

TEXTE 75/2020

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für  
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl FKZ 3717 52 253 0

Abschlussbericht

# **Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland**

von

Dr. Annekatriin Dreyer

ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co, Hamburg

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)

[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

[t/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

### Durchführung der Studie:

ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co  
Großmoorkehrte 4  
21079 Hamburg

### Abschlussdatum:

Februar 2021

### Redaktion:

Fachgebiet II 4.2 Beurteilung der Luftqualität  
Andrea Minkos

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Mai 2021

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

**Kurzbeschreibung: Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland**

Im Zeitraum von Juni 2018 bis Mai 2019 wurden je 12 Außenluftmonatsproben und Depositionsmonatsproben an den Messstationen Waldhof und Schmücke des Umweltbundesamtes genommen und auf die 2,3,7,8-substituierten PCDD/F-Kongenere, die Homologengruppensummen der Tetra- bis Heptachlordibenzodioxine und -furane, die 6 Indikator-PCB (i-PCB), die 12 dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) sowie die Homologengruppensummen der Monochlor- bis Decachlorbiphenyle untersucht, um aktuelle Werte für die Hintergrundbelastung in Deutschland mit den vorgenannten Verbindungen zu ermitteln. Diese liegen auf der Basis von Toxizitätsäquivalenten (TEQ) und unter der Berücksichtigung der halben Bestimmungsgrenzen für die Außenluft zwischen 0,7 und 13,8 fg WHO<sub>2005</sub> TEQ/m<sup>3</sup> und für die Deposition zwischen 0,1 und 0,8 pg WHO<sub>2005</sub> TEQ/m<sup>2</sup>d und sind damit deutlich geringer als die Zielwerte für die langfristige Luftreinhaltung von 150 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup> bzw. 4 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup>d für die Summe der PCDD/F und dl-PCB. In diesem Papier werden die Konzentrationen und Profile der PCDD/F und PCB sowie ihrer Homologengruppensummen in der Außenluft und der Deposition diskutiert. Weiterhin werden bedeutende PCB-Kongenere aufgezeigt, deren Konzentrationen oder Depositionsraten an die der üblicherweise bestimmten 6 i-PCB heranreichen oder diese überschreiten.

**Abstract: Polychlorinated dibenzodioxins and -furans (PCDD/F) and polychlorinated biphenyls (PCB) in ambient air and deposition in the rural background of Germany**

From June 2018 to May 2019, 12 ambient air samples and 12 deposition samples were taken on a monthly basis at two background sites (Waldhof and Schmücke) of the German Environment Agency. Samples were analyzed for the 2,3,7,8-substituted PCDD/F congeners, the homologue group sums of the tetra- to heptachlorodibenzodioxins and -furans, the 6 indicator PCBs (i-PCB), the 12 dioxin-like PCBs (dl-PCB) and the homologue group sums of the monochloro- to decachlorobiphenyls in order to determine their current background levels in Germany. On the basis of toxicity equivalents (TEQ) and considering half of the quantification limits background concentrations in ambient air were between 0.7 and 13.8 fg WHO<sub>2005</sub> TEQ/m<sup>3</sup>, those for deposition were between 0.1 and 0.8 pg WHO<sub>2005</sub> TEQ/m<sup>2</sup>d. These values were much lower than the target values for long-term air pollution of 150 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup> and 4 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup>d for the sum of PCDD/F and dl-PCB. In this paper concentrations and profiles of PCDD/F and PCBs and their homologue group sums in ambient air and deposition are discussed. Furthermore, significant PCB congeners are identified whose concentrations or deposition rates approach or exceed those of the commonly determined 6 i-PCB.

## Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildungsverzeichnis.....  | 8  |
| Tabellenverzeichnis .....   | 11 |
| Abkürzungsverzeichnis.....  | 15 |
| Abkürzungsverzeichnis Analyte.....  | 16 |
| Begriffe .....  | 18 |
| Zusammenfassung.....  | 19 |
| Summary .....   | 22 |
| 1 Einleitung und Zielsetzung .....  | 25 |
| 2 Projektdurchführung und experimentelle Methoden .....   | 30 |
| 2.1 Auswahl und Beschreibung der Probenahmestandorte.....   | 30 |
| 2.2 Auswahl der Zielsubstanzen.....   | 31 |
| 2.3 Untersuchungszeitraum.....  | 32 |
| 2.3.1 Messzeitraum .....  | 32 |
| 2.3.2 Meteorologische Bedingungen während der Probenahme .....  | 33 |
| 2.4 Messzeiten und Messhäufigkeiten .....   | 34 |
| 2.5 Messverfahren .....   | 34 |
| 2.5.1 Außenluft .....   | 34 |
| 2.5.2 Deposition.....   | 38 |
| 2.6 Datenverarbeitung.....  | 42 |
| 2.6.1 Berechnung von TEQ-Werten .....   | 42 |
| 2.6.2 Berechnung der Außenluftkonzentrationen.....  | 42 |
| 2.6.3 Berechnung der Depositionsraten.....  | 42 |
| 2.6.4 Behandlung von Messwerten unterhalb der Bestimmungsgrenze .....                                 | 42 |
| 2.6.5 Messwertverarbeitung .....  | 43 |
| 2.7 Qualitätssicherung .....  | 43 |
| 3 Ergebnisse .....  | 45 |
| 3.1 Außenluft .....   | 45 |
| 3.1.1 TEQ-Werte für PCDD/F und PCB in der Außenluft.....  | 45 |
| 3.1.2 Außenluftkonzentrationen der 17 PCDD/F-Kongenere und der PCDD/F-<br>Homologengruppensummen..... | 48 |
| 3.1.3 Profile der 17 PCDD/F-Kongenere und der Homologengruppensummen in der<br>Außenluft .....        | 54 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 3.1.4 | Außenluftkonzentrationen der i-PCB, WHO-PCB und der PCB-Homologengruppensummen.....   | 56  |
| 3.1.5 | Profile der i-PCB, WHO-PCB und der PCB-Homologengruppensummen in der Außenluft .....  | 66  |
| 3.2   | Deposition .....  | 69  |
| 3.2.1 | TEQ-Werte für PCDD/F und PCB in der Deposition .....                                  | 69  |
| 3.2.2 | Profile der 17 PCDD/F-Kongenere und der Homologengruppensummen in der Deposition..... | 76  |
| 3.2.3 | Deposition der i-PCB, WHO-PCB und der PCB-Homologengruppensummen .....                | 78  |
| 3.2.4 | Profile der i-PCB, WHO-PCB und der PCB-Homologengruppensummen in der Deposition.....  | 87  |
| 4     | Quellenverzeichnis .....  | 89  |
| 5     | Anhang .....  | 92  |
| A.1   | Strukturformeln ausgewählter PCDD/F- und PCB-Kongenere.....                           | 92  |
| A.2   | Probenahmeterminale.....  | 96  |
| A.3   | Mittlere Wiederfindungsraten der Extraktions- und Probenahmestandards .....           | 98  |
| A.4   | Meteorologie Untersuchungszeitraum Monatsdaten .....                                  | 102 |
| A.5   | Messwerte Außenluft .....   | 108 |
| A.6   | Messwerte Deposition .....  | 141 |
| A.7   | Verlauf der TEQ-Konzentrationen.....  | 174 |
| A.8   | Sommer/Winter-Profile .....   | 176 |
| A.9   | Kongenerenspezifische PCB-Quellen .....   | 186 |

