen genutzt. Erste Zielgruppe sind Unternehmen. Ihnen erlaubt die Liste eine schnelle Identifizierung von Stoffen, die in Prozessen oder Produkten ersetzt werden sollten. Dadurch müssen die Unternehmen nicht selber eine Bewertung der gefährlichen Eigenschaften vornehmen.

Die SIN-Liste ist inzwischen bei vielen Unternehmen in ihrer Strategie verankert. Sie ist Bezugspunkt für Umwelt- und Nachhaltigkeitszeichen und für Kriterien für die öffentliche Beschaffung. Sie ist auch ein Kriterium des Dow Jones Sustainability Index und wird sowohl von Investoren bei ihren Finanzierungsentscheidungen genutzt als auch von Regulatoren und NGOs bei der Schwerpunktsetzung in ihren chemikalienbezogenen Aktivitäten.

Alle POPs sind auf der SIN-Liste aufgeführt. Die Liste wird regelmäßig aktualisiert. Die beiden letzten Aktualisierungen fanden im November 2019 und im Januar 2021 statt.

Empfehlung: Stoffe mit POP-Eigenschaften sollten frühzeitig auf die SIN-Liste aufgenommen werden, noch bevor eine Listung in der Stockholm-Konvention stattgefunden hat. Dadurch wäre sichergestellt, dass die Stoffe von einer großen Zahl von Nutzern als problematisch erkannt und bei ihren Substitutions-Aktivitäten berücksichtigt werden.

4.6.3.3.2 Exkurs 2: Das SINimilarity-Instrument von ChemSec und das Problem der Verwendung problematischer Ersatzstoffe

Seit Jahrzehnten werden gesetzlich verbotene Chemikalien durch noch nicht verbotene, von der chemischen Struktur her jedoch ähnliche und folglich ebenfalls problematische Stoffe ersetzt. Dies wird im englischen Sprachraum als *regrettable substitution* bezeichnet. Bekannte Beispiele sind der Ersatz langkettiger PFAS durch mittel- und kurzkettige PFAS, bestimmter bromierter Flammschutzmittel durch andere, jedoch ebenfalls bromierte Flammschutzmittel und langkettiger Chlorparaffine durch mittel- und kurzkettige chlorierte Paraffine.

Nicht in allen Fällen ist es für den Anwender eines Stoffes einfach zu erkennen, ob ein vorgeschlagener Ersatzstoff eine strukturelle Ähnlichkeit mit einem problematischen Stoff hat. Zur Unterstützung an dieser Stelle hat die schwedische Nichtregierungsorganisation ChemSec das Instrument SINimilarity entwickelt (ChemSec, o. J.-b). Es zeigt an, ob ein Stoff eine strukturelle Ähnlichkeit mit einem besonders besorgniserregenden Stoff besitzt und deshalb vermutlich ebenfalls problematische Eigenschaften hat. Wenn eine derartige Ähnlichkeit besteht, ist es nicht zu empfehlen, den Stoff als Ersatzstoff einzusetzen.

Bei der Suchanfrage durch einen Nutzer wird der Stoff strukturell verglichen mit den Stoffen, die auf der SIN-Liste aufgeführt sind.

Die folgenden zwei Abbildungen zeigen das Ergebnis der Anfrage für Bisphenol F.

Abbildung 25 Das SINilarity-Instrument: Ergebnis einer Abfrage nach Bisphenol F– Teil 1

SINilarity search

SINilarity search results: 1

CAS Number	Chemical name	Matching SIN groups	Matching SIN substances
620-92-8	4-[(4-hydroxyphenyl)methyl]phenol	✓	✓ ➔

4-[(4-hydroxyphenyl)methyl]phenol

CAS Number	Name
620-92-8	4-[(4-hydroxyphenyl)methyl]phenol

This substance belongs to one or more of the specific SIN Groups as defined in the SIN List AND it has an overall structural similarity to the substances below which are all found on the SIN List. Hence, this substance is very likely to share the hazardous properties of the SIN substances below. Please note that SINilarity builds on structural similarity only. To verify potential hazardous properties, further evaluation is needed.

Matching SIN groups

Bisphenols

Quelle: (ChemSec, o. J.-b)

Abbildung 26 Das SINimilarity-Instrument: Ergebnis einer Abfrage nach Bisphenol F – Teil 2: Listung der Stoffe, bei denen eine Übereinstimmung mit problematischen Stoffen gefunden wurde

Matching SIN substances			
CAS Number	Chemical name	SIN group	
620-92-8	Bisphenol F	Bisphenols	➤
80-05-7	Bisphenol A	Bisphenols	➤
98-54-4	4-Tert-Butylphenol	Alkylphenols	➤
611-99-4	4,4'-dihydroxybenzophenone	Bisphenols	➤
6807-17-6	4,4-isobutylethylidenediphenol	Bisphenols	➤
72861-06-4	Phenol, 4-(1,1,2,2-tetramethylpropyl)-	Alkylphenols	➤
30784-27-1	Phenol, 4-(1-ethyl-1,2-dimethylpropyl)-	Alkylphenols	➤
732-26-3	2,4,6-Tri-tert-butylphenol	Alkylphenols	➤
1824346-00-0	Phenol, 4-[2methyl-1-(1-methylethyl)propyl]-	Alkylphenols	➤
861010-65-3	Phenol, 4-(1-ethyl-2,2-dimethylpropyl)-	Alkylphenols	➤
37872-24-5	Phenol, 4-(1,1-diethylpropyl)-	Alkylphenols	➤
128-37-0	Butylated Hydroxytoluene	Alkylphenols	➤

Quelle: (ChemSec, o. J.-b)

Das SINimilarity-Instrument ist eine öffentlich zugängliche Datenbank-Anwendung, keine Stoffliste. In dieser Anwendung sind die chemischen Strukturen von mehr als 130.000 Stoffen hinterlegt, bei denen eine strukturelle Ähnlichkeit mit einem Stoff der SIN-Liste gefunden wurde. Diese große Zahl von Stoffen wurde identifiziert durch eine systematische rechnergestützte Auswertung von Daten zu 13 Millionen Stoffen, die im Handel erhältlich sind.

Die Datenbankanwendung zeigt an, ob ein Stoff zu diesen 130.000 Stoffen gehört, ob also bei ihm eine strukturelle Ähnlichkeit zu einem problematischen Stoff der SIN-Liste besteht. Strukturelle Ähnlichkeit bedeutet, dass entweder eine große Übereinstimmung in der Gesamtstruktur besteht (mehr als 70 %), oder Strukturelemente vorhanden sind, die auf eine problematische Eigenschaft hinweisen. In diesen Fall wird der Stoff einer von 15 hinterlegten Stoffgruppen zugeordnet (z.B. Alkylphenole, Bisphenole, PFCs). Bei einzelnen Gruppen sind noch Untergruppen angelegt. Falls vorhanden, werden bei den einzelnen Gruppen auch chemische und nicht-chemische Alternativen genannt. Außerdem wird ein direkter Zugang (Link) zu den entsprechenden Produkt-Informationen des ChemSec Marketplace angeboten (siehe folgenden Exkurs 3).

Die Datenbankanwendung SINimilarity ist ein sehr leicht anzuwendendes Instrument. Es ermöglicht auch Nicht-Fachleuten eine systematische Überprüfung, ob mögliche Ersatzstoffe aufgrund struktureller Ähnlichkeiten nicht verwendet sollten. Dies ist ein wichtiger Beitrag, um nicht-nachhaltige Substitutionen zu vermeiden. Dies unterscheidet es von den zahlreichen Instrumenten zu quantitativen Struktur-Wirkungs-Beziehungen (QSAR-Modellen), deren Anwendung umfangreiches Training, Fachwissen und Erfahrung voraussetzt.

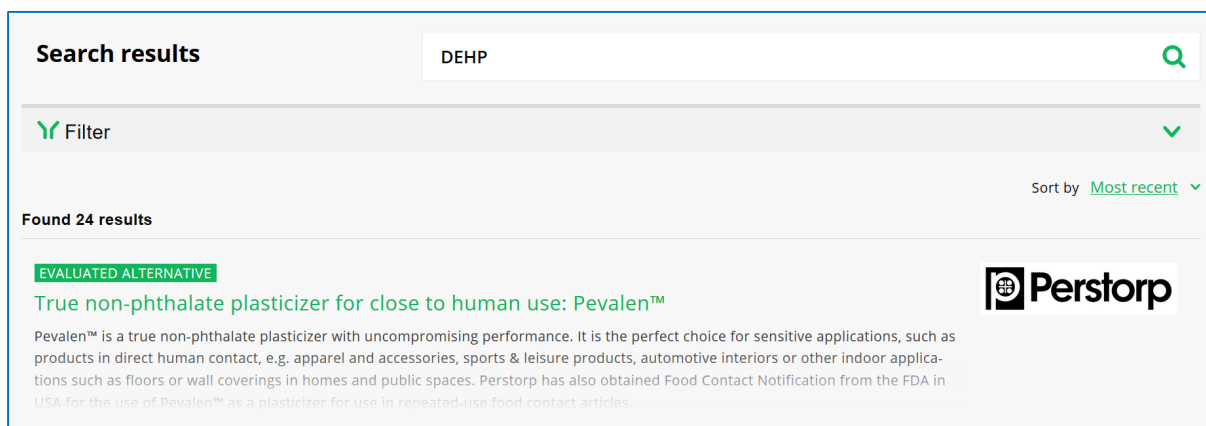
Empfehlung: Das SINimilarity-Instrument sollte auf Informationsveranstaltungen zum Chemikalienmanagement und zur POP-Substitution verstärkt vorgestellt und mit Beispielanwendungen kommuniziert werden.

4.6.3.3 Exkurs 3: Der Marketplace von ChemSec

Der Marketplace von ChemSec ist eine Internetseite, auf der Unternehmen nachhaltigere Ersatzprodukte für problematische Stoffe finden und anbieten können (ChemSec, o. J.-a).

Anwender von Chemikalien können die Suche nach einem Ersatzstoff weiter eingrenzen auf bestimmte technische Funktionen, Erzeugniskategorien, Anwendungsfelder und gesetzliche bzw. unternehmerische Vorgaben. Wichtig ist auch die Möglichkeit, falls keine Alternativen gefunden werden, direkt eine entsprechende Anfrage an die bei ChemSec beteiligten Chemikalienproduzenten zu stellen. Auf Wunsch kann diese Anfrage auch anonym bleiben; sie wird dann an ChemSec gerichtet und von dort an die Anbieter weitergegeben. Die folgende Abbildung zeigt als Beispiel eine Recherche nach einem Ersatzprodukt für den Weichmacher Diethylhexylphthalat (DEHP).

Abbildung 27 Recherche nach Ersatzprodukten für DEHP auf dem Marketplace von ChemSec



Quelle: (ChemSec, o. J.-a)

Anbieter von nachhaltigeren Chemikalien können auf dem Marketplace ihre Produkte bewerben. Voraussetzung hierfür ist der Nachweis, dass die Produkte keine der folgenden problematischen Chemikalien enthalten (in Konzentrationen über 0,1 %): Stoffe der REACH-Kandidatenliste, Stoffe der SIN-Liste, krebserzeugende/mutagene/reproduktionstoxische Stoffe (CMR-Stoffe), persistente, bioakkumulative und toxische Stoffe (PBT-Stoffe), sehr persistente und sehr bioakkumulative Stoffe (vPvB-Stoffe), Stoffe, die das Hormonsystem schädigen können (*endocrine disrupting chemicals*, EDCs).

Es können nicht nur chemische Ersatzstoffe, sondern auch Prozesse bzw. geänderte Produktkonzepte beworben werden, die die ursprünglich gewünschte Funktion sicherstellen.

Die Produkte werden vor Aufnahme auf die Seite überprüft, ob sie diese Kriterien einhalten. Zum Oktober 2020 waren auf dem Marketplace Informationen zu 565 Produkten von mehr als 100 Unternehmen veröffentlicht worden.

Die Sichtbarkeit und die Verfügbarkeit von besseren Alternativen wird beim Marketplace durch zusätzliche Unternehmenskooperationen erhöht. So sollen z.B. für den Textilbereich gezielt Ersatzprodukte für diejenigen Stoffe aufgenommen werden, die von der ZDHC-Initiative (*Zero Discharge of Hazardous Substances*) ausgeschlossen werden.

Die Initiative wird derzeit von mehr als zwanzig Institutionen unterstützt. Hierzu gehören auch große Handelsketten wie H&M und COOP Denmark.

Empfehlung: Für alle POPs und für die bewerteten Ausnahmen sollten die inzwischen identifizierten, sichereren und besseren Alternativen auf dem Marketplace beworben werden.

4.6.3.3.4 Exkurs 4: Der Leitfaden für Nachhaltige Chemikalien und das Instrument SubSelect des Umweltbundesamtes

Für Hersteller, Formulierer und Anwender von Stoffen ist es oft nicht einfach, die Nachhaltigkeit der von ihnen eingesetzten Stoffe zu beurteilen. Vom Umweltbundesamt ist ein Leitfaden veröffentlicht worden (Reihlen et al., 2016), der Unternehmen helfen soll, gezielt nachhaltigere Chemikalien auszuwählen.

Im ersten Bewertungsschritt geht es dort um die Eigenschaften der Stoffe. Hierfür wurden acht Kriterien entwickelt. Das erste ist die Nennung auf Problemstofflisten, die einen sofortigen Substitutionsbedarf anzeigt. Eine dieser Listen ist die Liste der POPs der Stockholm-Konvention. Darüber hinaus geht es bei den stoffbezogenen Kriterien unter anderem um die Gefährlichkeit eines Stoffes für Mensch und Umwelt, seine Mobilität, aber auch um Ressourcenverbräuche und die Freisetzung von Treibhausgasen bei der Herstellung und die soziale Verantwortung entlang der Lieferkette.

Ergänzt werden die stoffbezogenen Kriterien durch acht anwendungsbezogene Kriterien. Bei ihnen geht es um das Emissionspotenzial der Verwendungen und um die Anwendergruppen, um die Anwendungsmengen des Stoffes und die Abfallphase, um seine Substituierbarkeit, um sein Nutzen- und Innovationspotential.

Das Ergebnis der Überprüfung wird leicht verständlich durch Farben angezeigt. Grün bedeutet hierbei, dass es keine Hinweise auf Handlungsbedarf gibt. Rot zeigt hohen Handlungsbedarf an. Wenn wichtige Informationen fehlen, wird die Farbe Weiß vergeben.

Der Leitfaden liegt nicht nur in schriftlicher Form vor, sondern wurde auch als elektronisches Instrument veröffentlicht (SubSelect, eine Access-Anwendung). In beiden Formaten hilft er Unternehmen, verstärkt Nachhaltigkeitsaspekte bei der Auswahl von Chemikalien zu berücksichtigen. Der besondere Vorteil liegt hierbei darin, dass für die Bewertung keine Fachkenntnisse erforderlich sind. Es werden bereits vorliegende Bewertungen genutzt, z.B. die Gefahrensätze (H-Sätze) aus der Einstufung der Stoffe, Problemstofflisten und Datenbanken mit ökobilanziellen Daten.

Auf die Liste der POPs der Stockholm-Konvention wird im Leitfaden verwiesen. Im elektronischen Instrument SubSelect sind diese Stoffe bereits hinterlegt. Beim stoffbezogenen Kriterium „Mobilität“ gibt es ein Unterkriterium zum Ferntransport. Die Anwendung dieses Kriteriums sollte bei allen (gelisteten und zukünftigen) POPs zur Bewertung „Hoher Handlungsbedarf“ führen.

Der Leitfaden und das Instrument SubSelect werden inzwischen auch in der universitären Ausbildung von Chemikern eingesetzt.

Empfehlung: Zusätzlich zur Nennung der bereits gelisteten POPs hinaus sollten im Leitfaden auch Listen potenzieller zukünftiger POPs hinterlegt werden.

4.6.3.3.5 Exkurs 5: Das Portal SUBSPORTplus

Das Internetportal SUBSPORTplus wird von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAUA) gepflegt und aktualisiert (BAUA, o. J.). Die Seite unterstützt aktuelle Substitutionsaktivitäten innerhalb der EU und auch auf internationaler Ebene. Hier werden als Beispiele die Aktivitäten der ECHA und der OECD genannt. Der Anspruch ist, eine zuverlässige

Informationsquelle über sichere Alternativen zu problematischen Stoffen bereitzustellen. Zielgruppe sind Unternehmen, die ihre gesetzlichen Substitutionspflichten erfüllen müssen oder eigeninitiativ neue Produkte entwickeln möchten, aber auch Behörden und gesellschaftliche Interessenvertreter, die zur Substitution von Gefahrstoffen arbeiten.

Die Internetseite ist in sechs Bereiche gegliedert:

- ▶ eine strukturierte Präsentation der rechtlichen Bestimmungen zum Thema Substitution innerhalb der Europäischen Union ebenso wie auf nationaler und internationaler Ebene;
- ▶ eine Datenbank mit besorgniserregenden Stoffen ("List of Lists"), deren Gebrauch gesetzlich oder durch freiwillige Verpflichtungen eingeschränkt ist oder deren Restriktion forciert wird;
- ▶ eine Beschreibung von Substitutionshilfsmitteln zum Vergleich und zur Beurteilung von alternativen Substanzen und Technologien;
- ▶ eine Datenbank mit Fallbeispielen und Beschreibungen alternativer Stoffe und Technologien;
- ▶ detaillierte und evaluierte Fallstudien, die praktische Erfahrungen mit der Substitution von 9 ausgewählten, besonders besorgniserregenden Stoffen in verschiedenen wesentlichen Anwendungen dokumentieren;
- ▶ Hilfestellung und Informationen zum sicheren Umgang mit nicht substituierbaren Stoffen Gute Praxis.

Die Stockholm-Konvention ist eine der rechtlichen Bestimmungen, die in SUBSPORTplus aufgeführt werden. Die bisher gelisteten POPs stehen auf einer der 33 Stofflisten, die in der Datenbank hinterlegt sind.

Empfehlung: Für alle POPs und für die bewerteten Ausnahmen sollten die inzwischen identifizierten guten Alternativen in SUBSPORTplus genannt werden. Es sollten Möglichkeiten gesucht und genutzt werden, in SUBSPORTplus auch auf zukünftige POPs hinzuweisen.

4.6.3.4 Zukünftige Schwerpunkte der OECD Ad hoc-Group und Schnittstellen zu den POP-Verwendungsmustern

Die Ad hoc-Gruppe hat Ende 2020 über folgende mögliche Schwerpunkte ihrer Arbeit diskutiert:

- ▶ Zusammenstellung von Erfahrungen aus den Fallstudien, die in der SAA Toolbox genannt werden;
- ▶ Treiber und Strategien in Unternehmen, die Substitution fördern (z.B. Aufnahme in die Unternehmensstrategie);
- ▶ Möglichkeiten für Politiker und Gesetzgeber, Substitutionen zu unterstützen;
- ▶ Kosten-Nutzen-Analysen und ökonomische Machbarkeitsstudien, um die langfristigen ökonomischen Vorteile von Substitution aufzuzeigen;
- ▶ Länderaustausch zu Politikansätzen und Gesetzesvorhaben, die Substitution fördern, sowie zu länderspezifischen Schwerpunktsetzungen;

- Weitere Konkretisierungen, was sicherere Alternativen und was nachhaltigere Alternativen auszeichnet.

Jeder dieser Punkte ist auch für eine nachhaltigere Gestaltung der Verwendungsmuster der derzeitigen und der zukünftigen POPs wichtig.

