

TEXTE

111/2026

Anhangband

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

Substanzspezifische Datenblätter zu AP1 und AP2,  
Stand der Listung weiterer POPs

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

Anhangband

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

Substanzspezifische Datenblätter zu AP1 und AP2, Stand  
der Listung weiterer POPs

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](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://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-7792>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juli 2026

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



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

Dies ist der Anhangband zum Projektbericht. Er enthält für alle Stoffe, die in der Stockholm-Konvention gelistet sind, die in AP 1 sowie AP 2 des Projekts entwickelten Datenblätter (AP 1), stoffspezifische Informationen zum Listungsprozess in der Konvention (AP 2) und das Verzeichnis der hierfür verwendeten Quellen.

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

This is the supplementary volume to the project report. It contains the detailed substance-related information produced in WP1 and WP2 of the project for all substances listed in the Stockholm Convention, namely the data sheets (WP1) and substance-specific information on the listing process (WP2) as well as the list of references.

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildungsverzeichnis.....                                                                                                 | 9  |
| Tabellenverzeichnis .....                                                                                                  | 12 |
| Abkürzungsverzeichnis .....                                                                                                | 15 |
| 1 Ergänzung zu AP 1: Alle stoffspezifischen Datenblätter.....                                                              | 16 |
| 1.1 Datenblätter .....                                                                                                     | 16 |
| 1.1.1 Die ersten POPs („The initial POPs“).....                                                                            | 16 |
| 1.1.1.1 Datenblatt Aldrin .....                                                                                            | 17 |
| 1.1.1.2 Datenblatt Chlordan .....                                                                                          | 20 |
| 1.1.1.3 Datenblatt Dieldrin .....                                                                                          | 23 |
| 1.1.1.4 Datenblatt Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) .....                                                                | 26 |
| 1.1.1.5 Datenblatt Endrin .....                                                                                            | 29 |
| 1.1.1.6 Datenblatt Heptachlor .....                                                                                        | 32 |
| 1.1.1.7 Datenblatt Hexachlorbenzol (HCB).....                                                                              | 35 |
| 1.1.1.8 Datenblatt Mirex.....                                                                                              | 38 |
| 1.1.1.9 Datenblatt Polychlorierte Biphenyle (PCB).....                                                                     | 41 |
| 1.1.1.10 Datenblatt Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) .....                                                             | 44 |
| 1.1.1.11 Datenblatt Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF).....                                                               | 47 |
| 1.1.1.12 Datenblatt Toxaphen .....                                                                                         | 50 |
| 1.1.2 Die neuen POPs von 2009 bis 2017 .....                                                                               | 53 |
| 1.1.2.1 Datenblatt $\alpha$ -HCH/Alpha-Hexachlorocyclohexan und $\beta$ -HCH/Beta-Hexachlorocyclohexan.....                | 54 |
| 1.1.2.2 Datenblatt Chlordacon (bekannt unter Kepone).....                                                                  | 59 |
| 1.1.2.3 Datenblatt Hexabrombiphenyl .....                                                                                  | 62 |
| 1.1.2.4 Datenblatt Hexabromdiphenylether und Heptabromdiphenylether (technischer Octabromdiphenylether (octaBDE)) .....    | 65 |
| 1.1.2.5 Datenblatt Lindan .....                                                                                            | 68 |
| 1.1.2.6 Datenblatt Pentachlorbenzol.....                                                                                   | 71 |
| 1.1.2.7 Datenblatt Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) .....                                                                  | 74 |
| 1.1.2.8 Datenblatt Tetrabromdiphenylether und Pentabromdiphenylether (technischer Pen-tabromdiphenylether (pentaBDE))..... | 77 |
| 1.1.2.9 Datenblatt Technisches Endosulfan und verwandte Isomere .....                                                      | 80 |
| 1.1.2.10 Datenblatt Hexabromcyclododecan (HBCD/HBCDD) .....                                                                | 83 |
| 1.1.2.11 Datenblatt Hexachlorbutadien .....                                                                                | 86 |
| 1.1.2.12 Datenblatt Pentachlorphenol .....                                                                                 | 89 |

|          |                                                                                                                          |     |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.1.2.13 | Datenblatt Polychlorierte Naphthaline (PCN) .....                                                                        | 92  |
| 1.1.2.14 | Datenblatt Kurzkettige Chlorparaffine (SCCPs) .....                                                                      | 95  |
| 1.1.2.15 | Datenblatt Decabromdiphenylether (DecaBDE) .....                                                                         | 98  |
| 2        | Ergänzungen zu AP 2: Regulatorisches Management von potentiellen POPs und dessen Effektivität (AP 2).....                | 102 |
| 2.1      | Stoffspezifische Analyse der Entscheidungs- und Listungsprozesse im Stockholmer Übereinkommen für die „neuen“ POPs ..... | 102 |
| 2.1.1    | Listung von Lindan (Gamma-HCH) und Alpha- und Beta-HCH.....                                                              | 102 |
| 2.1.1.1  | Hintergrund.....                                                                                                         | 102 |
| 2.1.1.2  | Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention .....                                                                          | 103 |
| 2.1.2    | Listung von Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), ihren Salzen und Perfluorooctansulfonylfluorid (PFOSF) .....               | 110 |
| 2.1.2.1  | Hintergrund.....                                                                                                         | 110 |
| 2.1.2.2  | Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention .....                                                                          | 110 |
| 2.1.3    | Listung von Pentachlorbenzol.....                                                                                        | 118 |
| 2.1.3.1  | Hintergrund.....                                                                                                         | 118 |
| 2.1.3.2  | Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention .....                                                                          | 118 |
| 2.1.4    | Listung von Hexabromobiphenyl (HBB).....                                                                                 | 122 |
| 2.1.4.1  | Hintergrund.....                                                                                                         | 122 |
| 2.1.4.2  | Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention .....                                                                          | 122 |
| 2.1.5    | Listung der PBDE .....                                                                                                   | 125 |
| 2.1.5.1  | Hintergrund.....                                                                                                         | 125 |
| 2.1.5.2  | Entscheidungsprozess unter Stockholm-Konvention für c-PentaBDE und c-OctaBDE .....                                       | 126 |
| 2.1.5.3  | Entscheidungsprozess unter der Stockholm-Konvention für c-DecaBDE.....                                                   | 126 |
| 2.1.6    | Listung von Endosulfan .....                                                                                             | 135 |
| 2.1.6.1  | Hintergrund.....                                                                                                         | 135 |
| 2.1.6.2  | Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention .....                                                                          | 135 |
| 2.1.7    | Listung von Hexabromcyclododecan (HBCD) .....                                                                            | 140 |
| 2.1.7.1  | Hintergrund.....                                                                                                         | 140 |
| 2.1.7.2  | Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention .....                                                                          | 141 |
| 2.1.8    | Listung von Pentachlorphenol .....                                                                                       | 145 |
| 2.1.8.1  | Hintergrund.....                                                                                                         | 145 |
| 2.1.8.2  | Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention .....                                                                          | 145 |
| 2.1.9    | Listung von Polychlorierten Naphthalinen (PCN) .....                                                                     | 150 |

|          |                                                                               |     |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.1.9.1  | Hintergrund.....                                                              | 150 |
| 2.1.9.2  | Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention .....                               | 151 |
| 2.1.10   | Listung von Hexachlorbutadien (HCBD).....                                     | 155 |
| 2.1.10.1 | Hintergrund.....                                                              | 155 |
| 2.1.10.2 | Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention .....                               | 155 |
| 2.1.11   | Listung von kurzkettigen Chlorparaffinen (SCCP) .....                         | 160 |
| 2.1.11.1 | Hintergrund.....                                                              | 160 |
| 2.1.11.2 | Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention .....                               | 161 |
| 2.1.12   | Listung von Dicofol.....                                                      | 166 |
| 2.1.12.1 | Hintergrund.....                                                              | 166 |
| 2.1.12.2 | Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention .....                               | 166 |
| 2.1.13   | Listung von Perfluorooctansäure (PFOA) und PFOA-verwandten Verbindungen ..... | 170 |
| 2.1.13.1 | Hintergrund.....                                                              | 170 |
| 2.1.13.2 | Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention .....                               | 170 |
| 2.2      | Analyse der Listungsprozesse für POP-Kandidaten .....                         | 177 |
| 2.2.1    | Stand der Listung von PFHxS (POP Kandidat) .....                              | 177 |
| 2.2.2    | Stand der Listung von Dechloran Plus (POP Kandidat) .....                     | 178 |
| 2.2.3    | Stand der Listung von Methoxychlor (POP Kandidat) .....                       | 179 |
| 3        | Quellenverzeichnis .....                                                      | 180 |

## Abbildungsverzeichnis

|               |                                                                                                     |    |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1:  | Zeitreihe der Publikationen zu Aldrin.....                                                          | 17 |
| Abbildung 2:  | Anzahl an Publikationen zu Aldrin in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....                 | 18 |
| Abbildung 3:  | Zeitreihe der Publikationen zu Chlordan.....                                                        | 20 |
| Abbildung 4:  | Anzahl an Publikationen zu Chlordan in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....               | 21 |
| Abbildung 5:  | Zeitreihe zu Dieldrin .....                                                                         | 23 |
| Abbildung 6:  | Anzahl an Publikationen zu Dieldrin in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....               | 24 |
| Abbildung 7:  | Zeitreihe zu DDT .....                                                                              | 26 |
| Abbildung 8:  | Anzahl an Publikationen zu DDT in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....                    | 27 |
| Abbildung 9:  | Zeitreihe zu Endrin.....                                                                            | 29 |
| Abbildung 10: | Anzahl an Publikationen zu Endrin in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....                 | 30 |
| Abbildung 11: | Zeitreihe zu Heptachlor .....                                                                       | 32 |
| Abbildung 12: | Anzahl an Publikationen zu Heptachlor in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....             | 33 |
| Abbildung 13: | Zeitreihe zu HCB .....                                                                              | 35 |
| Abbildung 14: | Anzahl an Publikationen zu HCB in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....                    | 36 |
| Abbildung 15: | Zeitreihe zu Mirex.....                                                                             | 38 |
| Abbildung 16: | Anzahl an Publikationen zu Mirex in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....                  | 39 |
| Abbildung 17: | Zeitreihe zu PCB.....                                                                               | 41 |
| Abbildung 18: | Anzahl an Publikationen zu PCB in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....                    | 42 |
| Abbildung 19: | Zeitreihe zu PCDD.....                                                                              | 44 |
| Abbildung 20: | Anzahl an Publikationen zu PCDD in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....                   | 45 |
| Abbildung 21: | Zeitreihe zu PCDF.....                                                                              | 47 |
| Abbildung 22: | Anzahl an Publikationen zu PCDF in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....                   | 48 |
| Abbildung 23: | Zeitreihe zu Toxaphen .....                                                                         | 50 |
| Abbildung 24: | Anzahl an Publikationen zu Toxaphen in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....               | 51 |
| Abbildung 25: | Zeitreihe zu Alpha-HCH und Beta-HCH.....                                                            | 54 |
| Abbildung 26: | Anzahl an Publikationen zu Alpha-HCH und Beta-HCH in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien..... | 55 |
| Abbildung 27: | Zeitreihe zu Chordecon .....                                                                        | 59 |
| Abbildung 28: | Anzahl an Publikationen zu Chordecon in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....              | 60 |

|               |                                                                                                 |     |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 29: | Zeitreihe zu Hexabrombiphenyl .....                                                             | 62  |
| Abbildung 30: | Anzahl an Publikationen zu Hexabrombiphenyl in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien .....  | 63  |
| Abbildung 31: | Zeitreihe zu octaBDE .....                                                                      | 65  |
| Abbildung 32: | Anzahl an Publikationen zu octaBDE in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....            | 66  |
| Abbildung 33: | Zeitreihe zu Lindan .....                                                                       | 68  |
| Abbildung 34: | Anzahl an Publikationen zu Lindan in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....             | 69  |
| Abbildung 35: | Zeitreihe zu Pentachlorbenzol.....                                                              | 71  |
| Abbildung 36: | Anzahl an Publikationen zu Pentachlorbenzol in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien .....  | 72  |
| Abbildung 37: | Zeitreihe zu PFOS.....                                                                          | 74  |
| Abbildung 38: | Anzahl an Publikationen zu PFOS in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....               | 75  |
| Abbildung 39: | Zeitreihe zu pentaBDE .....                                                                     | 77  |
| Abbildung 40: | Anzahl an Publikationen zu pentaBDE in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....           | 78  |
| Abbildung 41: | Zeitreihe zu Endosulfan .....                                                                   | 80  |
| Abbildung 42: | Anzahl an Publikationen zu Endosulfan in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....         | 81  |
| Abbildung 43: | Zeitreihe zu HBCD.....                                                                          | 83  |
| Abbildung 44: | Anzahl an Publikationen zu HBCD in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....               | 84  |
| Abbildung 45: | Zeitreihe zu Hexachlorbutadien .....                                                            | 86  |
| Abbildung 46: | Anzahl an Publikationen zu Hexachlorbutadien in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien ..... | 87  |
| Abbildung 47: | Zeitreihe zu Pentachlorphenol .....                                                             | 89  |
| Abbildung 48: | Anzahl an Publikationen zu Pentachlorphenol in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien .....  | 90  |
| Abbildung 49: | Zeitreihe zu PCN .....                                                                          | 92  |
| Abbildung 50: | Anzahl an Publikationen zu PCN in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....                | 93  |
| Abbildung 51: | Zeitreihe zu SCCP .....                                                                         | 95  |
| Abbildung 52: | Anzahl an Publikationen zu SCCP in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....               | 96  |
| Abbildung 53: | Zeitreihe zu DecaBDE .....                                                                      | 98  |
| Abbildung 54: | Anzahl an Publikationen zu DecaBDE in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien.....            | 99  |
| Abbildung 55: | Zeitschiene Entscheidungsprozess der Listung von Lindan in der Konvention .....                 | 105 |
| Abbildung 56: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Alpha-/Beta-HCH in der Konvention .....  | 108 |

|               |                                                                                                                                  |     |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 57: | Zeitschiene Entscheidungsprozess der Listung von PFOS in der Konvention .....                                                    | 115 |
| Abbildung 58: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Pentachlorbenzol in der Konvention .....                                  | 120 |
| Abbildung 59: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Hexabromobiphenyl (HBB) in der Konvention .....                           | 123 |
| Abbildung 60: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von c-PentaBDE (TetraBDE und PentaBDE) in der Konvention .....                | 130 |
| Abbildung 61: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von c-OctaBDE (HexaBDE und HeptaBDE) in der Konvention .....                  | 131 |
| Abbildung 62: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von DecaBDE in der Konvention .....                                           | 132 |
| Abbildung 63: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Endosulfan in der Stockholm-Konvention .....                              | 138 |
| Abbildung 64: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von HBCD in der Konvention .....                                              | 143 |
| Abbildung 65: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Pentachlorphenol (PCP) und seiner Salze und Ester in der Konvention ..... | 148 |
| Abbildung 66: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Polychlorierten Naphthalinen (PCN) in der Konvention .....                | 153 |
| Abbildung 67: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Hexachlorbutadien (HCBd) in der Konvention .....                          | 158 |
| Abbildung 68: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von SCCP in der Konvention .....                                              | 164 |
| Abbildung 69: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Dicofol in der Konvention .....                                           | 168 |
| Abbildung 70: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von PFOA in der Konvention .....                                              | 175 |
| Abbildung 71: | Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von PFHxS in der Stockholm-Konvention .....                                   | 177 |
| Abbildung 72: | Zeitschiene aktueller Untersuchungsprozess der Listung von Dechloran Plus in der Stockholm-Konvention .....                      | 178 |
| Abbildung 73: | Zeitschiene aktueller Untersuchungsprozess von Methoxychlor in der Stockholm-Konvention .....                                    | 179 |

## Tabellenverzeichnis

|             |                                                             |    |
|-------------|-------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1:  | Grundinformationen zu Aldrin .....                          | 17 |
| Tabelle 2:  | Spezifische Stoffreferenzen zu Aldrin.....                  | 19 |
| Tabelle 3:  | Grundinformationen zu Chlordan .....                        | 20 |
| Tabelle 4:  | Spezifische Stoffreferenzen zu Chlordan.....                | 22 |
| Tabelle 5:  | Grundinformationen zu Dieldrin .....                        | 23 |
| Tabelle 6:  | Spezifische Stoffreferenzen zu Dieldrin.....                | 25 |
| Tabelle 7:  | Grundinformationen zu DDT .....                             | 26 |
| Tabelle 8:  | Spezifische Stoffreferenzen zu DDT.....                     | 28 |
| Tabelle 9:  | Grundinformationen zu Endrin .....                          | 29 |
| Tabelle 10: | Spezifische Stoffreferenzen zu Endrin .....                 | 31 |
| Tabelle 11: | Grundinformationen zu Heptachlor .....                      | 32 |
| Tabelle 12: | Spezifische Stoffreferenzen zu Heptachlor .....             | 34 |
| Tabelle 13: | Grundinformationen zu HCB .....                             | 35 |
| Tabelle 14: | Spezifische Stoffreferenzen zu HCB.....                     | 37 |
| Tabelle 15: | Grundinformationen zu Mirex.....                            | 38 |
| Tabelle 16: | Spezifische Stoffreferenzen zu Mirex.....                   | 40 |
| Tabelle 17: | Grundinformationen zu PCB.....                              | 41 |
| Tabelle 18: | Spezifische Stoffreferenzen zu PCB .....                    | 43 |
| Tabelle 19: | Grundinformationen zu PCDD .....                            | 44 |
| Tabelle 20: | Spezifische Stoffreferenzen zu PCDD .....                   | 46 |
| Tabelle 21: | Grundinformationen zu PCDF.....                             | 47 |
| Tabelle 22: | Spezifische Stoffreferenzen zu PCDF .....                   | 49 |
| Tabelle 23: | Grundinformationen zu Toxaphen .....                        | 50 |
| Tabelle 24: | Spezifische Stoffreferenzen zu Toxaphen .....               | 52 |
| Tabelle 25: | Grundinformationen zu alpha-HCH und beta-HCH .....          | 54 |
| Tabelle 26: | Spezifische Stoffreferenzen zu alpha-HCH und beta-HCH ..... | 57 |
| Tabelle 27: | Grundinformationen zu Chlordacon .....                      | 59 |
| Tabelle 28: | Spezifische Stoffreferenzen zu Chlordacon .....             | 61 |
| Tabelle 29: | Grundinformationen zu Hexabrombiphenyl .....                | 62 |
| Tabelle 30: | Spezifische Stoffreferenzen zu Hexabrombiphenyl.....        | 64 |
| Tabelle 31: | Grundinformationen zu octaBDE .....                         | 65 |
| Tabelle 32: | Spezifische Stoffreferenzen zu octaBDE.....                 | 67 |
| Tabelle 33: | Grundinformationen zu Lindan .....                          | 68 |
| Tabelle 34: | Spezifische Stoffreferenzen zu Lindan.....                  | 70 |
| Tabelle 35: | Grundinformationen zu Pentachlorbenzol.....                 | 71 |
| Tabelle 36: | Spezifische Stoffreferenzen zu PentaCB.....                 | 73 |
| Tabelle 37: | Grundinformationen zu PFOS.....                             | 74 |
| Tabelle 38: | Spezifische Stoffreferenzen zu PFOS .....                   | 76 |
| Tabelle 39: | Grundinformationen zu pentaBDE .....                        | 77 |
| Tabelle 40: | Spezifische Stoffreferenzen zu PentaBDE .....               | 79 |
| Tabelle 41: | Grundinformationen zu Endosulfan .....                      | 80 |
| Tabelle 42: | Spezifische Stoffreferenzen zu Endosulfan .....             | 82 |



|             |                                                                                                                                      |     |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 43: | Grundinformationen zu HBCD.....                                                                                                      | 83  |
| Tabelle 44: | Spezifische Stoffreferenzen zu HBCD .....                                                                                            | 85  |
| Tabelle 45: | Grundinformationen zu Hexachlorbutadien .....                                                                                        | 86  |
| Tabelle 46: | Spezifische Stoffreferenzen zu Hexachlorbutadien.....                                                                                | 88  |
| Tabelle 47: | Grundinformationen zu Pentachlorphenol .....                                                                                         | 89  |
| Tabelle 48: | Spezifische Stoffreferenzen zu Pentachlorphenol.....                                                                                 | 91  |
| Tabelle 49: | Grundinformationen zu PCN .....                                                                                                      | 92  |
| Tabelle 50: | Spezifische Stoffreferenzen zu PCN.....                                                                                              | 94  |
| Tabelle 51: | Grundinformationen zu SCCPs .....                                                                                                    | 95  |
| Tabelle 52: | Spezifische Stoffreferenzen zu SCCPs.....                                                                                            | 97  |
| Tabelle 53: | Grundinformationen zu DecaBDE .....                                                                                                  | 98  |
| Tabelle 54: | Spezifische Stoffreferenzen zu DecaBDE.....                                                                                          | 100 |
| Tabelle 55: | Steckbrief Lindan mit Hintergrundinformationen und<br>Informationen zur Listung in der Stockholm-Konvention .....                    | 104 |
| Tabelle 56: | Auswertung Anhang-D-Screening Lindan.....                                                                                            | 106 |
| Tabelle 57: | Steckbrief Alpha-/Beta-HCH mit Hintergrundinformationen und<br>Informationen zur Listung in der Stockholm-Konvention .....           | 107 |
| Tabelle 58: | Auswertung Anhang-D-Screening Alpha-/Beta-HCH.....                                                                                   | 109 |
| Tabelle 59: | Steckbrief PFOS mit Hintergrundinformationen und<br>Informationen zur Listung in der Stockholm-Konvention .....                      | 114 |
| Tabelle 60: | PFOS-Chemikalien wie in Anhang B des Stockholm-Konvention<br>angegeben .....                                                         | 116 |
| Tabelle 61: | Auswertung Anhang-D-Screening für PFOS November 2005.                                                                                | 117 |
| Tabelle 62: | Steckbrief Pentachlorbenzol (PeCB) mit<br>Hintergrundinformationen und Informationen zur Listung in<br>der Stockholm-Konvention..... | 119 |
| Tabelle 63: | Auswertung Anhang-D-Screening Pentachlorbenzol .....                                                                                 | 121 |
| Tabelle 64: | Steckbrief Hexabromobiphenyl (HBB).....                                                                                              | 123 |
| Tabelle 65: | Auswertung Anhang-D-Screening HBB.....                                                                                               | 124 |
| Tabelle 66: | Steckbrief Tetrabromdiphenylether und<br>Pentabromdiphenylether sowie Hexabromdiphenylether und<br>Heptabromdiphenylether.....       | 128 |
| Tabelle 67: | Steckbrief Decabromdiphenylether (decaBDE).....                                                                                      | 129 |
| Tabelle 68: | Auswertung Anhang-D-Screening c-PentaBDE/c-OctaBDE ....                                                                              | 133 |
| Tabelle 69: | Auswertung Anhang-D-Screening c-DecaBDE .....                                                                                        | 134 |
| Tabelle 70: | Steckbrief Endosulfan.....                                                                                                           | 137 |
| Tabelle 71: | Auswertung Anhang-D-Screening Endosulfan .....                                                                                       | 139 |
| Tabelle 72: | Steckbrief Hexabromcyclododecan (HBCD) .....                                                                                         | 142 |
| Tabelle 73: | Auswertung Anhang-D-Screening Hexabromcyclododecan<br>(HBCD) .....                                                                   | 144 |
| Tabelle 74: | Steckbrief Pentachlorphenol (PCP) und seine Salze und Ester<br>.....                                                                 | 147 |
| Tabelle 75: | Auswertung Anhang-D-Screening Pentachlorphenol (PCP) und<br>seine Salze und Ester .....                                              | 149 |

|             |                                                                                             |     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 76: | Steckbrief Polychlorierte Naphthaline (PCN) .....                                           | 152 |
| Tabelle 77: | Auswertung Anhang-D-Screening Polychlorierte Naphthaline<br>.....                           | 154 |
| Tabelle 78: | Steckbrief Hexachlorbutadien (HCBd).....                                                    | 157 |
| Tabelle 79: | Auswertung Anhang-D-Screening Hexachlorbutadien (HCBd)<br>.....                             | 159 |
| Tabelle 80: | Steckbrief kurzkettige Chlorparaffine SCCP .....                                            | 163 |
| Tabelle 81: | Auswertung Anhang-D-Screening SCCP .....                                                    | 165 |
| Tabelle 82: | Steckbrief Dicofof .....                                                                    | 167 |
| Tabelle 83: | Auswertung Anhang-D-Screening Dicofof .....                                                 | 169 |
| Tabelle 84: | Steckbrief Perfluorooctansäure (PFOA), ihrer Salze und PFOA-<br>Vorläuferverbindungen ..... | 174 |
| Tabelle 85: | Auswertung Anhang-D-Screening PFOA.....                                                     | 176 |

## Abkürzungsverzeichnis

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

# 1 Ergänzung zu AP 1: Alle stoffspezifischen Datenblätter

## 1.1 Datenblätter

Die folgenden Seiten zeigen die Datenblätter für alle bis August 2019 in der Stockholm-Konvention gelisteten POPs. Es handelt sich um 28 Substanzen. Ein Datenblatt stellt jeweils den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn zu einer Substanz seit dem Jahr 1950 dar. Dieser wurde anhand mehrerer Auswertungsschritte analysiert und wird durch die folgenden Bestandteile eines Datenblatts ausgedrückt:

- ▶ Einige Charakteristika der Stoffe (CAS-Nr. Verwendung, Summenformel, etc.)
- ▶ Eine Zeitreihe, in der meist zitierten sowie die frühesten Publikationen zu der Substanz und ihren POP-Eigenschaften dargestellt sind
- ▶ Ein zeitlicher Verlauf von wissenschaftlichen Publikationen, die mit Schlagwörtern, welche jeweils für die POP-Eigenschaften codieren, identifiziert wurden, von 1950 bis zum Jahr der Aufnahme des Stoffs in die Konvention
- ▶ Stoffspezifische Referenzen, hiermit sind die TOP3 der bis zum Jahr der Aufnahme in die Konvention am meisten zitierten Studien zu den vier POP-Eigenschaften gemeint
- ▶ Eine textliche Einordnung der oben genannten Auswertungen

### 1.1.1 Die ersten POPs („The initial POPs“)

- ▶ Aldrin, Seite 17
- ▶ Chlordan, Seite 20
- ▶ Dieldrin, Seite 23
- ▶ DDT, Seite 26
- ▶ Endrin, Seite 29
- ▶ Heptachlor, Seite 32
- ▶ Hexachlorobenzol, Seite 35
- ▶ Mirex, Seite 38
- ▶ PCB, Seite 41
- ▶ PCDD, Seite 44
- ▶ PCDF, Seite 47
- ▶ Toxaphen, Seite 50

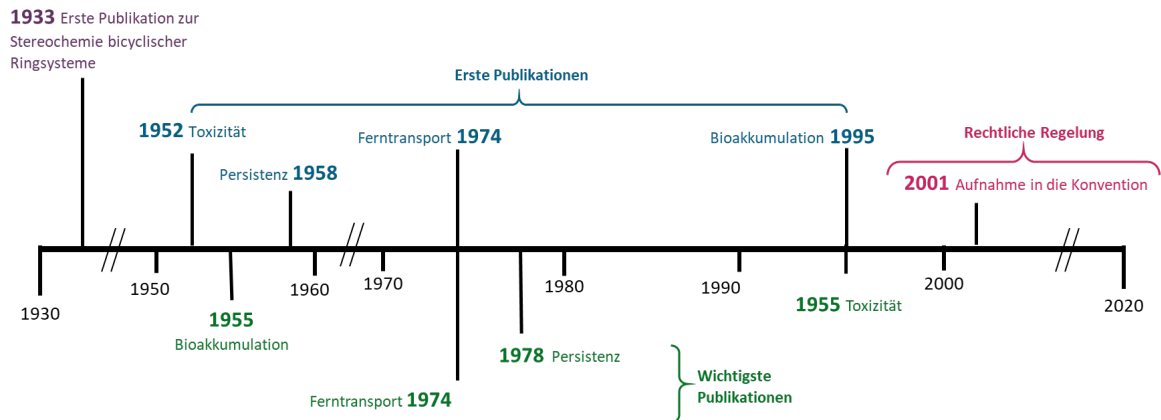
#### 1.1.1.1 Datenblatt Aldrin

**Tabelle 1: 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 <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub>                                                         |
| CAS-Nr.           | 309-00-2                                                                                               |
| Jahr der Aufnahme | 2001                                                                                                   |
| Verwendung        | Insektizid, Termitizid                                                                                 |

**Abbildung 1: Zeitreihe der Publikationen zu Aldrin**

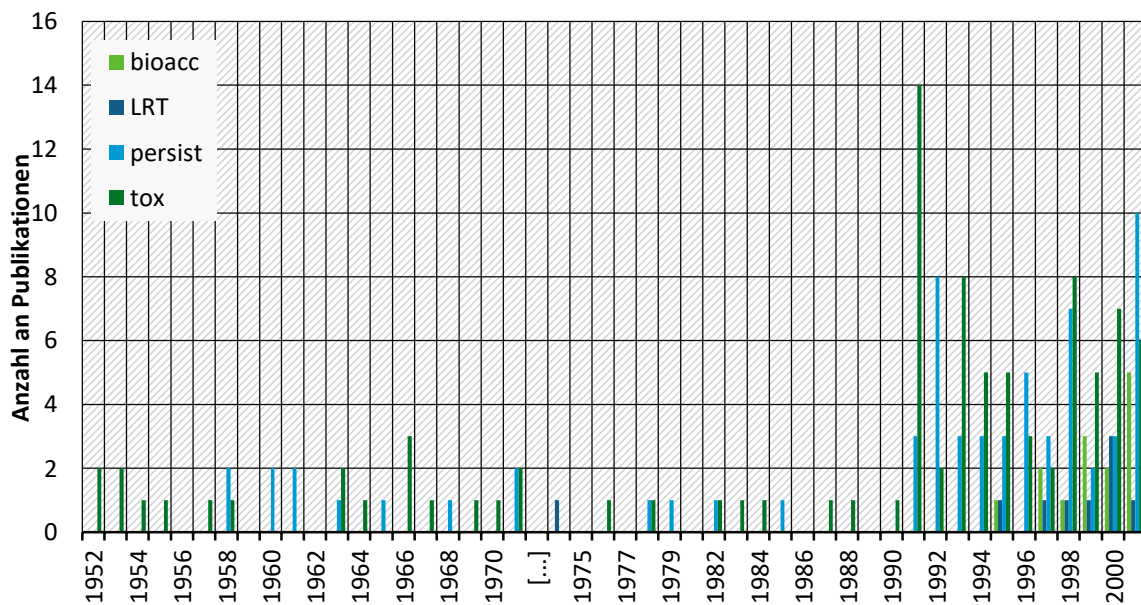
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie der wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien (Meilensteine), ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in das Übereinkommen.



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 2: 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0013-9351(78)90150-0">https://doi.org/10.1016/0013-9351(78)90150-0</a>                                                                                                       | 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. <a href="https://doi.org/10.1021/jf60137a018">https://doi.org/10.1021/jf60137a018</a>                                                                                                               | 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. <a href="https://doi.org/10.1093/jee/53.1.136">https://doi.org/10.1093/jee/53.1.136</a>                                                                                                                                                       | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)00098-X">https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)00098-X</a>                           | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/S0043-1354(96)00210-2">https://doi.org/10.1016/S0043-1354(96)00210-2</a>                                                                                                        | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/S0166-445X(00)00116-8">https://doi.org/10.1016/S0166-445X(00)00116-8</a> | 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. <a href="https://doi.org/10.1021/jf60051a002">https://doi.org/10.1021/jf60051a002</a>                                                                                                                    | 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. <a href="https://doi.org/10.1126/science.143.3607.681">https://doi.org/10.1126/science.143.3607.681</a>                                                                                                                                                               | 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. <a href="https://doi.org/10.1007/BF01684937">https://doi.org/10.1007/BF01684937</a>                                                                                                                                                                          | 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. <a href="https://doi.org/10.1007/BF02986327">https://doi.org/10.1007/BF02986327</a>                                                                                                                            | 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. <a href="https://doi.org/10.2307/1467723">https://doi.org/10.2307/1467723</a>                                                                                           | 5   |

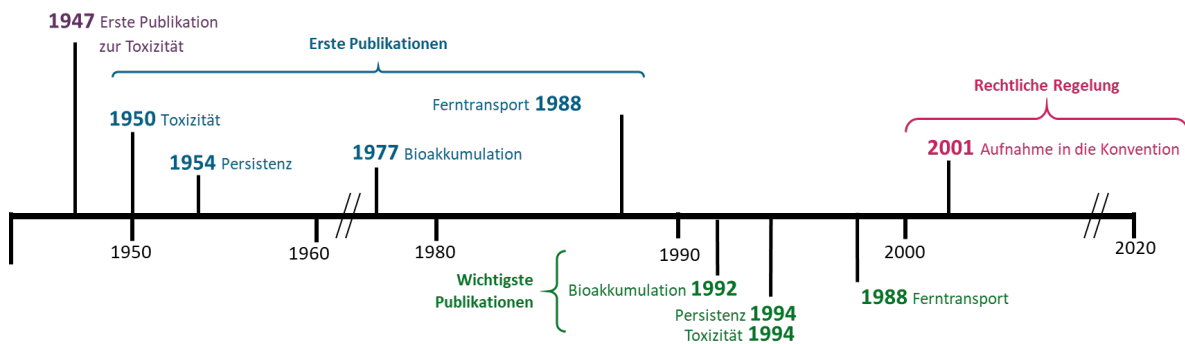
### 1.1.1.2 Datenblatt Chlordan

**Tabelle 3: 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 <sub>10</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>8</sub>                 |
| 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

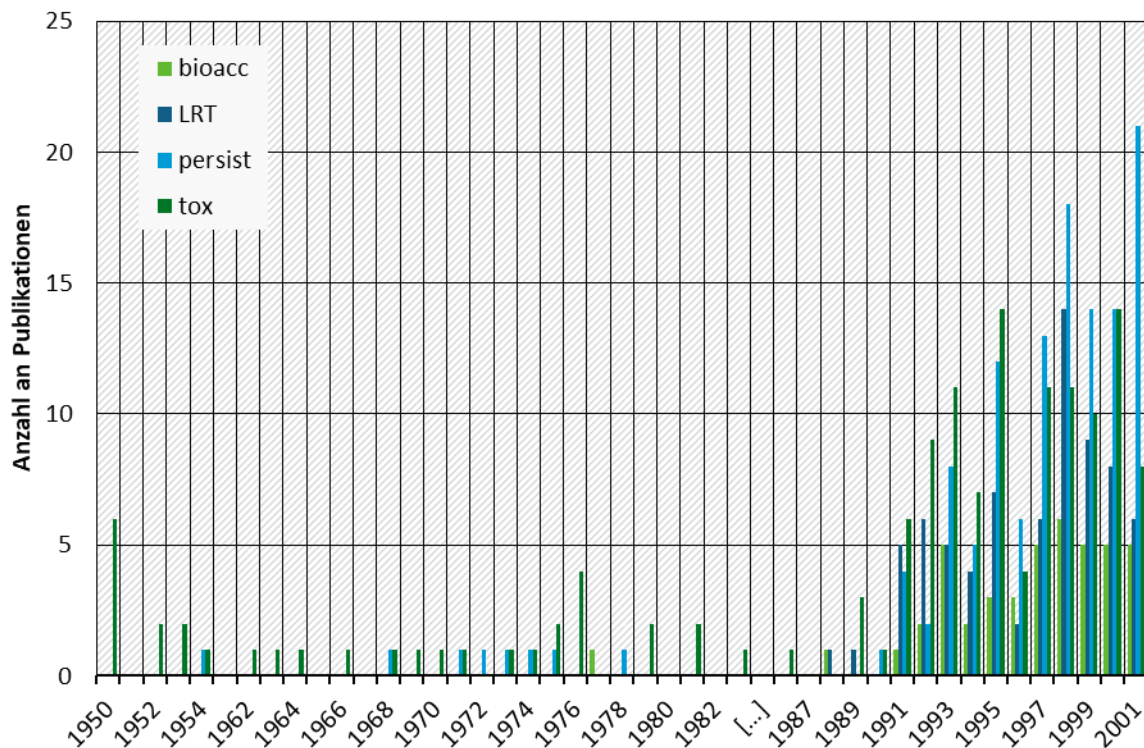


Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.



#### 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 4: 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90086-8">https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90086-8</a>                                                                                                                                      | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90066-W">https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90066-W</a> | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)90234-8">https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)90234-8</a>                                                | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O</a>                                                                                                                                               | 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. <a href="https://doi.org/10.1139/f77-010">https://doi.org/10.1139/f77-010</a>                                                                                           | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/S0380-1330(92)71333-1">https://doi.org/10.1016/S0380-1330(92)71333-1</a>                                                                                                                                    | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90086-8">https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90086-8</a>                                                                                                                                      | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90066-W">https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90066-W</a> | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/S0380-1330(91)71373-7">https://doi.org/10.1016/S0380-1330(91)71373-7</a>                                                                                                                                             | 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. <a href="https://doi.org/10.1021/es00174a012">https://doi.org/10.1021/es00174a012</a>                                                                                                                                                    | 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. <a href="https://doi.org/10.1029/91GB01778">https://doi.org/10.1029/91GB01778</a> | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O</a>                                                                                                                                                                                          | 171 |

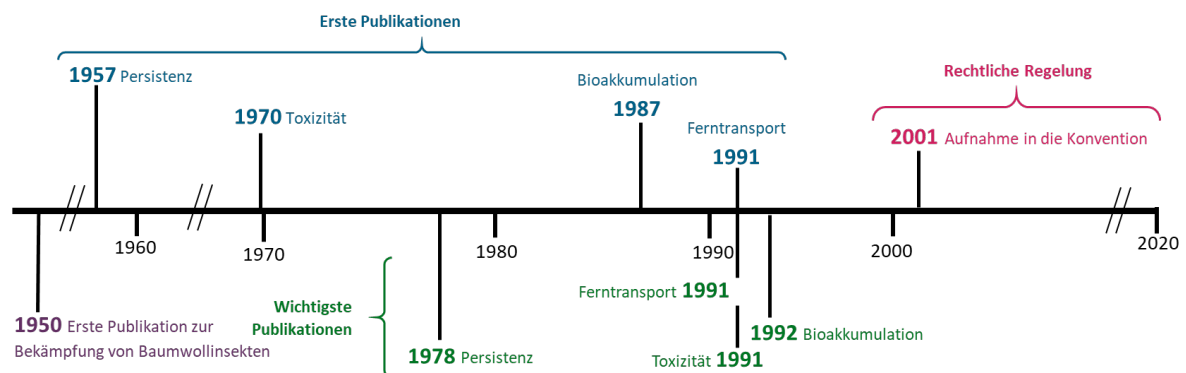
### 1.1.1.3 Datenblatt Dieldrin

Tabelle 5: Grundinformationen zu Dieldrin

| Dieldrin          |                                                                                                                           |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name        | (1aR,2R,2aS,3S,6R,6aR,7S,7aS)-3,4,5,6,9,9-hexachloro-1a,2,2a,3,6,6a,7,7a-octahydro-2,7:3,6-dimethanonaphtho[2,3-b]oxirene |
| Chemische Formel  | C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub> O                                                                          |
| CAS Nr            | 60-57-1                                                                                                                   |
| Jahr der Aufnahme | 2001                                                                                                                      |
| Verwendung        | Insektizid                                                                                                                |

### Abbildung 5: Zeitreihe zu Dieldrin

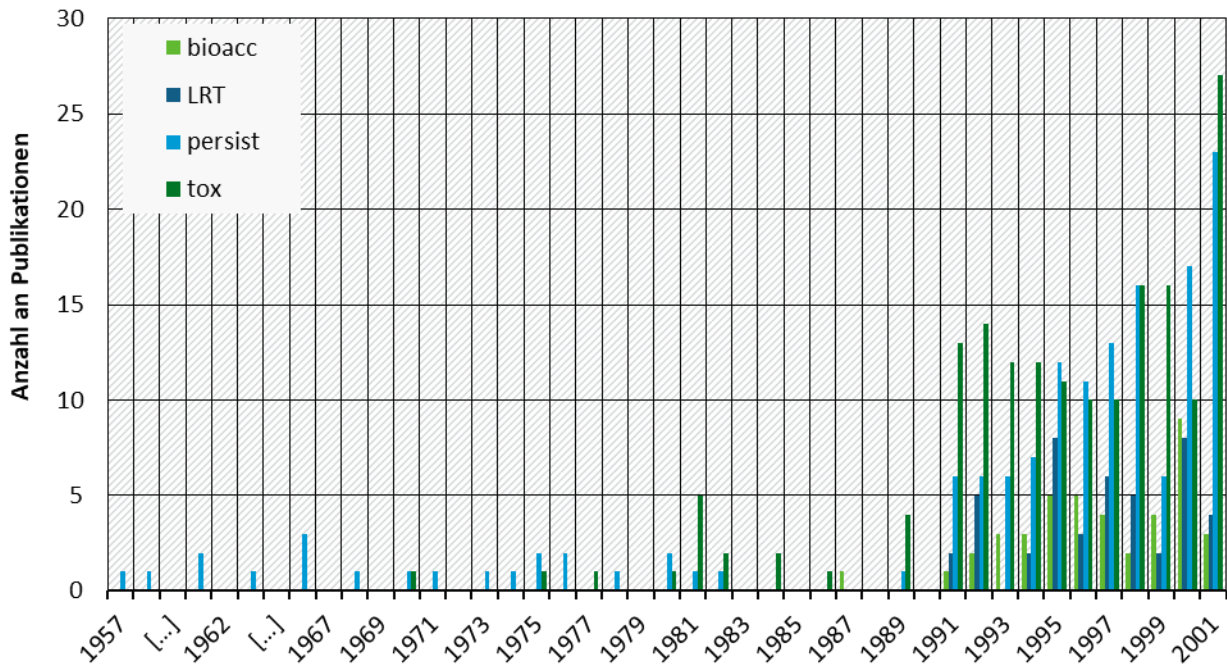
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention



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

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

Die Zeitreihe (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Wie in der Zeitreihe ersichtlich, erstrecken sich die jeweils ersten Publikationen zu den vier POP-Kriterien über einen Zeitraum von 35 Jahren.

Die am häufigsten referenzierte Quelle mit Hinweisen auf die Persistenz von Dieldrin ist im Jahr 1978 erschienen (Gellert, 1978). Dieselbe Studie wurde auch als wichtigste Quelle für die Persistenz von Aldrin gefunden. Während allerdings die wichtigen Publikationen zur Toxizität und dem Langstreckentransportpotential von Aldrin in jeweils 1955 und 1974 veröffentlicht wurden, sind die wichtigen Studien für diese Eigenschaften bei Dieldrin von 1991 (Chandler & Scott, 1991; Duce et al., 1991). Überhaupt gibt es ab dem Jahr 1991 für alle POP-Eigenschaften jährlich mehr als eine Publikation. Fast alle unten genannten Stoffreferenzen sind in den 1990er Jahren erschienen. Nur die Referenzen zur Persistenz sind Studien, die spezifisch Dieldrin im Fokus hatten (Burchfiel et al., 1976; Gellert, 1978). Die in 1991 veröffentlichte erste Studie zum Ferntransport von Dieldrin wurde direkt die wichtigste (am häufigsten zitierte) Studie zu dieser Eigenschaft (Duce et al., 1991). Allerdings handelt es sich um eine Review-Studie, die nicht nur Dieldrin in den Blick nimmt, sondern wie schon bei Chlordan organische (PCBs, Organochlorverbindungen, Polyaromaten) und anorganische (Quecksilber und Cadmium) Schadstoffkonzentrationen beschreibt.

Sowohl der Publikationsverlauf als auch die spezifischen Stoffreferenzen legen nahe, dass Dieldrin schnell der Gruppe der Chlorkohlenwasserstoffe zugeteilt und dann nicht mehr individuell, sondern stattdessen als einer von mehreren Chlorkohlenwasserstoffen untersucht wurde.



**Tabelle 6: Spezifische Stoffreferenzen zu Dieldrin**

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. <a href="https://doi.org/10.1016/0013-9351(78)90150-0">https://doi.org/10.1016/0013-9351(78)90150-0</a>                                                                                                                                                              | 98  |
|                 | Burchfiel, J. L., Duffy, F. H., & Sim, V. M. (1976). Persistent effects of sarin and dieldrin upon the primate electroencephalogram. <i>Toxicology and Applied Pharmacology</i> , 35(2), 365–379. <a href="https://doi.org/10.1016/0041-008X(76)90296-9">https://doi.org/10.1016/0041-008X(76)90296-9</a>                                                                                                                                                                                                   | 66  |
|                 | Muir, D. C. G., Grift, N. P., Lockhart, W. L., Wilkinson, P., Billeck, B. N., & Brunskill, G. J. (1995). Spatial trends and historical profiles of organochlorine pesticides in Arctic lake sediments. <i>Science of the Total Environment</i> , 160–161(C), 447–457. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04378-E">https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04378-E</a>                                                                                                                               | 49  |
| Bioakkumulation | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/S0380-1330(92)71333-1">https://doi.org/10.1016/S0380-1330(92)71333-1</a>                                                                                                                                                                               | 34  |
|                 | De Vault, D. S., Hesselberg, R., Rodgers, P. W., & Feist, T. J. (1996). Contaminant trends in Lake Trout and walleye from the Laurentian Great Lakes. <i>Journal of Great Lakes Research</i> , 22(4), 884–895. <a href="https://doi.org/10.1016/S0380-1330(96)71009-2">https://doi.org/10.1016/S0380-1330(96)71009-2</a>                                                                                                                                                                                    | 31  |
|                 | Kucklick, J. R., Harvey, H. R., Ostrom, P. H., Ostrom, N. E., & Baker, J. E. (1996). Organochlorine dynamics in the pelagic food web of Lake Baikal. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 15(8), 1388–1400. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620150819">https://doi.org/10.1002/etc.5620150819</a>                                                                                                                                                                                          | 26  |
| Toxizität       | Chandler, G. T., & Scott, G. I. (1991). Effects of sediment-bound endosulfan on survival, reproduction and larval settlement of meiobenthic polychaetes and copepods. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 10(3), 375–382. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620100310">https://doi.org/10.1002/etc.5620100310</a>                                                                                                                                                                           | 38  |
|                 | Casida, J. E. (1993). Insecticide action at the GABA-gated chloride channel: Recognition, progress, and prospects. <i>Archives of Insect Biochemistry and Physiology</i> , 22(1–2), 13–23. <a href="https://doi.org/10.1002/arch.940220104">https://doi.org/10.1002/arch.940220104</a>                                                                                                                                                                                                                      | 33  |
|                 | Hough-Goldstein, J., & Keil, C. B. (1991). Prospects for Integrated Control of the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Using Perillus Bioculatus (Hemiptera: Pentatomidae) and Various Pesticides. <i>Journal of Economic Entomology</i> , 84(6), 1645–1651. <a href="https://doi.org/10.1093/jee/84.6.1645">https://doi.org/10.1093/jee/84.6.1645</a>                                                                                                                                       | 32  |
| LRT             | 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. <a href="https://doi.org/10.1029/91GB01778">https://doi.org/10.1029/91GB01778</a> | 281 |
|                 | 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. <i>Environmental Science and Technology</i> , 26(2), 266–275. <a href="https://doi.org/10.1021/es00026a005">https://doi.org/10.1021/es00026a005</a>                                                                                                                                                                      | 152 |
|                 | Hargrave, B. T., Harding, G. C., Vass, W. P., Erickson, P. E., Fowler, B. R., & Scott, V. (1992). Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in the Arctic Ocean food web. <i>Archives of Environmental Contamination and Toxicology</i> , 22(1), 41–54. <a href="https://doi.org/10.1007/BF00213301">https://doi.org/10.1007/BF00213301</a>                                                                                                                                                   | 82  |

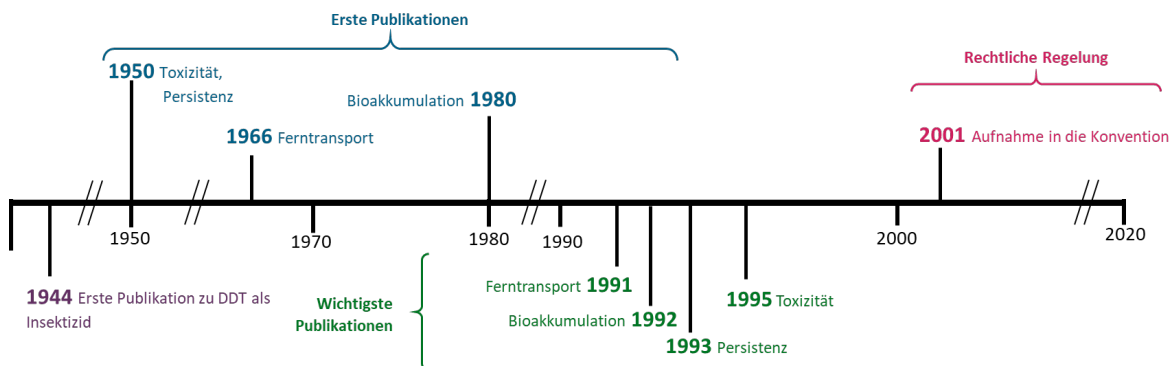
#### 1.1.1.4 Datenblatt Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT)

**Tabelle 7: Grundinformationen zu DDT**

| Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) |                                                             |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name                         | 1-chloro-4-[2,2,2-trichloro-1-(4-chlorophenyl)ethyl]benzene |
| Chemische Formel                   | C <sub>14</sub> H <sub>9</sub> Cl <sub>5</sub>              |
| CAS Nr.                            | 50-29-3                                                     |
| Jahr der Aufnahme                  | 2001                                                        |
| Verwendung                         | Insektizid, z.B. Malariabekämpfung                          |

**Abbildung 7: Zeitreihe zu DDT**

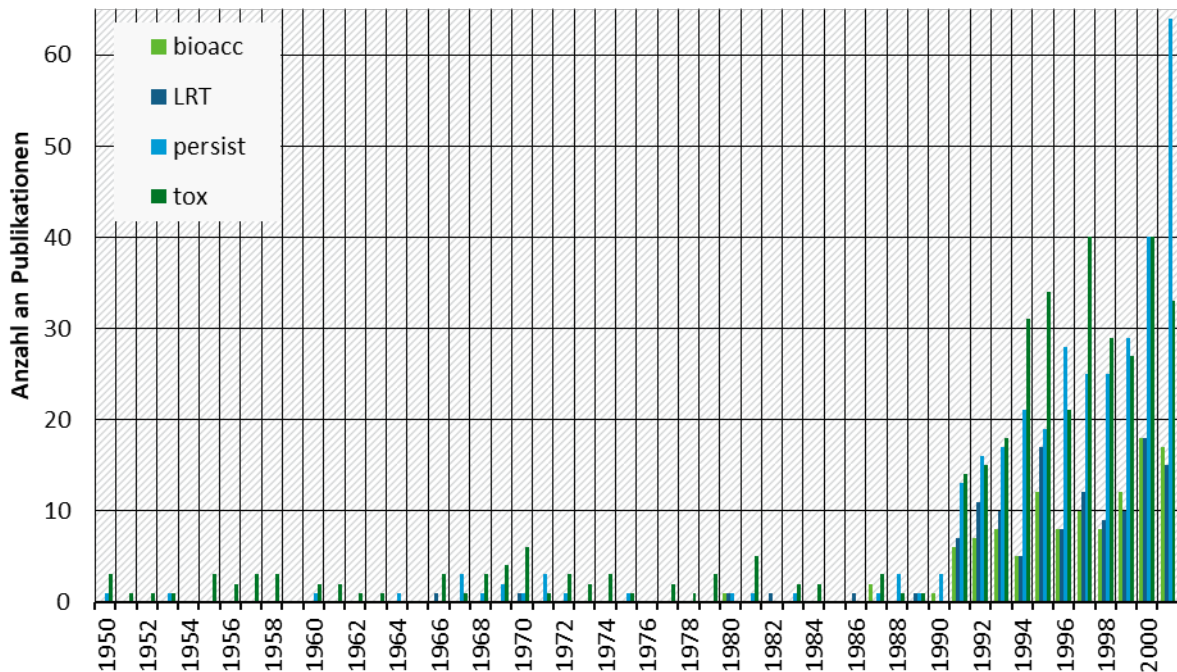
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention.



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

### Abbildung 8: Anzahl an Publikationen zu DDT in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Drei Merkmale lassen sich in der Darstellung des Publikationsverlaufs beobachten: In allen Jahren überwiegen die Referenzen zu Toxizität und Persistenz; wie für die meisten der ersten zwölf POPs ist das Jahr 1991 ein zeitlicher Umschlagspunkt in Bezug auf die Anzahl der Publikationen, und die Anzahl steigt bis auf über 60 Referenzen je Eigenschaft jährlich an. Für viele andere Stoffe sind max. 30 Publikationen pro Jahr und Eigenschaft üblich.

Die spezifischen Referenzen stellen nur in Teilen tatsächliche Meilenstein-Publikationen im Hinblick auf den Erkenntnisgewinn zu den POP-Eigenschaften von DDT dar: Nur drei der zwölf Studien sprechen DDT als Substanz im Titel an (Woodwell et al., 1967; Thorpe & Walker, 1973; Kelce et al., 1995). Die anderen beschäftigen sich mit Organochlorverbindungen, arktischen oder marinen Schadstoffkonzentrationen bestimmter Stoffgruppen im Allgemeinen. Mit Ausnahme der Toxizitätsstudie von Thorpe und Walker (1973) und einer Persistenzstudie von Woodwell et al. (1967), die spezifische Studien für DDT darstellen, sind alle anderen spezifischen Referenzen aus dem Zeitraum 1991-1995, was gut mit dem Publikationsverlauf übereinstimmt.

Kelce et al. (1995) ist mit 366 Zitationen vor dem Jahr der Aufnahme in die Konvention die am häufigsten zitierte Studie, die DDT-spezifisch ist. Es handelt sich um ein (öko-)toxikologisches Experiment, dass den Wirkmechanismus von DDT-Metaboliten in Ratten im Hinblick auf Unregelmäßigkeiten bei der Entwicklung von männlichen Geschlechtsmerkmalen erklären soll.

**Tabelle 8: Spezifische Stoffreferenzen zu DDT**

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      | Wolff, M. S., Toniolo, P. G., Lee, E. W., Rivera, M., & Dubin, N. (1993). Blood levels of organochlorine residues and risk of breast cancer. <i>Journal of the National Cancer Institute</i> , 85(8), 648–652. <a href="https://doi.org/10.1093/jnci/85.8.648">https://doi.org/10.1093/jnci/85.8.648</a>                                                                                                                                                                                                    | 390 |
|                 | Kelce, W. R., Stone, C. R., Laws, S. C., Gray, L. E., Kempainen, J. A., & Wilson, E. M. (1995). Persistent DDT metabolite p,p'-DDE is a potent androgen receptor antagonist. <i>Nature</i> , 375(6532), 581–585. <a href="https://doi.org/10.1038/375581a0">https://doi.org/10.1038/375581a0</a>                                                                                                                                                                                                            | 366 |
|                 | Woodwell, G. M., Wurster Jr., C. F., & Isaacson, P. A. (1967). DDT residues in an east coast estuary: A case of biological concentration of a persistent insecticide. <i>Science</i> , 156(3776), 821–824. <a href="https://doi.org/10.1126/science.156.3776.821">https://doi.org/10.1126/science.156.3776.821</a>                                                                                                                                                                                          | 185 |
| 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O</a>                                                                                                                                                                                          | 171 |
|                 | Randall, R. C., Lee, H., Ozretich, R. J., Lake, J. L., & Pruell, R. J. (1991). Evaluation of selected lipid methods for normalizing pollutant bioaccumulation. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 10(11), 1431–1436. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620101108">https://doi.org/10.1002/etc.5620101108</a>                                                                                                                                                                               | 47  |
|                 | Bruner, K. A., Fisher, S. W., & Landrum, P. F. (1994). The Role of the Zebra Mussel, <i>Dreissena polymorpha</i> , In Contaminant Cycling: II. Zebra Mussel Contaminant Accumulation from Algae and Suspended Particles, and Transfer to the Benthic Invertebrate, <i>Gammarus fasciatus</i> . <i>Journal of Great Lakes Research</i> , 20(4), 735–750. <a href="https://doi.org/10.1016/S0380-1330(94)71191-6">https://doi.org/10.1016/S0380-1330(94)71191-6</a>                                           | 40  |
| Toxizität       | Long, E. R., Macdonald, D. D., Smith, S. L., & Calder, F. D. (1995). Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. <i>Environmental Management</i> , 19(1), 81–97. <a href="https://doi.org/10.1007/BF02472006">https://doi.org/10.1007/BF02472006</a>                                                                                                                                                                                | 234 |
|                 | Thorpe, E., & Walker, A. I. T. (1973). The toxicology of dieldrin (HEOD). II. Comparative long-term oral toxicity studies in mice with dieldrin, DDT, phenobarbitone, $\beta$ -BHC and $\gamma$ -BHC. <i>Food and Cosmetics Toxicology</i> , 11(3), 433–442. <a href="https://doi.org/10.1016/0015-6264(73)90008-4">https://doi.org/10.1016/0015-6264(73)90008-4</a>                                                                                                                                        | 162 |
|                 | Ahlborg, U. G., Lipworth, L., Titus-Ernstoff, L., Hsieh, C.-C., Hanberg, A., Baron, J., Trichopoulos, D., & Adami, H.-O. (1995). Organochlorine compounds in relation to breast cancer, endometrial cancer, and endometriosis: An assessment of the biological and epidemiological evidence. <i>Critical Reviews in Toxicology</i> , 25(6), 463–531. <a href="https://doi.org/10.3109/10408449509017924">https://doi.org/10.3109/10408449509017924</a>                                                      | 88  |
| LRT             | 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. <a href="https://doi.org/10.1029/91GB01778">https://doi.org/10.1029/91GB01778</a> | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O</a>                                                                                                                                                                                          | 171 |
|                 | 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. <i>Environmental Science and Technology</i> , 26(2), 266–275. <a href="https://doi.org/10.1021/es00026a005">https://doi.org/10.1021/es00026a005</a>                                                                                                                                                                      | 152 |



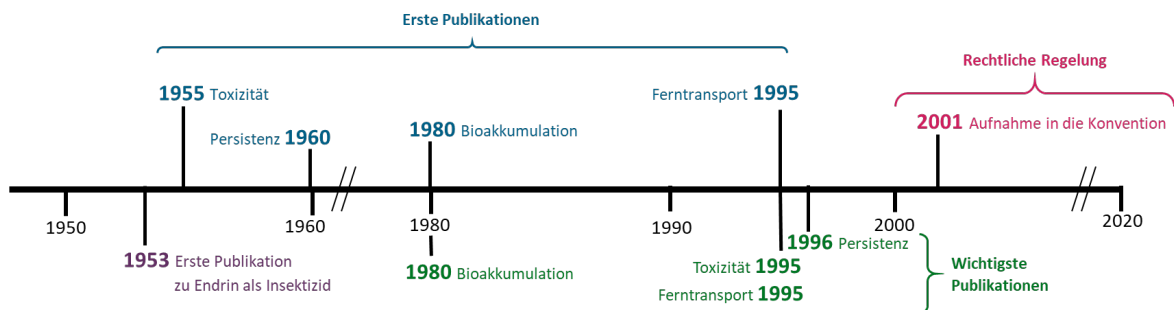
### 1.1.1.5 Datenblatt Endrin

**Tabelle 9: Grundinformationen zu Endrin**

| Endrin            |                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name        | (1 <i>R</i> ,2 <i>S</i> ,3 <i>R</i> ,6 <i>S</i> ,7 <i>R</i> ,8 <i>S</i> ,9 <i>S</i> ,11 <i>R</i> )-3,4,5,6,13,13-Hexachloro-10-oxapentacyclo[6.3.1.1 <sup>3,6</sup> .0 <sup>2,7</sup> .0 <sup>9,11</sup> ]tridec-4-ene |
| Chemische Formel  | C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub> O                                                                                                                                                                       |
| CAS Nr.           | 72-20-8                                                                                                                                                                                                                |
| Jahr der Aufnahme | 2001                                                                                                                                                                                                                   |
| Verwendung        | Pestizid, Rodentizid, Avizid, Piscizid                                                                                                                                                                                 |

**Abbildung 9: Zeitreihe zu Endrin**

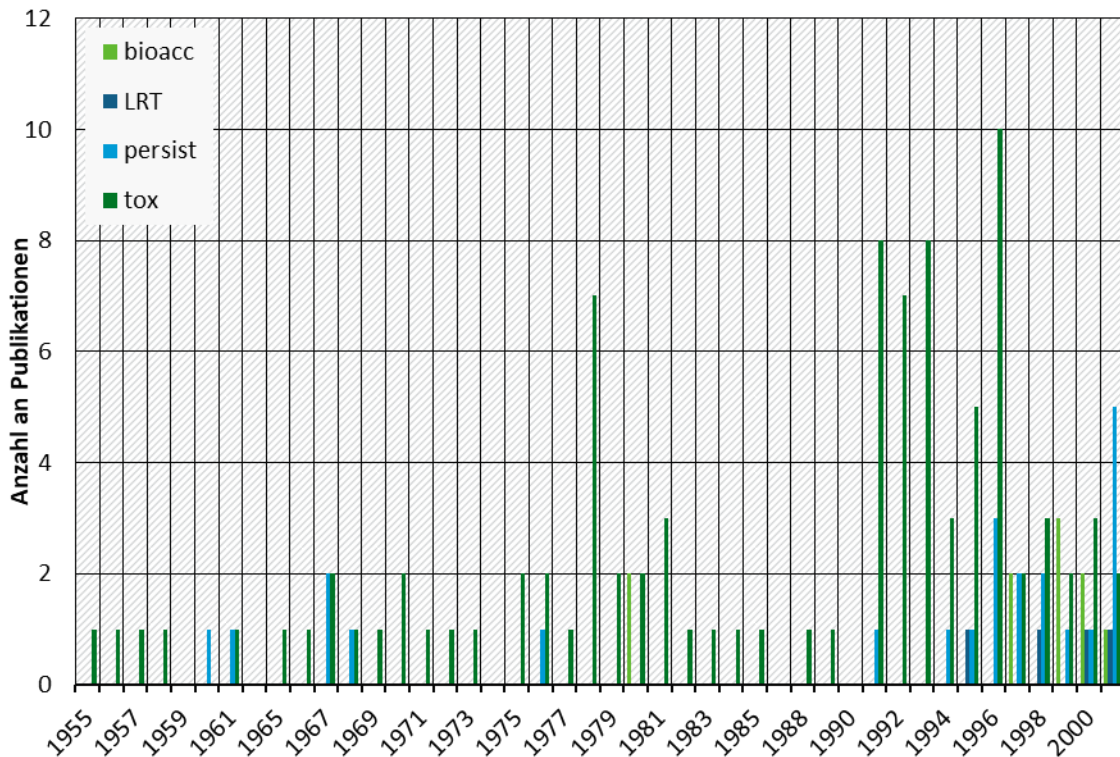
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention.



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

### Abbildung 10: Anzahl an Publikationen zu Endrin in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Zu Endrin gibt es insgesamt wenige Publikationen, z.B. verglichen mit DDT. Außerdem sind die spezifischen Stoffreferenzen im Vergleich nur selten querreferenziert. Endrin ist in seiner Struktur ähnlich zu Aldrin, Diendrin, Chlordan, usw. Möglicherweise war kein so hoher Erkenntnisbedarf vorhanden, da Überblicksstudien zur gesamten Gruppe der chlorierten Cyclodiene bereits die notwendige Erkenntnis lieferten. Aufgrund der Strukturähnlichkeit wurde ein ähnliches Verhalten angenommen.

Die ersten Studien zu Bioakkumulation und Ferntransportpotential waren gleichzeitig auch die am häufigsten referenzierten, auch wenn es in Zahlen jeweils nur wenige Zitationen sind (Anderson & DeFoe, 1980; Standley & Sweeney, 1995). Anderson und DeFoe (1980) fanden, dass die Akkumulation von Endrin (und Methoxychlor) in einer Fliegenart 350 bis 1.150 Mal höher war als die Wasserkonzentration im Testsystem. Bei Schnecken lag dieser Faktor zwischen 5.000 und 8.600. Gemäß Standley und Sweeney (1995) konnten relevante Mengen an Organochlorpestiziden (12 Substanzen, darunter Endrin, in Fliegen und der Pflanzenwelt in ungestörten tropischen Waldgebieten nachgewiesen werden. Erklärbare Quelle ist nur der atmosphärische Transport.

**Tabelle 10: Spezifische Stoffreferenzen zu Endrin**

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      | Jenssen, B. M., Skaare, J. U., Ekker, M., Vongraven, D., & Lorentsen, S.-H. (1996). Organochlorine compounds in blubber, liver and brain in neonatal grey seal pups. <i>Chemosphere</i> , 32(11), 2115–2125. <a href="https://doi.org/10.1016/0045-6535(96)00130-0">https://doi.org/10.1016/0045-6535(96)00130-0</a>                                                                                                                                  | 15  |
|                 | Mora, M. A., & Anderson, D. W. (1991). Seasonal and geographical variation of organochlorine residues in birds from Northwest Mexico. <i>Archives of Environmental Contamination and Toxicology</i> , 21(4), 541–548. <a href="https://doi.org/10.1007/BF01183876">https://doi.org/10.1007/BF01183876</a>                                                                                                                                             | 14  |
|                 | Tate, C. M., & Heiny, J. S. (1996). Organochlorine compounds in bed sediment and fish tissue in the South Platte River Basin, USA, 1992-1993. <i>Archives of Environmental Contamination and Toxicology</i> , 30(1), 62–78. <a href="https://doi.org/10.1007/BF00211330">https://doi.org/10.1007/BF00211330</a>                                                                                                                                       | 13  |
| Bioakkumulation | Anderson, R. L., & DeFoe, D. L. (1980). Toxicity and bioaccumulation of endrin and methoxychlor in aquatic invertebrates and fish. <i>Environmental Pollution, Series A</i> , 22(2), 111–121. <a href="https://doi.org/10.1016/0143-1471(80)90187-7">https://doi.org/10.1016/0143-1471(80)90187-7</a>                                                                                                                                                 | 13  |
|                 | McLeese, D. W., Metcalfe, C. D., & Pezzack, D. S. (1980). Bioaccumulation of chlorobiphenyls and endrin from food by lobsters ( <i>Homarus americanus</i> ). <i>Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology</i> , 25(1), 161–168. <a href="https://doi.org/10.1007/BF01985505">https://doi.org/10.1007/BF01985505</a>                                                                                                                      | 11  |
|                 | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/S0043-1354(96)00210-2">https://doi.org/10.1016/S0043-1354(96)00210-2</a>                                                                                                         | 5   |
| Toxizität       | Bagchi, D., Bagchi, M., Hassoun, E. A., & Stohs, S. J. (1995). In vitro and in vivo generation of reactive oxygen species, DNA damage and lactate dehydrogenase leakage by selected pesticides. <i>Toxicology</i> , 104(1–3), 129–140. <a href="https://doi.org/10.1016/0300-483X(95)03156-A">https://doi.org/10.1016/0300-483X(95)03156-A</a>                                                                                                        | 56  |
|                 | Reynoldson, T. B., Thompson, S. P., & Bamsey, J. L. (1991). A sediment bioassay using the tubificid oligochaete worm <i>Tubifex tubifex</i> . <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 10(8), 1061–1072. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620100811">https://doi.org/10.1002/etc.5620100811</a>                                                                                                                                           | 42  |
|                 | Bagchi, M., Hassoun, E. A., Bagchi, D., & Stohs, S. J. (1993). Production of reactive oxygen species by peritoneal macrophages and hepatic mitochondria and microsomes from endrin-treated rats. <i>Free Radical Biology and Medicine</i> , 14(2), 149–155. <a href="https://doi.org/10.1016/0891-5849(93)90005-F">https://doi.org/10.1016/0891-5849(93)90005-F</a>                                                                                   | 39  |
| LRT             | 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. <a href="https://doi.org/10.2307/1467723">https://doi.org/10.2307/1467723</a>                                                                                            | 5   |
|                 | Wolkers, H., Burkow, I. C., Lydersen, C., & Witkamp, R. F. (2000). Chlorinated pesticide concentrations, with an emphasis on polychlorinated camphenes (toxaphenes), in relation to cytochrome P450 enzyme activities in harp seals ( <i>Phoca groenlandica</i> ) from the Barents Sea. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 19(6), 1632–1637. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620190621">https://doi.org/10.1002/etc.5620190621</a> | 1   |
|                 | Falandysz, J., Strandberg, B., Strandberg, L., Bergqvist, P.-A., & Rappe, C. (1998). Concentrations and spatial distribution of chlordanes and some other cyclodiene pesticides in Baltic plankton. <i>Science of the Total Environment</i> , 215(3), 253–258. <a href="https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00127-2">https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00127-2</a>                                                                              | 1   |

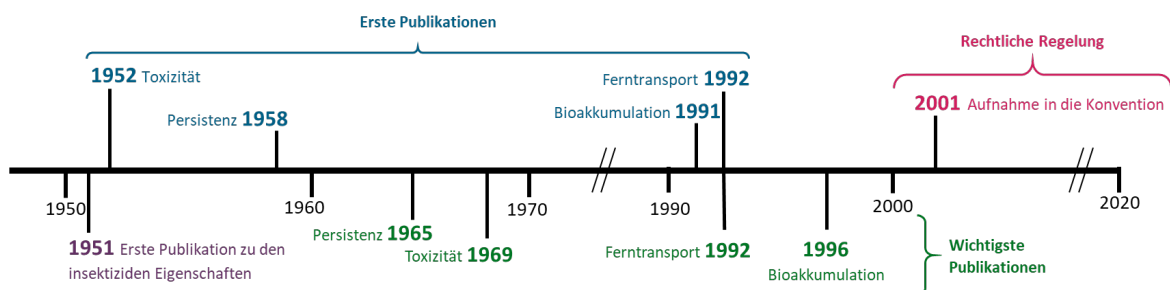
### 1.1.1.6 Datenblatt Heptachlor

**Tabelle 11: Grundinformationen zu Heptachlor**

| Heptachlor        |                                                                               |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name        | 1,4,5,6,7,8,8-Heptachloro-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methano-1 <i>H</i> -indene |
| Chemische Formel  | C <sub>10</sub> H <sub>5</sub> Cl <sub>7</sub>                                |
| CAS Nr.           | 76-44-8                                                                       |
| Jahr der Aufnahme | 2001                                                                          |
| Verwendung        | Insektizid, Termitizid, u.a. Malariabekämpfung                                |

**Abbildung 11: Zeitreihe zu Heptachlor**

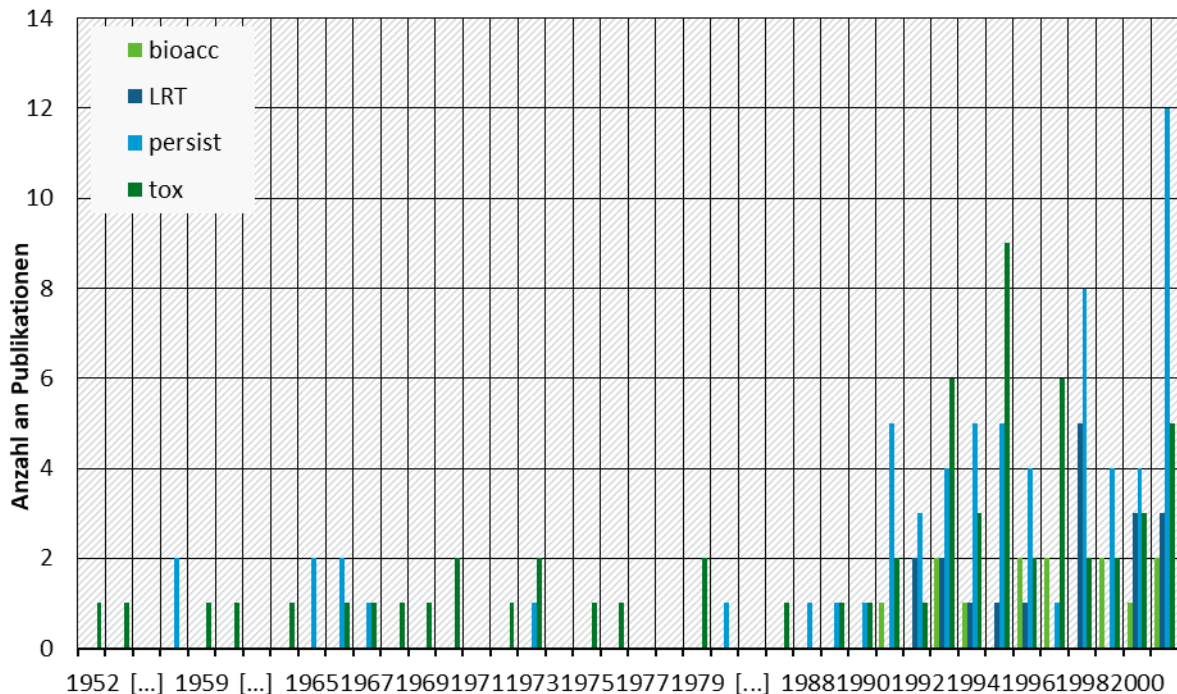
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention



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

## Abbildung 12: Anzahl an Publikationen zu Heptachlor in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Kurz nach der ersten Publikation überhaupt (Rogoff & Metcalf, 1951) wurden zwei Jahre später bereits erste Funde zur Toxizität der Substanz publiziert (Radomski & Davidow, 1953). Die Studie von Radomski und Davidow wurde in der Analyse der spezifischen Stoffreferenzen auch als eine der wichtigen Studien im Hinblick auf Zitationen identifiziert.

Es blieb über knapp 40 Jahre bei einzelnen Publikationen zur Toxizität und Persistenz, die 1958 zuerst wissenschaftlich festgestellt wurde (Lichtenstein & Medler, 1958; Young & Rawlins, 1958). Eine weitere Publikation von Lichtenstein & Schulz (1965) ist die am häufigsten in Bezug auf die Persistenz von Heptachlor zitierte.

Wie auch für einige weitere Stoffe aus dem „Dreckigen Dutzend“ finden sich unter den spezifischen Referenzen nur wenige, die auf Heptachlor im Titel verweisen (nur drei von zwölf). Außerdem wurden diese Studien bis zur Aufnahme in die Konvention nur mittelmäßig häufig referenziert. Es lässt sich keine klare Meilensteinpublikation für Heptachlor identifizieren.