4.6.3.5 Einschätzung zur Wirksamkeit und den Auswirkungen der Aktivitäten

Es gibt keine eigenständige Berichtserstattung zu den Auswirkungen der Arbeitsgruppe auf die Substitution gefährlicher Stoffe. Im *Cross Country Report* (OECD, 2019b) gibt es aber eine Zusammenfassung von Rückmeldungen der OECD-Mitgliedsstaaten zur Arbeit der Gruppe. Demnach ist die SAA Toolbox ein guter Mechanismus, um Informationen zur Substitution auszutauschen. Die Ad hoc-Gruppe selber wird hier als wichtiger unterstützender Rahmen gesehen.

Den Berichten zu den Workshops (OECD, 2016, 2019c) kann entnommen werden, dass es tatsächlich zu einer Harmonisierung der Aktivitäten zur Bewertung und zu mehr Transparenz in der methodischen Vorgehensweise gekommen ist. Die Diskussionen auf den Workshops zeigen auch die aktuellen Möglichkeiten zur Unterstützung von Substitutionen sehr gut auf. Daher ist davon auszugehen, dass diese Arbeiten der Ad Hoc-Gruppe für die Unterstützung der Substitution sehr hilfreich sind.

4.6.3.6 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die OECD Ad hoc-Gruppe bietet unterschiedliche Möglichkeiten, bei der Substitution problematischer Stoffe weltweit voran zu kommen. Dies sollte für ein in Zukunft stärker prospektives Management von POPs genutzt werden.

Die Arbeitsgruppe selbst setzt keinen Schwerpunkt bei POPs, sondern arbeitet zu vielen verschiedenen Gruppen problematischer Stoffe. Es ist aber möglich, in den diskutierten Beispielen und bei der Weiterentwicklung der Bewertungsverfahren auf Besonderheiten von POPs einzugehen. Ansatzpunkte hierfür sind unter anderem:

- Stärkerer Bezug auf die Problematik des Ferntransports im Rahmen der *Key Considerations*;
- Stärkere Verankerung entsprechender Modelle in der SAA Toolbox;
- Gezielte *Best Practice Workshops* zu den Verwendungsmustern von POPs;
- Bei der nächsten Revision der SAA Toolbox sollten alle verfügbaren Dokumente zu Alternativen für POPs (z.B. zu SCCPs) aufgenommen werden;
- Die empfohlenen Alternativen sollten in den Stofflisten aufgeführt werden, die in der SAA Toolbox genannt werden (z.B. US EPA *Safer Products Ingredients List*).

Es ist offensichtlich, dass die Durchführung einer vollständigen vergleichenden Bewertung funktionaler Alternativen für die meisten Unternehmen eine Überforderung darstellt. Daran wird sich grundsätzlich auch dann nichts ändern, wenn Methoden harmonisiert und bestehende Leitfäden verbessert werden. Auch für Fachleute in den zuständigen Behörden und für Wissenschaftler an Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen erfordert die Anwendung der verfügbaren Methoden der vergleichenden Stoffbewertung, z.B. der quantitativen Struktur-Wirkungsbeziehungen und der Anwendung des Weight-of-Evidence-Ansatzes vertiefte Kenntnisse und Erfahrungen. Diese Erfahrungen liegen dort auch vor. Daher

sollten für POPs sicherere und bessere funktionale Alternativen von unabhängigen Fachleuten zentral bewertet und vorgeschlagen werden.

Dies ist in den vergangenen Jahren bereits für einige POPs so erfolgt. Dort liegt die Herausforderung somit nicht mehr in der Bewertung von Alternativen, denn solche stehen oft seit Jahren, in einigen Fällen (Bisphenol A in Thermopapier) seit mehr als einem Jahrzehnt zur Verfügung. Sie werden aber in vielen Fällen nicht eingesetzt. Es mangelt an der Nutzung der bestehenden Alternativen und ihrer Durchsetzung im Markt. Hier ist es wichtig, in Zukunft mehr Anreize zu setzen:

- ▶ Identifizierung der Verwendungen, bei denen gute Alternativen einsatzbereit verfügbar sind, und bei welchen nicht;
- ▶ Unterstützung von verfügbaren Alternativen in der Umsetzung;
- ▶ Gezielte Entwicklung geeigneter Alternativen für Anwendungen, bei denen solche bislang fehlen (Bewertung, Forschungspreise, Wettbewerbe) und anschließend Förderung ihrer Umsetzung;
- ▶ Gezielte Identifizierung der Nutzung nicht-nachhaltiger Alternativen (z.B. kurz- und mittelkettige PFCs) und Aktionen zu ihrem Ersatz durch bessere und sicherere Alternativen.

Der *Cross Country Report* enthält außerdem weitere Vorschläge aus der Praxis für eine bessere Umsetzung von Substitutionen:

- ▶ Zusammenwirken von regulatorischen Instrumenten und freiwilligen Instrumenten;
- ▶ Möglichkeiten der Schwerpunktsetzung bei Verwendungen und Stoffen;
- ▶ Ansatzpunkte für eine Harmonisierung der Bewertungsmethoden;
- ▶ Gezielte Nutzung internationaler Plattformen wie SAICM und der Stockholm-Konvention.

Zusätzliche Schlussfolgerungen enthält der Synthesis-Report zum zweiten Workshop der OECD Arbeitsgruppe.

- ▶ In den Berichten der Arbeitsgruppe wird deutlich, dass die Liste der Stockholm-Konvention in unterschiedlichen Instrumenten ein wichtiger Bezugspunkt ist, um problematische Stoffe bereits im ersten Schritt einer Bewertung zu erkennen und auszuschließen. Daraus folgt, dass es wichtig ist, möglichst viele problematische Stoffe, die die POP-Kriterien erfüllen, auf dieser Liste oder an anderer, weltweit zugänglicher Stelle aufzuführen.

4.6.4 Die Aktivitäten der ECHA zur Substitution

4.6.4.1 Ziel der ECHA-Substitutionsstrategie

Die europäische Chemikalienagentur veröffentlichte im Januar 2018 ihre Substitutionsstrategie. Bereits der Name verdeutlicht, dass es hier auch um eine Änderung der Einstellung zur Substitution geht: *Strategy to promote substitution to safer chemicals through innovation* (<https://www.echa.europa.eu/substitution-to-safer-chemicals>). Substitution soll nicht länger als Last zur Erfüllung gesetzlicher Auflagen verstanden werden, sondern als attraktive Geschäftsmöglichkeit.

Die Aktivitäten der europäischen Chemikalienagentur im Rahmen ihrer Substitutionsstrategie haben das Ziel, Substitution zu fördern, und zwar ausdrücklich über die Anreize hinaus, die bereits aufgrund der Gesetzgebung bestehen (z.B. durch die Zulassungspflicht für Stoffe, die im REACH Anhang XIV gelistet sind). Sie soll zudem beste Praktiken der Substitution unterstützen.

Die Strategie greift europäische Schwerpunktsetzungen zur Kreislaufwirtschaft und zur nachhaltigen Produktion und Verwendung von Chemikalien (mit Bezug zum SDG 10) auf. Die Unterstützung „informierter“ Substitution und die nachhaltige Verwendung von Chemikalien sind Teil des strategischen Plans der ECHA für den Zeitraum von 2019-2023. Sie werden dort genannt in der Strategischen Priorität 2 (*safe and sustainable use of chemicals by industry*).

Zur Strategie gibt es für jedes Jahr einen Arbeitsplan (*Annual Workplan*). Die Umsetzung wird dokumentiert in einem jährlichen Bericht (*Annual Report*).

4.6.4.2 Schwerpunkte der ECHA-Aktivitäten in der Substitutionsstrategie

Die Substitutionsstrategie hat vier Schwerpunkte, in denen in den Jahren 2018 und 2019 unterschiedliche Aktivitäten stattfanden.

► Kapazitätsaufbau zur Analyse von Alternativen und zur Substitution

Die ECHA war beteiligt an sechs sektorspezifischen Workshops zu Substitutions-Lieferketten. Themen waren: Verchromung, Flammschutzmittel und Wasser- bzw. schmutzabweisende Ausrüstung von Textilien, Bisphenol A in Thermopapier und Antifouling-Anstriche.

Die ECHA entwickelte einen Online-Einführungskurs aus fünf Modulen zur Analyse von Alternativen und zur Substitution.

Sie erweiterte ihre Substitutions-Internetseite, die einen leichteren Zugang zu Informationen über Bewertungsinstrumente und zu Stoffdatenbanken bietet.

Es wurden vier Webinare zur Verfügung gestellt zu den folgenden Themen:

Gute Gründe für eine Substitution;

Ersatz gefährlicher Chemikalien in der textilen Kette;

Werkzeuge, die die Substitution unterstützen;

Das *GreenScreen®* Instrument und Methoden zum Vergleich chemischer Gefahren und zur Identifizierung von sichereren Alternativen.

An diesen Webinaren nahmen mehrere Hundert Personen teil.

In vier Newsletter-Artikeln wurden folgende Themen angesprochen:

Unterstützung der Substitution hin zu sichereren Chemikalien durch Innovation;

Von der Substitution zum sichereren Produkt-Design;

Antifouling-Mittel: Schwierigkeiten bei der Substitution überwinden;

Ersatz von Bisphenol A in Thermopapier.

► Einfacherer Zugang zu Forschungsgeldern und technischer Unterstützung

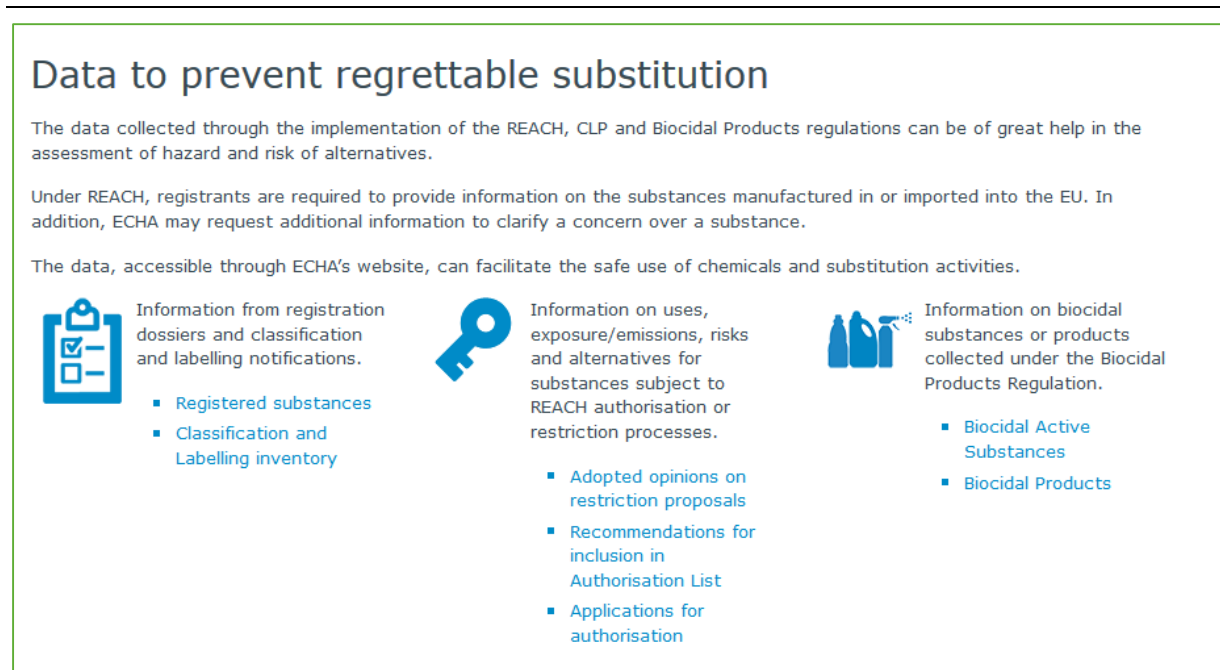
Auf der ECHA-Internetseite zur Substitution werden jetzt Initiativen und Projekte gelistet, die Gelder und technische Unterstützung für Substitutionsprojekte bereitstellen.

Die ECHA hat mit mehreren Institutionen zusammengearbeitet, um in Zukunft eine stärkere Berücksichtigung von Substitutionsprojekten in Forschungsprogrammen zu erreichen (z.B. über das *LIFE Programme* der EU zur Unterstützung von Aktivitäten zum Umwelt- und Klimaschutz oder über *Horizon 2020*, das achte Rahmenprogramm der EU für Forschung und Innovation).

- Leichtere Nutzung von Daten aus der Registrierung, der Einstufung und aus dem Risikomanagement von Stoffen

Die ECHA hat auf ihrer Substitutions-Internetseite ein gut zugängliches Portal für die Nutzung von Daten aus unterschiedlichen REACH-Prozessen zur Verfügung gestellt. Der Aufbau dieses Angebots wird in der folgenden Abbildung gezeigt.

Abbildung 28: Substitutions-Internetseite der ECHA: Zugang zu Daten aus unterschiedlichen REACH-Prozessen



Quelle: (ECHA, o. J.-b)

Die ECHA hat den methodischen Zugang zur Erkennung von Struktur-Wirkungsbeziehungen durch eine Zusammenstellung von verfügbaren Instrumenten vereinfacht (QSAR Toolbox).

Sie hat eine Liste aller Alternativen veröffentlicht, die im Rahmen von Anträgen auf Zulassung bewertet wurden.

- Förderung von Netzwerken.

Die ECHA hat als eigenes Substitutionsnetzwerk die LinkedIn Gruppe *Substitution to Safer Chemicals – European Information Sharing Network* aufgebaut. Zu ihr gehörten im Juni 2020 mehr als 400 Mitglieder aus unterschiedlichen Bereichen. Bis Juni 2020 wurden mehr als 60 Artikel zu Neuigkeiten im Themenfeld Substitution veröffentlicht.

Die ECHA kooperiert mit einer großen Zahl von Substitutions-Netzwerken und Arbeitsgruppen. Hierzu gehören unter anderem auch die oben beschriebene *OECD Ad Hoc Group on Substitution of Harmful Chemicals*, das schon lange bestehende *Green Chemistry & Commerce Council* und die neu aufgebaute *Association for the Advancement of Alternative Assessment (A4)*. Schwerpunkte dieser Arbeiten sind die Weiterentwicklung der Bewertungsmethodik und Umsetzungsfragen in Unternehmen.

Die ECHA unterstützt außerdem Initiativen, in denen Produktanbieter Anwendern geprüfte, bessere Alternativen bekannt machen können, um deren Nutzung voran zu bringen. Hierzu gehört auch der oben beschriebene Marketplace von ChemSec (siehe Kapitel 4.6.3.3.3).

In den Jahren 2017 und 2019 wurden zwei Treffen des Substitutionsnetzwerks von der ECHA ausgerichtet. Diese Treffen fördern den Austausch und die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren zur Bewertung und zum Einsatz von Ersatzstoffen und -Verfahren. Sie werden seitdem im Abstand von durchschnittlich 18 Monaten fortgesetzt. Seitens der ECHA wurde *Substitution Contact List* erstellt. In ihr werden mehr als 160 Interessenvertreter aufgeführt, die am Thema Substitution und an Aktivitäten in diesem Feld interessiert sind.

Empfehlung: Über den ECHA-Newsletter können diese Personen erreicht werden. Hier sollten das Thema prospektives Management von POPs angesprochen und attraktive Beispiele für bessere und sichere Alternativen gezeigt werden.

4.6.4.3 Bezug zu den POP-Verwendungsmustern

Im Schwerpunkt 1 der Strategie, dem Aufbau von Kapazitäten, gibt es direkte Bezüge zwischen zwei der vier Workshop-Themen und dem POP-Verwendungsmuster 3, dem Einsatz von POPs zur Oberflächenmodifikation. Es sind die Workshops zur Verchromung und zur wasser- bzw. schmutzabweisenden Ausrüstung von Textilien.

Die Schwerpunkte 2-4 sind für alle Verwendungsmuster von POPs interessant. Dies bedeutet umgekehrt auch, dass alle vier Schwerpunkte der ECHA-Strategie für gelistete und neue POPs wichtig sind. Drei der vier Schwerpunkte sind horizontal ausgerichtet, also für alle Verwendungsmuster von Interesse. Hierunter fallen, z.B. Fördermöglichkeiten für Substitutionsprojekte, die Methodik der Substitutionsbewertung und Trainingsmaterialien für Unternehmen, die Substitutionen durchführen möchten.

Der Kapazitätsbildung als erster Schwerpunkt eröffnet die Möglichkeit, auf einzelne Verwendungsmuster einzugehen, z.B. auf Flammschutzmittel-Anwendungen (Verwendungsmuster 1), auf Einsatzgebiete von Weichmachern (Verwendungsmuster 2) und auf bessere Ersatzstoffe für Maschinenöle (Verwendungsmuster 4).

4.6.4.4 Zukünftige Schwerpunkte der ECHA und Schnittstellen zu den POP-Verwendungsmustern

Die ECHA will 2020-2021 ihre Anstrengungen auf drei Felder fokussieren:

- (1) Kapazitätsbildung zur Analyse von Alternativen und zur informierten Substitution
- (2) Entwicklung von Netzwerken zur informierten Substitution von besorgniserregenden Stoffen
- (3) Beschleunigung der Reviewprogramme zu aktiven Stoffen in Bioziden

Langfristig sollen die Arbeiten in zwei weitere Felder fortgesetzt werden:

- (4) Erleichterung des Zugangs zu Forschungsgeldern und technischer Unterstützung
- (5) Erleichterung der vergleichenden Bewertung von Bioziden.

Bei Aktivität (1) gibt es die Möglichkeit, Verwendungsmuster einzubeziehen, die für POPs wichtig sind.

Bei Aktivität (2) gibt es die Möglichkeit, gezielt Themen zu neuen und gelisteten POPs in die Netzwerke einzubringen. Aktivität (4) ist von generellem Interesse für alle Verwendungsmuster der POPs. Bei den Aktivitäten (3) und (5) geht es ausschließlich um Verwendungen als Biozide.

Diese Zusammenstellung zeigt, dass auch bei den konkret geplanten Aktivitäten der ECHA zur Substitution interessante Möglichkeiten bestehen, auf neue und gelistete POPs einzugehen.

4.6.4.5 Einschätzung zur Wirksamkeit und den Auswirkungen der Aktivitäten

Die ECHA dokumentiert im Bericht zur Umsetzung der Substitutionsstrategie eine Reihe positiver Auswirkungen der bisher hier vorgenommenen Aktivitäten:

- ▶ Bewusstseinswandel: Substitution wird mehr als Geschäftsmöglichkeit, weniger als Last zur Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben gesehen. Die Bedeutung von Substitution für Innovation und Chemikalienmanagement wird klarer.
- ▶ Bewusstseinswandel: Substitution wird als wichtiger Baustein gesehen, um die UN-2030-SDGs zu erreichen.
- ▶ Besseres Verständnis der Bedürfnisse (Kapazität, Wissen) von Unternehmen, um problematische Stoffe ersetzen zu können.
- ▶ Stärkung der Zusammenarbeit in den Lieferketten: Ziel ist hierbei Förderung des Wissensaustauschs, der Forschung, der Bewertung und der Umsetzung sicherer Alternativen.
- ▶ Netzwerkstärkung: Netzwerke wurden entwickelt und gefördert, die das Ziel haben, Wissen zu Substitution auszutauschen und Zusammenarbeit zwischen den Mitgliedsstaaten und innerhalb der Lieferketten zu fördern.
- ▶ Verknüpfungen: Betonung der thematischen Verknüpfung zwischen Substitution und Kreislaufwirtschaft.

Die Substitutions-Webseite der ECHA wurde monatlich mehr als tausendmal besucht. In einer Umfrage hat die überwiegende Mehrzahl der Teilnehmer (79 %, 19 von 24 Teilnehmern) die Angebote und ihre Weiterführung als sehr wichtig bezeichnet.