**Tabelle 12: Spezifische Stoffreferenzen zu Heptachlor**

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      | 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. <a href="https://doi.org/10.1021/jf60137a018">https://doi.org/10.1021/jf60137a018</a>                                                                                                                           | 76  |
|                 | Kannan, K., Tanabe, S., Ramesh, A., Tatsukawa, R., & Subramanian, A. (1992). Persistent Organochlorine Residues in Foodstuffs from India and Their Implications on Human Dietary Exposure. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> , 40(3), 518–524. <a href="https://doi.org/10.1021/jf00015a032">https://doi.org/10.1021/jf00015a032</a>                                                                                                             | 44  |
|                 | Bishop, C. A., Koster, M. D., Chek, A. A., Hussell, D. J. T., & Jock, K. (1995). Chlorinated hydrocarbons and mercury in sediments, red-winged blackbirds ( <i>Agelaius phoeniceus</i> ) and tree swallows ( <i>Tachycineta bicolor</i> ) from wetlands in the Great Lakes–St. Lawrence River Basin. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 14(3), 491–501. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620140319">https://doi.org/10.1002/etc.5620140319</a> | 30  |
| Bioakkumulation | Van der Oost, R., Opperhuizen, A., Satumalay, K., Heida, H., & Vermeulen, N. P. E. (1996). Biomonitoring aquatic pollution with feral eel ( <i>Anguilla anguilla</i> ) I. Bioaccumulation: Biota-sediment ratios of PCBs, OCPs, PCDDs and PCDFs. <i>Aquatic Toxicology</i> , 35(1), 21–46. <a href="https://doi.org/10.1016/0166-445X(96)00002-1">https://doi.org/10.1016/0166-445X(96)00002-1</a>                                                               | 12  |
|                 | Wilcock, R. J., Pridmore, R. D., Thrush, S. F., Cummings, V. J., Hewitt, J. E., & Smith, T. J. (1993). Bioaccumulation and elimination of chlordane by selected intertidal benthic fauna. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 12(4), 733–742. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620120415">https://doi.org/10.1002/etc.5620120415</a>                                                                                                            | 12  |
|                 | Ayas, Z., Barlas, N., & Kolankaya, D. (1997). Determination of organochlorine pesticide residues in various environments and organisms in Goksu Delta, Turkey. <i>Aquatic Toxicology</i> , 39(2), 171–181. <a href="https://doi.org/10.1016/S0166-445X(96)00849-1">https://doi.org/10.1016/S0166-445X(96)00849-1</a>                                                                                                                                             | 7   |
| Toxizität       | Weatherholtz, W. M., Campbell, T. C., & Webb, R. E. (1969). Effect of dietary protein levels on the toxicity and metabolism of heptachlor. <i>The Journal of Nutrition</i> , 98(1), 90–94. <a href="https://doi.org/10.1093/jn/98.1.90">https://doi.org/10.1093/jn/98.1.90</a>                                                                                                                                                                                   | 52  |
|                 | Grimes, D. J., & Morrison, S. M. (1975). Bacterial bioconcentration of chlorinated hydrocarbon insecticides from aqueous systems. <i>Microbial Ecology</i> , 2(1), 43–59. <a href="https://doi.org/10.1007/BF02010380">https://doi.org/10.1007/BF02010380</a>                                                                                                                                                                                                    | 42  |
|                 | Radomski, J. L., & Davidow, B. (1953). The metabolite of heptachlor, its estimation storage, and toxicity. <i>The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics</i> , 107(3), 266–272.                                                                                                                                                                                                                                                                   | 40  |
| LRT             | 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. <i>Environmental Science and Technology</i> , 26(2), 276–283. <a href="https://doi.org/10.1021/es00026a006">https://doi.org/10.1021/es00026a006</a>                                                                                                                | 94  |
|                 | Buser, H.-R., & Müller, M. D. (1993). Enantioselective Determination of Chlordane Components, Metabolites, and Photoconversion Products in Environmental Samples Using Chiral High-Resolution Gas Chromatography and Mass Spectrometry. <i>Environmental Science and Technology</i> , 27(6), 1211–1220. <a href="https://doi.org/10.1021/es00043a023">https://doi.org/10.1021/es00043a023</a>                                                                    | 63  |
|                 | Jantunen, L. M. M., & Bidleman, T. F. (1998). Organochlorine pesticides and enantiomers of chiral pesticides in Arctic Ocean water. <i>Archives of Environmental Contamination and Toxicology</i> , 35(2), 218–228. <a href="https://doi.org/10.1007/s002449900370">https://doi.org/10.1007/s002449900370</a>                                                                                                                                                    | 22  |

### 1.1.1.7 Datenblatt Hexachlorbenzol (HCB)

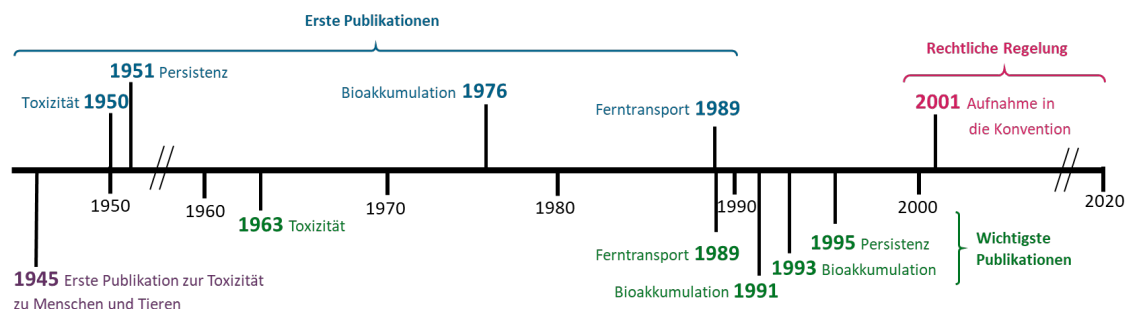
Bei der Recherche nach Publikationen zu Hexachlorbenzol war auch der Suchbegriff „benzene hexachloride“ verwendet worden. Tatsächlich wurde dieser Name in der älteren Literatur aber fast ausschließlich als Bezeichnung für Hexachlorcyclohexan verwendet, nicht für Hexachlorbenzol (CAS-Nr. 118-74-1). Der Fehler wurde leider erst unmittelbar vor Publikation des Berichts bemerkt und konnte u.a. in den Abbildungen nicht mehr korrigiert werden. Es wurden aber direkte Verweise in Text und Tabellen auf Publikationen zu „benzene hexachloride“ aus diesem Abschnitt zu Hexachlorbenzol herausgenommen und fallweise durch das Ergebnis einer nachträglichen Recherche in der Datenbank *Scopus*<sup>1</sup> ersetzt.

**Tabelle 13: Grundinformationen zu HCB**

| Hexachlorbenzol (HCB) |                                                           |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------|
| IUPAC Name            | Hexachlorobenzene                                         |
| Chemische Formel      | C <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>                            |
| CAS Nr.               | 118-74-1                                                  |
| Jahr der Aufnahme     | 2001                                                      |
| Verwendung            | Fungizid, Industriechemikalie, unbeabsichtigte Produktion |

**Abbildung 13: Zeitreihe zu HCB**

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.



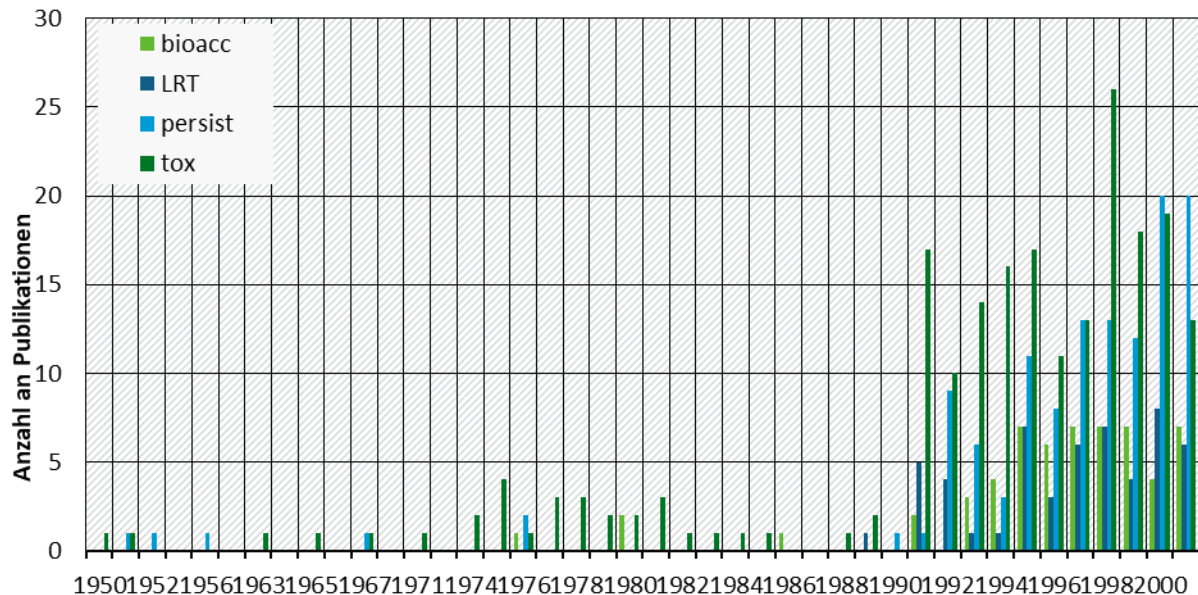
Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

<sup>1</sup> <https://www.scopus.com/> (Scopus, o. J.)



#### Abbildung 14: Anzahl an Publikationen zu HCB in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Im Verlauf des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns wurde zuerst die Toxizität (Melis, 1955), dann knapp zwei Jahrzehnte später die Persistenz (Harrison, 1973; Beck & Hansen, 1974) und Bioakkumulation (Isensee et al., 1976) sowie recht kurz danach bereits das Fernstreckentransportpotenzial (Ballschmiter & Zell, 1980; Zell & Ballschmiter, 1980) untersucht. Prinzipiell entspricht dies einem Muster in der zeitlichen Abfolge, wie es auch für viele weitere POPs gefunden wurde. Die wichtigsten Publikationen gemessen an der Häufigkeit der Zitationen bis zur Aufnahme in die Konvention sind in den 1990er Jahren erschienen, auch das ist typisch für die ersten zwölf POPs.

Die meist zitierten Studien zur Humantoxizität nehmen Bezug auf eine Vergiftung von mehreren Tausend Menschen in der Türkei 1957 durch den Verzehr von Getreide, das eigentlich als Saatgut vorgesehen und mit Hexachlorbenzol gebeizt war. Hier wurde zuerst von Cam & Nigogosyan (1963) der Zusammenhang zwischen dieser Belastung und einem Krankheitsgeschehen mit massenhaftem Auftreten einer bestimmten Form der Porphyrie dargestellt. In anderen häufig referenzierten Studien wurde die dioxinähnliche Toxizität von Hexachlorbenzol untersucht. Im Vergleich zu anderen POPs ist es untypisch, dass eine Studie mit „frühem“ Veröffentlichungsjahr als wichtigste identifiziert wurde.

Mit den Untersuchungen von Beck & Hansen (1974) zur Persistenz der Chlorbenzole einschließlich Hexachlorbenzol gibt es unter den spezifischen Stoffreferenzen eine weitere oft zitierte „frühe“ Studie, die die POP-Eigenschaften im Fokus hat. Die Darstellung des Publikationsverlaufs zeigt für HCB jedoch insgesamt gesehen keine Abweichungen vom typischen Muster, d.h. einzelne Studien pro Jahr bis 1990, ab dann einen starken Anstieg, sodass sich trotz der oft referenzierten frühen Studien kein genereller Unterschied im Erkenntnisgewinn erkennen lässt.

**Tabelle 14: Spezifische Stoffreferenzen zu HCB**

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      | Iwata, H., Tanabe, S., Ueda, K., & Tatsukawa, R. (1995). Persistent Organochlorine Residues in Air, Water, Sediments, and Soils from the Lake Baikal Region, Russia. <i>Environmental Science and Technology</i> , 29(3), 792–801. <a href="https://doi.org/10.1021/es00003a030">https://doi.org/10.1021/es00003a030</a>                                                                                  | a)  |
|                 | Muir, D. C. G., Grift, N. P., Lockhart, W. L., Wilkinson, P., Billeck, B. N., & Brunskill, G. J. (1995). Spatial trends and historical profiles of organochlorine pesticides in Arctic lake sediments. <i>Science of the Total Environment</i> , 160–161(C), 447–457. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04378-E">https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04378-E</a>                             | 49  |
|                 | Beck, J., & Hansen, K. E. (1974). The degradation of quintozone, pentachlorobenzene, hexachlorobenzene and pentachloroaniline in soil. <i>Pesticide Science</i> , 5(1), 41–48. <a href="https://doi.org/10.1002/ps.2780050108">https://doi.org/10.1002/ps.2780050108</a>                                                                                                                                  | a)  |
| Bioakkumulation | Mclachlan, M. S. (1996). Bioaccumulation of hydrophobic chemicals in agricultural food chains. <i>Environmental Science and Technology</i> , 30(1), 252–259. <a href="https://doi.org/10.1021/es9502738">https://doi.org/10.1021/es9502738</a>                                                                                                                                                            | 41  |
|                 | Fisk, A. T., Norstrom, R. J., Cymbalisty, C. D., & Muir, D. C. G. (1998). Dietary accumulation and depuration of hydrophobic organochlorines: Bioaccumulation parameters and their relationship with the octanol/water partition coefficient. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 17(5), 951–961. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620170526">https://doi.org/10.1002/etc.5620170526</a> | 40  |
|                 | Oliver, B. G., & Niimi, A. J. (1983). Bioconcentration of Chlorobenzenes from Water by Rainbow Trout: Correlations with Partition Coefficients and Environmental Residues. <i>Environmental Science and Technology</i> , 17(5), 287–291. <a href="https://doi.org/10.1021/es00111a009">https://doi.org/10.1021/es00111a009</a>                                                                            | a)  |
| Toxizität       | Cam, C., & Nigogosyan, G. (1963). Acquired Toxic Porphyria Cutanea Tarda Due to Hexachlorobenzene: Report of 348 Cases Caused by This Fungicide. <i>JAMA, the Journal of the American Medical Association</i> , 183(2), 88–91. <a href="https://doi.org/10.1001/jama.1963.03700020038009">https://doi.org/10.1001/jama.1963.03700020038009</a>                                                            | 240 |
|                 | Peters, H. A., Gocmen, A., Cripps, D. J., Bryan, G. T., & Dogramaci, I. (1982). Epidemiology of Hexachlorobenzene-Induced Porphyria in Turkey: Clinical and Laboratory Follow-up After 25 Years. <i>Archives of Neurology</i> , 39(12), 744–749. <a href="https://doi.org/10.1001/archneur.1982.00510240006002">https://doi.org/10.1001/archneur.1982.00510240006002</a>                                  | a)  |
|                 | Van Birgelen, A. P. J. M. (1998). Hexachlorobenzene as a possible major contributor to the dioxin activity of human milk. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 106(11), 683–688. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.106-1533492">https://doi.org/10.1289/ehp.106-1533492</a>                                                                                                                      | a)  |
| LRT             | Atlas, E., & Giam, C. S. (1981). Global transport of organic pollutants: Ambient concentrations in the remote marine atmosphere. <i>Science</i> , 211(4478), 163–165. <a href="https://doi.org/10.1126/science.211.4478.163">https://doi.org/10.1126/science.211.4478.163</a>                                                                                                                             | a)  |
|                 | Bidleman, T. F., Patton, G. W., Walla, M. D., Hargrave, B. T., Vass, W. P., Erickson, P., Fowler, B., Scott, V., & Gregor, D. J. (1989). Toxaphene and Other Organochlorines in Arctic Ocean Fauna: Evidence for Atmospheric Delivery. <i>Arctic</i> , 42(4), 307–313. <a href="https://doi.org/10.14430/arctic1671">https://doi.org/10.14430/arctic1671</a>                                              | 123 |
|                 | Patton, G. W., Hinckley, D. A., Walla, M. D., Bidleman, T. F., & Hargrave, B. T. (1989). Airborne organochlorines in the Canadian High Arctic. <i>Tellus B: Chemical and Physical Meteorology</i> , 41(3). <a href="https://doi.org/10.3402/tellusb.v41i3.15076">https://doi.org/10.3402/tellusb.v41i3.15076</a>                                                                                          | 94  |

<sup>a)</sup> Nachträgliche Recherche in *Scopus*, Zahlen zu Zitierungen nicht kongruent zum *Web of Science*, daher hier nicht angegeben.

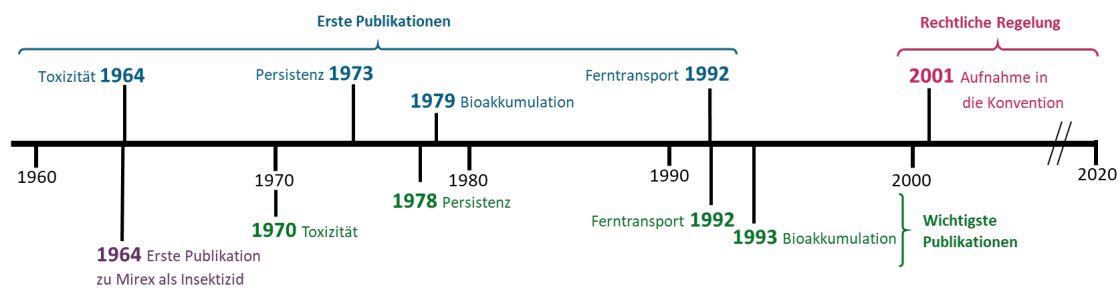
#### 1.1.1.8 Datenblatt Mirex

Tabelle 15: Grundinformationen zu Mirex

| Mirex             |                                                                                                                   |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name        | 1,1a,2,2,3,3a,4,5,5,5a,5b,6-dodecachlorooctahydro-1 <i>H</i> -1,3,4-(methanetriyl)cyclobuta[ <i>cd</i> ]pentalene |
| Chemische Formel  | C <sub>10</sub> Cl <sub>12</sub>                                                                                  |
| CAS Nr.           | 2385-85-5                                                                                                         |
| Jahr der Aufnahme | 2001                                                                                                              |
| Verwendung        | Insektizid, Flammschutzmittel                                                                                     |

Abbildung 15: Zeitreihe zu Mirex

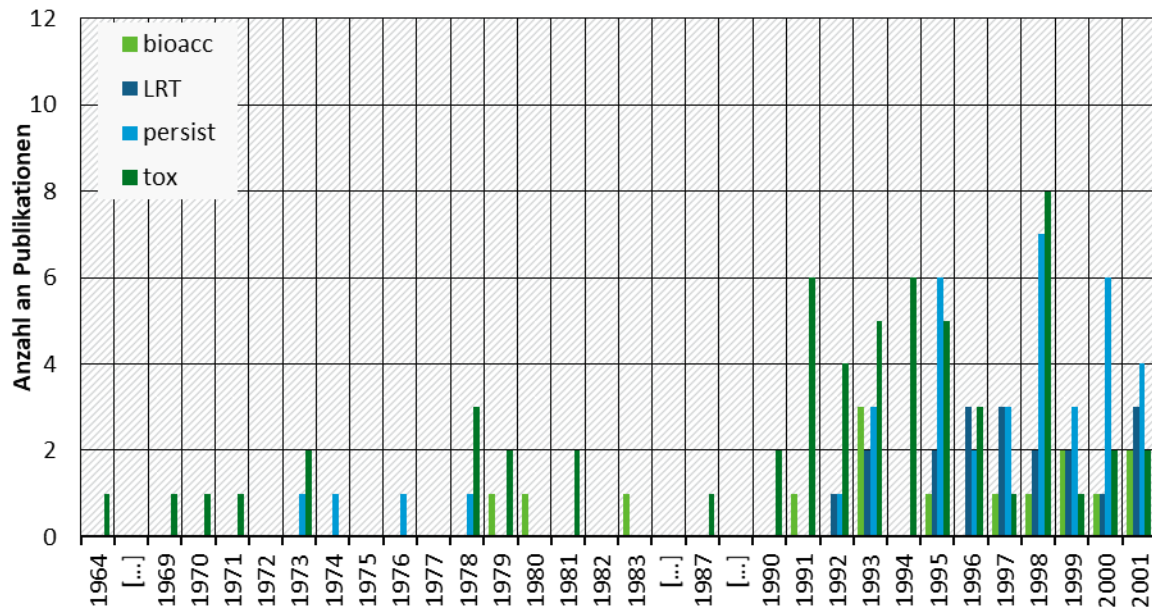
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention



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

### Abbildung 16: Anzahl an Publikationen zu Mirex in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Während die anderen Stoffe des „Dreckigen Dutzend“ schon in den 1950er Jahren wenigstens als Insektizid bekannt waren (auch wenn ihre POP-Eigenschaften erst später untersucht wurden), wurde Mirex erst 1964 als Insektizid vorgeschlagen (Bartlett & Lofgren, 1964). Die gleichen Autoren forschten im selben Jahr auch schon zur Toxizität von Mirex (Lofgren et al., 1964). Als allgemein „anerkannt“ galten die toxischen Eigenschaften dann spätestens durch die Studie von Gaines & Kimbrough (1970), welche vor der POP-Listung von Mirex 2001 am häufigsten als Beleg für dessen Toxizität zitiert wurde. Die Grafik, die den Publikationsverlauf darstellt, zeigt, wie wenige Studien für Mirex im Vergleich zu anderen *Dirty-Dozen*-POPs veröffentlicht wurden, selbst in den 1990er Jahren, in denen zu anderen Substanzen häufig mehrere Studien pro Jahr veröffentlicht wurden.

Für den Beleg der Persistenz der Substanz wurde die Studie von Gellert (1978) am häufigsten verwendet, die auch unter den spezifischen Stoffreferenzen für Aldrin und Chlordan auftaucht. Die häufige Zitation der Studie mag damit zusammenhängen, dass sie im Kontext dieser verschiedenen Substanzen referenziert wird.

Es fällt außerdem auf, dass die drei spezifischen Referenzen für den Ferntransport allesamt Studien an Proben aus Walen sind und durchweg aus der Arbeitsgruppe von Derek Muir, Kanada, stammen.

**Tabelle 16: Spezifische Stoffreferenzen zu Mirex**

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. <a href="https://doi.org/10.1016/0013-9351(78)90150-0">https://doi.org/10.1016/0013-9351(78)90150-0</a>                                                                                                                                                          | 98  |
|                 | Muir, D. C. G., Ford, C. A., Rosenberg, B., Norstrom, R. J., Simon, M., & Béland, P. (1996). Persistent organochlorines in beluga whales ( <i>Delphin apterus leucas</i> ) from the St Lawrence River Estuary—I. Concentrations and patterns of specific PCBs, chlorinated pesticides and polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans. <i>Environmental Pollution</i> , 93(2), 219–234. <a href="https://doi.org/10.1016/0269-7491(96)00006-1">https://doi.org/10.1016/0269-7491(96)00006-1</a> | 42  |
|                 | Fisk, A. T., Norstrom, R. J., Cymbalisty, C. D., & Muir, D. C. G. (1998). Dietary accumulation and depuration of hydrophobic organochlorines: Bioaccumulation parameters and their relationship with the octanol/water partition coefficient. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 17(5), 951–961. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620170526">https://doi.org/10.1002/etc.5620170526</a>                                                                                               | 40  |
| Bioakkumulation | Gobas, F. A. P. C., Zhang, X., & Wells, R. (1993). Gastrointestinal Magnification: The Mechanism of Biomagnification and Food Chain Accumulation of Organic Chemicals. <i>Environmental Science and Technology</i> , 27(13), 2855–2863. <a href="https://doi.org/10.1021/es00049a028">https://doi.org/10.1021/es00049a028</a>                                                                                                                                                                           | 48  |
|                 | Fisk, A. T., Norstrom, R. J., Cymbalisty, C. D., & Muir, D. C. G. (1998). Dietary accumulation and depuration of hydrophobic organochlorines: Bioaccumulation parameters and their relationship with the octanol/water partition coefficient. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 17(5), 951–961. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620170526">https://doi.org/10.1002/etc.5620170526</a>                                                                                               | 40  |
|                 | Clark, K. E., & Mackay, D. (1991). Dietary uptake and biomagnification of four chlorinated hydrocarbons by guppies. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 10(9), 1205–1217. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620100912">https://doi.org/10.1002/etc.5620100912</a>                                                                                                                                                                                                                       | 27  |
| Toxizität       | Gaines, T. B., & Kimbrough, R. D. (1970). Oral toxicity of mirex in adult and suckling rats: With notes on the ultrastructure of liver changes. <i>Archives of Environmental Health</i> , 21(1), 7–14. <a href="https://doi.org/10.1080/00039896.1970.10667184">https://doi.org/10.1080/00039896.1970.10667184</a>                                                                                                                                                                                      | 87  |
|                 | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/S0380-1330(91)71373-7">https://doi.org/10.1016/S0380-1330(91)71373-7</a>                                                                                                                                                                                    | 71  |
|                 | Lofgren, C. S., Bartlett, F. J., Stringer, C. E., Jr., & Banks, W. A. (1964). Imported Fire Ant Toxic Bait Studies: Further Tests with Granulated Mirex-Soybean Oil Bait. <i>Journal of Economic Entomology</i> , 57(5), 695–698. <a href="https://doi.org/10.1093/jee/57.5.695">https://doi.org/10.1093/jee/57.5.695</a>                                                                                                                                                                               | 63  |
| LRT             | Muir, D. C. G., Ford, C. A., Grift, N. P., Stewart, R. E. A., & Bidleman, T. F. (1992). Organochlorine contaminants in narwhal ( <i>Monodon monoceros</i> ) from the Canadian Arctic. <i>Environmental Pollution</i> , 75(3), 307–316. <a href="https://doi.org/10.1016/0269-7491(92)90131-S">https://doi.org/10.1016/0269-7491(92)90131-S</a>                                                                                                                                                          | 57  |
|                 | Béland, P., DeGuise, S., Girard, C., Lagacé, A., Martineau, D., Michaud, R., Muir, D. C. G., Norstrom, R. J., Pelletier, É., Ray, S., & Shugart, L. R. (1993). Toxic Compounds and Health and Reproductive Effects in St. Lawrence Beluga Whales. <i>Journal of Great Lakes Research</i> , 19(4), 766–775. <a href="https://doi.org/10.1016/S0380-1330(93)71264-2">https://doi.org/10.1016/S0380-1330(93)71264-2</a>                                                                                    | 55  |
|                 | Muir, D. C. G., Ford, C. A., Rosenberg, B., Norstrom, R. J., Simon, M., & Béland, P. (1996). Persistent organochlorines in beluga whales ( <i>Delphin apterus leucas</i> ) from the St Lawrence River Estuary—I. Concentrations and patterns of specific PCBs, chlorinated pesticides and polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans. <i>Environmental Pollution</i> , 93(2), 219–234. <a href="https://doi.org/10.1016/0269-7491(96)00006-1">https://doi.org/10.1016/0269-7491(96)00006-1</a> | 42  |



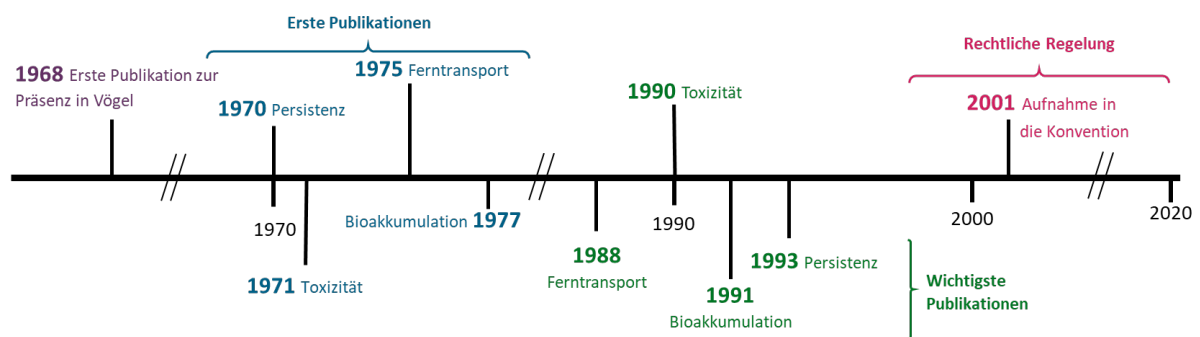
#### 1.1.1.9 Datenblatt Polychlorierte Biphenyle (PCB)

**Tabelle 17: Grundinformationen zu PCB**

| Polychlorierte Biphenyle (PCB) |                                                                    |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name                     | -                                                                  |
| Chemische Formel               | -                                                                  |
| CAS Nr.                        | -                                                                  |
| Jahr der Aufnahme              | 2001                                                               |
| Verwendung                     | Industriechemikalie (z.B. Weichmacher), unbeabsichtigte Produktion |

**Abbildung 17: Zeitreihe zu PCB**

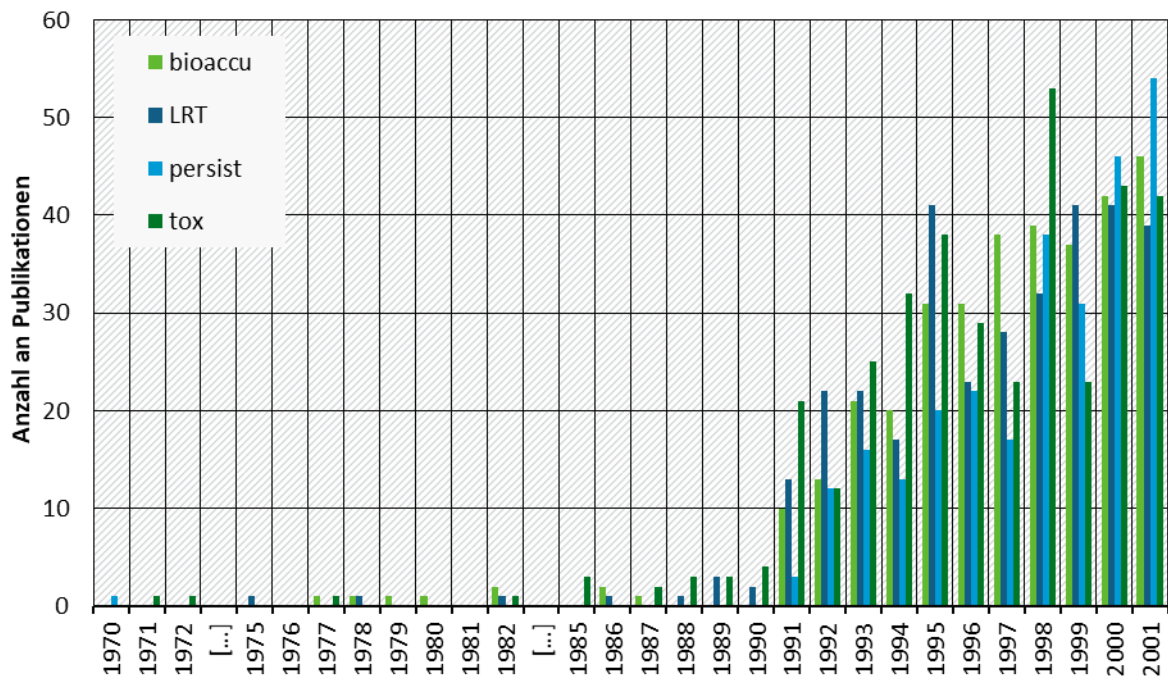
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention.



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

### Abbildung 18: Anzahl an Publikationen zu PCB in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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 Gesamtanzahl der Studien zu den PCB im Publikationsverlauf ist ähnlich zu DDT. Auffällig ist, dass zu allen vier POP-Eigenschaften im Mittel im Jahr ähnlich viele Studien veröffentlicht wurden. Bei anderen POPs überwiegen häufig die Studien zu Toxizität und Persistenz gegenüber den weniger häufigeren Studien zu Bioakkumulation und Ferntransport.

Dass die PCB als Untersuchungsobjekt in wissenschaftlichen Studien interessant sind, zeigt auch die hohe Zitationsrate der spezifischen Stoffreferenzen im Vergleich zu anderen POPs des „Dreckigen Dutzend“. Mit über 900 Querverweisen ist die Studie von Safe (1990) eine der vor Aufnahme der Stoffe in die Konvention meist zitierten Studien überhaupt, nur noch überboten an Zitationen von den Studien von Van den Berg et al. (2006) zu Dioxinen und Furanen und von De Wit et al. (2002), einer Überblicksstudie zu bromierten Flammschutzmitteln. Der Autor S. Safe spricht die Entwicklung von Toxicity Equivalent Factors (TEFs) an, einem Konzept, in dem die Toxizität einzelner Kongenere von Dioxinen, Furanen und PCBs bezogen wird auf die des toxischsten Dioxin-Kongenere (2,3,7,8-TCDD), sodass ein direkter Vergleich der toxischen Gefährdungen durch chemisch unterschiedliche Belastungen möglich wird (Van den Berg et al., 2006).

Für den Ferntransport spielt wieder eine Publikation von D. Muir eine wichtige Rolle, die sowohl im Vergleich mit den anderen Stoffreferenzen als auch für das Ferntransportpotential insgesamt recht früh erschien (Muir et al., 1988). Aufgrund der Bekanntheit der Arbeiten zu den POPs von D. Muir und seinem Team könnten auch seine frühen Arbeiten bekannter gewesen sein bzw. schneller bekannt geworden sein, als für einzelne Autoren, die erst später anfangen, zu POPs zu publizieren.



**Tabelle 18: Spezifische Stoffreferenzen zu PCB**

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      | Colborn, T., Vom Saal, F. S., & Soto, A. M. (1993). Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 101(5), 378–384. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.93101378">https://doi.org/10.1289/ehp.93101378</a>                                                                                                                                                                                                                     | 628 |
|                 | Wolff, M. S., Toniolo, P. G., Lee, E. W., Rivera, M., & Dubin, N. (1993). Blood levels of organochlorine residues and risk of breast cancer. <i>Journal of the National Cancer Institute</i> , 85(8), 648–652. <a href="https://doi.org/10.1093/jnci/85.8.648">https://doi.org/10.1093/jnci/85.8.648</a>                                                                                                                                                                                                    | 390 |
|                 | Barrie, L. A., Gregor, D., Hargrave, B., Lake, R., Muir, D. C. G., Shearer, R., Tracey, B., & Bidleman, T. (1992). Arctic contaminants: Sources, occurrence and pathways. <i>Science of the Total Environment</i> , 122(1–2), 1–74. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90245-N">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90245-N</a>                                                                                                                                                                 | 220 |
| Bioakkumulation | Chaudhry, G. R., & Chapalamadugu, S. (1991). Biodegradation of halogenated organic compounds. <i>Microbiological Reviews</i> , 55(1), 59–79. <a href="https://doi.org/10.1128/mr.55.1.59-79.1991">https://doi.org/10.1128/mr.55.1.59-79.1991</a>                                                                                                                                                                                                                                                            | 175 |
|                 | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O</a>                                                                                                                                                                                          | 171 |
|                 | 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. <i>Critical Reviews in Toxicology</i> , 24(1), 1–74. <a href="https://doi.org/10.3109/10408449409017919">https://doi.org/10.3109/10408449409017919</a>                                                                                                                                        | 121 |
| Toxizität       | Safe, S. (1990). Polychlorinated biphenyls (PCBs), dibenzo-p-dioxins (PCDDs), dibenzofurans (PCDFs), and related compounds: Environmental and mechanistic considerations which support the development of toxic equivalency factors (TEFs). <i>Critical Reviews in Toxicology</i> , 21(1), 51–88. <a href="https://doi.org/10.3109/10408449009089873">https://doi.org/10.3109/10408449009089873</a>                                                                                                         | 952 |
|                 | Safe, S. H. (1994). Polychlorinated biphenyls (PCBs): Environmental impact, biochemical and toxic responses, and implications for risk assessment. <i>Critical Reviews in Toxicology</i> , 24(2), 87–149. <a href="https://doi.org/10.3109/10408449409049308">https://doi.org/10.3109/10408449409049308</a>                                                                                                                                                                                                 | 408 |
|                 | Ahlborg, U. G., Becking, G. C., Birnbaum, L. S., Brouwer, A., Derks, H. J. G. M., Feeley, M., Golor, G., Hanberg, A., Larsen, J. C., Liem, A. K. D., Safe, S. H., Schlatter, C., Waern, F., Younes, M., & Yrjänheikki, E. (1994). Toxic equivalency factors for dioxin-like PCBs. Report on WHO-ECEH and IPCS consultation, December 1993. <i>Chemosphere</i> , 28(6), 1049–1067. <a href="https://doi.org/10.1016/0045-6535(94)90324-7">https://doi.org/10.1016/0045-6535(94)90324-7</a>                   | 365 |
| 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. <a href="https://doi.org/10.1021/es00174a012">https://doi.org/10.1021/es00174a012</a>                                                                                                                                                    | 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. <a href="https://doi.org/10.1029/91GB01778">https://doi.org/10.1029/91GB01778</a> | 281 |
|                 | Barrie, L. A., Gregor, D., Hargrave, B., Lake, R., Muir, D. C. G., Shearer, R., Tracey, B., & Bidleman, T. (1992). Arctic contaminants: Sources, occurrence and pathways. <i>Science of the Total Environment</i> , 122(1–2), 1–74. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90245-N">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90245-N</a>                                                                                                                                                                 | 220 |

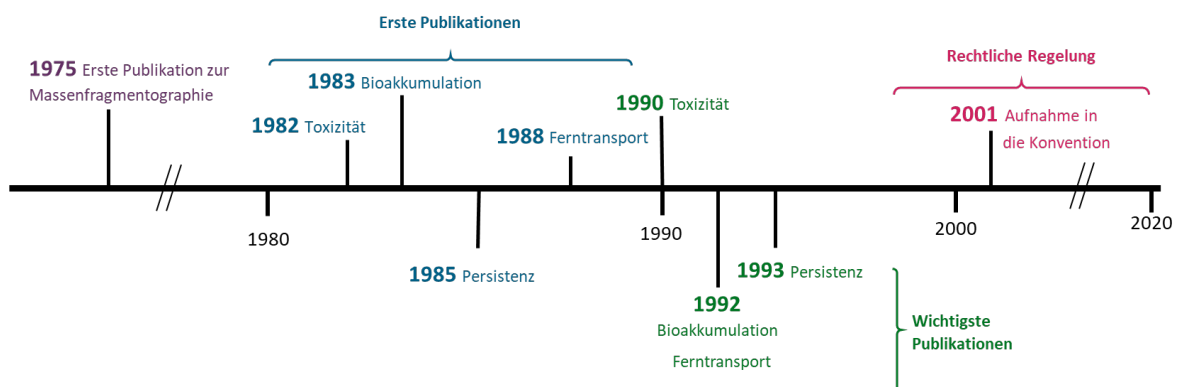
#### 1.1.1.10 Datenblatt Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD)

**Tabelle 19: Grundinformationen zu PCDD**

| Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) |                            |
|--------------------------------------|----------------------------|
| IUPAC Name                           | -                          |
| Chemische Formel                     | -                          |
| CAS Nr.                              | -                          |
| Jahr der Aufnahme                    | 2001                       |
| Verwendung                           | unbeabsichtigte Produktion |

**Abbildung 19: Zeitreihe zu PCDD**

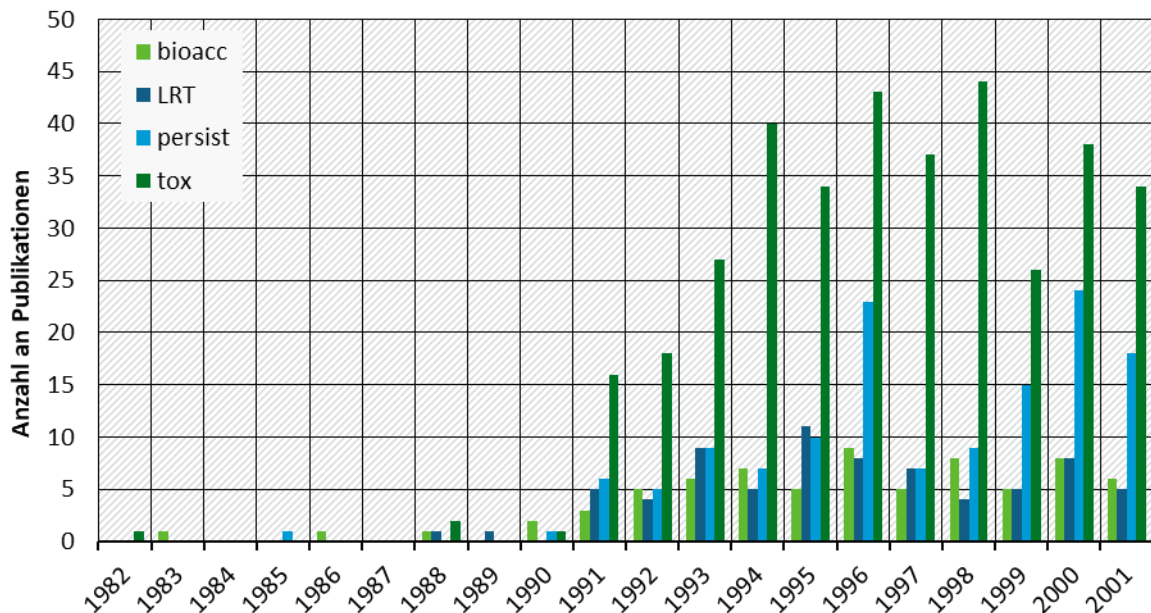
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention.



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

## Abbildung 20: Anzahl an Publikationen zu PCDD in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Im Fall der PCDDs zeigt der Publikationsverlauf einen späten Einstieg in den Prozess des Erkenntnisgewinns. Erst in den 1980er Jahren wurden vereinzelt Studien zu dieser Gruppe veröffentlicht. Doch im Verlauf gibt viele Studien insgesamt, verglichen mit anderen POPs. Während die Arbeiten zur Toxizität und in Teilen zur Persistenz sich dem Verlauf der steigenden Anzahlen an Veröffentlichungen zu den POPs in den 1990er Jahren insgesamt zuordnen lassen, blieben es zu den Themen Bioakkumulation und Ferntransport wenige Studien. Nicht verwunderlich ist, dass die Anzahlen an Zitationen bei den spezifischen Stoffreferenzen für die Toxizität mit Abstand am höchsten sind, verglichen innerhalb der Arbeiten zu den POP-Eigenschaften von den PCDDs.

Hervorzuheben sind ähnliche Studien, wie bereits für die PCBs in deren Datenblatt beschrieben, bzw. Arbeiten von ähnlichen Autoren: S. Safe, D. Muir und Team, sowie J. van den Berg und Team. Auch innerhalb dieser Stoffreferenzen spielt die Thematik der Toxicity Equivalent Factors eine Rolle, wie schon für die PCBs.

**Tabelle 20: Spezifische Stoffreferenzen zu PCDD**

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      | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90066-W">https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90066-W</a>                                                                                                                                                                                                          | 88  |
|                 | 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. <i>European Journal of Pharmacology, Environmental Toxicology and Pharmacology Section</i> , 293(1), 1–40. <a href="https://doi.org/10.1016/0926-6917(95)90015-2">https://doi.org/10.1016/0926-6917(95)90015-2</a> | 86  |
|                 | Flesch-Janys, D., Becher, H., Gurn, P., Jung, D., Konietzko, J., Manz, A., & Pöpke, O. (1996). Elimination of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in occupationally exposed persons. <i>Journal of Toxicology and Environmental Health</i> , 47(4), 363–378. <a href="https://doi.org/10.1080/009841096161708">https://doi.org/10.1080/009841096161708</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 55  |
| 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 171 |
|                 | 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. <i>Critical Reviews in Toxicology</i> , 24(1), 1–74. <a href="https://doi.org/10.3109/10408449409017919">https://doi.org/10.3109/10408449409017919</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 121 |
|                 | Mclachlan, M. S. (1996). Bioaccumulation of hydrophobic chemicals in agricultural food chains. <i>Environmental Science and Technology</i> , 30(1), 252–259. <a href="https://doi.org/10.1021/es9502738">https://doi.org/10.1021/es9502738</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 41  |
| Toxizität       | Safe, S. (1990). Polychlorinated biphenyls (PCBs), dibenzo-p-dioxins (PCDDs), dibenzofurans (PCDFs), and related compounds: Environmental and mechanistic considerations which support the development of toxic equivalency factors (TEFs). <i>Critical Reviews in Toxicology</i> , 21(1), 51–88. <a href="https://doi.org/10.3109/10408449009089873">https://doi.org/10.3109/10408449009089873</a>                                                                                                                                                                                                                                                                       | 952 |
|                 | Safe, S. H. (1994). Polychlorinated biphenyls (PCBs): Environmental impact, biochemical and toxic responses, and implications for risk assessment. <i>Critical Reviews in Toxicology</i> , 24(2), 87–149. <a href="https://doi.org/10.3109/10408449409049308">https://doi.org/10.3109/10408449409049308</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 408 |
|                 | Ahlborg, U. G., Becking, G. C., Birnbaum, L. S., Brouwer, A., Derks, H. J. G. M., Feeley, M., Golor, G., Hanberg, A., Larsen, J. C., Liem, A. K. D., Safe, S. H., Schlatter, C., Waern, F., Younes, M., & Yrjänheikki, E. (1994). Toxic equivalency factors for dioxin-like PCBs. Report on WHO-ECEH and IPCS consultation, December 1993. <i>Chemosphere</i> , 28(6), 1049–1067. <a href="https://doi.org/10.1016/0045-6535(94)90324-7">https://doi.org/10.1016/0045-6535(94)90324-7</a>                                                                                                                                                                                 | 365 |

| [a] | Spezifische Referenz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | [b] |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| LRT | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O</a>                     | 171 |
|     | Dewailly, E., Ayotte, P., Bruneau, S., Laliberte, C., Muir, D. C. G., & Norstrom, R. J. (1993). Inuit exposure to organochlorines through the aquatic food chain in Arctic Quebec. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 101(7), 618–620. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.93101618">https://doi.org/10.1289/ehp.93101618</a> | 70  |
|     | Norstrom, R. J., & Muir, D. C. G. (1994). Chlorinated hydrocarbon contaminants in arctic marine mammals. <i>Science of the Total Environment</i> , 154(2–3), 107–128. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90082-5">https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90082-5</a>                                                          | 65  |

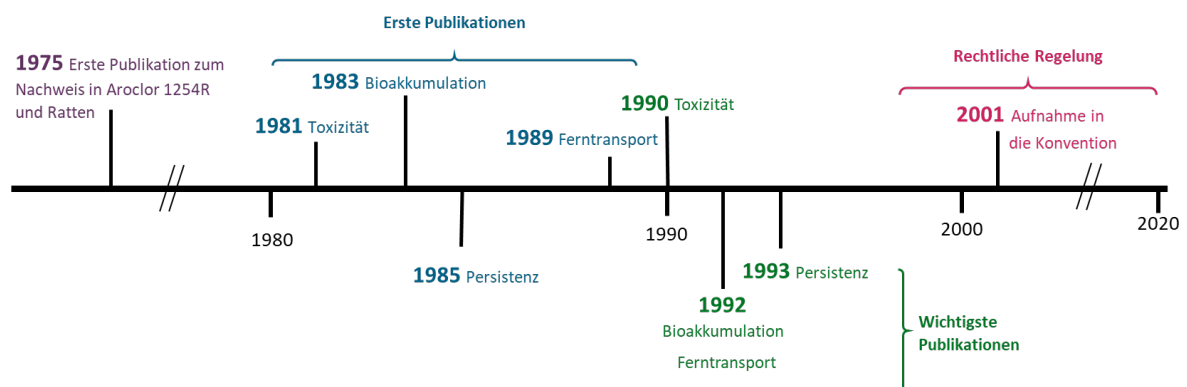
#### 1.1.1.11 Datenblatt Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF)

Tabelle 21: Grundinformationen zu PCDF

| Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) |                            |
|-------------------------------------|----------------------------|
| IUPAC Name                          | -                          |
| Chemische Formel                    | -                          |
| CAS Nr.                             | -                          |
| Jahr der Aufnahme                   | 2001                       |
| Verwendung                          | unbeabsichtigte Produktion |

Abbildung 21: Zeitreihe zu PCDF

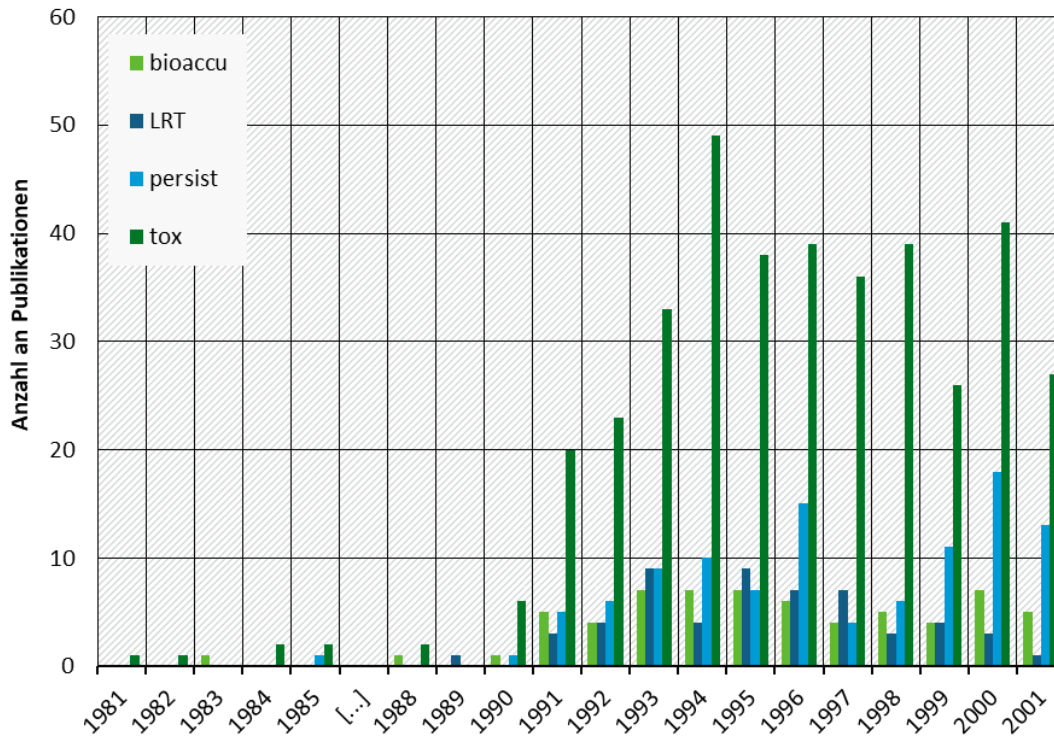
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme.



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

## Abbildung 22: Anzahl an Publikationen zu PCDF in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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 Grafik des Publikationsverlaufs ähnelt der der Dioxine (PCDDs): Ein später Einstieg in den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess, aber dann viele Studien insbesondere zur Toxizität, die über die Jahre bis 2001 die meist untersuchte POP-Eigenschaft bleibt.

Auch der Vergleich der spezifischen Stoffreferenzen der PCDFs mit den PCDDs legt nahe, dass diese beiden Substanzgruppen häufig gemeinsam von ähnlichen Arbeitsgruppen untersucht wurden. Dibenzofurane und -dioxine sind sich strukturell ähnlich, beides Sauerstoff-verbrückte, d.h. heterozyklische, aromatische Kohlenwasserstoffe.

Bei den spezifischen Stoffreferenzen lassen sich drei Arbeitsgruppen mit dem meisten Erfolg (gemessen an Zitationen ihrer Studien) ausmachen: die Gruppen von S. Safe (S. Safe, 1990; Ahlborg et al., 1994; S. H. Safe, 1994), J. Van den Berg (Van den Berg et al., 1994; Brouwer et al., 1995) und D. Muir (Muir, Wagemann, et al., 1992; Dewailly et al., 1993; Norstrom & Muir, 1994), die wieder alle drei Referenzen in Bezug auf das Ferntransportpotential stellen. Dazu kommen Arbeiten einzelner weiterer Autoren.



**Tabelle 22: Spezifische Stoffreferenzen zu PCDF**

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      | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90066-W">https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90066-W</a>                                                                                                                                                                                                          | 88  |
|                 | 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. <i>European Journal of Pharmacology, Environmental Toxicology and Pharmacology Section</i> , 293(1), 1–40. <a href="https://doi.org/10.1016/0926-6917(95)90015-2">https://doi.org/10.1016/0926-6917(95)90015-2</a> | 86  |
|                 | Flesch-Janys, D., Becher, H., Gurn, P., Jung, D., Konietzko, J., Manz, A., & Pöpke, O. (1996). Elimination of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in occupationally exposed persons. <i>Journal of Toxicology and Environmental Health</i> , 47(4), 363–378. <a href="https://doi.org/10.1080/009841096161708">https://doi.org/10.1080/009841096161708</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 55  |
| 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 171 |
|                 | 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. <i>Critical Reviews in Toxicology</i> , 24(1), 1–74. <a href="https://doi.org/10.3109/10408449409017919">https://doi.org/10.3109/10408449409017919</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 121 |
|                 | Pruell, R. J., Rubinstein, N. I., Taplin, B. K., LiVolsi, J. A., & Bowen, R. D. (1993). Accumulation of polychlorinated organic contaminants from sediment by three benthic marine species. <i>Archives of Environmental Contamination and Toxicology</i> , 24(3), 290–297. <a href="https://doi.org/10.1007/BF01128727">https://doi.org/10.1007/BF01128727</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 41  |
| Toxizität       | Safe, S. (1990). Polychlorinated biphenyls (PCBs), dibenzo-p-dioxins (PCDDs), dibenzofurans (PCDFs), and related compounds: Environmental and mechanistic considerations which support the development of toxic equivalency factors (TEFs). <i>Critical Reviews in Toxicology</i> , 21(1), 51–88. <a href="https://doi.org/10.3109/10408449009089873">https://doi.org/10.3109/10408449009089873</a>                                                                                                                                                                                                                                                                       | 952 |
|                 | Safe, S. H. (1994). Polychlorinated biphenyls (PCBs): Environmental impact, biochemical and toxic responses, and implications for risk assessment. <i>Critical Reviews in Toxicology</i> , 24(2), 87–149. <a href="https://doi.org/10.3109/10408449409049308">https://doi.org/10.3109/10408449409049308</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 408 |
|                 | Ahlborg, U. G., Becking, G. C., Birnbaum, L. S., Brouwer, A., Derks, H. J. G. M., Feeley, M., Golor, G., Hanberg, A., Larsen, J. C., Liem, A. K. D., Safe, S. H., Schlatter, C., Waern, F., Younes, M., & Yrjänheikki, E. (1994). Toxic equivalency factors for dioxin-like PCBs. Report on WHO-ECEH and IPCS consultation, December 1993. <i>Chemosphere</i> , 28(6), 1049–1067. <a href="https://doi.org/10.1016/0045-6535(94)90324-7">https://doi.org/10.1016/0045-6535(94)90324-7</a>                                                                                                                                                                                 | 365 |

| [a] | Spezifische Referenz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | [b] |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| LRT | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O</a>                     | 171 |
|     | Dewailly, E., Ayotte, P., Bruneau, S., Laliberte, C., Muir, D. C. G., & Norstrom, R. J. (1993). Inuit exposure to organochlorines through the aquatic food chain in Arctic Quebec. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 101(7), 618–620. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.93101618">https://doi.org/10.1289/ehp.93101618</a> | 70  |
|     | Norstrom, R. J., & Muir, D. C. G. (1994). Chlorinated hydrocarbon contaminants in arctic marine mammals. <i>Science of the Total Environment</i> , 154(2–3), 107–128. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90082-5">https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90082-5</a>                                                          | 65  |

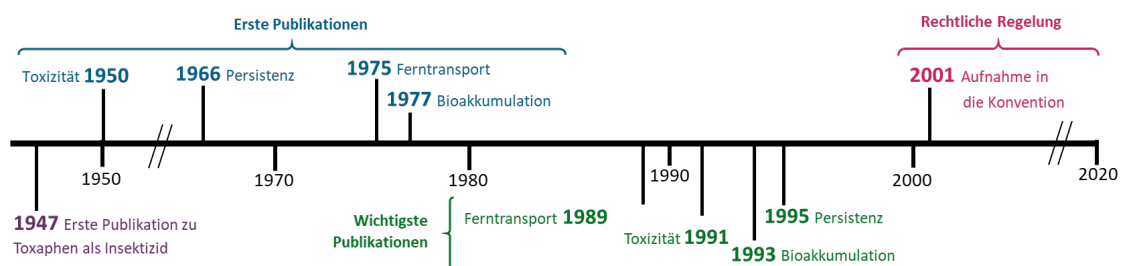
### 1.1.1.12 Datenblatt Toxaphen

**Tabelle 23:** Grundinformationen zu Toxaphen

| Toxaphen          |                      |
|-------------------|----------------------|
| IUPAC Name        | -                    |
| Chemische Formel  | -                    |
| CAS Nr.           | 8001-35-2            |
| Jahr der Aufnahme | 2001                 |
| Verwendung        | Insektizid, Piscizid |

**Abbildung 23:** Zeitreihe zu Toxaphen

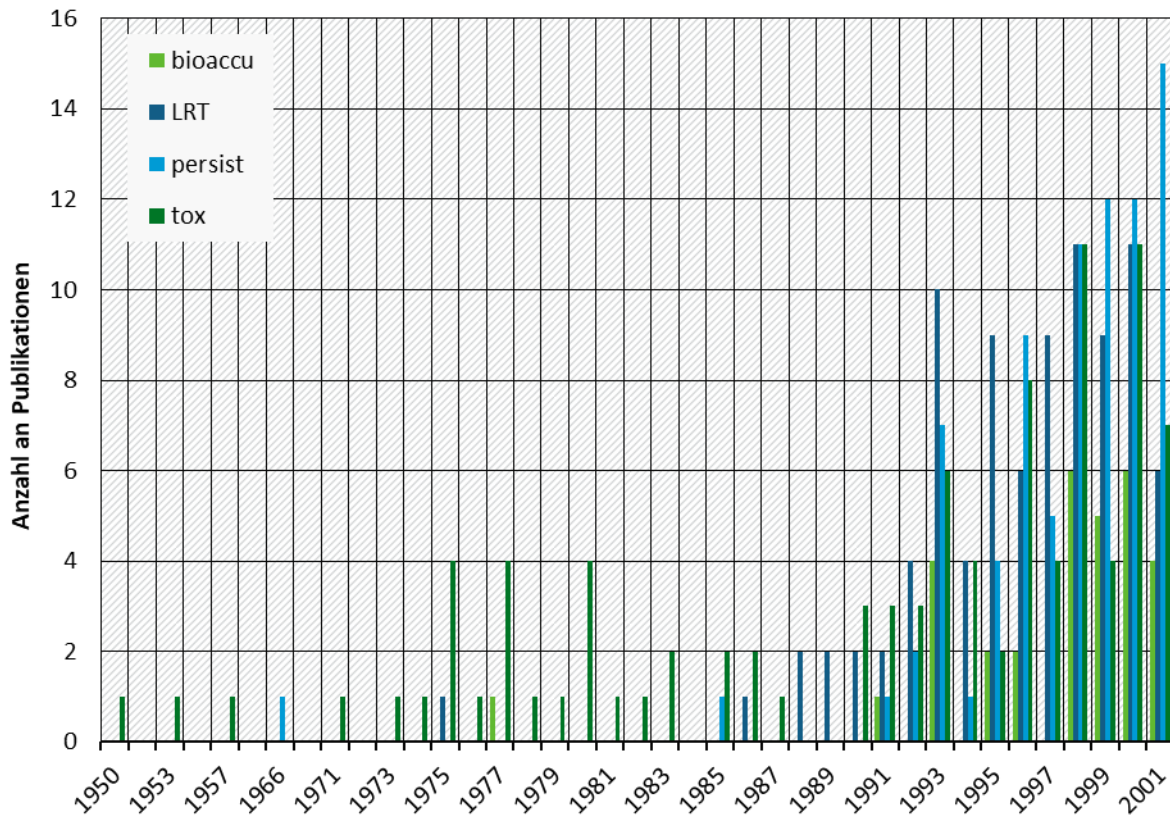
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention.



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

## Abbildung 24: Anzahl an Publikationen zu Toxaphen in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Seit den 1950er Jahren wurden Studien zu Toxaphen veröffentlicht, auch wenn es in Summe nicht auffällig viele waren. Toxaphen ist in seiner Struktur Aldrin, Dieldrin, Endrin usw. ähnlich. Es kann angenommen werden, dass kein hoher Erkenntnisbedarf bestand, weil ein ähnliches Verhalten aufgrund der Strukturähnlichkeit vorausgesagt wurde.

Im Vergleich der meist zitierten Studien je POP-Eigenschaften, macht untypischerweise der Ferntransport mit der Studie von Bidleman et al. (1989) den zeitlichen Anfang. Der Bezug zum Ferntransport ist bereits im Titel enthalten: „*Evidence for Atmospheric Delivery*“. Sie ist zeitlich gesehen ein wichtiger allgemeiner Erkenntnisgewinn zur Charaktereigenschaft von Stoffen, über sehr weite Strecken transportiert werden zu können, das zeigt die im Vergleich hohe Zitationsanzahl. Es ist anzunehmen, dass bei diesen Referenzen nicht nur Bezug auf Toxaphen, sondern auch auf das Ferntransportpotential an sich genommen wurde.

Eine relevante Studie, die Toxaphen im Speziellen (anstelle der Organochlorverbindungen im Allgemeinen) betrachtet, ist von M. A. Saleh (1991). Demnach wurde Toxaphen als Hauptschädlingsmittel von DDT in den USA verwendet, als dieses Anfang der 1970er Jahre verboten wurde. Neben einigen Marktdaten und der Beschreibung des Nutzungsverlaufs von Toxaphen, geht die Studie auf die Biochemie, Toxizität und die Ausbreitungspfade der Substanz in der Umwelt ein.

**Tabelle 24: Spezifische Stoffreferenzen zu Toxaphen**

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      | Voldner, E. C., & Li, Y.-F. (1995). Global usage of selected persistent organochlorines. <i>Science of the Total Environment</i> , 160–161(C), 201–210. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04357-7">https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04357-7</a>                                                                                                                                           | 71  |
|                 | Voldner, E. C., & Li, Y. F. (1993). Global usage of toxaphene. <i>Chemosphere</i> , 27(10), 2073–2078. <a href="https://doi.org/10.1016/0045-6535(93)90402-Q">https://doi.org/10.1016/0045-6535(93)90402-Q</a>                                                                                                                                                                                            | 63  |
|                 | Blais, J. M., Schindler, D. W., Muir, D. C. G., Kimpe, L. E., Donald, D. B., & Rosenberg, B. (1998). Accumulation of persistent organochlorine compounds in mountains of western Canada. <i>Nature</i> , 395(6702), 585–588. <a href="https://doi.org/10.1038/26944">https://doi.org/10.1038/26944</a>                                                                                                    | 55  |
| Bioakkumulation | Burhenne, J., Hainzl, D., Xu, L., Vieth, B., Alder, L., & Parlar, H. (1993). Preparation and structure of high-chlorinated bornane derivatives for the quantification of toxaphene residues in environmental samples. <i>Fresenius' Journal of Analytical Chemistry</i> , 346(6–9), 779–785. <a href="https://doi.org/10.1007/BF00321289">https://doi.org/10.1007/BF00321289</a>                          | 56  |
|                 | Stow, C. A., Carpenter, S. R., Eby, L. A., Amrhein, J. F., & Hesselberg, R. J. (1995). Evidence that PCBs are approaching stable concentrations in Lake Michigan fishes. <i>Ecological Applications</i> , 5(1), 248–260. <a href="https://doi.org/10.2307/1942067">https://doi.org/10.2307/1942067</a>                                                                                                    | 41  |
|                 | Fisk, A. T., Norstrom, R. J., Cymbalisty, C. D., & Muir, D. C. G. (1998). Dietary accumulation and depuration of hydrophobic organochlorines: Bioaccumulation parameters and their relationship with the octanol/water partition coefficient. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 17(5), 951–961. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620170526">https://doi.org/10.1002/etc.5620170526</a> | 40  |
| Toxizität       | Saleh, M. A. (1991). Toxaphene. In G. W. Ware (Hrsg.), <i>Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. Continuation of Residue Reviews</i> (Bd. 118, S. 1–85). Springer. <a href="https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3082-3_1">https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3082-3_1</a>                                                                                                                  | 106 |
|                 | Stern, G. A., Muir, D. C. G., Ford, C. A., Grift, N. P., Dewailly, E., Bidleman, T. F., & Walla, M. D. (1992). Isolation and Identification of Two Major Recalcitrant Toxaphene Congeners in Aquatic Biota. <i>Environmental Science and Technology</i> , 26(9), 1838–1840. <a href="https://doi.org/10.1021/es00033a020">https://doi.org/10.1021/es00033a020</a>                                         | 97  |
|                 | Norstrom, R. J., & Muir, D. C. G. (1994). Chlorinated hydrocarbon contaminants in arctic marine mammals. <i>Science of the Total Environment</i> , 154(2–3), 107–128. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90082-5">https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90082-5</a>                                                                                                                             | 65  |
| LRT             | Bidleman, T. F., Patton, G. W., Walla, M. D., Hargrave, B. T., Vass, W. P., Erickson, P., Fowler, B., Scott, V., & Gregor, D. J. (1989). Toxaphene and Other Organochlorines in Arctic Ocean Fauna: Evidence for Atmospheric Delivery. <i>Arctic</i> , 42(4), 307–313. <a href="https://doi.org/10.14430/arctic1671">https://doi.org/10.14430/arctic1671</a>                                              | 123 |
|                 | 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. <i>Environmental Science and Technology</i> , 26(2), 276–283. <a href="https://doi.org/10.1021/es00026a006">https://doi.org/10.1021/es00026a006</a>                                                         | 94  |
|                 | Voldner, E. C., & Li, Y.-F. (1995). Global usage of selected persistent organochlorines. <i>Science of the Total Environment</i> , 160–161(C), 201–210. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04357-7">https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04357-7</a>                                                                                                                                           | 71  |

### 1.1.2 Die neuen POPs von 2009 bis 2017

Die Datenblätter sind in erster Ebene in zeitlicher Reihenfolge, mit der Substanzen in die Konvention aufgenommen wurden, sortiert. Die zweite Sortierungsebene ist alphabetisch nach Stoffnamen.

- ▶ Alpha-HCH, Seite 54
- ▶ Beta-HCH, Seite 54
- ▶ Chlordacon, Seite 59
- ▶ Hexabrombiphenyl, Seite 62
- ▶ octaBDE, Seite 65
- ▶ Lindan, Seite 68
- ▶ PentaCB, Seite 71
- ▶ PFOS, Seite 74
- ▶ pentaBDE, Seite 77
- ▶ Endosulfan, Seite 80
- ▶ HBCDD, Seite 83
- ▶ HCBd, Seite 86
- ▶ PCP, Seite 89
- ▶ PCN, Seite 92
- ▶ SCCPs, Seite 95
- ▶ decaBDE, Seite 98

### 1.1.2.1 Datenblatt $\alpha$ -HCH/Alpha-Hexachlorocyclohexan und $\beta$ -HCH/Beta-Hexachlorocyclohexan

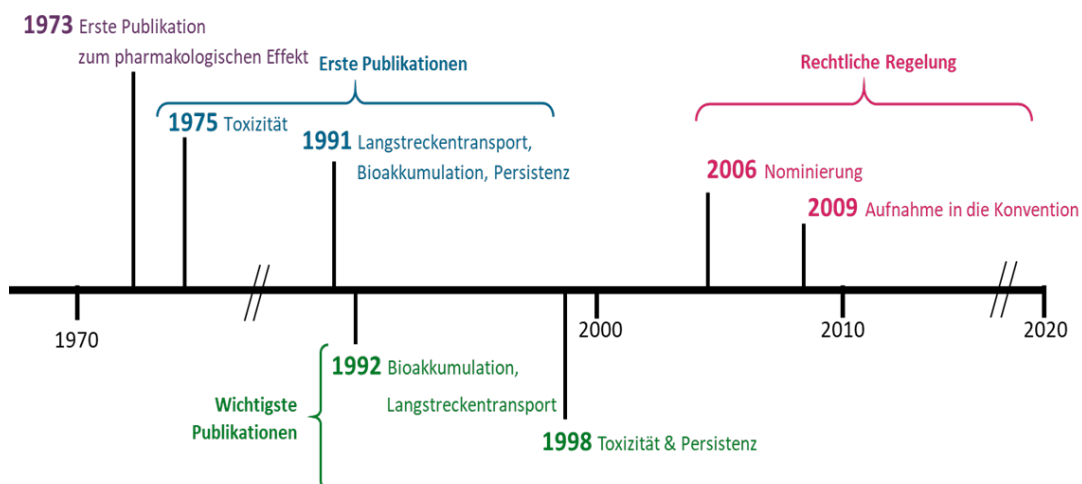
**Tabelle 25: Grundinformationen zu Alpha-HCH und Beta-HCH**

| $\alpha$ -HCH/Alpha-Hexachlorocyclohexan und $\beta$ -HCH/Beta-Hexachlorocyclohexan |                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name                                                                          | $\alpha$ -1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane<br>$\beta$ -1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane                           |
| Chemische Formel                                                                    | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub> (beide)                                                               |
| CAS Nr.                                                                             | 319-84-6 (Alpha), 319-85-7 (Beta)                                                                                   |
| Jahr der Nominierung                                                                | 2006 (beide)                                                                                                        |
| Jahr der Aufnahme                                                                   | 2009 (beide)                                                                                                        |
| Verwendung                                                                          | Bestandteil von technischem HCH (Organochlor-Insektizid) oder chemisches Zwischenprodukt zur Herstellung von Lindan |

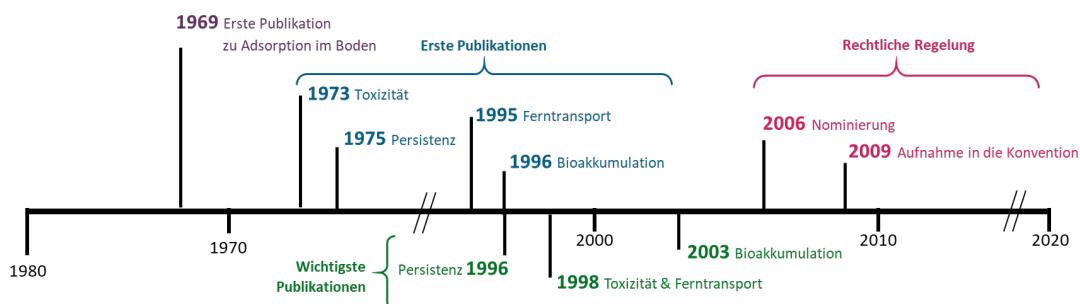
### Abbildung 25: Zeitreihe zu Alpha-HCH und Beta-HCH

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

#### a) Alpha-HCH



#### b) Beta-HCH



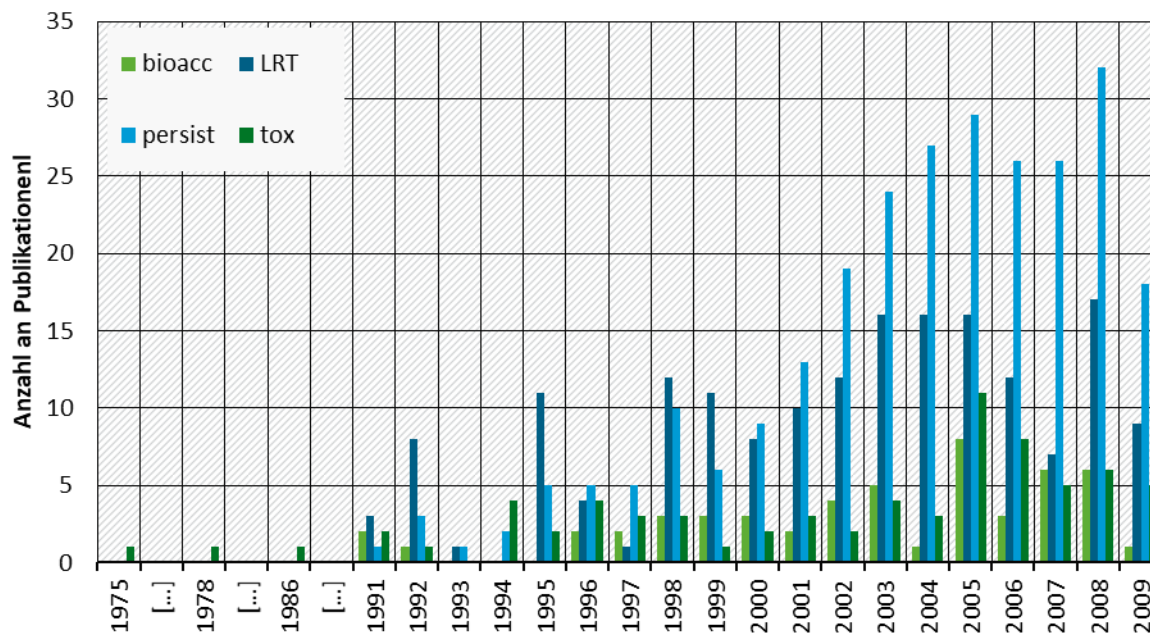
Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.



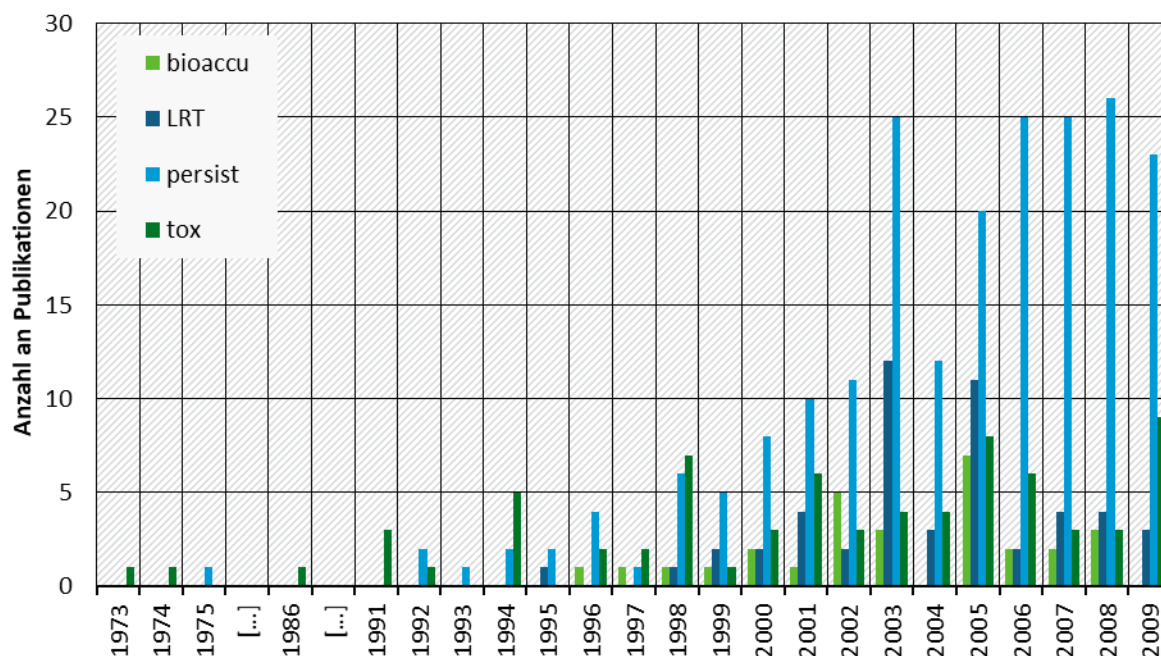
**Abbildung 26: Anzahl an Publikationen zu Alpha-HCH und Beta-HCH in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien**

Die Zeitreihe (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, die mit der jeweiligen Suchkombination aus Substanzname und Kriterium gefunden wurde und endet mit dem Jahr der Aufnahme in die Konvention.

a) Alpha-HCH



b) Beta-HCH



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

Erste Veröffentlichungen wurden um 1970 publiziert und hatten Gewässerkonzentrationen (alpha-HCH, Ali et al., 1973) und das Adsorptionsverhalten (Vorstufe zu Persistenz-Beobachtungen, beta-HCH, Mills & Biggar, 1969) zum Thema.