Im Bericht wird darauf hingewiesen, dass es schwierig ist, diese Auswirkungen zu quantifizieren. Das gilt insbesondere für die Frage, in welchem Umfang die Aktivitäten letztlich zu einer informierten Substitution problematischer Stoffe geführt haben. Hierzu gibt es keine quantitativen Daten. Es wird das Beispiel des Unternehmens coop genannt, das sich nach Teilnahme an dem ECHA-Workshop zu Bisphenol A in Thermopapier entschlossen hat, aus dieser Verwendung vollständig auszusteigen.

Hinweis: Hier ist anzumerken, dass generell quantitative Angaben zum Erfolg von Substitutionsanstrengungen sehr selten sind. Die ECHA hat einen Bericht mit solchen Angaben zu Stoffen veröffentlicht, die einer Zulassung unterliegen (ECHA, 2020b). Auch für eine Studie zu REACH und Substitution im Auftrag des Umweltbundesamtes sind quantitative Daten zusammengestellt und ausgewertet worden (Bunke et al., 2021).

4.6.4.6 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Substitutionsstrategie der ECHA bietet eine Reihe von Möglichkeiten, die Substitution von gelisteten und neuen POPs über die gesetzlichen Vorgaben hinaus zu fördern.

- ▶ Wichtige Verwendungsmuster können in Maßnahmen zur Kapazitätsbildung thematisiert werden. Hierzu gehören sektorspezifische Workshops, Webinare und Publikationen.
- ▶ Im Rahmen der Strategie werden Beispiele für auch wirtschaftlich erfolgreiche Substitutionen attraktiv aufgearbeitet. Dies kann für POPs genutzt werden. Bestehende Kooperationen mit Anbieterplattformen (ChemSec Marketplace) bieten die Möglichkeit, tragfähige Alternativen m Markt besser sichtbar zu machen und ihren Marktanteil zu erhöhen.

- Wichtige Instrumente zur Identifizierung und Bewertung von Alternativen werden in dieser Strategie entwickelt und können angewendet werden. Erfahrungen aus der Gruppierung von Stoffen und Listen von verfügbaren geprüften Alternativen können genutzt werden, um den Einsatz ebenfalls problematischer Ersatzstoffe (*regrettable substitutions*) zu vermeiden.
- Umfangreiche Netzwerke von Praktikern aus Behörden und Unternehmen bieten die Möglichkeit, die Thematik des Ersatzes von POPs mit einer großen Zahl von Personen zu besprechen und Beispiele gelungener Substitutionen, die sich auch für Unternehmen ökonomisch rechnen, bekannt zu machen.

Der Umsetzungsbericht der ECHA dokumentiert, dass die bisher erfolgten Aktivitäten auf großes Interesse bei Wissenschaft, Behörden und Unternehmen gestoßen sind. Daher sollten sie genutzt werden, um die POP-Thematik stärker ins Bewusstsein der Gesellschaftsgruppen zu bringen, die für eine proaktive Vermeidung der Nutzung und des Eintrags dieser Stoffe gebraucht werden.

Im Mittelpunkt der bisher durchgeführten Workshops stand das Lernen an erfolgreichen und deshalb attraktiven Beispielen. Dieser lösungsorientierte Ansatz sollte weiter genutzt werden. Er ermöglicht eine andere Sicht auf die Herausforderungen: Substitution ist dann keine zusätzliche Pflicht, um gesetzliche Vorgaben zu erfüllen. Substitution zeigt interessante Möglichkeiten auf für bessere Produkte. Damit können die Unternehmen sich gegenüber Konkurrenten auszeichnen und langfristig auf dem Markt erfolgreich sein.

4.7 Empfehlungen

Die Analyse vorhandener chemiepolitischer Instrumente hat gezeigt, dass es sehr viele Ansatzpunkte gibt, um das vorausschauende Management von Stoffen mit POP-Eigenschaften zu fördern. In den folgenden drei Abschnitten werden Empfehlungen hierzu gegeben, die aus der oben durchgeführten Analyse der chemiepolitischen Instrumente abgeleitet werden können. Eine weitere Grundlage sind die Erfahrungen aus dem Projekt „Advancing REACH“. In diesem Forschungsprojekt ging es um Möglichkeiten, verschiedene Bausteine von REACH weiter zu entwickeln. Ein Teilprojekt hatte die Aufgabenstellung, Möglichkeiten aufzuzeigen, wie REACH stärker als bisher Substitution fördern kann (Bunke et al., 2021).

4.7.1 Chemiepolitische Instrumente: Empfehlungen mit sehr großer Wirkung

- E1 / Kapazitäts- und Netzbildung durch verstärkte Bekanntmachung wirtschaftlich erfolgreicher, sicherer und besserer Alternativen auf Informationsveranstaltungen und Workshops zur Besten Praxis mit Anwenderverbänden.

Erforderliche Partner: Behörden, Wirtschaftsverbände.

Schwerpunkte sollten hierbei auf Verwendungsmuster gelegt werden, bei denen aktuell überwiegend nicht-nachhaltige Alternativen zum Einsatz kommen (z.B. kurz- und mittelkettige PFCs). Bestehende Netzwerke (z.B. der OECD *Ad hoc Group on Substitution of Harmful Chemicals* bzw. das *Substitution to Safer Chemicals – European Information Sharing Network* der ECHA) können genutzt und ausgebaut werden (Kapitel 4.6.3).

- E2 / Verstärkte Information zu wirtschaftlich erfolgreichen, sicheren und besseren Alternativen auf Informations-Plattformen.

Erforderliche Partner: Behörden, Wirtschaftsverbände.

Für alle POPs und für die bewerteten Ausnahmen sollten die inzwischen identifizierten guten Alternativen in der SAA Toolbox, in SUBSPORTplus, in den US EPA *Safer Product Ingredients Lists* und in ähnlichen Instrumenten bzw. auf vergleichbaren Plattformen genannt werden (Kapitel 4.6.3.3).

- E3 / Gezielte Wirtschaftsförderung zur Entwicklung und Marktdurchsetzung sicherer und besserer Alternativen.

Erforderliche Partner: Behörden, Wirtschaftsverbände, Forschung.

Für alle Anwendungen von POPs, bei denen bessere und sichere Alternativen noch fehlen, sollten sie gezielt entwickelt werden (Bewertung, Forschungspreise, Wettbewerbe). Anschließend sollten deren Markteinführung und -durchdringung gefördert werden.

- E4 / Verstärkte Regulierung ganzer Stoffgruppen statt der Regulierung von Einzelstoffen.

Erforderliche Partner: Behörden und Wissenschaft.

Hierzu gehört die Weiterentwicklung und Verstärkung des Gruppenansatzes im Rahmen von Beschränkungen und Zulassungen unter REACH. Der Gruppenansatz ist ein wichtiger Bestandteil der Integrierten Strategie der ECHA zur Stoffbewertung.

4.7.2 Chemiepolitische Instrumente: Empfehlungen mit großer Wirkung

- E5 / Verstärkte und frühzeitige Sichtbarmachung problematischer Stoffe durch gezielte Listungen parallel zum Listungs-Prozess der Stockholm-Konvention (z.B. SIN-Liste, z.B. Green Screen List of List).

Erforderliche Partner: Behörden, ChemSec, US EPA.

Stoffe mit POP-Eigenschaften sollten frühzeitig auf die SIN-Liste, im Leitfaden für Nachhaltige Chemikalien, im Instrument Subselect und in das Portal SUBSPORT plus aufgenommen werden, noch bevor eine Listung als POP in der Stockholm-Konvention stattgefunden hat. Dadurch wäre sichergestellt, dass die Stoffe von einer großen Zahl von Nutzern als problematisch erkannt und bei ihren Substitutions-Aktivitäten berücksichtigt werden (Kapitel 4.6.3.5 und 4.6.3.6).

Andere wichtige Beiträge sind die frühzeitige Information von Unternehmen über Stoffe mit kritischen Eigenschaften. Hier gibt es inzwischen eine ganze Reihe öffentlich zugänglicher Problemstofflisten, z.B. die SIN-Liste. Im Rahmen des Projektes ist ein bestehendes Instrument um die POP-Liste erweitert worden: REACH Radar. Es unterstützt gerade kleine und mittlere Unternehmen bei der Identifizierung problematischer Stoffe. Die folgende Abbildung zeigt die Eingabe- und Ergebnisanzeige-seite von REACH Radar.

Abbildung 29: Der Eingabe- und Ergebnisanzeige-Bereich von REACH Radar

Summe CAS-Inhaltsstoffe in Liste	31	7	81	5	80	73
	Ersatz wichtig!				Beobachten!	
CAS-Nr Inhaltsstoff	Kandidatenliste	Anhang XIV	SIN	Eigene Liste	PACT	CORAP
101-80-4	x Art. 33: Kommunikation!		x	x		
7790-79-6	x Art. 33: Kommunikation!		x	x	x	
97-99-4	x Art. 33: Kommunikation!		x	x		
134237-50-6	x Art. 33: Kommunikation!	x Zulassung!	x	x		
26471-62-5				x	x	x

Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

REACH Radar ist kostenfrei in deutscher und englischer Sprache online über den Link <https://www.oeko.de/reach-radar> verfügbar und wird regelmäßig aktualisiert (Bunke et al., 2017).

- E6 / Verstärkte Anwenderschulung mit praxisnahen Instrumenten zur Alternativenbewertung.

Erforderliche Partner: Behörden, ChemSec, Anwenderverbände, Berater.

Das SINimilarity-Instrument, der Leitfaden für Nachhaltige Chemikalien und seine Anwendung SubSelect sollten auf Informationsveranstaltungen zum Chemikalienmanagement und zur POP-Substitution verstärkt vorgestellt und erfolgreiche Beispielanwendungen kommuniziert werden (Kapitel 4.6.3.3.2). Ein Schwerpunkt liegt auf der Unterstützung von Anwendern bei der Vermeidung nicht zielführender Substitutionen. Hierbei können vorliegende Erfahrungen aus der Gruppierung von Stoffen und Listen von verfügbaren geprüften Alternativen genutzt werden, um den Einsatz ebenfalls problematischer Ersatzstoffe zu vermeiden (Kapitel 4.6.4).

- E 7/ Platzierung aller bekannten und funktionierenden Alternativen auf ChemSec Marketplace und ähnlichen Plattformen.

Erforderliche Partner: Behörden und NGOs.

Für alle POPs und für die bewerteten Ausnahmen sollten die inzwischen identifizierten, sichereren und besseren Alternativen z.B. auf dem Marketplace beworben werden. Die Anfragefunktionalität des Marketplace kann genutzt werden, um gezielt weitere Alternativen für (zukünftige) POPs zu finden (Kapitel 4.6.3.3.3).

- E8 / Verstärkter Austausch zwischen Behörden zur Verringerung von Parallelarbeiten und zur gegenseitigen Unterstützung beim Management von POPs.

Erforderliche Partner: Behörden.

- E9 / Frühzeitige Thematisierung von POPs und prospektivem Gefahrstoffmanagement in der Ausbildung von Chemikern.

Erforderliche Partner: Behörden und Ausbildungseinrichtungen.

- E10 / Verstärkte Öffentlichkeitsarbeit zur Steigerung der Nachfrage nach Produkten ohne POPs durch die Bevölkerung.

Erforderliche Partner: Behörden, Erwachsenenbildung und Verbraucherschutzverbände

- E11 / Verstärkter Einbezug der Vermeidung von POPs und nicht nachhaltigen Alternativen bei öffentlichen Beschaffungen.

Erforderliche Partner: Behörden.

- E12/ Verstärkter Einbezug der Vermeidung von POPs und nicht nachhaltigen Alternativen als Kriterium bei Investitionsentscheidungen von Investoren.

Erforderliche Partner: Behörden und private Investoren.

4.7.3 Chemiepolitische Instrumente: Weitere Empfehlungen

- E13 / Stärkere Berücksichtigung des Kriteriums Ferntransport in Bewertungsmethoden.

Erforderliche Partner: Behörden, Wissenschaft.

Bei der Weiterentwicklung der Methodik zur Bewertung von Alternativen (*Key Considerations Report* der OECD *Ad hoc Group on Substitution of Harmful Chemicals*) kann verstärkt auf die Bewertung des Potentials für weitreichenden Transport eingegangen werden, mit einer Verankerung entsprechender Modelle in der SAA Toolbox (Kapitel 4.6.3).

Im Mittelpunkt der begleitenden chemiepolitischen Aktivitäten sollten wirtschaftlich erfolgreiche und dadurch attraktive Beispiele stehen. Dieser anreiz- und lösungsorientierte Ansatz kann Unternehmen motivieren, eigenständig Schritte zum frühzeitigen Ersatz von (neuen) POPs zu gehen. Attraktive Beispiele ermöglichen einen Wechsel der Perspektive. Substitution ist dann für Unternehmen keine Last mehr zur Erfüllung gesetzlicher Vorgaben, sondern eine interessante Möglichkeit, mit nachhaltigen Produkten auf dem Markt langfristig erfolgreich zu sein.

5 Quellenverzeichnis

- Ali, K. H., Wheelock, J. V., Jerard, E., & Prochazka, O. (1973). Letters to the Editor: Systematic Study of alpha-BHC, gamma-BHC and Dieldrin in the River Aire. *International Journal of Environmental Studies*, 4(1–4), 299–301. <https://doi.org/10.1080/00207237308709577>
- Andrade, H., Glüge, J., Herzke, D., Ashta, N. M., Nayagar, S. M., & Scheringer, M. (2021). Oceanic long-range transport of organic additives present in plastic products: An overview. *Environmental Sciences Europe*, 33(1), 85. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00522-x>
- Andrews, D. Q., & Naidenko, O. V. (2020). Population-Wide Exposure to Per- And Polyfluoroalkyl Substances from Drinking Water in the United States. *Environmental Science and Technology Letters*, 7(12), 931–936. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00713>
- Arp, H. P. H., Brown, T. N., Berger, U., & Hale, S. E. (2017). Ranking REACH registered neutral, ionizable and ionic organic chemicals based on their aquatic persistency and mobility. *Environmental Science: Processes and Impacts*, 19(7), 939–955. <https://doi.org/10.1039/C7EM00158D>
- Ashton, M., Beintema, N., & Pasini, O. (2006). Summary report of the second meeting of the Persistent Organic Pollutants Review Committee (POPRC). *Earth Negotiations Bulletin*, 15(148), 1–14. <https://doi.org/https://enb.iisd.org/events/2nd-meeting-persistent-organic-pollutants-review-committee-poprc-2/summary-report-6-10>
- Ashton, M., & Kohler, P. M. (2010). Paying for POPs: Negotiating the Implementation of the Stockholm Convention in Developing Countries. *International Negotiation*, 15(3), 459–484. <https://doi.org/10.1163/157180610X529636>
- Ball, W. L., Kay, K., & Sinclair, J. W. (1953). Observations on toxicity of aldrin. I. Growth and estrus in rats. *AMA Archives of Industrial Hygiene and Occupational Medicine*, 7(4), 292–300.
- BAuA. (o. J.). *SUBSPORTplus—Startseite*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Abgerufen 15. November 2021, von <https://www.subsportplus.eu/subsportplus/DE/Home>
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.). (2019). *Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz—Arbeitshilfe Rückbau: Erkundung, Planung, Ausführung*. https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/ifu_abfall_00097.htm
- Biegel-Engler, A. (2020). *Personal communication* [Discussion contribution]. PFAS – Dealing with contaminants of emerging concern, Online conference. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/dokumente/20201006_berlin_pfas_konferenz_agenda_online.pdf
- Blepp, M., Groß, R., Moch, K., Bunke, D., Scheringer, M., & Hukari, S. (2012). *Development of a List of Potential POP Candidates for the Stockholm Convention and Refinement of the POP Criteria – Which Strategy is to be Adopted for a Successful Identification of potential POP candidates?* [FKZ 3711 65 406, Final report]. UBA. <https://www.bmu.de/download/erarbeitung-einer-liste-mit-potenziellen-pop-kandidaten-fuer-stockholmer-uebereinkommen-und-entwicklung-der-pop-kriterien-welche-strategie-ist-zur-erfolgreichen-identifizierung-neuer-pops-anzuwenden>
- Borgmann, U., & Whittle, D. M. (1991). Contaminant Concentration Trends in Lake Ontario Lake Trout (Salvelinus Namaycush): 1977 to 1988. *Journal of Great Lakes Research*, 17(3), 368–381. [https://doi.org/10.1016/S0380-1330\(91\)71373-7](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(91)71373-7)
- Braestrup, L., Clausen, J., & Berg, O. (1974). DDE, PCB and aldrin levels in arctic birds of Greenland. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 11(4), 326–332. <https://doi.org/10.1007/BF01684937>
- Brouwer, A., Ahlborg, U. G., Van den Berg, M., Birnbaum, L. S., Boersma, E. R., Bosveld, B., Denison, M. S., Gray, L. E., Hagmar, L., Holene, E., Huisman, M., Jacobson, S. W., Jacobson, J. L., Koopman-Esseboom, C., Koppe, J. G.,

Kulig, B. M., Morse, D. C., Muckle, G., Peterson, R. E., ... Winneke, G. (1995). Functional aspects of developmental toxicity of polyhalogenated aromatic hydrocarbons in experimental animals and human infants. *European Journal of Pharmacology, Environmental Toxicology and Pharmacology Section*, 293(1), 1–40.
[https://doi.org/10.1016/0926-6917\(95\)90015-2](https://doi.org/10.1016/0926-6917(95)90015-2)

BRS Secretariat. (o. J.-a). *Database of Import Responses*. Procedures of the Rotterdam Convention. Abgerufen 15. November 2021, von <https://pic.int/tabid/1370/Default.aspx>

BRS Secretariat. (o. J.-b). *Expired Specific Exemptions*. Implementation of the Stockholm Convention. Abgerufen 15. November 2021, von <https://pops.int/Implementation/Exemptions/SpecificExemptions/ExpiredSpecificExemptions/tabid/171/Default.aspx>

BRS Secretariat. (o. J.-c). *Parties and Signatories—Status of ratifications of the Stockholm Convention*. Countries of the Stockholm Convention. Abgerufen 15. November 2021, von <https://pops.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesandSignatories/tabid/4500/Default.aspx>

BRS Secretariat. (o. J.-d). *Parties and Signatories—Status of ratifications of the Rotterdam Convention*. Countries of the Rotterdam Convention. Abgerufen 15. November 2021, von <https://pic.int/?tabid=1072>

BRS Secretariat. (o. J.-e). *Persistent Organic Pollutants Review Committee (POPRC) Recommendations*. Website of the Stockholm Convention. Abgerufen 15. November 2021, von <https://pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Recommendations/tabid/243/Default.aspx>

BRS Secretariat. (o. J.-f). *Plastic waste—Overview*. Implementation of the Basel Convention. Abgerufen 15. November 2021, von <https://basel.int/Implementation/Plasticwaste/Overview/tabid/8347/Default.aspx>

BRS Secretariat. (o. J.-g). *Status of Ratifications—Amendments to annexes*. Countries of the Stockholm Convention. Abgerufen 15. November 2021, von <https://pops.int/Countries/StatusofRatifications/AmendmentstoAnhangen/tabid/3486/Default.aspx>

BRS Secretariat. (o. J.-h). *Stockholm Convention National Implementation Plans (NIPs)*. Implementation of the Stockholm Convention. Abgerufen 15. November 2021, von <https://pops.int/?tabid=253>

BRS Secretariat. (o. J.-i). *The new POPs under the Stockholm Convention*. Website of the Stockholm Convention. Abgerufen 15. November 2021, von <https://pops.int/?tabid=2511>

Bunke, D., Blepp, M., Fath, A., Bornschein, T., Buzzi, M., & Hüttner, L. (2017). *REACH Radar Verbund (RRV): Systematische Identifizierung und Priorisierung besonders besorgniserregender Stoffe im Unternehmensverbund in der Galvanik* (Endbericht zum Projekt für die Deutsche Bundesstiftung Umwelt AZ 31728/01-31). Öko-Institut, Freiburg. <https://opac.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-31728.pdf>

Bunke, D., Löw, C., Moch, K., Reihlen, A., & Reineke, N. (2021). *Advancing REACH - REACH and substitution* (UBA Texte 08/2021) [FKZ 3717 67 4100, Final Report].
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/advancing-reach-reach-substitution>

Calafat, A. M., Wong, L.-Y., Kuklennyik, Z., Reidy, J. A., & Needham, L. L. (2007). Polyfluoroalkyl Chemicals in the U.S. Population: Data from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2003–2004 and Comparisons with NHANES 1999–2000. *Environmental Health Perspectives*, 115(11), 1596–1602.
<https://doi.org/10.1289/ehp.10598>

CEIP. (o. J.). *Reported emission data*. EMEP Centre on Emission Inventories and Projections - Officially Reported Emission Data. Abgerufen 15. November 2021, von <https://www.ceip.at/webdab-emission-database/reported-emissiondata>

Charbonnet, J. A., Weber, R., & Blum, A. (2020). Flammability standards for furniture, building insulation and electronics: Benefit and risk. *Emerging Contaminants*, 6, 432–441.
<https://doi.org/10.1016/j.emcon.2020.05.002>

Chaudhury, B., & Robinson, V. B. (1950). Clinical and pathologic effects produced in goats by the ingestion of toxic amounts of chlordan and toxaphene. *American Journal of Veterinary Research*, 11(38), 50–57.

<https://doi.org/https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19502203341>

ChemSec. (o. J.-a). *ChemSec Marketplace*. Abgerufen 15. November 2021, von

<https://marketplace.chemsec.org/>

ChemSec. (o. J.-b). *ChemSec—SINimilarity*. Abgerufen 15. November 2021, von

<https://sinimilarity.chemsec.org/>

ChemSec. (o. J.-c). *SIN List*. Abgerufen 15. November 2021, von <https://sinlist.chemsec.org/>

Chen, C., Chen, A., Li, L., Peng, W., Weber, R., & Liu, J. (2021). Distribution and Emission Estimation of Short- And Medium-Chain Chlorinated Paraffins in Chinese Products through Detection-Based Mass Balancing.

Environmental Science and Technology, 55(11), 7335–7343. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c07058>

Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic. (1992).

https://www.ospar.org/site/assets/files/1169/ospar_convention.pdf

Cousins, I. T., Goldenman, G., Herzke, D., Lohmann, R., Miller, M., Ng, C. A., Patton, S., Scheringer, M., Trier, X., Vierke, L., Wang, Z., & DeWitt, J. C. (2019). The concept of essential use for determining when uses of PFASs can be phased out. *Environmental Science: Processes and Impacts*, 21(11), 1803–1815.

<https://doi.org/10.1039/C9EM00163H>

Cousins, I. T., Ng, C. A., Wang, Z., & Scheringer, M. (2019). Why is high persistence alone a major cause of concern? *Environmental Science: Processes and Impacts*, 21(5), 781–792. <https://doi.org/10.1039/C8EM00515J>

CVUA Freiburg. (2007a). *Contamination of Guar Gum from India with Pentachlorophenol (PCP) and Dioxins*

[Report to the EU Commission]. EU-Referenzlabor für halogenierte persistente organische Schadstoffe (POP) in Futtermitteln und Lebensmitteln. https://www.ua-bw.de/uploaddoc/cvuafr/guar_gum_evaluation_230807.pdf

CVUA Freiburg. (2007b). *Correlation between Pentachlorophenol (PCP) and Dioxins in Contaminated Guar gum from India Based on Data as Available on 27 August 2007* [Report to the EU Commission]. EU-Referenzlabor für halogenierte persistente organische Schadstoffe (POP) in Futtermitteln und Lebensmitteln. http://www.cvua-freiburg.de/pdf/dioxine/guar_gum_correlation_270807.pdf

Dahm, P. A., & Pankaskie, J. E. (1949). A Biological Assay Method for Determining Aldrin. *Journal of Economic Entomology*, 42(6), 987–988. <https://doi.org/10.1093/jee/42.6.987>

De Wit, C. A. (2002). An overview of brominated flame retardants in the environment. *Chemosphere*, 46(5), 583–624. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(01\)00225-9](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00225-9)

DIN CEN/TS 15968:2010-11, *Bestimmung von extrahierbarem Perfluorooctansulfonat (PFOS) in beschichteten und imprägnierten Feststoffartikeln, Flüssigkeiten und Feuerlöschschäumen—Verfahren zur Probennahme, Extraktion und Analyse mittels LC-qMS oder LC-tandem/MS; Deutsche Fassung CEN/TS_15968:2010*. (2010). Beuth Verlag GmbH. <https://doi.org/10.31030/1536691>

Duce, R. A., Liss, P. S., Merrill, J. T., Atlas, E. L., Buat-Menard, P., Hicks, B. B., Miller, J. M., Prospero, J. M., Arimoto, R., Church, T. M., Ellis, W., Galloway, J. N., Hansen, L., Jickells, T. D., Knap, A. H., Reinhardt, K. H., Schneider, B., Soudine, A., Tokos, J. J., ... Zhou, M. (1991). The atmospheric input of trace species to the world ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 5(3), 193–259. <https://doi.org/10.1029/91GB01778>

Duffek, A., Conrad, A., Kolossa-Gehring, M., Lange, R., Rucic, E., Schulte, C., & Wellmitz, J. (2020). Per- and polyfluoroalkyl substances in blood plasma – Results of the German Environmental Survey for children and adolescents 2014–2017 (GerES V). *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 228.

<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113549>

ECHA. (o. J.-a). *Board of Appeal*. European Chemicals Agency. Abgerufen 15. November 2021, von

<https://echa.europa.eu/about-us/who-we-are/board-of-appeal>

ECHA. (o. J.-b). *Data to prevent regrettable substitution*. European Chemicals Agency. Abgerufen 15. November 2021, von <https://echa.europa.eu/data-to-prevent-regrettable-substitution>

ECHA. (o. J.-c). *Mapping exercise—Plastic additives initiative*. European Chemicals Agency. Abgerufen 15. November 2021, von <https://echa.europa.eu/mapping-exercise-plastic-additives-initiative>

ECHA. (o. J.-d). *Plastic additives initiative*. European Chemicals Agency. Abgerufen 15. November 2021, von <https://echa.europa.eu/plastic-additives-initiative>

ECHA. (2014a). *Decision on substance evaluation pursuant to article 46(1) of regulation (EC) NO 1907/2006 for alkanes, C14-17, chloro (MCCP, Medium-chain, chlorinated paraffins), CAS No 85535-85-9 (EC No 287-477-0)*. https://echa.europa.eu/documents/10162/17221/sev1_287-477-0_dec_final_public_15469_en.pdf

ECHA. (2014b). *Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment. Chapter R.12: Use description*. https://echa.europa.eu/documents/10162/17224/information_requirements_r12_en.pdf

ECHA. (2014c). *Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment. Chapter R.16: Environmental exposure assessment*. https://echa.europa.eu/documents/10162/17224/information_requirements_r16_en.pdf

ECHA. (2014d). *Member State Community Support Document for Identification of 2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4,6-Ditertpentyphenol (UV-328), EC Number: 247-384-8, CAS Number: 25973-55-1, as a Substance of Very High Concern because of its PBT/vPvB Properties*. https://echa.europa.eu/documents/10162/17230/support_document_uv-328_3290_en.pdf

ECHA. (2019). *Plastic additives initiative—Supplementary Information on Scope and Methods*. https://echa.europa.eu/documents/10162/17228/plastic_additives_supplementary_en.pdf

ECHA. (2020a). *Draft proposal for listing chlorpyrifos in Annex A to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants*. https://echa.europa.eu/documents/10162/8008808/Draft_AnnexD_proposal_Chlorpyrifos_19151_en.pdf

ECHA. (2020b). *Impacts of REACH restriction and authorisation on substitution in the EU*. https://echa.europa.eu/documents/10162/3079426/impact_rest_auth_on_substitution_en.pdf

EFSA CONTAM Panel, Knutsen, H. K., Alexander, J., Barregård, L., Bignami, M., Brüschweiler, B., Ceccatelli, S., Cottrill, B., Dinovi, M., Edler, L., Grasl-Kraupp, B., Hogstrand, C., Hoogenboom, L. (Ron), Nebbia, C. S., Oswald, I. P., Petersen, A., Rose, M., Roudot, A., Vleminckx, C., ... Schwerdtle, T. (2018). Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. *EFSA Journal*, 16(12). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5194>

EFSA CONTAM Panel, Schrenk, D., Bignami, M., Bodin, L., Chipman, J. K., del Mazo, J., Grasl-Kraupp, B., Hogstrand, C., Hoogenboom, L. (Ron), Leblanc, J., Nebbia, C. S., Nielsen, E., Ntzani, E., Petersen, A., Sand, S., Vleminckx, C., Wallace, H., Barregård, L., Ceccatelli, S., ... Schwerdtle, T. (2020). Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal*, 18(9), 391 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6223>

Europäische Kommission. (2006). Empfehlung der Kommission vom 16. November 2006 für das Monitoring der Hintergrundbelastung von Lebensmitteln mit Dioxinen, dioxinähnlichen PCB und nicht dioxinähnlichen PCB. *Amtsblatt der Europäischen Union*, L 322, 24–31. <https://doi.org/http://data.europa.eu/eli/reco/2006/794/oj>

European Commission. (o. J.). *The EU's chemicals strategy for sustainability towards a toxic-free environment*. Abgerufen 15. November 2021, von https://environment.ec.europa.eu/strategy/chemicals-strategy_en

European Commission. (2020). *Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment* (Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2020) 667 final).

<https://circabc.europa.eu/ui/group/8ee3c69a-bccb-4f22-89ca-277e35de7c63/library/dd074f3d-0cc9-4df2-b056-dabcacfc99b6/details?download=true>

Fantke, P., Weber, R., & Scheringer, M. (2015). From incremental to fundamental substitution in chemical alternatives assessment. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 1, 1–8.

<https://doi.org/10.1016/j.scp.2015.08.001>

Fenner, K., & Scheringer, M. (2021). The Need for Chemical Simplification As a Logical Consequence of Ever-Increasing Chemical Pollution. *Environmental Science and Technology*, 55(21), 14470–14472.

<https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04903>

Fossi, M. C., Massi, A., Lari, L., Marsili, L., Focardi, S., Leonzio, C., & Renzoni, A. (1995). Interspecies differences in mixed function oxidase activity in birds: Relationship between feeding habits, detoxication activities and organochlorine accumulation. *Environmental Pollution*, 90(1), 15–24. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(94\)00098-X](https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)00098-X)

Fricke, M., & Lahl, U. (2005). Risikobewertung von Perfluortensiden als Beitrag zur aktuellen Diskussion zum REACH-Dossier der EU-Kommission. *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung*, 17(1), 36–49.

<https://doi.org/10.1007/BF03038694>

Frings, H., & O'Tousa, J. E. (1950). Toxicity to mice of chlordane vapor and solutions administered cutaneously. *Science*, 111(2894), 658–660. <https://doi.org/10.1126/science.111.2894.658>

Garrison, A. W. (2006). Probing the enantioselectivity of chiral pesticides. *Environmental Science and Technology*, 40(1), 16–23. <https://doi.org/10.1021/es063022f>

GEF. (o. J.). *Conventions*. Global Environment Facility. Abgerufen 15. November 2021, von <https://www.thegef.org/partners/conventions>

Gellert, R. J. (1978). Kepone, mirex, dieldrin, and aldrin: Estrogenic activity and the induction of persistent vaginal estrus and anovulation in rats following neonatal treatment. *Environmental Research*, 16(1–3), 131–138. [https://doi.org/10.1016/0013-9351\(78\)90150-0](https://doi.org/10.1016/0013-9351(78)90150-0)

Giesy, J. P., & Kannan, K. (2001). Global distribution of perfluorooctane sulfonate in wildlife. *Environmental Science and Technology*, 35(7), 1339–1342. <https://doi.org/10.1021/es001834k>

Giesy, J. P., Solomon, K. R., Mackay, D., & Anderson, J. (2014). Evaluation of evidence that the organophosphorus insecticide chlorpyrifos is a potential persistent organic pollutant (POP) or persistent, bioaccumulative, and toxic (PBT). *Environmental Sciences Europe*, 26(1), 29. <https://doi.org/10.1186/s12302-014-0029-y>

GIZ. (2016). *Environmentally and socially responsible handling of e-waste*. Deutsche Gesellschaft Für Internationale Zusammenarbeit. <https://www.giz.de/en/worldwide/123767.html>

GIZ. (2017). *Unterstützung des algerischen Stockholm-Regionalzentrums bei der koordinierten Unterstützung der Implementierung der Stockholm-Konvention in der Region* [PN 12.2033.4-022.00, Abschlussbericht].

Glüge, J., Steinlin, C., Schalles, S., Wegmann, L., Tremp, J., Breivik, K., Hungerbühler, K., & Bogdal, C. (2017). Import, use, and emissions of PCBs in Switzerland from 1930 to 2100. *PLoS ONE*, 12(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183768>

Goldberg, E. D. (1975). Synthetic organohalides in the sea. *Proceedings of the Royal Society of London - Biological Sciences*, 189(1096), 277–289. <https://doi.org/10.1098/rspb.1975.0057>

Government of Japan. (2020). *The National Implementation Plan of Japan under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants* (Modified in November 2020).

<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-Japan-COP8.English.pdf>

GreenFacts. (o. J.). *Perfluorooctanoic acid (PFOA): 1. What is PFOA and what is it used for?* Abgerufen 15. November 2021, von <https://www.greenfacts.org/en/pfoa-cookware-waterproofing/l-2/index.htm>

Guida, Y., Capella, R., Kajiwar, N., Babayemi, J. O., Torres, J. P. M., & Weber, R. (2022). Inventory approach for short-chain chlorinated paraffins for the Stockholm Convention implementation in Brazil. *Chemosphere*, 287. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132344>

Guida, Y., Capella, R., & Weber, R. (2020). Chlorinated paraffins in the technosphere: A review of available information and data gaps demonstrating the need to support the Stockholm Convention implementation. *Emerging Contaminants*, 6, 143–154. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2020.03.003>

Hahladakis, J. N., Velis, C. A., Weber, R., Iacovidou, E., & Purnell, P. (2018). An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *Journal of Hazardous Materials*, 344, 179–199. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.10.014>

Held, T., & Reinhard, M. (2020). *Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen* (UBA Texte 137/2020) [FKZ 3717 76 2310, Abschlussbericht]. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/sanierungsmanagement-fuer-lokale-flaechenhafte-pfas>

Hillenbrand, T., Marscheider-Weidemann, F., Strauch, M., Heitmann, K., & Schaffrin, D. (2007). *Emissionsminderung für prioritäre und prioritäre gefährliche Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie* (UBA Texte 27/2007) [FKZ 203 21 280, Abschlussbericht]. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/emissionsminderung-fuer-prioritaere-prioritaere>

Hoff, R. M., Muir, D. C. G., & Grift, N. P. (1992a). Annual Cycle of Polychlorinated Biphenyls and Organohalogen Pesticides in Air in Southern Ontario. 1. Air Concentration Data. *Environmental Science and Technology*, 26(2), 266–275. <https://doi.org/10.1021/es00026a005>

Hoff, R. M., Muir, D. C. G., & Grift, N. P. (1992b). Annual Cycle of Polychlorinated Biphenyls and Organohalogen Pesticides in Air in Southern Ontario. 2. Atmospheric Transport and Sources. *Environmental Science and Technology*, 26(2), 276–283. <https://doi.org/10.1021/es00026a006>

Hoff, R. M., Strachan, W. M. J., Sweet, C. W., Chan, C. H., Shackleton, M., Bidleman, T. F., Brice, K. A., Burniston, D. A., Cussion, S., Gatz, D. F., Harlin, K., & Schroeder, W. H. (1996). Atmospheric deposition of toxic chemicals to the Great Lakes: A review of data through 1994. *Atmospheric Environment*, 30(20), 3505–3527. [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(96\)00046-5](https://doi.org/10.1016/1352-2310(96)00046-5)

Hu, X. C., Andrews, D. Q., Lindstrom, A. B., Bruton, T. A., Schaidler, L. A., Grandjean, P., Lohmann, R., Carignan, C. C., Blum, A., Balan, S. A., Higgins, C. P., & Sunderland, E. M. (2016). Detection of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs) in U.S. Drinking Water Linked to Industrial Sites, Military Fire Training Areas, and Wastewater Treatment Plants. *Environmental Science and Technology Letters*, 3(10), 344–350. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.6b00260>

Hückel, W., & Naab, H. (1933). Zur Stereochemie bicyclischer Ringsysteme. VIII. $\Delta^{1,9}$ -Oktalin. *Justus Liebigs Annalen der Chemie*, 502(1), 136–155. <https://doi.org/10.1002/jlac.19335020109>

Ingle, L. (1947). Toxicity of Chlordane to White Rats. *Journal of Economic Entomology*, 40(2), 264–268. <https://doi.org/10.1093/jee/40.2.264>

IOMC. (o. J.-a). *About us*. Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals. Abgerufen 15. November 2021, von <https://partnership.who.int/iomc/about-us>

IOMC. (o. J.-b). *IOMC TOOLBOX for decision making in chemicals management*. Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals. Abgerufen 15. November 2021, von <https://www.iomctoolbox.org/>

Iwata, H., Tanabe, S., Sakai, N., Nishimura, A., & Tatsukawa, R. (1994). Geographical distribution of persistent organochlorines in air, water and sediments from Asia and Oceania, and their implications for global

redistribution from lower latitudes. *Environmental Pollution*, 85(1), 15–33. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(94\)90234-8](https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)90234-8)

Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry. (2013). *Organic pigments with measured by-product PCB content above 50ppm* [Zitiert nach: UNEP. (2015). Formation and release of unintentional POPs from production processes for pesticides and industrial chemicals: Review of new information for reducing or preventing releases and related information gaps. UNEP/POPS/TOOLKIT/BATBEP/2015/2].