Bis zur wichtigsten Publikation vergingen knapp 30 Jahre: Willet 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 TOP3 der stoffspezifischen Referenzen auf. Die Bioakkumulation der Stoffe wurde insbesondere in der Arbeitsgruppe von Derek C. Muir in Kanada untersucht (Muir, Wagemann, 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.

Den Risikoprofilen (UNEP, 2007f, 2007g) 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 höchstzulässige Tagesdosis überschreitet. Außerdem können andere Schadstoffe die toxikologischen Auswirkungen von Alpha-HCH verstärken. Beta-HCH wurde trotz des Phase-Outs 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.

Die Hervorhebung der bioakkumulierenden Eigenschaften des 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 zur Bioakkumulation wird fast immer dieses Schlagwort im Titel der Veröffentlichungen gefunden. Die Häufigkeit von Publikationen zu einem bestimmten Aspekt muss also nicht bedeuten, dass dieser am Ende der entscheidende bei der Listung in der Stockholm-Konvention war.

**Tabelle 26: Spezifische Stoffreferenzen zu Alpha-HCH und Beta-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 von Alpha-HCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | [b] | Spezifische Referenzen von Beta-HCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | [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. <a href="https://doi.org/10.1021/es9708530">https://doi.org/10.1021/es9708530</a>                                                                                     | 246 | Jobling, S., Sumpter, J. P., Sheahan, D., Osborne, J. A., & Matthiessen, P. (1996). Inhibition of testicular growth in rainbow trout ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) exposed to estrogenic alkylphenolic chemicals. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 15(2), 194–202. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620150218">https://doi.org/10.1002/etc.5620150218</a>                          | 756 |
|                 | 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. <a href="https://doi.org/10.1021/es034705n">https://doi.org/10.1021/es034705n</a>                                                            | 165 | Vos, J. G., Dybing, E., Greim, H. A., Ladefoged, O., Lambré, C., Tarazona, J. V., Brandt, I., & Vethaak, A. D. (2000). Health effects of endocrine-disrupting chemicals on wildlife, with special reference to the European situation. <i>Critical Reviews in Toxicology</i> , 30(1), 71–133. <a href="https://doi.org/10.1080/10408440091159176">https://doi.org/10.1080/10408440091159176</a>         | 279 |
|                 | 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. <a href="https://doi.org/10.1021/es990647n">https://doi.org/10.1021/es990647n</a>                                                                   | 111 | 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. <a href="https://doi.org/10.1021/es9708530">https://doi.org/10.1021/es9708530</a>                                                                                                                | 246 |
| 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O</a>                                                           | 248 | Hoekstra, P. F., O'Hara, T. M., Fisk, A. T., Borgå, K., Solomon, K. R., & Muir, D. C. G. (2003). Trophic transfer of persistent organochlorine contaminants (OCs) within an Arctic marine food web from the southern Beaufort-Chukchi Seas. <i>Environmental Pollution</i> , 124(3), 509–522. <a href="https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00482-7">https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00482-7</a> | 76  |
|                 | Wiberg, K., Letcher, R. J., Sandau, C. D., Norstrom, R. J., Tysklind, M., & Bidleman, T. F. (2000). The enantioselective bioaccumulation of chiral chlordane and $\alpha$ -HCH contaminants in the polar bear food chain. <i>Environmental Science and Technology</i> , 34(13), 2668–2674. <a href="https://doi.org/10.1021/es990740b">https://doi.org/10.1021/es990740b</a> | 68  | Moisey, J., Fisk, A. T., Hobson, K. A., & Norstrom, R. J. (2001). Hexachlorocyclohexane (HCH) isomers and chiral signatures of $\alpha$ -HCH in the arctic marine food web of the Northwater Polynya. <i>Environmental Science and Technology</i> , 35(10), 1920–1927. <a href="https://doi.org/10.1021/es001740a">https://doi.org/10.1021/es001740a</a>                                                | 65  |
|                 | 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. <a href="https://doi.org/10.1021/es026019e">https://doi.org/10.1021/es026019e</a>                                                                                      | 66  | Wong, C. K. C., Leung, K. M., Poon, B. H. T., Lan, C. Y., & Wong, M. H. (2002). Organochlorine hydrocarbons in human breast milk collected in Hong Kong and Guangzhou. <i>Archives of Environmental Contamination and Toxicology</i> , 43(3), 364–372. <a href="https://doi.org/10.1007/s00244-002-1210-7">https://doi.org/10.1007/s00244-002-1210-7</a>                                                | 63  |

| [a]       | Spezifische Referenz von Alpha-HCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | [b] | Spezifische Referenzen von Beta-HCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | [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. <a href="https://doi.org/10.1021/es9708530">https://doi.org/10.1021/es9708530</a>                                                                                                                                                               | 246 | 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. <a href="https://doi.org/10.1021/es9708530">https://doi.org/10.1021/es9708530</a>                                                                                                   | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/1352-2310(96)00046-5">https://doi.org/10.1016/1352-2310(96)00046-5</a> | 185 | Thorpe, E., & Walker, A. I. T. (1973). The toxicology of dieldrin (HEOD). II. Comparative long-term oral toxicity studies in mice with dieldrin, DDT, phenobarbitone, $\beta$ -BHC and $\gamma$ -BHC. <i>Food and Cosmetics Toxicology</i> , 11(3), 433–442. <a href="https://doi.org/10.1016/0015-6264(73)90008-4">https://doi.org/10.1016/0015-6264(73)90008-4</a>                       | 166 |
|           | Garrison, A. W. (2006). Probing the enantioselectivity of chiral pesticides. <i>Environmental Science and Technology</i> , 40(1), 16–23. <a href="https://doi.org/10.1021/es063022f">https://doi.org/10.1021/es063022f</a>                                                                                                                                                                                                                             | 54  | Johansen, H. R., Becher, G., Polder, A., & Skaare, J. U. (1994). Congener-specific determination of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in human milk from norwegian mothers living in oslo. <i>Journal of Toxicology and Environmental Health</i> , 42(2), 157–171. <a href="https://doi.org/10.1080/15287399409531870">https://doi.org/10.1080/15287399409531870</a> | 60  |
| 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. <a href="https://doi.org/10.1021/es9708530">https://doi.org/10.1021/es9708530</a>                                                                                                                                                               | 246 | 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. <a href="https://doi.org/10.1021/es9708530">https://doi.org/10.1021/es9708530</a>                                                                                                   | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/1352-2310(96)00046-5">https://doi.org/10.1016/1352-2310(96)00046-5</a> | 185 | 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. <a href="https://doi.org/10.1021/es990647n">https://doi.org/10.1021/es990647n</a>                                                                                 | 111 |
|           | Garrison, A. W. (2006). Probing the enantioselectivity of chiral pesticides. <i>Environmental Science and Technology</i> , 40(1), 16–23. <a href="https://doi.org/10.1021/es063022f">https://doi.org/10.1021/es063022f</a>                                                                                                                                                                                                                             | 54  | Braune, B. M., Donaldson, G. M., & Hobson, K. A. (2001). Contaminant residues in seabird eggs from the Canadian Arctic. Part I. Temporal trends 1975–1998. <i>Environmental Pollution</i> , 114(1), 39–54. <a href="https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00210-4">https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00210-4</a>                                                                       | 79  |

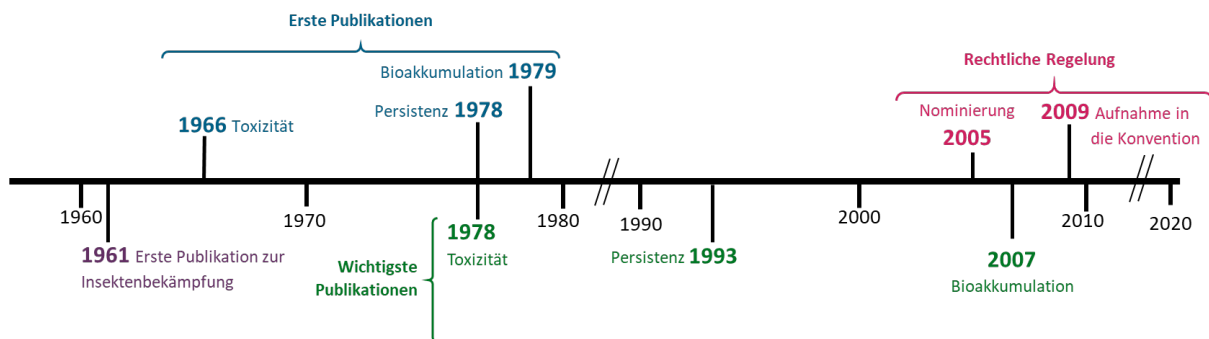
### 1.1.2.2 Datenblatt Chlordecon (bekannt unter Kepone)

Tabelle 27: Grundinformationen zu Chlordecon

| Chlordecon (bekannt unter Kepone) |                                                                                              |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name                        | decachloropentacyclo[5.3.0.0 <sup>2.6</sup> .0 <sup>3.9</sup> .0 <sup>4.8</sup> ]decan-5-one |
| Chemische Formel                  | C <sub>10</sub> Cl <sub>10</sub> O                                                           |
| CAS Nr.                           | 143-50-0                                                                                     |
| Jahr der Nominierung              | 2005                                                                                         |
| Jahr der Aufnahme                 | 2009                                                                                         |
| Verwendung                        | Insektizid                                                                                   |

Abbildung 27: Zeitreihe zu Chlordecon

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.

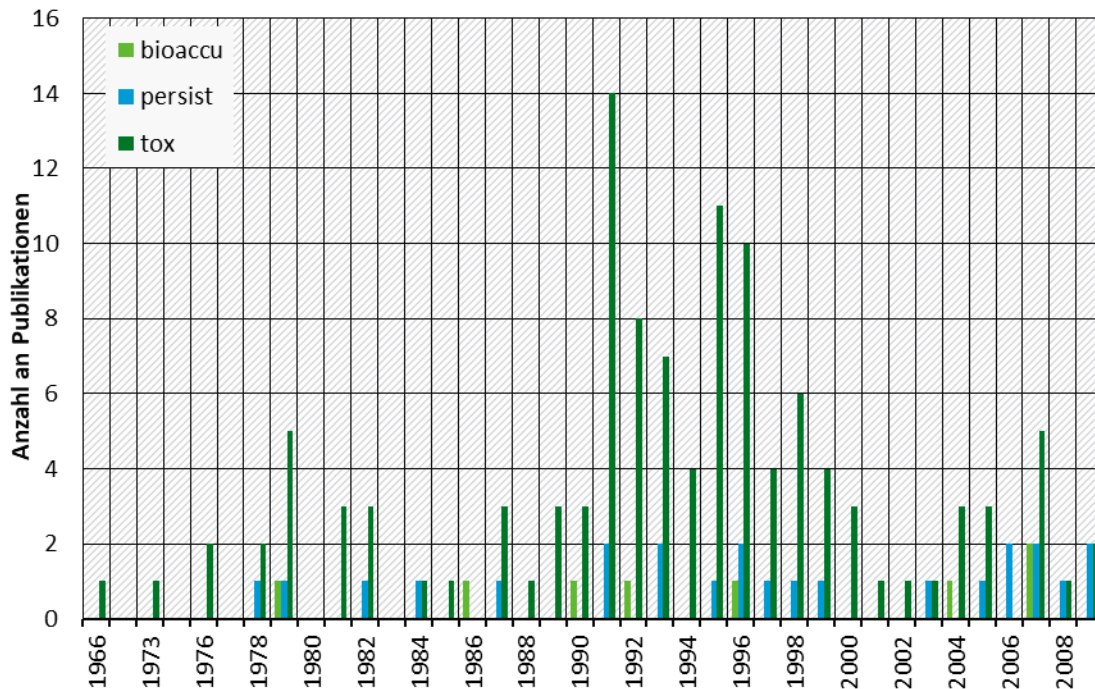


Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.



**Abbildung 28: Anzahl an Publikationen zu Chlordecon in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien**

Die Zeitreihe (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Der Publikationsverlauf zeigt im Vergleich mit anderen Substanzen generell wenige Veröffentlichungen. Die meisten gibt es in den 1990er Jahren zur Toxizität. Chlordecon ist in seiner Struktur ähnlich zu Aldrin, Dieldrin, Endrin und ähnlichen Stoffen. Aufgrund der Strukturähnlichkeit bestand substanzspezifisch möglicherweise kein so hoher Erkenntnisbedarf, da für Chlordecon ein ähnliches Verhalten angenommen wurde wie für die bereits in 2001 gelisteten Analoga. Dies ist an der allerersten Veröffentlichung zur Persistenz von Chlordecon von Gellert (1978) zu sehen, die sich auch mit Aldrin, Dieldrin und Mirex beschäftigte.

Die spezifischen Stoffreferenzen stellen im Fall von Chlordecon keine gute Übersicht über wichtige Publikationen, welche den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn repräsentieren, dar. Nur zwei Studien sind substanzspezifisch, mit Nennung des Stoffnamens im Titel (Cohn et al., 1978; Schimmel et al., 1979). Auch findet sich keine der mit der verwendeten Methodik zur Generierung der spezifischen Stoffreferenzen (siehe Tabelle unten) gefundenen Publikationen als Quelle im Risikoprofil zu Chlordecon (UNEP, 2006f). Stattdessen werden dort neben wissenschaftlichen Studien einige US-amerikanische und (UN-)behördliche Quellen, z.B. Arctic Monitoring and Assessment Programme, International Agency for Research on Cancer, International Labour Organisation & World Health Organisation, US-EPA, etc. genannt.



**Tabelle 28: Spezifische Stoffreferenzen zu Chlordacon**

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      | Colborn, T., Vom Saal, F. S., & Soto, A. M. (1993). Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 101(5), 378–384. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.93101378">https://doi.org/10.1289/ehp.93101378</a>                                                                                           | 2569 |
|                 | Jobling, S., & Sumpter, J. P. (1993). Detergent components in sewage effluent are weakly oestrogenic to fish: An in vitro study using rainbow trout ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) hepatocytes. <i>Aquatic Toxicology</i> , 27(3–4), 361–372. <a href="https://doi.org/10.1016/0166-445X(93)90064-8">https://doi.org/10.1016/0166-445X(93)90064-8</a>                             | 821  |
|                 | Daston, G. P., Gooch, J. W., Breslin, W. J., Shuey, D. L., Nikiforov, A. I., Fico, T. A., & Gorsuch, J. W. (1997). Environmental estrogens and reproductive health: A discussion of the human and environmental data. <i>Reproductive Toxicology</i> , 11(4), 465–481. <a href="https://doi.org/10.1016/S0890-6238(97)00014-2">https://doi.org/10.1016/S0890-6238(97)00014-2</a>  | 142  |
| Bioakkumulation | Benachour, N., Moslemi, S., Sipahutar, H., & Seralini, G.-E. (2007). Cytotoxic effects and aromatase inhibition by xenobiotic endocrine disrupters alone and in combination. <i>Toxicology and Applied Pharmacology</i> , 222(2), 129–140. <a href="https://doi.org/10.1016/j.taap.2007.03.033">https://doi.org/10.1016/j.taap.2007.03.033</a>                                    | 78   |
|                 | Schimmel, S. C., Patrick, J. M., Faas, L. F., Oglesby, J. L., & Wilson, A. J. (1979). Kepone®: Toxicity and bioaccumulation in blue crabs. <i>Estuaries</i> , 2(1), 9–15. <a href="https://doi.org/10.2307/1352033">https://doi.org/10.2307/1352033</a>                                                                                                                           | 38   |
|                 | Zou, E., & Bonvillain, R. (2004). Chitinase activity in the epidermis of the fiddler crab, <i>Uca pugilator</i> , as an in vivo screen for molt-interfering xenobiotics. <i>Comparative Biochemistry and Physiology, Part C: Toxicology and Pharmacology</i> , 139(4), 225–230. <a href="https://doi.org/10.1016/j.cca.2004.11.003">https://doi.org/10.1016/j.cca.2004.11.003</a> | 33   |
| Toxizität       | Cohn, W. J., Boylan, J. J., Blanke, R. V., Fariss, M. W., Howell, J. R., & Guzelian, P. S. (1978). Treatment of Chlordacone (Kepone) Toxicity with Cholestyramine: Results of a Controlled Clinical Trial. <i>New England Journal of Medicine</i> , 298(5), 243–248. <a href="https://doi.org/10.1056/NEJM197802022980504">https://doi.org/10.1056/NEJM197802022980504</a>        | 136  |
|                 | Daston, G. P., Gooch, J. W., Breslin, W. J., Shuey, D. L., Nikiforov, A. I., Fico, T. A., & Gorsuch, J. W. (1997). Environmental estrogens and reproductive health: A discussion of the human and environmental data. <i>Reproductive Toxicology</i> , 11(4), 465–481. <a href="https://doi.org/10.1016/S0890-6238(97)00014-2">https://doi.org/10.1016/S0890-6238(97)00014-2</a>  | 105  |
|                 | Mehendale, H. M. (1991). Role of hepatocellular regeneration and hepatobular healing in the final outcome of liver injury. A two-stage model of toxicity. <i>Biochemical Pharmacology</i> , 42(6), 1155–1162. <a href="https://doi.org/10.1016/0006-2952(91)90249-5">https://doi.org/10.1016/0006-2952(91)90249-5</a>                                                             | 66   |
| LRT             | a)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |      |

a) Für LRT wurden im Zeitraum von 1950 bis 2009 (Aufnahme in die Konvention) mit den Suchkriterien keine Studien gefunden. Die einzige, mit den Suchkriterien gefundene Studie stammt von 2011 und hat den Titel *Historically and Currently Used Dechloranes in the Sediments of the Great Lakes* (Yang et al., 2011)

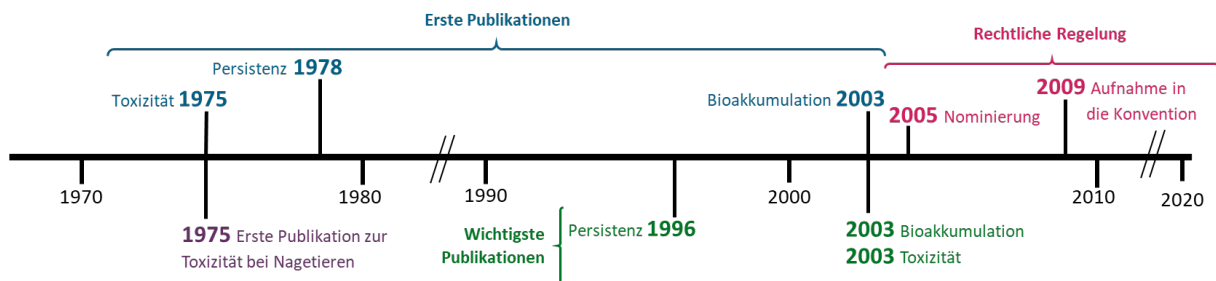
### 1.1.2.3 Datenblatt Hexabrombiphenyl

**Tabelle 29: Grundinformationen zu Hexabrombiphenyl**

| Hexabrombiphenyl     |                                                |
|----------------------|------------------------------------------------|
| IUPAC Name           | -                                              |
| Chemische Formel     | C <sub>12</sub> H <sub>4</sub> Br <sub>6</sub> |
| CAS Nr.              | -                                              |
| Jahr der Nominierung | 2005                                           |
| Jahr der Aufnahme    | 2009                                           |
| Verwendung           | Flammschutzmittel                              |

**Abbildung 29: Zeitreihe zu Hexabrombiphenyl**

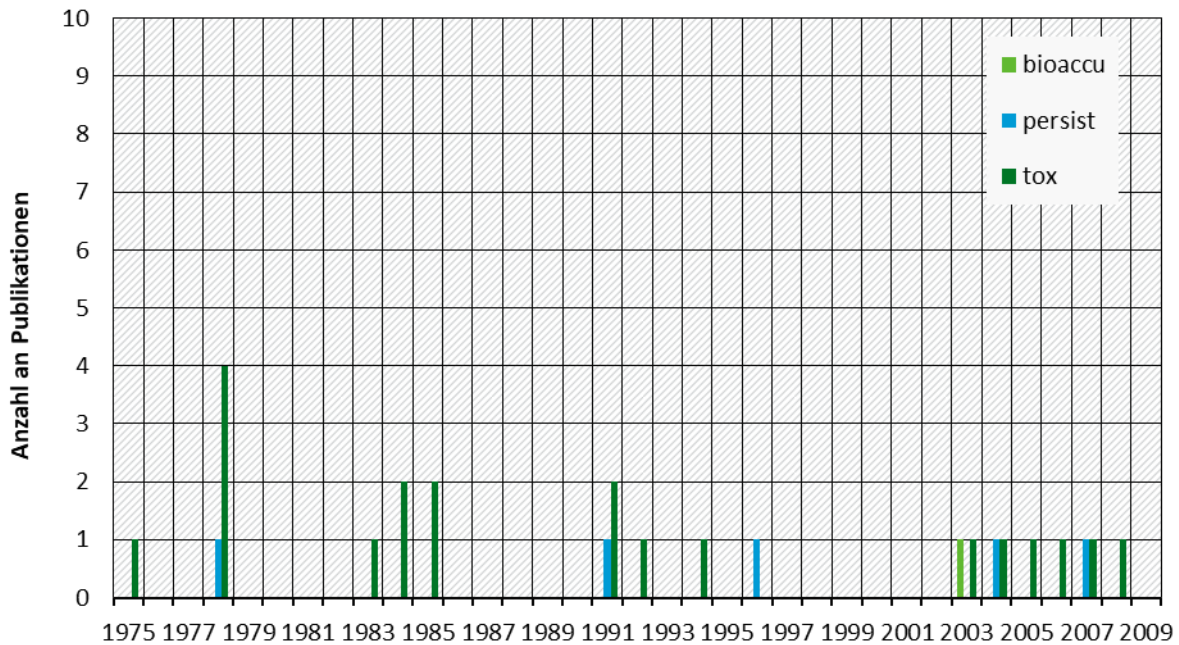
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention



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

**Abbildung 30: Anzahl an Publikationen zu Hexabrombiphenyl in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien**

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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 Anzahl der im Publikationsverlauf gelisteten Studien ist sehr gering. Außerdem sind auch in diesem Fall die häufigsten wissenschaftlich referenzierten Publikationen nicht diejenigen, die im Risikoprofil von Hexabrombiphenyl (UNEP, 2006h) als Grundlage für die Entscheidung verwendet werden. Es muss konstatiert werden, dass es zu Hexabrombiphenyl keinen wirklich „eigenen“ Erkenntnisprozess gab. Vielmehr wurde die Substanz gemeinsam mit anderen bromierten Biphenylen oder sogar mit der Gruppe der bromierten Flammschutzmitteln als Ganzes untersucht. Ein Beleg dafür ist die Tatsache, dass keiner der Titel der in der Referenzliste des Risikoprofils aufgelisteten Studien den Substanznamen („hexabromobiphenyl“) enthält. Stattdessen verwenden sie die Begriffe für die Substanzgruppen: *Organohalogenes*, *organobromines*, *PBB*, *polybrominated biphenyls*, *brominated flame retardants*, etc.

**Tabelle 30: Spezifische Stoffreferenzen zu Hexabrombiphenyl**

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 | Kang, K.-S., Wilson, M. R., Hayashi, T., Chang, C.-C., & Trosko, J. E. (1996). Inhibition of gap junctional intercellular communication in normal human breast epithelial cells after treatment with pesticides, PCBs, and PBBs, alone or in mixtures. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 104(2), 192–200. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.96104192">https://doi.org/10.1289/ehp.96104192</a>                                                    | 60  |
|            | Kimbrough, R. D., Burse, V. W., & Liddle, J. A. (1978). Persistent liver lesions in rats after a single oral dose of polybrominated biphenyls (Fire Master FF 1) and concomitant PBB tissue levels. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 23, 265–273. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.7823265">https://doi.org/10.1289/ehp.7823265</a>                                                                                                             | 48  |
|            | Brown, D. J., Van Overmeire, I., Goeyens, L., Denison, M. S., De Vito, M. J., & Clark, G. C. (2004). Analysis of Ah receptor pathway activation by brominated flame retardants. <i>Chemosphere</i> , 55(11), 1509–1518. <a href="https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2003.10.019">https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2003.10.019</a>                                                                                                                     | 25  |
| Bioakk     | Hakk, H., & Letcher, R. J. (2003). Metabolism in the toxicokinetics and fate of brominated flame retardants—A review. <i>Environment International</i> , 29(6), 801–828. <a href="https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00109-0">https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00109-0</a>                                                                                                                                                                            | 114 |
| Toxizität  | Hakk, H., & Letcher, R. J. (2003). Metabolism in the toxicokinetics and fate of brominated flame retardants—A review. <i>Environment International</i> , 29(6), 801–828. <a href="https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00109-0">https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00109-0</a>                                                                                                                                                                            | 114 |
|            | Corbett, T. H., Beaudoin, A. R., Cornell, R. G., Anver, M. R., Schumacher, R., Endres, J., & Szwabowska, M. (1975). Toxicity of polybrominated biphenyls (Firemaster BP-6) in rodents. <i>Environmental Research</i> , 10(3), 390–396. <a href="https://doi.org/10.1016/0013-9351(75)90034-1">https://doi.org/10.1016/0013-9351(75)90034-1</a>                                                                                                                | 47  |
|            | Jensen, R. K., Sleight, S. D., Aust, S. D., Goodman, J. I., & Trosko, J. E. (1983). Hepatic tumor-promoting ability of 3,3',4,4',5,5'-hexabromobiphenyl: The interrelationship between toxicity, induction of hepatic microsomal drug metabolizing enzymes, and tumor-promoting ability. <i>Toxicology and Applied Pharmacology</i> , 71(2), 163–176. <a href="https://doi.org/10.1016/0041-008X(83)90333-2">https://doi.org/10.1016/0041-008X(83)90333-2</a> | 41  |

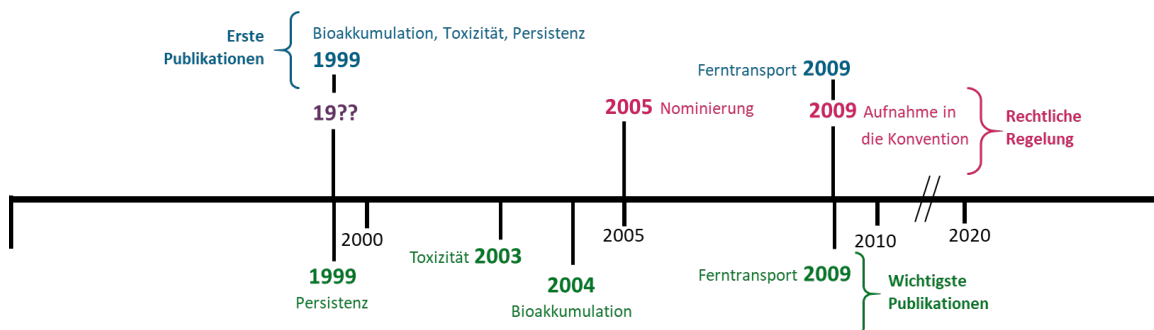
#### 1.1.2.4 Datenblatt Hexabromdiphenylether und Heptabromdiphenylether (technischer Octabromdiphenylether (octaBDE))

Tabelle 31: Grundinformationen zu octaBDE

| Hexabromdiphenylether und Heptabromdiphenylether (technischer Octabromdiphenylether (octaBDE)) |                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name                                                                                     | 2,2',4,4',5,5'-hexabromodiphenyl ether;<br>2,2',4,4',5,6'-hexabromodiphenyl ether<br>2,2',3,3',4,5',6-heptabromodiphenyl ether<br>2,2',3,4,4',5',6-heptabromodiphenyl ether<br>other hexa- and heptabromodiphenyl ethers present in commercial octabromodiphenyl ether |
| Chemische Formel                                                                               | C <sub>12</sub> H <sub>2</sub> Br <sub>8</sub> O                                                                                                                                                                                                                       |
| CAS Nr.                                                                                        | 68631-49-2; 207122-15-4; 446255-22-7; 207122-16-5                                                                                                                                                                                                                      |
| Jahr der Nominierung                                                                           | 2005                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Jahr der Aufnahme                                                                              | 2009                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Verwendung                                                                                     | Flammschutzmittel                                                                                                                                                                                                                                                      |

Abbildung 31: Zeitreihe zu octaBDE

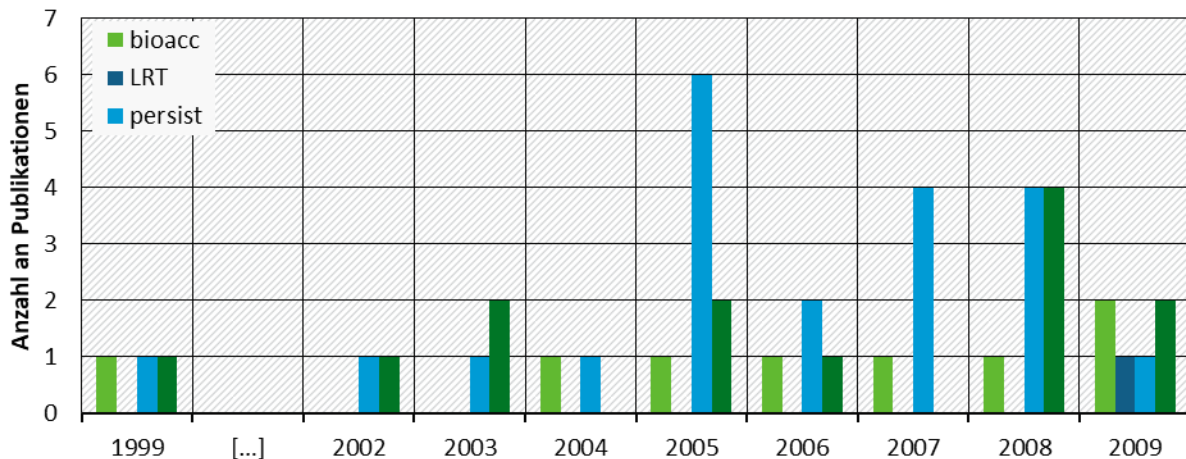
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention.



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

### Abbildung 32: Anzahl an Publikationen zu octaBDE in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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 WoS-Recherche erbrachte für das kommerzielle PBDE-Gemisch c-OctaBDE und dessen Hauptbestandteile Hexabromdiphenylether und Heptabromdiphenylether die geringste Anzahl an Publikationen über die Jahre im Vergleich zu den anderen kommerziellen Gemischen c-PentaBDE oder c-DecaBDE.<sup>2</sup>

Das Risikoprofil zu c-OctaBDE (UNEP, 2007h) kommt zu dem Schluss, dass aufgrund des Vorhandenseins der Bestandteile von c-OctaBDE auch in den anderen in kommerziellen penta- und deca-BDE Gemischen eine quantitative Bewertung der spezifischen Risiken von c-OctaBDE nicht möglich ist und dass zudem generell Informationen fehlten, insbesondere in Bezug auf die (Öko-)Toxizität von c-OctaBDE. Das Risikoprofil verweist durchgehend auf Debromierung und damit Bildung anderer PBDE wie tetra- und pentaBDE, die eine höhere Toxizität und ein höheres Bioakkumulationspotenzial aufweisen.

Persistenz in der Umwelt ist nicht in einer „Meilenstein“-Publikation aufgearbeitet. Wie bei pentaBDE bezog sich das Risikoprofil auf Modellierungen mit EPI Suite und *in-vitro* Testergebnisse.

Zu Bioakkumulation ergab die WoS-Recherche als meistzitierte Publikationen interessanterweise zwei, die die Debromierung bzw. den Abbau von decaBDE untersuchten (Stapleton et al., 2004; Gerecke et al., 2005). Zusätzlich ist die Veröffentlichung von Drouillard et al. (2007) hervorzuheben, bei der Versuche mit unterschiedlichen PBDE-Kongeneren an amerikanischen Turmfalken durchgeführt wurden und für hexaBDE die größte Halbwertszeit ermittelt wurde. Nach Drouillard et al. (2007) kommt es in Seevögeln zu einer Akkumulation von tetraBDE, während Landvögel tendenziell PBDE-Konzentrationen aufwiesen, die von penta- und hexaBDE dominiert wurden.

Zu Toxizität stellt Darnerud (2003) wie für c-PentaBDE eine wichtige Publikation dar; danach sind die kritischen Auswirkungen von octaBDE fötale Toxizität und strukturelle oder funktionale Organstörungen beim Fetus (Teratogenität), bei Ratten und Kaninchen (ab 2 mg/kg Körpergewicht).

<sup>2</sup> Zwischen 1995 und 2020: 177 Publikationen; im Vergleich dazu für c-pentaBDE 809 zwischen 1990 und 2020 und für c-decaBDE 1.385.



Zum Ferntransport von c-OctaBDE ergab die WoS-Recherche keine wichtige Publikation. Das Risikoprofil zitiert nationale Monitoring-Ergebnisse aus Norwegen, Kanada, der Schweiz und Japan und damit Nachweise von c-OctaBDE in abgelegenen Regionen. Das Risikoprofil zieht zudem einen Vergleich zur Partikeladsorption, die für decaBDE berichtet wurde, dass dies auch für octaBDE zutreffend sein könnte.

**Tabelle 32: Spezifische Stoffreferenzen zu octaBDE**

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      | Sjödin, A., Hagmar, L., Klasson-Wehler, E., Kronholm-Dlab, K., Jakobsson, E., & Bergman, Å. (1999). Flame retardant exposure: Polybrominated diphenyl ethers in blood from Swedish workers. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 107(8), 643–648. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.107-1566483">https://doi.org/10.1289/ehp.107-1566483</a>                                                                | 202 |
|                 | Viberg, H., Fredriksson, A., & Eriksson, P. (2003). Neonatal exposure to polybrominated diphenyl ether (PBDE 153) disrupts spontaneous behaviour, impairs learning and memory, and decreases hippocampal cholinergic receptors in adult mice. <i>Toxicology and Applied Pharmacology</i> , 192(2), 95–106. <a href="https://doi.org/10.1016/S0041-008X(03)00217-5">https://doi.org/10.1016/S0041-008X(03)00217-5</a> | 111 |
|                 | Sanders, J. M., Burka, L. T., Smith, C. S., Black, W., James, R., & Cunningham, M. L. (2005). Differential expression of CYP1A, 2B, and 3A genes in the F344 rat following exposure to a polybrominated diphenyl ether mixture or individual components. <i>Toxicological Sciences</i> , 88(1), 127–133. <a href="https://doi.org/10.1093/toxsci/kfi288">https://doi.org/10.1093/toxsci/kfi288</a>                   | 46  |
| Bioakkumulation | Stapleton, H. M., Alaei, M., Letcher, R. J., & Baker, J. E. (2004). Debromination of the Flame Retardant Decabromodiphenyl Ether by Juvenile Carp ( <i>Cyprinus carpio</i> ) following Dietary Exposure. <i>Environmental Science and Technology</i> , 38(1), 112–119. <a href="https://doi.org/10.1021/es034746j">https://doi.org/10.1021/es034746j</a>                                                             | 143 |
|                 | Gerecke, A. C., Hartmann, P. C., Heeb, N. V., Kohler, H.-P. E., Giger, W., Schmid, P., Zennegg, M., & Kohler, M. (2005). Anaerobic degradation of decabromodiphenyl ether. <i>Environmental Science and Technology</i> , 39(4), 1078–1083. <a href="https://doi.org/10.1021/es048634j">https://doi.org/10.1021/es048634j</a>                                                                                         | 67  |
|                 | Gauthier, L. T., Hebert, C. E., Weseloh, D. V. C., & Letcher, R. J. (2008). Dramatic changes in the temporal trends of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in herring gull eggs from the Laurentian Great Lakes: 1982–2006. <i>Environmental Science and Technology</i> , 42(5), 1524–1530. <a href="https://doi.org/10.1021/es702382k">https://doi.org/10.1021/es702382k</a>                                     | 22  |
| Toxizität       | Choi, J.-W., Fujimaki, S., Kitamura, K., Hashimoto, S., Ito, H., Suzuki, N., Sakai, S.-I., & Morita, M. (2003). Polybrominated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, and diphenyl ethers in Japanese human adipose tissue. <i>Environmental Science and Technology</i> , 37(5), 817–821. <a href="https://doi.org/10.1021/es0258780">https://doi.org/10.1021/es0258780</a>                                               | 74  |
|                 | Mariussen, E., & Fonnum, F. (2003). The effect of brominated flame retardants on neurotransmitter uptake into rat brain synaptosomes and vesicles. <i>Neurochemistry International</i> , 43(4–5), 533–542. <a href="https://doi.org/10.1016/S0197-0186(03)00044-5">https://doi.org/10.1016/S0197-0186(03)00044-5</a>                                                                                                 | 60  |
|                 | Marsh, G., Hu, J., Jakobsson, E., Rahm, S., & Bergman, Å. (1999). Synthesis and characterization of 32 polybrominated diphenyl ethers. <i>Environmental Science and Technology</i> , 33(17), 3033–3037. <a href="https://doi.org/10.1021/es9902266">https://doi.org/10.1021/es9902266</a>                                                                                                                            | 57  |
| LRT             | Chang, F. H., Yang, C. R., Tsai, C. Y., & Lin, W. C. (2009). Airborne polybrominated diphenyl ethers in a computer classroom of college in Taiwan. <i>Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering</i> , 6(2), 121–130.                                                                                                                                                                           | 1   |

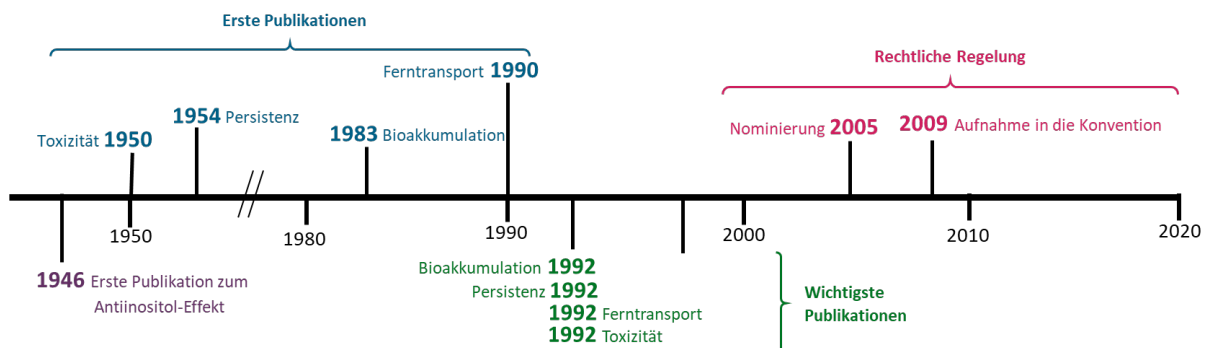
### 1.1.2.5 Datenblatt Lindan

**Tabelle 33: Grundinformationen zu Lindan**

| Lindan               |                                                          |
|----------------------|----------------------------------------------------------|
| IUPAC Name           | $\gamma$ - 1,2,3,4,5,6-Hexachlorocyclohexane (Gamma-HCH) |
| Chemische Formel     | $C_6H_6Cl_6$                                             |
| CAS Nr.              | 58-89-9                                                  |
| Jahr der Nominierung | 2005                                                     |
| Jahr der Aufnahme    | 2009                                                     |
| Verwendung           | Insektizid, medizinische Anwendung                       |

**Abbildung 33: Zeitreihe zu Lindan**

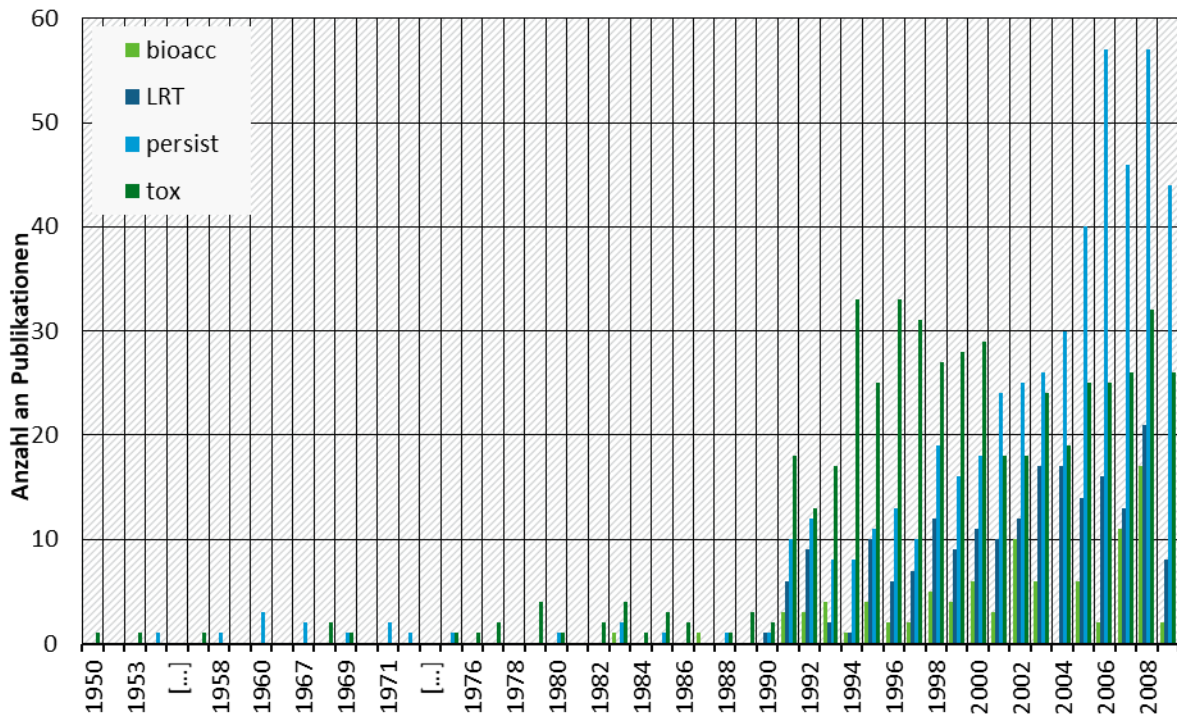
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention.



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

### Abbildung 34: Anzahl an Publikationen zu Lindan in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitreihe (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Das Jahr mit den wichtigsten Publikationen zu Lindan ist das Jahr 1992, wie aus der Zeitreihe sowie der deutlich zunehmenden Anzahl an Publikationen im Publikationsverlauf ersichtlich wird. Der Grund dafür sind die beiden Studien von Barrie et al. (1992) und Muir, Wagemann, et al. (1992), die sich beide mit Schadstoffkontamination in der Arktis und ihren Quellen beschäftigen, die erstgenannte in Gewässerproben, die zweite in Biota. Auffällig ist, dass die spezifischen Referenzen häufig Untersuchungen zu gleich mehreren der POP-Eigenschaften abdecken, d.h. in mehrfach unter den spezifischen Referenzen auftauchen. In Summe sind acht Publikationen identifiziert worden, von denen drei Konzentrationen in arktischen Proben analysieren.

Willett et al. (1998) ist die wichtigste Referenz für das Alpha- und Beta-Isomer von HCH. Auch bei Lindan (Gamma-HCH) taucht diese Studie unter den stoffspezifischen Referenzen für Persistenz, Toxizität und Langstreckentransportpotential auf. Es handelt sich um eine Übersichtsstudie (*Review Paper*), die erst zu einem späteren Zeitpunkt des Erkenntnisprozesses veröffentlicht wurde, dann aber die vorangegangenen Einzelstudien zusammenfasst und so die bisherigen Erkenntnisse bündelte.

Auffällig an der Grafik des Publikationsverlaufs ist die exponentiell zunehmende Anzahl an Publikationen zum Schlagwort „persistent“, während gleichzeitig die Stoffreferenzen zu dieser Eigenschaft aus den 1990er Jahren stammen. Mit dem Beginn der Verhandlungen zur Stockholm-Konvention wurde der Begriff der Persistent Organic Pollutants (POPs) in die wissenschaftliche Diskussion eingebracht. Ab dann wurde im wissenschaftlichen Diskurs ein Stoff unter Verwendung des Begriffs „POP“ diskutiert, wenn es dafür Anhaltspunkte gab. Auch

wenn der Fokus einer wissenschaftlichen Veröffentlichung nicht auf den Persistenz-Eigenschaften der Substanz, sondern auf einer der anderen POP-Eigenschaften lag, tauchten aufgrund der in dieser Arbeit verwendeten Methodik die Studien in der Liste der Persistenz-Veröffentlichungen auf.

**Tabelle 34: Spezifische Stoffreferenzen zu Lindan**

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      | Barrie, L. A., Gregor, D., Hargrave, B., Lake, R., Muir, D. C. G., Shearer, R., Tracey, B., & Bidleman, T. (1992). Arctic contaminants: Sources, occurrence and pathways. <i>Science of the Total Environment</i> , 122(1–2), 1–74. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90245-N">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90245-N</a>                                                                                                            | 380 |
|                 | 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. <a href="https://doi.org/10.1021/es9708530">https://doi.org/10.1021/es9708530</a>                                                                                                                                                               | 246 |
|                 | Buser, H.-R., Müller, M. D., & Theobald, N. (1998). Occurrence of the pharmaceutical drug clofibric acid and the herbicide mecoprop in various Swiss Lakes and in the North Sea. <i>Environmental Science and Technology</i> , 32(1), 188–192. <a href="https://doi.org/10.1021/es9705811">https://doi.org/10.1021/es9705811</a>                                                                                                                       | 172 |
| 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O</a>                                                                                                                                     | 247 |
|                 | Hoekstra, P. F., O'Hara, T. M., Fisk, A. T., Borgå, K., Solomon, K. R., & Muir, D. C. G. (2003). Trophic transfer of persistent organochlorine contaminants (OCs) within an Arctic marine food web from the southern Beaufort-Chukchi Seas. <i>Environmental Pollution</i> , 124(3), 509–522. <a href="https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00482-7">https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00482-7</a>                                                | 76  |
|                 | Hendriks, A. J., Ma, W.-C., Brouns, J. J., de Ruiter-Dijkman, E. M., & Gast, R. (1995). Modelling and monitoring organochlorine and heavy metal accumulation in soils, earthworms, and shrews in Rhine-delta floodplains. <i>Archives of Environmental Contamination and Toxicology</i> , 29(1), 115–127. <a href="https://doi.org/10.1007/BF00213096">https://doi.org/10.1007/BF00213096</a>                                                          | 58  |
| Toxizität       | Barrie, L. A., Gregor, D., Hargrave, B., Lake, R., Muir, D. C. G., Shearer, R., Tracey, B., & Bidleman, T. (1992). Arctic contaminants: Sources, occurrence and pathways. <i>Science of the Total Environment</i> , 122(1–2), 1–74. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90245-N">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90245-N</a>                                                                                                            | 380 |
|                 | 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. <a href="https://doi.org/10.1021/es9708530">https://doi.org/10.1021/es9708530</a>                                                                                                                                                               | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/1352-2310(96)00046-5">https://doi.org/10.1016/1352-2310(96)00046-5</a> | 185 |

| [a] | Spezifische Referenz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | [b] |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| LRT | Barrie, L. A., Gregor, D., Hargrave, B., Lake, R., Muir, D. C. G., Shearer, R., Tracey, B., & Bidleman, T. (1992). Arctic contaminants: Sources, occurrence and pathways. <i>Science of the Total Environment</i> , 122(1–2), 1–74. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90245-N">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90245-N</a> | 380 |
|     | 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. <a href="https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O">https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90246-O</a>                          | 247 |
|     | 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. <a href="https://doi.org/10.1021/es9708530">https://doi.org/10.1021/es9708530</a>                                                    | 246 |

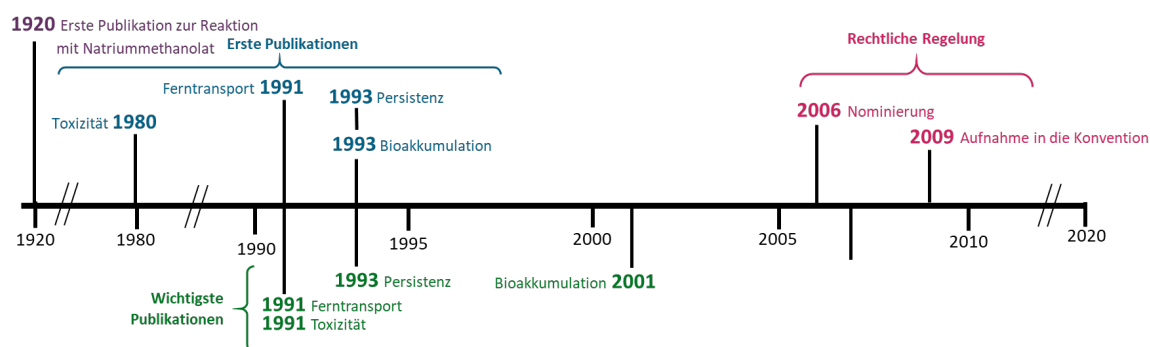
### 1.1.2.6 Datenblatt Pentachlorbenzol

Tabelle 35: Grundinformationen zu Pentachlorbenzol

| Pentachlorbenzol     |                                                               |
|----------------------|---------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name           | 1,2,3,4,5-Pentachlorobenzene                                  |
| Chemische Formel     | C <sub>6</sub> HCl <sub>5</sub>                               |
| CAS Nr.              | 608-93-5                                                      |
| Jahr der Nominierung | 2006                                                          |
| Jahr der Aufnahme    | 2009                                                          |
| Verwendung           | Pestizid, Industrielle Chemikalie, unbeabsichtigte Produktion |

Abbildung 35: Zeitreihe zu Pentachlorbenzol

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.

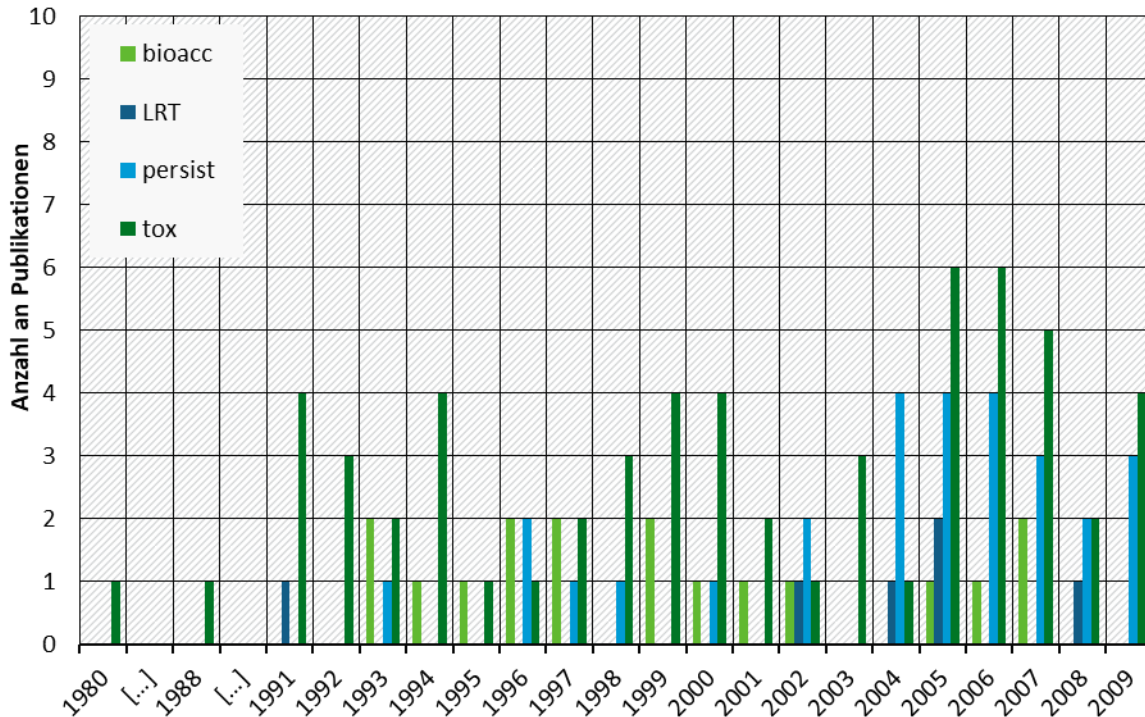


Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.



**Abbildung 36: Anzahl an Publikationen zu Pentachlorbenzol in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien**

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Anders als bei Stoffen, die bereits seit den 1950er Jahren hinsichtlich der POP-Eigenschaften untersucht wurden, markiert für PentaCB erst die Studie von Linder et al. (1980) zu den toxischen Eigenschaften den Beginn des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses. Weitere Studien folgten dann erst ca. 10 Jahre später. Zwischen den ersten Erkenntnissen über weitere POP-Eigenschaften und der Listung in der Konvention lagen demnach ca. 30 Jahre. Dies ist eine durchschnittliche Zeit für den Erkenntnisprozess (siehe Kapitel 2.3.2 des Hauptberichts zu substanzübergreifenden Aspekten der Auswertung der Datenblätter).

Obwohl das Risikoprofil für PentaCB (UNEP, 2007i) fünf Seiten Referenzen auflistet, die der Risikoanalyse im Rahmen der POPRC-Beratungen zugrunde liegen, sind die unten genannten stoffspezifischen Referenzen, die wissenschaftlich am häufigsten referenziert wurden, nicht dabei. Die Studien, auf die sich das Risikoprofil stützt, adressieren in vielen Fällen die Stoffgruppen, denen sich PentaCB zuordnen lässt: den Organochlorverbindungen, den Chlorbenzolen allgemein, oder anderen untersuchten chlorierten Benzole (di-, tri-, tetra-, hexa-). Allerdings trifft diese Beobachtung gleichfalls für die unten genannten Referenzen zu, wobei diese auf jeden Fall aber im Text eine der verschiedenen Schreibweisen und Namensvarianten für PentaCB<sup>3</sup> enthalten haben müssen, da sie sonst in der Analyse nicht identifiziert worden wären.

<sup>3</sup> "Pentachlorobenzene" OR "quintochlorobenzene" OR "PeCB" OR "1,2,3,4,5-pentachlorobenzene"



**Tabelle 36: Spezifische Stoffreferenzen zu PentaCB**

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      | Jansson, B., Andersson, R., Asplund, L., Litzen, K., Nylund, K., Sellström, U., Uvemo, U.-B., Wahlberg, C., Wideqvist, U., Odsjö, T., & Olsson, M. (1993). Chlorinated and brominated persistent organic compounds in biological samples from the environment. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 12(7), 1163–1174. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620120704">https://doi.org/10.1002/etc.5620120704</a>    | 57  |
|                 | Damgaard, I. N., Skakkebaek, N. E., Toppari, J., Virtanen, H. E., Shen, H., Schramm, K.-W., Petersen, J. H., Jensen, T. K., Main, K. M., Boisen, K., Chellakooty, M., Schmidt, I., Kaleva, M., & Soumi, A. (2006). Persistent pesticides in human breast milk and cryptorchidism. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 114(7), 1133–1138. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.8741">https://doi.org/10.1289/ehp.8741</a> | 46  |
|                 | Mariussen, E., Myhre, O., Reistad, T., & Fonnum, F. (2002). The polychlorinated biphenyl mixture Aroclor 1254 induces death of rat cerebellar granule cells: The involvement of the N-methyl-D-aspartate receptor and reactive oxygen species. <i>Toxicology and Applied Pharmacology</i> , 179(3), 137–144. <a href="https://doi.org/10.1006/taap.2002.9353">https://doi.org/10.1006/taap.2002.9353</a>                        | 42  |
| Bioakkumulation | Kannan, K., Hilscherova, K., Imagawa, T., Yamashita, N., Williams, L. L., & Giesy, J. P. (2001). Polychlorinated naphthalenes, -biphenyls, -dibenzo-p-dioxins, and -dibenzofurans in double-crested cormorants and herring gulls from Michigan waters of the Great Lakes. <i>Environmental Science and Technology</i> , 35(3), 441–447. <a href="https://doi.org/10.1021/es0013374">https://doi.org/10.1021/es0013374</a>       | 59  |
|                 | Belfroid, A., Sikkenk, M., Seinen, W., Hermens, J., & Van Gestel, K. (1994). The toxicokinetic behavior of chlorobenzenes in earthworm ( <i>Eisenia andrei</i> ) experiments in soil. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 13(1), 93–99. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620130113">https://doi.org/10.1002/etc.5620130113</a>                                                                                 | 43  |
|                 | Lerche, D., Van de Plassche, E., Schwegler, A., & Balk, F. (2002). Selecting chemical substances for the UN-ECE POP Protocol. <i>Chemosphere</i> , 47(6), 617–630. <a href="https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00028-0">https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00028-0</a>                                                                                                                                                    | 39  |
| Toxizität       | Walker, M. K., & Peterson, R. E. (1991). Potencies of polychlorinated dibenzo-p-dioxin, dibenzofuran, and biphenyl congeners, relative to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin, for producing early life stage mortality in rainbow trout ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ). <i>Aquatic Toxicology</i> , 21(3–4), 219–237. <a href="https://doi.org/10.1016/0166-445X(91)90074-J">https://doi.org/10.1016/0166-445X(91)90074-J</a>  | 221 |
|                 | Tsutsumi, T., Yanagi, T., Nakamura, M., Kono, Y., Uchibe, H., Iida, T., Hori, T., Nakagawa, R., Tobiishi, K., Matsuda, R., Sasaki, K., & Toyoda, M. (2001). Update of daily intake of PCDDs, PCDFs, and dioxin-like DCBs from food in Japan. <i>Chemosphere</i> , 45(8), 1129–1137. <a href="https://doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00151-5">https://doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00151-5</a>                                   | 91  |
|                 | Kozani, R. R., Assadi, Y., Shemirani, F., Hosseini, M.-R. M., & Jamali, M. R. (2007). Part-per-trillion determination of chlorobenzenes in water using dispersive liquid-liquid microextraction combined gas chromatography-electron capture detection. <i>Talanta</i> , 72(2), 387–393. <a href="https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.10.039">https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.10.039</a>                              | 65  |

| [a] | Spezifische Referenz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | [b] |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| LRT | Patton, G. W., Walla, M. D., Bidleman, T. F., & Barrie, L. A. (1991). Polycyclic aromatic and organochlorine compounds in the atmosphere of northern Ellesmere Island, Canada. <i>Journal of Geophysical Research</i> , 96(D6), 10,867-10,877. <a href="https://doi.org/10.1029/91jd00010">https://doi.org/10.1029/91jd00010</a>                                                                                                                                                                                                                                                                    | 94  |
|     | Lerche, D., Van de Plassche, E., Schwegler, A., & Balk, F. (2002). Selecting chemical substances for the UN-ECE POP Protocol. <i>Chemosphere</i> , 47(6), 617–630. <a href="https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00028-0">https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00028-0</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 39  |
|     | Verreault, J., Muir, D. C. G., Norstrom, R. J., Stirling, I., Fisk, A. T., Gabrielsen, G. W., Derocher, A. E., Evans, T. J., Dietz, R., Sonne, C., Sandala, G. M., Gebbink, W., Riget, F. F., Born, E. W., Taylor, M. K., Nagy, J., & Letcher, R. J. (2005). Chlorinated hydrocarbon contaminants and metabolites in polar bears ( <i>Ursus maritimus</i> ) from Alaska, Canada, East Greenland, and Svalbard: 1996-2002. <i>Science of the Total Environment</i> , 351–352, 369–390. <a href="https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.031">https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.031</a> | 38  |

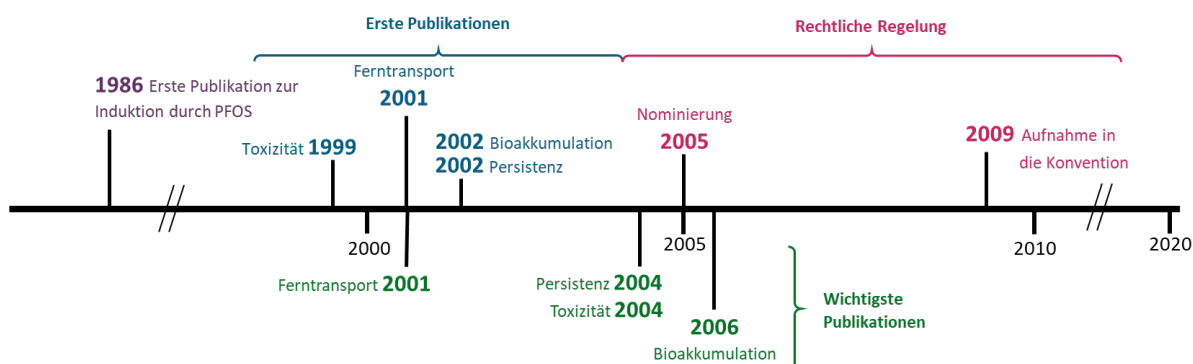
### 1.1.2.7 Datenblatt Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)

Tabelle 37: Grundinformationen zu PFOS

| Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) |                                                                        |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name                       | 1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8-Hepta-decafluoro-1-octanesulfonic acid |
| Chemische Formel                 | C <sub>8</sub> HF <sub>17</sub> O <sub>3</sub> S                       |
| CAS Nr.                          | 1763-23-1                                                              |
| Jahr der Nominierung             | 2005                                                                   |
| Jahr der Aufnahme                | 2009                                                                   |
| Verwendung                       | Industriechemikalie z.B. Imprägnierung, Löschschaum                    |

### Abbildung 37: Zeitreihe zu PFOS

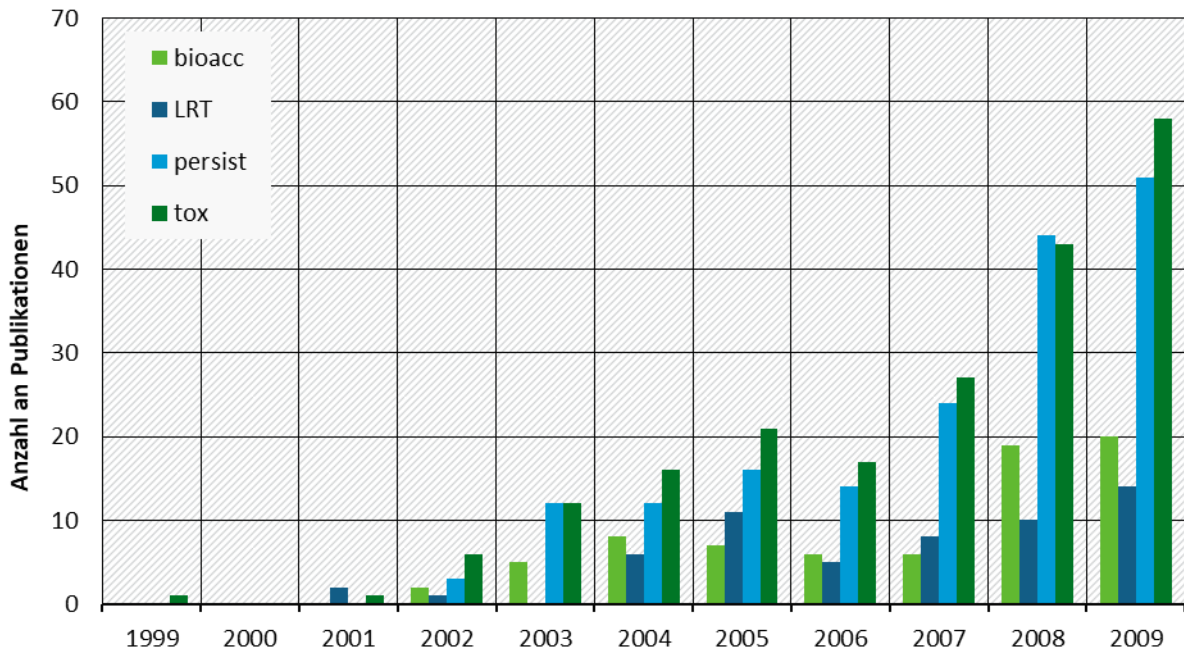
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention.



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

### Abbildung 38: Anzahl an Publikationen zu PFOS in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Der wissenschaftliche Erkenntnisprozess setzte erst zur Jahrtausendwende ein: Daraufhin wurden jedoch eine Vielzahl an Referenzen in einem kurzen Zeitraum veröffentlicht. Daher erscheint der Publikationsverlauf übersichtlicher als für andere Substanzen. Tatsächlich gibt es in dem Zeitraum von 10 Jahren ähnlich viele Studien pro Jahr wie bei Lindan, einer viel untersuchten Substanz, über einen Zeitraum von 20 Jahren.

Die meisten stoffspezifischen Referenzen eint die Untersuchung von Biota sowie die Veröffentlichung in der Zeitschrift *Environmental Science & Technology*. Der Fund von PFOS und Derivaten in entlegenen Orten sowie das daraus resultierende Langstreckentransportpotential sind die hauptsächlichen Begründungen im Risikoprofil (UNEP, 2006j). Die erste Publikation zum Langstreckentransportpotential (Giesy & Kannan, 2001) wurde direkt diejenige, die bis zur Aufnahme in die Konvention und darüber hinaus in Bezug auf PFOS am häufigsten zitiert wurde. Bis 2019 hat diese Publikation über 1500 Zitationen. Untersucht wurden Biota-Proben verschiedener trophischer Ebenen aus Nordamerika, der Arktis und dem Nordpazifik. Die Autoren fanden in Fisch verzehrenden Tiere, z.B. Adlern, höhere PFOS-Konzentrationen als im Fisch, den sie fraßen. Daraus schließen die Autoren auf die Bioakkumulation entlang der trophischen Kette.

Im Gegensatz zu anderen Substanzen finden sich die häufig zitierten Publikationen aus der WoS-Recherche auch im Risikoprofil (UNEP, 2006j): die Studien von Giesy & Kannan (2001), Schwerpunkt siehe oben, von Houde et al. (2006), ein Review, von Martin et al. (2004), Biota-Analysen in der Kanadischen Arktis, sowie einige weitere Publikationen aus der Gruppe von K. Kannan bildeten die Grundlage für die Bewertung des POPR

**Tabelle 38: Spezifische Stoffreferenzen zu PFOS**

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      | Martin, J. W., Smithwick, M. M., Braune, B. M., Hoekstra, P. F., Muir, D. C. G., & Mabury, S. A. (2004). Identification of Long-Chain Perfluorinated Acids in Biota from the Canadian Arctic. <i>Environmental Science and Technology</i> , 38(2), 373–380. <a href="https://doi.org/10.1021/es034727+">https://doi.org/10.1021/es034727+</a>                                                                         | 247 |
|                 | Kannan, K., Corsolini, S., Falandysz, J., Fillmann, G., Kumar, K. S., Loganathan, B. G., Mohd, M. A., Olivero, J., Van Wouwe, N., Yang, J. H., & Aldous, K. M. (2004). Perfluorooctanesulfonate and related fluorochemicals in human blood from several countries. <i>Environmental Science and Technology</i> , 38(17), 4489–4495. <a href="https://doi.org/10.1021/es0493446">https://doi.org/10.1021/es0493446</a> | 231 |
|                 | Houde, M., Martin, J. W., Letcher, R. J., Solomon, K. R., & Muir, D. C. G. (2006). Biological monitoring of polyfluoroalkyl substances: A review. <i>Environmental Science and Technology</i> , 40(11), 3463–3473. <a href="https://doi.org/10.1021/es052580b">https://doi.org/10.1021/es052580b</a>                                                                                                                  | 182 |
| Bioakkumulation | Houde, M., Martin, J. W., Letcher, R. J., Solomon, K. R., & Muir, D. C. G. (2006). Biological monitoring of polyfluoroalkyl substances: A review. <i>Environmental Science and Technology</i> , 40(11), 3463–3473. <a href="https://doi.org/10.1021/es052580b">https://doi.org/10.1021/es052580b</a>                                                                                                                  | 182 |
|                 | Moody, C. A., Martin, J. W., Kwan, W. C., Muir, D. C. G., & Mabury, S. A. (2002). Monitoring perfluorinated surfactants in biota and surface water samples following an accidental release of fire-fighting foam into Etobicoke Creek. <i>Environmental Science and Technology</i> , 36(4), 545–551. <a href="https://doi.org/10.1021/es011001+">https://doi.org/10.1021/es011001+</a>                                | 169 |
|                 | Dinglasan, M. J. A., Ye, Y., Edwards, E. A., & Mabury, S. A. (2004). Fluorotelomer alcohol biodegradation yields poly- and perfluorinated acids. <i>Environmental Science and Technology</i> , 38(10), 2857–2864. <a href="https://doi.org/10.1021/es0350177">https://doi.org/10.1021/es0350177</a>                                                                                                                   | 131 |
| Toxizität       | Martin, J. W., Smithwick, M. M., Braune, B. M., Hoekstra, P. F., Muir, D. C. G., & Mabury, S. A. (2004). Identification of Long-Chain Perfluorinated Acids in Biota from the Canadian Arctic. <i>Environmental Science and Technology</i> , 38(2), 373–380. <a href="https://doi.org/10.1021/es034727+">https://doi.org/10.1021/es034727+</a>                                                                         | 247 |
|                 | Moody, C. A., Martin, J. W., Kwan, W. C., Muir, D. C. G., & Mabury, S. A. (2002). Monitoring perfluorinated surfactants in biota and surface water samples following an accidental release of fire-fighting foam into Etobicoke Creek. <i>Environmental Science and Technology</i> , 36(4), 545–551. <a href="https://doi.org/10.1021/es011001+">https://doi.org/10.1021/es011001+</a>                                | 169 |
|                 | Lau, C., Butenhoff, J. L., & Rogers, J. M. (2004). The developmental toxicity of perfluoroalkyl acids and their derivatives. <i>Toxicology and Applied Pharmacology</i> , 198(2), 231–241. <a href="https://doi.org/10.1016/j.taap.2003.11.031">https://doi.org/10.1016/j.taap.2003.11.031</a>                                                                                                                        | 164 |
| LRT             | Giesy, J. P., & Kannan, K. (2001). Global distribution of perfluorooctane sulfonate in wildlife. <i>Environmental Science and Technology</i> , 35(7), 1339–1342. <a href="https://doi.org/10.1021/es001834k">https://doi.org/10.1021/es001834k</a>                                                                                                                                                                    | 503 |
|                 | Martin, J. W., Smithwick, M. M., Braune, B. M., Hoekstra, P. F., Muir, D. C. G., & Mabury, S. A. (2004). Identification of Long-Chain Perfluorinated Acids in Biota from the Canadian Arctic. <i>Environmental Science and Technology</i> , 38(2), 373–380. <a href="https://doi.org/10.1021/es034727+">https://doi.org/10.1021/es034727+</a>                                                                         | 247 |
|                 | Prevedouros, K., Cousins, I. T., Buck, R. C., & Korzenowski, S. H. (2006). Sources, fate and transport of perfluorocarboxylates. <i>Environmental Science and Technology</i> , 40(1), 32–44. <a href="https://doi.org/10.1021/es0512475">https://doi.org/10.1021/es0512475</a>                                                                                                                                        | 230 |

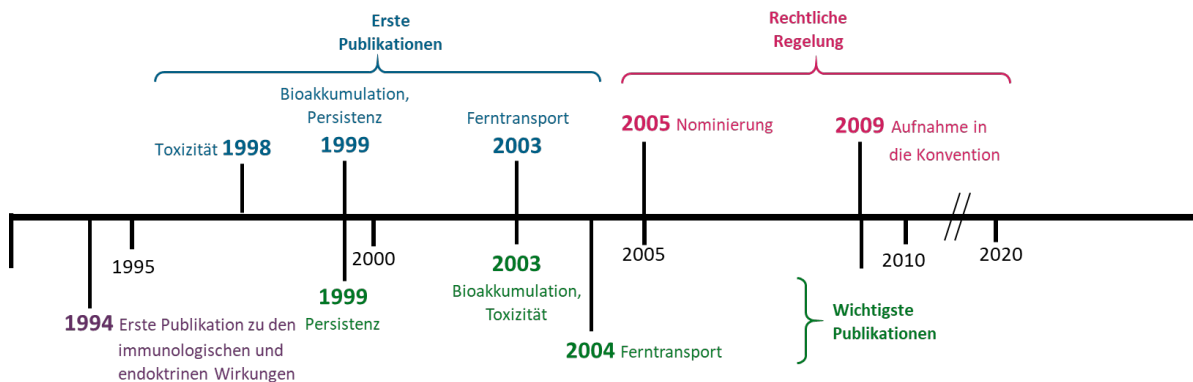
### 1.1.2.8 Datenblatt Tetrabromdiphenylether und Pentabromdiphenylether (technischer Pentabromdiphenylether (pentaBDE))

**Tabelle 39: Grundinformationen zu pentaBDE**

| Tetrabromdiphenylether und Pentabromdiphenylether (technischer Pentabromdiphenylether (pentaBDE)) |                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name                                                                                        | 2,2',4,4'-tetrabromodiphenyl ether<br>2,2',4,4',5-pentabromodiphenyl ether<br>other tetra- and pentabromodiphenyl ethers present in commercial pentabromodiphenyl ether |
| Chemische Formel                                                                                  | C <sub>12</sub> H <sub>5</sub> Br <sub>5</sub> O                                                                                                                        |
| CAS Nr.                                                                                           | 5436-43-1; 60348-60-9                                                                                                                                                   |
| Jahr der Nominierung                                                                              | 2005                                                                                                                                                                    |
| Jahr der Aufnahme                                                                                 | 2009                                                                                                                                                                    |
| Verwendung                                                                                        | Flammschutzmittel                                                                                                                                                       |

**Abbildung 39: Zeitreihe zu pentaBDE**

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.