Jaward, F. M., Farrar, N. J., Harner, T., Sweetman, A. J., & Jones, K. C. (2004). Passive Air Sampling of PCBs, PBDEs, and Organochlorine Pesticides Across Europe. *Environmental Science and Technology*, 38(1), 34–41. <https://doi.org/10.1021/es034705n>

Jensen, S., Johnels, A. G., Olsson, M., & Otterlind, G. (1969). DDT and PCB in marine animals from Swedish waters. *Nature*, 224(5216), 247–250. <https://doi.org/10.1038/224247a0>

Jit, S., Dadhwal, M., Kumari, H., Jindal, S., Kaur, J., Lata, P., Niharika, N., Lal, D., Garg, N., Gupta, S. K., Sharma, P., Bala, K., Singh, A., Vijgen, J., Weber, R., & Lal, R. (2011). Evaluation of hexachlorocyclohexane contamination from the last lindane production plant operating in India. *Environmental Science and Pollution Research*, 18(4), 586–597. <https://doi.org/10.1007/s11356-010-0401-4>

Jobling, S., Sumpter, J. P., Sheahan, D., Osborne, J. A., & Matthiessen, P. (1996). Inhibition of testicular growth in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to estrogenic alkylphenolic chemicals. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15(2), 194–202. <https://doi.org/10.1002/etc.5620150218>

Korucu, M. K., Gedik, K., Weber, R., Karademir, A., & Kurt-Karakus, P. B. (2015). Inventory development for perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) in Turkey: Challenges to control chemicals in articles and products. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(19), 14537–14545. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3924-2>

Kudo, S. (2020). *NIP update experience in Japan* [Web presentation]. Web-seminar to support inventory development of SCCPs and PBDEs (COP8 listed) and updating of National Implementation Plans (NIPs) under the Stockholm Convention, online. <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIPs-WS-Online-PRNT-Day1-20201116.English.pdf>

Kuiper, G. G. J. M., Lemmen, J. G., Carlsson, B., Corton, J. C., Safe, S. H., Van der Saag, P. T., Van der Burg, B., & Gustafsson, J.-Å. (1998). Interaction of estrogenic chemicals and phytoestrogens with estrogen receptor β . *Endocrinology*, 139(10), 4252–4263. <https://doi.org/10.1210/endo.139.10.6216>

LAGA. (2018). *Technische Hinweise zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit*. https://www.laga-online.de/documents/240506-endversion-zur-veroeffentlichung-technische-hinweise_1714989724.pdf

LANUV. (2017). *PFC in Boden und Grundwasser. Ergebnisbericht des Workshops am 25.09.2017*. https://doi.org/https://www.lanuk.nrw.de/fileadmin/lanuv/altlast/20171214_Ergebnisbericht_PFC_in_Boden_und_Grundwasser.pdf

Lemieux, P. M., Lutes, C. C., & Santoianni, D. A. (2004). Emissions of organic air toxics from open burning: A comprehensive review. *Progress in Energy and Combustion Science*, 30(1), 1–32. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2003.08.001>

Lerner, S. (2018, Oktober 6). *Nationwide Class Action Lawsuit Targets DuPont, Chemours, 3M, and Other Makers of PFAS Chemicals*. The Intercept. <https://theintercept.com/2018/10/06/dupont-pfas-chemicals-lawsuit/>

Lerner, S. (2020, April 28). *Toxic PFAS Fallout Found Near Incinerator in Upstate New York*. The Intercept. <https://theintercept.com/2020/04/28/toxic-pfas-aff-upstate-new-york/>

- Lichtenstein, E. P., DePew, L. J., Eshbaugh, E. L., & Slesman, J. P. (1960). Persistence of DDT, Aldrin, and Lindane in Some Midwestern Soils. *Journal of Economic Entomology*, 53(1), 136–142.
<https://doi.org/10.1093/jee/53.1.136>
- Lichtenstein, E. P., & Schulz, K. R. (1965). Insecticide persistence and translocation: Residues of Aldrin and Heptachlor in Soils and Their Translocation into Various Crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 13(1), 57–63. <https://doi.org/10.1021/jf60137a018>
- Liu, L., Qu, Y., Huang, J., & Weber, R. (2021). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in Chinese drinking water: Risk assessment and geographical distribution. *Environmental Sciences Europe*, 33(1).
<https://doi.org/10.1186/s12302-020-00425-3>
- Maeder, V., Escher, B. I., Scheringer, M., & Hungerbühler, K. (2004). Toxic Ratio as an Indicator of the Intrinsic Toxicity in the Assessment of Persistent, Bioaccumulative, and Toxic Chemicals. *Environmental Science and Technology*, 38(13), 3659–3666. <https://doi.org/10.1021/es0351591>
- Matsukami, H., Takemori, H., Takasuga, T., Kuramochi, H., & Kajiura, N. (2020). Liquid chromatography–electrospray ionization–tandem mass spectrometry for the determination of short-chain chlorinated paraffins in mixed plastic wastes. *Chemosphere*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125531>
- McGovern, V. (2006). PCBs Are Endocrine Disruptors: Mixture Affects Reproductive Development in Female Mice. *Environmental Health Perspectives*, 114(6), A368–A369. <https://doi.org/10.1289/ehp.114-a368b>
- McKenna, S. T., Birtles, R., Dickens, K., Walker, R. G., Spearpoint, M. J., Stec, A. A., & Hull, T. R. (2018). Flame retardants in UK furniture increase smoke toxicity more than they reduce fire growth rate. *Chemosphere*, 196, 429–439. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.12.017>
- Miller, M. A., Madenjian, C. P., & Masnado, R. G. (1992). Patterns of Organochlorine Contamination in Lake Trout from Wisconsin Waters of the Great Lakes. *Journal of Great Lakes Research*, 18(4), 742–754.
[https://doi.org/10.1016/S0380-1330\(92\)71333-1](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(92)71333-1)
- Millet, M., Wortham, H., Sanusi, A., & Mirabel, P. (1997). Atmospheric contamination by pesticides: Determination in the liquid, gaseous and particulate phases. *Environmental Science and Pollution Research*, 4(3), 172–180. <https://doi.org/10.1007/BF02986327>
- Ministry of the Environment of Japan. (2013). *Summary of the Guideline on the Treatment of Wastes Containing Perfluorooctane Sulfonic Acid (PFOS), and Its Salts in Japan*.
<http://www.env.go.jp/en/focus/docs/files/201304-89.pdf>
- Muir, D. C. G., Norstrom, R. J., & Simon, M. (1988). Organochlorine Contaminants in Arctic Marine Food Chains: Accumulation of Specific Polychlorinated Biphenyls and Chlordane-Related Compounds. *Environmental Science and Technology*, 22(9), 1071–1079. <https://doi.org/10.1021/es00174a012>
- Muir, D. C. G., Savinova, T., Savinov, V., Alexeeva, L., Potelov, V., & Svetochev, V. (2003). Bioaccumulation of PCBs and chlorinated pesticides in seals, fishes and invertebrates from the White Sea, Russia. *Science of the Total Environment*, 306(1–3), 111–131. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00488-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00488-6)
- Muir, D. C. G., Wagemann, R., Hargrave, B. T., Thomas, D. J., Peakall, D. B., & Norstrom, R. J. (1992). Arctic marine ecosystem contamination. *Science of the Total Environment*, 122(1–2), 75–134.
[https://doi.org/10.1016/0048-9697\(92\)90246-O](https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O)
- National Center for Biotechnology Information. (o. J.). *PubChem Compound Summary for CID 11855, Pentachlorobenzene*. Abgerufen 15. November 2021, von
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Pentachlorobenzene>
- OECD. (o. J.). *Substitution and Alternatives Assessment Toolbox*. Abgerufen 15. November 2021, von
<http://www.oecd-saatoolbox.org/>

- OECD. (2013). *Current Landscape of Alternatives Assessment Practice: A Meta-Review* (Series on Risk Management, No. 26). <https://doi.org/10.1787/3aa524bb-en>
- OECD. (2016). *Synthesis Report from the OECD Workshop on Alternatives Assessment and Substitution of Harmful Chemicals* (Series on Risk Management, No. 31).
[https://one.oecd.org/document/ENV/JM/MONO\(2015\)53/en/pdf](https://one.oecd.org/document/ENV/JM/MONO(2015)53/en/pdf)
- OECD. (2019a). *Complementing Document to the Emission Scenario Document on Plastic Additives: Plastic Additives during the Use of End Products* (Series on Emission Scenario Documents, No. 38).
<https://doi.org/10.1787/1f74e9e4-en>
- OECD. (2019b). *Cross Country Analysis: Approaches to Support Alternatives Assessment and Substitution of Chemicals of Concern* (Series on Risk Management, No. 50). <https://doi.org/10.1787/1732d03f-en>
- OECD. (2019c). *Synthesis Report: OECD Workshop on Approaches to Support Substitution and Alternatives Assessment* (Series on Risk Management, No. 51).
[https://one.oecd.org/document/ENV/JM/MONO\(2019\)3/en/pdf](https://one.oecd.org/document/ENV/JM/MONO(2019)3/en/pdf)
- OECD. (2021). *Guidance on Key Considerations for the Identification and Selection of Safer Chemical Alternatives* (Series on Risk Management, No. 60). <https://doi.org/10.1787/a1309425-en>
- Olsen, M. A. (2003). *Analysis of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants*. Oceana Publications.
- Onyshko, J., & Hewlett, R. (2018). *Toxics in Carpets in the European Union*.
https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/knowledge_-_toxics_in_carpets_eu_review_anthesis_final_study.pdf
- OSPAR. (o. J.). *Substances of possible concern*. OSPAR Commission. Abgerufen 15. November 2021, von <https://www.ospar.org/work-areas/hasec/hazardous-substances/possible-concern>
- OSPAR. (2004). *OSPAR List of Chemicals for Priority Action (Update 2004)* (OSPAR 04/23/1-E, Annex 7).
<https://ec.europa.eu/environment/ecolabel/documents/osparlist.pdf>
- OSPAR. (2013). *OSPAR List of Chemicals for Priority Action (Revised 2013)* (Reference number 2004-12).
<http://www.ospar.org/documents?d=32745>
- Paul, A. G., Jones, K. C., & Sweetman, A. J. (2009). A First Global Production, Emission, And Environmental Inventory For Perfluorooctane Sulfonate. *Environmental Science and Technology*, 43(2), 386–392.
<https://doi.org/10.1021/es802216n>
- Pinas, V., Van Dijk, C., & Weber, R. (2020). Inventory and action plan for PFOS and related substances in Suriname as basis for Stockholm Convention implementation. *Emerging Contaminants*, 6, 421–431.
<https://doi.org/10.1016/j.emcon.2020.10.002>
- Potrykus, A., Zettl, E., Milunov, M., Quass, U., & Filzmoser, P. (2017). *Evaluierung von Monitoringdaten zu POPs, POP-Kandidaten und Ersatzstoffen zur Aufklärung von Ursachen, Pfaden und Trends der Umweltbelastung* (UBA Texte 65/2017) [FKZ 3715 65 4230, Abschlussbericht].
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/evaluierung-von-monitoringdaten-zu-pops-pop>
- Reihlen, A., Bunke, D., Gruhlke, A., Groß, R., & Blum, C. (2016). *Leitfaden nachhaltige Chemikalien. Eine Entscheidungshilfe für Stoffhersteller, Formulierer und Endanwender von Chemikalien*. UBA.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitfaden-nachhaltige-chemikalien>
- Ritter, L., Solomon, K. R., Forget, J., Stermeroff, M., & O’Leary, C. (1995). *A Review of the Persistent Organic Pollutants: DDT, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Chlordane, Heptachlor, Hexachlorobenzene, Mirex, Toxaphene, Polychlorinated Biphenyls, Dioxins and Furans* (Prepared for the International Programme on Chemical Safety (IPCS) within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals (IOMC) PCS/95.39). WHO.

- RLG & GIZ. (2020). *RLG India & GIZ India Announce Landmark E-waste Management Project 'E-Safai'*. https://www.giz.de/en/downloads_els/E%20Safai%20Press%20Note.pdf
- Roberts, J. R., de Freitas, A. S. W., & Gidney, M. A. J. (1977). Influence of Lipid Pool Size on Bioaccumulation of the Insecticide Chlordane by Northern Redhorse Suckers (*Moxostoma macrolepidotum*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34(1), 89–97. <https://doi.org/10.1139/f77-010>
- Rorije, E., Verbruggen, E. M. J., Hollander, A., Traas, T. P., & Janssen, M. P. M. (2011). *Identifying potential POP and PBT substances—Development of a new Persistence/Bioaccumulation score* (RIVM Report 601356001/2011). <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601356001.pdf>
- Rosenberg, M. M., & Adler, H. (1950). Comparative toxicity of DDT and chlordan to young chicks. *American Journal of Veterinary Research*, 11(38), 142–144. <https://doi.org/https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19521000381>
- Rosenberg, M. M., & Tanaka, T. (1950). Toxicity of chlordan to growing chickens. *American Journal of Veterinary Research*, 11(39), 233–235. <https://doi.org/https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19521000445>
- Rosenberg, M. M., Tanaka, T., & Adler, H. E. (1950). Toxicity of chlordan to laying pullets. *American Journal of Veterinary Research*, 11(39), 236–239. <https://doi.org/https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19521000446>
- SAICM. (o. J.). *Quick Start Programme Projects*. Strategic Approach to International Chemicals Management. Abgerufen 17. Juli 2020, von <https://www.saicm.org/QuickStartProgramme/Projects/tabid/5470/language/en-US/Default.aspx>
- SAICM. (2015). *Overall orientation and guidance for achieving the 2020 goal of sound management of chemicals* (Policy Document). <https://saicmknowledge.org/sites/default/files/resources/OOG.pdf>
- SAICM. (2019). *Independent Evaluation of the Strategic Approach to International Chemicals Management from 2006—2015* (SAICM/IP.3/INF/3). https://www.saicm.org/Portals/12/documents/meetings/IP3/INF/SAICM_IP3_INF3_Final-IndependentEvaluation.pdf
- Sarkar, A., Nagarajan, R., Chaphadkar, S., Pal, S., & Singbal, S. Y. S. (1997). Contamination of organochlorine pesticides in sediments from the Arabian Sea along the west coast of India. *Water Research*, 31(2), 195–200. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(96\)00210-2](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(96)00210-2)
- Scheringer, M., Stempel, S., Hukari, S., Ng, C. A., Blepp, M., & Hungerbühler, K. (2012). How many persistent organic pollutants should we expect? *Atmospheric Pollution Research*, 3(4), 383–391. <https://doi.org/10.5094/APR.2012.044>
- Shaw, S. D., Blum, A., Weber, R., Kannan, K., Rich, D., Lucas, D., Koshland, C. P., Dobraca, D., Hanson, S., & Birnbaum, L. S. (2010). Halogenated flame retardants: Do the fire safety benefits justify the risks? *Reviews on Environmental Health*, 25(4), 261–305. <https://doi.org/10.1515/REVEH.2010.25.4.261>
- Standley, L. J., & Sweeney, B. W. (1995). Organochlorine Pesticides in Stream Mayflies and Terrestrial Vegetation of Undisturbed Tropical Catchments Exposed to Long-Range Atmospheric Transport. *Journal of the North American Benthological Society*, 14(1), 38–49. <https://doi.org/10.2307/1467723>
- Stec, A. A. (2017). Fire toxicity – The elephant in the room? *Fire Safety Journal*, 91, 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.05.003>
- Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs)*. (2001). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP-CONVTEXT-2023.English.pdf>

Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe. (2001).

https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Gesundheit_Umwelt/stockholmer_uebereinkommen_pop.pdf

Stohlman, E. F., Thorp, W. T., & Smith, M. I. (1950). Toxic action of chlordan. *Archives of Industrial Hygiene and Occupational Medicine*, 1(1), 13–19.

Stone, D. (2004). *Convention on long-range transboundary air pollution, persistent organic pollutants and global issues* [Vortrag David Stone, Director, Northern Science and Contaminants Research Directorate, of Indian and Northern Affairs Canada (Canada)]. <https://studylib.net/doc/5921021/word-presentation>

Tanabe, S., Iwata, H., & Tatsukawa, R. (1994). Global contamination by persistent organochlorines and their ecotoxicological impact on marine mammals. *Science of the Total Environment*, 154(2–3), 163–177. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(94\)90086-8](https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90086-8)

The 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. (1979).

<https://unece.org/sites/default/files/2021-05/1979%20CLRTAP.e.pdf>

The 1998 Aarhus Protocol on Persistent Organic Pollutants (POPs). (1998).

https://unece.org/sites/default/files/2021-10/1998.POPs_e.pdf

The Arctic Council. (o. J.). *Who we are*. Abgerufen 15. November 2021, von <https://arctic-council.org/>

The Government of Suriname. (2019). *National Implementation Plan (NIP) Update for the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs) for Suriname*.

<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-Suriname-COP4.English.pdf>

Treon, J. F., & Cleveland, F. P. (1955). Toxicity of Certain Chlorinated Hydrocarbon Insecticides for Laboratory Animals, with Special Reference to Aldrin and Dieldrin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 3(5), 402–408. <https://doi.org/10.1021/jf60051a002>

UNEP. (o. J.-a). *Goal of the Special Programme*. UN Environment Programme. Abgerufen 17. Juli 2020, von <https://www.unep.org/goal-special-programme>

UNEP. (o. J.-b). *Special Programme Project Database*. UN Environment Programme. Abgerufen 17. Juli 2020, von <https://www.unep.org/topics/chemicals-management/special-programme/special-programme-project-database>

UNEP. (2005a). *Decision POPRC-1/6: Lindane Evaluations and Assessments* (UNEP/POPS/POPRC.1/10, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.1-POPRC-1-6.English.pdf>

UNEP. (2005b). *Decision POPRC-1/7: Perfluorooctane sulfonate* (UNEP/POPS/POPRC.1/10, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.1-POPRC-1-7.English.pdf>

UNEP. (2005c). *Proposal for listing perfluorooctane sulfonate in Annex A of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants* (UNEP/POPS/POPRC.1/9). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.1-9.English.pdf>

UNEP. (2006a). *Decision POPRC-2/9: Alpha hexachlorocyclohexane* (UNEP/POPS/POPRC.2/17, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.2-POPRC-2-9.English.pdf>

UNEP. (2006b). *Decision POPRC-2/10: Beta hexachlorocyclohexane* (UNEP/POPS/POPRC.2/17, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.2-POPRC-2-10.English.pdf>

UNEP. (2006c). *Risk profile on lindane* (UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.4). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.2-17-Add.4.English.pdf>

UNEP. (2007a). *Decision POPRC-3/4: Lindane* (UNEP/POPS/POPRC.3/20, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.3-POPRC-3-4.English.pdf>

- UNEP. (2007b). *Decision POPRC-3/11: Perfluorooctane sulfonyl fluoride* (UNEP/POPS/POPRC.3/20, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.3-POPRC-3-11.English.pdf>
- UNEP. (2007c). *Risk management evaluation on hexabromobiphenyl* (UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.3). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.3-20-Add.3.English.pdf>
- UNEP. (2007d). *Risk profile on alpha hexachlorocyclohexane* (UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.8). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.3-20-Add.8.English.pdf>
- UNEP. (2007e). *Risk profile on beta hexachlorocyclohexane* (UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.9). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.3-20-Add.9.English.pdf>
- UNEP. (2009a). *Decision SC-4/3: Exemptions* (UNEP/POPS/COP.4/38, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.4-SC-4-3.English.pdf>
- UNEP. (2009b). *Decision SC-4/15: Listing of lindane* (UNEP/POPS/COP.4/38, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.4-SC-4-15.English.pdf>
- UNEP. (2009c). *Decision SC-4/17: Listing of perfluorooctane sulfonic acid, its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride* (UNEP/POPS/COP.4/38, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.4-SC-4-17.English.pdf>
- UNEP. (2009d). *Report of the Conference of the Parties of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants on the work of its fourth meeting* (UNEP/POPS/COP.4/38). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.4-38.English.pdf>
- UNEP. (2010a). *Guidance on alternatives to perfluorooctane sulfonate and its derivatives* (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.3). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.6-13-Add.3.English.pdf>
- UNEP. (2010b). *Guidance on alternatives to perfluorooctane sulfonic acid and its derivatives* (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.3/Rev.1). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.6-13-Add.3-Rev.1.English.pdf>
- UNEP. (2010c). *Technical Review of the Implications of Recycling Commercial Pentabromodiphenyl Ether and Commercial Octabromodiphenyl Ether (DRAFT)* (UNEP/POPS/POPRC.6/2/Rev.1). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.6-2-Annex.English.pdf>
- UNEP. (2010d). *Work programmes on new persistent organic pollutants* (UNEP/POPS/POPRC.6/13, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.6-POPRC-6-2.English.pdf>
- UNEP. (2011). *Decision SC-5/3: Listing of technical endosulfan and its related isomers* (UNEP/POPS/COP.5/36, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.5-SC-5-3.English.pdf>
- UNEP. (2012a). *Evaluation of non-chemical alternatives to endosulfan* (UNEP/POPS/POPRC.8/INF/14/Rev.1). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.8-INF-14-Rev.1.English.pdf>
- UNEP. (2012b). *Guidance on POP Pesticides* [Online]. <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-GUID-Pesticides.En.pdf>
- UNEP. (2012c). *Report on the assessment of chemical alternatives to endosulfan* (UNEP/POPS/POPRC.8/INF/28). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.8-INF-28.English.pdf>
- UNEP. (2013). *Decision SC-6/13: Listing of hexabromocyclododecane* (UNEP/POPS/COP.6/33, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.6-SC-6-13.English.pdf>
- UNEP. (2014a). *Draft report on the assessment of alternatives to perfluorooctane sulfonic acid, its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride* (UNEP/POPS/POPRC.10/INF/7). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.10-INF-7.English.pdf>

UNEP. (2014b). *Report on the assessment of alternatives to perfluorooctane sulfonic acid, its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride* (UNEP/POPS/POPRC.10/INF/7/Rev.1).

<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.10-INF-7-Rev.1.English.pdf>

UNEP. (2015a). *Decision SC-7/5: Evaluation of perfluorooctane sulfonic acid, its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride pursuant to paragraphs 5 and 6 of part III of Annex B to the Convention*

(UNEP/POPS/COP.7/36, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.7-SC-7-5.English.pdf>

UNEP. (2015b). *Decision SC-7/13: Listing of pentachlorophenol and its salts and esters* (UNEP/POPS/COP.7/36, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.7-SC-7-13.English.pdf>

UNEP. (2015c). *Decision SC-7/14: Listing of polychlorinated naphthalenes* (UNEP/POPS/COP.7/36, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.7-SC-7-14.English.pdf>

UNEP. (2017a). *Challenges and measures to tackle marine litter plastics and microplastics and their POPs and EDC components* (UNEP/POPS/COP.8/INF/26/Rev.1, Annex VI).

<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.8-INF-26-Rev.1.English.pdf>

UNEP. (2017b). *Decision SC-8/10: Listing of decabromodiphenyl ether (commercial mixture, c-decaBDE)*

(UNEP/POPS/COP.8/32, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.8-SC-8-10.English.pdf>

UNEP. (2017c). *Decision SC-8/11: Listing of short-chain chlorinated paraffins* (UNEP/POPS/COP.8/32, Annex I).

<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.8-SC-8-11.English.pdf>

UNEP. (2017d). *Draft guidance on sampling, screening and analysis of persistent organic pollutants in products and articles*. <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-GUID-SamplingScreeningAnalysis-201703.En.pdf>

UNEP. (2017e). *Guidance for Developing a National Implementation Plan for the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants* (Latest version of the Guidance, Draft January 2017).

<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-GUID-Developing-201701.En.pdf>

UNEP. (2017f). *Report of the Chemical Review Committee on the work of its thirteenth meeting*

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/19). <https://pic.int/Portals/5/download.aspx?d=UNEP-FAO-RC-CRC.13-19.En.pdf>

UNEP. (2018a). *Draft report on the assessment of alternatives to perfluorooctane sulfonic acid (PFOS), its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride (PFOSF)* (UNEP/POPS/POPRC.14/INF/8).

<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.14-INF-8.English.pdf>

UNEP. (2018b). *Draft report on the assessment of alternatives to perfluorooctane sulfonic acid (PFOS), its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride (PFOSF)—Addendum* (UNEP/POPS/POPRC.14/INF/8/Add.1).

<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.14-INF-8-Add.1.English.pdf>

UNEP. (2018c). *Draft risk profile: Perfluorohexane sulfonic acid (CAS No: 355-46-4, PFHxS), its salts and PFHxS-related compounds* (UNEP/POPS/POPRC.14/2). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.14-2.English.pdf>

UNEP. (2019a). *Decision CRC-15/2: Decabromodiphenyl ether* (UNEP/FAO/RC/CRC.15/7 , Annex I).

<https://pic.int/Portals/5/download.aspx?d=UNEP-FAO-RC-CRC.15-CRC-15-2.English.pdf>

UNEP. (2019b). *Decision CRC-15/4: Perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related compounds*

(UNEP/FAO/RC/CRC.15/7 , Annex I). <https://pic.int/Portals/5/download.aspx?d=UNEP-FAO-RC-CRC.15-CRC-15-4.English.pdf>

UNEP. (2019c). *Decision SC-9/1: Exemptions* (UNEP/POPS/COP.9/30, Annex 1).

<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.9-SC-9-1.English.pdf>

UNEP. (2019d). *Decision SC-9/4: Perfluorooctane sulfonic acid, its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride* (UNEP/POPS/COP.9/30, Annex 1). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.9-SC-9-4.English.pdf>

UNEP. (2019e). *Guidance on alternatives to Hexabromocyclododecane (HBCD)* (Draft, January 2019). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.9-GUID-Alternatives-HBCD-Revised-2019.English.pdf>

UNEP. (2019f). *Leaflet Exemptions*. <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-PUB-Leaflet-Exemptions-20190715.English.pdf>

UNEP. (2019g). *Preliminary draft guidance on alternatives to decabromodiphenyl ether (decaBDE)* (UNEP/POPS/COP.9/INF/20). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.9-INF-20.English.pdf>

UNEP. (2019h). *Preliminary draft guidance on preparing inventories of decabromodiphenyl ether* (UNEP/POPS/COP.9/INF/18). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.9-INF-18.English.pdf>

UNEP. (2019i). *Preliminary draft guidance on preparing inventories of short-chain chlorinated paraffins* (UNEP/POPS/COP.9/INF/19). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.9-INF-19.English.pdf>

UNEP. (2019j). *Report of the Conference of the Parties to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants on the work of its ninth meeting* (UNEP/POPS/COP.9/30). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.9-30.English.pdf>

UNEP. (2019k). *Report on the activities of the Basel and Stockholm conventions regional centres. Addendum. Plastic and toxic additives, and the circular economy: The role of the Basel and Stockholm Conventions* (UNEP/CHW.14/INF/29/Add.1; UNEP/POPS/COP.9/INF/28/Add.1). <https://basel.int/Portals/4/download.aspx?d=UNEP-CHW.14-INF-29-Add.1.English.pdf>

UNEP. (2019l). *Technical guidelines. Addendum. General technical guidelines on the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants* (UNEP/CHW.14/7/Add.1/Rev.1). <https://basel.int/Portals/4/download.aspx?d=UNEP-CHW.14-7-Add.1-Rev.1.English.pdf>

UNEP. (2019m). *Technical guidelines on the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with hexabromodiphenyl ether and heptabromodiphenyl ether, or tetrabromodiphenyl ether and pentabromodiphenyl ether (POP-PBDEs)* (UNEP/CHW.14/7/Add.3/Rev.1). <https://basel.int/Portals/4/download.aspx?d=UNEP-CHW.14-7-Add.3-Rev.1.English.pdf>

UNEP. (2021a). *Guidance on best available techniques and best environmental practices relevant to the polybrominated diphenyl ethers listed under the Stockholm Convention* (UNEP/POPS/COP.10/INF/18). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.10-INF-18.English.pdf>

UNEP. (2021b). *Proposal to list chlorinated paraffins with carbon chain lengths in the range C14-17 and chlorination levels at or exceeding 45 per cent chlorine by weight in Annexes A, B and/or C to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants* (UNEP/POPS/POPRC.17/6). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.17-6.English.pdf>

UNEP. (2021c). *Proposal to list long-chain perfluorocarboxylic acids, their salts and related compounds in Annexes A, B and/or C to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants* (UNEP/POPS/POPRC.17/7). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.17-7.English.pdf>

UNEP. (2021d). *Report on the assessment of new POPs for countries to ratify the amendments or to update NIPs* (Secretariat of the Basel, Rotterdam and Stockholm conventions).

<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-Projects-AP-ProjectReport-0.English.pdf>

UNITAR. (2009). *Guidance for Developing SAICM Implementation Plans (2009 Edition)*.

https://cwm.unitar.org/publications/publications/cw/inp/Developing_SAICM_Implementation_Plans_3Nov09_2009_edition_Final.pdf

Vallette, J., Stamm, R., & Lent, T. (2017). *Eliminating Toxics in Carpet: Lessons for the Future of Recycling. An Optimizing Recycling Report by the Healthy Building Network*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14204.03200>

Van den Berg, M., Birnbaum, L. S., Denison, M., De Vito, M., Farland, W., Feeley, M., Fiedler, H., Hakansson, H., Hanberg, A., Haws, L., Rose, M., Safe, S., Schrenk, D., Tohyama, C., Tritscher, A., Tuomisto, J., Tysklind, M., Walker, N., & Peterson, R. E. (2006). The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicological Sciences*, 93(2), 223–241. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfl055>

Van den Berg, M., De Jongh, J., Poiger, H., & Olson, J. R. (1994). The toxicokinetics and metabolism of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) and their relevance for toxicity. *Critical Reviews in Toxicology*, 24(1), 1–74. <https://doi.org/10.3109/10408449409017919>

Van der Oost, R., Beyer, J., & Vermeulen, N. P. E. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13(2), 57–149. [https://doi.org/10.1016/S1382-6689\(02\)00126-6](https://doi.org/10.1016/S1382-6689(02)00126-6)

Van Hezik, C. M., Letcher, R. J., De Geus, H.-J., Wester, P. G., Goksoyr, A., Lewis, W. E., & Boon, J. P. (2001). Indications for the involvement of a CYP3A-like iso-enzyme in the metabolism of chlorobornane (Toxaphene®) congeners in seals from inhibition studies with liver microsomes. *Aquatic Toxicology*, 51(3), 319–333. [https://doi.org/10.1016/S0166-445X\(00\)00116-8](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(00)00116-8)

Vijgen, J., Abhilash, P. C., Li, Y. F., Lal, R., Forter, M., Torres, J., Singh, N., Yunus, M., Tian, C., Schäffer, A., & Weber, R. (2011). Hexachlorocyclohexane (HCH) as new Stockholm Convention POPs—A global perspective on the management of Lindane and its waste isomers. *Environmental Science and Pollution Research*, 18(2), 152–162. <https://doi.org/10.1007/s11356-010-0417-9>

Vijgen, J., Aliyeva, G., & Weber, R. (2013). The Forum of the International HCH and Pesticides Association—A platform for international cooperation. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(4), 2081–2086. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1170-z>

Vijgen, J., De Borst, B., Weber, R., Stobiecki, T., & Forter, M. (2019). HCH and lindane contaminated sites: European and global need for a permanent solution for a long-time neglected issue. *Environmental Pollution*, 248, 696–705. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.029>

Walker, K., Vallero, D. A., & Lewis, R. G. (1999). Factors influencing the distribution of lindane and other hexachlorocyclohexanes in the environment. *Environmental Science and Technology*, 33(24), 4373–4378. <https://doi.org/10.1021/es990647n>

Wania, F. (2003). Assessing the potential of persistent organic chemicals for long-range transport and accumulation in polar regions. *Environmental Science and Technology*, 37(7), 1344–1351. <https://doi.org/10.1021/es026019e>

Web of Science. (o. J.). Abgerufen 15. November 2021, von <http://webofknowledge.com>

Weber, R., Aliyeva, G., & Vijgen, J. (2013). The need for an integrated approach to the global challenge of POPs management. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(4), 1901–1906. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1247-8>

- Weber, R., Castro Scarone, S., Paun, M. C., & Alvarez, J. (2018). *From NIP to Implementation: Lessons Learned Report*. UNEP. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27399/NIP-lessons-learned.pdf>
- Weber, R., Chen, Y., Zhao, N., & Li, J. (2014). POPs in articles and phase-out opportunities—A publication in the frame of the Stockholm Convention. *Organohalogen Compounds*, 76, 616–619. <https://doi.org/https://dioxin20xx.org/wp-content/uploads/pdfs/2014/852.pdf>
- Weber, R., Hollert, H., Kamphues, J., Ballschmiter, K., Blepp, M., & Herold, C. (2015). *Analyse und Trendabschätzung der Belastung der Umwelt und von Lebensmitteln mit ausgewählten POPs und Erweiterung des Datenbestandes der POP-Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder mit dem Ziel pfadbezogener Ursachenaufklärung* (UBA Dokumentationen 114/2015) [FKZ 3712 65 4071, Abschlussbericht]. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/analyse-trendabschaetzung-der-belastung-der-umwelt>
- Weber, R., Schlumpf, M., Nakano, T., & Vijgen, J. (2015). The need for better management and control of POPs stockpiles. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(19), 14385–14390. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5162-7>
- Weber, R., Watson, A., Forter, M., & Oliaei, F. (2011). Persistent organic pollutants and landfills—A review of past experiences and future challenges. *Waste Management and Research*, 29(1), 107–121. <https://doi.org/10.1177/0734242X10390730>
- Wiberg, K., Letcher, R. J., Sandau, C. D., Norstrom, R. J., Tysklind, M., & Bidleman, T. F. (2000). The enantioselective bioaccumulation of chiral chlordane and α -HCH contaminants in the polar bear food chain. *Environmental Science and Technology*, 34(13), 2668–2674. <https://doi.org/10.1021/es990740b>
- Wikipedia. (2021a, Oktober 11). *Perfluorooctanesulfonic acid—Uses*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Perfluorooctanesulfonic_acid&oldid=1049410078#Uses
- Wikipedia. (2021b, Oktober 28). *Polychlorierte Naphthaline—Verwendung*. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Polychlorierte_Naphthaline&oldid=216764300#Verwendung
- Wikipedia. (2021c, November 5). *Polybromierte Diphenylether—Verwendung*. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Polybromierte_Diphenylether&oldid=217007216#Verwendung
- Wikipedia. (2021d, November 6). *Perfluorooctanoic acid—Applications*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Perfluorooctanoic_acid&oldid=1053777314#Applications
- Wikipedia. (2021e, November 14). *Polychlorinated biphenyl—Applications*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Polychlorinated_biphenyl&oldid=1055154931#Applications
- Wilkinson, A. T. S., Finlayson, D. G., & Morley, H. V. (1964). Toxic residues in soil 9 years after treatment with Aldrin and heptachlor. *Science*, 143(3607), 681–682. <https://doi.org/10.1126/science.143.3607.681>
- Willett, K. L., Ulrich, E. M., & Hites, R. A. (1998). Differential toxicity and environmental fates of hexachlorocyclohexane isomers. *Environmental Science and Technology*, 32(15), 2197–2207. <https://doi.org/10.1021/es9708530>
- World Bank. (2017). *Development Project: Reduction and Phaseout of PFOS in Priority Sectors—P152959*. <https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P152959>
- Wurbs, J., Apel, P., Beer, I., Bolland, T., Debiak, M., Dettling, F., Koch-Jugl, J., Rauert, C., Tietjen, L., Walther, M., Wuttke, J., & Stolzenberg, H.-C. (2017). *Häufig gestellte Fragen und Antworten zu Hexabromcyclododecan (HBCD)* (UBA Hintergrundpapier). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/haufig-gestellte-fragen-antworten-zu>
- Wycisk, P., Stollberg, R., Neumann, C., Gossel, W., Weiss, H., & Weber, R. (2013). Integrated methodology for assessing the HCH groundwater pollution at the multi-source contaminated mega-site Bitterfeld/Wolfen. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(4), 1907–1917. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-0963-4>

Xia, D., Vaye, O., Lu, R., & Sun, Y. (2021). Resolving mass fractions and congener group patterns of C8–C17 chlorinated paraffins in commercial products: Associations with source characterization. *Science of the Total Environment*, 769. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144701>

Yamashita, N., Tanabe, S., Ludwig, J. P., Kurita, H., Ludwig, M. E., & Tatsukawa, R. (1993). Embryonic abnormalities and organochlorine contamination in double-crested cormorants (*Phalacrocorax auritus*) and Caspian terns (*Hydroprogne caspia*) from the upper Great Lakes in 1988. *Environmental Pollution*, 79(2), 163–173. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(93\)90066-W](https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90066-W)

Zangl, S., Blepp, M., Marquardt, M., Moch, K., Wirth, O., Homburg, B., & Temme, C. (2012). *Nationale Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu persistenten organischen Schadstoffen (POPs) – PBDE und PFOS in Erzeugnissen und im Recyclingkreislauf* [FKZ 3710 63 415, Abschlussbericht]. UBA. <https://www.oeko.de/oekodoc/1752/2012-444-de.pdf>

Zimmermann, T., Tebert, C., Weber, R., & Herold, C. (2019). *Analyse der novellierten NEC-Richtlinie bezüglich der erweiterten Anforderungen an die Berichterstattung von Schadstoffemissionen in die Luft—Teilbericht zu Verbesserungen des POP-Inventars hinsichtlich PCB-Emissionen aus dem Baubereich* (UBA Texte 01/2019) [FKZ 3717 51 1010, Abschlussbericht]. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/analyse-der-novellierten-nec-richtlinie-bezueglich>

Zotz, F., de Bruijne, E., Fraunhofer, S., & Oexle, A. (2020). *Beiträge zur Weiterentwicklung der EG-Abfallverbringungsverordnung* (UBA Texte 144/2020) [FKZ 3718 33 3100, Abschlussbericht]. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/beitraege-zur-weiterentwicklung-der-eg>

A Anhang 1: Ergänzende Informationen zu den Verwendungsmustern

A.1 Zuordnung der POPs zu den drei Verwendungsgruppen, die in der Stockholm-Konvention genannt werden.