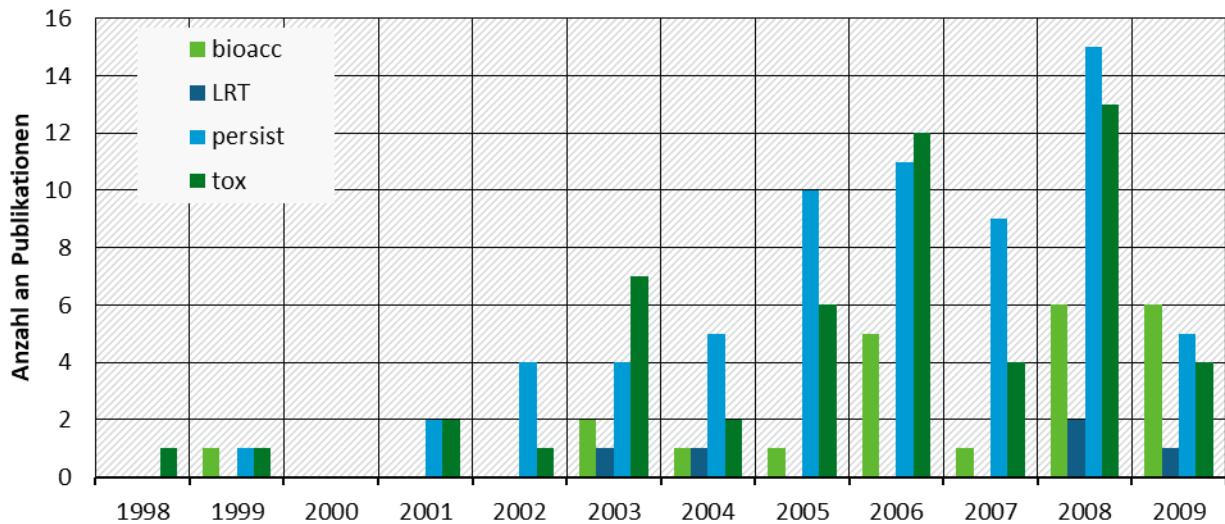


Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.



#### Abbildung 40: Anzahl an Publikationen zu pentaBDE in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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 kommerzielle Mischung c-PentaBDE besteht hauptsächlich aus Tetrabromdiphenylether und Pentabromdiphenylether.

Umweltmessungen von PBDEs fanden schon ab Mitte der 1970er Jahren statt, ein steigendes Vorkommen der PBDEs in der Umwelt wurde vor allem in Schweden belegt. Sellström et al. (1993) untersuchten tetra- und pentaBDE in Tierproben in Schweden aus den 1970er und 1980er Jahren. Aus den Ergebnissen in Kegelrobben und Eiern von Trottellummen schlossen sie auf Biomagnifikation in Fisch fressenden Tieren. Da sie die PBDE-Kongenere in abgelegenen Gebieten nachwiesen, vermuteten sie zudem einen Ferntransport von PBDE.

Publikationen wie diejenigen von Sjödin et al. (1999) zum direkten Nachweis von tetra- und pentaBDE im Blut von Arbeitern in Schweden und von Schechter et al. (2003) zu Funden dieser Substanzen in Muttermilch in den USA gehören zu den meistzitierten Publikationen im Zusammenhang mit Persistenz. Darüber hinaus konnte keine Publikation durch Experteneinschätzung identifiziert werden, welche die Persistenz von tetra- und pentaBDE abschließend charakterisiert. Im Risikoprofil (UNEP, 2006g) wurden für Persistenz Modelberechnungen mit EPI Suite aufgeführt. Unterstützend wurde ein *in-vitro* Test mit radioaktiv gelabeltem tetraBDE über 32 Wochen zum anaeroben Abbau zitiert sowie eine Reihe von Messungen in Sedimentbohrkernen, die eine hohe Persistenz von tetra- und pentaBDE in Sediment nachwiesen.

Bioakkumulation von tetra- und pentaBDE wurde von Stapleton & Baker (2003) in einer viel zitierten Publikation an einem Nahrungsnetz im Lake Michigan gezeigt. In der Publikation wird ein Vergleich zu PCB gezogen, da dort beide Stoffgruppen in vergleichbaren Proben untersucht wurden (Zooplankton, Amphipoden, Garnelen, kleine, als Futter dienende sowie größere Fische). Für tetraBDE errechneten Stapleton & Baker einen mit polychlorierten Biphenylen (PCB) vergleichbaren Magnifikationsfaktor im Nahrungsnetz.

Die Toxizität wird für alle PBDE sehr gut von Darnerud et al. (2001) und Darnerud (2003) zusammengefasst: Nach Darnerud et al. (2001) wurden bei erwachsenen Mäusen neurobiologische Effekte beobachtet, Neben den kritischen Auswirkungen von pentaBDE in



Bezug auf neurologische Verhaltensstörungen ab einer Dosis von 0,6 mg/kg Körpergewicht beeinflusst die Substanz nach Darnerud (2003) bei höheren Dosen zudem den Schilddrüsenhormonspiegel in Ratten und Mäusen.

Im Hinblick auf Ferntransport sind viel zitierte Publikationen Sinkkonen et al. (2004) und Kelly et al. (2008), wo jeweils pentaBDE in unterschiedlichen arktischen Gebieten nachgewiesen wurde. Das Ferntransportverhalten von PBDE wird gut von Wania (2003) dargestellt. Ein Vergleich der LRT-Schätzungen für die PBDE mit denen von Referenzchemikalien (PCB) legt nahe, dass die niedriger bromierten Kongenere ein mit PCB vergleichbares und somit erhebliches Potenzial für LRT aufweisen.

**Tabelle 40: Spezifische Stoffreferenzen zu PentaBDE**

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      | Sjödin, A., Hagmar, L., Klasson-Wehler, E., Kronholm-Dlab, K., Jakobsson, E., & Bergman, Å. (1999). Flame retardant exposure: Polybrominated diphenyl ethers in blood from Swedish workers. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 107(8), 643–648. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.107-1566483">https://doi.org/10.1289/ehp.107-1566483</a>               | 202 |
|                 | Schechter, A., Pavuk, M., Päpke, O., Ryan, J. J., Birnbaum, L., & Rosen, R. (2003). Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in U.S. mothers' milk. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 111(14), 1723–1729. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.6466">https://doi.org/10.1289/ehp.6466</a>                                                                    | 195 |
|                 | Eriksson, P., Jakobsson, E., & Fredriksson, A. (2001). Brominated flame retardants: A novel class of developmental neurotoxins in our environment? <i>Environmental Health Perspectives</i> , 109(9), 903–908. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.01109903">https://doi.org/10.1289/ehp.01109903</a>                                                              | 192 |
| Bioakkumulation | Schechter, A., Pavuk, M., Päpke, O., Ryan, J. J., Birnbaum, L., & Rosen, R. (2003). Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in U.S. mothers' milk. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 111(14), 1723–1729. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.6466">https://doi.org/10.1289/ehp.6466</a>                                                                    | 195 |
|                 | Staskal, D. F., Diliberto, J. J., DeVito, M. J., & Birnbaum, L. S. (2005). Toxicokinetics of BDE 47 in female mice: Effect of dose, route of exposure, and time. <i>Toxicological Sciences</i> , 83(2), 215–223. <a href="https://doi.org/10.1093/toxsci/kfi018">https://doi.org/10.1093/toxsci/kfi018</a>                                                          | 30  |
|                 | Stapleton, H. M., & Baker, J. E. (2003). Comparing polybrominated diphenyl ether and polychlorinated biphenyl bioaccumulation in a food web in Grand Traverse Bay, Lake Michigan. <i>Archives of Environmental Contamination and Toxicology</i> , 45(2), 227–234. <a href="https://doi.org/10.1007/s00244-003-0165-7">https://doi.org/10.1007/s00244-003-0165-7</a> | 30  |
| Toxizität       | Schechter, A., Pavuk, M., Päpke, O., Ryan, J. J., Birnbaum, L., & Rosen, R. (2003). Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in U.S. mothers' milk. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 111(14), 1723–1729. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.6466">https://doi.org/10.1289/ehp.6466</a>                                                                    | 195 |
|                 | Hallgren, S., Sinjari, T., Håkansson, H., & Darnerud, P. (2001). Effects of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) on thyroid hormone and vitamin A levels in rats and mice. <i>Archives of Toxicology</i> , 75(4), 200–208. <a href="https://doi.org/10.1007/s002040000208">https://doi.org/10.1007/s002040000208</a>         | 124 |
|                 | Legler, J., & Brouwer, A. (2003). Are brominated flame retardants endocrine disruptors? <i>Environment International</i> , 29(6), 879–885. <a href="https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00104-1">https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00104-1</a>                                                                                                                | 89  |

| [a] | Spezifische Referenz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | [b] |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| LRT | Sinkkonen, S., Rantalainen, A.-L., Paasivirta, J., & Lahtiperä, M. (2004). Polybrominated methoxy diphenyl ethers (MeO-PBDEs) in fish and guillemot of Baltic, Atlantic and Arctic environments. <i>Chemosphere</i> , 56(8), 767–775. <a href="https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.02.007">https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.02.007</a> | 27  |
|     | Vos, J. G., Becher, G., Van den Berg, M., De Boer, J., & Leonards, P. E. G. (2003). Brominated flame retardants and endocrine disruption. <i>Pure and Applied Chemistry</i> , 75(11–12), 2039–2046. <a href="https://doi.org/10.1351/pac200375112039">https://doi.org/10.1351/pac200375112039</a>                                                       | 23  |
|     | Kelly, B. C., Ikonomidou, M. G., Blair, J. D., & Gobas, F. A. P. C. (2008). Hydroxylated and methoxylated polybrominated diphenyl ethers in a Canadian arctic marine food web. <i>Environmental Science and Technology</i> , 42(19), 7069–7077. <a href="https://doi.org/10.1021/es801275d">https://doi.org/10.1021/es801275d</a>                       | 9   |

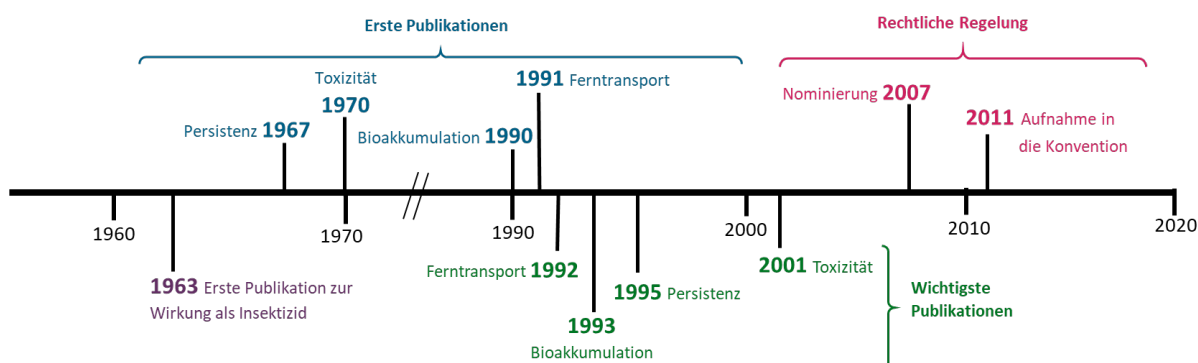
### 1.1.2.9 Datenblatt Technisches Endosulfan und verwandte Isomere

Tabelle 41: Grundinformationen zu Endosulfan

| Technisches Endosulfan und verwandte Isomere |                                                                                                |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name                                   | 6,7,8,9,10,10-Hexachloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahydro- 6,9-methano-2,4,3-benzodioxathiepine-3-oxide |
| Chemische Formel                             | C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub> O <sub>3</sub> S                                 |
| CAS Nr.                                      | 115-29-7                                                                                       |
| Jahr der Nominierung                         | 2007                                                                                           |
| Jahr der Aufnahme                            | 2011                                                                                           |
| Verwendung                                   | Pestizid                                                                                       |

### Abbildung 41: Zeitreihe zu Endosulfan

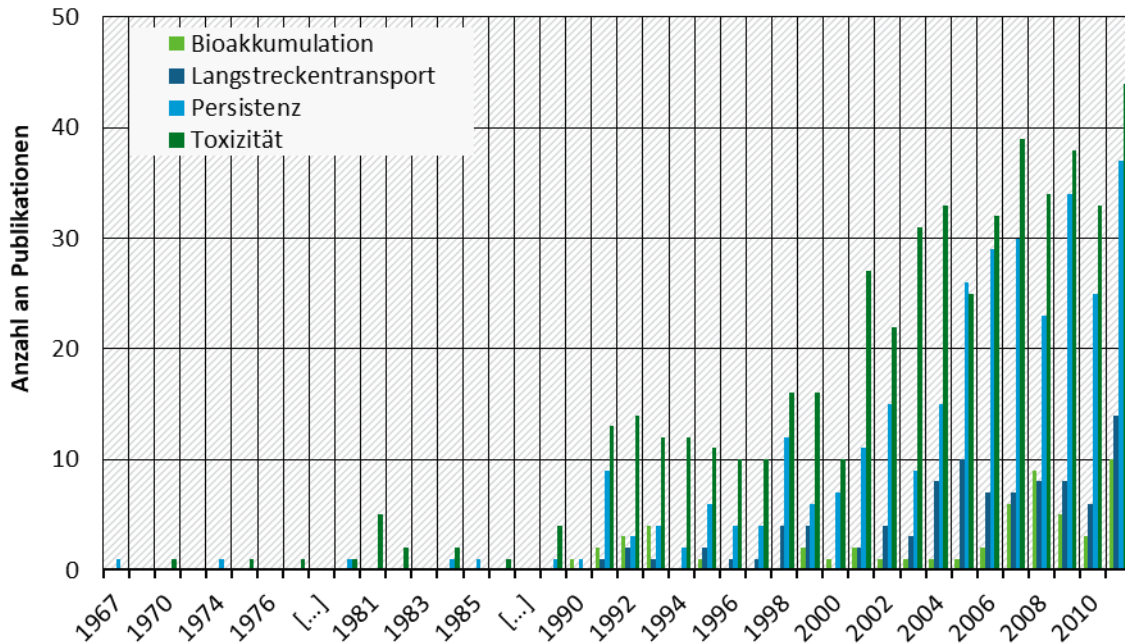
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention



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

#### Abbildung 42: Anzahl an Publikationen zu Endosulfan in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Endosulfan gehört zur Gruppe der chlorierten Cyclodiene wie auch fünf der *initial POPs* (Aldrin, Chlordan, Dieldrin, Endrin, Heptachlor). Daher reicht der Erkenntnisprozess in die Mitte des letzten Jahrhunderts zurück. Im Risikoprofil (UNEP, 2009g) wird im Kontext der Modellierung des Ferntransportpotentials auf die Ähnlichkeit mit Aldrin, Heptachlor u.a. hingewiesen und für die Bioakkumulation auf die Ähnlichkeit zu Dieldrin sowie zu Mirex u.a.

Ähnlich wie bei Lindan lässt sich im Publikationsverlauf ein Anstieg der mit dem Schlagwort „Persistenz“ gefundenen Studien ab den 2000er Jahren erkennen, welcher darauf zurück geht, dass immer häufiger das Wort „POPs“ in Studien verwendet wurde, auch wenn eine andere Eigenschaft der Stoffe das Thema der Veröffentlichung war. Wegen der im Vergleich zu anderen Aspekten größeren Zahl an einzelnen Publikationen zu Toxizitäts- und Persistenzeigenschaften von Endosulfan verteilen sich hier die Zitationen stärker über die verschiedenen Studien. Das führt dazu, dass die Stoffreferenzen für Toxizität und Persistenz in Summe niedrigere Zitationszahlen haben als die TOP3-Referenzen für die Bioakkumulation und den Ferntransport.

In der Liste der Referenzen stellen nur Naqvi und Vaishnavi (1993) den Bezug zu Endosulfan im Titel der Publikation her. In den übrigen Referenzen fällt Endosulfan unter die Bezeichnungen „*organochlorine compounds/pesticides/contaminants*“, die auch für die anderen chlorierten Cyclodiene verwendet werden. Von den unten gelisteten Stoffreferenzen spielen im Risikoprofil (UNEP, 2009g) die Studien von Kelly & Gobas (2003) mit einer darauf aufbauenden Publikation im Science Magazin (Kelly et al., 2007) sowie die Arbeit von Shen et al. (2005) zum atmosphärischen Transport eine Rolle.

Keine der unten genannten Stoffreferenzen stellt eine klare Meilensteinpublikation für den Erkenntnisgewinn zu Endosulfan dar. Vielmehr ist dies ein Fall von graduell steigender Erkenntnis schon seit Beginn der Arbeiten zu den Analoga. So ist es nicht verwunderlich, dass

für Endosulfan gleichermaßen wie für Dieldrin und Toxaphen bis einschließlich 2019 das insgesamt häufigst gefundene Paper Soto et al. (1995) war, ein „*update on estrogenic environmental pollutants*“.

**Tabelle 42: Spezifische Stoffreferenzen zu Endosulfan**

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      | Simonich, S. L., & Hites, R. A. (1995). Global distribution of persistent organochlorine compounds. <i>Science</i> , 269(5232), 1851–1854. <a href="https://doi.org/10.1126/science.7569923">https://doi.org/10.1126/science.7569923</a>                                                                                                                                                        | 353 |
|                 | Harner, T., Shoeib, M., Diamond, M., Stern, G., & Rosenberg, B. (2004). Using passive air samplers to assess urban-rural trends for persistent organic pollutants. 1. Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides. <i>Environmental Science and Technology</i> , 38(17), 4474–4483. <a href="https://doi.org/10.1021/es040302r">https://doi.org/10.1021/es040302r</a>               | 144 |
|                 | Qiu, X., Zhu, T., Li, J., Pan, H., Li, Q., Miao, G., & Gong, J. (2004). Organochlorine Pesticides in the Air around the Taihu Lake, China. <i>Environmental Science and Technology</i> , 38(5), 1368–1374. <a href="https://doi.org/10.1021/es035052d">https://doi.org/10.1021/es035052d</a>                                                                                                    | 142 |
| Bioakkumulation | Naqvi, S. M., & Vaishnavi, C. (1993). Bioaccumulative potential and toxicity of endosulfan insecticide to non-target animals. <i>Comparative Biochemistry and Physiology, Part C: Comparative Pharmacology</i> , 105(3), 347–361. <a href="https://doi.org/10.1016/0742-8413(93)90071-R">https://doi.org/10.1016/0742-8413(93)90071-R</a>                                                       | 110 |
|                 | Kelly, B. C., & Gobas, F. A. P. C. (2003). An arctic terrestrial food-chain bioaccumulation model for persistent organic pollutants. <i>Environmental Science and Technology</i> , 37(13), 2966–2974. <a href="https://doi.org/10.1021/es021035x">https://doi.org/10.1021/es021035x</a>                                                                                                         | 27  |
|                 | Menone, M. L., Bortolus, A., Botto, F., Aizpun de Moreno, J. E., Moreno, V. J., Iribarne, O., Metcalfe, T. L., & Metcalfe, C. D. (2000). Organochlorine contaminants in a coastal lagoon in argentina: Analysis of sediment, crabs, and cordgrass from two different habitats. <i>Estuaries</i> , 23(4), 583–592. <a href="https://doi.org/10.2307/1353148">https://doi.org/10.2307/1353148</a> | 27  |
| Toxizität       | Sparling, D. W., Fellers, G. M., & McConnell, L. L. (2001). Pesticides and amphibian population declines in California, USA. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 20(7), 1591–1595. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620200725">https://doi.org/10.1002/etc.5620200725</a>                                                                                                      | 146 |
|                 | Weston, D. P., You, J., & Lydy, M. J. (2004). Distribution and toxicity of sediment-associated pesticides in agriculture-dominated water bodies of California's Central Valley. <i>Environmental Science and Technology</i> , 38(10), 2752–2759. <a href="https://doi.org/10.1021/es0352193">https://doi.org/10.1021/es0352193</a>                                                              | 142 |
|                 | Naqvi, S. M., & Vaishnavi, C. (1993). Bioaccumulative potential and toxicity of endosulfan insecticide to non-target animals. <i>Comparative Biochemistry and Physiology, Part C: Comparative Pharmacology</i> , 105(3), 347–361. <a href="https://doi.org/10.1016/0742-8413(93)90071-R">https://doi.org/10.1016/0742-8413(93)90071-R</a>                                                       | 110 |
| LRT             | 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. <i>Environmental Science and Technology</i> , 26(2), 266–275. <a href="https://doi.org/10.1021/es00026a005">https://doi.org/10.1021/es00026a005</a>                                                          | 215 |
|                 | Qiu, X., Zhu, T., Li, J., Pan, H., Li, Q., Miao, G., & Gong, J. (2004). Organochlorine Pesticides in the Air around the Taihu Lake, China. <i>Environmental Science and Technology</i> , 38(5), 1368–1374. <a href="https://doi.org/10.1021/es035052d">https://doi.org/10.1021/es035052d</a>                                                                                                    | 142 |
|                 | Shen, L., Wania, F., Lei, Y. D., Teixeira, C., Muir, D. C. G., & Bidleman, T. F. (2005). Atmospheric distribution and long-range transport behavior of organochlorine pesticides in North America. <i>Environmental Science and Technology</i> , 39(2), 409–420. <a href="https://doi.org/10.1021/es049489c">https://doi.org/10.1021/es049489c</a>                                              | 123 |

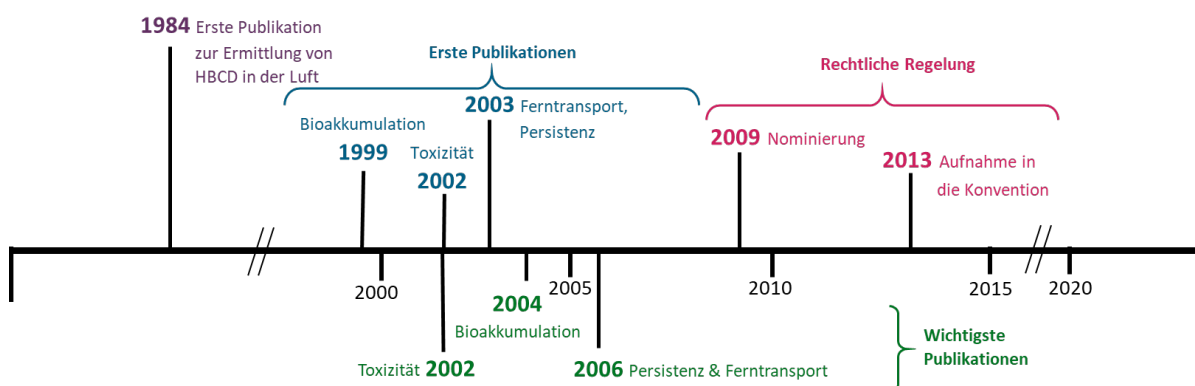
### 1.1.2.10 Datenblatt Hexabromcyclododecan (HBCD/HBCDD)

**Tabelle 43: Grundinformationen zu HBCD**

| Hexabromcyclododecan (HBCD/HBCDD) |                                                                                                     |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name                        | 1,2,5,6,9,10-Hexabromocyclododecane                                                                 |
| Chemische Formel                  | C <sub>12</sub> Br <sub>10</sub> O                                                                  |
| CAS Nr.                           | 3194-55-6 (Stereoisomerengemisch); 134237-50-6 (α-HBCD); 134237-51-7 (β-HBCD); 134237-52-8 (γ-HBCD) |
| Jahr der Nominierung              | 2009                                                                                                |
| Jahr der Aufnahme                 | 2013                                                                                                |
| Verwendung                        | Isolationsschaum, Flammschutz, Elektronik, Textilien                                                |

**Abbildung 43: Zeitreihe zu HBCD**

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

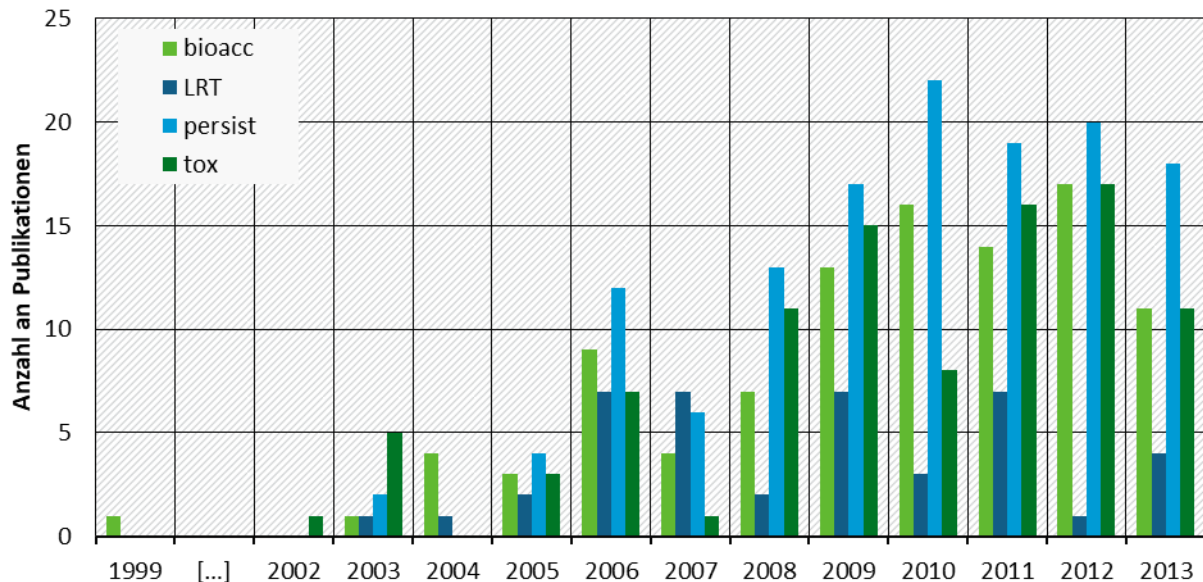


Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.



#### Abbildung 44: Anzahl an Publikationen zu HBCD in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Das Risikoprofil der Substanz (UNEP, 2010g) zitiert keine der substanzspezifischen Referenzen aus der untenstehenden Tabelle als Evidenz für die Persistenz des Stoffes, vielmehr stützt sich die Begründung überwiegend auf eine Reihe von Beiträgen zu verschiedenen regulatorischen Prozessen (u.a. CLRTAP) und nationalen Risikoabschätzungen (u.a. von Kanada und Japan). Das Risikoprofil von HBCD kommt zu dem Schluss, dass mehrere Erkenntnisse die Bewertung der Persistenz der Substanz stützen. Der wichtigste Prozess zur Entfernung von HBCD aus der Atmosphäre ist die Oxidation durch OH-Radikale mit Halbwertszeiten von über einem Jahr. Das Persistenz-Kriterium für die Bodenkompimente konnte wegen fehlender Daten nicht abschließend bewertet werden. Die WoS-Recherche konnte hier keine Meilenstein-Veröffentlichung identifizieren.

Als Meilenstein-Veröffentlichung für die von HBCD kann hingegen der TOP1-Kandidat der WoS Recherche herangezogen werden. Die Ergebnisse von Morris et al. (2004) zeigen, dass HBCD sich in der Nahrungskette anreichert und Risikobewertungen auf Ökosystem-Ebene gerechtfertigt sind.

Für die Toxizität von HBCD kann, wie für die meisten PBDE auch die Publikation von Darnerud (2003) herangezogen werden, die einen Review über Veröffentlichungen zu bromierten Flammschutzmitteln in Human- und der Tierwelt darstellt, jedoch Studien zu Konzentrationen in der Umwelt außen vor lässt. Der Autor, als Wissenschaftler bei der schwedischen nationalen Ernährungsbehörde tätig, verweist unter anderem auf die ersten publizierten Ergebnisse zu kritischen Effekten in der menschlichen Leber und zu Auswirkungen auf das Thyroid-Hormonsystem. In Mäusebabys wurden Verhaltenseffekte bereits bei 0,9 mg/kg Körpergewicht beobachtet. Derartige Verhaltenseffekte könnten ein empfindlicher Endpunkt für HBCD sein, so die Schlussfolgerung.

Verreault et al. (2007), eine Publikation aus dem National Wildlife Research Center Canada und dem Norwegischen Polarinstitut, trägt den Titel *“Brominated Flame Retardants (...): More Than*



*Just an Issue of PBDEs*“. Sie beschreibt, dass nicht nur PBDE, sondern auch weitere bromierte Flammschutzmittel augenscheinlich über lange Strecken durch die Atmosphäre transportiert wurden, in der (norwegischen) Arktis akkumulierten und über die Eier von Möwen in die arktische Nahrungskette gelangten.

**Tabelle 44: Spezifische Stoffreferenzen zu HBCD**

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      | Law, R. J., Allchin, C. R., De Boer, J., Covaci, A., Herzke, D., Lepom, P., Morris, S., Tronczynski, J., & De Wit, C. A. (2006). Levels and trends of brominated flame retardants in the European environment. <i>Chemosphere</i> , 64(2), 187–208. <a href="https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.007">https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.007</a>                                                         | 364  |
|                 | De Wit, C., Alaee, M., & Muir, D. C. G. (2006). Levels and trends of brominated flame retardants in the Arctic. <i>Chemosphere</i> , 64(2), 209–233. <a href="https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.029">https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.029</a>                                                                                                                                                        | 217  |
|                 | Covaci, A., Voorspoels, S., & De Boer, J. (2003). Determination of brominated flame retardants, with emphasis on polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in environmental and human samples—A review. <i>Environment International</i> , 29(6), 735–756. <a href="https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00114-4">https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00114-4</a>                                                             | 211  |
| Bioakkumulation | Morris, S., Allchin, C. R., Zegers, B. N., Haftka, J. J. H., Boon, J. P., Belpaire, C., Leonards, P. E. G., Van Leeuwen, S. P. J., & De Boer, J. (2004). Distribution and fate of HBCD and TBBPA brominated flame retardants in North Sea estuaries and aquatic food webs. <i>Environmental Science and Technology</i> , 38(21), 5497–5504. <a href="https://doi.org/10.1021/es049640i">https://doi.org/10.1021/es049640i</a> | 219  |
|                 | Hakk, H., & Letcher, R. J. (2003). Metabolism in the toxicokinetics and fate of brominated flame retardants—A review. <i>Environment International</i> , 29(6), 801–828. <a href="https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00109-0">https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00109-0</a>                                                                                                                                            | 201  |
|                 | Gerecke, A. C., Hartmann, P. C., Heeb, N. V., Kohler, H.-P. E., Giger, W., Schmid, P., Zennegg, M., & Kohler, M. (2005). Anaerobic degradation of decabromodiphenyl ether. <i>Environmental Science and Technology</i> , 39(4), 1078–1083. <a href="https://doi.org/10.1021/es048634j">https://doi.org/10.1021/es048634j</a>                                                                                                  | 156  |
| Toxizität       | De Wit, C. A. (2002). An overview of brominated flame retardants in the environment. <i>Chemosphere</i> , 46(5), 583–624. <a href="https://doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00225-9">https://doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00225-9</a>                                                                                                                                                                                           | 1233 |
|                 | Darnerud, P. O. (2003). Toxic effects of brominated flame retardants in man and in wildlife. <i>Environment International</i> , 29(6), 841–853. <a href="https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00107-7">https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00107-7</a>                                                                                                                                                                     | 398  |
|                 | Hamers, T., Kamstra, J. H., Sonneveld, E., Murk, A. J., Kester, M. H. A., Andersson, P. L., Legler, J., & Brouwer, A. (2006). In vitro profiling of the endocrine-disrupting potency of brominated flame retardants. <i>Toxicological Sciences</i> , 92(1), 157–173. <a href="https://doi.org/10.1093/toxsci/kfj187">https://doi.org/10.1093/toxsci/kfj187</a>                                                                | 236  |

| [a] | Spezifische Referenz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | [b] |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| LRT | Law, R. J., Allchin, C. R., De Boer, J., Covaci, A., Herzke, D., Lepom, P., Morris, S., Tronczynski, J., & De Wit, C. A. (2006). Levels and trends of brominated flame retardants in the European environment. <i>Chemosphere</i> , 64(2), 187–208. <a href="https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.007">https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.007</a>                                                     | 364 |
|     | De Wit, C., Alae, M., & Muir, D. C. G. (2006). Levels and trends of brominated flame retardants in the Arctic. <i>Chemosphere</i> , 64(2), 209–233. <a href="https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.029">https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.029</a>                                                                                                                                                     | 217 |
|     | Verreault, J., Gabrielsen, G. W., Chu, S., Muir, D. C. G., Andersen, M., Hamaed, A., & Letcher, R. J. (2005). Flame retardants and methoxylated and hydroxylated polybrominated diphenyl ethers in two Norwegian arctic top predators: Glaucous gulls and polar bears. <i>Environmental Science and Technology</i> , 39(16), 6021–6028. <a href="https://doi.org/10.1021/es050738m">https://doi.org/10.1021/es050738m</a> | 164 |

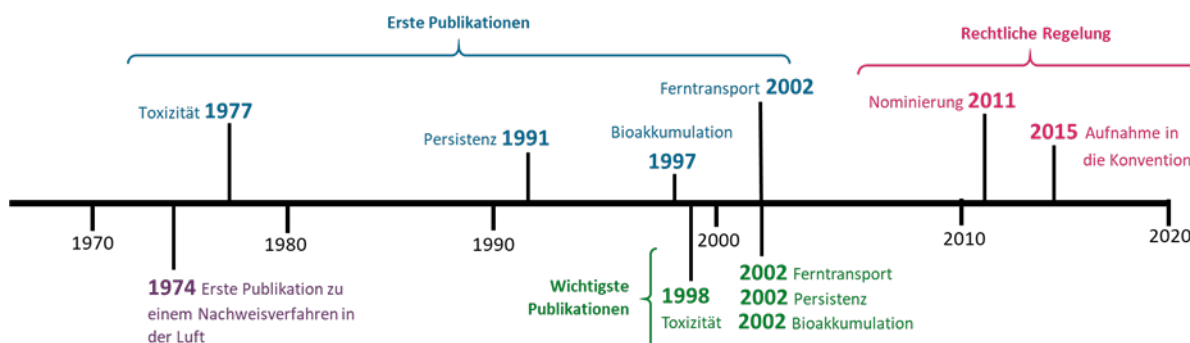
### 1.1.2.11 Datenblatt Hexachlorbutadien

**Tabelle 45: Grundinformationen zu Hexachlorbutadien**

| Hexachlorbutadien    |                                                              |
|----------------------|--------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name           | Hexachloro-1,3-butadiene                                     |
| Chemische Formel     | C <sub>4</sub> Cl <sub>6</sub>                               |
| CAS Nr.              | 87-68-3                                                      |
| Jahr der Nominierung | 2011                                                         |
| Jahr der Aufnahme    | 2015                                                         |
| Verwendung           | Industrielle Chemikalie, unbeabsichtigte Produktion, Algizid |

### Abbildung 45: Zeitreihe zu Hexachlorbutadien

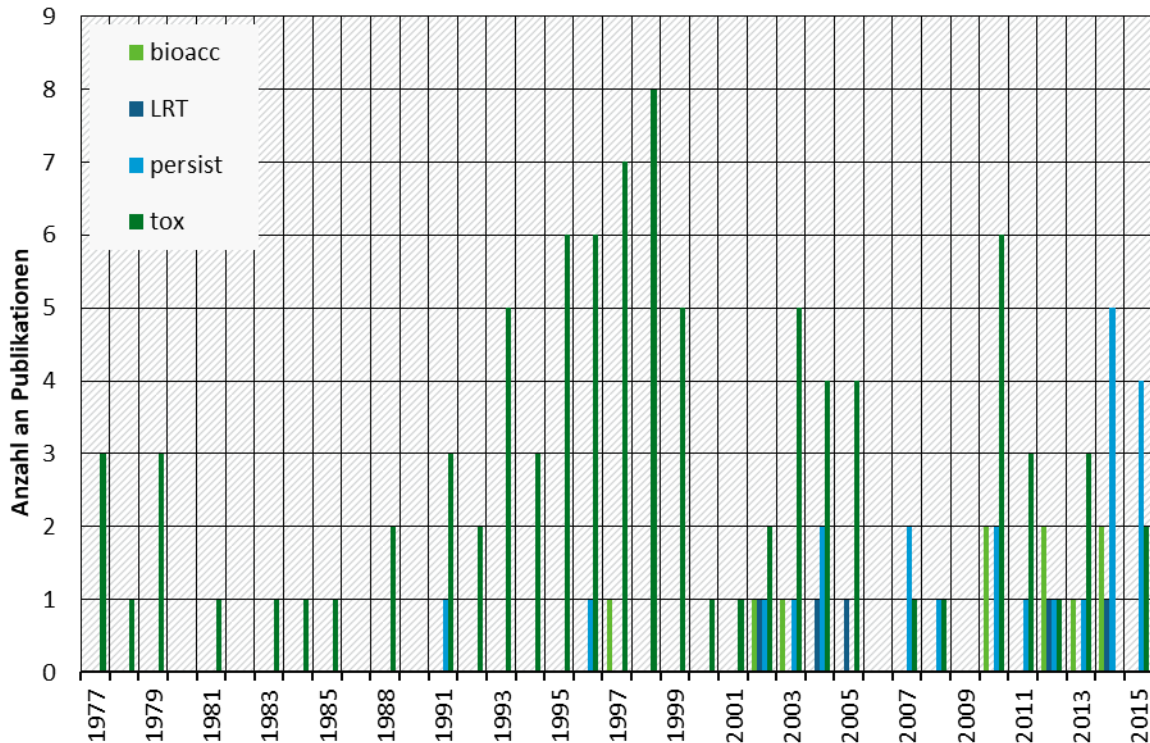
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention



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

#### Abbildung 46: Anzahl an Publikationen zu Hexachlorbutadien in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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 Publikation von Lerche et al. (2002) ist bei drei von vier Eigenschaften, bei Persistenz, Bioakkumulation und Ferntransportpotential die meist zitierte. Im Hinblick auf das Ferntransportpotential von HCB stellt sie gleichzeitig die erste und die am häufigsten zitierte Publikation dar. Betrachtet man die Publikationshistorie, ist es nicht verwunderlich, dass andere Studien als spezifische Referenzen zur Eigenschaft Toxizität identifiziert wurden. Wie der zeitliche Verlauf zeigt, wurde bis zum Jahr 2002 für Hexachlorbutadien im Wesentlichen zur Toxizität publiziert. Folglich wird im Risikoprofil (UNEP, 2012d) konstatiert: „*The toxicity and ecotoxicity of HCB is well documented. Experimental data on several environmental species (fish, crustaceans, bacteria, algae, mollusc, protozoan, insects, snails, birds and earthworms) provide sufficient evidence to conclude that HCB is very toxic to the aquatic environment and toxic to birds.*“

In ihrer von der niederländischen Regierung finanzierten Studie identifizierten Lerche et al. (2002) neben Hexachlorbutadien drei weitere POP-Kandidatenstoffe (polychlorierte Naphthaline, Dicofol und Pentachlorbenzol) und erstellten dafür vorläufige Risikoprofile. Es ist davon auszugehen, dass ab diesem Zeitpunkt über Hexachlorbutadien als POP-Kandidat diskutiert wurde. Dennoch wird diese Quelle nicht im Risikoprofil genannt. Die meisten Eigenschaften der Stoffe wurden modelliert, z.B. mit dem *Biodegradation Probability Program* oder dem *Atmospheric Oxidation Program*. Daraufhin folgen, wie dem Publikationsverlauf zu entnehmen ist, einige Studien, die auf Messdaten basieren.

Quellen, die in die Risikobewertung für Hexachlorbutadien eingingen, jedoch nicht über die WoS-Recherche gefunden wurden, sind Dissertationen und Berichte von Behörden und Gremien (IARC; IPEN; Hazardous substances Database; Deutsches UBA; Environment Canada etc.).

**Tabelle 46: Spezifische Stoffreferenzen zu Hexachlorbutadien**

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      | Lerche, D., Van de Plassche, E., Schwegler, A., & Balk, F. (2002). Selecting chemical substances for the UN-ECE POP Protocol. <i>Chemosphere</i> , 47(6), 617–630. <a href="https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00028-0">https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00028-0</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 64  |
|                 | Vorkamp, K., Riget, F., Glasius, M., Pécseli, M., Lebeuf, M., & Muir, D. C. G. (2004). Chlorobenzenes, chlorinated pesticides, coplanar chlorobiphenyls and other organochlorine compounds in Greenland biota. <i>Science of the Total Environment</i> , 331(1–3), 157–175. <a href="https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.03.027">https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.03.027</a>                                                                                                                                                                        | 49  |
|                 | Denier van der Gon, H., Van het Bolscher, M., Visschedijk, A., & Zandveld, P. (2007). Emissions of persistent organic pollutants and eight candidate POPs from UNECE-Europe in 2000, 2010 and 2020 and the emission reduction resulting from the implementation of the UNECE POP protocol. <i>Atmospheric Environment</i> , 41(40), 9245–9261. <a href="https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.06.055">https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.06.055</a>                                                                                                       | 43  |
| Bioakkumulation | Lerche, D., Van de Plassche, E., Schwegler, A., & Balk, F. (2002). Selecting chemical substances for the UN-ECE POP Protocol. <i>Chemosphere</i> , 47(6), 617–630. <a href="https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00028-0">https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00028-0</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 64  |
|                 | Macgregor, K., Oliver, I. W., Harris, L., & Ridgway, I. M. (2010). Persistent organic pollutants (PCB, DDT, HCH, HCB & BDE) in eels ( <i>Anguilla anguilla</i> ) in Scotland: Current levels and temporal trends. <i>Environmental Pollution</i> , 158(7), 2402–2411. <a href="https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.04.005">https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.04.005</a>                                                                                                                                                                                    | 34  |
|                 | Miège, C., Peretti, A., Labadie, P., Budzinski, H., Le Bizec, B., Vorkamp, K., Tronczyński, J., Persat, H., Coquery, M., & Babut, M. (2012). Occurrence of priority and emerging organic compounds in fishes from the Rhone River (France). <i>Analytical and Bioanalytical Chemistry</i> , 404(9), 2721–2735. <a href="https://doi.org/10.1007/s00216-012-6187-0">https://doi.org/10.1007/s00216-012-6187-0</a>                                                                                                                                                 | 18  |
| Toxizität       | Holmes, E., Nicholls, A. W., Lindon, J. C., Ramos, S., Spraul, M., Neidig, P., Connor, S. C., Connelly, J., Damment, S. J. P., Haselden, J., & Nicholson, J. K. (1998). Development of a model for classification of toxin-induced lesions using 1H NMR spectroscopy of urine combined with pattern recognition. <i>NMR in Biomedicine</i> , 11(4–5), 235–244. <a href="https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1492(199806/08)11:4/5&lt;235::AID-NBM507&gt;3.0.CO;2-V">https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1492(199806/08)11:4/5&lt;235::AID-NBM507&gt;3.0.CO;2-V</a> | 200 |
|                 | Gartland, K. P. R., Beddell, C. R., Lindon, J. C., & Nicholson, J. K. (1991). Application of pattern recognition methods to the analysis and classification of toxicological data derived from proton nuclear magnetic resonance spectroscopy of urine. <i>Molecular Pharmacology</i> , 39(5), 629–642.                                                                                                                                                                                                                                                          | 149 |
|                 | Wolf, C. R., Berry, P. N., Nash, J. A., Green, T., & Lock, E. A. (1984). Role of microsomal and cytosolic glutathione S-transferases in the conjugation of hexachloro-1:3-butadiene and its possible relevance to toxicity. <i>Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics</i> , 228(1), 202–208. <a href="https://jpet.aspetjournals.org/content/228/1/202">https://jpet.aspetjournals.org/content/228/1/202</a>                                                                                                                                      | 141 |

| [a] | Spezifische Referenz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | [b] |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| LRT | Lerche, D., Van de Plassche, E., Schwegler, A., & Balk, F. (2002). Selecting chemical substances for the UN-ECE POP Protocol. <i>Chemosphere</i> , 47(6), 617–630. <a href="https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00028-0">https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00028-0</a>                                                                                                                          | 64  |
|     | Verreault, J., Letcher, R. J., Muir, D. C. G., Chu, S., Gebbink, W. A., & Gabrielsen, G. W. (2005). New organochlorine contaminants and metabolites in plasma and eggs of glaucous gulls ( <i>Larus hyperboreus</i> ) from the Norwegian Arctic. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 24(10), 2486–2499. <a href="https://doi.org/10.1897/05-067R.1">https://doi.org/10.1897/05-067R.1</a> | 58  |
|     | Vorkamp, K., Riget, F., Glasius, M., Pécseli, M., Lebeuf, M., & Muir, D. C. G. (2004). Chlorobenzenes, chlorinated pesticides, coplanar chlorobiphenyls and other organochlorine compounds in Greenland biota. <i>Science of the Total Environment</i> , 331(1–3), 157–175. <a href="https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.03.027">https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.03.027</a>             | 49  |

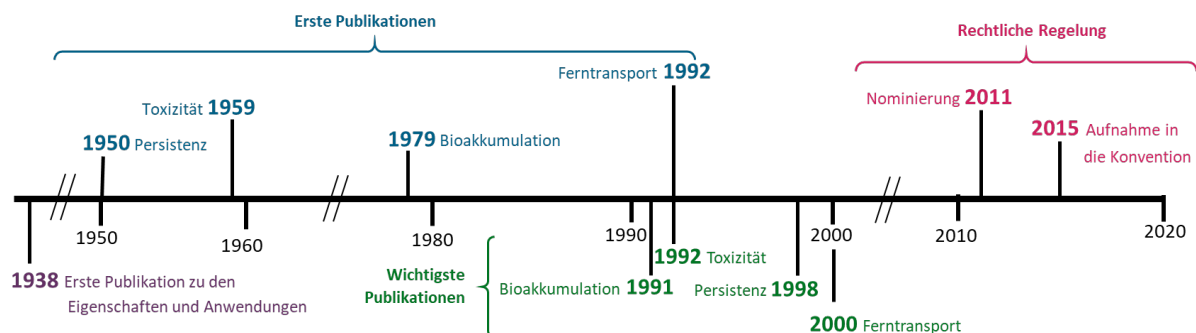
### 1.1.2.12 Datenblatt Pentachlorphenol

Tabelle 47: Grundinformationen zu Pentachlorphenol

| Pentachlorphenol     |                                       |
|----------------------|---------------------------------------|
| IUPAC Name           | 2,3,4,5,6-Pentachlorophenol           |
| Chemische Formel     | C <sub>6</sub> HCl <sub>5</sub> O     |
| CAS Nr.              | 87-86-5<br>131-52-2 (als Natriumsalz) |
| Jahr der Nominierung | 2011                                  |
| Jahr der Aufnahme    | 2015                                  |
| Verwendung           | Fungizid, Imprägniermittel            |

### Abbildung 47: Zeitreihe zu Pentachlorphenol

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

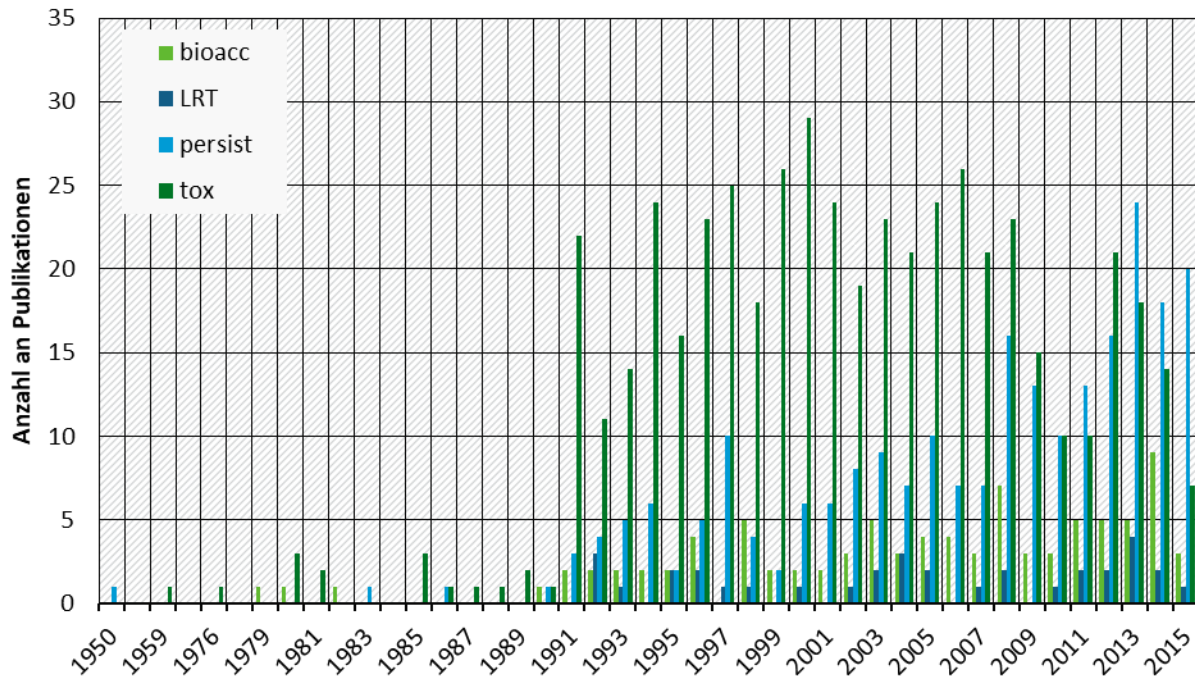


Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.



#### Abbildung 48: Anzahl an Publikationen zu Pentachlorphenol in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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 Daten zur Persistenz (Loustalot, A. J. & Ferrer, R., 1950), Toxizität (Crandall & Goodnight, 1963) und Bioakkumulation (Stedman Jr. et al., 1980) von Pentachlorphenol und Derivaten wurden im Rahmen einzelner Publikationen zwischen 1950 und 1990 bekannt. Studien wie die von Chaudhry & Chapalamadugu (1991) und Häggblom (1992), die jeweils meist zitierten Referenzen für PCP in Bezug auf Toxizität und Bioakkumulation, machten den Anfang für das wissenschaftliche Interesse an der Substanz im Hinblick auf die POP-Eigenschaften ab dem Anfang der 1990er Jahre. Der Zeitraum von den ersten wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu einzelnen POP-Eigenschaften bis zur Listung ist bei PCP einer der längsten (über 70 Jahre).

Im Herstellungsprozess von PCP, einem Fungizid und Imprägniermittel, entstehen Hexachlorbenzol, Pentachlorbenzol, Dioxine und Furane. Das Derivat Pentachloranisol (PCA) entsteht als unbeabsichtigtes Nebenprodukt von PCP; dessen Eigenschaften, welche die POP-Kriterien der Stockholm-Konvention erfüllen, gelten als Hauptargument für die Listung.

Von den untenstehenden stoffspezifischen Referenzen nennt keine PCP oder PCA im Titel, vielmehr spielt auch hier die Stoffgruppe (z.B. im Titel der Publikation von Häggblom „*halogenated aromatic pesticides and related compounds*“) eine Rolle.



**Tabelle 48: Spezifische Stoffreferenzen zu Pentachlorophenol**

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      | Livingstone, D. R. (1998). The fate of organic xenobiotics in aquatic ecosystems: Quantitative and qualitative differences in biotransformation by invertebrates and fish. <i>Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular and Integrative Physiology</i> , 120(1), 43–49. <a href="https://doi.org/10.1016/S1095-6433(98)10008-9">https://doi.org/10.1016/S1095-6433(98)10008-9</a> | 251 |
|                 | Gupta, S. S., Stadler, M., Noser, C. A., Ghosh, A., Steinhoff, B., Lenoir, D., Horwitz, C. P., Schramm, K.-W., & Collins, T. J. (2002). Rapid total destruction of chlorophenols by activated hydrogen peroxide. <i>Science</i> , 296(5566), 326–328. <a href="https://doi.org/10.1126/science.1069297">https://doi.org/10.1126/science.1069297</a>                                                | 206 |
|                 | Wilson, N. K., Chuang, J. C., Morgan, M. K., Lordo, R. A., & Sheldon, L. S. (2007). An observational study of the potential exposures of preschool children to pentachlorophenol, bisphenol-A, and nonylphenol at home and daycare. <i>Environmental Research</i> , 103(1), 9–20. <a href="https://doi.org/10.1016/j.envres.2006.04.006">https://doi.org/10.1016/j.envres.2006.04.006</a>          | 147 |
| Bioakkumulation | Chaudhry, G. R., & Chapalamadugu, S. (1991). Biodegradation of halogenated organic compounds. <i>Microbiological Reviews</i> , 55(1), 59–79. <a href="https://doi.org/10.1128/mr.55.1.59-79.1991">https://doi.org/10.1128/mr.55.1.59-79.1991</a>                                                                                                                                                   | 276 |
|                 | Baun, A., Sørensen, S. N., Rasmussen, R. F., Hartmann, N. B., & Koch, C. B. (2008). Toxicity and bioaccumulation of xenobiotic organic compounds in the presence of aqueous suspensions of aggregates of nano-C60. <i>Aquatic Toxicology</i> , 86(3), 379–387. <a href="https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.11.019">https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.11.019</a>                           | 172 |
|                 | Lanno, R., Wells, J., Conder, J., Bradham, K., & Basta, N. (2004). The bioavailability of chemicals in soil for earthworms. <i>Ecotoxicology and Environmental Safety</i> , 57(1), 39–47. <a href="https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.08.014">https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.08.014</a>                                                                                                  | 164 |
| Toxizität       | Häggbloom, M. M. (1992). Microbial breakdown of halogenated aromatic pesticides and related compounds. <i>FEMS Microbiology Letters</i> , 103(1), 29–71. <a href="https://doi.org/10.1016/0378-1097(92)90335-L">https://doi.org/10.1016/0378-1097(92)90335-L</a>                                                                                                                                   | 282 |
|                 | Chaudhry, G. R., & Chapalamadugu, S. (1991). Biodegradation of halogenated organic compounds. <i>Microbiological Reviews</i> , 55(1), 59–79. <a href="https://doi.org/10.1128/mr.55.1.59-79.1991">https://doi.org/10.1128/mr.55.1.59-79.1991</a>                                                                                                                                                   | 276 |
|                 | Semple, K. T., Reid, B. J., & Fermor, T. R. (2001). Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. <i>Environmental Pollution</i> , 112(2), 269–283. <a href="https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00099-3">https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00099-3</a>                                                                                    | 208 |
| LRT             | Sandau, C. D., Ayotte, P., Dewailly, E., Duffe, J., & Norstrom, R. J. (2000). Analysis of hydroxylated metabolites of PCBs (OH-PCBs) and other chlorinated phenolic compounds in whole blood from Canadian Inuit. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 108(7), 611–616. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.00108611">https://doi.org/10.1289/ehp.00108611</a>                              | 143 |
|                 | 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. <i>Environmental Science and Technology</i> , 26(2), 276–283. <a href="https://doi.org/10.1021/es00026a006">https://doi.org/10.1021/es00026a006</a>                                                  | 155 |
|                 | Kjeller, L.-O., & Rappe, C. (1995). Time Trends in Levels, Patterns, and Profiles for Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins, Dibenzofurans, and Biphenyls in a Sediment Core from the Baltic Proper. <i>Environmental Science and Technology</i> , 29(2), 346–355. <a href="https://doi.org/10.1021/es00002a010">https://doi.org/10.1021/es00002a010</a>                                               | 115 |

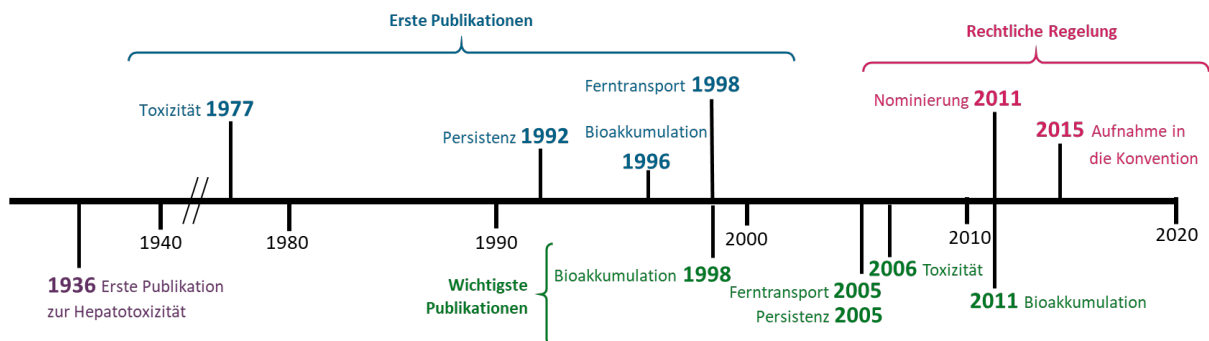
### 1.1.2.13 Datenblatt Polychlorierte Naphthaline (PCN)

**Tabelle 49: Grundinformationen zu PCN**

| Polychlorierte Naphthaline (PCN) |                                                      |
|----------------------------------|------------------------------------------------------|
| IUPAC Name                       | -                                                    |
| Chemische Formel                 | $C_{10}H_{8-(m+n)}Cl_{m+n} (m+n \leq 8)$             |
| CAS Nr.                          | -                                                    |
| Jahr der Nominierung             | 2011                                                 |
| Jahr der Aufnahme                | 2015                                                 |
| Verwendung                       | Insektizid, Fungizid, Weichmacher, Flammschutzmittel |

**Abbildung 49: Zeitreihe zu PCN**

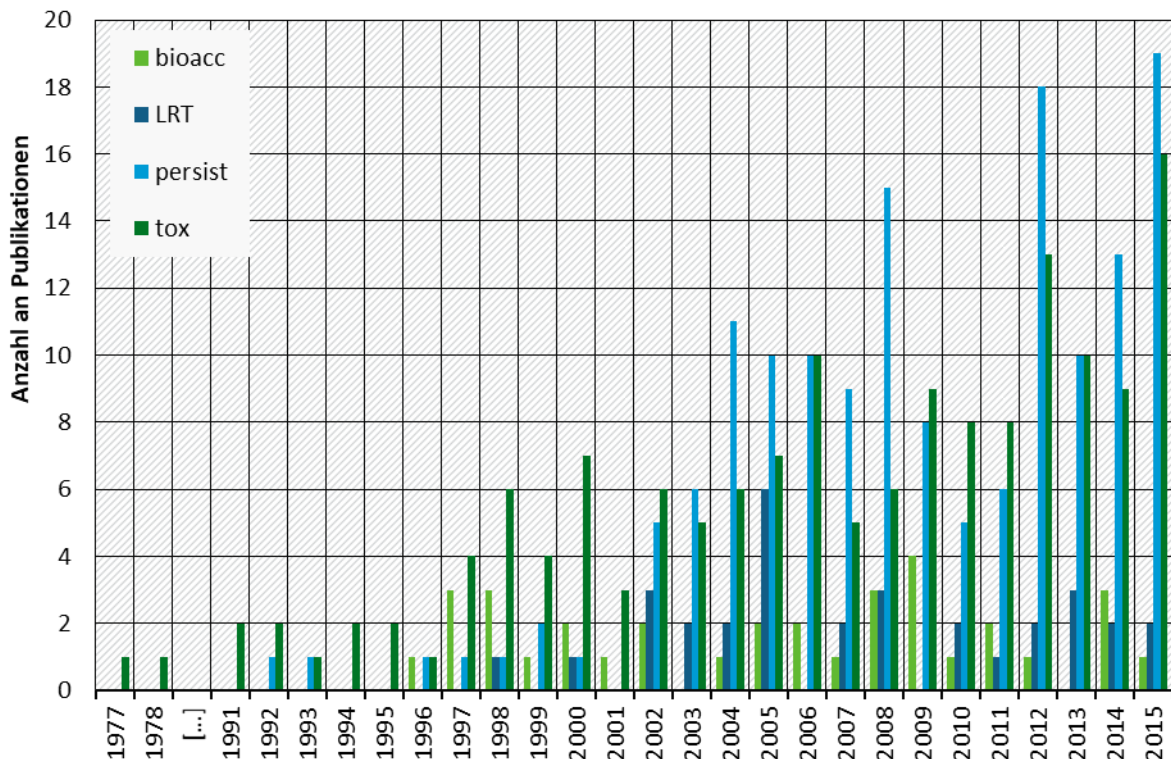
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention



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

### Abbildung 50: Anzahl an Publikationen zu PCN in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Insgesamt wurden durchschnittlich viele Studien zu den PCNs veröffentlicht. Ab 1998 war für jede der POP-Eigenschaften ein wissenschaftlicher Beleg vorhanden. Einen wesentlichen Beitrag zur Persistenz und Bioakkumulation hatten die Studien von Falandysz und Koautoren (Falandysz & Rappe, 1996; Falandysz, Strandberg, Bergqvist, et al., 1996; Falandysz, Strandberg, Kulp, et al., 1996) erbracht. Hinzu kamen Erkenntnisse zu akuter und chronischer Lebertoxizität (Ward et al., 1996) und zum Nachweis in arktischen Proben (Harner et al., 1998). Im Publikationsverlauf ist der schon beschriebene Effekt zum Anstieg der Studien mit dem Schlagwort „Persistenz“ nach Etablierung der Stockholm-Konvention zu beobachten.

In Summe ergibt die Analyse der spezifischen Stoffreferenzen acht Studien im Zeitraum 1997 bis 2011. Die Studien aus 1998 (Falandysz, 1998; Harner et al., 1998) und 1997 (Burreau et al., 1997) widmen sich noch den PCN spezifisch (Erwähnung des Stoffs im Titel der Studien). Bei den folgenden Studien ist der Begriff der persistenten organischen Schadstoffe schon etabliert, und wissenschaftliche Studien nehmen nicht mehr nur einen Stoff in den Fokus, sondern befassen sich, wie hier zu sehen, mit ganzen Stoffgruppen: „*persistent organic pollutants*“ (Braune et al., 2005), „*(brominated) dioxin-like compounds*“ (Corsolini et al., 2002; Behnisch et al., 2003; Van den Berg et al., 2006), „*emerging organic contaminants*“ (Clarke & Smith, 2011).

Mit der Arbeit von Van den Berg et al. (2006) ist der wichtigsten Arbeiten zu POPs überhaupt unter den spezifischen Stoffreferenzen erfasst.

**Tabelle 50: Spezifische Stoffreferenzen zu PCN**

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      | Braune, B. M., Outridge, P. M., Fisk, A. T., Muir, D. C. G., Helm, P. A., Hobbs, K., Hoekstra, P. F., Kuzyk, Z. A., Kwan, M., Letcher, R. J., Lockhart, W. L., Norstrom, R. J., Stern, G. A., & Stirling, I. (2005). Persistent organic pollutants and mercury in marine biota of the Canadian Arctic: An overview of spatial and temporal trends. <i>Science of the Total Environment</i> , 351–352, 4–56. <a href="https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.034">https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.034</a>                                 | 208  |
|                 | Behnisch, P. A., Hosoe, K., & Sakai, S.-I. (2003). Brominated dioxin-like compounds: In vitro assessment in comparison to classical dioxin-like compounds and other polyaromatic compounds. <i>Environment International</i> , 29(6), 861–877. <a href="https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00105-3">https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00105-3</a>                                                                                                                                                                                                  | 192  |
|                 | Clarke, B. O., & Smith, S. R. (2011). Review of „emerging“ organic contaminants in biosolids and assessment of international research priorities for the agricultural use of biosolids. <i>Environment International</i> , 37(1), 226–247. <a href="https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.004">https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.004</a>                                                                                                                                                                                                        | 185  |
| Bioakkumulation | Clarke, B. O., & Smith, S. R. (2011). Review of „emerging“ organic contaminants in biosolids and assessment of international research priorities for the agricultural use of biosolids. <i>Environment International</i> , 37(1), 226–247. <a href="https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.004">https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.004</a>                                                                                                                                                                                                        | 185  |
|                 | Falandysz, J. (1998). Polychlorinated naphthalenes: An environmental update. <i>Environmental Pollution</i> , 101(1), 77–90. <a href="https://doi.org/10.1016/S0269-7491(98)00023-2">https://doi.org/10.1016/S0269-7491(98)00023-2</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 185  |
|                 | Burreau, S., Axelman, J., Broman, D., & Jakobsson, E. (1997). Dietary uptake in pike ( <i>Esox lucius</i> ) of some polychlorinated biphenyls, polychlorinated naphthalenes and polybrominated diphenyl ethers administered in natural diet. <i>Environmental Toxicology and Chemistry</i> , 16(12), 2508–2513. <a href="https://doi.org/10.1002/etc.5620161211">https://doi.org/10.1002/etc.5620161211</a>                                                                                                                                               | 126  |
| Toxizität       | 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. <i>Toxicological Sciences</i> , 93(2), 223–241. <a href="https://doi.org/10.1093/toxsci/kfl055">https://doi.org/10.1093/toxsci/kfl055</a> | 1432 |
|                 | Behnisch, P. A., Hosoe, K., & Sakai, S.-I. (2003). Brominated dioxin-like compounds: In vitro assessment in comparison to classical dioxin-like compounds and other polyaromatic compounds. <i>Environment International</i> , 29(6), 861–877. <a href="https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00105-3">https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00105-3</a>                                                                                                                                                                                                  | 192  |
|                 | Clarke, B. O., & Smith, S. R. (2011). Review of „emerging“ organic contaminants in biosolids and assessment of international research priorities for the agricultural use of biosolids. <i>Environment International</i> , 37(1), 226–247. <a href="https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.004">https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.004</a>                                                                                                                                                                                                        | 185  |

| [a] | Spezifische Referenz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | [b] |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| LRT | Braune, B. M., Outridge, P. M., Fisk, A. T., Muir, D. C. G., Helm, P. A., Hobbs, K., Hoekstra, P. F., Kuzyk, Z. A., Kwan, M., Letcher, R. J., Lockhart, W. L., Norstrom, R. J., Stern, G. A., & Stirling, I. (2005). Persistent organic pollutants and mercury in marine biota of the Canadian Arctic: An overview of spatial and temporal trends. <i>Science of the Total Environment</i> , 351–352, 4–56. <a href="https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.034">https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.034</a> | 208 |
|     | Corsolini, S., Kannan, K., Imagawa, T., Focardi, S., & Giesy, J. P. (2002). Polychloronaphthalenes and other dioxin-like compounds in arctic and antarctic marine food webs. <i>Environmental Science and Technology</i> , 36(16), 3490–3496. <a href="https://doi.org/10.1021/es025511v">https://doi.org/10.1021/es025511v</a>                                                                                                                                                                                           | 89  |
|     | Harner, T., Kylin, H., Bidleman, T. F., Halsall, C., Strachan, W. M. J., Barrie, L. A., & Fellin, P. (1998). Polychlorinated naphthalenes and coplanar polychlorinated biphenyls in arctic air. <i>Environmental Science and Technology</i> , 32(21), 3257–3265. <a href="https://doi.org/10.1021/es9803106">https://doi.org/10.1021/es9803106</a>                                                                                                                                                                        | 82  |

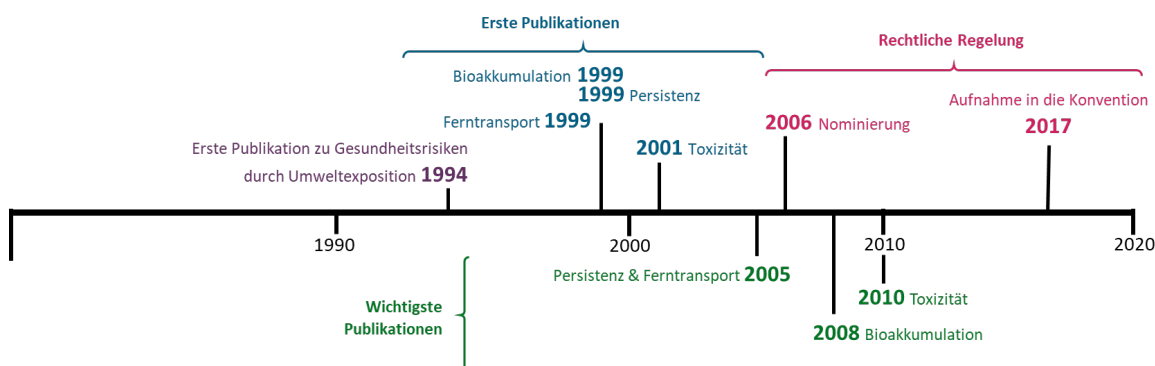
#### 1.1.2.14 Datenblatt Kurzkettige Chlorparaffine (SCCPs)

Tabelle 51: Grundinformationen zu SCCPs

| Kurzkettige Chlorparaffine (SCCPs) |                                                                                                                    |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IUPAC Name                         | -                                                                                                                  |
| Chemische Formel                   | $C_xH_{(2x-y+2)}Cl_y$ (x = 10-13; y = 3-12)                                                                        |
| CAS Nr.                            |                                                                                                                    |
| Jahr der Nominierung               | 2006                                                                                                               |
| Jahr der Aufnahme                  | 2017                                                                                                               |
| Verwendung                         | Bestandteil von Schmier- und Kühlmitteln bei Metallverarbeitung, Weichmacher und Flammschutzmittel in Kunststoffen |

#### Abbildung 51: Zeitreihe zu SCCP

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

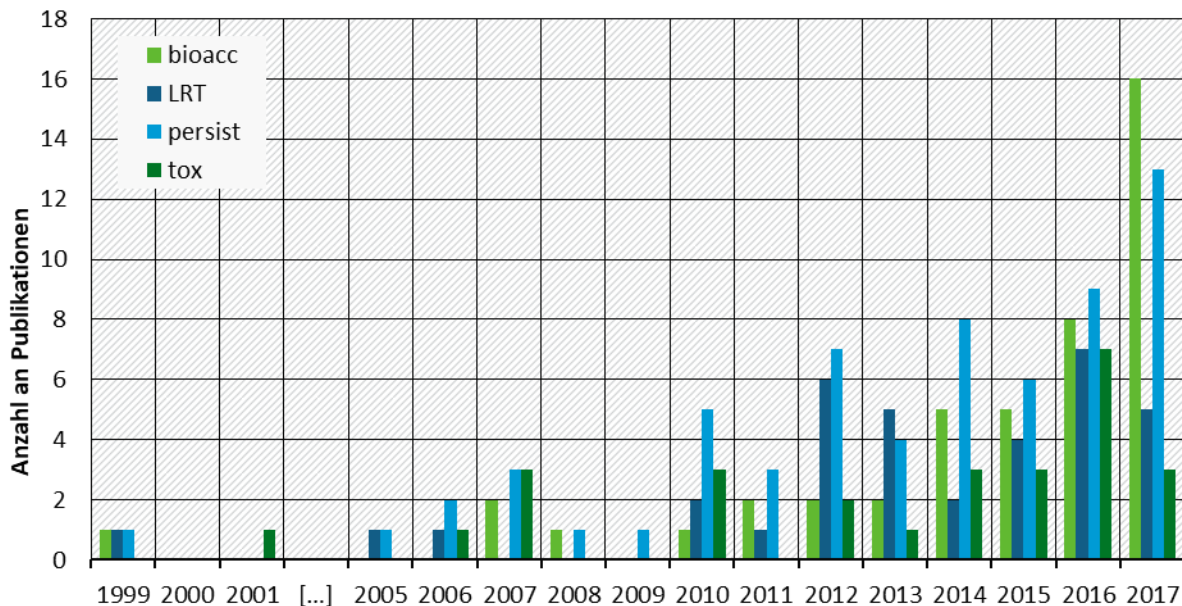


Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.



## Abbildung 52: Anzahl an Publikationen zu SCCP in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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.

Der Erkenntnisgewinn zu den POP-Eigenschaften der SCCPs stellt im Vergleich mit den anderen Erkenntnis- und Regulierungsverfahren eine Ausnahme dar, unter anderem deshalb, weil zwischen Vorschlag und Listung elf Jahre lagen – so viele, wie bei keinem anderen POP. In diesem Fall kommt die angewendete Recherchestrategie an ihre Grenzen, da diejenigen Veröffentlichungen, welche durch die WoS Recherche identifiziert werden, erst nach dem Jahr 2006 publiziert wurde, in dem die Substanz als POP-Kandidat vorgeschlagen wurde (siehe Publikationsverlauf). Eine wichtige Publikation vor 2006 ist Tomy et al. (1999) zu SCCP-Funden in Sedimenten von kanadischen Binnenseen.

Für die bioakkumulierenden Eigenschaften stellt die Studie von Houde et al. (2008), welche die Substanz in Matrices aus dem Ontario- und Michigansee untersuchten, nach Einschätzung der Autoren dieses Berichts einen Meilenstein dar. Angesichts der Präsenz von Chlorparaffinen, insbesondere in Seewässern und in Organismen der unteren Ernährungsstufen, schlugen Houde et al. vor, weitere Untersuchungen durchzuführen, um das Ausmaß von Verteilung und Akkumulation zu bewerten. Für die Persistenz und die Toxizität kann keine Publikation der WoS Recherche als „ausschlaggebend“ oder „Meilenstein“ herausgestellt werden. Zuletzt wurde die Toxizität durch eine Anhäufung von vielen Einzelbefunden und Kombinationseffekten (Mischungstoxizität) mit anderen POPs belegt.

Als TOP1-Publikation für das Langstreckentransport-Potential von SCCPs wird Braune et al. (2005) gefunden. Dies ist eine wichtige Review-Studie zu örtlichen und zeitlichen Trends für viele POPs und Quecksilber. In dieser Veröffentlichung werden die SCCPs in einer Reihe mit weiteren „neuen“ (in Bezug auf das Publikationsjahr 2005) Substanzen genannt (PBDEs, PCNs, PFOS und PFCAs), über die jedoch nur unzureichende Informationen zur Beurteilung von räumlichen Mustern oder der Dynamik der Verbindungen im Nahrungsnetzes verfügbar waren. Die SCCPs spielen in dieser Publikation keine Hauptrolle, auch wenn sie als vorbereitend für die folgenden Arbeiten zu den „neuen“ Verbindungen gelten kann.



Sowohl die Arbeit von Tomy et al. (1999) als auch diejenigen von Houde et al. (2008) und Braune et al. (2005) wurden, wie viele wichtige Erkenntnisse zu den POPs, in der Arbeitsgruppe von Derek Muir in Kanada erstellt.

**Tabelle 52: Spezifische Stoffreferenzen zu SCCPs**

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      | Braune, B. M., Outridge, P. M., Fisk, A. T., Muir, D. C. G., Helm, P. A., Hobbs, K., Hoekstra, P. F., Kuzyk, Z. A., Kwan, M., Letcher, R. J., Lockhart, W. L., Norstrom, R. J., Stern, G. A., & Stirling, I. (2005). Persistent organic pollutants and mercury in marine biota of the Canadian Arctic: An overview of spatial and temporal trends. <i>Science of the Total Environment</i> , 351–352, 4–56. <a href="https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.034">https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.034</a> | 246 |
|                 | Castells, P., Parera, J., Santos, F. J., & Galceran, M. T. (2008). Occurrence of polychlorinated naphthalenes, polychlorinated biphenyls and short-chain chlorinated paraffins in marine sediments from Barcelona (Spain). <i>Chemosphere</i> , 70(9), 1552–1562. <a href="https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.08.034">https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.08.034</a>                                                                                                                                       | 66  |
|                 | Zeng, L., Wang, T., Wang, P., Liu, Q., Han, S., Yuan, B., Zhu, N., Wang, Y., & Jiang, G. (2011). Distribution and trophic transfer of short-chain chlorinated paraffins in an aquatic ecosystem receiving effluents from a sewage treatment plant. <i>Environmental Science and Technology</i> , 45(13), 5529–5535. <a href="https://doi.org/10.1021/es200895b">https://doi.org/10.1021/es200895b</a>                                                                                                                     | 56  |
| Bioakkumulation | Houde, M., Muir, D. C. G., Tomy, G. T., Whittle, D. M., Teixeira, C., & Moore, S. (2008). Bioaccumulation and trophic magnification of short- and medium-chain chlorinated paraffins in food webs from Lake Ontario and Lake Michigan. <i>Environmental Science and Technology</i> , 42(10), 3893–3899. <a href="https://doi.org/10.1021/es703184s">https://doi.org/10.1021/es703184s</a>                                                                                                                                 | 87  |
|                 | Chen, M.-Y., Luo, X.-J., Zhang, X.-L., He, M.-J., Chen, S.-J., & Mai, B.-X. (2011). Chlorinated paraffins in sediments from the Pearl River Delta, South China: Spatial and temporal distributions and implication for processes. <i>Environmental Science and Technology</i> , 45(23), 9936–9943. <a href="https://doi.org/10.1021/es202891a">https://doi.org/10.1021/es202891a</a>                                                                                                                                      | 66  |
|                 | Zeng, L., Wang, T., Wang, P., Liu, Q., Han, S., Yuan, B., Zhu, N., Wang, Y., & Jiang, G. (2011). Distribution and trophic transfer of short-chain chlorinated paraffins in an aquatic ecosystem receiving effluents from a sewage treatment plant. <i>Environmental Science and Technology</i> , 45(13), 5529–5535. <a href="https://doi.org/10.1021/es200895b">https://doi.org/10.1021/es200895b</a>                                                                                                                     | 56  |
| Toxizität       | Fiedler, H. (2010). Short-Chain Chlorinated Paraffins: Production, Use and International Regulations. In J. De Boer (Hrsg.), <i>Chlorinated Paraffins</i> (S. 1–40).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 40  |
|                 | Wang, T., Han, S., Yuan, B., Zeng, L., Li, Y., Wang, Y., & Jiang, J., Guibin. (2012). Summer-winter concentrations and gas-particle partitioning of short chain chlorinated paraffins in the atmosphere of an urban setting. <i>Environmental Pollution</i> , 171, 38–45. <a href="https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.07.025">https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.07.025</a>                                                                                                                                         | 36  |
|                 | Sochová, I., Hofman, J., & Holoubek, I. (2007). Effects of seven organic pollutants on soil nematode <i>Caenorhabditis elegans</i> . <i>Environment International</i> , 33(6), 798–804. <a href="https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.03.001">https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.03.001</a>                                                                                                                                                                                                                           | 31  |

| [a] | Spezifische Referenz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | [b] |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| LRT | Braune, B. M., Outridge, P. M., Fisk, A. T., Muir, D. C. G., Helm, P. A., Hobbs, K., Hoekstra, P. F., Kuzyk, Z. A., Kwan, M., Letcher, R. J., Lockhart, W. L., Norstrom, R. J., Stern, G. A., & Stirling, I. (2005). Persistent organic pollutants and mercury in marine biota of the Canadian Arctic: An overview of spatial and temporal trends. <i>Science of the Total Environment</i> , 351–352, 4–56. <a href="https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.034">https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.034</a> | 246 |
|     | Tomy, G. T., Stern, G. A., Lockhart, W. L., & Muir, D. C. G. (1999). Occurrence of C10-C13 polychlorinated n-alkanes in Canadian midlatitude and Arctic lake sediments. <i>Environmental Science and Technology</i> , 33(17), 2858–2863. <a href="https://doi.org/10.1021/es990107q">https://doi.org/10.1021/es990107q</a>                                                                                                                                                                                                | 85  |
|     | Gao, Y., Zhang, H., Su, F., Tian, Y., & Chen, J. (2012). Environmental occurrence and distribution of short chain chlorinated paraffins in sediments and soils from the liaoh river basin, P. R. China. <i>Environmental Science and Technology</i> , 46(7), 3771–3778. <a href="https://doi.org/10.1021/es2041256">https://doi.org/10.1021/es2041256</a>                                                                                                                                                                 | 56  |

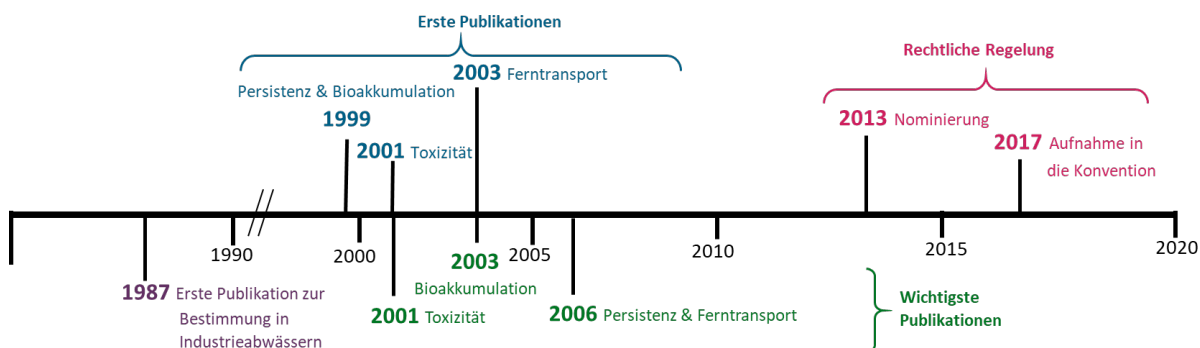
### 1.1.2.15 Datenblatt Decabromdiphenylether (DecaBDE)

Tabelle 53: Grundinformationen zu DecaBDE

| Decabromdiphenylether (DecaBDE) |                                     |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| IUPAC Name                      | 1,2,5,6,9,10-Hexabromocyclododecane |
| Chemische Formel                | C <sub>12</sub> Br <sub>10</sub> O  |
| CAS Nr.                         | 1163-19-5                           |
| Jahr der Nominierung            | 2013                                |
| Jahr der Aufnahme               | 2017                                |
| Verwendung                      | Flammschutzmittel                   |

### Abbildung 53: Zeitreihe zu DecaBDE

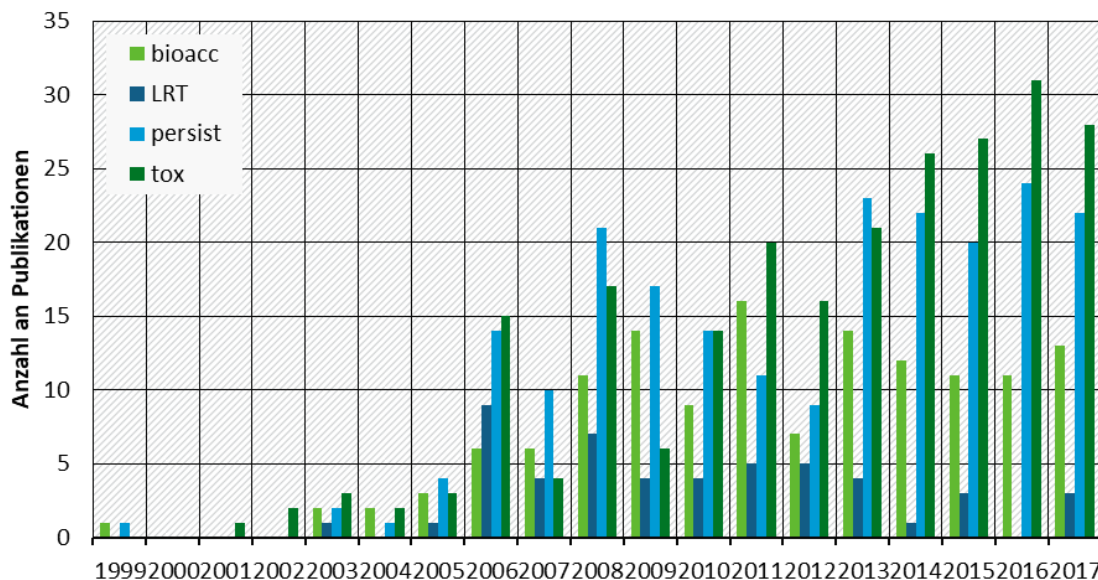
Dargestellt werden die Jahreszahlen der allerersten Publikation zu der Substanz, der jeweils ersten sowie wichtigsten Publikationen zur Kombination aus Substanzname und den POP-Kriterien, ggf. das Jahr der Nominierung und der Aufnahme in die Konvention.



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

#### Abbildung 54: Anzahl an Publikationen zu DecaBDE in Verbindung mit je einem der POP-Kriterien

Die Zeitleiste (x-Achse) beginnt in dem Jahr der ersten Publikation, frühestens 1950, 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 Recherche zu decaBDE identifizierte als erste Publikation eine Bestimmung des Stoffes in Industrieabwässern von 1987. Wie bereits zuvor angesprochen, werden allerdings regulatorische Dokumente wie z.B. ein *Chemical Hazard Information Profile* von 1986 der U.S. EPA zu bromierten Diphenylethern (als Referenz zitiert in Darnerud et al., 2001) vom WoS nicht erfasst. Aus der Stoffgruppe der PBDEs wurde die kommerzielle Mischung c-DecaBDE erst 2013 für eine Aufnahme in die Stockholm-Konvention nominiert. Für die späte Nominierung finden sich Argumentationen in den meistzitierten Publikationen.

Die oft zitierten Publikationen von Darnerud et al. (2001) und Darnerud (2003) kamen zu dem Schluss, dass stark-bromierte PBDE wie decaBDE weniger toxisch seien als „leichtere PBDE“. Auch die Bioverfügbarkeit von decaBDE galt als gering: Nach Darnerud et al. (2001) konnte decaBDE aufgrund seiner relativ hohen Molekülmasse nur minimal aus dem Magen-Darm-Trakt von Säugetieren absorbiert werden, so dass eine Bioakkumulation als unwahrscheinlich eingeschätzt wurde. Zudem wurde die Umweltrelevanz von decaBDE aufgrund der Debromierung im Vergleich zu anderen PBDEs als gering angesehen. Auch die Bioverfügbarkeit der Substanz in der Umwelt wurde zunächst als gering eingeschätzt, da sie aufgrund ihres hohen  $K_{ow}$  und niedrigen Dampfdrucks als weniger mobil und stark an Boden und Sedimente sorbiert galt.

Die WoS-Recherche ergab für c-DecaBDE und seine Hauptbestandteile die höchste Zahl an Publikationen im Vergleich zu den anderen kommerziellen PBDE-Gemischen und deren Hauptbestandteilen. Ab 2008 gab es pro Jahr mehr als 80 Publikationen zu c-DecaBDE und den Hauptbestandteilen, wobei von allen POP-Kriterien insbesondere die Toxizität in der größten Anzahl an Publikationen adressiert wurde.

Zu Persistenz verweist das Risikoprofil (UNEP, 2014d) auf mehrere Labor-, Halbfreiland- und Freilandstudien zur Abbaugeschwindigkeit in Boden/Sediment, die auf Halbwertszeiten von 6 bis 50 Jahren in Sediment (Tokarz III et al., 2008) und über einem Jahr in Boden, sowohl

unter aeroben wie unter anaeroben Bedingungen (Nyholm et al., 2010) hindeuten. Anders als bei c-penta- und c-OctaBDE wurden hier keine Modellabschätzungen über EPI Suite zitiert.

Zur Bioakkumulation ist Kelly et al. (2007) eine der meist zitierten Studien: Diese beschreibt das Biomagnifikationsverhalten von Chemikalien in verschiedenen Nahrungsnetzen in Abhängigkeit vom Octanol-Wasser- ( $K_{ow}$ ) und Octanol-Luft-Verteilungskoeffizienten ( $K_{OA}$ ). Die Publikation behandelt decaBDE zwar nur am Rande, zeigt aber, dass eine Biomagnifikation von decaBDE vor allem in terrestrischen Säugetieren stattfindet. Insofern kann die Publikation von Kelly et al. (2007) als "Meilenstein" bezeichnet werden.

Zu Toxizität werden im Risikoprofil eine Reihe von Einzelpublikationen aufgeführt, die Auswirkungen auf Fortpflanzung und Entwicklung sowie endokrine und neurotoxische Wirkungen bei aquatischen Organismen, Säugetieren und Vögeln zeigten.

Da bei decaBDE ein Abbau in Form von Debromierung durch Photolyse möglich ist, bestand zunächst die Einschätzung, dass für den Stoff kein Ferntransport anzunehmen sei. Jedoch wurde in der Publikation von Schenker et al. (2008) zur Modellierung des LRT von verschiedenen PBDE klar herausgestellt, dass decaBDE bei Bindung an Luftpartikel und unter trockenen Bedingungen in der Luft nur wenig abgebaut wird und somit doch weit verbracht werden kann. Schenker et al. (2008) gehört allerdings nicht zu der Liste der meistzitierten Publikationen für decaBDE.

Das Risikoprofil für decaBDE (UNEP, 2014d) begründet die POP-Kriterien P, B und LRT auch damit, dass die bei der Debromierung von decaBDE entstehenden geringer bromierten PBDE selbst PBT/vPvB-Eigenschaften oder POP-Eigenschaften besitzen.

**Tabelle 54: Spezifische Stoffreferenzen zu DecaBDE**

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      | Law, R. J., Allchin, C. R., De Boer, J., Covaci, A., Herzke, D., Lepom, P., Morris, S., Tronczynski, J., & De Wit, C. A. (2006). Levels and trends of brominated flame retardants in the European environment. <i>Chemosphere</i> , 64(2), 187–208. <a href="https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.007">https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.007</a> | 550 |
|                 | De Wit, C. A., Herzke, D., & Vorkamp, K. (2010). Brominated flame retardants in the Arctic environment—Trends and new candidates. <i>Science of the Total Environment</i> , 408(15), 2885–2918. <a href="https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.08.037">https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.08.037</a>                                                         | 367 |
|                 | Kelly, B. C., Ikonomidou, M. G., Blair, J. D., Morin, A. E., & Gobas, F. A. P. C. (2007). Food web-specific biomagnification of persistent organic pollutants. <i>Science</i> , 317(5835), 236–239. <a href="https://doi.org/10.1126/science.1138275">https://doi.org/10.1126/science.1138275</a>                                                                     | 361 |
| Bioakkumulation | Watanabe, I., & Sakai, S.-I. (2003). Environmental release and behavior of brominated flame retardants. <i>Environment International</i> , 29(6), 665–682. <a href="https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00123-5">https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00123-5</a>                                                                                                  | 413 |
|                 | Kelly, B. C., Ikonomidou, M. G., Blair, J. D., Morin, A. E., & Gobas, F. A. P. C. (2007). Food web-specific biomagnification of persistent organic pollutants. <i>Science</i> , 317(5835), 236–239. <a href="https://doi.org/10.1126/science.1138275">https://doi.org/10.1126/science.1138275</a>                                                                     | 361 |
|                 | Stapleton, H. M., Alaee, M., Letcher, R. J., & Baker, J. E. (2004). Debromination of the Flame Retardant Decabromodiphenyl Ether by Juvenile Carp ( <i>Cyprinus carpio</i> ) following Dietary Exposure. <i>Environmental Science and Technology</i> , 38(1), 112–119. <a href="https://doi.org/10.1021/es034746j">https://doi.org/10.1021/es034746j</a>              | 289 |

| [a]       | Spezifische Referenz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | [b] |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Toxizität | Darnerud, P. O., Eriksen, G. S., Jóhannesson, T., Larsen, P. B., & Viluksela, M. (2001). Polybrominated diphenyl ethers: Occurrence, dietary exposure, and toxicology. <i>Environmental Health Perspectives</i> , 109(SUPPL. 1), 49–68. <a href="https://doi.org/10.1289/ehp.01109s149">https://doi.org/10.1289/ehp.01109s149</a>                                     | 730 |
|           | Darnerud, P. O. (2003). Toxic effects of brominated flame retardants in man and in wildlife. <i>Environment International</i> , 29(6), 841–853. <a href="https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00107-7">https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00107-7</a>                                                                                                             | 594 |
|           | Watanabe, I., & Sakai, S.-I. (2003). Environmental release and behavior of brominated flame retardants. <i>Environment International</i> , 29(6), 665–682. <a href="https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00123-5">https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00123-5</a>                                                                                                  | 413 |
| LRT       | Law, R. J., Allchin, C. R., De Boer, J., Covaci, A., Herzke, D., Lepom, P., Morris, S., Tronczynski, J., & De Wit, C. A. (2006). Levels and trends of brominated flame retardants in the European environment. <i>Chemosphere</i> , 64(2), 187–208. <a href="https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.007">https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.007</a> | 550 |
|           | De Wit, C. A., Herzke, D., & Vorkamp, K. (2010). Brominated flame retardants in the Arctic environment—Trends and new candidates. <i>Science of the Total Environment</i> , 408(15), 2885–2918. <a href="https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.08.037">https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.08.037</a>                                                         | 367 |
|           | De Wit, C., Alaee, M., & Muir, D. C. G. (2006). Levels and trends of brominated flame retardants in the Arctic. <i>Chemosphere</i> , 64(2), 209–233. <a href="https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.029">https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.029</a>                                                                                                | 327 |

## 2 Ergänzungen zu AP 2: Regulatorisches Management von potentiellen POPs und dessen Effektivität (AP 2)

### 2.1 Stoffspezifische Analyse der Entscheidungs- und Listungsprozesse im Stockholmer Übereinkommen für die „neuen“ POPs

Im Folgenden werden die Ergebnisse der systematischen Auswertung des Listungs- und Entscheidungsprozesses zu den POPs gezeigt, welche nach den ersten 12 POPs („Dreckiges Dutzend“) als „neue“ POPs bewertet und gelistet wurden.

Die Abschnitte 2.1.1 zur Listung von Lindan, Alpha- und Beta-HCH sowie 2.1.2 zur Listung von PFOS, ihren Salzen und Perfluorooctansulfonylfluorid entsprechen den Kapiteln 3.3.3.1 und 3.3.3.2 im Hauptbericht und wurden zur Vervollständigung der Informationen hier übernommen

#### 2.1.1 Listung von Lindan (Gamma-HCH) und Alpha- und Beta-HCH

##### 2.1.1.1 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 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, 2006i).

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).



### 2.1.1.2 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 55 und Tabelle 57). 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, 2006i, 2007f, 2007g) 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

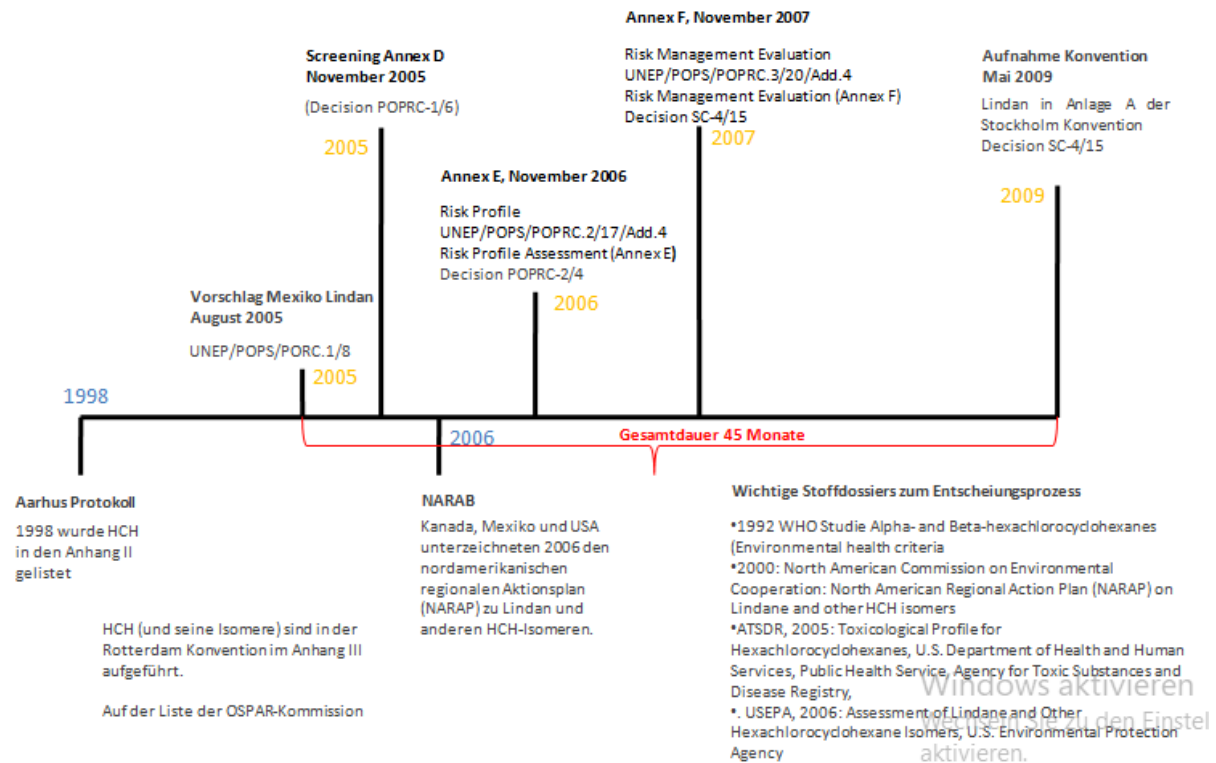
**Tabelle 55: Steckbrief Lindan mit Hintergrundinformationen und Informationen zur Listung in der Stockholm-Konvention**

| 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)<br>45 Monate (Reguläre Listung)                                                                                                                                                                                                                       |
| Ausnahmen                                                                             | Produktion: keine<br>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<br>(Australien, Bahrein, Bangladesch, Indien, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu)                                                                                                                                                                                                  |
| Sonstiges / Auffälligkeiten                                                           | Länder, die Lindan noch nicht ratifiziert haben (Australien, Bahrein, <b>Bangladesch, Indien</b> , Slowenien, Usbekistan, Vanuatu) könnten weiterhin Lindan/technisches HCH produzieren. Freisetzung erfolgt auch aus kontaminierten Standorten/Deponien (4-7 Millionen Tonnen). |

## Abbildung 55: Zeitschiene Entscheidungsprozess 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 56: Auswertung Anhang-D-Screening Lindan**

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

<sup>a)</sup> BCF= 13 – 1.240 und log Kow = 3,5

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

**Tabelle 57: 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<br>Dauer POPRC<br>Gesamtdauer von POPRC bis COP                  | 26 Monate (Minimale Zeit)<br>33 Monate (Reguläre Listung auf COP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 26 Monate (Minimale Zeit)<br>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 <sup>a)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                   |
| Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben | 7<br>(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.<br>Ländern die Alpha-/Beta-HCH noch nicht ratifiziert haben (Australien, Bahrein, Bangladesch, Indien, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu) könnten weiterhin Lindan/technisches HCH produzieren.<br>Freisetzungen erfolgen vor allem aus deponiertem HCH in kontaminierten Standorten/Deponien (4-7 Millionen Tonnen) <sup>a),b)</sup> |                                                                   |

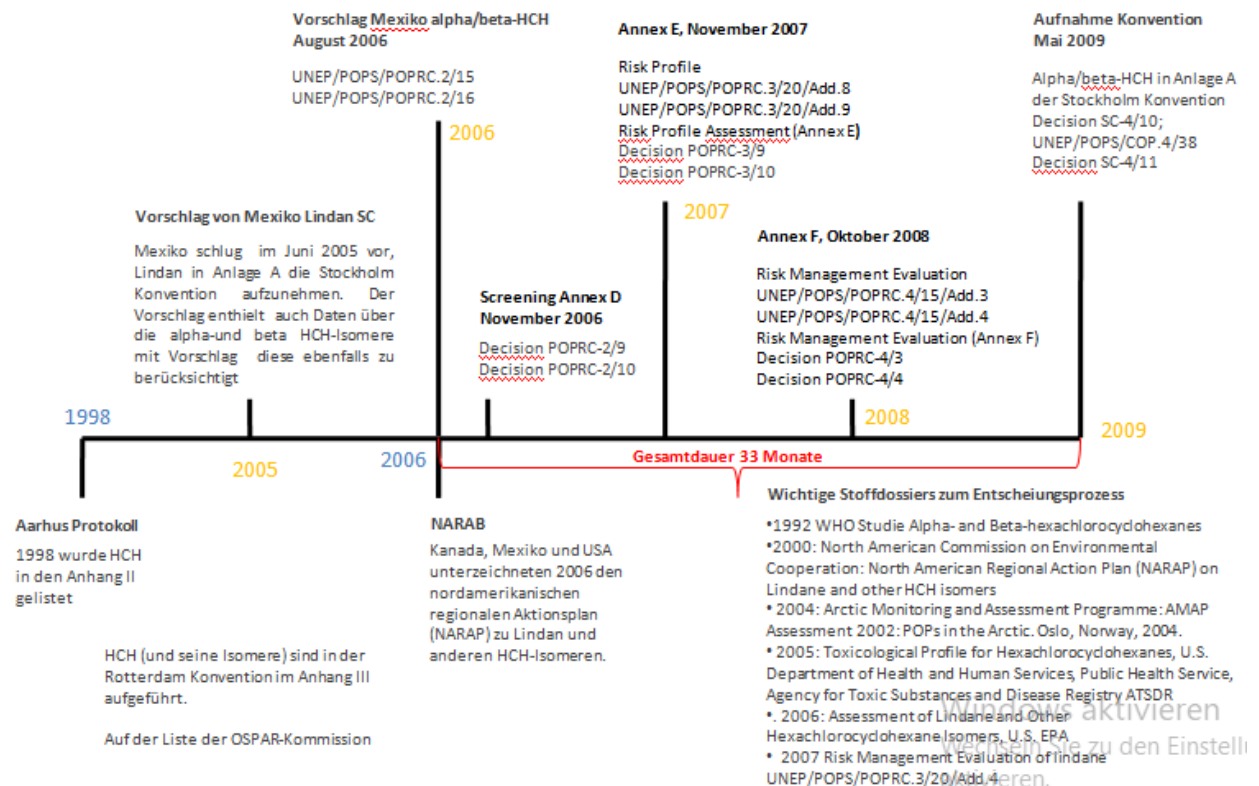
<sup>a)</sup> (Vijgen et al., 2011)

<sup>b)</sup> (Vijgen et al., 2019)

**Abbildung 56: 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 58: Auswertung Anhang-D-Screening Alpha-/Beta-HCH**

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

<sup>a)</sup> Alpha-HCH: log Kow = 3,8; BCF (wirbellose Tiere) = 60-2.750; BCF (Fisch) = 313-2.400

<sup>b)</sup> Beta-HCH: log Kow = 3,7, BCF (Fisch) = 1.460

Quelle: Decision POPRC-2/9 (UNEP, 2006d) und Decision POPRC-2/10 (UNEP, 2006e)

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

### 2.1.2.1 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.

### 2.1.2.2 Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention

PFOS wurde im August 2006 von Schweden für die Listung in die Stockholm-Konvention vorgeschlagen (Tabelle 59; Abbildung 57).

Das Anhang-D Screening (Tabelle 61) 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, 2007d) 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, 2005g). 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 60 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-Farbfiler)
  - Feuerlöschschaum
  - Insektenköder zur Bekämpfung von Blattschneiderameisen der Gattungen *Attasp.* und *Acromyrmexsp.*
- spezifische Ausnahmeregelungen<sup>4</sup>: 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

---

<sup>4</sup> 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, 2010c, 2010d).

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.<sup>5</sup>

Inzwischen wurden viele der Ausnahmen gestrichen (UNEP, 2019a, 2019b). 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 Berichtsband, 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, 2010i). Diese wurden von der COP angenommen.

---

<sup>5</sup> 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 59: Steckbrief PFOS mit Hintergrundinformationen und Informationen zur Listung in der Stockholm-Konvention**

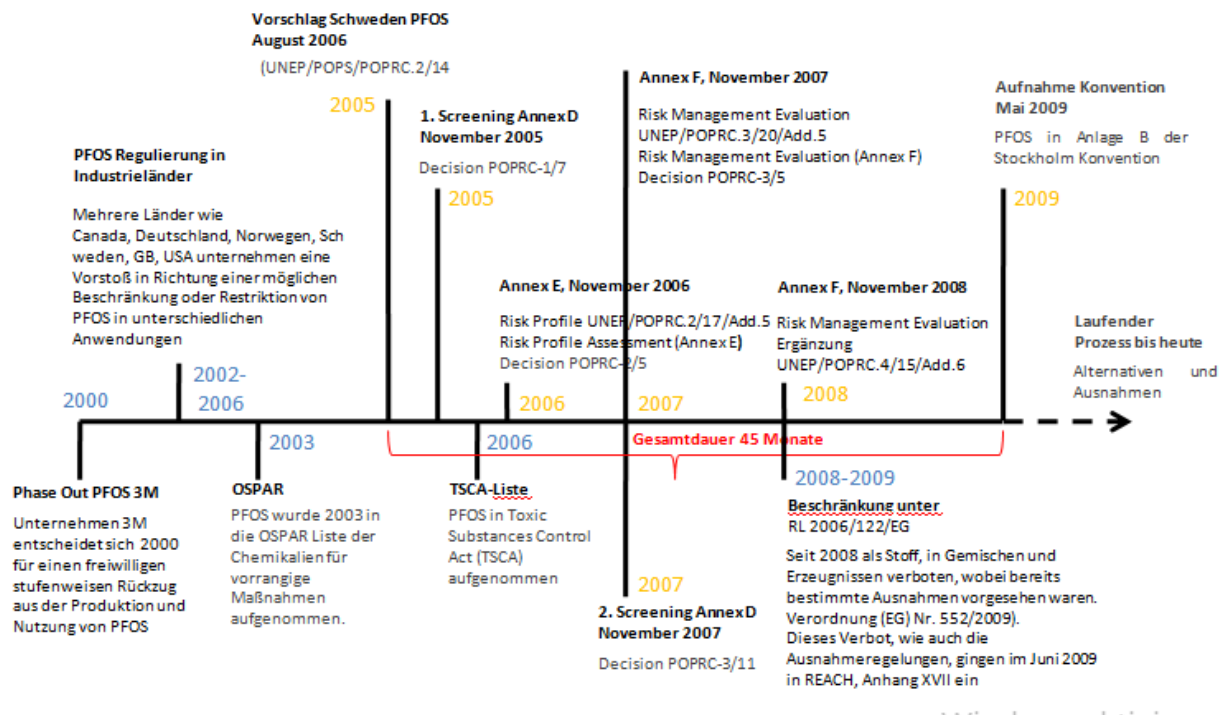
| Substanz                                                                              | Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), ihre Salze und Perfluorooctansulfonylfluorid (PFOSF)                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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)<br>45 Monate (Reguläre Listung COP)                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Ausnahmen                                                                             | Produktion: Für die gelisteten Ausnahmen<br>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<br>(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 57: Zeitschiene Entscheidungsprozess 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 60: PFOS-Chemikalien wie in Anhang B des Stockholm-Konvention angegeben**

| PFOS-Chemikalie               | CAS-Nr.     |
|-------------------------------|-------------|
| Perfluoroktansulfonsäure      | 1763-23-1   |
| Perfluorooctansulfonylfluorid | 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 61: Auswertung Anhang-D-Screening für PFOS November 2005**

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

<sup>a)</sup> Kriterium nicht erfüllt: BCF 240–1,300

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

## 2.1.3 Listung von Pentachlorbenzol

### 2.1.3.1 Hintergrund

Pentachlorbenzol (CAS-Nr. 608-93-5) ist eine chemische Verbindung aus der Gruppe der aromatischen Chlorkohlenwasserstoffe. Es wird als Nebenprodukt bei der Herstellung von Tetrachlorbenzolen gewonnen und kann durch anschließende Destillation und Kristallisation isoliert werden.

PeCB kam zusammen mit PCB als Öl in Transformatoren zum Einsatz. Es wurde in Farbstoffträgern, als Fungizid und als Flammschutzmittel verwendet. Als chemisches Zwischenprodukt wurde es zur Herstellung des Pflanzenschutz- und Desinfektionsmittels Quintozen (Fungizid) eingesetzt, welches in der EU seit 2000 verboten ist. PeCB entsteht auch unbeabsichtigt bei Verbrennungs-, thermischen (besonders in der Abfallwirtschaft) und industriellen Prozessen. Es kommt weiterhin als Verunreinigung in Produkten wie Lösungsmitteln oder Pestiziden vor. Die Produktion von PeCB wurde vor einigen Jahrzehnten in den Hauptproduktionsländern eingestellt, da effiziente Alternativen zur Verfügung stehen. Da diese Verbindung seit 1992 in Deutschland (seit 2002 in der EU) verboten ist, wurde die Produktion von PeCB hier schon früher eingestellt.

### 2.1.3.2 Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention

Die Europäische Union schlug im August 2006 vor, Pentachlorbenzol in den Anhang A, B oder C der Stockholm-Konvention aufzunehmen (UNEP, 2006m). PeCB war bis vor dem Beginn der Einreichung unter Stockholm auf keinem internationalen Abkommen gelistet (UNEP, 2008d). Es war bis dahin nur als Kandidatenstoff unter OSPAR (1998) und zeitgleich unter dem POP-Protokoll im Jahr 2006 vorgeschlagen worden. Beide Male kam der Vorschlag von der EU, woraus sich auch die Nominierung für die Stockholm-Konvention ergab.

Laut Anhang-D-Screening vom November 2006 ist PeCB in der Umwelt sehr persistent, stark bioakkumulierbar und hat Potenzial für weiträumigen Umwelttransport. Gemessene Konzentrationen in der gesamten nördlichen Hemisphäre deuten darauf hin, dass PeCB eine sehr lange atmosphärische Verweilzeit hat, die seine weite Verbreitung in der gesamten Hemisphäre ermöglicht hat. Es ist mäßig giftig für den Menschen jedoch sehr giftig für Wasserorganismen. Neben analytischen Nachweisen in entfernten Gebieten und in der arktischen Luft liegen zu PeCB zahlreiche Monitoringdaten zum Auftreten in arktischen Säugetieren, Vögeln, Fischen, Seesedimenten und Moos vor. PeCB erfüllt insofern sowohl die numerischen als auch die nicht-numerischen Kriterien nach Anhang D (UNEP, 2006b).

In den beiden darauffolgenden Jahren 2007 und 2008 wurde der Prozess regulär über die beiden nächsten Phasen Anhang E und Anhang F durchgeführt. Hauptthema in Anhang E und Anhang F waren die verschiedenen Quellen, aus denen PeCB in die Umwelt gelangt. Besonders im Fokus war die unbeabsichtigte Freisetzung von PeCB, als Nebenprodukt einer unvollständigen Verbrennung. Nach Bewertung des Risikoprofils für PeCB (UNEP, 2007i) kam das POPRC zu dem Schluss, dass diese Chemikalie infolge des weiträumigen Transports in der Umwelt wahrscheinlich erhebliche schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt bewirkt, so dass globale Maßnahmen gerechtfertigt sind (UNEP, 2007b). Neben den routinemäßigen Anhang-F-Kriterien wurden speziell nochmals zusätzliche Anstrengungen unternommen, um die Unterscheidung zwischen der Umweltbelastung durch die direkte Nutzung als Fungizid sowie durch die unbeabsichtigte Freisetzung von PeCB zu dokumentieren (UNEP, 2008a).

PeCB wurde 2009 in den Anhang A und Anhang C der Stockholm-Konvention aufgenommen (UNEP, 2009d). Es bestehen keine spezifischen Ausnahmen für die Produktion und Verwendung.

Darüber hinaus wurde im folgenden Jahr eine Informationslücke geschlossen, die die mögliche Freisetzung als Abbauprodukt von Quintozen und das Vorkommen in Lagerbeständen aus der Produktion chlorierter Lösungsmittel betraf. Diese neuen Informationen gingen ohne formelle Bearbeitung als zusätzliche Notiz zur Kenntnisnahme ein (UNEP, 2010a).

Die Gesamtdauer des Entscheidungsprozesses von der Nominierung bis zur Aufnahme unter der Stockholm-Konvention betrug 33 Monate, davon im POPRC 26 Monate (Abbildung 58), wobei es im Verfahren keine Verzögerungen gab.

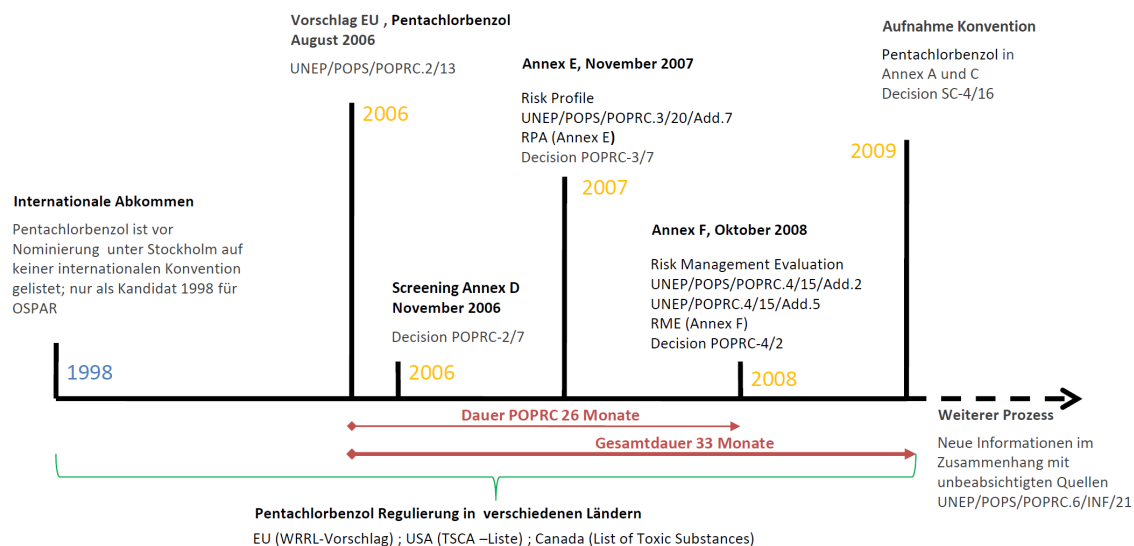
**Tabelle 62: Steckbrief Pentachlorbenzol (PeCB) mit Hintergrundinformationen und Informationen zur Listung in der Stockholm-Konvention**

| Substanz                                                                                           | Pentachlorbenzol                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS-Nr.                                                                                            | 608-93-5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Vorschlag Jahr und Wer                                                                             | 2006, Europäische Union                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Listung Jahr und Anhang                                                                            | 2009, Anhang A und Anhang C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Dauer Entscheidungsprozess im POPRC bis Anhang F bis COP Listung                                   | 26 Monate (Minimale Dauer)<br>33 Monate (Reguläre Listung COP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Ausnahmen                                                                                          | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Frühere Nutzung                                                                                    | PeCB wurde zusammen mit PCB als Öl in Transformatoren, als Farbstoffträger, als Fungizid, und als Flammschutzmittel verwendet. Als chemisches Zwischenprodukt wurde es zur Herstellung des Pflanzenschutz- und Desinfektionsmittels Quintozen verwendet. PeCB entsteht auch unbeabsichtigt bei Verbrennungs-, thermischen und industriellen Prozessen. Es kommt weiterhin als Verunreinigung in Produkten wie Lösungsmitteln oder Pestiziden vor. |
| Gegenwärtige Nutzung                                                                               | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben (Stand 2018) | 9<br>(Australien, Bahrain, Bangladesch, Indien, Moldawien, Russland, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Sonstiges / Auffälligkeiten                                                                        | Fokus auf die Freisetzung aus Quellen, in denen PeCB unbeabsichtigt gebildet wird                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

## Abbildung 58: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Pentachlorbenzol 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 dem Stockholmer Übereinkommen sortiert vom Jahr der Nominierung bis hin zur Aufnahme in die Konvention.

### Zeitschiene Entscheidungsprozess Pentachlorbenzol



#### Wichtige Stoffdossiers zum Entscheidungsprozess

- 2002: Van de Plassche, E.J., Schwegler, A.M.G.R., Rasenberg, M. and Schouten, A. 2002. Pentachlorobenzene. Dossier prepared for the third meeting of the UN-ECE Ad hoc Expert Group on POPs. Royal Haskoning report L0002.A0/R0010/EVDP/TL
- 2005: Belfroid, A., van der Aa, E. and Balk, F. 2005. Addendum to the risk profile of Pentachlorobenzene. Royal Haskoning report 9R5744.01/R0005/ABE/CKV/Nijm.

Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental Consulting



**Tabelle 63: Auswertung Anhang-D-Screening Pentachlorbenzol**

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

Quelle: Decision POPRC-2/7 (UNEP, 2006b)

## 2.1.4 Listung von Hexabromobiphenyl (HBB)

### 2.1.4.1 Hintergrund

Hexabrombiphenyl (CAS-Nr. 36355-01-8) gehört zur Gruppe der polybromierten Biphenyle (PBB) und ist eine Industriechemikalie, die vor allem in den 1970er Jahren als Flammschutzmittel verwendet wurde. Nach den verfügbaren Informationen wird HBB seit den 1970er Jahren nicht mehr hergestellt oder verwendet. Die Produktion auch von den nicht in der Stockholm-Konvention gelisteten hochbromierten PBB in Deutschland wurde 1985 beendet (UBA, 2017).

HBB wurde nur von 1970 bis 1976 mit einer Gesamtproduktionsmenge von etwa 6.000 Tonnen in den Vereinigten Staaten produziert. 1973 wurden mehrere Tonnen HBB versehentlich mit Viehfutter vertauscht und an Farmen in Michigan verteilt (Carter, 1976; Kay, 1977). Etwa 1,5 Millionen Hühner, 30.000 Rinder, 5.900 Schweine und 1.470 Schafe verzehrten dann dieses Futter und wurden mit PBB kontaminiert. Zum Teil wurden die Tiere gegessen aber der Großteil wurde auf Deponien im ganzen Bundesstaat entsorgt. Auch heute weisen viele Bewohner in Michigan noch erhöhte PBB- Gehalte im Körper auf (C.-J. Chang et al., 2020). Aufgrund der frühen und relativ geringen Produktion und Verwendung von HBB ist die Chemikalie heute von vergleichsweise geringer Bedeutung, da die meisten HBB-haltigen Materialien bereits vor Jahrzehnten entsorgt wurden. Diese vergleichsweise geringe Relevanz spiegelt sich auch in den niedrigen HBB/PBB-Gehalten in Lebensmitteln und der damit verbundenen geringen Exposition wider.

### 2.1.4.2 Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention

Die Europäische Union schlug im Jahr 2005 vor, HBB in den Anhang A, B oder C der Stockholm-Konvention aufzunehmen (UNEP, 2005e). HBB wurde aber bereits zuvor als POP thematisiert. Im Jahr 1998 wurde HBB unter dem UNECE Aarhus *Protocol on Persistent Organic Pollutants* in dessen Anhang I aufgenommen und im Jahr 2004 in die EU POP-Verordnung. HBB ist gemeinsam mit anderen PBB auf der Rotterdam-Konvention im Anhang III gelistet, und PBB werden ohne weitere Spezifizierung in Anhang VIII nach dem Basler Übereinkommen als gefährlich eingestuft (UNEP, 2006h). Weitere internationale und regionale Listungen oder Regulierungen wurden für HBB diskutiert und eingeführt.<sup>6</sup>

HBB ist laut Anhang-D-Screening in der Umwelt persistent, stark bioakkumulierbar und wird weiträumig in der Umwelt transportiert; somit erfüllt es die Kriterien nach Anhang D. Allerdings werden die numerischen Kriterien aufgrund fehlender Daten für die Halbwertszeit in der Luft nicht erfüllt. HBB ist als mögliches Humankarzinogen eingestuft und hat auch weitere chronische toxische Wirkungen (UNEP, 2005b). Die Phasen für Anhang E und Anhang F liefen ohne nennenswerte Ereignisse, und HBB wurde im November 2007 nach der Evaluierung des Risikomanagements anhand von Anhang F für die Vertragsstaatenkonferenz im Jahr 2009 vorgeschlagen (UNEP, 2007a). Im Mai 2009 wurde HBB in den Anhang A der Stockholm-Konvention aufgenommen (UNEP, 2009b), sodass die Herstellung und die Verwendung weltweit verboten sind. Es liegen keine spezifischen Ausnahmeregelungen für die Produktion und Verwendung vor.

Der Entscheidungsprozess über die Aufnahme von HBB dauerte von der Nominierung bis zur tatsächlichen Aufnahme 45 Monate bzw. im POPRC 27 Monate. Dabei gab es im Verfahren keine Verzögerungen.

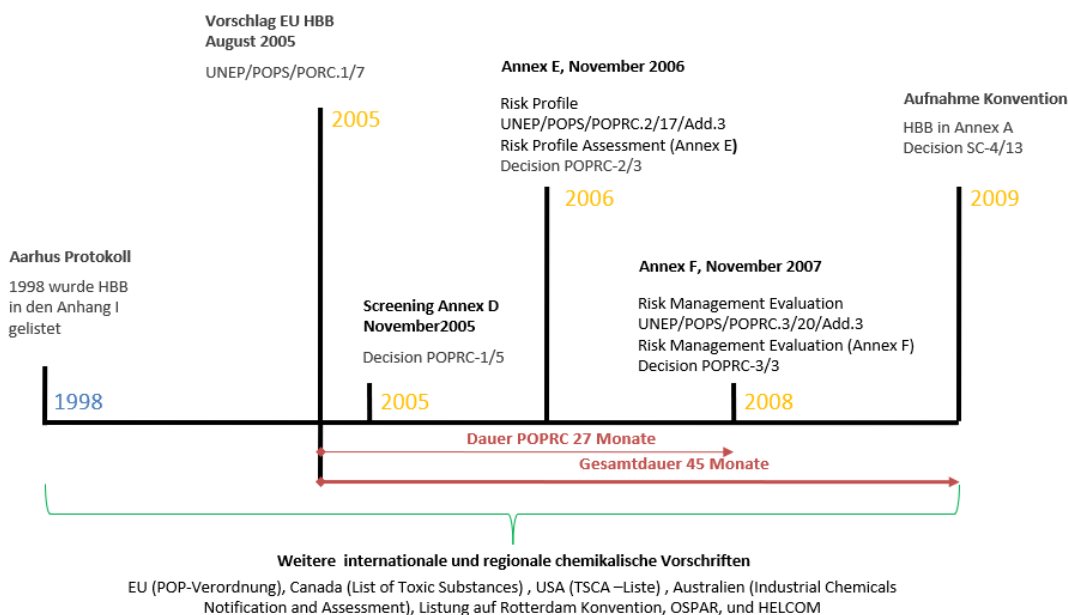
<sup>6</sup> u.a. Kanada (*List of Toxic Substances*); USA (TSCA-Liste), Australien (*Industrial Chemicals Notification and Assessment*), OSPAR und HELCOM

**Tabelle 64: Steckbrief Hexabromobiphenyl (HBB)**

| Substanz                                                                                                 | Hexabromobiphenyl (HBB)                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS-Nr.                                                                                                  | 36355-01-8                                                                                              |
| Vorschlag Jahr und Wer                                                                                   | 2005, Europäische Union                                                                                 |
| Listung Jahr und Anhang                                                                                  | 2009, Anhang A                                                                                          |
| Dauer Entscheidungsprozess<br>Im POPRC bis Anhang F<br>bis COP                                           | 27 Monate (Minimale Dauer)<br>45 Monate (Reguläre Listung)                                              |
| Ausnahmen                                                                                                | Keine                                                                                                   |
| Frühere Nutzung                                                                                          | Vor allem in den 1970er Jahren als Flammschutzmittel                                                    |
| Gegenwärtige Nutzung                                                                                     | Keine                                                                                                   |
| Anzahl der Vertragsparteien, die<br>nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht<br>ratifiziert haben (Stand 2018) | 9<br>(Australien, Bahrain, Bangladesch, Indien, Moldawien, Russland,<br>Slowenien, Usbekistan, Vanuatu) |
| Sonstiges / Auffälligkeiten                                                                              | Keine                                                                                                   |

**Abbildung 59: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Hexabromobiphenyl (HBB) in der Konvention**

## Zeitschiene Entscheidungsprozess HBB



### Wichtige Stoffdossiers zum Entscheidungsprozess

- 1994: Environmental Health Criteria (EHC) 152: Polybrominated biphenyls. IPCSInternational Programme on Chemical Safety. UNEP.International Labour Organisation. WHO. Geneva 1994.
- 1994: Environmental Health Criteria (EHC) 192: Flame Retardants: A General Introduction. IPCSInternational Programme on Chemical Safety. UNEP.International Labour Organisation. WHO Geneva 1994.
- 2004: US ATSDR Toxicological Profile for Polybrominated Biphenyls and Polybrominated Diphenyl, 2004Ethers (PBBs and PBDEs).
- 2005: Environmental Profiles of Chemical Flame-Retardant Alternatives for Low-Density Polyurethane Foam

Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental Consulting

**Tabelle 65: Auswertung Anhang-D-Screening HBB**

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

<sup>a)</sup> Die numerischen Kriterien wurden als nicht erfüllt definiert, da keine Daten für LRT vorhanden waren.

Quelle: Decision POPRC-1/5 (UNEP, 2005b)

## 2.1.5 Listung der PBDE

### 2.1.5.1 Hintergrund

Die polybromierten Diphenylether (PBDE) bilden eine Klasse von bromierten Flammschutzmitteln. PBDE kommen häufig in Kunststoffen, Textilien und elektrischen und elektronischen Geräten zum Einsatz. Die Familie der PBDE besteht insgesamt aus 209 verschiedenen Einzelverbindungen bzw. Kongeneren, von denen jedoch aufgrund der sterischen Anforderungen des großen Bromatoms nur wenige thermodynamisch bevorzugte Kongenere tatsächlich vorkommen. Verwendet werden die PBDE jedoch nicht als chemisch reine Kongenere, sondern als technische Mischungen verschiedener Kongenere. Es wurden drei kommerzielle Mischungen produziert, die jeweils nach der Haupthomologengruppe benannt werden:

- ▶ •c-PentaBDE (C-PentaBDE) mit den Hauptbestandteilen TetraBDE und PentaBDE
- ▶ •c-OctaBDE (C-OctaBDE) mit den Hauptbestandteilen HexaBDE, HeptaBDE und OctaBDE
- ▶ •c-DecaBDE (C-DecaBDE) mit ~97 % DecaBDE<sup>7</sup>

C-PentaBDE wurde historisch vor allem in Polyurethanhart- und -weichschäumen (PU-Schäume) und in Polyurethanelastomeren für geformte und beschichtete Teile im Automobilbereich (z.B. Autositze, Kopfstützen), in Polstermöbeln und Matratzen, in Verpackungen und in elektrischen Kleinteilen (Gehäuse) eingesetzt.

Die Zusammensetzung des kommerziellen Gemisches c-OctaBDE ist komplex und hat sich über die Jahre der Produktion hinweg verändert. c-OctaBDE ging zu 95 % in Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere (ABS) insbesondere im Bereich der Herstellung von Computer- und Fernsehgeräten ein. Die restlichen 5 % verteilten sich auf High Impact Polystyrol (HIPS) und Polybutylenterephthalat (PBT) sowie weitere Anwendungsgebiete wie Polyamid, Nylon, Polyethylen, Polycarbonat, phenolische Harze und ungesättigte Polyester in Klebstoffen und Beschichtungen.

Das Flammschutzmittel DecaBDE kam neben c-OctaBDE hauptsächlich (rund 80 %) in Gehäusen von Computern und Fernsehgeräten zum Einsatz, aber auch als Flammschutzmittel im Transport- und Luftfahrtsektor und im Bauwesen bei Kabeln und Rohren. Im Haushalt fand es in Textilien und Teppichen, in Haushaltsmöbeln sowie in der Klebeschicht von reflektierenden Bändern auf Arbeitskleidung Einsatz.

Insgesamt wurden ca. 1,5 Millionen Tonnen verschiedener technischer PBDE Mischungen produziert. c-DecaBDE ist mit einem Anteil von ca. 80 % die bei Weitem relevanteste technische Mischung. Die Kongenere der c-PentaBDE Mischung sind jedoch die mit Abstand relevantesten PBDE in Bezug auf Exposition und Toxizität.

PBDE können bei der Herstellung, Verarbeitung und Verwendung von PBDE-haltigen Produkten sowie dem Umgang mit den resultierenden Abfällen in die Umwelt eingetragen werden. Sie kommen daher weit verbreitet in den Umweltkompartimenten vor. In den USA, wo ca. 90 % des PentaBDE verwendet wurde, werden die jährlichen Gesundheitskosten durch endokrine Effekte auf den Menschen auf 266 Milliarden \$ geschätzt (Attina et al., 2016).

Alle drei technischen Gemische wurden als Summenparameter der PBDE bereits im Jahr 1998 im OSPAR-Abkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks (Listung als Chemikalie für vorrangige Maßnahmen) gelistet. Ebenso wurden c-PentaBDE und c-OctaBDE

<sup>7</sup> Decabromdiphenylether (BDE-209) enthalten in kommerziellem Decabromdiphenylether (CAS-Nr. 1163-19-5)

seit 2006 unter der Richtlinie 2002/95/EG zur „Beschränkung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten“ (RoHS) verboten. Für decaBDE galt diese Regelung erst seit dem 1. Juli 2008.

Die Produktion von c-PentaBDE und c-OctaBDE wurde 2004 weltweit eingestellt. DecaBDE ist bereits seit Mitte der 80er Jahre wegen seiner Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit in der wissenschaftlichen Diskussion. Seit 1994 unterliegt es einer Risikobewertung (Risk Assessment) im Rahmen der EU-Altstoffverordnung EG Nr. 93/793. Den ersten umfassenden Bericht für die Bereiche Umwelt und Gesundheit hat das Europäische Chemikalienbüro (ECB) im Jahr 2002 veröffentlicht, 2004 und 2005 folgten weitere Ergänzungen für den Umweltbereich.

#### **2.1.5.2 Entscheidungsprozess unter Stockholm-Konvention für c-PentaBDE und c-OctaBDE**

Norwegen schlug c-PentaBDE im Jahr 2005 für die Aufnahme in den Anhang A, B oder C der Stockholm-Konvention vor (UNEP, 2005f). Ein Jahr später schlug die Europäische Union vor, c-OctaBDE in Anhang A, B oder C des Stockholmer Übereinkommens aufzunehmen (UNEP, 2006l). Über beide Stoffe wurde auf der gleichen Vertragsstaatenkonferenz entschieden. Die Produktion und Verwendung von c-DecaBDE blieb weiterhin erlaubt und wurde durch die Stockholm-Konvention nicht berührt. Erst im Jahr 2013 hatte dann wiederum Norwegen das c-DecaBDE für die Aufnahme in den Anhang A, B oder C der Stockholm-Konvention vorgeschlagen (UNEP, 2013c).

Das Anhang-D-Screening für c-PentaBDE erfolgte auf dem ersten POPRC-Meeting im November 2005 (UNEP, 2005a) und für c-OctaBDE auf dem zweiten Meeting im November 2006 (UNEP, 2006a). Beide Screenings ergaben eine Erfüllung der Kriterien nach Anhang D. Auffallend bei beiden Screenings war, dass es relativ wenig Daten zu den einzelnen Kriterien (hier besonders Persistenz und Toxizität) gab. Die Phasen für Anhang E und Anhang F liefen ohne nennenswerte Ereignisse ab, und folglich wurden c-PentaBDE und c-OctaBDE für die Vertragsstaatenkonferenz im Jahr 2009 zur Listung vorgeschlagen. Mit den Beschlüssen SC-4/14 und SC-4/18 wurden Tetrabromdiphenylether (TetraBDE), Pentabromdiphenylether (PentaBDE), Hexabromdiphenylether (HexaBDE) und Heptabromdiphenylether (HeptaBDE) in Anhang A (Eliminierung) des Stockholmer Übereinkommens gelistet (UNEP, 2009c, 2009e). Es liegen im Anhang A der Konvention keine spezifischen Ausnahmenregelungen für die Produktion vor. Damit ist die Produktion und das Inverkehrbringen der kommerziellen c-PentaBDE und c-OctaBDE Mischungen verboten. Für das Recycling von c-PentaBDE und c-OctaBDE enthaltenden Materialien gibt es bis zum Jahr 2030 eine spezifische Ausnahme entsprechend den Regelungen für Produkte und Erzeugnisse nach Maßgabe von Teil IV und V des Anhang A (UNEP, 2021). Jedoch wurde für DecaBDE keine Ausnahme für das Recycling gemacht was faktisch ein Recyclingverbot für alle PBDE bedeutet, da DecaBDE die mit Abstand am häufigsten vorkommende PBDE-Variante ist.

Die Gesamtdauer des Entscheidungsprozesses von der Nominierung bis zur Aufnahme von c-PentaBDE unter der Stockholm-Konvention dauerte 45 Monate, davon 27 Monate im POPRC. Der ein Jahr später eingereichte Vorschlag über die Aufnahme von c-OctaBDE dauerte 33 Monate (davon 26 Monate im POPRC). In beiden Verfahren gab es keine Verzögerungen.

#### **2.1.5.3 Entscheidungsprozess unter der Stockholm-Konvention für c-DecaBDE**

Nachdem im Juni 2013 Norwegen den Vorschlag für c-DecaBDE eingereicht hatte, erfolgte im Oktober 2013 das Anhang-D-Screening für c-DecaBDE, und dessen Kriterien wurden als erfüllt betrachtet (UNEP, 2013b). Auffallend hierbei ist, dass die numerischen Kriterien erfüllt sind, nicht jedoch die nicht-numerischen Kriterien (vgl. Tabelle 8 im Berichtsband). In den beiden darauffolgenden Jahren wurde der Prozess regulär über die beiden nächsten Phasen zur Erstellung von Anhang E und Anhang F mit einem sehr hohen wissenschaftlichen Aufwand (fast



500 zitierte Referenzen im erstellten Risikoprofil, über 200 Referenzen zur Evaluierung des Risikomanagements) durchgeführt (UNEP, 2014d).

Die Entscheidungen zu Anhang E (UNEP, 2014a) und Anhang F (UNEP, 2015a) beruhen auf der Tatsache, dass c-DecaBDE sehr persistent ist, global weiträumig anzutreffen ist und sich in Lebewesen anreichert. Rückstände dieses Flammschutzmittels fanden sich beispielsweise in Greifvögeln, Eisbären, Seerobben, Füchsen und in Muttermilch. Auch zahlreiche adverse Effekte auf aquatische Organismen, Vögel und Säugetiere werden berichtet. Weiterhin besteht der begründete Verdacht auf neurotoxische Wirkungen (z.B. embryonale Entwicklungsneurotoxizität) und auf den teilweisen Abbau durch Debromierung zu Penta- oder Octabromdiphenylethern mit stärkerer Toxizität und höherem Bioakkumulationspotential. Im Brandfall und bei einer unkontrollierten Entsorgung bildet DecaBDE zudem hochgiftige Dioxine und Furane. Infolge des weiträumigen Transports in der Umwelt kommt es wahrscheinlich zu erheblichen schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt, so dass globale Maßnahmen gerechtfertigt sind.

2014 sprach sich das POPRC in der Anhang-F-Phase für eine Wiedervorlage im nächsten Jahr aus, um eine detaillierte Beschreibung einer spezifischen Ausnahme für Ersatzteile in der Automobil- und Luft- und Raumfahrtindustrie anzufertigen. Ebenso wurde die Klärung von Ausnahmen um ein Jahr verschoben, da keine ausreichenden Informationen über kleine und mittlere Unternehmen in der Textilindustrie in Entwicklungsländern vorlagen (UNEP, 2015a). Das Update wurde ein Jahr später dem POPRC vorgelegt und als „erfüllt“ angesehen. Das POPRC empfahl, DecaBDE auf der Vertragsstaatenkonferenz in Anhang A mit spezifischen Ausnahmen für die Automobilindustrie aufzunehmen (UNEP, 2016c).

Im Jahr 2017, acht Jahre später als die beiden anderen synthetischen Gemische, wurde DecaBDE in der Konvention im Anhang A mit folgenden spezifischen Ausnahmenregelungen gelistet, die fast alle erst auf der COP vorgeschlagen wurde:

- ▶ Produktion: zugelassen für die in das Register aufgenommenen Vertragsparteien
- ▶ Verwendung nach Teil IX des Anhang A:
  - Teile für Fahrzeuge nach Absatz 2 von Teil IX des Anhang A;
  - Luftfahrzeuge, für die eine Typengenehmigung vor Dezember 2018 beantragt und vor Dezember 2022 erteilt wurde, sowie Ersatzteile für diese Luftfahrzeuge;
  - Textilien, die flammhemmende Eigenschaften aufweisen müssen, mit Ausnahme von Kleidern und Spielzeugen (erst auf der COP vorgeschlagen);
  - Additive für Plastikgehäuse und Teile für elektrische Haushaltheizgeräte, Bügeleisen, Ventilatoren, Tauchsieder, welche elektrische Teile enthalten oder direkt mit elektrischen Teilen in Berührung kommen oder Normen in Bezug auf Flammhemmung erfüllen müssen, mit einem Gehalt von weniger als 10 Massenprozent des Teils (erst auf der COP vorgeschlagen);
  - Polyurethanschaum zur Isolierung von Gebäuden (erst auf der COP vorgeschlagen).

Es wurde jedoch keine Ausnahme für das Recycling für DecaBDE beschlossen, was faktisch einem Gesamtverbot von Recycling der Plastikfraktion, die die bromierten Flammschutzmittel enthält, gleichkommt und die Recyclingausnahme der PBDE von 2009 praktisch aufhebt.

Die Gesamtdauer des Entscheidungsprozesses von der Nominierung bis zur Aufnahme von c-DecaBDE unter der Stockholm-Konvention dauerte 47 Monate, davon 39 Monate im POPRC, wobei es zu Verzögerungen kam wie weiter unten beschrieben.

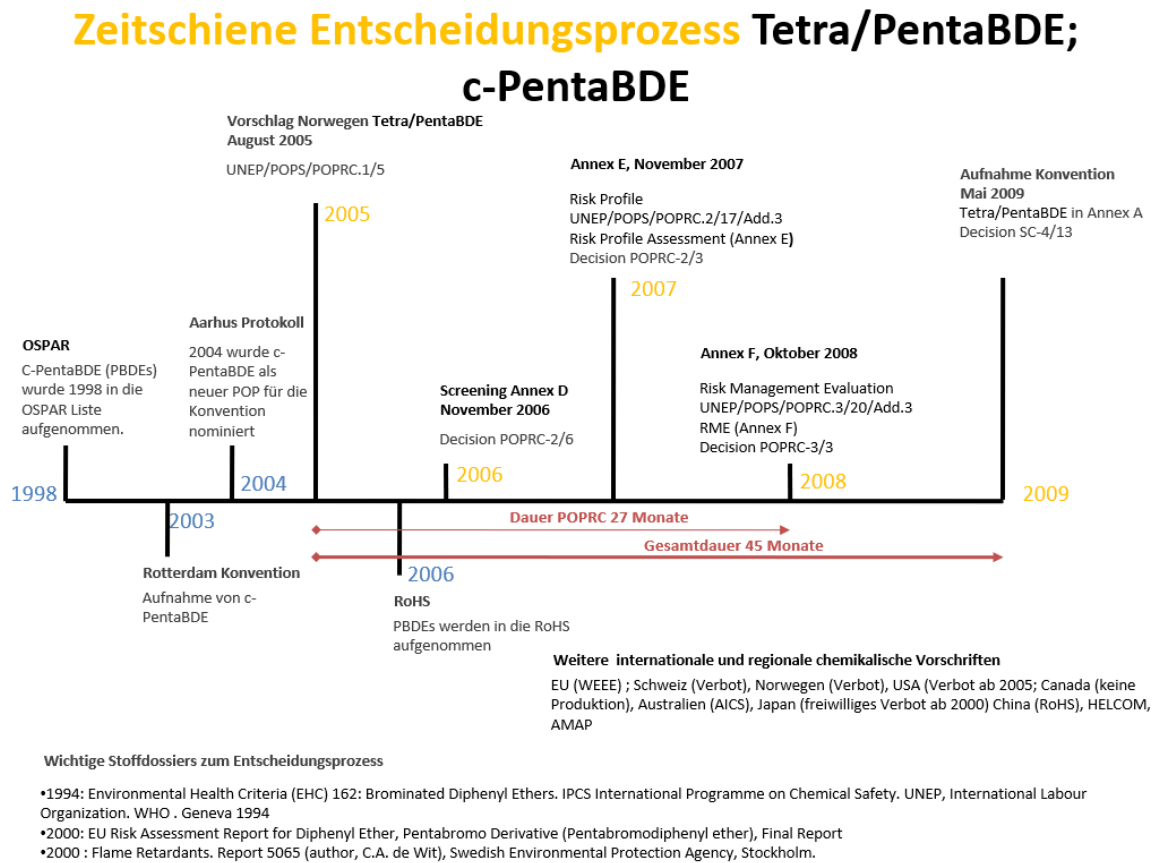
**Tabelle 66: Steckbrief Tetrabromdiphenylether und Pentabromdiphenylether sowie Hexabromdiphenylether und Heptabromdiphenylether**

| Substanz                                                                                           | Tetrabromdiphenylether und Pentabromdiphenylether (kommerzielles PentaBDE)                                                                  | Hexabromdiphenylether und heptabromdiphenylether (kommerzielles OctaBDE)                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS-Nr.                                                                                            | verschiedene                                                                                                                                | verschiedene                                                                                                                                                                                      |
| Vorschlag Jahr und Wer                                                                             | 2005, Norwegen                                                                                                                              | 2006, Europäische Union                                                                                                                                                                           |
| Listung Jahr und Anhang                                                                            | 2009, Anhang A                                                                                                                              | 2009, Anhang A                                                                                                                                                                                    |
| Dauer Entscheidungsprozess im POPRC bis Anhang F bis COP                                           | 27 Monate (minimale Dauer)<br>45 Monate (reguläre Listung)                                                                                  | 26 Monate (minimale Zeit)<br>33 Monate (reguläre Listung)                                                                                                                                         |
| Ausnahmen                                                                                          | <u>Produktion:</u> keine<br><u>Verwendung:</u> Regelungen für Produkte und Erzeugnisse nach Maßgabe von Teil V des Anhang A (nur Recycling) | <u>Produktion:</u> keine<br><u>Verwendung:</u> Regelungen für Produkte und Erzeugnisse nach Maßgabe von Teil V des Anhang A (nur Recycling)                                                       |
| Frühere Nutzung                                                                                    | Am häufigsten (>90 %) als additives Flammschutzmittel in PUR-Schaum verwendet; wird auch in Leiterplatten eingesetzt.                       | Am häufigsten als additives Flammschutzmittel in Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS)-Kunststoff verwendet, hochschlagfestes Polystyrol (HIPS), Polybutylenterephthalat (PBT) und Polyamid-Polymere. |
| Gegenwärtige Nutzung                                                                               | Keine                                                                                                                                       | Weltweite Produktion eingestellt (2004); Verwendung in EEE- und WEEE-Kunststoff                                                                                                                   |
| Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben (Stand 2018) | 9<br>(Australien, Bahrein, Bangladesch, Indien, Moldawien, Russland, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu)                                        |                                                                                                                                                                                                   |
| Sonstiges / Auffälligkeiten                                                                        | Keine                                                                                                                                       | Keine                                                                                                                                                                                             |

**Tabelle 67: Steckbrief Decabromdiphenylether (decaBDE)**

| Substanz                                                                                           | Decabromodiphenylether (decaBDE), Kommerzielles DecaBDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS-Nr.                                                                                            | 1163-19-5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Vorschlag Jahr und Wer                                                                             | Norwegen, 2013                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Listung Jahr und Anhang                                                                            | 2017, Anhang A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Dauer Entscheidungsprozess<br>im POPRC<br>POPRC bis COP                                            | 39 Monate (Verlängerung im Anhang F um ein Jahr)<br>46 Monate (Reguläre Listung COP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Ausnahmen                                                                                          | Produktion: zugelassen für die in das Register aufgenommenen Vertragsparteien<br>Verwendung: zahlreiche Anwendungen nach Teil IX des Anhang A                                                                                                                                                                                                                                               |
| Frühere und gegenwärtige Nutzung                                                                   | ca. 1.200.000 t bei laufender Produktion (ca. 10.000 t). Als BFR in elektrischen und elektronischen Geräten in Gehäusen von Computern und Fernsehgeräten, im Transport- und Luftfahrtsektor und im Bauwesen, wie Drähte und Kabel, Rohre und Teppiche, Textilien, Haushaltsmöbel; in der Klebeschicht von reflektierenden Bändern auf Arbeitskleidung (Feuerwehr, Öl- und Energieindustrie) |
| Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben (Stand 2018) | 17 Vertragsparteien<br>(Argentinien, Australien, Bahrein, Bangladesch, Botswana, Canada, China, Guatemala, Indien, Mauritius, Mikronesien, Moldawien, Russland, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu, Venezuela)                                                                                                                                                                                  |
| Sonstiges / Auffälligkeiten                                                                        | In Oktober 2015 wurde empfohlen nochmals Anhang F anzugehen um die Definition einiger kritischer Ersatzteile in der Automobil- und Luft- und Raumfahrtindustrie und über ihre Verwendung in Textilien in Entwicklungsländern zu klären                                                                                                                                                      |

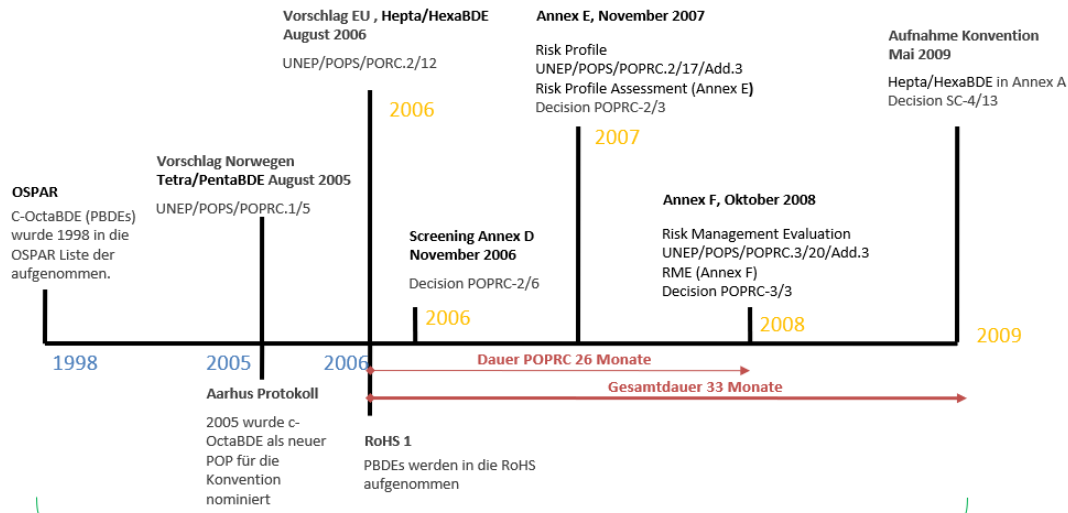
**Abbildung 60: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von c-PentaBDE (TetraBDE und PentaBDE) in der Konvention**



Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental Consulting

**Abbildung 61: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von c-OctaBDE (HexaBDE und HeptaBDE) in der Konvention**

## Zeitschiene Entscheidungsprozess Hepta/HexaBDE (c-octaBDE)



### Weitere internationale und regionale chemikalische Vorschriften

EU (EWG Nr. 793/93, 2003/11/EC und WEEE); Schweiz (Ordinance on Risk Reduction (ORR)); Norwegen (Verwendungsverbot ab 2004), USA (TSCA –Liste); Canada (List of Toxic Substances), Australien (AICS), China (RoHS), OECD (Risk Management), HELCOM

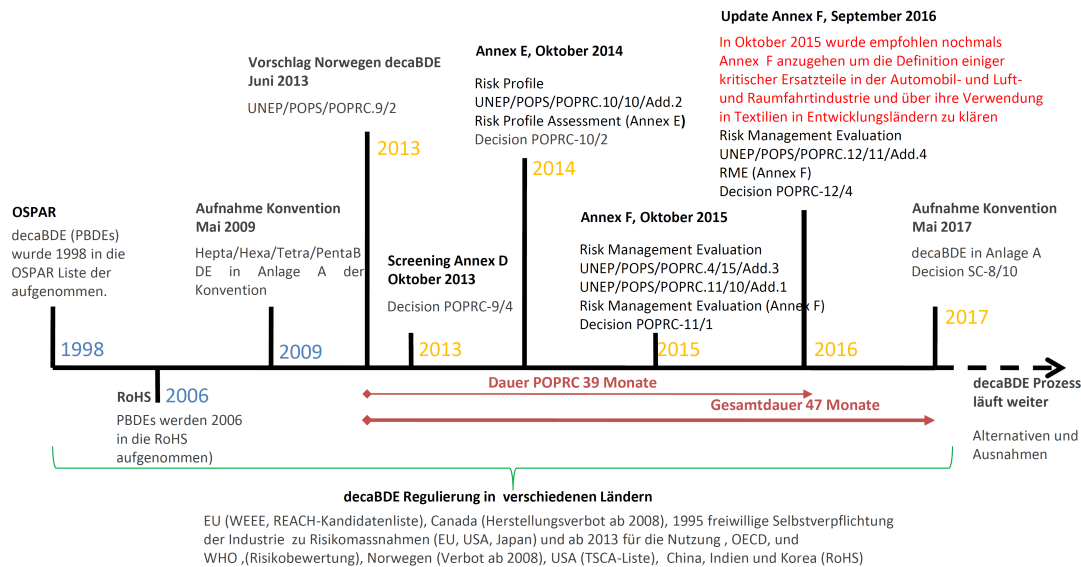
### Wichtige Stoffdossiers zum Entscheidungsprozess

- 1994: BDEs. Environmental Health Criteria 162, International Programme on Chemical Safety, WHO, Geneva.
- 2003: EU Risk Assessment Report: Diphenylether, octabromo derivative. Risk assessment. Office for Official Publications of the European Communities, 2003
- 2005: Risk profile and summary report for octaBDE
- 2004: Environment Screening Assessment Report on Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs). Draft for public comments, February 2004.

Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental Consulting

**Abbildung 62: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von DecaBDE in der Konvention**

## Zeitschiene Entscheidungsprozess decaBDE



### Wichtige Stoffdossiers zum Entscheidungsprozess

- Vorschlag Norwegen, UNEP/POPS/POPRC.5/INF/16
- Sehr Hohe Beteiligung an Informationen von Beobachtern und Mitgliedsländern sowie NGO's und Organisationen
- Risikobewertungen von c-decaBDE von EU, Kanada, UK, USA
- 2014: Kortenkamp, A., O. Martin, R. Evans, M. Faust and T. Backhaus. Risk of combination effects between decabromodiphenyl ether and other polybrominated diphenyl ethers, Norwegian Environmental Protection Agency, Oslo, Norway

Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental Consulting



**Tabelle 68: Auswertung Anhang-D-Screening c-PentaBDE/c-OctaBDE**

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

<sup>a)</sup> Kriterium nicht erfüllt, T  $\frac{1}{2}$  Wasser < 28 d nach OECD Test 301

Quelle: Decision POPRC-1/3 (UNEP, 2005a); Decision POPRC-2/6 (UNEP, 2006a)

**Tabelle 69: Auswertung Anhang-D-Screening c-DecaBDE**

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

<sup>a)</sup> Entscheidung für „Nein“ getroffen, da keine Angaben für einen Nachweis erbracht wurden, dass die Chemikalie anderweitig ausreichend persistent ist. Die Persistenz wird hier durch die Erfüllung der numerischen Kriterien belegt.