Tabelle 48: Schlagwortzuweisung der Stockholm-Konvention

Substanzen	Abk.	Listung	Gruppe (Schlagwort auf der Webseite der Stockholm-Konvention)
Aldrin	Aldrin	2001	pesticide
Chlordan	Chlordan	2001	pesticide
DDT	DDT	2001	pesticide
Dieldrin	Dieldrin	2001	pesticide
Endrin	Endrin	2001	pesticide
Heptachlor	Heptachlor	2001	pesticide
Hexachlorobenzene (HCB)	HCB	2001	pesticide, unintentional
Mirex	Mirex	2001	pesticide
Toxaphene	Toxaphene	2001	pesticide
Decabromodiphenyl ether (commercial mixture), c-decaBDE	decaBDE	2017	industrial chemical
Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD)	PCDD	2001	unintentional
Polychlorinated dibenzofurans (PCDF)	PCDF	2001	unintentional
Hexabromobiphenyl	HBB	2009	industrial chemical
Hexabromocyclododecane (HBCDD)	HBCDD	2013	industrial chemical
Hexachlorobutadien (HCBD)	HCBD	2015	industrial chemical, unintentional production
Lindan	Lindan	2009	pesticide
Alpha- and beta-hexachlorocyclohexane	α -HCH/ β -HCH	2009	pesticide
Chlordecone	Chlordecone	2009	pesticide

Substanzen	Abk.	Listung	Gruppe (Schlagwort auf der Webseite der Stockholm-Konvention)
Hexabromodiphenyl ether and heptabromodiphenyl ether	octaBDE	2009	industrial chemical
Polychlorinated biphenyls (PCB)	PCB	2001	industrial chemical, unintentional production
Technical endosulfan and its related isomers	Endosulfan	2011	pesticide
Polychlorinated naphthalenes	PCN	2015	industrial chemical, unintentional production
Pentachlorophenol and its salts and esters	PCP	2015	pesticide
Tetrabromodiphenyl ether and pentabromodiphenyl ether	pentaBDE	2009	industrial chemical
Pentachlorobenzene	PentaCB	2009	industrial chemical, pesticide, unintentional production
PFOA	PFOA	2019	industrial chemical, pesticide
Perfluorooctane sulfonic acid, its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride (PFOS)	PFOS	2009	industrial chemical
Short chain chlorinated paraffins (SCCPs)	SCCPs	2017	industrial chemical
Dicofol	Dicofol	2019	Pesticide

Quelle: (BRS Sekretariat, o. J.-i)

A.2 Verwendungen der POPs: Listung und Analyse anhand von Kategorien

Tabelle 49: Analyse und Listung der Verwendungen der POPs im Schema der Anwendungsgebiete und -funktionen sowie Zuordnung zu den gefunden Verwendungsmustern (VWM) – ausführlich

Abk.	Anwendungsprodukt	Anwendungsmaterial	Funktion	VWM 1	VWM 2	VWM 3	VWM 4	VWM 5	Andere	Quelle
decaBDE	Planen im Transportsektor / Vorhänge / Zelte / Polstermöbel	Textil	FSM (BFR)			a				(UNEP, 2019g)
decaBDE	Gehäuseteile von EEE / Kabel	Plastik	FSM (BFR)	x						(UNEP, 2019g)
decaBDE	Autos und Flugzeuge	Plastik (PA)	FSM (BFR)	x						(UNEP, 2019g)
decaBDE	Gebäudeisolierung	Plastik (PU)	FSM (BFR)	x						(UNEP, 2019g)
HBB (FireMaster)	Lack	unspezifisch	FSM (BFR)			a				(UNEP, 2007c)
HBB (FireMaster)	Gehäuseteile für Werkzeuge, Motoren, Radios und Fernseher	Plastik (ABS)	FSM (BFR)	x						(UNEP, 2007c)
HBB (FireMaster)	Auto Innenausstattung (Polster)	Plastik (PU)	FSM (BFR)	x						(UNEP, 2007c)
HBCDD	Rückseitenbeschichtung (Vorhänge, Möbelstoffbezüge)	Textil	FSM (BFR)			a				(Wurbs et al., 2017)
HBCDD	Gehäuse	Plastik	FSM (BFR)	x						(Wurbs et al., 2017)
HBCDD	Gebäude(-isolierung)	Plastik (EPS & XPS)	FSM (BFR)	x						(Wurbs et al., 2017)

Abk.	Anwendungsprodukt	Anwendungsmaterial	Funktion	VWM 1	VWM 2	VWM 3	VWM 4	VWM 5	Andere	Quelle
HBCDD	Verpackungen (z.B. von weit transportierter Elektronik)	Plastik (EPS)	FSM (BFR)	x						(Wurbs et al., 2017)
HCBD	für F-haltige Schmiermittel	x	Edukt/ Zwischenprodukt					x		(Hillenbrand et al., 2007)
HCBD	für Gummi	x	Edukt/ Zwischenprodukt					x		(Hillenbrand et al., 2007)
HCBD	für Aluminium und Graphitstangen	x	Edukt/ Zwischenprodukt					x		(Hillenbrand et al., 2007)
HCBD		Plastik (Elastomer)	Lösungsmittel		x					(Hillenbrand et al., 2007)
HCBD	Transformatoren	Hydrauliköl	Schmierstoff, Kühleffekt, Hydraulik				x			(Hillenbrand et al., 2007)
HCBD	für Gasverunreinigung	x	Adsorptionsmittel						x	(Hillenbrand et al., 2007)
octaBDE	Spritzgussanwendungen (Thermoplasten)	Plastik (HIPS)	FSM (BFR)	x						(Wikipedia, 2021c)
PCBs	Holzbodenveredelung, Fabulon and other products of Halowax in the U.S.	Chemikalie	Edukt/ Zwischenprodukt					x		(Wikipedia, 2021e)
PCBs	de-dusting agents, waterproofing compounds, casting agents.	Chemikalie	Edukt/ Zwischenprodukt					x		(Wikipedia, 2021e)
PCBs	x	Insektizid	Träger						x	(Glüge et al., 2017)
PCBs	Transformatoren, Kondensatoren	Hydrauliköl	Schmierstoff				x			(Glüge et al., 2017)
PCBs	Transformatoren	Isolieröl	Thermische Stabilität				x			(Glüge et al., 2017)
PCBs	Kondensatoren	Isolieröl	Thermische Stabilität				x			(Glüge et al., 2017)

Abk.	Anwendungsprodukt	Anwendungsmaterial	Funktion	VWM 1	VWM 2	VWM 3	VWM 4	VWM 5	Andere	Quelle
PCBs	Beschichtung von Wassertanks, im Bau, auch Brücken, u.a. Stahl	Teer	Korrosionsschutz, Weichmacher, FSM			c				(Glüge et al., 2017) (Wikipedia, 2021e)
PCBs	coatings of electrical cables and electronic components	Plastik (flexibles PVC)	Weichmacher, FSM		x					(Glüge et al., 2017)
PCBs	Fugen	Dichtungsmaterial	Weichmacher, FSM		x					(Glüge et al., 2017)
PCBs		Klebstoff	Weichmacher, FSM		x					(Wikipedia, 2021e)
PCBs	Durchschlagpapier ohne Kohle	Papier				d				(Wikipedia, 2021e)
PCN		Dichtungsmaterial	Weichmacher, FSM		x					(Wikipedia, 2021b)
PCN		Plastik (Kunstharz)	Weichmacher, FSM		x					(Wikipedia, 2021b)
pentaBDE	Gehäuse	Plastik (PU Hartschaum)	FSM (BFR)	x						(Wikipedia, 2021c)
pentaBDE	Möbel, Teppichunterlagen	Plastik (PU Weichschaum)	FSM (BFR)	x						(Wikipedia, 2021c)
pentaBDE	Auto Innenausstattung (Polster)	Plastik (PU weichschaum)	FSM (BFR)	x						(Wikipedia, 2021c)
PentaCB	Pestizid (Fungizid)	x	Edukt/ Zwischenprodukt					x		(National Center for Biotechnology Information, o. J.)
PentaCB	EEE	PCBs	FSM (vermutl.)						x	(National Center for Biotechnology Information, o. J.)

Abk.	Anwendungsprodukt	Anwendungsmaterial	Funktion	VWM 1	VWM 2	VWM 3	VWM 4	VWM 5	Andere	Quelle
PentaCB	x	PCBs (employed for heat transfer)	Viskositätsverändernd						x	(National Center for Biotechnology Information, o. J.)
PentaCB	Farben	unspezifisch	Träger			d				(National Center for Biotechnology Information, o. J.)
PentaCB	unspezifisch	unspezifisch	FSM (chloriert)						x	
PFHxS	Halbleiterindustrie	PTFE (Ersatz für PFOA)	Edukt/ Zwischenprodukt					x		(UNEP, 2018c)
PFHxS	Stoffe, Leder, Polstermöbel	Textil	Imprägnierung / schmutz-, wasser- und ölabweisend			b				(UNEP, 2018c)
PFHxS	Beschichtung	unspezifisch	Imprägnierung / schmutz-, wasser- und ölabweisend			b				(UNEP, 2018c)
PFHxS	Wachse, Putzmittel	unspezifisch	Imprägnierung / schmutz-, wasser- und ölabweisend			b				(UNEP, 2018c)
PFHxS	Metallverarbeitung	Metall	Korrosionsschutz, Nebelgasminderer			c				(UNEP, 2018c)
PFHxS	Löschschaum	AFFFs (aqueous film forming foam)	Tensid (filmbildend)						x	(UNEP, 2018c)
PFOA		Dichtungsmaterial (PTFE-basiert)	Prozesshilfsmittel					x		(Wikipedia, 2021d)
PFOA	Wachs, Putzmittel	Innenraumboden, Papier	Imprägnierung / schmutz-, wasser- und ölabweisend			b				(Wikipedia, 2021d)

Abk.	Anwendungsprodukt	Anwendungsmaterial	Funktion	VWM 1	VWM 2	VWM 3	VWM 4	VWM 5	Andere	Quelle
PFOA	Fotos	Papier	Imprägnierung / schmutz-, wasser- und ölabweisend			b				(UNEP, 2019f) (Wikipedia, 2021d)
PFOA	Schutz- & Outdoorkleidung, Teppiche, Leder	Textil	Imprägnierung / schmutz-, wasser- und ölabweisend			b				(UNEP, 2019f) (Wikipedia, 2021d)
PFOA		Quarzglas	Ätzchemikalie						x	(Wikipedia, 2021d)
PFOA	Medizinprodukte (medizinisches Textil)	Vliesstoff	Imprägnierung / schmutz-, wasser- und ölabweisend			x				(UNEP, 2019f) (Wikipedia, 2021d) (GreenFacts, o. J.)
PFOA	Löschschaum	AFFFs (aqueous film forming foam)	Tensid (filmbildend)						x	(UNEP, 2019f) (Wikipedia, 2021d)
PFOA	Various products	Plastik (PTFE, PVDF)	Imprägnierung / schmutz-, wasser- und ölabweisend							(UNEP, 2019f) (Wikipedia, 2021d)
PFOS	Wachse, Putzmittel, Farben	Metall	Imprägnierung / schmutz-, wasser- und ölabweisend			b				(Wikipedia, 2021a)
PFOS	Metallverarbeitung	Hydrauliköl	Imprägnierung / schmutz-, wasser- und ölabweisend				x			(UNEP, 2019f) (Wikipedia, 2021a)
PFOS	Flugverkehr	Hydrauliköl	Imprägnierung / schmutz-, wasser- und ölabweisend				x			(Wikipedia, 2021a)
PFOS	Teppich, Möbel	Textil	Imprägnierung / schmutz-, wasser- und ölabweisend			b				(Wikipedia, 2021a)
PFOS	Teppiche und Textilien	Textil, Papier, Leder	Imprägnierung / schmutz-, wasser- und ölabweisend			b				(Wikipedia, 2021a)

Abk.	Anwendungsprodukt	Anwendungsmaterial	Funktion	VWM 1	VWM 2	VWM 3	VWM 4	VWM 5	Andere	Quelle
PFOS	Löschschaum	AFFFs (aqueous film forming foam)	Tensid (filmbildend)						x	(UNEP, 2019f) (Wikipedia, 2021a)
SCCPs	Wasserdichte (militär-)Zelte	Textil	FSM + Imprägnierung			a				(UNEP, 2019h)
SCCPs	unspezifisch	Leder	Imprägnierung / schmutz-, wasser- und ölabweisend			b				(UNEP, 2019h)
SCCPs	Motorenöl	Metallbearbeitungsöl	Schmierstoff, Kühleffekt				x			(UNEP, 2019h)
SCCPs	unspezifisch	Dichtungsmaterial	Weichmacher (+ FSM)		x					(UNEP, 2019h)
SCCPs	unspezifisch	Plastik (flexibles PVC)	Weichmacher (sekundär)		x					(UNEP, 2019h)
SCCPs	Wasserfeste Oberflächen Outdoor	Beschichtung (auf Polymerbasis, Farben)	Weichmacher, FSM		x					(UNEP, 2019h)
SCCPs	Transport- und Antriebbänder	Gummi	Weichmacher, FSM		x					(UNEP, 2019h)
SCCPs	unspezifisch	Klebstoff	Weichmacher, FSM		x					(UNEP, 2019h)

Metallbearbeitungsöl enthält Schmierstoff; FSM = Flammschutzmittel

Quellen:

Glüge, J., Steinlin, C., Schalles, S., Wegmann, L., Tremp, J., Breivik, K., Hungerbühler, K., & Bogdal, C. (2017). Import, use, and emissions of PCBs in Switzerland from 1930 to 2100. *PLoS ONE*, 12(10).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183768>

GreenFacts. (o. J.). *Perfluorooctanoic acid (PFOA): 1. What is PFOA and what is it used for?* Abgerufen 15. November 2021, von <https://www.greenfacts.org/en/pfoa-cookware-waterproofing/l-2/index.htm>

Hillenbrand, T., Marscheider-Weidemann, F., Strauch, M., Heitmann, K., & Schaffrin, D. (2007). *Emissionsminderung für prioritäre und prioritäre gefährliche Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie* (UBA Texte 27/2007) [FKZ 203 21 280, Abschlussbericht]. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/emissionsminderung-fuer-prioritaere-prioritaere>

National Center for Biotechnology Information. (o. J.). *PubChem Compound Summary for CID 11855, Pentachlorobenzene*. Abgerufen 15. November 2021, von <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Pentachlorobenzene>

- UNEP. (2007c). *Risk management evaluation on hexabromobiphenyl* (UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.3). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.3-20-Add.3.English.pdf>
- UNEP. (2018c). *Draft risk profile: Perfluorohexane sulfonic acid (CAS No: 355-46-4, PFHxS), its salts and PFHxS-related compounds* (UNEP/POPS/POPRC.14/2).
<https://pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC14/Overview/tabid/7398/ctl/Download/mid/20101/Default.aspx?id=29&ObjID=25254>
- UNEP. (2019f). *Leaflet Exemptions*. <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-PUB-Leaflet-Exemptions-20190715.English.pdf>
- UNEP. (2019g). *Preliminary draft guidance on alternatives to decabromodiphenyl ether (decaBDE)* (UNEP/POPS/COP.9/INF/20).
<https://pops.int/TheConvention/ConferenceoftheParties/Meetings/COP9/tabid/7521/ctl/Download/mid/20311/Default.aspx?id=37&ObjID=26558>
- UNEP. (2019h). *Preliminary draft guidance on alternatives to short-chain chlorinated paraffins (SCCPs)* (UNEP/POPS/COP.9/INF/21).
<https://pops.int/TheConvention/ConferenceoftheParties/Meetings/COP9/tabid/7521/ctl/Download/mid/20311/Default.aspx?id=39&ObjID=26560>
- Wikipedia. (2021a). *Perfluorooctanesulfonic acid—Uses*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Perfluorooctanesulfonic_acid&oldid=1049410078#Uses
- Wikipedia. (2021b). *Polychlorierte Naphthaline—Verwendung*. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Polychlorierte_Naphthaline&oldid=216764300#Verwendung
- Wikipedia. (2021c). *Polybromierte Diphenylether—Verwendung*. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Polybromierte_Diphenylether&oldid=217007216#Verwendung
- Wikipedia. (2021d). *Perfluorooctanoic acid—Applications*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Perfluorooctanoic_acid&oldid=1053777314#Applications
- Wikipedia. (2021e). *Polychlorinated biphenyl—Applications*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Polychlorinated_biphenyl&oldid=1055154931#Applications
- Wurbs, J., Apel, P., Beer, I., Bolland, T., Debiak, M., Dettling, F., Koch-Jugl, J., Rauert, C., Tietjen, L., Walther, M., Wuttke, J., & Stolzenberg, H.-C. (2017). *Häufig gestellte Fragen und Antworten zu Hexabromcyclododecan (HBCD)* (UBA Hintergrundpapier). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/haufig-gestellte-fragen-antworten-zu>
- Analyse der Anwendungen und Datengrundlage für das Kapitel 4.4.1.2

Tabelle 50: Zahl der verschiedenen Einträge in den Kategorien, die den Verwendungsmustern der POPs zugeordnet werden können.

VWM	Substanzen	Technical function (TF)	Chemical products (PC)	Article categories (AC)	PC + AC	Sector of use (SU)	Produkt	Material	Funktion	Anwendungen
VWM 1	5	1	1	2	6	2	8	1	1	12
VWM 2	4	5	2	2	9	6	3	5	3	11
VWM 3	8	18	4	8	26	3	16	9	8	20
VWM 4	4	9	2	0	13	5	4	1	3	5
VWM 5	4	2	3	2	6	3	7	1	1	8

Quelle: basierend auf den entsprechenden Tabellen unter 4.4.1.1 sowie Tabelle 51.

Tabelle 51: Auflistung der verschiedenen Produkte und Materialien, in bzw. für die POPs eingesetzt werden können, und der zugehörigen ECHA Use Descriptor-Kategorien PC, AC, TH & SU

Kategorie	Einträge	Anzahl
Produkte/ Prozesse (aus Tabelle 49)	Auto außen Auto Innenausstattung (Polster) Construction Durchschlagpapier ohne Kohle EEE Flugverkehr Fotos Gasverunreinigung Gebäudeisolierung Gehäuseteile von EEE / Kabel Halbleiterindustrie Löschschaum Medizinprodukt Metallverarbeitung Motorenöl Pestizid (Fungizid) Rückseitenbeschichtung (Vorhänge, Möbelstoffbezüge) Schutz- & Outdoorkleidung, Teppiche, Leder Spritzgussanwendungen (Thermoplasten) Stoffe, Planen Teppiche, Polstermöbel und Möbel Transformatoren, Kondensatoren Transport- und Antriebbänder unspezifisch Verpackungen (z.B. von weit transportierter Elektronik) Wasserdichte (militär-)Zelte Wasserfeste Oberflächen Outdoor	27

Kategorie	Einträge	Anzahl
Materialien (aus Tabelle 49)	AFFFs Beschichtung Chemikalien Dichtungsmaterial Gummi Hydraulik-/Isolier-/Maschinenöl Innenraumboden Klebstoff Leder Metall Papier PCBs Plastik Quarzglas Teer Textil Unspezifisch Vliesstoffe	18
Funktionen	Adsorptionsmittel Ätzchemikalie Edukt/Zwischenprodukt Flammschutzmittel Imprägnierung/Schmutz-, Öl-, und wasserabweisend Korrosionsschutz Nebelgasminderung Lösungsmittel Schmiereffekt Kühleffekt Hydraulik Tensid Trägersubstanz Viskositätsverändernd Weichmacher Eine unspezifische	16
Anwendungen (aus Tabelle 49)	Zeilen in Tabelle 49	60
Chemical Products	PC 1: Adhesives, sealants PC 9a: Coatings, paints, thinners, paint removers PC 15: Non-metal-surface treatment products PC 17: Hydraulic fluids PC 23: Leather treatment products PC 24: Lubricants, greases, release products PC 32: Polymer preparations and compounds PC 34: Textile dyes and impregnating products	8
Article categories	AC 2: Machinery, medical appliances, EEE AC 5: Fabrics, textiles and apparel (5a, b, c, e, g, h) AC 6: Leather articles (6a, e, g) AC 7e: Metal articles: furniture & furnishings AC 8: Paper articles (8e, g) AC 10: Rubber articles AC 11a: Wood articles: Large surface articles (e.g. flooring) AC 13 plastic articles incl. foam materials,	8

Kategorie	Einträge	Anzahl
Technical Function	Adhesion promotor Adsorbent Andere Sektoren, in denen Motoren eingesetzt werden Antiadhesive Anticondensation agent Antifreeze agent Antifreezing agent Antiredeposition Antiscaling agent Corrosion inhibitor Corrosion inhibitor Dusting agent Dye Educt Etching agent Filler Film former Finishing agents flame retardant Flow promotor Fuel additive Heat transferring agent Hydraulic (functional) fluids Lubricating agent Monomers Plasticiser Plating agent Pressure transfer agent Reactive cleaning / removal agent Refrigerants/ Coolants Resins (pre polymers) Solvent Surface modifier Viscosity modifier Waterproofing agent	33
Sectors of use (SU)	SU 5: Manufacture of textile, leather and fur SU 8: Manufacture of bulk, large scale chemicals SU 9: Manufacture of fine chemicals SU 11: Manufacture of rubber products SU 12: Manufacture of plastic products SU 14: Manufacture of basic metals, including alloys SU 15: Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment SU 16: Manufacture of EEE SU 17: General manufacture SU 18: Manufacture of furniture SU 19: Building and construction work Other SU: Mobility	12

A.3 Erklärungen für die Zuordnung der Verwendungsmuster zu den Aktivitäten von SAICM (Tabelle 47 in Kapitel 4.6.1)

Dieser Anhang zeigt die Grundlage der Ziffern- und Farbcodierung der einzelnen Zellen in Tabelle 47. Hierzu wird die Tabelle zunächst gezeigt und ergänzt um eine zusätzliche Spalte mit Erläuterungen.

Tabelle 52: Gegenüberstellung der SAICM- und UN-Aktivitäten und den Verwendungsmustern (VWM) der POPs mit Identifizierung von inhaltlichen Bezügen. Die Erläuterungen werden in der letzten Spalte gegeben.