Quelle: Decision POPRC-9/4 (UNEP, 2013b)

## 2.1.6 Listung von Endosulfan

### 2.1.6.1 Hintergrund

Technisches Endosulfan (CAS-Nr. 115-29-7) ist ein Gemisch aus zwei Isomeren, Alpha- und Beta-Endosulfan, die sich in ihrer Stereochemie unterscheiden. Es ist ein Insektizid und Akarizid, das seit den 1950er Jahren zur Bekämpfung von Pflanzenschädlingen, Tsetsefliegen und Ektoparasiten bei Rindern sowie als Holzschutzmittel eingesetzt wird. Endosulfan wurde weiterhin und wird derzeit noch in manchen Ländern zur Bekämpfung verschiedener Schädlinge bei einer Vielzahl von Nutzpflanzen wie Kaffee, Baumwolle, Reis, Sorghum und Soja eingesetzt.

Insgesamt wurden in Brasilien, China, Indien, Israel und Südkorea jährlich noch zwischen 18.000 und 20.000 Tonnen Endosulfan produziert. Die Exposition gegenüber Endosulfan wurde mit angeborenen körperlichen Störungen, geistigen Behinderungen und Todesfällen bei Landarbeitern und Dorfbewohnern in Entwicklungsländern in Verbindung gebracht. Kolumbien, die Vereinigten Staaten von Amerika und mehrere Länder in Europa, die früher Endosulfan produzierten, haben die Produktion eingestellt. EU-weit wurde der Einsatz von Endosulfan erst 2005 verboten, wobei in Deutschland Mitteln mit diesem Wirkstoff bereits 1991 die Zulassungen entzogen wurde. Der multinationale Chemiekonzern Bayer hatte im Jahr 2009 angekündigt und sich verpflichtet, den Vertrieb des Pestizids Endosulfan im Jahr 2010 einzustellen und das giftige Pestizid durch sicherere Alternativen zu ersetzen (AgNews, 2009).

### 2.1.6.2 Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention

Die Europäische Union schlug im Jahr August 2008 vor Endosulfan in die Stockholm-Konvention aufzunehmen (UNEP, 2008c). Die Substanz war bereits im Jahr 2002 unter der OSPAR Konvention in die Liste der Chemikalien mit vorrangigen Maßnahmen aufgenommen worden. Die Vertragsparteien unter HELCOM haben vereinbart, dass bis 2010 im gesamten Ostsee-Einzugsgebiet der Vertragsstaaten ein Verbot für die Verwendung, Herstellung und Vermarktung von Endosulfan erfolgen soll. In der EU darf der Stoff seit 2005 nicht mehr für den Pflanzenschutz verwendet werden. Das Unternehmen Bayer hat die Produktion von Endosulfan im Jahre 2007 eingestellt. Im März 2007 hat der Chemikalienprüfungsausschuss (CRC) des Rotterdam-Konvention beschlossen, der Konferenz der Vertragsparteien der Konvention (COP) eine Empfehlung zur Aufnahme von Endosulfan in Anhang III zu unterbreiten (UNEP, 2009g). Zudem ist Endosulfan eine der 21 Verbindungen, die von UNEP als prioritär eingestuft worden sind (UNEP, 2010f).

Laut Anhang-D-Screening vom November 2006 ist Endosulfan ein nervenschädigender Wirkstoff der in der Umwelt persistent, bioakkumulierbar und hat Potenzial für weiträumigen Umwelttransport. Es wird in der Atmosphäre in weit entfernte Gebiete transportiert. So findet man Endosulfan zum Beispiel in der Arktis (UNEP, 2008b).

Bei der Bewertung der Persistenz wurden die kombinierten Abbauraten der drei Hauptisomere betrachtet. Ein Nachweis für die Bioakkumulation wurde erstmals durch Modellierungen erbracht, die BMF-Werte von 2,5 und 28 für pflanzenfressende bzw. fleischfressende Wildtiere ergaben. Endosulfan erfüllt allerdings nicht die numerischen Bioakkumulationskriterien der Konvention. Es wurde beobachtet, dass die Bioakkumulation hauptsächlich bei terrestrischen Arten auftritt. Der Kow wurde daher als ein unzureichender Bioakkumulationsdeskriptor eingeschätzt. Berücksichtigt man über die Koa-Werte eine Anreicherung aus der Luft unter Annahme desselben Schwellenwerts wie für den Kow, liefert dies für Endosulfan einen klaren Hinweis auf das Potential zur Bioakkumulation.

Endosulfan ist für den Menschen giftig und hat nachweislich nachteilige Auswirkungen auf eine Vielzahl von aquatischen und terrestrischen Organismen. Hinweise auf einen weiträumigen Transport von Endosulfan in der Umwelt, wie z.B. eine Halbwertszeit in der Luft von 27 Tagen, wurden durch arktische Monitoringdaten bestätigt. Endosulfan erfüllt teilweise nicht die numerischen (Bioakkumulation BCF und log Kow), hinsichtlich der entsprechenden Eigenschaften jedoch die nicht-numerischen Kriterien nach Anhang D (UNEP, 2008b).

In den beiden darauffolgenden Jahren 2009 und 2010 wurde der Prozess regulär mit den nächsten Phasen zur Erarbeitung von Anhang E und Anhang F weitergeführt. Der Entwurf des Risikoprofils von Endosulfan wurde auf dem 5. POPRC-Treffen im Oktober 2009 diskutiert. Es benötigte zusätzlich eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe, durch die Daten zu Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit (unzureichende Informationen zu verschiedenen Metaboliten sowie deren endokrine Effekte) ergänzt wurden (UNEP, 2009g). Die zusätzlichen Ausarbeitungen hinsichtlich der Toxizität und Ökotoxizität von Endosulfan und verschiedenen seiner Metabolite<sup>8</sup> bestätigten das Potential für schädliche Wirkungen durch Endosulfan im Zusammenhang mit dessen Potential für weiträumigen Transport und ergaben deutliche Hinweise auf Gesundheits- und Umweltbedenken (UNEP, 2009i). Das POPRC beschloss daraufhin die Fortsetzung des Prozesses in die Anhang-F-Phase, denn obwohl die Informationen über adverse humantoxikologische Effekte aus seiner Sicht noch nicht vollständig schlüssig erschienen, gab es dennoch stichhaltige Hinweise auf relevante Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.

Ein globales Multimedia-Box-Modell, CliMoChem, wurde für die Bewertung des Umweltverhaltens von Endosulfan verwendet, und die Ergebnisse der Modellierung wurden im Risikoprofil als nützliche Erkenntnisse anerkannt (UNEP, 2009i). Das Modell war in der Lage, die gemessenen Umweltkonzentrationen in arktischer Luft mit zwei saisonalen Spitzenwerten sowie das LRT-Potenzial von Endosulfan zu reproduzieren. Ferner konnte das Modell zwischen  $\alpha$ - und  $\beta$ -Endosulfan unterscheiden, welche als Gemisch emittiert werden, und es konnte die Konzentrationen ihres Abbauprodukts Endosulfansulfat vorhersagen. Aus der Sicht der Risikobewertung war dies eine relevante Information, da die Ausgangsprodukte die P-Kriterien der Konvention nicht erfüllten, das Endosulfansulfat jedoch schon.

Im Jahr 2010 erfolgte die Bewertung des Risikomanagements, wobei auch hier zwei Bewertungen durchgeführt wurden. Konkret wurde die zweite Bewertung des Risikomanagements (UNEP, 2010h) zeitlich parallel zur Entscheidung über den ersten Entwurf (UNEP, 2010f) als Ergänzung zu diesem auf demselben Meeting angenommen.

In Übereinstimmung mit Artikel 8 Absatz 9 der Konvention, empfahl das POPRC, technisches Endosulfan (CAS 115-29-7), seine verwandten Isomere (CAS 959-98-8 und 33213-65-9) und Endosulfansulfat (CAS-Nr. 1031-07-8) in Anhang A mit spezifischen Ausnahmen (Decision POPRC-6/8) aufzunehmen (UNEP, 2010b).

Die Aufnahme von technischem Endosulfan mit seinen verwandten Isomeren<sup>9</sup> in die Konvention erfolgte in 2011 in den Anhang A mit folgenden spezifischen Ausnahmeregelungen (UNEP, 2011d):

- Produktion: zugelassen für die in das Register aufgenommenen Vertragsparteien<sup>10</sup>

<sup>8</sup> Endosulfansulfat zeigt dieselbe insektizide Aktivität wie die Ausgangsisomere; andere Metaboliten weisen ebenfalls eine hohe Toxizität auf.

<sup>9</sup> Technisches Endosulfan (CAS-Nr. 115-29-7), seine verwandten Isomere (CAS-Nr. 959-98-8 und CAS-Nr. 33213-65-9) und Endosulfansulfat (CAS-Nr. 1031-07-8)

<sup>10</sup> Die spezifische Ausnahme hierfür wurde lediglich von China registriert und ist 2019 ausgelaufen (BRS Sekretariat, o. J.-b).

- Verwendung: Kombinationen von Kulturen und Schädlingen nach Maßgabe von Teil VI des Anhang A<sup>11</sup>

Chemische und nicht-chemische Alternativen zu Endosulfan sind in vielen geographischen Regionen sowohl in Industrie- als auch in Entwicklungsländern verfügbar. Einige Länder (speziell Indien und andere Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs 4 ratifizieren) wollten dennoch Endosulfan weiterhin einsetzen, um Zeit für die Einführung von Alternativen zu gewinnen. Mehrere Vertreter wandten sich auf der COP 6 gegen einen Vorschlag, eine Verwendung von Dicofol als Alternative zu Endosulfan auszuschließen, und erklärten, dass Dicofol noch nicht den vollständigen Bewertungsprozess durchlaufen habe (UNEP, 2013d). Vor diesem Hintergrund wurden auf der COP 6 die Vertragsparteien ausdrücklich noch einmal ermutigt, weiter nach Alternativen zur Verwendung von Endosulfan in bestehenden Ausnahmeregeln zu suchen und diese zu bewerten, speziell mit Blick auf die lokalen Bedingungen.

Trotz der Herausforderungen hinsichtlich der Beweislage für die Entscheidung betrug die Gesamtdauer des Entscheidungsprozesses von der Nominierung bis zur Aufnahme unter der Stockholm-Konvention nur 33 Monate, davon im POPRC 26 Monate, wobei es im Verfahren keine Verzögerungen gab.

**Tabelle 70: Steckbrief Endosulfan**

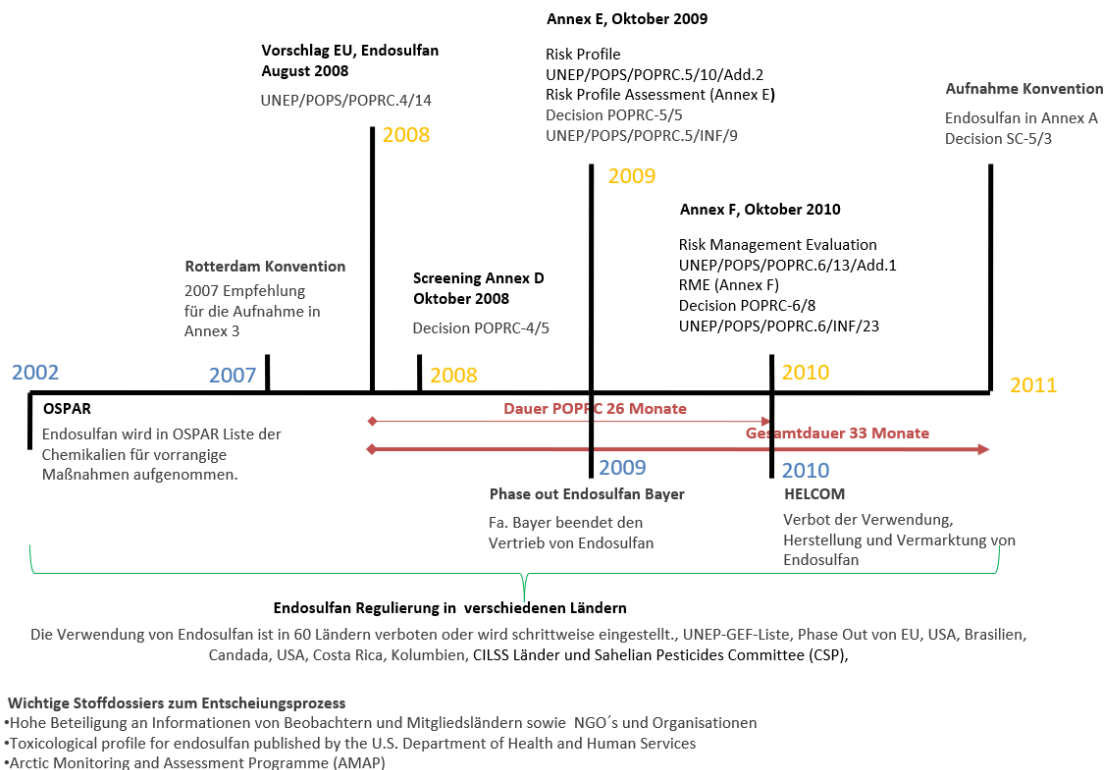
| Substanz                                                                                           | Technisches Endosulfan (und Endosulfan—Isomere, Sulfansulfat)                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS-Nr.                                                                                            | 115-29-7 (959-98-8, 33213-65-9, 1031-07-8)                                                                                                                                               |
| Vorschlag Jahr und Wer                                                                             | 2008, Europäische Union                                                                                                                                                                  |
| Listung Jahr und Anhang                                                                            | 2011, Anhang A                                                                                                                                                                           |
| Dauer Entscheidungsprozess im POPRC bis COP                                                        | 26 Monate (Minimale Dauer)<br>33 Monate (Reguläre Listung COP)                                                                                                                           |
| Ausnahmen                                                                                          | Produktion: Keine<br>Verwendung: Kombinationen von Kulturen und Schädlingen nach Maßgabe von Teil VI des Anhang A                                                                        |
| Frühere Nutzung                                                                                    | Endosulfan ist ein Insektizid, das seit den 1950er Jahren zur Bekämpfung von Pflanzenschädlingen, Tsetsefliegen und Ektoparasiten bei Rindern sowie als Holzschutzmittel eingesetzt wird |
| Gegenwärtige Nutzung                                                                               | Bekämpfung verschiedener Schädlinge bei einer Vielzahl von Nutzpflanzen wie Kaffee, Baumwolle, Reis, Sorghum und Soja                                                                    |
| Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben (Stand 2018) | 9<br>(Australien, Bahrein, Bangladesch, Indien, Moldawien, Russland, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu)                                                                                     |
| Sonstiges / Auffälligkeiten                                                                        | Hohe Bedeutung im Entscheidungsprozess, da zum ersten Mal das POPRC Gremium abgestimmt hat (30 zu 1 Entscheidung). Indien als dagegen stimmendes Mitglied und Vertragspartei             |

<sup>11</sup> In Anhang A wurde ein neuer Teil VI eingefügt. Entsprechende spezifische Ausnahmen waren von Sambia (bis 2018), Guatemala (bis 2019), Costa Rica (bis 2014) und China (bis 2019) registriert worden (BRS Secretariat, o. J.-b).

## Abbildung 63: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Endosulfan in der Stockholm-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 dem Stockholmer Übereinkommen sortiert vom Jahr der Nominierung bis hin zur Aufnahme in die Konvention.

### Zeitschiene Entscheidungsprozess Endosulfan



Quelle: eigene Darstellung; POPs Environmental Consulting



**Tabelle 71: Auswertung Anhang-D-Screening Endosulfan**

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

<sup>a)</sup> 28-391 Tage (Alpha-, Beta-Isomere und Endosulfansulfat)

<sup>b)</sup> Unter Berücksichtigung der kombinierten Abbaurate der drei Hauptisomere unterstützen Informationen die Annahme, dass Endosulfan persistent ist.

c) Der Nachweis erfolgte erstmals über Modellierungen von BMF-Werten.

d) Eine atmosphärische Halbwertszeit von 27 Tage ( $\pm 11$  Tage) wurde geschätzt und Halbwertszeiten von  $> 2,7$  Tagen für Alpha-Endosulfan sowie von  $> 15$  Tagen für Beta-Endosulfan berichtet.

e) In den Diskussionen wurde vorgebracht, dass bei Funden in entfernten Gebieten von den Freisetzungsquellen deren toxikologische Auswirkungen nicht bekannt seien.

Quelle: Decision POPRC-4/5 (UNEP, 2008b)

## 2.1.7 Listung von Hexabromcyclododecan (HBCD)

### 2.1.7.1 Hintergrund

Hexabromcyclododecan (HBCD oder HBCDD)<sup>12</sup> (CAS-Nr. 25637-99-4) ist eine synthetische bromierte Substanz und wird seit den 1960er Jahren bis heute als additives Flammschutzmittel (welches also nicht an die Kunststoffmatrix gebunden ist) in erheblichen Mengen eingesetzt. Von HBCD existieren 16 Isomere. In technischen Produkten kommen vor allem das  $\alpha$ -, das  $\beta$ - und das  $\gamma$ -Isomer vor. Detaillierte Informationen zur chemischen Charakterisierung von HBCD sind im Risikoprofil verfügbar (UNEP, 2010g).

HBCD wird seit den 1960er Jahren verwendet. Die Hauptanwendung als Flammschutzmittel in geschäumten Dämmstoffplatten begann in den 1980er Jahren. Ehemalige Herstellerländer waren die Niederlande, USA, Japan und China. In China werden immer noch ca. 18.000 t pro Jahr primär für den chinesischen Markt produziert (UNEP, 2010g).

HBCD wird noch in folgenden Produkten eingesetzt (UNEP, 2017g):

- als additives Flammschutzmittel in expandiertem Polystyrol (EPS), eingesetzt z.B. als Dämmstoff oder in extrudiertem Polystyrol (XPS) – Hartschaumplatten, die vorwiegend in der Bauindustrie als Isoliermaterial verwendet werden; zurzeit ist nur noch China für diese Ausnahme gelistet.

Früher wurde HBCD auch als Flammschutzmittel

- in HIPS (hochschlagfestes Polystyrol) für Audio- und Videorecorder, Verteilerkästen für elektrische Leitungen im Baubereich und Kühlschrankschrankauskleidungen sowie
- in Polymerdispersionen für synthetische Gewebe und Textilien z.B. für Möbel, Matratzen, Vorhänge, Wohntextilien eingesetzt.

Die Hauptanwendung (ca. 90 %) war in EPS- und XPS-Dämmplatten im Baubereich. Etwa 2 % der gesamten HBCD-Menge wurde in HIPS und weniger als 10 % in Textil verwendet. Die wichtigste Verwendung von HBCD in EPS/XPS-Dämmmaterialien ist in der Konvention noch als Ausnahme genannt (siehe unten). Deshalb sind sowohl die Produktion wie auch die Verwendung von HBCD erlaubt. In Europa werden hingegen inzwischen andere Flammschutzmittel verwendet. Jedoch dürfen die HBCD enthaltenden Dämmstoffe, die schon an Gebäuden verbaut sind, weiterverwendet werden. Wegen der langen Lebensdauer von Gebäudeisolationen werden in Deutschland/Europa auch über die nächsten Jahrzehnte vermehrt HBCD enthaltene EPS/XPS-Abfälle anfallen.

Die Exposition des Menschen und anderer Biota erfolgt durch die Aufnahme von HBCD über Nahrung, Staub, Luft, Textilien, und EPS-/XPS-Produkte. Die Aufnahme kann dermal, oral und durch Inhalation von Partikeln oder Gasen erfolgen. Für die Exposition von Menschen am

<sup>12</sup> In der Stockholm-Konvention ist Hexabromcyclododecan als „HBCD“ gelistet während es in wissenschaftlichen Publikationen meist mit HBCDD abgekürzt wird.

Arbeitsplatz und Alltag sind insbesondere die direkte dermale Aufnahme (Abdallah & Harrad, 2018) und die Inhalation von Staub und Dämpfen von Heißdrahtschneidern von Belang (Zhang et al., 2012). Die allgemeine Exposition von Menschen erfolgt ansonsten insbesondere über fetthaltige Nahrungsmittel wie Fleisch und Fisch. Für Kinder, die gestillt werden, erfolgt die wesentliche Exposition über die Muttermilch. Die HBCD-Gehalte sind jedoch bedeutend niedriger als z.B. diejenigen für PCB, DDT oder SCCP.

HBCD wurden u.a. auch bereits im Jahr 1998 im OSPAR-Abkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks (Listung als Chemikalie für vorrangige Maßnahmen) gelistet. 2008 hat die Europäische Union HBCD aufgrund seiner PBT-Eigenschaften als besonders besorgniserregende Substanz gelistet (*Substance of very high concern*, SVHC).

#### 2.1.7.2 Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention

Norwegen schlug im Jahr 2009 vor, HBCD in den Anhang A, B oder C der Stockholm-Konvention aufzunehmen (UNEP, 2009f, 2009h). Anschließend wurde im Oktober 2009 das Anhang-D-Screening für HBCD durchgeführt. HBCD ist in der Umwelt persistent. Die in 10 Jahre alten Sedimentkernproben gemessenen Konzentrationen liefern Hinweise darauf, dass HBCD im Sediment langsamer abgebaut wird als durch Simulationstests vorhergesagt. HBCD ist giftig, vor allem für Gewässerorganismen wie Krebstiere und Algen. Es ist lipophil und bioakkumulierend und lässt sich in Fischen, Meeressäugern und Raubvögeln arktischer Regionen nachweisen. Auch wenn die Gehalte mit zunehmender Entfernung zu Verursachern abnehmen, wird HBCD in nahezu allen Umweltproben gefunden, auch in Proben aus ländlichen und sehr abgelegenen Gegenden, ebenso wie in der Luft. Das Screening ergibt die Erfüllung der Kriterien nach Anhang D, jedoch nur der nicht-numerischen. Auffallend im Screening ist, dass relativ wenig Daten zu den numerischen Kriterien (hier besonders Persistenz) und gar keine zum Ferntransport existieren (UNEP, 2009a). In der Anhang-D-Phase zwischen der vierten und fünften Sitzung wurde von einem Industrieverband noch ein zusätzliches Dokument von namhaften Wissenschaftlern eingereicht mit Informationen zu HBCD, die zeigen sollten, dass die Substanz kein POP ist. Nachdem die westliche Industrie eine sichere Alternative zu HBCD gefunden hatte, wurden dieses Dokument und die darin enthaltenen Informationen im POPRC-Prozess nicht weiter thematisiert.

Das Anhang-E-Verfahren lief ohne Verzögerungen. Daher wurde im POPRC entschieden, dass HBCD aufgrund seines weiträumigen Transports in der Umwelt zu erheblichen schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt führt, sodass globale Maßnahmen gerechtfertigt sind. Auffällig im Risikoprofil ist, auch im Vergleich zu anderen POPs, dass besonders die POP-Kriterien gegenüber dem Anhang-D-Screening nochmals explizit spezifiziert und tabellarisch aufgearbeitet worden sind (UNEP, 2010g).

Die Erarbeitung des Anhang F fand im Jahr 2011 statt, und die Risikomanagementbewertung durch das POPRC ergab, dass die Aufnahme von HBCD in die Anlagen A, B und/oder C des Übereinkommens in Erwägung gezogen wurde. Allerdings wurde gefordert, weitere Informationen über chemische Alternativen zu sammeln, insbesondere für Anwendungen in EPS und XPS, im Hinblick auf deren Verfügbarkeit, Kosten, Wirksamkeit, Effizienz und Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt. Zudem sollten Informationslücken zur Herstellung und Verwendung von HBCD in Anwendungen in EPS und XPS geschlossen werden. Weiterhin sollte geprüft werden ob die Vertragsparteien die Lagerbestände und Abfälle (Artikel 6) von HBCD so handhaben, dass Mensch und Umwelt geschützt sind. Dabei war es dem POPRC wichtig, dass bei einer möglichen Aufnahme von HBCD in die Konvention keine HBCD-haltigen Abfälle in Entwicklungsländer gelangen würden.

Im Ergebnis wurde die Annahme von Anhang F um ein weiteres Jahr verschoben. Die geforderten Informationen wurden 2012 dem POPRC vorgelegt, und es wurde geprüft, ob diese ausreichend spezifiziert worden waren. Das POPRC-Komitee kam zum Ergebnis, dass HBCD die Kriterien nach Anhang F erfüllt und schlug für die 6. COP im Jahr 2013 die Aufnahme von HBCD in Anhang A vor.

Zudem gab es bei der POPRC-Versammlung im Oktober 2013 eine Nebenveranstaltung zu HBCD-Alternativen. Dabei trafen sich zahlreiche Anwender und diskutierten über den Stand der Umsetzung von Alternativen in Kanada, der EU und den USA. Es wurde schlussgefolgert, dass HBCD bis 2019 durch ein bromiertes Polymer substituiert werden kann. Eine entsprechende spezifische Ausnahme für die weitere Verwendung von HBCD in EPS/XPS wurde empfohlen.

HBCD wurde 2013 auf der COP 6 als POP in der Stockholm-Konvention in Anhang A mit der spezifischen Ausnahme für die Verwendung in EPS und XPS im Bausektor gelistet. Der Beschluss ermöglicht eine fünfjährige Ausnahme für den Einsatz von HBCD als Flammschutzmittel in Dämmplatten für Gebäude. Hintergrund ist, dass die Hersteller flammgeschützter Dämmstoffe aus Polystyrol genügend Zeit zur Umstellung ihrer Herstellungsprozesse erhalten sollten, um HBCD-freie Dämmstoffe in ausreichender Menge zur Verfügung stellen zu können. Die Vertragsparteien müssen sich beim Sekretariat der Stockholm-Konvention registrieren, wenn sie die Ausnahmeregelung in Anspruch nehmen wollen (Artikel 4 der Konvention).

Die Produktion ist zugelassen für die in das Register aufgenommenen Vertragsparteien nach Maßgabe von Teil VII Anhang A. Weiterhin muss HBCD-haltiges Polystyrol gekennzeichnet werden, so dass es über seinen gesamten Lebenszyklus hinweg erkennbar ist. Ein Recycling wurde für HBCD-haltige Erzeugnisse ausgeschlossen. China hat in Anwendung von Anhang 25(4) HBCD erst 2016 ratifiziert und muss deshalb erst Ende 2021 die Produktion und Neuverwendung von HBCD einstellen.

Die Gesamtdauer des Entscheidungsprozesses von der Nominierung bis zur Aufnahme von HBCD unter der Stockholm-Konvention betrug 46 Monate, davon 39 Monate im POPRC, wobei es in der Anhang-F-Phase die beschriebenen Verzögerungen gab.

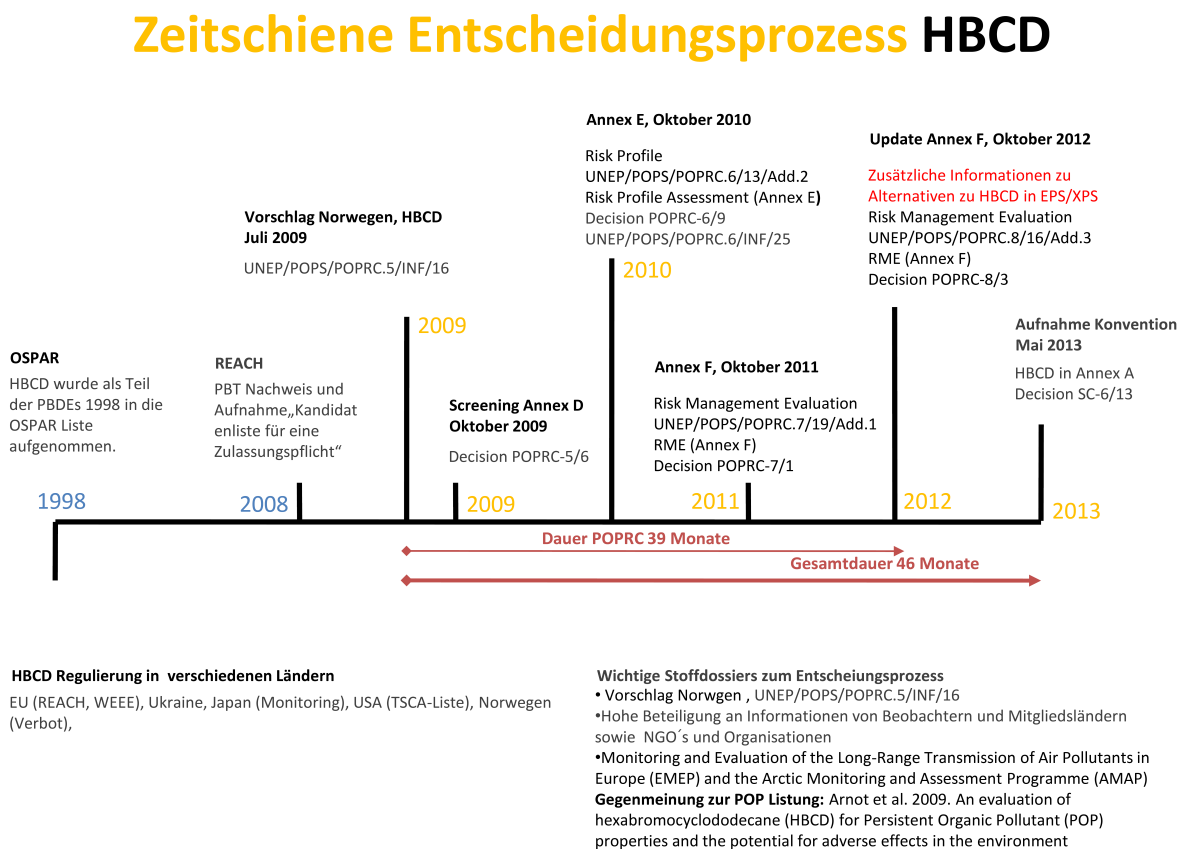
**Tabelle 72: Steckbrief Hexabromcyclododecan (HBCD)**

| Substanz                                                 | Hexabromcyclododecan (HBCD)                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS-Nr.                                                  | 25637-99-4 <sup>a)</sup>                                                                                                                                                                    |
| Vorschlag Jahr und Wer                                   | 2009, Norwegen                                                                                                                                                                              |
| Listung Jahr und Anhang                                  | 2013, Anhang A                                                                                                                                                                              |
| Dauer Entscheidungsprozess im POPRC bis Anhang F bis COP | 39 Monate (Verzögerung im Anhang F um ein Jahr)<br>46 Monate (Reguläre Listung)                                                                                                             |
| Ausnahmen                                                | Produktion: zugelassen für die in das Register aufgenommenen Vertragsparteien nach Teil VII Anhang A<br>Verwendung: in EPS und XPS im Bausektor                                             |
| Frühere Nutzung                                          | Flammschutzmittel in HIPS (hochschlagfestes Polystyrol) für Audio- und Videorecorder, Polymerdispersionen für synthetische Gewebe und Textilien                                             |
| Gegenwärtige Nutzung                                     | additives Flammschutzmittel in expandiertes Polystyrol (EPS) z.B. als Dämmstoff, oder extrudiertes Polystyrol (XPS) – Hartschaumplatten, vorwiegend in der Bauindustrie als Isoliermaterial |

| Substanz                                                                                           | Hexabromcyclododecan (HBCD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben (Stand 2018) | 12<br>(Argentinien, Australien, Bahrein, Bangladesch, Canada, Indien, Moldawien, Russland, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu, Venezuela)                                                                                                                                                                                                                                                |
| Sonstiges / Auffälligkeiten                                                                        | Durch die Diskussionen im Verfahren wurde eine Abfalldebatte ausgelöst. In der Folge definiert Deutschland Abfälle mit HBCD-Gehalten $\leq 3$ % nicht als Sondermüll, was auch auf weitere POPs angewendet wurde.<br>Es wurde im POPRC eine industriefinanzierte wissenschaftliche Untersuchung (Arnot et al., 2009) eingebracht, in der dargestellt wurde, warum HBCD kein POP sei. |

a) Es existiert eine weitere CAS Nummer für dieselbe Substanz: 3194-55-6

Abbildung 64: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von HBCD in der Konvention



Quelle: eigene Darstellung; POPs Environmental Consulting

**Tabelle 73: Auswertung Anhang-D-Screening Hexabromcyclododecan (HBCD)**

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

<sup>a)</sup> Das numerische Kriterium war nicht erfüllt, da keine Werte zur Halbwertszeit in Sediment und Boden vorlagen.

<sup>b)</sup> Es wurden keine Daten über schädliche Wirkungen von HBCD auf den Menschen oder die Umwelt zur Verfügung gestellt.

Quelle: Decision POPRC-5/6 (UNEP, 2009a)



## 2.1.8 Listung von Pentachlorphenol

### 2.1.8.1 Hintergrund

Pentachlorphenol (PCP) kommt in der Umwelt nicht natürlich vor. PCP ist ein chlorierter, aromatischer Kohlenwasserstoff. Sein Aggregatzustand ist bei Umgebungstemperatur fest, er ist sehr gut fettlöslich und nicht brennbar (UNEP, 2017e). PCP und seine Salze und Ester wie in Stockholm gelistet, haben folgende unterschiedliche CAS-Nummern: 87-86-5 (PCP); 131-52-2 (Natrium-Pentachlorphenolat); 27735-64-4 (als Monohydrat); 3772-94-9 (Pentachlorphenyllaurat) und 1825-21-4 (Pentachloranisol).

Aufgrund hervorragender bakterizider und fungizider Eigenschaften eignen sich PCP und seine Derivate für unterschiedliche Anwendungsgebiete. Es wurde in erster Linie für den Holz- und Bautenschutz und die Schnittholzbehandlung verwendet, aber auch für Leder- und Textilimprägnierung sowie zur Zellstoff-, und Papierherstellung. PCP wurde zudem in Fugendichtungsmitteln, Spachtel- und Vergussmassen, Klebern, Lacken und Farben eingesetzt. In Deutschland wurde PCP hauptsächlich für die Holzimprägnierung und Lederbehandlung und zur Behandlung von Spezialtextilien eingesetzt. PCP war eine der größten Dioxinquellen weltweit. Klärschlamm wies in Europa über Jahrzehnte ein „PCP-Dioxinmuster“ auf (Hagenmaier et al., 1986; Eljarrat et al., 1999; Zennegg et al., 2013), wodurch in Folge von Klärschlammausbringungen auch Böden belastet wurden (Umlauf et al., 2004). Die Verwendung von PCP in der Landwirtschaft z.B. in Japan, Australien, China, Hawaii oder Surinam hat zu großflächigen Dioxinkontaminationen geführt (Weber et al., 2008; Zheng et al., 2012; Camenzuli et al., 2015; The Government of Suriname, 2019).

Über die aktuelle globale Produktion von PCP lassen sich keine genauen Angaben machen. 1981 wurden etwa 90.000 t PCP weltweit hergestellt und 2011 noch etwa 10.000 t. In der gesamten UNECE<sup>13</sup>-Region wird PCP nur noch in den USA produziert. Weitere Produzenten sind Mexiko und Indien, während China die letzte PCP-Produktion schon vor Listung von PCP eingestellt hatte. In Kanada ist PCP immer noch als Holzschutzmittel für bestimmte industrielle Anwendungsgebiete (z.B. für die Imprägnierung von Holzmasten) registriert (Government of Canada, 2013). Mit dem Inkrafttreten der PCP-Verbotsverordnung in 1989 wurden die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung von PCP und PCP-haltigen Produkten in Deutschland eingestellt.

PCP, seine Salze und Ester wurden im Jahr 1998 in die OSPAR Liste der Chemikalien für vorrangige Maßnahmen aufgenommen. Sie sind im Anhang III der Rotterdam-Konvention gelistet und wurden unter dem Aarhus-Protokoll diskutiert. Weiterhin wurde der Einsatz von PCP über einen langen Zeitraum (bis 2014) in verschiedenen internationalen und regionalen Vorschriften beschränkt: in Form von Verboten (z.B. Schweiz und Neuseeland), in Form von Beschränkungen der Verwendung (z.B. Niederlande, USA und Kanada) sowie in Form von zusätzlichen regulatorischen Maßnahmen für Holzbehandlungsanlagen (z.B. USA) und/oder für die Entsorgung von behandeltem Holz (z.B. Kanada). Seit 2019 sind PCP, seine Salze und seine Ester in der EU-POP-Verordnung aufgeführt.

### 2.1.8.2 Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention

Die Europäische Union schlug im Mai 2011 vor, PCP und seine Salze und Ester in den Anhang A, B oder C der Stockholm-Konvention aufzunehmen (UNEP, 2011g). Auf dem 7. POPRC Meeting im Oktober 2011 konnte allerdings noch keine Anhang-D-Entscheidung zu PCP getroffen werden. Aufgrund der noch ungeklärten Fragen zur Toxizität sowie zu Verbleib und Transport von PCP

<sup>13</sup> Die Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (*United Nations Economic Commission for Europe*), andere Abkürzungen sind UN/ECE oder ECE

und seinem Umwandlungsprodukt Pentachloranisol wurde die Entscheidung auf das 8. POPRC Meeting im Jahr 2012 vertagt. Die offenen Fragen wurden in einer Arbeitsgruppe im POPRC behandelt. Hierzu waren in einem Ergänzungsdokument relevante Informationen zum Umwandlungsprodukt Pentachloranisol zusammengetragen worden (UNEP, 2011a). PCP alleine erfüllt nicht das Kriterium der Persistenz, jedoch lagen genügend Daten vor, dass Pentachloranisol dieses Kriterium erfüllt. Auch bei den Kriterien Bioakkumulation und Toxizität wurde mit Daten von Pentachloranisol argumentiert. Sowohl PCP als auch Pentachloranisol weisen eine hohe akute und chronische Toxizität sowohl für den Menschen als auch für die Umwelt auf. Das Ferntransportpotential (LRT) wird ebenfalls von PCP und Pentachloranisol erfüllt.

Nach Durchführung des Anhang-D-Screenings im Jahr 2012 kam das POPRC zu dem Schluss, dass PCP und seine Salze und Ester unter Berücksichtigung insbesondere auch der Eigenschaften des Umwandlungsproduktes Pentachloranisol die aufgeführten Screening-Kriterien erfüllen (UNEP, 2012b). Bei der weiteren Evaluierung nach Anhang E wurden kaum Einwände gegen eine Aufnahme von PCP geäußert. Die Bewertung des Risikomanagements in Anhang F ergab, PCP in Anhang A, aber nicht, wie zunächst auch diskutiert, in Anhang B und Anhang C aufzunehmen.

Im Mai 2015 wurden PCP und seine Salze und Ester in den Anhang A der Stockholm-Konvention aufgenommen (UNEP, 2015e). Dabei wurden für Produktion und Verwendung folgende Ausnahmen gemacht:

- ▶ Produktion: zugelassen für die in das Register aufgenommenen Vertragsparteien<sup>14</sup> nach Maßgabe von Teil VIII des Anhang A
- ▶ Verwendung: Pentachlorphenol zur Behandlung von Strommasten und deren Querbalken nach Maßgabe von Teil VIII des Anhangs A

Zusätzlich wurde mit der Entscheidung zur Aufnahme Nebenbestimmungen beschlossen. Mit Pentachlorphenol behandelte Gegenstände sollen nicht für andere als die ausgenommenen Zwecke wiederverwendet werden. Jede Vertragspartei, die sich für die Ausnahme nach Artikel 4 für die Herstellung und Verwendung von Pentachlorphenol registriert hat, stellt sicher, dass die mit PCP behandelten Artikel während ihres gesamten Lebenszyklus durch Kennzeichnung leicht identifiziert werden können.

Die Vertragsstaaten konnten sich auf der COP-7 nicht darauf einigen, den Vorschlag des POPRC aus Anhang F zu übernehmen, dass

- ▶ Vertragsparteien, die Pentachlorphenol herstellen und/oder verwenden, die Leitlinien über die besten verfügbaren Techniken und die beste Umweltpraxis berücksichtigen;
- ▶ Maßnahmen zu ergreifen sind, um die Verwendung auslaufen zu lassen, wenn geeignete Alternativen zur Verfügung stehen;
- ▶ jede Vertragspartei, die diese Chemikalie verwendet und/oder herstellt, einen Aktionsplan als Teil des in Artikel 7 des Übereinkommens geforderten Durchführungsplans entwickelt und implementiert.

Auch war Indien trotz dieser Zugeständnisse nicht zu bewegen für die Aufnahme von PCP in die Stockholm-Konvention zu stimmen. Deshalb gab es zum ersten und bisher einzigen Mal eine

---

<sup>14</sup> Es hat lediglich Mexiko eine solche Ausnahme registriert (BRS Sekretariat, o. J.-a)

Abstimmung über die Listung eines POPs. Hier stimmten 90 Vertragsparteien für die Aufnahme, 8 Parteien enthielten sich und zwei Vertragsparteien stimmten gegen die Aufnahme (UNEP, 2015i, Punkt VI.E.1.c.146).

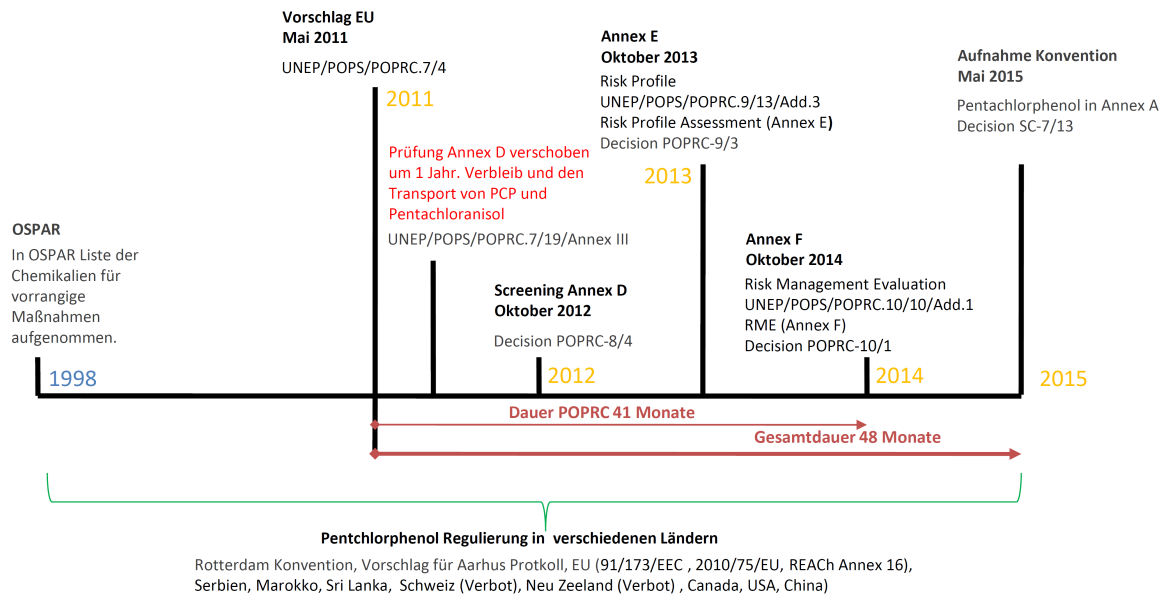
Die Gesamtdauer des Entscheidungsprozesses von der Nominierung bis zur Aufnahme von PCP unter der Stockholm-Konvention betrug mit 48 Monaten das Minimum. Der Entscheidungsprozess im POPRC erstreckte sich über 41 Monate; hier gab es aufgrund der Verschiebung des Anhang-D-Screenings um ein Jahr eine Verzögerung.

**Tabelle 74: Steckbrief Pentachlorphenol (PCP) und seine Salze und Ester**

| Substanz                                                                                           | Pentachlorphenol (PCP) und seine Salze und Ester                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS-Nr.                                                                                            | 87-86-5 (PCP); 131-52-2 (Natrium Pentachlorphenolat); 27735-64-4 (als Monohydrat) 3772-94-9 (Pentachlorphenyllaurat) 1825-21-4 (Pentachloranisol)                                                                                                                                                                                     |
| Vorschlag Jahr und Wer                                                                             | 2011, Europäische Union                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Listung Jahr und Anhang                                                                            | 2015, Anhang A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Dauer Entscheidungsprozess im POPRC bis Anhang F bis COP                                           | 41 Monate (längere Zeit, Prüfung Anhang D um 1 Jahr verschoben)<br>48 Monate (Reguläre Listung)                                                                                                                                                                                                                                       |
| Ausnahmen                                                                                          | Produktion: zugelassen für die in das Register aufgenommenen Vertragsparteien, nach Maßgabe von Teil VIII der Anhang A<br>Verwendung: Pentachlorphenol zur Behandlung von Strommasten und deren Querbalken nach Maßgabe von Teil VIII des Anhang A                                                                                    |
| Frühere Nutzung                                                                                    | Primär für Holz- und Bautenschutz und Schnittholzbehandlung sowie Lederimprägnierung verwendet, aber auch für Textilien, Zellstoff- und Papierherstellung, Fugendichtungsmittel, Spachtel- und Vergussmassen, Kleber, Lacke und Farben. Historisch wurden auch große Mengen in der Landwirtschaft eingesetzt (z.B. Reis, Zuckerrohr). |
| Gegenwärtige Nutzung                                                                               | zur Behandlung von Strommasten und deren Querbalken                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben (Stand 2018) | 16 Mitglieder ( <i>Argentinien, Australien, Bahrein, Bangladesch, Botswana, Canada, China, Guatemala, Indien, Mikronesien, Moldawien, Russland, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu, Venezuela</i> )                                                                                                                                       |
| Sonstiges / Auffälligkeiten                                                                        | Prüfung Anhang D um 1 Jahr verschoben; zum ersten und bisher einzigen Mal wurde auf der COP über die Aufnahme eines Stoffs in die Konvention abgestimmt.                                                                                                                                                                              |

**Abbildung 65: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Pentachlorphenol (PCP) und seiner Salze und Ester in der Konvention**

## Zeitschiene Entscheidungsprozess Pentachlorphenol



### Wichtige Stoffdossiers zum Entscheidungsprozess

- 2008, The United States Environmental Protection Agency (USEPA), Re-registration Eligibility Decision (RED) and supporting documentation for PCP.
- 2010: USEPA Integrated Risk Information System (IRIS) Summary for PCP
- Rotterdam Convention, Decision Guidance Documents, Pentachlorophenol and its salts and esters
- Pentachlorophenol, Dossier prepared in support of a proposal of pentachlorophenol to be considered as a candidate for inclusion in the Annex I Aarhus Protokoll

Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental Consulting

**Tabelle 75: Auswertung Anhang-D-Screening Pentachlorphenol (PCP) und seine Salze und Ester**

|                                                    | Numerische Kriterien                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                              |                           | Nicht-Numerische Kriterien                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Persistenz                                         | T ½<br>Wasser<br>>2 Monate                                                                                                                                                                                                                                                                                 | T ½<br>Sediment<br>>6 Monate | T ½<br>Boden<br>>6 Monate | Nachweis, dass die Chemikalie anderweitig ausreichend persistent ist                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                   |
|                                                    | Nein <sup>a)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Nein <sup>b)</sup>           | Nein <sup>c)</sup>        | Ja <sup>d)</sup>                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                   |
| Bioakkumulation                                    | 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 Bioakkumulationspotential der Chemikalie ausreicht, um ihre Berücksichtigung im Rahmen dieser Konvention zu rechtfertigen                     |                                                                                                                                                                   |
|                                                    | Nein <sup>e)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                              |                           | Ja                                                                                                                                                                        | Ja <sup>f)</sup>                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                   |
| Toxizität                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                              |                           | Nachweis schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt                                                                                           | Toxizitäts- oder Ökotoxizitätsdaten, aus denen das Potential für eine Schädigung der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt hervorgeht                                                                |                                                                                                                                                                   |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                              |                           | Ja                                                                                                                                                                        | Ja <sup>g)</sup>                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                   |
| LRT                                                | T ½ Luft > 2d                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                              |                           | 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 LRT 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 Modellergebnisse, die belegen, dass die Chemikalie das Potential zum weiträumigen Transport hat. |
|                                                    | Ja                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                              |                           | Ja                                                                                                                                                                        | k.A.                                                                                                                                                                                                   | Ja                                                                                                                                                                |
| Numerische oder nicht-numerische Kriterien erfüllt | Nein                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                              |                           | Nein (Ja, bei Berücksichtigung von Pentachloranisol)                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                   |
| Kriterium nach Anhang D, Artikel 8 Abs. 4 erfüllt  | Ja<br>Obwohl Pentachlorphenol nicht alle in Anhang D aufgeführten Screening-Kriterien erfüllt, kam das POPRC unter Berücksichtigung seines Umwandlungsprodukts Pentachloranisol zu dem Schluss, dass Pentachlorphenol und seine Salze und Ester die in Anhang D aufgeführten Screening-Kriterien erfüllen. |                              |                           |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                   |

<sup>a)</sup> Kriterium nicht erfüllt: Halbwertszeit Wasser weniger als 4 Wochen

<sup>b)</sup> Kriterium nicht erfüllt: Halbwertszeit Sediment weniger als 20 Wochen

<sup>c)</sup> Kriterium nicht erfüllt: Halbwertszeit Boden weniger als 10 Wochen

<sup>d)</sup> Pentachlorphenol selbst erfüllt die Kriterien für die Persistenz nicht, jedoch gibt es Hinweise, dass sein Umwandlungsprodukt Pentachloranisol dieses Kriterium erfüllt. Pentachloranisol wurde in entlegenen Gebieten weit entfernt von Punktquellen entdeckt, sowohl in biotischen als auch in abiotischen Matrices, z.B. bei Schnee in der kanadischen Arktis, bei Tieren in Grönland, bei sechs atmosphärischen Überwachungsstationen in der Arktis, in abgelegenen Seen und an verschiedenen Orten in der nördlichen und südlichen Hemisphäre (UNEP, 2011a).

<sup>e)</sup> Kriterium nicht erfüllt: BCF Wasserorganismen < 5000 (BCF Fisch 4900) und Log Kow 1.3 und 5.86

<sup>f)</sup> Hier besonders Nachweis über Pentachloranisol

Quelle: Decision POPRC-8/4 (UNEP, 2012b)

## 2.1.9 Listung von Polychlorierten Naphthalinen (PCN)

### 2.1.9.1 Hintergrund

Als Polychlorierte Naphthaline (PCN; CAS-Nr. 70776-03-3 und andere) bezeichnet man eine Gruppe chemischer organischer Verbindungen ausgehend vom Naphthalin, bei dem eines oder mehrere Wasserstoffatome durch Chlor ersetzt sind. Es existieren 73 PCN-Kongenerne, die entsprechend der Anzahl der Chlor-Atome im Molekül in 7 Gruppen unterteilt werden. Die zwei monochlorierten Naphthaline sind nicht in der Konvention gelistet. PCN sind nicht als PCB-Ersatzstoffe anzusehen, da PCN zeitlich früher als PCB eingesetzt wurden. Eher wurden PCN aufgrund ihrer hohen akuten Toxizität durch PCB ersetzt. PCN sind hydrophob, haben eine große thermische und chemische Stabilität und sind schwer entzündbar. Die meisten industriell hergestellten und verwendeten PCN sind eine Mischung verschiedener Isomere.

PCN werden durch die chemische Reaktion von Chlor mit Naphthalin hergestellt. Insgesamt wurden ca. 150.000 t produziert, so dass sie als eine *High Production Volume*-Chemikalie einzustufen waren. Mit dem Ende der 1970er Jahre waren die Produktionszahlen signifikant eingebrochen. Seit 1989 werden in Deutschland keine PCN mehr produziert. PCN wurden in der Vergangenheit in unterschiedlichen Anwendungen eingesetzt, darunter für die Isolierung von Kabeln, als Holzschutzmittel, als Dielektrikum für Kondensatoren, bei der Herstellung von Präzisions-Gussteilen, in Flammschutzmitteln, als Additiv in Maschinenölen, als Zusatz für wasserfeste Metallfarben (z.B. in der Schiffsindustrie), als Additiv für Oberflächenbehandlungen und Galvanisierungen, als Schmiermittel beim Schleifen oder Schneiden, als Testöl zur Bestimmung von Brechungsindizes und als Bindemittel bei der Herstellung von Keramikprodukten (Potrykus et al., 2015).

Weiterhin können PCN, so wie PCDD/PCDF, unabsichtlich in thermischen Prozessen entstehen, z.B. bei der Abfallverbrennung oder auch anderen industriellen und privaten Verbrennungsprozessen (UNEP, 2017f). Andere mögliche Quellen sind Schmelzprozesse in der sekundären Nichteisenindustrie (z.B. Kupfer) und die Aluminiumherstellung sowie die Herstellung von Zement und Magnesium. Weiterhin ist die Produktion von chlororganischen Verbindungen eine wichtige Quelle für PCN-Emissionen (UNEP, 2013e). Verbrennungsprozesse, insbesondere die Abfallverbrennung, werden als die wichtigsten aktuellen Quellen erachtet. PCN werden gleichzeitig mit den PCDD/PCDF durch *de novo* Synthese in thermischen Prozessen gebildet (Weber et al., 2001). Dabei ist ihre Konzentration höher als die der PCDD/PCDF, ihre Toxizität jedoch geringer.

Die physikalisch-chemischen Eigenschaften sowie die Toxizität von PCN variieren zwischen den Kongeneren stark. PCN sind sehr persistent und bioakkumulativ. Technische PCN-Mischungen haben eine höhere akute Toxizität als technische PCB. Nach wenigen Jahren kommerzieller Produktion wurden bei Arbeitern, die PCN ausgesetzt waren, hohe Gesundheitsrisiken dokumentiert: schwere Hautausschläge (Chlorakne) und vor allem Leberkrankheiten einschließlich Krebs, die zum Tod von Arbeitern führten (UNEP, 2012c). Auch für Nutztiere sind PCN sehr toxisch, so etwa belegt durch den Tod tausender Rinder in den 1940er Jahren (Hansel & McEntee, 1955).



Bereits 2001 wurden die PCN als Chemikalie auf die prioritären Listen von OSPAR aufgenommen. Im Jahr 2009 wurde PCN auf das UNECE Aarhus Protocol on Persistent Organic Pollutants im Anhang I (Verbot in Produktion und Anwendung) aufgenommen. Abfälle, die PCN enthalten, sind entsprechend Anhang VIII des Basler Übereinkommens über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung als gefährlich eingestuft.

### 2.1.9.2 Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention

Die Europäische Union schlug im Mai 2011 vor die PCN in den Anhang A, B oder C der Stockholm-Konvention aufzunehmen (UNEP, 2011e).

Das POPRC kam im Oktober 2011 zu dem Schluss, dass polychlorierte Naphthaline (di-, tri-, tetra-, penta-, hexa-, hepta- und oktachlorierte Naphthaline) die im Anhang D aufgeführten Screening-Kriterien erfüllen (UNEP, 2011b).

Nach der Bewertung des Risikoprofils (Anhang E) wurde im Oktober 2012 beschlossen, da PCN (insbesondere di- bis oktachlorierte Naphthaline) aufgrund ihres weiträumigen Transports in der Umwelt zu erheblichen schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt führen, dass somit globale Maßnahmen gerechtfertigt sind (UNEP, 2012a).

Im darauffolgenden Jahr bereitete das POPRC die Bewertung des Risikomanagements vor und kam im Oktober 2013 zu dem Schluss, dass es wichtig sei, mögliche verbleibende Verwendungen einzuschränken und die Wiedereinführung von PCN zu verhindern, auch wenn zu diesem Zeitpunkt nicht bekannt war, ob PCN noch absichtlich hergestellt oder verwendet wurden (UNEP, 2013a).

Ein wichtiges Thema im Anhang F war der Umgang mit PCN in Lagerbeständen, wo diese vor allem in Verbindung mit PCB auftreten (z.B. in PCB-haltigen Abfällen und in PCB-haltigen Geräten). Hier wurde auch nochmals betont, dass die Maßnahmen, die in Bezug auf PCB-Lagerbestände in Kraft sind, auch die Freisetzung von PCN aus Lagerbeständen wirksam verringern werden. Nach der Vorbereitung einer Bewertung des Risikomanagements und der Prüfung der Managementoptionen gemäß Artikel 8 Absatz 9 des Übereinkommens empfahl der Ausschuss des POPRC der Konferenz der Vertragsparteien des Stockholmer Übereinkommens, die Aufnahme und Spezifizierung der entsprechenden Maßnahmen für PCN in die Anhänge A und C zu erwägen (UNEP, 2013a).

Zwei Jahre nach dem Anhang-F-Beschluss wurden 2015 auf der siebten Vertragsstaatenkonferenz (COP7) die PCN<sup>15</sup> in das Stockholmer Übereinkommen aufgenommen, einerseits unter Anhang A zur weltweiten Elimination der absichtlichen Produktion und andererseits unter Anhang C zur weltweiten Minimierung der Freisetzung als unerwünschtes Nebenprodukt.<sup>16</sup> Unter Anhang A sind folgende spezifischen Ausnahmeregelungen benannt (UNEP, 2015f):

- Für die Produktion: Zwischenprodukt bei der Herstellung von polyfluorierten Naphthalinen, namentlich von Oktafluornaphthalin
- Verwendung: Herstellung von polyfluorierten Naphthalinen, namentlich von Oktafluornaphthalin

---

<sup>15</sup> namentlich: die Dichlornaphthaline, Trichlornaphthaline, Tetrachlornaphthaline, Pentachlornaphthaline, Hexachlornaphthaline, Heptachlornaphthaline und Oktachlornaphthalin

<sup>16</sup> PCN werden unbeabsichtigt bei solchen industriellen Hochtemperaturprozessen erzeugt (insbesondere bei der Abfallverbrennung, aber auch bei anderen Prozessen) bei denen bekanntermaßen auch PCDD/PCDF entstehen. Maßnahmen, die die Freisetzung von PCDD/PCDF reduzieren, werden somit auch die PCN-Freisetzung verringern.

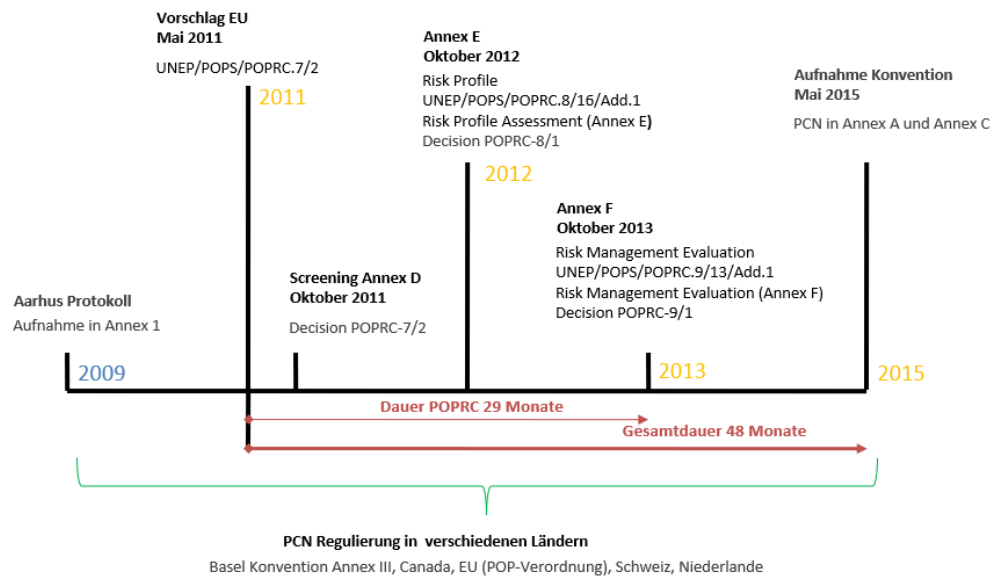
Die Gesamtdauer des Entscheidungsprozesses von der Nominierung bis zur Aufnahme unter der Stockholm-Konvention betrug 49 Monate bzw. im POPRC 28 Monate, wobei es im Verfahren keine Verzögerungen gab.

**Tabelle 76: Steckbrief Polychlorierte Naphthaline (PCN)**

| Substanz                                                                                           | Polychlorierte Naphthaline (PCN)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS-Nr.                                                                                            | verschiedene                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Vorschlag Jahr und Wer                                                                             | 2011, Europäische Union                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Listung Jahr und Anhang                                                                            | 2015, Anhang A und Anhang C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Dauer Entscheidungsprozess im POPRC bis Anhang F bis COP                                           | 28 Monate (Minimale Dauer)<br>49 Monate (Reguläre Listung)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Ausnahmen                                                                                          | Produktion: Von PCN als Zwischenprodukt bei der Herstellung von polyfluorierten Naphthalinen (PFN), spezifisch Oktafluornaphthalin<br>Verwendung: Als Zwischenprodukt bei der Herstellung von PFN spezifisch von Oktafluornaphthalin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Frühere Nutzung                                                                                    | Zahlreiche Anwendungen wie Isolierung von Kabeln, als Holzschutzmittel, als Dielektrikum für Kondensatoren, bei der Herstellung von Präzisions-Gussteilen, als Flammschutzmittel, als Additiv in Maschinenölen, als Zusatz für wasserfeste Farbanstriche (z.B. in der Schiffsindustrie), als Additiv für Oberflächenbehandlungen und Galvanisierungen, als Schmiermittel beim Schleifen oder Schneiden, als Nebelmunition, Ballast in Übungsmunition und als Testöl zur Bestimmung von Brechungsindizes<br><br>Unabsichtliche Bildung in thermischen Prozessen und bei der Produktion von chlororganischen Verbindungen. |
| Gegenwärtige Nutzung                                                                               | Keine bekannt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben (Stand 2018) | 16 Mitglieder<br>(Argentinien, Australien, Bahrain, Bangladesch, Botswana, Canada, China, Guatemala, Indien, Mikronesien, Moldawien, Russland, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu, Venezuela)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Sonstiges / Auffälligkeiten                                                                        | Keine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

**Abbildung 66: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Polychlorierten Naphthalinen (PCN) in der Konvention**

## Zeitschiene Entscheidungsprozess PCN



### Wichtige Stoffdossiers zum Entscheidungsprozess

- 1993: Crookes, M. and Howe, P. Environmental hazard assessment: Halogenated naphthalenes. Building Research Establishment, Toxic Substances Division, Directorate for Air, Climate and Toxic Substances, Department of the Environment Report No TSD/13
- 2001: International Programme on Chemical Safety, Chlorinated Naphthalenes, Concise International Chemical Assessment Document 34, WHO Geneva
- 2004: AMAP 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Oslo, Norway
- 2011: Ecological screening assessment report on chlorinated naphthalene,

Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental Consulting

**Tabelle 77: Auswertung Anhang-D-Screening Polychlorierte Naphthaline**

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

<sup>a)</sup> numerisches Kriterium für Halbwertszeiten in allen Kompartimenten nicht erfüllt, da keine Daten vorgelegt worden waren

<sup>b)</sup> BCF > 5.000 für die Di- Tri-, Tetra- und Pentachlornaphthaline

Quelle: Decision POPRC-7/2 (UNEP, 2011b)

## 2.1.10 Listung von Hexachlorbutadien (HCBD)

### 2.1.10.1 Hintergrund

Hexachlorbutadien (HCBD; CAS-Nr. 87-68-3) ist eine toxische, bioakkumulierende organische Verbindung aus der Gruppe der aliphatischen ungesättigten Halogenkohlenwasserstoffe. Es gibt keine natürlichen Quellen für die Entstehung von HCBD (UNEP, 2012d).

HCBD fällt primär als Nebenprodukt beim Chlorolyse-Verfahren bei der Herstellung von Tetrachlorkohlenstoff, Tetrachlorethen (PER) und Chloroform an (UNEP, 2017d). Diese Lösemittel werden im großen Maßstab hergestellt und es fiel daher so viel unbeabsichtigtes HCBD an, dass es separiert werden konnte, um es als Produkt zu vermarkten und nicht weiter deponieren oder verbrennen zu müssen.

In der Vergangenheit wurde HCBD als Adsorptionsmittel in der industriellen Chlorchemie, als Biozid zur Vermeidung der Algenbildung in Industriewasserreservoirs und Kühlwassersystemen, als Lösemittel für Elastomere, als hitzeübertragende Flüssigkeit, als Kühlmittel in Transformatoren, als Hydraulikflüssigkeit, als Flüssigkeit für Gyroskope (Kreiselvorrichtungen) sowie in einigen EU-Ländern (Frankreich, Italien, Griechenland und Spanien) als Pflanzenschutzmittel im Weinbau eingesetzt (UNEP, 2012d).

Mengenmäßig lag weltweit die unbeabsichtigte Produktion bzw. Herstellung von HCBD als Nebenprodukt von industriellen Prozessen im Jahr 1982 bei 10.000 Jahrestonnen (IPCS, 1994). Die unbeabsichtigte Produktion in Deutschland wurde in den 1970er Jahren auf 4.500 Jahrestonnen geschätzt, wovon etwa 1.000 t/a exportiert und der Rest verbrannt (ca. 3.400 t/a) bzw. deponiert (ca. 100 t/a) wurde. Anfang der 1990er Jahre lag die Gesamtmenge in Deutschland noch bei ca. 550 – 1.400 t/a (Beratergremium für Altstoffe, 1991). Seit Ende der 1970er Jahre wird in Deutschland und Europa HCBD nicht mehr recycelt oder verwendet (UNEP, 2012d). Es fehlen spezifische Informationen über die derzeitige Herstellung in Schwellenländern wie China und Indien, die eine große Produktion chlorierter Lösemittel haben.

HCBD wird weiterhin bei der Produktion von Magnesium und bei der Produktion von Aluminium gebildet. Es wurden dabei in der Vergangenheit Hexachlorethan und andere chlorierte kurzkettige Aliphaten zur Reinigung eingesetzt. Hierbei entstanden HCBD, HCB und andere unbeabsichtigte POPs. Inwieweit bei thermischen Prozessen wie der Müllverbrennung HCBD entsteht, ist nicht abschließend geklärt.

Große Mengen von HCBD/HCB-Abfall aus der Lösemittelindustrie wurden historisch in Abfalldeponien der Organochlorchemie deponiert und werden in unbekanntem Ausmaß daraus freigesetzt.

HCBD wurde besonders in Europa kritisch diskutiert und entsprechend mit Regulierungen belegt. In der EU sind die Produktion, der Handel und der Einsatz von HCBD entsprechend der POP-Verordnung über persistente organische Schadstoffe seit 2012 verboten, die Regulation erfolgte somit parallel zum Stockholm-Prozess. Ebenso ist Hexachlorbutadien auf europäischer Ebene in der Wasserrahmenrichtlinie als prioritärer Stoff eingestuft (UNEP, 2013f). Auf EU-Ebene wurde HCBD in Anhang II des europäischen Schadstofftransport- und -verbringungsregisters (*Pollutant Release and Transfer Register*, PRTR) aufgenommen.

### 2.1.10.2 Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention

Die Europäische Union schlug im Mai 2011 vor, HCBD in den Anhang A, B oder C der Stockholm-Konvention aufzunehmen (UNEP, 2011f). Im Oktober 2011 erfolgte das Anhang-D-Screening, gemäß dem sowohl die numerischen als auch die nicht-numerischen Kriterien erfüllt waren.

HCBD ist eine toxische, bioakkumulierende organische Verbindung aus der Gruppe der aliphatischen ungesättigten Halogenkohlenwasserstoffe. Das relativ leicht flüchtige HCBD kann oral, inhalativ und dermal aufgenommen werden. HCBD ist sehr giftig für Wasserorganismen. Über die Wirkungen von HCBD beim Menschen sind nur sehr begrenzt toxikologische Informationen verfügbar, daher müssen Tierdaten für die Gefährdungsabschätzung verwendet werden. Zu den Wirkungen können Fettleber, epithelial nekrotisierende Nephritis, Depression des Zentralnervensystems und Zyanose<sup>17</sup> gehören. In der Schweiz wurde HCBD als gentoxisch eingestuft (Brüschweiler et al., 2010).

Modellrechnungen führen zu der Schlussfolgerung, dass Hexachlorbutadien nicht schnell biologisch abbaubar ist. Es wurde bei Eisbären in Norwegen und bei wirbellosen Tieren, Fischen, Vögeln und Säugetieren in Grönland nachgewiesen (UNEP, 2011c). Die Halbwertszeit in der Luft wird mit 60-130 Tagen angegeben, sodass Hexachlorbutadien das Kriterium bezüglich des Potenzials für den weiträumigen Transport in der Umwelt erfüllt.

Im Jahr 2012 erfolgte die Bewertung des Risikoprofils (Anhang E) ohne nennenswerte Komplikationen im POPRC. Jedoch wurde bereits in der Anhang-E-Entscheidung darauf hingewiesen, dass zusätzliche Informationen, insbesondere Daten über Emissionsquellen wie die Produktion von Hexachlorbutadien und/oder unbeabsichtigte Freisetzen relevant seien.

2013 lag die Evaluierung des Risikomanagements im POPRC vor. Das POPRC kam zu dem Schluss, obwohl nicht bekannt ist, inwieweit HCBD gegenwärtig absichtlich hergestellt oder verwendet wird, dass es wichtig sei, seine Wiedereinführung zu verhindern und die mit seiner unbeabsichtigten Freisetzung verbundenen Risiken zu beherrschen. Das POPRC empfahl der Vertragsstaatenkonferenz, die Auflistung und Spezifizierung der damit verbundenen Kontrollmaßnahmen für HCBD in den Anhängen A und C zu erwägen (UNEP, 2013f).

Anderthalb Jahre später beschloss die COP im Mai 2015 gemäß der Empfehlung, HCBD ohne Ausnahmeregelung in Anhang A (Eliminierung) des Stockholmer Übereinkommens zu listen. Die COP forderte zudem das POPRC auf, HCBD auf der Grundlage der neu verfügbaren Informationen in Bezug auf seine Aufnahme in Anhang C weiter zu bewerten und die Ergebnisse zur weiteren Prüfung zu unterbreiten (UNEP, 2015d).

Im September 2016 kam es dann im POPRC zur weiteren Untersuchung von HCBD in Bezug auf Anhang C. Von mehreren Vertretern von Schwellenländern (z.B. China und Indien) gab es Bedenken hinsichtlich der Kosten-Nutzen-Auswirkungen von Maßnahmen zur Reduktion der unbeabsichtigten Freisetzen von HCBD bei der Herstellung bestimmter chlorierter Kohlenwasserstoffe, bei der Herstellung von Magnesium, und bei der Herstellung von Polyvinylchlorid (UNEP, 2016d). Die meisten Maßnahmen zur Verringerung unbeabsichtigter Freisetzen von POPs aus solchen Prozessen würden auch zu einer Verringerung der HCBD-Freisetzen führen. Vorgebracht wurde, dass die Überwachung von HCBD zusätzliche Kosten verursachen und Überwachungskapazitäten benötigen würde. Vor dem Hintergrund, dass es für HCB, ein seit Bestehen der Konvention in Anhang C gelistetes POP, weltweit keine Emissionsgrenzwerte und reguliertes Monitoring in Bezug auf Emissionen gibt, erschien dies allerdings ein eher vorgeschobener Einwand zu sein. HCBD ist eine sehr problematische Substanz in Altlasten der Organochlorindustrie, da es sowohl genügend wasserlöslich ist, um aus Deponien umliegendes Grund- und Trinkwasser zu kontaminieren, als auch genügend flüchtig, um aus Altlasten Innenräume benachbarter Häuser zu belasten. Es kann somit als Tracersubstanz für solche Altlasten verwendet werden (Barnes et al., 2002; Crump et al., 2004; Forter, 2015; UNEP, 2017d).

---

<sup>17</sup> Als Zyanose, Cyanose oder Cyanosis, deutsch Blausucht, bezeichnet man in der Medizin eine violette bis bläuliche Verfärbung der Haut, der Schleimhäute, der Lippen und der Fingernägel.



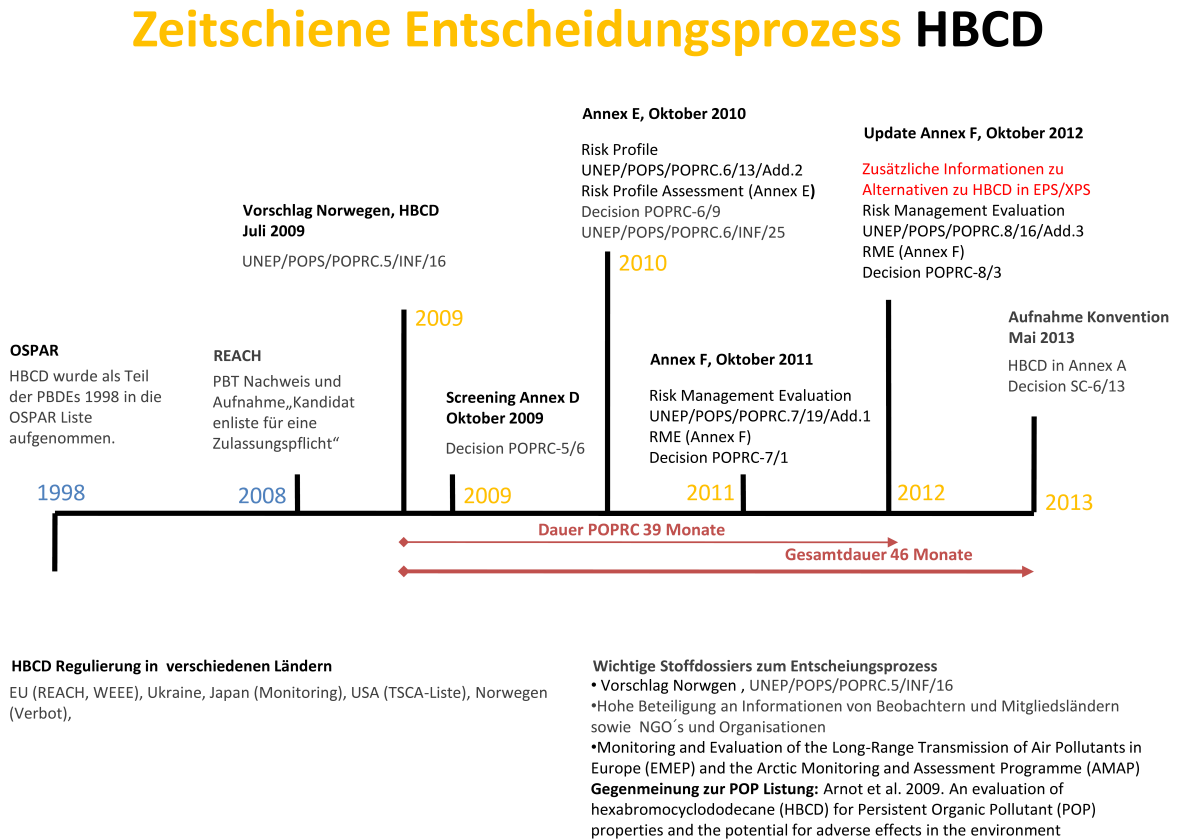
Im Jahr 2017 wurde auf der 8. Vertragsstaatenkonferenzen HCBD dann auch in Anhang C der Konvention aufgenommen (UNEP, 2017c).

Die Gesamtdauer des Entscheidungsprozesses von der Nominierung bis zur Aufnahme von HCBD in Anhang A der Stockholm-Konvention betrug 48 Monate, davon 29 Monate im POPRC, wobei es im Verfahren keine Verzögerungen gab. Das Verfahren für die Aufnahme von HCBD in Anhang C dauerte bis zur Entscheidung in der COP 72 Monaten (64 Monate im POPRC) mit der beschriebenen Verzögerung.

**Tabelle 78: Steckbrief Hexachlorbutadien (HCBD)**

| Substanz                                                                                           | Hexachlorbutadien (HCBD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| CAS-Nr.                                                                                            | 87-68-3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                 |
| Vorschlag Jahr und Wer                                                                             | 2011, Europäische Union                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                 |
| Listung Jahr und Anhang                                                                            | 2015, Anhang A<br>2017, Anhang C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                 |
| Dauer Entscheidungsprozess im POPRC bis Anhang F bis COP                                           | Anhang A<br>29 Monate (minimale Dauer)<br>48 Monate (Reguläre Listung)                                                                                                                                                                                                                                                                              | Anhang C<br>64 Monate (verlängerte Dauer)<br>72 Monate (nicht reguläre Listung) |
| Ausnahmen                                                                                          | HCBD ohne Ausnahmeregelung in Anhang A und Anhang C                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                 |
| Frühere Nutzung                                                                                    | HCBD wurde nie gezielt hergestellt und fällt primär als Nebenprodukt beim Chlorolyse-Verfahren bei der Herstellung von Tetrachlorkohlenstoff, Tetrachlorethen und Chloroform an. HCBD wird zudem bei der Produktion von Magnesium und bei der Produktion von Aluminium gebildet, wenn dort chlororganische Vorläuferverbindungen eingesetzt werden. |                                                                                 |
| Gegenwärtige Nutzung                                                                               | Es fehlen spezifische Informationen über die derzeitige Herstellung in Schwellenländern wie China und Indien, die eine große Produktion chlorierter Lösungsmittel haben.                                                                                                                                                                            |                                                                                 |
| Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben (Stand 2018) | 16 Mitglieder Anhang A (siehe Anhang C, außer Mauritius)<br>17 Mitglieder Anhang C<br>(Argentinien, Australien, Bahrein, Bangladesch, Botswana, Canada, China, Guatemala, Indien, Mauritius, Mikronesien, Moldawien, Russland, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu, Venezuela)                                                                           |                                                                                 |
| Sonstiges / Auffälligkeiten                                                                        | Große Mengen HCBD/HCB Abfall aus der Lösemittelindustrie wurden historisch in Abfalldeponien der Organochlorchemie deponiert und werden in unbekanntem Ausmaß daraus freigesetzt.                                                                                                                                                                   |                                                                                 |

**Abbildung 67: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Hexachlorbutadien (HBCD) in der Konvention**



Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental Consulting

**Tabelle 79: Auswertung Anhang-D-Screening Hexachlorbutadien (HCBD)**

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

<sup>a)</sup> Es wird im Hinblick auf Persistenz und LRT auf dieselben Nachweise zu potentiell besorgniserregenden gemessenen Konzentrationen der Chemikalie an Orten weitab von den Quellen ihrer Freisetzung verwiesen.

Quelle: Decision POPRC-7/3 (UNEP, 2011c)

## 2.1.11 Listung von kurzkettigen Chlorparaffinen (SCCP)

### 2.1.11.1 Hintergrund

Chlorierte Paraffine (CP) sind die in den höchsten Produktionsmengen hergestellten semivolatilen Organochlorverbindungen. Chemisch gesehen sind es unverzweigte Kohlenwasserstoffe mit unterschiedlichen Chlorgehalten und Kettenlängen. CP werden nach ihrer Kettenlänge und dem Chlorierungsgrad in kurz- (SCCP), mittel- (MCCP) und langkettige (LCCP) Chlorparaffine eingeteilt. Kurzkettige CP (engl. *Short-chain chlorinated paraffins*, SCCP) sind Substanzgemische aus polychlorierten gesättigten unverzweigten Kohlenwasserstoffen mit Kettenlängen von C<sub>10</sub> bis C<sub>13</sub>. In der Konvention sind SCCP mit einem Chlorgehalt von über 48 Massenprozent gelistet. Mittel- und langkettige CP (MCCP (C<sub>14</sub> bis C<sub>17</sub>) und LCCP(C<sub>≥18</sub>)), die mehr als 1 % dieser SCCP enthalten sind ebenfalls POPs (UNEP, 2019e). SCCP können beispielsweise in den Stoffen mit den nachstehenden CAS-Nummern enthalten sein: CAS-Nr. 85535-84-8, CAS-Nr. 68920-70-7, CAS-Nr. 71011-12-6, CAS-Nr. 85536-22-7, CAS-Nr. 85681-73-8, CAS-Nr. 108171-26-2.

Die hergestellten und verwendeten SCCP-Mengen gingen in Deutschland ähnlich wie in der gesamten EU in den letzten Jahren deutlich zurück, insbesondere nach dem Inkrafttreten der EU-Richtlinie 2002/45/EG<sup>18</sup> und der damit verbundenen Anwendungsbeschränkung für die zwei wichtigsten Anwendungsgebiete von SCCP in Deutschland (ca. 74 % des deutschen Gesamtverbrauchs waren in der Metallbearbeitung und zum Fetten von Leder eingesetzt worden). In Deutschland werden SCCP seit Mitte der 1990er Jahre nicht mehr hergestellt.

Die Produktion von chlorierten Paraffinen hat jedoch weltweit in den letzten 15 Jahren stark zugenommen und liegt heute bei ca. 2 Millionen Tonnen im Jahr vorwiegend in China und Indien. Es wird geschätzt, dass ca. 16 % davon SCCP sind (Glüge et al., 2016), wobei in China primär immer noch CP-Gemische produziert werden, die SCCP und MCCP enthalten (C. Chen et al., 2021).

Die wichtigsten SCCP-Verwendungen sind Weichmacher und Flammschutzmittel in Plastik, Gummierzeugnissen, Lacken und Farben, Textilien, Papier, Fugen und Dichtungsmassen und Klebern sowie Schmiermittel, Schneidöle und Bindemittel. In der EU wurden über die letzten Jahre viele Konsumgüter mit SCCP über dem Grenzwert (1500 mg/kg) gefunden einschließlich Spielzeug, Kabeln, Sportgeräten und Yogamatten, meist in Teilen aus PVC, EAV und Gummi.

Die SCCP sind umweltgefährliche und gesundheitsgefährdende Stoffe. Die verfügbaren empirischen und modellierten Daten weisen darauf hin, dass SCCP persistent, bioakkumulierbar und toxisch sind, insbesondere für Wasserorganismen, und dass sie in der Umwelt weiträumig transportiert werden.

SCCP waren Gegenstand von Überprüfungen oder Maßnahmen unter verschiedenen internationalen Regelungen, obwohl der Umfang dieser Überprüfungen oder Maßnahmen nicht unbedingt immer derselbe war. 1995 nahm die OSPAR-Kommission zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks einen Beschluss zu SCCP an (PARCOM Decision 95/1). Darin wurde ein Verbot der Verwendung von SCCP in allen Anwendungsbereichen festgelegt. Gemäß diesem Beschluss sollten der Verkauf und die Verwendung von SCCP bis Ende 1999 verboten werden. Ausnahmeregelungen hatten die Verwendung von SCCP in Dammdichtungen und unterirdischen

<sup>18</sup> Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union. (2002). Richtlinie 2002/45/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 zur 20. Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates hinsichtlich der Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (kurzkettige Chlorparaffine). *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*, L 177, 21–22. <http://data.europa.eu/eli/dir/2002/45/oj/deu>

Förderbändern bis 2004 erlaubt. Ähnlich wie OSPAR hat auch die Kommission zum Schutz der Meeresumwelt der Ostsee (HELCOM) die SCCP auf ihre Liste schädlicher Substanzen gesetzt.

SCCP sind in 2008 in die Kandidatenliste der EU für besonders besorgniserregende Stoffe aufgenommen worden.

Gemäß den Beschlüssen, die im Rahmen des UNECE-Protokolls von Aarhus zum Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (LRTAP) gefasst wurden, gelten SCCP seit 2009 als POP und sind im Anhang I und II gelistet.

Gemäß der EU-POP-Verordnung sind die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung von SCCP als solche, in Zubereitungen oder als Bestandteile von Artikeln verboten. In der EU sind SCCP seit 2012 in der EU-POP-Verordnung aufgenommen, dies erfolgte noch während des laufenden Stockholm-Prozesses zur Nominierung als POP.

Mehrere Länder hatten während der Entscheidungsphase unter Stockholm ebenfalls Verbote und Regulierungen in verschiedenen Anwendungen beschlossen, und Hersteller haben bereits erfolgreich SCCP durch Alternativen (meist MCCP und LCCP) in ihren Verwendungen substituiert.

#### **2.1.11.2 Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention**

Im Jahr 2006 schlug die Europäische Union vor, SCCP in Anhang A, B oder C des Stockholmer Übereinkommens aufzunehmen (UNEP, 2006k). Im selben Jahr fand auf dem zweiten POPRC Meeting das Anhang-D-Screening statt. Das POPRC sah sowohl die numerischen als auch die nicht-numerischen Kriterien nach Anhang D als erfüllt an und empfahl die Erstellung des Risikoprofils für die nächste Phase nach Anhang E. Laut dem Anhang-D-Papier (UNEP, 2006c) sind die SCCP persistent, bioakkumulierend und toxisch. SCCP kommen zudem auch weit verbreitet in der Umwelt vor und wurden unter anderem auch in Sedimenten arktischer Seen nachgewiesen. Die meisten Funde liegen für Nordamerika, Europa und Ostasien vor. Es wurde auch über das Vorkommen von SCCP in arktischen Oberflächensedimenten, Meeressäugern und Fischen berichtet. SCCP weisen nach DDT die höchsten Gehalte in der Muttermilch auf (Krätschmer et al., 2021). Sie wurden in allen Regionen in der Atmosphäre nachgewiesen, und es wurde ermittelt, dass die Halbwertszeit in der Luft größer ist als zwei Tage. Die atmosphärischen Konzentrationen von SCCP in der arktischen Umwelt lagen zwischen 1,07 und 7,25 pg/m<sup>3</sup>. Dies deutet auf einen weiträumig grenzüberschreitenden Transport von SCCP hin (UNEP, 2006c).

Die ersten Verzögerungen im Bewertungsprozess gab es bereits im Jahr 2007 in der Anhang-E-Phase. Es ist allerdings aus den Verfahrensdokumenten nicht ersichtlich was der Grund für den Stopp des Verfahrens war. Das vorgelegte Risikoprofil wurde als Entwurf betitelt (UNEP, 2007e), und in der Entscheidung zum Risikoprofil (UNEP, 2007c) befand sich die Aussage, dass eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe zur Überprüfung und Aktualisierung des Entwurfs des Risikoprofils in Übereinstimmung mit den Kriterien aus Anhang E des Übereinkommens eingerichtet werden sollte. Erst drei Jahre später, im Jahr 2010 wurde das Verfahren wieder aufgenommen und das überarbeitete Risikoprofil veröffentlicht (UNEP, 2010e). Jedoch konnte auch danach lange Zeit keine Entscheidung über die Aufnahme als POP getroffen werden, obwohl in den diversen Berichten immer wieder die Persistenz der Stoffe und das von ihnen ausgehende Risiko für Mensch und Umwelt betont wurde. Ein Kritikpunkt gegen die Listung war, dass es auf der Grundlage der verfügbaren Informationen keine ausreichenden Beweise für die Schlussfolgerung gäbe, SCCP würden aufgrund ihres weiträumigen Transports in der Umwelt zu erheblichen schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit führen und globale Maßnahmen seien somit gerechtfertigt. Als wichtiger Aspekt wurden in diesen Jahren, dokumentiert durch insgesamt sieben POPRC-Berichte zum Risikoprofil, immer wieder

die Abhängigkeit des biologischen Abbaus vom Chlorierungsgrad sowie dessen Auswirkungen auf den Ferntransport diskutiert. Zu beiden Punkten waren von der chlorchemischen Industrie auch auf der POP-Tagung 2010 Studien vorgestellt worden (Van Wijk & Presow, 2011). Es hat sich im Verlauf dieser Diskussionen gezeigt, dass der biologische Abbau von Chlorparaffinen ein kompliziertes Thema ist, welches in der Vergangenheit nicht gut verstanden wurde und somit zu einem langwierigen Verfahren führte. Studien zeigen, dass der Grad der Chlorierung auch beim biologischen Abbau von SCCP eine kritische Rolle spielt. Aufgrund ihrer Natur als komplexes Gemisch diverser Kongenere und Isomere stellen schon der analytische Nachweis und die Quantifizierung von Chlorparaffinen eine Herausforderung dar. Ebenso ist es schwierig, für solche komplexen Gemische von mehr als 5000 Einzelsubstanzen den Nachweis über eine Erfüllung numerischer POP-Kriterien zu führen. Allerdings haben die Fortschritte der wissenschaftlichen Risikobewertung in den letzten Jahrzehnten neue Wege aufgezeigt, um PBT- und POP-Stoffe zu screenen und ihr Risiko für die Umwelt und die menschliche Gesundheit zu bewerten, auch wenn solche Abschätzungen im Vergleich zu Nicht-PBT-Stoffen anspruchsvoller sind.

Bei der 11. Versammlung des POPRC Komitee in Rom (Oktober 2015) wurde das Risikoprofil für SCCP verabschiedet (UNEP, 2015b). Als nächster Schritt wurde ein Dokument zu Risikomanagementoptionen (Anhang F) erarbeitet (UNEP, 2016e), das ohne Verzögerung ein Jahr später auf dem 12. POPRC-Meeting verabschiedet und wurde, sodass die SCCP zur Aufnahme in Anhang A vorgeschlagen werden konnten (UNEP, 2016b).

Die SCCP wurden im Jahr 2017 in Anhang A des Stockholmer Übereinkommens aufgenommen (UNEP, 2017b). Bei der Listung von SCCP wurden viele Ausnahmen in den Anhang A für zukünftige Verwendung einbezogen, obwohl aus dem POPRC Prozess keine entsprechenden Empfehlungen gekommen war. Diese Ausnahmen beinhalten:

- ▶ Additive bei der Herstellung von Übertragungsriemen in der Natur- und Synthesekautschukindustrie
- ▶ Ersatzteile für Förderbänder aus Kautschuk in der Bergbau- und Forstindustrie
- ▶ Lederindustrie, insbesondere beim Fetten von Leder
- ▶ Schmiermittelzusätze, insbesondere für Fahrzeugmotoren, Stromgeneratoren und Windkraftanlagen sowie für Bohrungen zur Erdgas- und Erdölexploration und in Erdölraffinerien bei der Herstellung von Diesel
- ▶ Schläuche für Dekorationsglühlampen für den Außenbereich
- ▶ imprägnierende und flammhemmende Anstriche
- ▶ Klebstoffe
- ▶ Metallverarbeitung
- ▶ sekundäre Weichmacher in weichen Polyvinylchloriden, mit Ausnahme von Spielzeugen und Kinderprodukten

Die Produktion ist laut Anhang A zugelassen für die in das Register aufgenommenen Vertragsparteien.

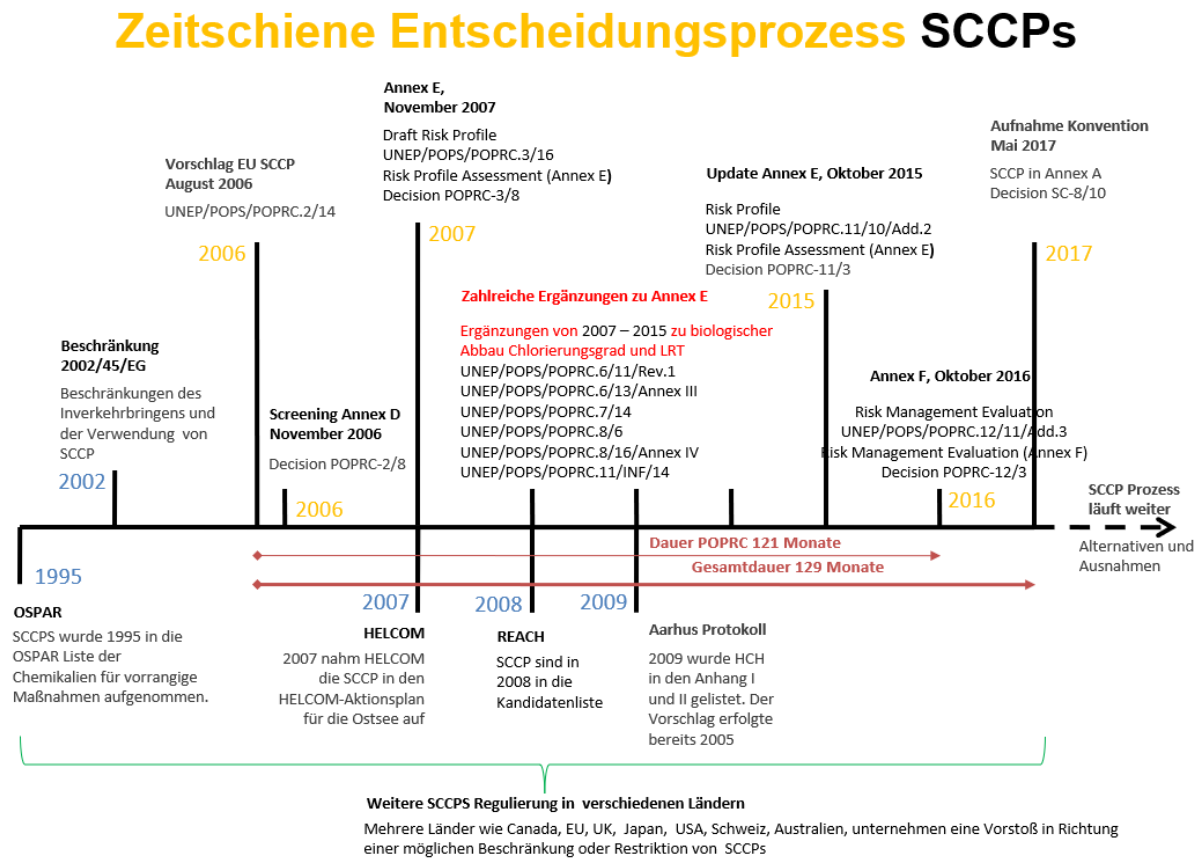


Die Gesamtdauer des Entscheidungsprozesses von der Nominierung bis zur Aufnahme von SCCP unter der Stockholm-Konvention lag bei 129 Monaten, davon 121 Monate im POPRC. Dieses Verfahren stellt das längste in der Historie der Stockholm-Konvention dar.

**Tabelle 80: Steckbrief kurzkettige Chlorparaffine SCCP**

| Substanz                                                                                              | SCCP                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS-Nr.                                                                                               | 85535-84-8                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Vorschlag Jahr und Wer                                                                                | 2005, EU                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Listung Jahr und Anhang                                                                               | 2017, Anhang A                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Dauer Entscheidungsprozess<br>im POPRC bis Anhang F<br>bis COP Listung                                | 121 Monate (Längstes Verfahren im POPRC)<br>129 Monate (Längstes Verfahren bis zur COP)                                                                                                                                                                                     |
| Ausnahmen                                                                                             | Produktion: zugelassen für die in das Register<br>aufgenommenen Vertragsparteien<br>Verwendung: zahlreiche Ausnahmen für die<br>Verwendung                                                                                                                                  |
| Frühere und gegenwärtige Nutzung                                                                      | SCCP kommen in unterschiedlichsten Verwendungen<br>zum Einsatz. SCCP werden z.B. als Weichmacher,<br>Bindemittel, Flammschutzmittel und in Kunststoffen,<br>Lacken und Farben, Gummierzeugnissen, Papier,<br>Textilien, Fugen und Dichtungsmassen und Klebern<br>angewendet |
| Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25,<br>Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben (Stand 2018) | 17<br>( <i>Argentinien, Australien, Bahrein, Bangladesch,<br/>Botswana, Canada, China, Guatemala, Indien,<br/>Mauritius, Mikronesien, Moldawien, Russland,<br/>Slowenien, Usbekistan, Vanuatu, Venezuela</i> )                                                              |
| Sonstiges / Auffälligkeiten                                                                           | Längster Prozess unter Stockholm                                                                                                                                                                                                                                            |

Abbildung 68: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von SCCP in der Konvention



Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental Consulting

**Tabelle 81: Auswertung Anhang-D-Screening SCCP**

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

Quelle: Decision POPRC-2/8 (UNEP, 2006c)

## 2.1.12 Listung von Dicofol

### 2.1.12.1 Hintergrund

Dicofol ist ein Insektizid (Akarizid), das aus DDT hergestellt wird und aus zwei Isomeren besteht: p,p'-Dicofol (CAS-Nr. 115-32-2) und o,p'-Dicofol (CAS-Nr. 10606-46-9). Das technische Produkt (ca. 95 % rein) ist ein braunes viskoses Öl und besteht aus 80-85 % p,p'-Dicofol und 15-20 % o,p'-Dicofol mit bis zu 18 identifizierten Verunreinigungen. Zum Teil enthielt Dicofol in China mehr als 11 % DDT (Qiu et al., 2005).

Dicofol ist ein Pflanzenschutzmittel, das in der Landwirtschaft zur Bekämpfung von Milben bei einer Vielzahl von Feldkulturen, Obst, Gemüse, Zierpflanzen, Baumwolle und Tee eingesetzt wurde. Es wurde auch als Akarizid bei Baumwoll-, Zitrus- und Apfelpflanzen eingesetzt. Dicofol ist EU-weit und in der Schweiz seit 2004 nicht mehr als Pflanzenschutzmittel zugelassen.

Dicofol wurde bereits auf der OSPAR-Liste im Jahr 2004 aufgeführt. 2007 wurde Dicofol von der ECHA PBT Expert Group als PBT-Stoff deklariert, und es erfüllt dabei zusätzlich mit dem Ferntransportpotential die POP-Kriterien. Dicofol wurde ebenfalls für die Aufnahme in Anhang 1 des Aarhus-Protokolls vorgeschlagen. Seit 2009 ist unter der Stockholm-Konvention eine bis dahin geltende spezifische Ausnahmeregelung für DDT als Zwischenprodukt im Produktionsprozess von Dicofol entfallen. Die EU-Kommission entschied sich 2008 gegen die Aufnahme von Dicofol in die Liste der zugelassenen Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (Anhang I der Richtlinie 91/414/EWG). Dicofol war schon zuvor in vielen Ländern eingeschränkt oder verboten, und die Verwendung als Pestizid war in zehn Jahren vor der Einleitung des Listungsprozesses deutlich zurückgegangen, sie lag 2012 unter 1.000 Tonnen (UNEP, 2016f).

### 2.1.12.2 Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention

Die Europäische Union schlug im Jahr Juli 2014 vor, Dicofol in den Anhang A, B oder C der Stockholm-Konvention aufzunehmen (UNEP, 2014c).

Laut dem Anhang-D-Screening im Oktober 2014 haben Monitoringdaten gezeigt, dass Dicofol persistent ist und ein hohes Biokonzentrationspotential in Fischen hat. Gemäß dem großen Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizienten und dem hohen Biokonzentrationsfaktor (BCF) ist Dicofol sehr bioakkumulativ. Ähnlich wie DDT ist Dicofol weiträumig in der Umwelt und in Menschen nachweisbar. Es ist akut toxisch, und zusätzlich kann längere Exposition gegenüber Dicofol zu Hautreizungen und zur Überstimulation von Nervenübertragungen führen. Dicofol ist ebenfalls gegenüber Fischen, wirbellosen Wassertieren, Algen und Vögeln hochtoxisch und führt bei Letzteren zu Ausdünnung der Eierschalen und zu verminderter Fruchtbarkeit. Dicofol erfüllt die numerischen und nicht numerischen Kriterien im Anhang-D-Screening (UNEP, 2014b).

In der Anhang-E-Phase kam es zu Verzögerungen. 2015 wurde der Entwurf des Risikoprofils vorgelegt (UNEP, 2015g). Wegen einiger Mängel sowie des Umfangs an Daten insbesondere zur Persistenz und zum Ferntransportpotential hatte das POPRC beschlossen, seine Entscheidung über den in Dokument dargelegten Entwurf eines Risikoprofils für Dicofol um ein Jahr auf die zwölfte Sitzung zu verschieben. Der Grund war, dass das indische POPRC-Mitglied<sup>19</sup> die Daten anzweifelte und ankündigte, andere Daten vorbringen zu können, dies aber erst beim darauffolgenden POPRC-Treffen (UNEP, 2015j, Punkt V.B.a.45 und 46).

2016 wurde das Risikoprofil neu überarbeitet vorgelegt und im September 2016 auf dem 12 POPRC Meeting als erfüllt angesehen (UNEP, 2016a). Bei diesem Treffen legte Indien keine neuen Daten vor und hatte auch keinen Vertreter in das POPRC entsendet.

---

<sup>19</sup> Indien war zu der Zeit Produzent von Dicofol

Die Bewertung des Risikomanagement im Anhang F verlief im Jahr 2017 dann ohne Verzögerungen, und das POPRC schlug vor, Dicofol ohne spezifische Ausnahmen in Anlage A zu listen.

Im Mai 2019 wurde Dicofol auf der COP-9 in das Stockholmer Übereinkommen aufgenommen. Bei der Kommentierungsrunde für die Listung von Dicofol auf der COP meldete sich auch die indische Delegation zu Wort und bekundete, dass keine Ausnahme für Dicofol gewollt sei und die Produktion innerhalb weniger Monate eingestellt würde. Dicofol wurde in Anhang A der Konvention ohne spezifische Ausnahmeregelungen für Produktion und Verwendung gelistet (UNEP, 2019c).

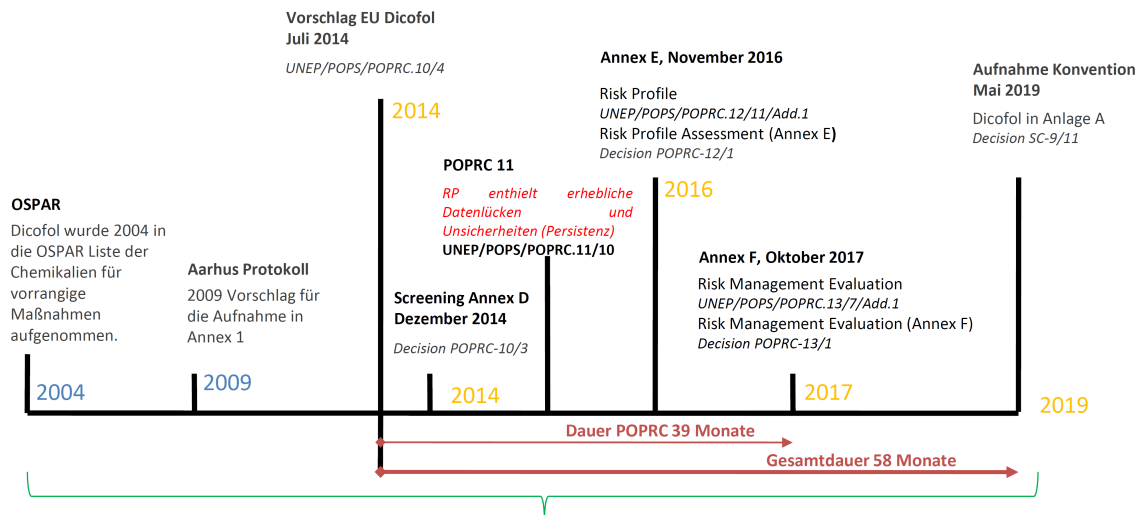
Die Gesamtdauer des Entscheidungsprozesses von der Nominierung bis zur Aufnahme von Dicofol unter der Stockholm-Konvention belief sich auf 58 Monate. Dies entspricht einem verlängerten Verfahren, weil der POPRC-Prozess aufgrund der Verschiebung des Anhang-E-Verfahrens um 1 Jahr sich dann über 39 Monate erstreckte.

**Tabelle 82: Steckbrief Dicofol**

| Substanz                                                                                           | Dicofol                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS-Nr.                                                                                            | 115-32-2                                                                                                                                                                                                            |
| Vorschlag Jahr und Wer                                                                             | 2014, Europäische Union                                                                                                                                                                                             |
| Listung Jahr und Anhang                                                                            | 2019, Anhang A                                                                                                                                                                                                      |
| Dauer Entscheidungsprozess im POPRC bis Anhang F bis COP                                           | 39 Monate (Verlängerung im Anhang E um ein Jahr)<br>58 Monate (Reguläre Zeit)                                                                                                                                       |
| Ausnahmen                                                                                          | Keine                                                                                                                                                                                                               |
| Frühere Nutzung                                                                                    | Pflanzenschutzmittel, zur Bekämpfung von Milben bei einer Vielzahl von Feldkulturen, Obst, Gemüse, Zierpflanzen, Baumwolle und Tee eingesetzt wurde. Als Akarizid bei Baumwoll-, Zitrus- und Apfelkulturen          |
| Gegenwärtige Nutzung                                                                               | Zur Bekämpfung von Milben bei einer Vielzahl von Feldkulturen, Obst, Gemüse, Zierpflanzen, Baumwolle und Tee eingesetzt wird                                                                                        |
| Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben (Stand 2018) | 17 Vertragsparteien<br>(Argentinien, Australien, Bahrein, Bangladesch, Botswana, Canada, China, Guatemala, Indien, Mauritius, Mikronesien, Moldawien, Russland, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu, Venezuela)          |
| Sonstiges / Auffälligkeiten                                                                        | Dicofol war bereits seit mehreren Jahren auf verschiedenen Substanzlisten als ein möglicher POP-Kandidatenstoff aufgeführt. Indien zweifelte Daten zu Persistenz und LRT an was zu der Verzögerung im POPRC führte. |

Abbildung 69: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von Dicofol in der Konvention

## Zeitschiene Entscheidungsprozess Dicofol



### Weitere internationale und regionale chemikalische Vorschriften

Der maximale Gehalt von DDT und verwandten Stoffen, viele Länder haben nationale Gesetze erlassen, um die Herstellung und/oder Verwendung von Dicofol zu verbieten oder einzuschränken, Verbot in Benin, Brasilien, Kolumbien, EU, Guinea, Japan, Mauritania, Oman, Saudi Arabien, Schweiz, von der PBT-Arbeitsgruppe als POP identifiziert;

### Wichtige Stoffdossiers zum Entscheidungsprozess

- 1996: International Programme on Chemical Safety, Dicofol, WHO/FAO Data Sheets on Pesticides No. 81 World Health Organization. Geneva, July 1996
- 1998: US EPA, 1998. Reregistration Eligibility Decision (RED), Dicofol
- 2002: Oskar Commission, 2002. Hazardous Substances Series, Dicofol
- 2009: US EPA, 2009. Risks of Dicofol Use to Federally Threatened California Red-legged

Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental Consulting



**Tabelle 83: Auswertung Anhang-D-Screening Dicofol**

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

<sup>a)</sup> Angaben zu den nicht-numerischen Kriterien der Bioakkumulation lagen im Anhang-D-Screening nicht vor.

Quelle: Decision POPRC-10/3

## 2.1.13 Listung von Perfluorooctansäure (PFOA) und PFOA-verwandten Verbindungen

### 2.1.13.1 Hintergrund

Perfluorooctansäure (PFOA), ihre Salze und Vorläuferverbindungen gehören zur chemischen Familie der Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (PFAS) und werden im Rahmen der Stockholm-Konvention aufgegliedert nach:

- ▶ Perfluorooctansäure (PFOA; CAS-Nr. 335-67-1) einschließlich ihrer verzweigten Isomere; ihre Salze;
- ▶ PFOA-verwandte Verbindungen, die im Sinne des Übereinkommens alle Stoffe sind, welche zu PFOA abgebaut werden können, einschließlich aller Stoffe, welche eine lineare oder verzweigte Perfluorheptylgruppe ( $C_7F_{15}$ ) als Strukturelement enthalten

Aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften werden PFOA und verwandte Verbindungen in einer Vielzahl von Anwendungen und Konsumgütern in vielen Sektoren eingesetzt. Sie werden in großem Umfang bei der Herstellung von Fluorelastomeren und Fluorpolymeren mit wasser- und ölabweisenden Eigenschaften, bei der Herstellung von Antihalt-Küchengeschirr und bei Lebensmittelverarbeitungsanlagen verwendet. PFOA-verwandte Verbindungen einschließlich seitenkettenfluorierter Polymere werden als Tenside und Oberflächenbehandlungsmittel in Textilien, Teppichen, Papier und Farben sowie in Feuerlöschschäumen verwendet.

PFOA wird auch unbeabsichtigt bei der thermischen Zersetzung von Fluorpolymeren wie Polytetrafluorethylen (PTFE; Teflon) gebildet, sowohl bei der Pyrolyse wie auch der offenen Verbrennung. Trotzdem wurde PFOA nicht in Anhang C gelistet (siehe unten).

Es gibt Alternativen zu allen Verwendungen von PFOA.

Laut UNEP wurden von 1951 bis 2004 weltweit 3.600 – 5.700 t PFOA und APFO (Ammonium-Perfluorooctanoat) produziert. Die derzeitige Produktion von PFOA erfolgt überwiegend in China, wo sich die Produktionsmenge von etwa 30 t im Jahr 2004 auf etwa 90 t im Jahr 2012 erhöht hat. Die Gesamtproduktion ist durch den freiwilligen Ausstieg der USA gesunken.

### 2.1.13.2 Entscheidungsprozess Stockholm-Konvention

Die Europäische Union schlug im Juni 2015 vor, PFOA in den Anhang A, B oder C der Stockholm-Konvention aufzunehmen (UNEP, 2015h). Zuvor unterlag PFOA bereits einigen restriktiven internationalen Regelungen, insbesondere in der EU und in Nordamerika. Bereits im Jahr 2006 hatte die amerikanische Umweltbehörde Environmental Protection Agency (EPA) mit den großen Fluorpolymerherstellern eine freiwillige Vereinbarung zur Elimination der PFOA-Emissionen aus Herstellung und Produktverunreinigung bis zum Jahre 2015 abgeschlossen. Im Jahr 2010 folgte Canada ebenfalls mit einer freiwilligen Herstellervereinbarung (UNEP, 2016g). Unter der REACH-Verordnung wurde PFOA im Jahr 2013 als sogenannte besonders besorgniserregende Chemikalie identifiziert und der entsprechenden Kandidatenliste zugefügt. Die EU-Kommission schloss im Juni 2017 ein Beschränkungsverfahren zu PFOA und seinen Vorläufersubstanzen ab. Demnach darf PFOA in der EU ab 2020 nicht mehr hergestellt und in den Verkehr gebracht werden. Dies schließt auch den Import von PFOA, deren Salzen sowie deren Vorläufersubstanzen ein. Weitere Regelungen wurden in Norwegen (Verbot in Verbraucherprodukte und Textilien) und in Russland (Maximale Arbeitsplatzkonzentration) getroffen.

Das Anhang-D-Screening erfolgte vier Monate nach der Einreichung des Vorschlags im Oktober 2015 (UNEP, 2015c). PFOA ist sehr persistent und wird unter relevanten Umweltbedingungen

weder abiotisch noch biotisch abgebaut. Es wird bioakkumuliert und biomagnifiziert und kann über große Entfernungen transportiert werden, sodass es inzwischen in allen Weltmeeren und der Arktis detektierbar ist.

PFOA wird mit Nierenkrebs, Hodenkrebs, Schilddrüsenerkrankungen, schwangerschafts-induzierter Hypertonie und hohem Cholesterinspiegel in Verbindung gebracht. PFOA erfüllt die nicht-numerischen Kriterien im Anhang-D-Screening. Für die numerischen Kriterien liegen nur Werte für den Ferntransport vor. PFOA kann deshalb nicht allein über die numerischen Kriterien bewertet werden. Dies liegt auch daran, dass PFOA ein oberflächenaktiver Stoff ist, und daher log Kow-Werte keine relevanten Indikatoren für das Bioakkumulationspotential darstellen.<sup>20</sup>

Im Jahr 2016 erfolgte dann turnusgemäß das Anhang-E-Screening unter Beteiligung einer sehr großen Anzahl von verschiedenen Akteuren.<sup>21</sup> Die Entscheidung für den Start des Anhang-F-Screening im POPRC wurde aufgrund der guten Beweislage der Anhang-E-Evaluierung ohne nennenswerte Kritik getroffen.

2017 erfolgte wiederum mit einer sehr hohen Beteiligung von Akteuren die Bewertung des Risikomanagements (Anhang F) für PFOA, die sehr umfangreich ausfiel. 2017 hatte das POPRC empfohlen, PFOA und ihre Salze und PFOA-verwandte Verbindungen in Anlage A oder B des Übereinkommens mit spezifischen Ausnahmen zu listen (UNEP, 2017a). Das POPRC beschloss jedoch zusätzlich, die Bewertung des Risikomanagements nicht anzunehmen und die Bearbeitungszeit dafür um ein Jahr zu verlängern. Da PFOA in zahlreichen Anwendungen in zahlreichen Branchen eingesetzt wird und die nächste Vertragsstaatenkonferenz (COP-9) erst in 2019 stattfand, nutzte hier das POPRC die Zeit, um weitere detaillierte Informationen über den Geltungsbereich, den Umfang der Anwendungen, die verwendeten Mengen der Substanz, die Verfügbarkeit von Alternativen und zu sozioökonomischen Aspekten einzuholen. Zudem beschloss das POPRC in diesem Meeting, dass weitere Informationen zur unbeabsichtigten Bildung und Freisetzung von PFOA gesammelt werden sollten, insbesondere in Bezug auf unvollständige Verbrennungsprozesse und die Herstellung von Primäraluminium. (UNEP, 2017h).

Somit konnten nach dieser vertieften Erörterung der Fakten zu Anhang F die spezifischen Ausnahmen für die Produktion und Verwendung von PFOA und Vorläufersubstanzen klarer definiert und eine fundierte Empfehlung für die Listung in Anhang A oder B gegeben werden. Das zusätzliche Jahr wurde auch genutzt, um zu klären, ob PFOA auch für die Listung in Anhang C vorgeschlagen werden sollte. Dieser Schritt wurde dann allerdings nicht empfohlen (UNEP, 2018).<sup>22</sup>

Nach der Überarbeitung des Risikomanagements wurde im Jahr 2018 vom POPRC im Prozess zu Anhang F beschlossen, die ursprünglich vorgeschlagene Definition „Pentadecafluorooctansäure (CAS-Nr. 335-67-1, PFOA, Perfluorooctansäure), ihre Salze und PFOA-verwandte Verbindungen“ umzubenennen in „Perfluorooctansäure (PFOA), ihre Salze und PFOA-verwandte Verbindungen“. Beide Begriffe bezeichnen zwar im Grundsatz die gleiche Gruppe von Chemikalien, aber die Formulierung „Perfluorooctansäure (PFOA), ihre Salze und PFOA-verwandte Verbindungen“ ist konsistenter mit anderen Verweisen auf diese Chemikalien.

<sup>20</sup> Auch im Laborversuch bestimmte BCF-Werte sind keine guten Indikatoren für die Bioakkumulation von PFOA, da diese nicht durch ihre Lipophilie getrieben wird und die Akkumulation der Substanz somit nicht primär in Lipidgeweben erfolgt.

<sup>21</sup> Albanien, Österreich, Kanada, China, Deutschland, Ungarn, Japan, Monaco, Norwegen, Rumänien, Estnisches Umweltforschungszentrum, FluoroCouncil, IPEN, Halbleiterindustrie Vereinigungen, 3M etc.

<sup>22</sup> Zusätzliche Informationen und vorzugsweise auch weitere Messungen bzw. quantitative Daten zu Emissionen aus anderen Abfallverbrennungsanlagen, offener Verbrennung und weiteren Quellen unbeabsichtigt erzeugter POPs, insbesondere aus Entwicklungsländern, wären für künftige Überlegungen zu einer etwaigen Listung in Anhang C hilfreich.

Die empfohlenen spezifischen Ausnahmen wurden auf der COP-9 im Mai 2019 allerdings noch einmal durch einen Antrag von Iran erweitert. Iran schlug vor auch die Produktion von verschiedenen Fluorpolymeren als spezifische Ausnahmen zu listen. Dies wurde kontrovers diskutiert, aber letztendlich wurden alle geforderten Ausnahmen zugestanden (UNEP, 2019f, Punkt V.E.1.b.119 bis 124). Somit wurden auch für PFOA auf der Vertragsstaatenkonferenz mehr Ausnahmen beschlossen als vom POPRC empfohlen worden waren. Im Ergebnis wurden PFOA und seine verwandten Substanzen in den Anhang A der Stockholm-Konvention aufgenommen (UNEP, 2019d), allerdings nicht in Anhang B, trotz der Empfehlung des POPRC aus dem Anhang-F-Verfahren. Damit wurde die Verwendung dieses Stoffes, bis auf die die gelisteten spezifischen Ausnahmen, zu Ende 2020 weltweit für die Vertragsstaaten verboten. Die spezifischen Ausnahmen gelten für folgende Verwendungen (Ausnahmen, die erst in der Vertragsstaatenkonferenz vorgeschlagen wurden, sind kursiv markiert):

- ▶ Fotolithografie- oder Ätzprozesse in der Halbleiterherstellung;
- ▶ Fotografische Beschichtungen von Filmen;
- ▶ Textilien zur Öl- und Wasserabweisung zum Schutz von Arbeitnehmer vor gefährlichen Flüssigkeiten, die ein Risiko für ihre Gesundheit und Sicherheit darstellen;
- ▶ Invasive und implantierbare medizinische Geräte;
- ▶ Feuerlöschschaum zur Unterdrückung von Flüssigbrennstoffdämpfen und Bekämpfung von Flüssigbrennstoffbränden (Klasse-B-Brände) in installierten Systemen, einschließlich sowohl mobiler als auch ortsfester Systeme, gemäß Teil X Absatz 2 dieses Anhangs;
- ▶ Verwendung von Perfluorooctylidiodid zur Herstellung von Perfluorooctylbromid zum Zweck der Herstellung pharmazeutischer Produkte gemäß den Bestimmungen von Teil X Absatz 3 dieses Anhangs;
- ▶ *Herstellung von Polytetrafluorethylen (PTFE) und Polyvinylidenfluorid (PVDF) für die Produktion von:*
  - *Hochleistungsfähigen korrosionsbeständigen Gasfiltermembranen, Wasserfiltermembranen und Membranen für medizinische Textilien*
  - *Ausrüstung für industrielle Abwasserwärmetauscher*
  - *Industriellen Dichtungsmitteln, die das Austreten von flüchtigen organischen Verbindungen und PM<sub>2,5</sub>-Partikeln verhindern können;*
- ▶ Herstellung von Polyfluorethylenpropylen (FEP) für die Produktion von elektrischen Hochspannungsdrähten und -kabeln für die Energieübertragung
- ▶ Herstellung von Fluorelastomeren für die Produktion von O-Ringen, Keilriemen und Kunststoffzubehör für die Innenausstattung von Kraftfahrzeugen.

### **Für die Produktion gelten folgende Ausnahmen**

- ▶ Für die Produktion von PFOA für neue Feuerlöschschäume gibt es keine Erlaubnis. Das bedeutet, dass nur die Verwendung der schon produzierten Feuerlöschschäume ausgenommen ist.
- ▶ Für andere Produktionen, wie für die Parteien erlaubt, die im Register gelistet sind, gilt in Übereinstimmung mit den Bestimmungen von Teil X dieses Anhangs:
  1. Die Verwendung von Perfluorooctyliodid zur Herstellung von Perfluorooctylbromid, um Arzneimittel herzustellen, bis 2036, vorbehaltlich regelmäßiger Überprüfung.
  2. Jede Vertragspartei, die sich für eine spezifische Ausnahmeregelung nach Artikel 4 für die Verwendung von PFOA, ihren Salzen und PFOA-verwandten Verbindungen für Feuerlöschschaum registriert hat, soll:
    - a) Ungeachtet des Artikels 3 Absatz 2 sicherstellen, dass Feuerlöschschaum, der PFOA, seine Salze und PFOA-bezogene Verbindungen enthält oder enthalten kann, nur zum Zweck der umweltgerechten Entsorgung nach Artikel 6 Absatz 1 Buchstabe d aus- oder eingeführt wird;
    - b) Feuerlöschschaum, der PFOA, seine Salze und PFOA-Vorläuferverbindungen enthält oder enthalten kann, nicht für die Ausbildung verwenden;
    - c) Feuerlöschschaum, der PFOA, seine Salze und PFOA-bezogene Verbindungen enthält oder enthalten kann, nicht für Versuche verwenden, es sei denn, alle Emissionen werden aufgefangen;
    - d) bis Ende 2022, sofern sie dazu in der Lage ist, spätestens jedoch bis 2025, die Verwendung von Feuerlöschschaum, der PFOA, seine Salze und PFOA-ähnliche Verbindungen enthält oder enthalten kann, auf Standorte beschränken, an denen alle Freisetzungen aufgefangen werden können;
    - e) entschlossene Anstrengungen unternehmen, die darauf ausgelegt sind so bald wie möglich gemäß Artikel 6 Absatz 1 zu einer umweltgerechten Entsorgung von Lagerbeständen und Abfällen von Feuerlöschschaum zu führen, der PFOA, seine Salze und PFOA-ähnliche Verbindungen enthält oder enthalten kann,
  3. Im Hinblick auf die spezifische Ausnahmeregelung für die Verwendung von Perfluorooctyliodid für die Herstellung von Perfluorooctylbromid zur Herstellung von pharmazeutischen Produkten, soll die Vertragsstaatenkonferenz bei ihrer dreizehnten ordentlichen Sitzung und bei jeder zweiten ordentlichen Sitzung danach die weitere Notwendigkeit dieser spezifischen Ausnahme überprüfen. Diese spezifische Ausnahmeregelung wird in jedem Fall spätestens 2036 auslaufen.

Bei der Evaluierung von PFOA gab es in der Anhang-F-Phase ein Jahr Verzögerung und somit dauerte das Verfahren im POPRC Prozess 39 Monate. PFOA wurde dann bei der Nominierung auf der nächsten Vertragsstaatenkonferenz (COP-9) sofort gelistet, was in einer Gesamtdauer von 47 Monate für den Aufnahmeprozess resultierte.

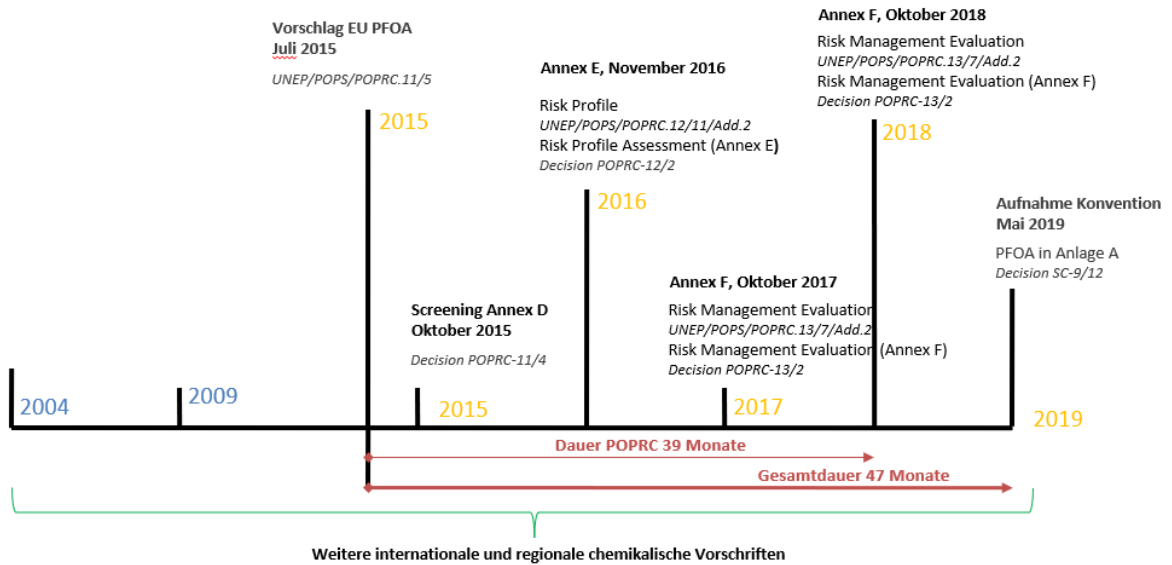
**Tabelle 84: Steckbrief Perfluorooctansäure (PFOA), ihrer Salze und PFOA-Vorläuferverbindungen**

| Substanz                                                                                           | Perfluorooctansäure (PFOA), ihre Salze und PFOA-Vorläuferverbindungen                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS-Nr.                                                                                            | 335-67-1 (PFOA)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Vorschlag Jahr und Wer                                                                             | 2015, Europäische Union                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Listung Jahr und Anhang                                                                            | 2019, Anhang A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Dauer Entscheidungsprozess im POPRC bis Anhang F bis COP                                           | 39 Monate (Verzögerung um ein Jahr im Anhang F)<br>47 Monate (Reguläre Listung auf der COP)                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Ausnahmen                                                                                          | Produktion: zugelassen für die in das Register aufgenommenen Vertragsparteien, mit Ausnahme von Feuerlöschschäumen<br>Verwendung: Zahlreiche spezifischen Ausnahmenregelungen in Übereinstimmung mit den Bestimmungen von Teil X von Anhang A.<br><i>Zusätzliche Ausnahmen auf der COP nach kontroverser Diskussion</i>                                  |
| Frühere Nutzung                                                                                    | Aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften werden PFOA und verwandte Verbindungen, in einer Vielzahl von Anwendungen und Konsumgütern in vielen Sektoren verwendet<br>PFOA wird unbeabsichtigt bei der thermischen Zersetzung von Fluorpolymeren wie Polytetrafluorethylen (PTFE; Teflon) wie etwa Pyrolyse oder offener Verbrennung gebildet. |
| Gegenwärtige Nutzung                                                                               | Siehe frühere Nutzung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Anzahl der Vertragsparteien, die nach Artikel 25, Abs. 4 noch nicht ratifiziert haben (Stand 2018) | 17 Vertragsparteien<br>(Argentinien, Australien, Bahrein, Bangladesch, Botswana, Canada, China, Guatemala, Indien, Mauritius, Mikronesien, Moldawien, Russland, Slowenien, Usbekistan, Vanuatu, Venezuela)                                                                                                                                               |
| Sonstiges / Auffälligkeiten                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |



**Abbildung 70: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von PFOA in der Konvention**

## Zeitschiene Entscheidungsprozess PFOA



Quelle: eigene Darstellung, POPs Environmental Consulting

**Tabelle 85: Auswertung Anhang-D-Screening PFOA**

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

<sup>a)</sup> Aufgrund seiner extrem hohen Persistenz sind keine verlässlich bestimmbaren Halbwertszeiten für PFOA verfügbar.

b) PFOA ist ein oberflächenaktiver, gut wasserlöslicher Stoff, daher sind log Kow-Werte als Indikator für Bioakkumulation nicht relevant. Auch die in Laborversuchen bestimmten BCF-Werte sind hierfür ungeeignet, weil die Bioakkumulation von PFOA nicht durch die Lipophilie getrieben wird und die Akkumulation somit nicht primär in Lipidgeweben erfolgt.

c) Nein, da keine numerischen Werte zu den Kriterien für Persistenz und Bioakkumulation vorhanden sind.

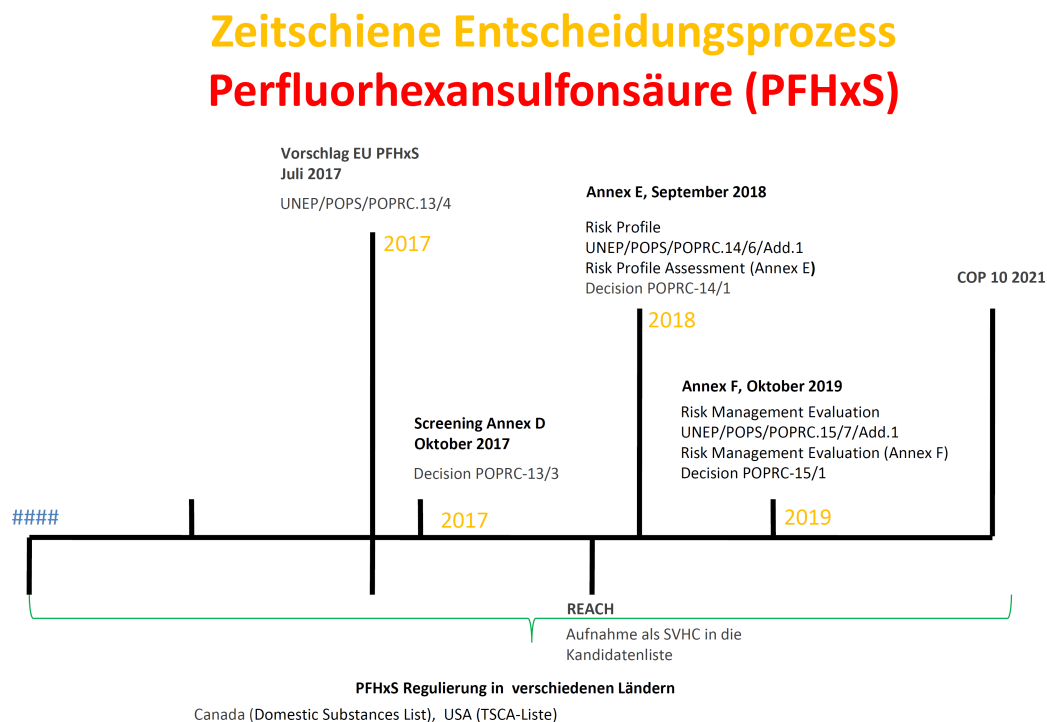
Quelle: Decision POPRC-11/4 (UNEP, 2015c)

## 2.2 Analyse der Listungsprozesse für POP-Kandidaten

Der folgende Abschnitt enthält Zeitschienen zum erreichten Stand im Entscheidungsprozess in der Stockholm-Konvention für drei Substanzen, die zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts als POP-Kandidaten benannt aber noch nicht gelistet waren.

### 2.2.1 Stand der Listung von PFHxS (POP Kandidat)

Abbildung 71: Zeitschiene des Entscheidungsprozesses der Listung von PFHxS in der Stockholm-Konvention



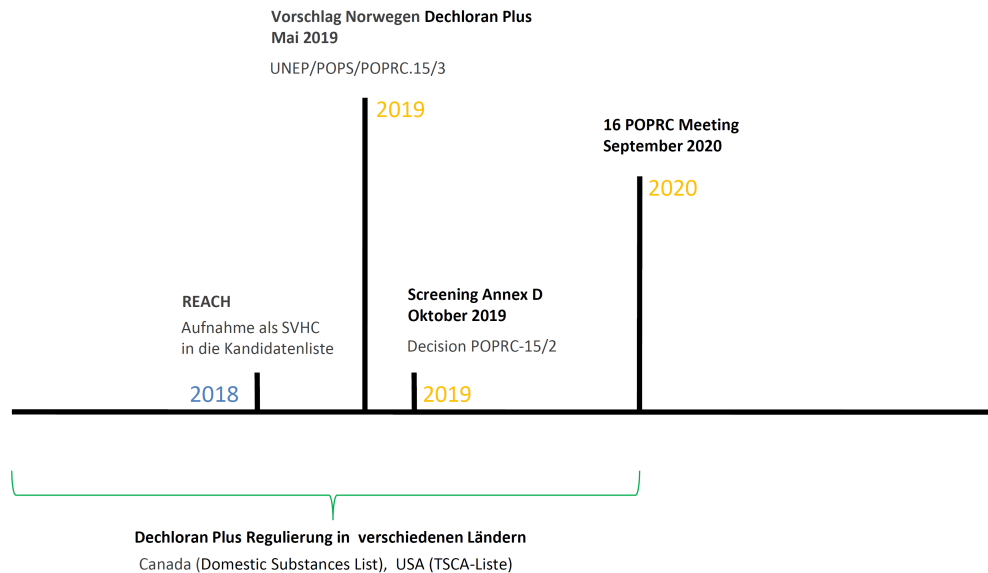
Wichtige Stoffdossiers zum Entscheidungsprozess  
•#####

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

## 2.2.2 Stand der Listung von Dechloran Plus (POP Kandidat)

Abbildung 72: Zeitschiene aktueller Untersuchungsprozess der Listung von Dechloran Plus in der Stockholm-Konvention

### Zeitschiene Entscheidungsprozess Dechloran Plus



#### Wichtige Stoffdossiers zum Entscheidungsprozess

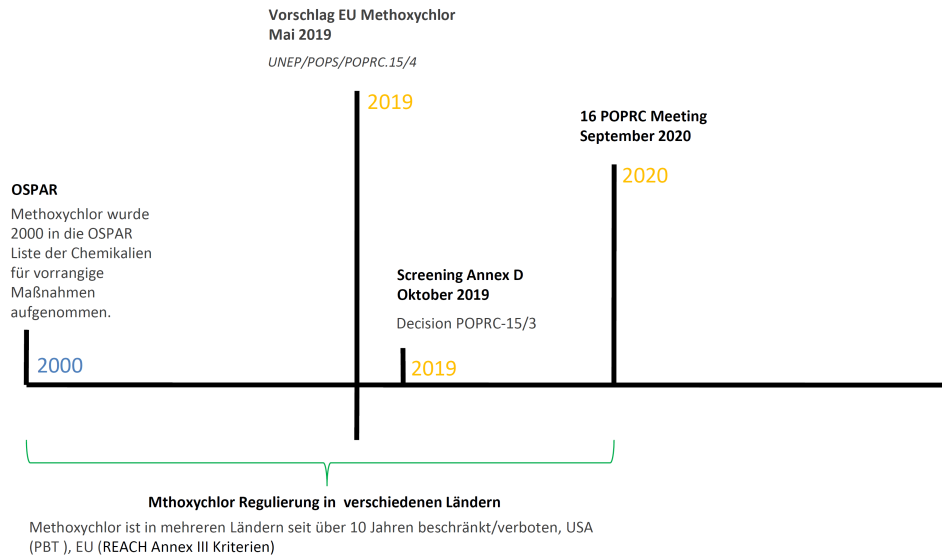
- Zahlreiche wissenschaftliche Publikationen, Informationen von Behörden, ECHA, und der Industrie, > 100 Referenzen im Proposal
- AMAP Assessment 2016: Chemicals of Emerging Arctic Concern. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP),

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

### 2.2.3 Stand der Leistung von Methoxychlor (POP Kandidat)

Abbildung 73: Zeitschiene aktueller Untersuchungsprozess von Methoxychlor in der Stockholm-Konvention

## Zeitschiene Entscheidungsprozess Methoxychlor



#### Wichtige Stoffdossiers zum Entscheidungsprozess

002: A toxicological profile for methoxychlor produced by the U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service Agency for Toxic substances and Disease Registry, US Department of Health  
2004 A report by the OSPAR Commission on methoxychlor as part of the Hazardous Substances Series (2004 Update);  
2011: A fact sheet on methoxychlor by the US Environment Protection Agency (US EPA, created in April 1992, updated in January 2011);  
2017: A screening fact sheet prepared for the European Commission by Bio Intelligence Service and INERIS

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

### 3 Quellenverzeichnis

- Abdallah, M. A., & Harrad, S. (2018). Dermal contact with furniture fabrics is a significant pathway of human exposure to brominated flame retardants. *Environment International*, 118, 26–33.  
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.05.027>
- AgNews. (2009, Juni 24). *Bayer to stop selling endosulfan in 2010*. AgroPages.  
<https://news.agropages.com/News/Detail-1410.htm>
- Ahlborg, U. G., Becking, G. C., Birnbaum, L. S., Brouwer, A., Derks, H. J. G. M., Feeley, M., Golor, G., Hanberg, A., Larsen, J. C., Liem, A. K. D., Safe, S. H., Schlatter, C., Waern, F., Younes, M., & Yrjänheikki, E. (1994). Toxic equivalency factors for dioxin-like PCBs. Report on WHO-ECEH and IPCS consultation, December 1993. *Chemosphere*, 28(6), 1049–1067. [https://doi.org/10.1016/0045-6535\(94\)90324-7](https://doi.org/10.1016/0045-6535(94)90324-7)
- Ahlborg, U. G., Lipworth, L., Titus-Ernstoff, L., Hsieh, C.-C., Hanberg, A., Baron, J., Trichopoulos, D., & Adami, H.-O. (1995). Organochlorine compounds in relation to breast cancer, endometrial cancer, and endometriosis: An assessment of the biological and epidemiological evidence. *Critical Reviews in Toxicology*, 25(6), 463–531.  
<https://doi.org/10.3109/10408449509017924>
- 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>
- Anderson, R. L., & DeFoe, D. L. (1980). Toxicity and bioaccumulation of endrin and methoxychlor in aquatic invertebrates and fish. *Environmental Pollution, Series A*, 22(2), 111–121. [https://doi.org/10.1016/0143-1471\(80\)90187-7](https://doi.org/10.1016/0143-1471(80)90187-7)
- Arnot, J., McCarty, L., Armitage, J., Toose-Reid, L., Wania, F., & Cousins, I. (2009). *An evaluation of hexabromocyclododecane (HBCD) for Persistent Organic Pollutant (POP) properties and the potential for adverse effects in the environment* (Submitted to: European Brominated Flame Retardant Industry Panel, EBFRIIP).  
[https://www.researchgate.net/publication/267774626\\_An\\_evaluation\\_of\\_hexabromocyclododecane\\_HBCD\\_for\\_Persistent\\_Organic\\_Pollutant\\_POP\\_properties\\_and\\_the\\_potential\\_for\\_adverse\\_effects\\_in\\_the\\_environment\\_Prepared\\_by](https://www.researchgate.net/publication/267774626_An_evaluation_of_hexabromocyclododecane_HBCD_for_Persistent_Organic_Pollutant_POP_properties_and_the_potential_for_adverse_effects_in_the_environment_Prepared_by)
- Atlas, E., & Giam, C. S. (1981). Global transport of organic pollutants: Ambient concentrations in the remote marine atmosphere. *Science*, 211(4478), 163–165. <https://doi.org/10.1126/science.211.4478.163>
- Attina, T. M., Hauser, R., Sathyanarayana, S., Hunt, P. A., Bourguignon, J.-P., John Peterson Myers, DiGangi, J., Zoeller, R. T., & Trasande, L. (2016). Exposure to endocrine-disrupting chemicals in the USA: A population-based disease burden and cost analysis. *The Lancet Diabetes and Endocrinology*, 4(12), 996–1003.  
[https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(16\)30275-3](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(16)30275-3)
- Ayas, Z., Barlas, N., & Kolankaya, D. (1997). Determination of organochlorine pesticide residues in various environments and organisms in Goksu Delta, Turkey. *Aquatic Toxicology*, 39(2), 171–181.  
[https://doi.org/10.1016/S0166-445X\(96\)00849-1](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(96)00849-1)
- Bagchi, D., Bagchi, M., Hassoun, E. A., & Stohs, S. J. (1995). In vitro and in vivo generation of reactive oxygen species, DNA damage and lactate dehydrogenase leakage by selected pesticides. *Toxicology*, 104(1–3), 129–140. [https://doi.org/10.1016/0300-483X\(95\)03156-A](https://doi.org/10.1016/0300-483X(95)03156-A)
- Bagchi, M., Hassoun, E. A., Bagchi, D., & Stohs, S. J. (1993). Production of reactive oxygen species by peritoneal macrophages and hepatic mitochondria and microsomes from endrin-treated rats. *Free Radical Biology and Medicine*, 14(2), 149–155. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(93\)90005-F](https://doi.org/10.1016/0891-5849(93)90005-F)
- 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.



- Ballschmiter, K., & Zell, M. (1980). Baseline studies of the global pollution. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 8(1), 15–35. <https://doi.org/10.1080/03067318008071876>
- Barnes, G., Baxter, J., Litva, A., & Staples, B. (2002). The social and psychological impact of the chemical contamination incident in Weston Village, UK: A qualitative analysis. *Social Science and Medicine*, 55(12), 2227–2241. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(01\)00367-7](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(01)00367-7)
- Barrie, L. A., Gregor, D., Hargrave, B., Lake, R., Muir, D. C. G., Shearer, R., Tracey, B., & Bidleman, T. (1992). Arctic contaminants: Sources, occurrence and pathways. *Science of the Total Environment*, 122(1–2), 1–74. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(92\)90245-N](https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90245-N)
- Bartlett, F. J., & Lofgren, C. S. (1964). Control of a Native Fire Ant, *Solenopsis geminata*, with Mirex Bait. *Journal of Economic Entomology*, 57(4), 602. <https://doi.org/10.1093/jee/57.4.602>
- Baun, A., Sørensen, S. N., Rasmussen, R. F., Hartmann, N. B., & Koch, C. B. (2008). Toxicity and bioaccumulation of xenobiotic organic compounds in the presence of aqueous suspensions of aggregates of nano-C60. *Aquatic Toxicology*, 86(3), 379–387. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.11.019>
- Beck, J., & Hansen, K. E. (1974). The degradation of quintozone, pentachlorobenzene, hexachlorobenzene and pentachloroaniline in soil. *Pesticide Science*, 5(1), 41–48. <https://doi.org/10.1002/ps.2780050108>
- Behnisch, P. A., Hosoe, K., & Sakai, S.-I. (2003). Brominated dioxin-like compounds: In vitro assessment in comparison to classical dioxin-like compounds and other polyaromatic compounds. *Environment International*, 29(6), 861–877. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00105-3](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00105-3)
- Béland, P., DeGuise, S., Girard, C., Lagacé, A., Martineau, D., Michaud, R., Muir, D. C. G., Norstrom, R. J., Pelletier, É., Ray, S., & Shugart, L. R. (1993). Toxic Compounds and Health and Reproductive Effects in St. Lawrence Beluga Whales. *Journal of Great Lakes Research*, 19(4), 766–775. [https://doi.org/10.1016/S0380-1330\(93\)71264-2](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(93)71264-2)
- Belfroid, A., Sikkenk, M., Seinen, W., Hermens, J., & Van Gestel, K. (1994). The toxicokinetic behavior of chlorobenzenes in earthworm (*Eisenia andrei*) experiments in soil. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 13(1), 93–99. <https://doi.org/10.1002/etc.5620130113>
- Benachour, N., Moslemi, S., Sipahutar, H., & Seralini, G.-E. (2007). Cytotoxic effects and aromatase inhibition by xenobiotic endocrine disruptors alone and in combination. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 222(2), 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2007.03.033>
- Beratergremium für Altstoffe. (1991). *Hexachlorbutadien* (BUA-Stoffbericht Nr. 62). GDCh.
- Bidleman, T. F., Patton, G. W., Walla, M. D., Hargrave, B. T., Vass, W. P., Erickson, P., Fowler, B., Scott, V., & Gregor, D. J. (1989). Toxaphene and Other Organochlorines in Arctic Ocean Fauna: Evidence for Atmospheric Delivery. *Arctic*, 42(4), 307–313. <https://doi.org/10.14430/arctic1671>
- Bishop, C. A., Koster, M. D., Chek, A. A., Hussell, D. J. T., & Jock, K. (1995). Chlorinated hydrocarbons and mercury in sediments, red-winged blackbirds (*Agelaius phoeniceus*) and tree swallows (*Tachycineta bicolor*) from wetlands in the Great Lakes–St. Lawrence River Basin. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14(3), 491–501. <https://doi.org/10.1002/etc.5620140319>
- Blais, J. M., Schindler, D. W., Muir, D. C. G., Kimpe, L. E., Donald, D. B., & Rosenberg, B. (1998). Accumulation of persistent organochlorine compounds in mountains of western Canada. *Nature*, 395(6702), 585–588. <https://doi.org/10.1038/26944>
- 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>

- Braune, B. M., Donaldson, G. M., & Hobson, K. A. (2001). Contaminant residues in seabird eggs from the Canadian Arctic. Part I. Temporal trends 1975-1998. *Environmental Pollution*, 114(1), 39–54.  
[https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00210-4](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00210-4)
- Braune, B. M., Outridge, P. M., Fisk, A. T., Muir, D. C. G., Helm, P. A., Hobbs, K., Hoekstra, P. F., Kuzyk, Z. A., Kwan, M., Letcher, R. J., Lockhart, W. L., Norstrom, R. J., Stern, G. A., & Stirling, I. (2005). Persistent organic pollutants and mercury in marine biota of the Canadian Arctic: An overview of spatial and temporal trends. *Science of the Total Environment*, 351–352, 4–56. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.034>
- 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)
- Brown, D. J., Van Overmeire, I., Goeyens, L., Denison, M. S., De Vito, M. J., & Clark, G. C. (2004). Analysis of Ah receptor pathway activation by brominated flame retardants. *Chemosphere*, 55(11), 1509–1518.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2003.10.019>
- BRS Secretariat. (o. J.-a). *Register of Specific Exemptions: Pentachlorophenol*. Implementation of the Stockholm Convention. Abgerufen 15. November 2021, von  
<https://pops.int/Implementation/Exemptions/SpecificExemptions/PCProSE/tabid/5481/Default.aspx>
- BRS Secretariat. (o. J.-b). *Register of Specific Exemptions: Technical endosulfan and its related isomers*. Implementation of the Stockholm Convention. Abgerufen 15. November 2021, von  
<https://pops.int/Implementation/Exemptions/SpecificExemptions/TechnicalendosulfanRoSE/tabid/5037/Default.aspx>
- Bruner, K. A., Fisher, S. W., & Landrum, P. F. (1994). The Role of the Zebra Mussel, *Dreissena polymorpha*, In Contaminant Cycling: II. Zebra Mussel Contaminant Accumulation from Algae and Suspended Particles, and Transfer to the Benthic Invertebrate, *Gammarus fasciatus*. *Journal of Great Lakes Research*, 20(4), 735–750.  
[https://doi.org/10.1016/S0380-1330\(94\)71191-6](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(94)71191-6)
- Brüschweiler, B. J., Märki, W., & Wülser, R. (2010). In vitro genotoxicity of polychlorinated butadienes (Cl4-Cl6). *Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 699(1–2), 47–54.  
<https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2010.04.017>
- Burchfiel, J. L., Duffy, F. H., & Sim, V. M. (1976). Persistent effects of sarin and dieldrin upon the primate electroencephalogram. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 35(2), 365–379. [https://doi.org/10.1016/0041-008X\(76\)90296-9](https://doi.org/10.1016/0041-008X(76)90296-9)
- Burhenne, J., Hainzl, D., Xu, L., Vieth, B., Alder, L., & Parlar, H. (1993). Preparation and structure of high-chlorinated bornane derivatives for the quantification of toxaphene residues in environmental samples. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 346(6–9), 779–785. <https://doi.org/10.1007/BF00321289>
- Burreau, S., Axelman, J., Broman, D., & Jakobsson, E. (1997). Dietary uptake in pike (*Esox lucius*) of some polychlorinated biphenyls, polychlorinated naphthalenes and polybrominated diphenyl ethers administered in natural diet. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 16(12), 2508–2513.  
<https://doi.org/10.1002/etc.5620161211>
- Buser, H.-R., & Müller, M. D. (1993). Enantioselective Determination of Chlordane Components, Metabolites, and Photoconversion Products in Environmental Samples Using Chiral High-Resolution Gas Chromatography and Mass Spectrometry. *Environmental Science and Technology*, 27(6), 1211–1220.  
<https://doi.org/10.1021/es00043a023>

- Buser, H.-R., Müller, M. D., & Theobald, N. (1998). Occurrence of the pharmaceutical drug clofibric acid and the herbicide mecoprop in various Swiss Lakes and in the North Sea. *Environmental Science and Technology*, 32(1), 188–192. <https://doi.org/10.1021/es9705811>
- Calafat, A. M., Wong, L.-Y., Kuklenyik, 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>
- Cam, C., & Nigogosyan, G. (1963). Acquired Toxic Porphyria Cutanea Tarda Due to Hexachlorobenzene: Report of 348 Cases Caused by This Fungicide. *JAMA, the Journal of the American Medical Association*, 183(2), 88–91. <https://doi.org/10.1001/jama.1963.03700020038009>
- Camenzuli, L., Scheringer, M., Gaus, C., Grant, S., Zennegg, M., & Hungerbühler, K. (2015). Historical emissions of octachlorodibenzodioxin in a watershed in Queensland, Australia: Estimation from field data and an environmental fate model. *Science of the Total Environment*, 502, 680–687. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.049>
- Carter, L. J. (1976). Michigan's PBB Incident: Chemical Mix-Up Leads to disaster. *Science*, 192(4236), 240–243. <https://doi.org/10.1126/science.192.4236.240>
- Casida, J. E. (1993). Insecticide action at the GABA-gated chloride channel: Recognition, progress, and prospects. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 22(1–2), 13–23. <https://doi.org/10.1002/arch.940220104>
- Castells, P., Parera, J., Santos, F. J., & Galceran, M. T. (2008). Occurrence of polychlorinated naphthalenes, polychlorinated biphenyls and short-chain chlorinated paraffins in marine sediments from Barcelona (Spain). *Chemosphere*, 70(9), 1552–1562. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.08.034>
- Chandler, G. T., & Scott, G. I. (1991). Effects of sediment-bound endosulfan on survival, reproduction and larval settlement of meiobenthic polychaetes and copepods. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 10(3), 375–382. <https://doi.org/10.1002/etc.5620100310>
- Chang, C.-J., Terrell, M. L., Marcus, M., Marder, M. E., Panuwet, P., Ryan, P. B., Pearson, M., Barton, H., & Barr, D. B. (2020). Serum concentrations of polybrominated biphenyls (PBBs), polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in the Michigan PBB Registry 40 years after the PBB contamination incident. *Environment International*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105526>
- Chang, F. H., Yang, C. R., Tsai, C. Y., & Lin, W. C. (2009). Airborne polybrominated diphenyl ethers in a computer classroom of college in Taiwan. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 6(2), 121–130.
- Chaudhry, G. R., & Chapalamadugu, S. (1991). Biodegradation of halogenated organic compounds. *Microbiological Reviews*, 55(1), 59–79. <https://doi.org/10.1128/mr.55.1.59-79.1991>
- 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://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19502203341>
- 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>
- Chen, M.-Y., Luo, X.-J., Zhang, X.-L., He, M.-J., Chen, S.-J., & Mai, B.-X. (2011). Chlorinated paraffins in sediments from the Pearl River Delta, South China: Spatial and temporal distributions and implication for processes. *Environmental Science and Technology*, 45(23), 9936–9943. <https://doi.org/10.1021/es202891a>