SAICM- und UN-Aktivitäten auf internationaler Ebene	POPs Verwendungsmuster 1-5					Pestizide	Kein Bezug zu POPs	Erläuterung für die Ziffern- und Farbcodierung
	1	2	3	4	5			
Dokument: Overall Orientation and Guidance mit den <i>Eleven Basic Elements</i> & <i>Six Core Activity Areas</i>							[3]	Die elf Basic Elements sowie die sechs Core Activity Areas adressieren jeweils Entscheidungsträger*innen. Sie stellen den Managementansatz des SAICM Ansatzes dar und geben generelle Empfehlungen zur (legislativen) Umsetzung der SAICM Ziele, z.B. durch Stakeholder-Dialoge, das Etablieren von Monitoring und Reporting etc. Es werden keine Stoffe, d.h. auch keine POPs im Speziellen adressiert, daher „kein Bezug“. Es ist jedoch zu erwarten, dass ein gutes Management von Chemikalien zur Erreichung der Ziele von SAICM auch Verbesserungen für das Management von POPs bedeutet.

SAICM- und UN-Aktivitäten auf internationaler Ebene		POPs Verwendungsmuster 1-5					Pestizide	Kein Bezug zu POPs	Erläuterung für die Ziffern- und Farbcodierung
		1	2	3	4	5			
Emerging Policy Issues (EPI)	Lead in paint;							[3]	<i>Lead in paint</i> bezieht sich auf Blei, also einen anorganischen Schadstoff, d.h. Blei kann niemals ein POP im Sinne der Definition als organischer Schadstoff sein, daher „kein Bezug“.
	Chemicals in products (Toys, Electronics, building material, textiles);	[1]	[1]	[1]	a)	[1]			SAICM bezieht sich mit Chemikalien in Produkten auf Spielzeug, Elektronik, Gebäudematerialien und Textilien. In konkreten Produkten dieser Sektoren sind die in VWM 1 und 2 genannten Polymere enthalten, die auch die POP-Additive oder die noch nicht gelistete aber POP-Eigenschaften besitzende Stoffe umfassen. Gleiches gilt für Textil-Oberflächen, aber auch im Bau, wo Oberflächenbehandlungsmittel aus VWM 3 zum Einsatz kommen könnten. Ein Beispiel für ein POP im VWM 5 mit Bezug zu diesem EPI ist PFOA, dass in Spuren in Fluorpolymeren (PTFE, z.B. Fluoracrylaten Teflon®) für Kabelisolierung, Membranen, Küchengeräte, Verrohrungen, Dichtungen, Kanalisierungen, etc.
	Hazardous substance within the life cycle of EEE;	[1]	[1]	[1]	[2]	[1]			Die technischen Kunststoffe von VWM 1 werden insbesondere in EEE verwendet, auch flexible Kunststoffe mit möglichen POP-Additiven können als Kabelummantelung verwendet werden (VWM 2). Oberflächen, z.B. von Gehäusekunststoffen für Elektrogroßgeräte, werden möglicherweise mit POP-Additiven beinhaltenen Oberflächenbehandlungsmitteln bearbeitet (VWM 3) und fluorierte Polymere (VWM 5) spielen ebenfalls im EEE-Sektor eine Rolle. Motoren inkl. Motorenölen (VWM 4) können EEE sein, müssen es aber nicht, daher hier nur als „möglicherweise übereinstimmend“ markiert.

SAICM- und UN-Aktivitäten auf internationaler Ebene		POPs Verwendungsmuster 1-5					Pestizide	Kein Bezug zu POPs	Erläuterung für die Ziffern- und Farbcodierung
		1	2	3	4	5			
Emerging Policy Issues (EPI)	Nanotechnology and manufactured nanomaterials;							[3]	Bisher nicht Gegenstand der Analyse; keine offensichtlichen Bezüge.
	EDCs;	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]		Übereinstimmungen der Verwendungsmuster mit dem EPI "EDCs" sind nicht ausgeschlossen, waren aber bisher nicht Gegenstand der Analyse bzw. tauchten in ihr nicht auf. Dass Substanzen mit POP-Eigenschaften nicht auch gleichzeitig schädigend das Hormonsystem beeinflussen könnten, ist jedoch keinesfalls ausgeschlossen.
	Environmentally persistent pharmaceutical pollutants (EPPP);							[3]	In keiner der recherchierten Anwendungen von POPs spielten Pharmazeutika eine Rolle. Aufgrund der toxischen Eigenschaft der POPs (PBT-Eigenschaften per Definition), wird vermutlich niemals ein POP gleichzeitig ein EPPP sein.
	Perfluorinated chemicals and the transition to safer alternatives;			[1]	[1]	[1]	[2]		
	Highly hazardous pesticides						[1]		
Projekt: Chemicals without Concern (addresses the EPIs lead in paints and chemicals in products and related topics)		[1]	[1]	[1]	a)	[1]			Siehe Begründung für das EPI "Chemicals in Products". Dieser Teil des Projekts Chemicals without Concern hat einen Bezug zu den Verwendungsmustern, Blei in Farben mit o.g. Begründung hat keinen Bezug.
SAICM Quick Start Förderprogramm & UNEP Special Programme ^{b)}		[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]		Wenn die Förderprogramme und Aktivitäten der IOMC an konkrete EPIs geknüpft werden, würde SAICM auch hier Fortschritten in der Vermeidung von POP-Emissionen beitragen, es ist jedoch an den Titeln der Förderprogramme nicht ablesbar, in welchem Ausmaß sie sich auf welches der EPIs beziehen (siehe obige Auswertung), daher „möglicherweise Übereinstimmungen“ der VWM der POPs mit den Aktivitäten
IOMC (Inter-Organisation Programme for the Sound Management of Chemicals)		[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]		

^{a)} Es ist nicht davon auszugehen, dass “Produkte” im gemeinten Sinn Maschinen enthält, für die das VWM 4 Maschinenöl-Zusätze eine Rolle spielen würde.

^{b)} *The Special Programme, also known as the Chemicals and Waste Management Programme, provides support to developing countries and countries with economies in transition to enhance their sustainable institutional capacity to develop, adopt, monitor and enforce policy, legislation and regulation for effective frameworks for the implementation of the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions, the Minamata Convention and SAICM.* (UNEP, o. J.-a)

Erläuterung: Eine Erklärung, wie es zur Zuordnung der kombinierten Ziffern- und Farbcodierung zu den Zellen kam, findet sich in Anhang A.2.. Der Code stellt die Übereinstimmung der Materialien und Produkten/Prozessen in den Verwendungsmustern der POPs mit den von den Aktivitäten angesprochenen Materialien und Produkten/Prozessen dar. [1] Dunkles Blau = starke Übereinstimmung; [2] helles Blau = möglicherweise Übereinstimmung; [3] Rot = kein Zusammenhang.

B Suchbegriffe und ergänzende Angaben zu den Stoffbeschreibungen

B.1 Kombinierte Suchbegriffe für die systematische Suche im Web of Science

Tabelle 53: Beschreibung der Sucheingaben pro Substanz

Kurzer Stoffname	Suchterminus
Aldrin	"Aldrin" OR "Isodrin" OR "Aldrosol" OR "Kortofin" OR "octalene"
Chlordane	"Chlordane" OR "Chlordan" OR "gamma Chlordane" OR "gamma-Chlordane" OR "Octachlor" OR "Chlorindan" OR "Octachloro-4,7-methanohydroindane"
DDT	"Dichlorodiphenyltrichloroethane" OR "DDT" OR "1,1,1-trichloro-2,2-bis(4-chlorophenyl)ethane" OR "DDT technical" OR "DDT-technical"
Dieldrin	"Dieldrin" OR "Dieldrine" OR "Alvit 55" OR "Alvit-55" OR "Alvit55" OR "HEOD"
Endrin	"Endrin" OR "Hexadrin" OR "Mendrin" OR "Endrex" OR "Endricol"
Heptachlor	"Heptachlor" OR "Heptachlorane" OR "Heptamul" OR "3-Chlorochlordene" OR "1,4,5,6,7,8,8-heptachloro-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methanoindene"
Hexachlorobenzene (HCB)	"Hexachlorobenzene" OR "Perchlorobenzene" OR "Benzene hexachloride" ⁶¹ OR "1,2,3,4,5,6-Hexachlorobenzene"
Mirex	"Mirex" OR "Dechlorane" OR "Perchloropentacyclodecane" OR "Paramex"
Toxaphene	"Toxaphene" OR "Camphechlor" OR "Chlorocamphene" OR "Octachlorocamphene" OR "Polychlorocamphene" OR "Chlorinated camphene"
Polychlorinated biphenyls (PCB)	"Polychlorinated biphenyls" OR "PCB" OR "PCBs"
Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD)	"Polychlorinated dibenzo-p-dioxins" OR "PCDD" OR "PCDDs"
Polychlorinated dibenzofurans (PCDF)	"Polychlorinated dibenzofurans" OR "PCDF" OR "PCDFs" OR "TCDF" OR "TCDFs" OR "Tetrachloro dibenzo furans"
Alpha hexachlorocyclohexane	alpha-hexachlorocyclohexane OR alpha-HCH OR „1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane, alpha isomer“ OR „(1alpha,2alpha,3beta,4alpha,5beta,6beta)-1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane“ OR alpha-1,2,3,4,5,6-Hexachlorocyclohexane OR „alpha-benzene hexachloride“ OR alpha-BHC OR alpha-lindane OR benzene-trans-hexachloride OR Hexachlorocyclohexane-alpha

⁶¹ Tatsächlich wurde der Name „benzene hexachloride“ in der älteren Literatur fast ausschließlich als Bezeichnung für Hexachlorcyclohexan verwendet, nicht für Hexachlorbenzol (CAS-Nr. 118-74-1). Dieser Fehler wurde erst unmittelbar vor Publikation des Berichts bemerkt und konnte nicht vollständig behoben werden. Direkte Verweise auf Publikationen zu „benzene hexachloride“ in den Abschnitten zu Hexachlorbenzol wurden herausgenommen.

Kurzer Stoffname	Suchterminus
Beta hexachlorocyclohexane	beta-hexachlorocyclohexane OR beta-HCH OR beta-1,2,3,4,5,6-Hexachlorocyclohexane OR beta-Benzenehexachloride OR beta-BHC OR benzene-cis-hexachloride OR beta-Hexachlorocyclohexane OR beta-hexachlorocyclohexane OR beta-lindane OR Hexachlorocyclohexane-beta OR trans-alpha-benzenehexachloride OR beta-benzenehexachloride
Chlordecone	“Chlordecone” OR “Kepone” OR “Decachloroketone” OR “Decachlorooctahydro-1,3,4-metheno-2H,5H-cyclobuta-[cd]-pentalen-2-one” OR “Merex” OR “Curlone”
Decabromodiphenyl ether (commercial mixture), c-decaBDE	“Decabromodiphenyl ether” OR “Decabromo diphenyl ether” OR “Benzene, 1,1'-oxybis[2,3,4,5,6-pentabromo-]” OR “2,3,4,5,6-Pentabromo-1-(2,3,4,5,6-pentabromophenoxy)benzene” OR “Bis(pentabromophenyl) ether” OR “decabromodiphenyl ether”, “decabromo diphenyl” OR “decabromodiphenyl oxide” OR “bis(pentabromophenyl) oxide” OR “decabromo biphenyl oxide” OR “decabromo phenoxybenzene” OR “benzene 1,1' oxybis-, decabromo derivative” OR “decaBDE”
Hexabromobiphenyl	“Hexabromobiphenyl” OR “hexabromo-1,1'-biphenyl” OR “FireMaster BP-6” OR “FireMaster FF-1”
Hexabromocyclododecane (HBCDD)	Hexabromocyclododecane OR HBCD
Hexabromodiphenyl ether and heptabromodiphenyl ether	“hexabromo diphenyl” OR hexabromodiphenyl OR hexaBDE OR “heptabromo diphenyl” OR heptabromodiphenyl OR heptaBDE or “octabromo diphenyl” or octabromodiphenyl OR octaBDE OR “octabromobiphenyl oxide” OR “octabromodiphenyl oxide” OR “octabromo phenoxybenzene and benzene” OR “1,1' oxybis-, octabromo derivative”
Hexachlorobutadien (HCBD)	“Hexachlorobutadiene” OR “HCBD” OR “perchloro-1,3-butadiene” OR “perchlorobutadiene” OR “1,3-hexachlorobutadiene” OR “1,1,2,3,4,4-hexachloro-1,3-butadiene” OR “hexachloro-1,3-butadiene” OR “hexachlorobuta-1,3-diene”
Lindan	“Lindane” OR “Lindan” OR “gamma-hexachlorocyclohexane” OR “gamma-HCH” OR “gamma hexachlorocyclohexane” OR “gamma HCH”
Pentachlorobenzene	“Pentachlorobenzene” OR “quintochlorobenzene” OR “PeCB” OR “1,2,3,4,5-pentachlorobenzene”
Pentachlorophenol and its salts and esters	“Pentachlorophenol” OR “sodium pentachlorophenate” OR “pentachlorophenyl laurate” OR “pentachloroanisole”
Perfluorooctane sulfonic acid, its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride (PFOS)	“Perfluorooctane sulfonic acid” OR “perfluorooctane sulfonyl fluoride” OR “Perfluorooctane Sulfonate” OR “PFOS”
Polychlorinated naphthalenes	“Polychlorinated naphthalenes” OR “chlorinated naphthalenes” OR “naphthalene chloroderivatives”

Kurzer Stoffname	Suchterminus
Short chain chlorinated paraffins (SCCPs) ⁶²	“SCCPs” OR “short chain chlorinated paraffin” OR “short-chain chlorinated paraffin” OR “short chain chlorinated paraffins” OR “short-chain chlorinated paraffins”
Technical endosulfan and its related isomers	“endosulfan” OR “Endosulfan sulfate” OR “Technical endosulfan” OR “alpha-endosulfan” OR “beta-endosulfan” OR “alpha endosulfan” OR “beta endosulfan” OR “6,9-methano-2,4,3-benzodioxathiepin-6,7,8,9,10,10-hexachloro-1,5,5a,6,9,9-hexahydro-3-oxide”
Tetrabromodiphenyl ether and pentabromodiphenyl ether	Tetrabromodiphenyl OR “tetrabromo diphenyl” OR tetraBDE OR pentabromodiphenyl OR “pentabromo diphenyl” OR pentaBDE OR 2,2',4,4'- tetrabromodiphenyl OR 2,2',4,4',5-pentabromodiphenyl

Tabelle 54: Beschreibung der Sucheingaben pro POP-Kriterium

Die Suche wurde jeweils in der Zeitspanne von 1950 bis zum jeweiligen Jahr der Aufnahme in die Konvention („inclusion year“) verfeinert und Ergebnisse nach der Häufigkeit der Zitation sortiert.

POP-Kriterium	Suchterminus
Persistenz	(substance name(s)) AND (persistence OR persistent)
Bioakkumulation	(substance name(s)) AND (bioaccumulation OR bioaccumulative)
Toxizität	(substance name(s)) AND (toxicity OR toxic)
Langstreckentransport	(substance name(s)) AND (long range transport OR long-range transport OR atmospheric transport OR arctic)

B.2 Primärdaten für Abbildungen in Kapitel 2.3.2

Tabelle 55: Datengrundlage für Abbildung 7 – Zeitspanne (in Jahren) zwischen der ersten Publikation mit Umweltbezug und der Aufnahme in die Konvention – Grafik a (Histogramm)

Zeitspanne in Jahren	Häufigkeit
0 bis 10	1,00
10 bis 20	2,00
20 bis 30	4,00
30 bis 40	6,00
40 bis 50	6,00
50 bis 60	5,00

⁶² Den Suchbegriff für SCCPs zu definieren, war nicht trivial. Alternativ wurden die drei Ergänzungen [...] AND “C10-C13” AND “polychlorinated” AND “n-alkanes” diskutiert, jedoch nicht übernommen, da es keinen wesentlichen Einfluss auf das Suchergebnis im Web of Science hatte.

Zeitspanne in Jahren	Häufigkeit
60 bis 70	2,00
70 bis 80	2,00

Das Histogramm basiert auf den absoluten Zahlen aus Tabelle 56.

Tabelle 56: Datengrundlage für Abbildung 7 – Zeitspanne (in Jahren) zwischen der ersten Publikation mit Umweltbezug und der Aufnahme in die Konvention – Grafik b (absolut)

POP	Jahre zwischen 1. Publikation mit Umweltbezug und Aufnahme in die Konvention	Jahr der 1. Publikation mit Umweltbezug	Jahr der Aufnahme in die Konvention
Aldrin	68	1933	2001
Chlordane	54	1947	2001
DDT	57	1944	2001
Diendrin	51	1950	2001
Endrin	48	1953	2001
Heptachlor	50	1951	2001
HCB	56	1945	2001
Mirex	37	1964	2001
Toxaphene	54	1947	2001
PCB	33	1968	2001
PCDD	26	1975	2001
PCDF	26	1975	2001
a-HCH	36	1973	2009
b-HCH	40	1969	2009
Chlordecane	48	1961	2009
HBB	34	1975	2009
octaBDE	10	1999	2009
Lindan	63	1946	2009

POP	Jahre zwischen 1. Publikation mit Umweltbezug und Aufnahme in die Konvention	Jahr der 1. Publikation mit Umweltbezug	Jahr der Aufnahme in die Konvention
PentaCB	35	1974	2009
PFOS	23	1986	2009
pentaBDE	15	1994	2009
Endosulfan	48	1963	2011
HBCDD	29	1984	2013
HCBD	41	1974	2015
PCP	77	1938	2015
PCN	79	1936	2015
decaBDE	30	1987	2017
SCCPs	23	1994	2017

Tabelle 57: Datengrundlage für Abbildung 8 – Zeitspanne (in Jahren) zwischen dem Veröffentlichungsjahr der meist zitierten Publikation (bis inkl. 2019) und der Aufnahme in die Konvention

Zeitspanne (in Jahren)	Häufigkeit
15 bis 20 davor	4
10 bis 15 davor	6
5 bis 10 davor	8
0 bis 5 davor	5
bis zu 5 danach	3
bis zu 10 danach	0
bis zu 15 danach	2

Die zusammenfassende Darstellung basiert auf folgenden Werten für die Publikationen zu einzelnen POPs.

Tabelle 58: Datengrundlage für Abbildung 8 – Zeitspanne (in Jahren) zwischen dem Veröffentlichungsjahr der meist zitierten Publikation (bis inkl. 2019) und der Aufnahme in die Konvention für einzelne POPs

POP	Zeitspanne (most cross ref bis Inklusion)	Jahr der meist zitierten Publikation (most cross referenced)	Jahr der Aufnahme in die Konvention
Aldrin	-14	2015	2001
Chlordane	10	1991	2001
DDT	3	1998	2001
Diendrin	6	1995	2001
Endrin	9	1992	2001
Heptachlor	-4	2005	2001
HCB	1	2000	2001
Mirex	-11	2012	2001
Toxaphene	6	1995	2001
PCB	3	1998	2001
PCDD	-2	2003	2001
PCDF	-2	2003	2001
a-HCH	3	2006	2009
b-HCH	13	1996	2009
Chlordecane	11	1998	2009
HBB	6	2003	2009
octaBDE	10	1999	2009
Lindan	15	1994	2009
PentaCB	18	1991	2009
PFOS	8	2001	2009
pentaBDE	5	2004	2009
Endosulfan	16	1995	2011
HBCDD	11	2002	2013
HCBD	17	1998	2015
PCP	20	1995	2015
PCN	9	2006	2015
decaBDE	11	2006	2017
SCCPs	12	2005	2017