- Choi, J.-W., Fujimaki, S., Kitamura, K., Hashimoto, S., Ito, H., Suzuki, N., Sakai, S.-I., & Morita, M. (2003). Polybrominated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, and diphenyl ethers in Japanese human adipose tissue. *Environmental Science and Technology*, 37(5), 817–821. <https://doi.org/10.1021/es0258780>
- Clark, K. E., & Mackay, D. (1991). Dietary uptake and biomagnification of four chlorinated hydrocarbons by guppies. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 10(9), 1205–1217. <https://doi.org/10.1002/etc.5620100912>
- Clarke, B. O., & Smith, S. R. (2011). Review of „emerging“ organic contaminants in biosolids and assessment of international research priorities for the agricultural use of biosolids. *Environment International*, 37(1), 226–247. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.004>
- Cohn, W. J., Boylan, J. J., Blanke, R. V., Fariss, M. W., Howell, J. R., & Guzelian, P. S. (1978). Treatment of Chlordecone (Kepone) Toxicity with Cholestyramine: Results of a Controlled Clinical Trial. *New England Journal of Medicine*, 298(5), 243–248. <https://doi.org/10.1056/NEJM197802022980504>
- Colborn, T., Vom Saal, F. S., & Soto, A. M. (1993). Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environmental Health Perspectives*, 101(5), 378–384. <https://doi.org/10.1289/ehp.93101378>
- Corbett, T. H., Beaudoin, A. R., Cornell, R. G., Anver, M. R., Schumacher, R., Endres, J., & Szwabowska, M. (1975). Toxicity of polybrominated biphenyls (Firemaster BP-6) in rodents. *Environmental Research*, 10(3), 390–396. [https://doi.org/10.1016/0013-9351\(75\)90034-1](https://doi.org/10.1016/0013-9351(75)90034-1)
- Corsolini, S., Kannan, K., Imagawa, T., Focardi, S., & Giesy, J. P. (2002). Polychloronaphthalenes and other dioxin-like compounds in arctic and antarctic marine food webs. *Environmental Science and Technology*, 36(16), 3490–3496. <https://doi.org/10.1021/es025511v>
- Covaci, A., Voorspoels, S., & De Boer, J. (2003). Determination of brominated flame retardants, with emphasis on polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in environmental and human samples—A review. *Environment International*, 29(6), 735–756. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00114-4](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00114-4)
- Crandall, C. A., & Goodnight, C. J. (1963). The Effects of Sublethal Concentrations of Several Toxicants to the Common Guppy, *Lebistes reticulatus*. *Transactions of the American Microscopical Society*, 82(1), 59–73. <https://doi.org/10.2307/3223821>
- Crump, D., Brown, V., Rowley, J., & Squire, R. (2004). Reducing ingress of organic vapours into homes situated on contaminated land. *Environmental Technology*, 25(4), 443–450. <https://doi.org/10.1080/09593332508618453>
- 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>
- Damgaard, I. N., Skakkebaek, N. E., Toppari, J., Virtanen, H. E., Shen, H., Schramm, K.-W., Petersen, J. H., Jensen, T. K., Main, K. M., Boisen, K., Chellakooty, M., Schmidt, I., Kaleva, M., & Soumi, A. (2006). Persistent pesticides in human breast milk and cryptorchidism. *Environmental Health Perspectives*, 114(7), 1133–1138. <https://doi.org/10.1289/ehp.8741>
- Darnerud, P. O. (2003). Toxic effects of brominated flame retardants in man and in wildlife. *Environment International*, 29(6), 841–853. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00107-7](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00107-7)
- Darnerud, P. O., Eriksen, G. S., Jóhannesson, T., Larsen, P. B., & Viluksela, M. (2001). Polybrominated diphenyl ethers: Occurrence, dietary exposure, and toxicology. *Environmental Health Perspectives*, 109(SUPPL. 1), 49–68. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109s149>
- Daston, G. P., Gooch, J. W., Breslin, W. J., Shuey, D. L., Nikiforov, A. I., Fico, T. A., & Gorsuch, J. W. (1997). Environmental estrogens and reproductive health: A discussion of the human and environmental data. *Reproductive Toxicology*, 11(4), 465–481. [https://doi.org/10.1016/S0890-6238\(97\)00014-2](https://doi.org/10.1016/S0890-6238(97)00014-2)

- De Vault, D. S., Hesselberg, R., Rodgers, P. W., & Feist, T. J. (1996). Contaminant trends in Lake Trout and walleye from the Laurentian Great Lakes. *Journal of Great Lakes Research*, 22(4), 884–895. [https://doi.org/10.1016/S0380-1330\(96\)71009-2](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(96)71009-2)
- 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)
- De Wit, C. A., Herzke, D., & Vorkamp, K. (2010). Brominated flame retardants in the Arctic environment—Trends and new candidates. *Science of the Total Environment*, 408(15), 2885–2918. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.08.037>
- De Wit, C., Alaei, M., & Muir, D. C. G. (2006). Levels and trends of brominated flame retardants in the Arctic. *Chemosphere*, 64(2), 209–233. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.029>
- Denier van der Gon, H., Van het Bolscher, M., Visschedijk, A., & Zandveld, P. (2007). Emissions of persistent organic pollutants and eight candidate POPs from UNECE-Europe in 2000, 2010 and 2020 and the emission reduction resulting from the implementation of the UNECE POP protocol. *Atmospheric Environment*, 41(40), 9245–9261. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.06.055>
- Dewailly, E., Ayotte, P., Bruneau, S., Laliberte, C., Muir, D. C. G., & Norstrom, R. J. (1993). Inuit exposure to organochlorines through the aquatic food chain in Arctic Quebec. *Environmental Health Perspectives*, 101(7), 618–620. <https://doi.org/10.1289/ehp.93101618>
- Dinglasan, M. J. A., Ye, Y., Edwards, E. A., & Mabury, S. A. (2004). Fluorotelomer alcohol biodegradation yields poly- and perfluorinated acids. *Environmental Science and Technology*, 38(10), 2857–2864. <https://doi.org/10.1021/es0350177>
- Drouillard, K. G., Fernie, K. J., Letcher, R. J., Shutt, L. J., Whitehead, M., Gebbink, W., & Bird, D. M. (2007). Bioaccumulation and biotransformation of 61 polychlorinated biphenyl and four polybrominated diphenyl ether congeners in juvenile American kestrels (*Falco sparverius*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 26(2), 313–324. <https://doi.org/10.1897/06-052R.1>
- 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>
- Eljarrat, E., Caixach, J., & Rivera, J. (1999). Decline in PCDD and PCDF levels in sewage sludges from Catalonia (Spain). *Environmental Science and Technology*, 33(15), 2493–2498. <https://doi.org/10.1021/es9810888>
- Eriksson, P., Jakobsson, E., & Fredriksson, A. (2001). Brominated flame retardants: A novel class of developmental neurotoxicants in our environment? *Environmental Health Perspectives*, 109(9), 903–908. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109903>
- Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union. (2002). Richtlinie 2002/45/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 zur 20. Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates hinsichtlich der Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (kurzkettige Chlorparaffine). *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*, L 177, 21–22. <http://data.europa.eu/eli/dir/2002/45/oj/deu>
- Falandysz, J. (1998). Polychlorinated naphthalenes: An environmental update. *Environmental Pollution*, 101(1), 77–90. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(98\)00023-2](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(98)00023-2)
- Falandysz, J., & Rappe, C. (1996). Spatial distribution in plankton and bioaccumulation features of polychlorinated naphthalenes in a pelagic food chain in southern part of the Baltic proper. *Environmental Science and Technology*, 30(11), 3362–3370. <https://doi.org/10.1021/es960254d>



- Falandysz, J., Strandberg, B., Strandberg, L., Bergqvist, P.-A., & Rappe, C. (1998). Concentrations and spatial distribution of chlordanes and some other cyclodiene pesticides in Baltic plankton. *Science of the Total Environment*, 215(3), 253–258. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(98\)00127-2](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00127-2)
- Falandysz, J., Strandberg, L., Bergqvist, P.-A., Kulp, S. E., Strandberg, B., & Rappe, C. (1996). Polychlorinated naphthalenes in sediment and biota from the Gdansk Basin, Baltic Sea. *Environmental Science and Technology*, 30(11), 3266–3274. <https://doi.org/10.1021/es960057e>
- Falandysz, J., Strandberg, L., Kulp, S. E., Strandberg, B., Bergqvist, P.-A., & Rappe, C. (1996). Congener-specific analysis of chloronaphthalenes in white-tailed sea eagles *Haliaeetus albicilla* breeding in Poland. *Chemosphere*, 33(1), 51–69. [https://doi.org/10.1016/0045-6535\(96\)00163-4](https://doi.org/10.1016/0045-6535(96)00163-4)
- Fiedler, H. (2010). Short-Chain Chlorinated Paraffins: Production, Use and International Regulations. In J. De Boer (Hrsg.), *Chlorinated Paraffins* (S. 1–40).
- Fisk, A. T., Norstrom, R. J., Cymbalisty, C. D., & Muir, D. C. G. (1998). Dietary accumulation and depuration of hydrophobic organochlorines: Bioaccumulation parameters and their relationship with the octanol/water partition coefficient. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17(5), 951–961. <https://doi.org/10.1002/etc.5620170526>
- Flesch-Janys, D., Becher, H., Gurn, P., Jung, D., Konietzko, J., Manz, A., & Päpke, O. (1996). Elimination of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in occupationally exposed persons. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 47(4), 363–378. <https://doi.org/10.1080/009841096161708>
- Forter, M. (2015). Hexachlorobutadiene in the drinking water of the City of Basel (Switzerland), the Rhine and the chemical landfill „Feldreben“ of BASF, Novartis and Syngenta. *13th HCH Forum Book*. 13th HCH & Pesticides Forum, Zaragoza. [http://www.ihpa.info/docs/library/forumbooks/13/13thHCHForum\\_FORUM\\_BOOK\\_2015.pdf](http://www.ihpa.info/docs/library/forumbooks/13/13thHCHForum_FORUM_BOOK_2015.pdf)
- 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>
- Gaines, T. B., & Kimbrough, R. D. (1970). Oral toxicity of mirex in adult and suckling rats: With notes on the ultrastructure of liver changes. *Archives of Environmental Health*, 21(1), 7–14. <https://doi.org/10.1080/00039896.1970.10667184>
- Gao, Y., Zhang, H., Su, F., Tian, Y., & Chen, J. (2012). Environmental occurrence and distribution of short chain chlorinated paraffins in sediments and soils from the liaohe river basin, P. R. China. *Environmental Science and Technology*, 46(7), 3771–3778. <https://doi.org/10.1021/es2041256>
- Garrison, A. W. (2006). Probing the enantioselectivity of chiral pesticides. *Environmental Science and Technology*, 40(1), 16–23. <https://doi.org/10.1021/es063022f>
- Gartland, K. P. R., Beddell, C. R., Lindon, J. C., & Nicholson, J. K. (1991). Application of pattern recognition methods to the analysis and classification of toxicological data derived from proton nuclear magnetic resonance spectroscopy of urine. *Molecular Pharmacology*, 39(5), 629–642. <http://molpharm.aspetjournals.org/content/39/5/629>



- Gauthier, L. T., Hebert, C. E., Weseloh, D. V. C., & Letcher, R. J. (2008). Dramatic changes in the temporal trends of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in herring gull eggs from the Laurentian Great Lakes: 1982-2006. *Environmental Science and Technology*, 42(5), 1524–1530. <https://doi.org/10.1021/es702382k>
- 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)
- Gerecke, A. C., Hartmann, P. C., Heeb, N. V., Kohler, H.-P. E., Giger, W., Schmid, P., Zennegg, M., & Kohler, M. (2005). Anaerobic degradation of decabromodiphenyl ether. *Environmental Science and Technology*, 39(4), 1078–1083. <https://doi.org/10.1021/es048634j>
- 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>
- Glüge, J., Wang, Z., Bogdal, C., Scheringer, M., & Hungerbühler, K. (2016). Global production, use, and emission volumes of short-chain chlorinated paraffins – A minimum scenario. *Science of the Total Environment*, 573, 1132–1146. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.105>
- Gobas, F. A. P. C., Zhang, X., & Wells, R. (1993). Gastrointestinal Magnification: The Mechanism of Biomagnification and Food Chain Accumulation of Organic Chemicals. *Environmental Science and Technology*, 27(13), 2855–2863. <https://doi.org/10.1021/es00049a028>
- Government of Canada. (2013). *Pentachlorophenol and its salts and esters* (Submission of information specified in Annex E to the Stockholm Convention pursuant to Article 8 of the Convention). [https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC8CO-SUBM-PCP-Canada\\_1-130111.En.doc](https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC8CO-SUBM-PCP-Canada_1-130111.En.doc)
- Grimes, D. J., & Morrison, S. M. (1975). Bacterial bioconcentration of chlorinated hydrocarbon insecticides from aqueous systems. *Microbial Ecology*, 2(1), 43–59. <https://doi.org/10.1007/BF02010380>
- Gupta, S. S., Stadler, M., Noser, C. A., Ghosh, A., Steinhoff, B., Lenoir, D., Horwitz, C. P., Schramm, K.-W., & Collins, T. J. (2002). Rapid total destruction of chlorophenols by activated hydrogen peroxide. *Science*, 296(5566), 326–328. <https://doi.org/10.1126/science.1069297>
- Hagenmaier, H., Brunner, H., Haag, R., & Berchtold, A. (1986). PCDDs and PCDFs in sewage sludge, river and lake sediments from south west Germany. *Chemosphere*, 15(9–12), 1421–1428. [https://doi.org/10.1016/0045-6535\(86\)90420-0](https://doi.org/10.1016/0045-6535(86)90420-0)
- Häggblom, M. M. (1992). Microbial breakdown of halogenated aromatic pesticides and related compounds. *FEMS Microbiology Letters*, 103(1), 29–71. [https://doi.org/10.1016/0378-1097\(92\)90335-L](https://doi.org/10.1016/0378-1097(92)90335-L)
- Hakk, H., & Letcher, R. J. (2003). Metabolism in the toxicokinetics and fate of brominated flame retardants—A review. *Environment International*, 29(6), 801–828. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00109-0](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00109-0)
- Hallgren, S., Sinjari, T., Håkansson, H., & Darnerud, P. (2001). Effects of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) on thyroid hormone and vitamin A levels in rats and mice. *Archives of Toxicology*, 75(4), 200–208. <https://doi.org/10.1007/s002040000208>
- Hamers, T., Kamstra, J. H., Sonneveld, E., Murk, A. J., Kester, M. H. A., Andersson, P. L., Legler, J., & Brouwer, A. (2006). In vitro profiling of the endocrine-disrupting potency of brominated flame retardants. *Toxicological Sciences*, 92(1), 157–173. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfj187>
- Hansel, W., & McEntee, K. (1955). Bovine Hyperkeratosis (X-Disease): A Review. *Journal of Dairy Science*, 38(8), 875–882. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(55\)95052-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(55)95052-9)
- Hargrave, B. T., Harding, G. C., Vass, W. P., Erickson, P. E., Fowler, B. R., & Scott, V. (1992). Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in the Arctic Ocean food web. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 22(1), 41–54. <https://doi.org/10.1007/BF00213301>

- Harner, T., Kylin, H., Bidleman, T. F., Halsall, C., Strachan, W. M. J., Barrie, L. A., & Fellin, P. (1998). Polychlorinated naphthalenes and coplanar polychlorinated biphenyls in arctic air. *Environmental Science and Technology*, 32(21), 3257–3265. <https://doi.org/10.1021/es9803106>
- Harner, T., Shoeib, M., Diamond, M., Stern, G., & Rosenberg, B. (2004). Using passive air samplers to assess urban-rural trends for persistent organic pollutants. 1. Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides. *Environmental Science and Technology*, 38(17), 4474–4483. <https://doi.org/10.1021/es040302r>
- Harrison, D. L. (1973). Current Status of Organochlorine Pesticide Residues. In *Proceedings of the Pollution Research Conference, Wairakei, New Zealand 20-21 June 1973* (S. 409–415). New Zealand Department of Scientific and Industrial Research.
- Hendriks, A. J., Ma, W.-C., Brouns, J. J., de Ruiter-Dijkman, E. M., & Gast, R. (1995). Modelling and monitoring organochlorine and heavy metal accumulation in soils, earthworms, and shrews in Rhine-delta floodplains. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 29(1), 115–127. <https://doi.org/10.1007/BF00213096>
- Hoekstra, P. F., O'Hara, T. M., Fisk, A. T., Borgå, K., Solomon, K. R., & Muir, D. C. G. (2003). Trophic transfer of persistent organochlorine contaminants (OCs) within an Arctic marine food web from the southern Beaufort-Chukchi Seas. *Environmental Pollution*, 124(3), 509–522. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00482-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00482-7)
- 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)
- Holmes, E., Nicholls, A. W., Lindon, J. C., Ramos, S., Spraul, M., Neidig, P., Connor, S. C., Connelly, J., Damment, S. J. P., Haselden, J., & Nicholson, J. K. (1998). Development of a model for classification of toxin-induced lesions using <sup>1</sup>H NMR spectroscopy of urine combined with pattern recognition. *NMR in Biomedicine*, 11(4–5), 235–244. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1492\(199806/08\)11:4/5<235::AID-NBM507>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1492(199806/08)11:4/5<235::AID-NBM507>3.0.CO;2-V)
- Houde, M., Martin, J. W., Letcher, R. J., Solomon, K. R., & Muir, D. C. G. (2006). Biological monitoring of polyfluoroalkyl substances: A review. *Environmental Science and Technology*, 40(11), 3463–3473. <https://doi.org/10.1021/es052580b>
- Houde, M., Muir, D. C. G., Tomy, G. T., Whittle, D. M., Teixeira, C., & Moore, S. (2008). Bioaccumulation and trophic magnification of short- and medium-chain chlorinated paraffins in food webs from Lake Ontario and Lake Michigan. *Environmental Science and Technology*, 42(10), 3893–3899. <https://doi.org/10.1021/es703184s>
- Hough-Goldstein, J., & Keil, C. B. (1991). Prospects for Integrated Control of the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Using *Perillus bioculatus* (Hemiptera: Pentatomidae) and Various Pesticides. *Journal of Economic Entomology*, 84(6), 1645–1651. <https://doi.org/10.1093/jee/84.6.1645>
- 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>

IPCS. (1994). *Hexachlorobutadiene* (Environmental Health Criteria 156). UNEP, ILO, WHO.

<https://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc156.htm>

Isensee, A. R., Woolson, E. A., Jones, G. E., & Holden, E. R. (1976). Soil Persistence and Aquatic Bioaccumulation Potential of Hexachlorobenzene (HCB). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 24(6), 1210–1214.

<https://doi.org/10.1021/jf60208a009>

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)

Iwata, H., Tanabe, S., Ueda, K., & Tatsukawa, R. (1995). Persistent Organochlorine Residues in Air, Water, Sediments, and Soils from the Lake Baikal Region, Russia. *Environmental Science and Technology*, 29(3), 792–801. <https://doi.org/10.1021/es00003a030>

Jansson, B., Andersson, R., Asplund, L., Litzen, K., Nylund, K., Sellström, U., Uvemo, U.-B., Wahlberg, C., Wideqvist, U., Odsjö, T., & Olsson, M. (1993). Chlorinated and brominated persistent organic compounds in biological samples from the environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12(7), 1163–1174.

<https://doi.org/10.1002/etc.5620120704>

Jantunen, L. M. M., & Bidleman, T. F. (1998). Organochlorine pesticides and enantiomers of chiral pesticides in Arctic Ocean water. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 35(2), 218–228.

<https://doi.org/10.1007/s002449900370>

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, R. K., Sleight, S. D., Aust, S. D., Goodman, J. I., & Trosko, J. E. (1983). Hepatic tumor-promoting ability of 3,3',4,4',5,5'-hexabromobiphenyl: The interrelationship between toxicity, induction of hepatic microsomal drug metabolizing enzymes, and tumor-promoting ability. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 71(2), 163–176.

[https://doi.org/10.1016/0041-008X\(83\)90333-2](https://doi.org/10.1016/0041-008X(83)90333-2)

Jenssen, B. M., Skaare, J. U., Ekker, M., Vongraven, D., & Lorentsen, S.-H. (1996). Organochlorine compounds in blubber, liver and brain in neonatal grey seal pups. *Chemosphere*, 32(11), 2115–2125.

[https://doi.org/10.1016/0045-6535\(96\)00130-0](https://doi.org/10.1016/0045-6535(96)00130-0)

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. (1993). Detergent components in sewage effluent are weakly oestrogenic to fish: An in vitro study using rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) hepatocytes. *Aquatic Toxicology*, 27(3–4), 361–372. [https://doi.org/10.1016/0166-445X\(93\)90064-8](https://doi.org/10.1016/0166-445X(93)90064-8)

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>

Johansen, H. R., Becher, G., Polder, A., & Skaare, J. U. (1994). Congener-specific determination of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in human milk from norwegian mothers living in oslo. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 42(2), 157–171. <https://doi.org/10.1080/15287399409531870>

Kang, K.-S., Wilson, M. R., Hayashi, T., Chang, C.-C., & Trosko, J. E. (1996). Inhibition of gap junctional intercellular communication in normal human breast epithelial cells after treatment with pesticides, PCBs, and

PBBs, alone or in mixtures. *Environmental Health Perspectives*, 104(2), 192–200.

<https://doi.org/10.1289/ehp.96104192>

Kannan, K., Corsolini, S., Falandysz, J., Fillmann, G., Kumar, K. S., Loganathan, B. G., Mohd, M. A., Olivero, J., Van Wouwe, N., Yang, J. H., & Aldous, K. M. (2004). Perfluorooctanesulfonate and related fluorochemicals in human blood from several countries. *Environmental Science and Technology*, 38(17), 4489–4495.

<https://doi.org/10.1021/es0493446>

Kannan, K., Hilscherova, K., Imagawa, T., Yamashita, N., Williams, L. L., & Giesy, J. P. (2001). Polychlorinated naphthalenes, -biphenyls, -dibenzo-p-dioxins, and -dihenzofurans in double-crested cormorants and herring gulls from Michigan waters of the Great Lakes. *Environmental Science and Technology*, 35(3), 441–447.

<https://doi.org/10.1021/es0013374>

Kannan, K., Tanabe, S., Ramesh, A., Tatsukawa, R., & Subramanian, A. (1992). Persistent Organochlorine Residues in Foodstuffs from India and Their Implications on Human Dietary Exposure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(3), 518–524. <https://doi.org/10.1021/jf00015a032>

Kay, K. (1977). Polybrominated biphenyls (PBB) environmental contamination in Michigan, 1973-1976.

*Environmental Research*, 13(1), 74–93. [https://doi.org/10.1016/0013-9351\(77\)90006-8](https://doi.org/10.1016/0013-9351(77)90006-8)

Kelce, W. R., Stone, C. R., Laws, S. C., Gray, L. E., Kemppainen, J. A., & Wilson, E. M. (1995). Persistent DDT metabolite p,p'-DDE is a potent androgen receptor antagonist. *Nature*, 375(6532), 581–585.

<https://doi.org/10.1038/375581a0>

Kelly, B. C., & Gobas, F. A. P. C. (2003). An arctic terrestrial food-chain bioaccumulation model for persistent organic pollutants. *Environmental Science and Technology*, 37(13), 2966–2974.

<https://doi.org/10.1021/es021035x>

Kelly, B. C., Ikonomidou, M. G., Blair, J. D., & Gobas, F. A. P. C. (2008). Hydroxylated and methoxylated polybrominated diphenyl ethers in a Canadian arctic marine food web. *Environmental Science and Technology*, 42(19), 7069–7077. <https://doi.org/10.1021/es801275d>

Kelly, B. C., Ikonomidou, M. G., Blair, J. D., Morin, A. E., & Gobas, F. A. P. C. (2007). Food web-specific biomagnification of persistent organic pollutants. *Science*, 317(5835), 236–239.

<https://doi.org/10.1126/science.1138275>

Kimbrough, R. D., Burse, V. W., & Liddle, J. A. (1978). Persistent liver lesions in rats after a single oral dose of polybrominated biphenyls (Fire Master FF 1) and concomitant PBB tissue levels. *Environmental Health Perspectives*, 23, 265–273. <https://doi.org/10.1289/ehp.7823265>

Kjeller, L.-O., & Rappe, C. (1995). Time Trends in Levels, Patterns, and Profiles for Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins, Dibenzofurans, and Biphenyls in a Sediment Core from the Baltic Proper. *Environmental Science and Technology*, 29(2), 346–355. <https://doi.org/10.1021/es00002a010>

Kozani, R. R., Assadi, Y., Shemirani, F., Hosseini, M.-R. M., & Jamali, M. R. (2007). Part-per-trillion determination of chlorobenzenes in water using dispersive liquid-liquid microextraction combined gas chromatography-electron capture detection. *Talanta*, 72(2), 387–393. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.10.039>

Krätschmer, K., Malisch, R., & Vetter, W. (2021). Chlorinated paraffin levels in relation to other persistent organic pollutants found in pooled human milk samples from primiparous mothers in 53 countries. *Environmental Health Perspectives*, 129(8). <https://doi.org/10.1289/EHP7696>

Kucklick, J. R., Harvey, H. R., Ostrom, P. H., Ostrom, N. E., & Baker, J. E. (1996). Organochlorine dynamics in the pelagic food web of Lake Baikal. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15(8), 1388–1400.

<https://doi.org/10.1002/etc.5620150819>

- Lanno, R., Wells, J., Conder, J., Bradham, K., & Basta, N. (2004). The bioavailability of chemicals in soil for earthworms. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 57(1), 39–47.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.08.014>
- Lau, C., Butenhoff, J. L., & Rogers, J. M. (2004). The developmental toxicity of perfluoroalkyl acids and their derivatives. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 198(2), 231–241.  
<https://doi.org/10.1016/j.taap.2003.11.031>
- Law, R. J., Allchin, C. R., De Boer, J., Covaci, A., Herzke, D., Lepom, P., Morris, S., Tronczynski, J., & De Wit, C. A. (2006). Levels and trends of brominated flame retardants in the European environment. *Chemosphere*, 64(2), 187–208. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.12.007>
- Legler, J., & Brouwer, A. (2003). Are brominated flame retardants endocrine disruptors? *Environment International*, 29(6), 879–885. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00104-1](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00104-1)
- Lerche, D., Van de Plassche, E., Schwegler, A., & Balk, F. (2002). Selecting chemical substances for the UN-ECE POP Protocol. *Chemosphere*, 47(6), 617–630. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(02\)00028-0](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00028-0)
- 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/>
- 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., & Medler, J. T. (1958). Persistence of Aldrin and Heptachlor Residues on Alfalfa. *Journal of Economic Entomology*, 51(2), 222–226. <https://doi.org/10.1093/jee/51.2.222>
- 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>
- Linder, R., Scotti, T., Goldstein, J., McElroy, K., & Walsh, D. (1980). Acute and subchronic toxicity of pentachlorobenzene. *Journal of Environmental Pathology and Toxicology*, 4(5–6), 183–196.
- Livingstone, D. R. (1998). The fate of organic xenobiotics in aquatic ecosystems: Quantitative and qualitative differences in biotransformation by invertebrates and fish. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 120(1), 43–49. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(98\)10008-9](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(98)10008-9)
- Lofgren, C. S., Bartlett, F. J., Stringer, C. E., Jr., & Banks, W. A. (1964). Imported Fire Ant Toxic Bait Studies: Further Tests with Granulated Mirex-Soybean Oil Bait. *Journal of Economic Entomology*, 57(5), 695–698.  
<https://doi.org/10.1093/jee/57.5.695>
- Long, E. R., Macdonald, D. D., Smith, S. L., & Calder, F. D. (1995). Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*, 19(1), 81–97. <https://doi.org/10.1007/BF02472006>
- Loustalot, A. J. & Ferrer, R. (1950). The effect of some environmental factors on the persistence of sodium pentachloro-phenate in the soil. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 56, 294–298.
- Macgregor, K., Oliver, I. W., Harris, L., & Ridgway, I. M. (2010). Persistent organic pollutants (PCB, DDT, HCH, HCB & BDE) in eels (*Anguilla anguilla*) in Scotland: Current levels and temporal trends. *Environmental Pollution*, 158(7), 2402–2411. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.04.005>
- Mariussen, E., & Fonnum, F. (2003). The effect of brominated flame retardants on neurotransmitter uptake into rat brain synaptosomes and vesicles. *Neurochemistry International*, 43(4–5), 533–542.  
[https://doi.org/10.1016/S0197-0186\(03\)00044-5](https://doi.org/10.1016/S0197-0186(03)00044-5)



- Mariussen, E., Myhre, O., Reistad, T., & Fonnum, F. (2002). The polychlorinated biphenyl mixture Aroclor 1254 induces death of rat cerebellar granule cells: The involvement of the N-methyl-D-aspartate receptor and reactive oxygen species. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 179(3), 137–144. <https://doi.org/10.1006/taap.2002.9353>
- Marsh, G., Hu, J., Jakobsson, E., Rahm, S., & Bergman, Å. (1999). Synthesis and characterization of 32 polybrominated diphenyl ethers. *Environmental Science and Technology*, 33(17), 3033–3037. <https://doi.org/10.1021/es9902266>
- Martin, J. W., Smithwick, M. M., Braune, B. M., Hoekstra, P. F., Muir, D. C. G., & Mabury, S. A. (2004). Identification of Long-Chain Perfluorinated Acids in Biota from the Canadian Arctic. *Environmental Science and Technology*, 38(2), 373–380. <https://doi.org/10.1021/es034727+>
- Mclachlan, M. S. (1996). Bioaccumulation of hydrophobic chemicals in agricultural food chains. *Environmental Science and Technology*, 30(1), 252–259. <https://doi.org/10.1021/es9502738>
- McLeese, D. W., Metcalfe, C. D., & Pezzack, D. S. (1980). Bioaccumulation of chlorobiphenyls and endrin from food by lobsters (*Homarus americanus*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 25(1), 161–168. <https://doi.org/10.1007/BF01985505>
- Mehendale, H. M. (1991). Role of hepatocellular regeneration and hepatolobular healing in the final outcome of liver injury. A two-stage model of toxicity. *Biochemical Pharmacology*, 42(6), 1155–1162. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(91\)90249-5](https://doi.org/10.1016/0006-2952(91)90249-5)
- Melis, R. (1955). Research on the toxic action of hexachlorobenzene (C<sub>6</sub>Cl<sub>6</sub>) on warm-blooded animals. [Ricerche sull'azione tossica dell'esaclorobenzolo (C<sub>6</sub>Cl<sub>6</sub>) per gli animali a sangue caldo.]. *Nuovi annali d'igiene e microbiologia*, 6(5), 361–367.
- Menone, M. L., Bortolus, A., Botto, F., Aizpun de Moreno, J. E., Moreno, V. J., Iribarne, O., Metcalfe, T. L., & Metcalfe, C. D. (2000). Organochlorine contaminants in a coastal lagoon in argentina: Analysis of sediment, crabs, and cordgrass from two different habitats. *Estuaries*, 23(4), 583–592. <https://doi.org/10.2307/1353148>
- Miège, C., Peretti, A., Labadie, P., Budzinski, H., Le Bizec, B., Vorkamp, K., Tronczyński, J., Persat, H., Coquery, M., & Babut, M. (2012). Occurrence of priority and emerging organic compounds in fishes from the Rhone River (France). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 404(9), 2721–2735. <https://doi.org/10.1007/s00216-012-6187-0>
- 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>
- Mills, A. C., & Biggar, J. W. (1969). Solubility-Temperature Effect on the Adsorption of Gamma- and Beta-BHC from Aqueous and Hexane Solutions by Soil Materials. *Soil Science Society of America Journal*, 33(2), 210–216. <https://doi.org/10.2136/sssaj1969.03615995003300020016x>
- Moisey, J., Fisk, A. T., Hobson, K. A., & Norstrom, R. J. (2001). Hexachlorocyclohexane (HCH) isomers and chiral signatures of  $\alpha$ -HCH in the arctic marine food web of the Northwater Polynya. *Environmental Science and Technology*, 35(10), 1920–1927. <https://doi.org/10.1021/es001740a>
- Moody, C. A., Martin, J. W., Kwan, W. C., Muir, D. C. G., & Mabury, S. A. (2002). Monitoring perfluorinated surfactants in biota and surface water samples following an accidental release of fire-fighting foam into Etobicoke Creek. *Environmental Science and Technology*, 36(4), 545–551. <https://doi.org/10.1021/es011001+>



Mora, M. A., & Anderson, D. W. (1991). Seasonal and geographical variation of organochlorine residues in birds from Northwest Mexico. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 21(4), 541–548.

<https://doi.org/10.1007/BF01183876>

Morris, S., Allchin, C. R., Zegers, B. N., Haftka, J. J. H., Boon, J. P., Belpaire, C., Leonards, P. E. G., Van Leeuwen, S. P. J., & De Boer, J. (2004). Distribution and fate of HBCD and TBBPA brominated flame retardants in North Sea estuaries and aquatic food webs. *Environmental Science and Technology*, 38(21), 5497–5504.

<https://doi.org/10.1021/es049640i>

Muir, D. C. G., Ford, C. A., Grift, N. P., Stewart, R. E. A., & Bidleman, T. F. (1992). Organochlorine contaminants in narwhal (*Monodon monoceros*) from the Canadian Arctic. *Environmental Pollution*, 75(3), 307–316.

[https://doi.org/10.1016/0269-7491\(92\)90131-S](https://doi.org/10.1016/0269-7491(92)90131-S)

Muir, D. C. G., Ford, C. A., Rosenberg, B., Norstrom, R. J., Simon, M., & Béland, P. (1996). Persistent organochlorines in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St Lawrence River Estuary—I. Concentrations and patterns of specific PCBs, chlorinated pesticides and polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans. *Environmental Pollution*, 93(2), 219–234. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(96\)00006-1](https://doi.org/10.1016/0269-7491(96)00006-1)

Muir, D. C. G., Grift, N. P., Lockhart, W. L., Wilkinson, P., Billeck, B. N., & Brunskill, G. J. (1995). Spatial trends and historical profiles of organochlorine pesticides in Arctic lake sediments. *Science of the Total Environment*, 160–161(C), 447–457. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04378-E](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04378-E)

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)

Naqvi, S. M., & Vaishnavi, C. (1993). Bioaccumulative potential and toxicity of endosulfan insecticide to non-target animals. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C: Comparative Pharmacology*, 105(3), 347–361.

[https://doi.org/10.1016/0742-8413\(93\)90071-R](https://doi.org/10.1016/0742-8413(93)90071-R)

Norstrom, R. J., & Muir, D. C. G. (1994). Chlorinated hydrocarbon contaminants in arctic marine mammals. *Science of the Total Environment*, 154(2–3), 107–128. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(94\)90082-5](https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90082-5)

Nyholm, J. R., Lundberg, C., & Andersson, P. L. (2010). Biodegradation kinetics of selected brominated flame retardants in aerobic and anaerobic soil. *Environmental Pollution*, 158(6), 2235–2240.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.02.010>

Oliver, B. G., & Niimi, A. J. (1983). Bioconcentration of Chlorobenzenes from Water by Rainbow Trout: Correlations with Partition Coefficients and Environmental Residues. *Environmental Science and Technology*, 17(5), 287–291. <https://doi.org/10.1021/es00111a009>

Patton, G. W., Hinckley, D. A., Walla, M. D., Bidleman, T. F., & Hargrave, B. T. (1989). Airborne organochlorines in the Canadian High Arctic. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 41(3).

<https://doi.org/10.3402/tellusb.v41i3.15076>

Patton, G. W., Walla, M. D., Bidleman, T. F., & Barrie, L. A. (1991). Polycyclic aromatic and organochlorine compounds in the atmosphere of northern Ellesmere Island, Canada. *Journal of Geophysical Research*, 96(D6), 10,867–10,877. <https://doi.org/10.1029/91jd00010>

- 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>
- Peters, H. A., Gocmen, A., Cripps, D. J., Bryan, G. T., & Dogramaci, I. (1982). Epidemiology of Hexachlorobenzene-Induced Porphyria in Turkey: Clinical and Laboratory Follow-up After 25 Years. *Archives of Neurology*, 39(12), 744–749. <https://doi.org/10.1001/archneur.1982.00510240006002>
- Potrykus, A., Milunov, M., & Weißenbacher, J. (2015). *Ermittlung von potentiell POP-haltigen Abfällen und Recyclingstoffen—Ableitung von Grenzwerten* (UBA Texte 34/2015) [FKZ 3712 33 342, Abschlussbericht]. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ermittlung-von-potentiell-pop-haltigen-abfaellen>
- Prevedouros, K., Cousins, I. T., Buck, R. C., & Korzeniowski, S. H. (2006). Sources, fate and transport of perfluorocarboxylates. *Environmental Science and Technology*, 40(1), 32–44. <https://doi.org/10.1021/es0512475>
- Pruell, R. J., Rubinstein, N. I., Taplin, B. K., LiVolsi, J. A., & Bowen, R. D. (1993). Accumulation of polychlorinated organic contaminants from sediment by three benthic marine species. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 24(3), 290–297. <https://doi.org/10.1007/BF01128727>
- Qiu, X., Zhu, T., Li, J., Pan, H., Li, Q., Miao, G., & Gong, J. (2004). Organochlorine Pesticides in the Air around the Taihu Lake, China. *Environmental Science and Technology*, 38(5), 1368–1374. <https://doi.org/10.1021/es035052d>
- Qiu, X., Zhu, T., Yao, B., Hu, J., & Hu, S. (2005). Contribution of dicofol to the current DDT pollution in China. *Environmental Science and Technology*, 39(12), 4385–4390. <https://doi.org/10.1021/es050342a>
- Radomski, J. L., & Davidow, B. (1953). The metabolite of heptachlor, its estimation storage, and toxicity. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 107(3), 266–272.
- Randall, R. C., Lee, H., Ozretich, R. J., Lake, J. L., & Pruell, R. J. (1991). Evaluation of selected lipid methods for normalizing pollutant bioaccumulation. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 10(11), 1431–1436. <https://doi.org/10.1002/etc.5620101108>
- Reynoldson, T. B., Thompson, S. P., & Bamsey, J. L. (1991). A sediment bioassay using the tubificid oligochaete worm *Tubifex tubifex*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 10(8), 1061–1072. <https://doi.org/10.1002/etc.5620100811>
- 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>
- Rogoff, W. M., & Metcalf, R. L. (1951). Some Insecticidal Properties of Heptachlor. *Journal of Economic Entomology*, 44(6), 910–918. <https://doi.org/10.1093/jee/44.6.910>
- 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://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://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://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19521000446>
- Safe, S. (1990). Polychlorinated biphenyls (PCBs), dibenzo-p-dioxins (PCDDs), dibenzofurans (PCDFs), and related compounds: Environmental and mechanistic considerations which support the development of toxic equivalency factors (TEFs). *Critical Reviews in Toxicology*, 21(1), 51–88. <https://doi.org/10.3109/10408449009089873>

- Safe, S. H. (1994). Polychlorinated biphenyls (PCBs): Environmental impact, biochemical and toxic responses, and implications for risk assessment. *Critical Reviews in Toxicology*, 24(2), 87–149.  
<https://doi.org/10.3109/10408449409049308>
- Saleh, M. A. (1991). Toxaphene. In G. W. Ware (Hrsg.), *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. Continuation of Residue Reviews* (Bd. 118, S. 1–85). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3082-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3082-3_1)
- Sandau, C. D., Ayotte, P., Dewailly, E., Duffe, J., & Norstrom, R. J. (2000). Analysis of hydroxylated metabolites of PCBs (OH-PCBs) and other chlorinated phenolic compounds in whole blood from Canadian Inuit. *Environmental Health Perspectives*, 108(7), 611–616. <https://doi.org/10.1289/ehp.00108611>
- Sanders, J. M., Burka, L. T., Smith, C. S., Black, W., James, R., & Cunningham, M. L. (2005). Differential expression of CYP1A, 2B, and 3A genes in the F344 rat following exposure to a polybrominated diphenyl ether mixture or individual components. *Toxicological Sciences*, 88(1), 127–133.  
<https://doi.org/10.1093/toxsci/kfi288>
- 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)
- Schechter, A., Pavuk, M., Pöpke, O., Ryan, J. J., Birnbaum, L., & Rosen, R. (2003). Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in U.S. mothers' milk. *Environmental Health Perspectives*, 111(14), 1723–1729.  
<https://doi.org/10.1289/ehp.6466>
- Schenker, U., Soltermann, F., Scheringer, M., & Hungerbühler, K. (2008). Modeling the environmental fate of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs): The importance of photolysis for the formation of lighter PBDEs. *Environmental Science and Technology*, 42(24), 9244–9249. <https://doi.org/10.1021/es801042n>
- Schimmel, S. C., Patrick, J. M., Faas, L. F., Oglesby, J. L., & Wilson, A. J. (1979). Kepone®: Toxicity and bioaccumulation in blue crabs. *Estuaries*, 2(1), 9–15. <https://doi.org/10.2307/1352033>
- Scopus. (o. J.). Abgerufen 21. Januar 2025, von <https://www.scopus.com/>
- Sellström, U., Jansson, B., Kierkegaard, A., De Wit, C., Odsjö, T., & Olsson, M. (1993). Polybrominated diphenyl ethers (PBDE) in biological samples from the Swedish environment. *Chemosphere*, 26(9), 1703–1718.  
[https://doi.org/10.1016/0045-6535\(93\)90114-K](https://doi.org/10.1016/0045-6535(93)90114-K)
- Semple, K. T., Reid, B. J., & Fermor, T. R. (2001). Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. *Environmental Pollution*, 112(2), 269–283.  
[https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00099-3](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00099-3)
- Shen, L., Wania, F., Lei, Y. D., Teixeira, C., Muir, D. C. G., & Bidleman, T. F. (2005). Atmospheric distribution and long-range transport behavior of organochlorine pesticides in North America. *Environmental Science and Technology*, 39(2), 409–420. <https://doi.org/10.1021/es049489c>
- Simonich, S. L., & Hites, R. A. (1995). Global distribution of persistent organochlorine compounds. *Science*, 269(5232), 1851–1854. <https://doi.org/10.1126/science.7569923>
- Sinkkonen, S., Rantalainen, A.-L., Paasivirta, J., & Lahtiperä, M. (2004). Polybrominated methoxy diphenyl ethers (MeO-PBDEs) in fish and guillemot of Baltic, Atlantic and Arctic environments. *Chemosphere*, 56(8), 767–775. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.02.007>
- Sjödin, A., Hagmar, L., Klasson-Wehler, E., Kronholm-Dlab, K., Jakobsson, E., & Bergman, Å. (1999). Flame retardant exposure: Polybrominated diphenyl ethers in blood from Swedish workers. *Environmental Health Perspectives*, 107(8), 643–648. <https://doi.org/10.1289/ehp.107-1566483>

- Sochová, I., Hofman, J., & Holoubek, I. (2007). Effects of seven organic pollutants on soil nematode *Caenorhabditis elegans*. *Environment International*, 33(6), 798–804.  
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.03.001>
- Soto, A. M., Sonnenschein, C., Chung, K. L., Fernandez, M. F., Olea, N., & Olea Serrano, F. (1995). The E-SCREEN assay as a tool to identify estrogens: An update on estrogenic environmental pollutants. *Environmental Health Perspectives*, 103(Suppl. 7), 113–122. <https://doi.org/10.1289/ehp.95103s7113>
- Sparling, D. W., Fellers, G. M., & McConnell, L. L. (2001). Pesticides and amphibian population declines in California, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20(7), 1591–1595.  
<https://doi.org/10.1002/etc.5620200725>
- 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>
- Stapleton, H. M., Alaei, M., Letcher, R. J., & Baker, J. E. (2004). Debromination of the Flame Retardant Decabromodiphenyl Ether by Juvenile Carp (*Cyprinus carpio*) following Dietary Exposure. *Environmental Science and Technology*, 38(1), 112–119. <https://doi.org/10.1021/es034746j>
- Stapleton, H. M., & Baker, J. E. (2003). Comparing polybrominated diphenyl ether and polychlorinated biphenyl bioaccumulation in a food web in Grand Traverse Bay, Lake Michigan. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 45(2), 227–234. <https://doi.org/10.1007/s00244-003-0165-7>
- Staskal, D. F., Diliberto, J. J., DeVito, M. J., & Birnbaum, L. S. (2005). Toxicokinetics of BDE 47 in female mice: Effect of dose, route of exposure, and time. *Toxicological Sciences*, 83(2), 215–223.  
<https://doi.org/10.1093/toxsci/kfi018>
- Stedman Jr., T. M., Booth, N. H., Bush, P. B., Page, R. K., & Goetsch, D. D. (1980). Toxicity and bioaccumulation of pentachlorophenol in broiler chickens. *Poultry science*, 59(5), 1018–1026.  
<https://doi.org/10.3382/ps.0591018>
- Stern, G. A., Muir, D. C. G., Ford, C. A., Grift, N. P., Dewailly, E., Bidleman, T. F., & Walla, M. D. (1992). Isolation and Identification of Two Major Recalcitrant Toxaphene Congeners in Aquatic Biota. *Environmental Science and Technology*, 26(9), 1838–1840. <https://doi.org/10.1021/es00033a020>
- 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.
- Stow, C. A., Carpenter, S. R., Eby, L. A., Amrhein, J. F., & Hesselberg, R. J. (1995). Evidence that PCBs are approaching stable concentrations in Lake Michigan fishes. *Ecological Applications*, 5(1), 248–260.  
<https://doi.org/10.2307/1942067>
- 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)
- Tate, C. M., & Heiny, J. S. (1996). Organochlorine compounds in bed sediment and fish tissue in the South Platte River Basin, USA, 1992–1993. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 30(1), 62–78.  
<https://doi.org/10.1007/BF00211330>
- 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>
- Thorpe, E., & Walker, A. I. T. (1973). The toxicology of dieldrin (HEOD). II. Comparative long-term oral toxicity studies in mice with dieldrin, DDT, phenobarbitone,  $\beta$ -BHC and  $\gamma$ -BHC. *Food and Cosmetics Toxicology*, 11(3), 433–442. [https://doi.org/10.1016/0015-6264\(73\)90008-4](https://doi.org/10.1016/0015-6264(73)90008-4)

- Tokarz III, J. A., Ahn, M.-Y., Leng, J., Filley, T. R., & Nies, L. (2008). Reductive debromination of polybrominated diphenyl ethers in anaerobic sediment and a biomimetic system. *Environmental Science and Technology*, 42(4), 1157–1164. <https://doi.org/10.1021/es071989t>
- Tomy, G. T., Stern, G. A., Lockhart, W. L., & Muir, D. C. G. (1999). Occurrence of C10-C13 polychlorinated n-alkanes in Canadian midlatitude and Arctic lake sediments. *Environmental Science and Technology*, 33(17), 2858–2863. <https://doi.org/10.1021/es990107q>
- 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>
- Tsutsumi, T., Yanagi, T., Nakamura, M., Kono, Y., Uchibe, H., Iida, T., Hori, T., Nakagawa, R., Tobiishi, K., Matsuda, R., Sasaki, K., & Toyoda, M. (2001). Update of daily intake of PCDDs, PCDFs, and dioxin-like DCBs from food in Japan. *Chemosphere*, 45(8), 1129–1137. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(01\)00151-5](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00151-5)
- UBA. (2017). *Nationaler Durchführungsplan der Bundesrepublik Deutschland zum Stockholmer Übereinkommen* (UBA Texte 84/2017). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/nationaler-durchfuehrungsplan-der-bundesrepublik>
- Umlauf, G., Christoph, E. H., Savolainen, R., Skejo, H., Clemens, J., Goldbach, H., Scherer, H., & Lanzini, L. (2004). PCDD/Fs and Dioxin-like PCBs in Soil after 42 Years of Bio Waste Application. *Organohalogen Compounds*, 66, 1340–1345. <https://dioxin20xx.org/wp-content/uploads/pdfs/2004/04-199.pdf>
- UNEP. (2005a). *Decision POPRC-1/3: Pentabromodiphenyl ether* (UNEP/POPS/POPRC.1/10, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.1-POPRC-1-3.English.pdf>
- UNEP. (2005b). *Decision POPRC-1/5: Hexabromobiphenyl* (UNEP/POPS/POPRC.1/10, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.1-POPRC-1-5.English.pdf>
- UNEP. (2005c). *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. (2005d). *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. (2005e). *Hexabromobiphenyl proposal* (UNEP/POPS/POPRC.1/7). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.1-7.English.pdf>
- UNEP. (2005f). *Pentabromodiphenyl ether proposal* (UNEP/POPS/POPRC.1/5). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.1-5.English.pdf>
- UNEP. (2005g). *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-2/6: Commercial octabromodiphenyl ether* (UNEP/POPS/POPRC.2/17, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.2-POPRC-2-6.English.pdf>
- UNEP. (2006b). *Decision POPRC-2/7: Pentachlorobenzene* (UNEP/POPS/POPRC.2/17, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.2-POPRC-2-7.English.pdf>
- UNEP. (2006c). *Decision POPRC-2/8: Short-chained chlorinated paraffins* (UNEP/POPS/POPRC.2/17, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.2-POPRC-2-8.English.pdf>
- UNEP. (2006d). *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. (2006e). *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. (2006f). *Risk profile on chlordecone* (UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.2).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.2-17-Add.2.English.pdf>
- UNEP. (2006g). *Risk profile on commercial pentabromodiphenyl ether* (UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.1).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.2-17-Add.1.English.pdf>
- UNEP. (2006h). *Risk profile on hexabromobiphenyl* (UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.3).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.2-17-Add.3.English.pdf>
- UNEP. (2006i). *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. (2006j). *Risk profile on perfluorooctane sulfonate* (UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.5).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.2-17-Add.5.English.pdf>
- UNEP. (2006k). *Short-chained chlorinated paraffins proposal* (UNEP/POPS/POPRC.2/INF/6).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.2-INF-6.English.pdf>
- UNEP. (2006l). *Summary of octabromodiphenyl ether proposal* (UNEP/POPS/POPRC.2/12).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.2-12.English.pdf>
- UNEP. (2006m). *Summary of pentachlorobenzene proposal* (UNEP/POPS/POPRC.2/13).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.2-13.English.pdf>
- UNEP. (2007a). *Decision POPRC-3/3: Hexabromobiphenyl* (UNEP/POPS/POPRC.3/20, Annex I).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.3-POPRC-3-3.English.pdf>
- UNEP. (2007b). *Decision POPRC-3/7: Pentachlorobenzene* (UNEP/POPS/POPRC.3/20, Annex I).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.3-POPRC-3-7.English.pdf>
- UNEP. (2007c). *Decision POPRC-3/8: Short-chained chlorinated paraffins* (UNEP/POPS/POPRC.3/20, Annex I).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.3-POPRC-3-8.English.pdf>
- UNEP. (2007d). *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. (2007e). *Draft risk profile: Short-chained chlorinated paraffins* (UNEP/POPS/POPRC.3/16).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.3-16.English.pdf>
- UNEP. (2007f). *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. (2007g). *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. (2007h). *Risk profile on commercial octabromodiphenyl ether* (UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.6).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.3-20-Add.6.English.pdf>
- UNEP. (2007i). *Risk profile on pentachlorobenzene* (UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.7).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.3-20-Add.7.English.pdf>
- UNEP. (2008a). *Addendum to the risk profile for pentachlorobenzene* (UNEP/POPS/POPRC.4/15/Add.5).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.4-15-Add.5.English.pdf>
- UNEP. (2008b). *Decision POPRC-4/5: Endosulfan* (UNEP/POPS/POPRC.4/15, Annex I).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.4-POPRC-4-5.English.pdf>
- UNEP. (2008c). *Endosulfan proposal* (UNEP/POPS/POPRC.4/14).  
<https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.4-14.English.pdf>



- UNEP. (2008d). *Risk management evaluation for pentachlorobenzene* (UNEP/POPS/POPRC.4/15/Add.2). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.4-15-Add.2.English.pdf>
- UNEP. (2009a). *Decision POPRC-5/6: Hexabromocyclododecane* (UNEP/POPS/POPRC.5/10, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.5-POPRC-5-6.English.pdf>
- UNEP. (2009b). *Decision SC-4/13: Listing of hexabromobiphenyl* (UNEP/POPS/COP.4/38, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.4-SC-4-13.English.pdf>
- UNEP. (2009c). *Decision SC-4/14: Listing of hexabromodiphenyl ether and heptabromodiphenyl ether* (UNEP/POPS/COP.4/38, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.4-SC-4-14.English.pdf>
- UNEP. (2009d). *Decision SC-4/16: Listing of pentachlorobenzene* (UNEP/POPS/COP.4/38, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.4-SC-4-16.English.pdf>
- UNEP. (2009e). *Decision SC-4/18: Listing of tetrabromodiphenyl ether and pentabromodiphenyl ether* (UNEP/POPS/COP.4/38, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.4-SC-4-18.English.pdf>
- UNEP. (2009f). *Proposal to list hexabromocyclododecane in Annex A to the Convention* (UNEP/POPS/POPRC.5/INF/16) [UNEP]. <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.5-INF-16.English.pdf>
- UNEP. (2009g). *Risk profile on endosulfan* (UNEP/POPS/POPRC.5/10/Add.2). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.5-10-Add.2.English.pdf>
- UNEP. (2009h). *Summary of a proposal to list hexabromocyclododecane in Annex A to the Convention* (UNEP/POPS/POPRC.5/4). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.5-4.English.pdf>
- UNEP. (2009i). *Supporting document for the draft risk profile on endosulfan* (UNEP/POPS/POPRC.5/INF/9). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.5-INF-9.English.pdf>
- UNEP. (2010a). *Additional consideration of new persistent organic pollutants: Pentachlorobenzene* (UNEP/POPS/POPRC.6/INF/21). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.6-INF-21.English.pdf>
- UNEP. (2010b). *Decision POPRC-6/8: Endosulfan* (UNEP/POPS/POPRC.6/13, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.6-POPRC-6-8.English.pdf>
- UNEP. (2010c). *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. (2010d). *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. (2010e). *Revised draft risk profile: Short-chained chlorinated paraffins* (UNEP/POPS/POPRC.6/11/Rev.1). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.6-11-Rev.1.English.pdf>
- UNEP. (2010f). *Risk management evaluation on endosulfan* (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.1). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.6-13-Add.1.English.pdf>
- UNEP. (2010g). *Risk profile on hexabromocyclododecane* (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.6-13-Add.2.English.pdf>
- UNEP. (2010h). *Updated supporting document for the draft risk management evaluation on endosulfan* (UNEP/POPS/POPRC.6/INF/23). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.6-INF-23.English.pdf>

- UNEP. (2010i). *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. (2011a). *Additional information on pentachlorophenol and its salts and esters* (UNEP/POPS/POPRC.7/INF/5/Add.1). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.7-INF-5-Add.1.English.pdf>
- UNEP. (2011b). *Decision POPRC-7/2: Chlorinated naphthalenes* (UNEP/POPS/POPRC.7/19, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.7-POPRC-7-2.English.pdf>
- UNEP. (2011c). *Decision POPRC-7/3: Hexachlorobutadiene* (UNEP/POPS/POPRC.7/19, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.7-POPRC-7-3.English.pdf>
- UNEP. (2011d). *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. (2011e). *Proposal to list chlorinated naphthalenes in Annexes A, B and/or C to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants* (UNEP/POPS/POPRC.7/2). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.7-2.English.pdf>
- UNEP. (2011f). *Proposal to list hexachlorobutadiene in Annexes A, B and/or C to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants* (UNEP/POPS/POPRC.7/3). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.7-3.English.pdf>
- UNEP. (2011g). *Proposal to list pentachlorophenol and its salts and esters in Annexes A, B and/or C to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants* (UNEP/POPS/POPRC.7/4). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.7-4.English.pdf>
- UNEP. (2012a). *Decision POPRC-8/1: Chlorinated naphthalenes* (UNEP/POPS/POPRC.8/16, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.8-POPRC-8-1.English.pdf>
- UNEP. (2012b). *Decision POPRC-8/4: Pentachlorophenol and its salts and esters* (UNEP/POPS/POPRC.8/16, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.8-POPRC-8-4.English.pdf>
- UNEP. (2012c). *Risk profile on chlorinated naphthalenes* (UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.1). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.8-16-Add.1.English.pdf>
- UNEP. (2012d). *Risk profile on hexachlorobutadiene* (UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.2). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.8-16-Add.2.English.pdf>
- UNEP. (2013a). *Decision POPRC-9/1: Chlorinated naphthalenes* (UNEP/POPS/POPRC.9/13, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.9-POPRC-9-1.English.pdf>
- UNEP. (2013b). *Decision POPRC-9/4: Decabromodiphenyl ether* (UNEP/POPS/POPRC.9/13, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.9-POPRC-9-4.English.pdf>
- UNEP. (2013c). *Proposal to list decabromodiphenyl ether (commercial mixture, c-decaBDE) in Annexes A, B and/or C to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants* (UNEP/POPS/POPRC.9/2). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.9-2.English.pdf>
- UNEP. (2013d). *Report of the Conference of the Parties to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants on the work of its sixth meeting* (UNEP/POPS/COP.6/33). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.6-33.English.pdf>
- UNEP. (2013e). *Risk management evaluation on chlorinated naphthalenes* (UNEP/POPS/POPRC.9/13/Add.1). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.9-13-Add.1.English.pdf>
- UNEP. (2013f). *Risk management evaluation on hexachlorobutadiene* (UNEP/POPS/POPRC.9/13/Add.2). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.9-13-Add.2.English.pdf>

UNEP. (2014a). *Decision POPRC-10/2: Decabromodiphenyl ether (commercial mixture, c-decaBDE)* (UNEP/POPS/POPRC.10/10 , Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.10-POPRC-10-2.English.pdf>

UNEP. (2014b). *Decision POPRC-10/3: Dicofol* (UNEP/POPS/POPRC.10/10 , Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.10-POPRC-10-3.English.pdf>

UNEP. (2014c). *Proposal to list dicofol in Annexes A, B and/or C to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants* (UNEP/POPS/POPRC.10/4). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.10-4.English.pdf>

UNEP. (2014d). *Risk profile on decabromodiphenyl ether (commercial mixture, c-decaBDE)* (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.10-10-Add.2.English.pdf>

UNEP. (2015a). *Decision POPRC-11/1: Decabromodiphenyl ether (commercial mixture, c-decaBDE)* (UNEP/POPS/POPRC.11/10, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.11-POPRC-11-1.English.pdf>

UNEP. (2015b). *Decision POPRC-11/3: Short-chained chlorinated paraffins* (UNEP/POPS/POPRC.11/10, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.11-POPRC-11-3.English.pdf>

UNEP. (2015c). *Decision POPRC-11/4: Pentadecafluorooctanoic acid (CAS No: 335-67-1, PFOA, perfluorooctanoic acid), its salts and PFOA-related compounds* (UNEP/POPS/POPRC.11/10, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.11-POPRC-11-4.English.pdf>

UNEP. (2015d). *Decision SC-7/11: Further consideration of hexachlorobutadiene* (UNEP/POPS/COP.7/36, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.7-SC-7-11.English.pdf>

UNEP. (2015e). *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. (2015f). *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. (2015g). *Draft risk profile: Dicofol* (UNEP/POPS/POPRC.11/INF/17). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.11-INF-17.English.pdf>

UNEP. (2015h). *Proposal to list pentadecafluorooctanoic acid (CAS No: 335-67-1, PFOA, perfluorooctanoic acid), its salts and PFOA-related compounds in Annexes A, B and/or C to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants* (UNEP/POPS/POPRC.11/5). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.11-5.English.pdf>

UNEP. (2015i). *Report of the Conference of the Parties to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants on the work of its seventh meeting* (UNEP/POPS/COP.7/36). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP-7-36.English.pdf>

UNEP. (2015j). *Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eleventh meeting* (UNEP/POPS/POPRC.11/10). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.11-10.English.pdf>

UNEP. (2016a). *Decision POPRC-12/1: Dicofol* (UNEP/POPS/POPRC.12/11, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.12-POPRC-12-1.English.pdf>

UNEP. (2016b). *Decision POPRC-12/3: Short-chain chlorinated paraffins* (UNEP/POPS/POPRC.12/11, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.12-POPRC-12-3.English.pdf>

- UNEP. (2016c). *Decision POPRC-12/4: Decabromodiphenyl ether (commercial mixture, c-decaBDE)* (UNEP/POPS/POPRC.12/11, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.12-POPRC-12-4.English.pdf>
- UNEP. (2016d). *Decision POPRC-12/5: Hexachlorobutadiene* (UNEP/POPS/POPRC.12/11, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.12-POPRC-12-5.English.pdf>
- UNEP. (2016e). *Risk management evaluation on short-chain chlorinated paraffins* (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.3). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.12-11-Add.3.English.pdf>
- UNEP. (2016f). *Risk profile on dicofol* (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.1). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.12-11-Add.1.English.pdf>
- UNEP. (2016g). *Risk profile on pentadecafluorooctanoic acid (CAS No: 335-67-1, PFOA, perfluorooctanoic acid), its salts and PFOA-related compounds* (UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.2). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.12-11-Add.2.English.pdf>
- UNEP. (2017a). *Decision POPRC-13/2: Pentadecafluorooctanoic acid (CAS No: 335-67-1, PFOA, perfluorooctanoic acid), its salts and PFOA-related compounds* (UNEP/POPS/POPRC.13/7, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.13-POPRC-13-2.English.pdf>
- UNEP. (2017b). *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. (2017c). *Decision SC-8/12: Listing of hexachlorobutadiene* (UNEP/POPS/COP.8/32, Annex I). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.8-SC-8-12.English.pdf>
- UNEP. (2017d). *Draft guidance on preparing inventories of hexachlorobutadiene* (UNEP/POPS/COP.8/INF/18). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.8-INF-18.English.pdf>
- UNEP. (2017e). *Draft guidance on preparing inventories of pentachlorophenol and its salts and esters and on identifying alternatives for the phase-out of those chemicals* (UNEP/POPS/COP.8/INF/20). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.8-INF-20.English.pdf>
- UNEP. (2017f). *Draft guidance on preparing inventories of polychlorinated naphthalenes* (UNEP/POPS/COP.8/INF/19). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.8-INF-19.English.pdf>
- UNEP. (2017g). *Guidance for the inventory, of Hexabromocyclododecane (HBCD)* (Draft, March 2017). <http://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-GUID-InventoryAndSubstitution-HBCD-201703.En.docx>
- UNEP. (2017h). *Risk management evaluation on pentadecafluorooctanoic acid (CAS No: 335-67-1, PFOA, perfluorooctanoic acid), its salts and PFOA-related compounds* (UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.2). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.13-7-Add-2.English.pdf>
- UNEP. (2018). *Addendum to the risk management evaluation on perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related compounds* (UNEP/POPS/POPRC.14/6/Add.2). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.14-6-Add.2.English.pdf>
- UNEP. (2019a). *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. (2019b). *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. (2019c). *Decision SC-9/11: Listing of dicofol* (UNEP/POPS/COP.9/30, Annex 1). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.9-SC-9-11.English.pdf>
- UNEP. (2019d). *Decision SC-9/12: Listing of perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related compounds* (UNEP/POPS/COP.9/30, Annex 1). <https://pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.9-SC-9-12.English.pdf>
- UNEP. (2019e). *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. (2019f). *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. (2021). *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>
- Van Birgelen, A. P. J. M. (1998). Hexachlorobenzene as a possible major contributor to the dioxin activity of human milk. *Environmental Health Perspectives*, 106(11), 683–688. <https://doi.org/10.1289/ehp.106-1533492>
- 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., Opperhuizen, A., Satumalay, K., Heida, H., & Vermeulen, N. P. E. (1996). Biomonitoring aquatic pollution with feral eel (*Anguilla anguilla*) I. Bioaccumulation: Biota-sediment ratios of PCBs, OCPs, PCDDs and PCDFs. *Aquatic Toxicology*, 35(1), 21–46. [https://doi.org/10.1016/0166-445X\(96\)00002-1](https://doi.org/10.1016/0166-445X(96)00002-1)
- 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)
- Van Wijk, D., & Presow, S. (2011). Innovation in the assessment of risk of PBTs and POPs. *Organohalogen Compounds*, 73, 2046–2049. <https://dioxin20xx.org/wp-content/uploads/pdfs/2011/4506.pdf>
- Verreault, J., Gabrielsen, G. W., Chu, S., Muir, D. C. G., Andersen, M., Hamaed, A., & Letcher, R. J. (2005). Flame retardants and methoxylated and hydroxylated polybrominated diphenyl ethers in two Norwegian arctic top predators: Glaucous gulls and polar bears. *Environmental Science and Technology*, 39(16), 6021–6028. <https://doi.org/10.1021/es050738m>
- Verreault, J., Gebbink, W. A., Gauthier, L. T., Gabrielsen, G. W., & Letcher, R. J. (2007). Brominated flame retardants in glaucous gulls from the Norwegian arctic: More than just an issue of polybrominated diphenyl ethers. *Environmental Science and Technology*, 41(14), 4925–4931. <https://doi.org/10.1021/es070522f>
- Verreault, J., Letcher, R. J., Muir, D. C. G., Chu, S., Gebbink, W. A., & Gabrielsen, G. W. (2005). New organochlorine contaminants and metabolites in plasma and eggs of glaucous gulls (*Larus hyperboreus*) from the Norwegian Arctic. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(10), 2486–2499. <https://doi.org/10.1897/05-067R.1>



- Verreault, J., Muir, D. C. G., Norstrom, R. J., Stirling, I., Fisk, A. T., Gabrielsen, G. W., Derocher, A. E., Evans, T. J., Dietz, R., Sonne, C., Sandala, G. M., Gebbink, W., Riget, F. F., Born, E. W., Taylor, M. K., Nagy, J., & Letcher, R. J. (2005). Chlorinated hydrocarbon contaminants and metabolites in polar bears (*Ursus maritimus*) from Alaska, Canada, East Greenland, and Svalbard: 1996-2002. *Science of the Total Environment*, 351–352, 369–390. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.031>
- Viberg, H., Fredriksson, A., & Eriksson, P. (2003). Neonatal exposure to polybrominated diphenyl ether (PBDE 153) disrupts spontaneous behaviour, impairs learning and memory, and decreases hippocampal cholinergic receptors in adult mice. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 192(2), 95–106. [https://doi.org/10.1016/S0041-008X\(03\)00217-5](https://doi.org/10.1016/S0041-008X(03)00217-5)
- 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., 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>
- Voldner, E. C., & Li, Y. F. (1993). Global usage of toxaphene. *Chemosphere*, 27(10), 2073–2078. [https://doi.org/10.1016/0045-6535\(93\)90402-Q](https://doi.org/10.1016/0045-6535(93)90402-Q)
- Voldner, E. C., & Li, Y.-F. (1995). Global usage of selected persistent organochlorines. *Science of the Total Environment*, 160–161(C), 201–210. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04357-7](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04357-7)
- Vorkamp, K., Riget, F., Glasius, M., Pécseli, M., Lebeuf, M., & Muir, D. C. G. (2004). Chlorobenzenes, chlorinated pesticides, coplanar chlorobiphenyls and other organochlorine compounds in Greenland biota. *Science of the Total Environment*, 331(1–3), 157–175. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.03.027>
- Vos, J. G., Becher, G., Van den Berg, M., De Boer, J., & Leonards, P. E. G. (2003). Brominated flame retardants and endocrine disruption. *Pure and Applied Chemistry*, 75(11–12), 2039–2046. <https://doi.org/10.1351/pac200375112039>
- Vos, J. G., Dybing, E., Greim, H. A., Ladefoged, O., Lambré, C., Tarazona, J. V., Brandt, I., & Vethaak, A. D. (2000). Health effects of endocrine-disrupting chemicals on wildlife, with special reference to the European situation. *Critical Reviews in Toxicology*, 30(1), 71–133. <https://doi.org/10.1080/10408440091159176>
- 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>
- Walker, M. K., & Peterson, R. E. (1991). Potencies of polychlorinated dibenzo-p-dioxin, dibenzofuran, and biphenyl congeners, relative to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin, for producing early life stage mortality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Toxicology*, 21(3–4), 219–237. [https://doi.org/10.1016/0166-445X\(91\)90074-J](https://doi.org/10.1016/0166-445X(91)90074-J)
- Wang, T., Han, S., Yuan, B., Zeng, L., Li, Y., Wang, Y., & Jiang, J., Guibin. (2012). Summer-winter concentrations and gas-particle partitioning of short chain chlorinated paraffins in the atmosphere of an urban setting. *Environmental Pollution*, 171, 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.07.025>
- 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>
- Ward, E. M., Ruder, A. M., Suruda, A., Smith, A. B., Fessler-Flesch, C. A., & Zahm, S. H. (1996). Acute and chronic liver toxicity resulting from exposure to chlorinated naphthalenes at a cable manufacturing plant during World



- War II. *American Journal of Industrial Medicine*, 30(2), 225–233. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0274\(199608\)30:2<225::AID-AJIM15>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0274(199608)30:2<225::AID-AJIM15>3.0.CO;2-Z)
- Watanabe, I., & Sakai, S.-I. (2003). Environmental release and behavior of brominated flame retardants. *Environment International*, 29(6), 665–682. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00123-5](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00123-5)
- Weatherholtz, W. M., Campbell, T. C., & Webb, R. E. (1969). Effect of dietary protein levels on the toxicity and metabolism of heptachlor. *The Journal of Nutrition*, 98(1), 90–94. <https://doi.org/10.1093/jn/98.1.90>
- Weber, R., Gaus, C., Tysklind, M., Johnston, P., Forter, M., Hollert, H., Heinisch, E., Holoubek, I., Lloyd-Smith, M., Masunaga, S., Moccarelli, P., Santillo, D., Seike, N., Symons, R., Torres, J. P. M., Verta, M., Varbelow, G., Vijgen, J., Watson, A., ... Zennegg, M. (2008). Dioxin- and POP-contaminated sites - Contemporary and future relevance and challenges: Overview on background, aims and scope of the series. *Environmental Science and Pollution Research*, 15(5), 363–393. <https://doi.org/10.1007/s11356-008-0024-1>
- Weber, R., Iino, F., Imagawa, T., Takeuchi, M., Sakurai, T., & Sadakata, M. (2001). Formation of PCDF, PCDD, PCB, and PCN in de novo synthesis from PAH: Mechanistic aspects and correlation to fluidized bed incinerators. *Chemosphere*, 44(6), 1429–1438. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(00\)00508-7](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(00)00508-7)
- Weston, D. P., You, J., & Lydy, M. J. (2004). Distribution and toxicity of sediment-associated pesticides in agriculture-dominated water bodies of California's Central Valley. *Environmental Science and Technology*, 38(10), 2752–2759. <https://doi.org/10.1021/es0352193>
- Wiberg, K., Letcher, R. J., Sandau, C. D., Norstrom, R. J., Tysklind, M., & Bidleman, T. F. (2000). The enantioselective bioaccumulation of chiral chlordane and  $\alpha$ -HCH contaminants in the polar bear food chain. *Environmental Science and Technology*, 34(13), 2668–2674. <https://doi.org/10.1021/es990740b>
- Wilcock, R. J., Pridmore, R. D., Thrush, S. F., Cummings, V. J., Hewitt, J. E., & Smith, T. J. (1993). Bioaccumulation and elimination of chlordane by selected intertidal benthic fauna. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12(4), 733–742. <https://doi.org/10.1002/etc.5620120415>
- 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>
- Wilson, N. K., Chuang, J. C., Morgan, M. K., Lordo, R. A., & Sheldon, L. S. (2007). An observational study of the potential exposures of preschool children to pentachlorophenol, bisphenol-A, and nonylphenol at home and daycare. *Environmental Research*, 103(1), 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2006.04.006>
- Wolf, C. R., Berry, P. N., Nash, J. A., Green, T., & Lock, E. A. (1984). Role of microsomal and cytosolic glutathione S-transferases in the conjugation of hexachloro-1:3-butadiene and its possible relevance to toxicity. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 228(1), 202–208. <https://jpet.aspetjournals.org/content/228/1/202>
- Wolff, M. S., Toniolo, P. G., Lee, E. W., Rivera, M., & Dubin, N. (1993). Blood levels of organochlorine residues and risk of breast cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 85(8), 648–652. <https://doi.org/10.1093/jnci/85.8.648>
- Wolkers, H., Burkow, I. C., Lydersen, C., & Witkamp, R. F. (2000). Chlorinated pesticide concentrations, with an emphasis on polychlorinated camphenes (toxaphenes), in relation to cytochrome P450 enzyme activities in harp seals (*Phoca groenlandica*) from the Barents Sea. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19(6), 1632–1637. <https://doi.org/10.1002/etc.5620190621>

- Wong, C. K. C., Leung, K. M., Poon, B. H. T., Lan, C. Y., & Wong, M. H. (2002). Organochlorine hydrocarbons in human breast milk collected in Hong Kong and Guangzhou. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 43(3), 364–372. <https://doi.org/10.1007/s00244-002-1210-7>
- Woodwell, G. M., Wurster Jr., C. F., & Isaacson, P. A. (1967). DDT residues in an east coast estuary: A case of biological concentration of a persistent insecticide. *Science*, 156(3776), 821–824. <https://doi.org/10.1126/science.156.3776.821>
- World Bank. (2017). *Development Project: Reduction and Phaseout of PFOS in Priority Sectors—P152959*. <https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P152959>
- 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>
- 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)
- Yang, R., Wei, H., Guo, J., McLeod, C., Li, A., & Sturchio, N. C. (2011). Historically and currently used dechloranes in the sediments of the great lakes. *Environmental Science and Technology*, 45(12), 5156–5163. <https://doi.org/10.1021/es201019m>
- Young, W. R., & Rawlins, W. A. (1958). The Persistence of Heptachlor in Soils. *Journal of Economic Entomology*, 51(1), 11–18. <https://doi.org/10.1093/jee/51.1.11>
- Zell, M., & Ballschmiter, K. (1980). Baseline studies of the global pollution—II. Global occurrence of hexachlorobenzene (HCB) and polychlorocamphenes (Toxaphene®) (PCC) in biological samples. *Fresenius' Zeitschrift für Analytische Chemie*, 300(5), 387–402. <https://doi.org/10.1007/BF01154740>
- Zeng, L., Wang, T., Wang, P., Liu, Q., Han, S., Yuan, B., Zhu, N., Wang, Y., & Jiang, G. (2011). Distribution and trophic transfer of short-chain chlorinated paraffins in an aquatic ecosystem receiving effluents from a sewage treatment plant. *Environmental Science and Technology*, 45(13), 5529–5535. <https://doi.org/10.1021/es200895b>
- Zennegg, M., Munoz, M., Schmid, P., & Gerecke, A. C. (2013). Temporal trends of persistent organic pollutants in digested sewage sludge (1993-2012). *Environment International*, 60, 202–208. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.08.020>
- Zhang, H., Kuo, Y.-Y., Gerecke, A. C., & Wang, J. (2012). Co-release of hexabromocyclododecane (HBCD) and nano- and microparticles from thermal cutting of polystyrene foams. *Environmental Science and Technology*, 46(20), 10990–10996. <https://doi.org/10.1021/es302559v>
- Zheng, W., Yu, H., Wang, X., & Qu, W. (2012). Systematic review of pentachlorophenol occurrence in the environment and in humans in China: Not a negligible health risk due to the re-emergence of schistosomiasis. *Environment International*, 42(1), 105–116. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.04.014>
- Zou, E., & Bonvillain, R. (2004). Chitinase activity in the epidermis of the fiddler crab, *Uca pugilator*, as an in vivo screen for molt-interfering xenobiotics. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C: Toxicology and Pharmacology*, 139(4), 225–230. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2004.11.003>