## Abbildungsverzeichnis

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| Abbildung 1:  | Allgemeine Strukturformeln für Polychlorierte Dibenzodioxine (links) und polychlorierte Dibenzofurane (rechts) mit Lokanten .....  | 25 |
| Abbildung 2:  | Allgemeine Strukturformeln für polychlorierte Biphenyle mit Lokanten .....   | 26 |
| Abbildung 3:  | Fotos der UBA-Messstation Schmücke und der dort installierten Probenahmegeräte zur Bestimmung von PCDD/F und PCB in Außenluft und Deposition .....                           | 30 |
| Abbildung 4:  | Fotos der UBA-Messstation Waldhof und der dort installierten Probenahmegeräte zur Bestimmung von PCDD/F und PCB in Außenluft und Deposition .....                            | 31 |
| Abbildung 5:  | Windverhältnisse im Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 an den Messstellen Waldhof (links) und Schmücke (rechts).....   | 33 |
| Abbildung 6:  | Monatswerte der PCDD/F+PCB-TEQ Konzentrationen nach WHO <sub>2005</sub> inkl. 1/2 BG (fg/m <sup>3</sup> ) sowie der Temperatur, UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke ..... | 47 |
| Abbildung 7:  | Konzentrationen der 17 PCDD/F-Kongenere (fg/m <sup>3</sup> ), UBA-Messstation Waldhof .....  | 52 |
| Abbildung 8:  | Konzentrationen der PCDD/F-Homologengruppensummen (fg/m <sup>3</sup> ), UBA-Messstation Waldhof.....   | 52 |
| Abbildung 9:  | Konzentrationen der 17 PCDD/F-Kongenere (fg/m <sup>3</sup> ), UBA-Messstation Schmücke .....   | 53 |
| Abbildung 10: | Konzentrationen der PCDD/F-Homologengruppensummen (fg/m <sup>3</sup> ), UBA-Messstation Schmücke .....   | 53 |
| Abbildung 11: | PCDD/F-Kongenerenprofile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen), UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke.....  | 54 |
| Abbildung 12: | PCDD/F-Homologengruppensummenprofile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen), UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke .....   | 55 |
| Abbildung 13: | Konzentrationen der i-PCB (pg/m <sup>3</sup> ), UBA-Messstation Waldhof .....  | 58 |
| Abbildung 14: | Konzentrationen der i-PCB (pg/m <sup>3</sup> ), UBA-Messstation Schmücke.....  | 58 |
| Abbildung 15: | Konzentrationen der dl-PCB (pg/m <sup>3</sup> ), UBA-Messstation Waldhof .....   | 61 |
| Abbildung 16: | Konzentrationen der dl-PCB (pg/m <sup>3</sup> ), UBA-Messstation Schmücke.....   | 61 |
| Abbildung 17: | Konzentrationen der PCB-Homologengruppensummen (pg/m <sup>3</sup> ), UBA-Messstation Waldhof.....  | 64 |

|               |   |     |
|---------------|---|-----|
| Abbildung 18: | Konzentrationen der PCB-Homologengruppensummen (pg/m <sup>3</sup> ), UBA-Messstation Schmücke .....               | 64  |
| Abbildung 19: | Mittlere Konzentrationen der 209 PCB (pg/m <sup>3</sup> ), UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke .....           | 65  |
| Abbildung 20: | i-PCB-Profile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen).....  | 67  |
| Abbildung 21: | dl-PCB-Profile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen)...   | 68  |
| Abbildung 22: | PCB-Homologengruppensummenprofile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen) .....                                 | 68  |
| Abbildung 23: | Monatswerte der PCDD/F+PCB TEQ Depositionen nach WHO2005 exkl. BG (fg/m <sup>3</sup> ) sowie der Temperatur ..... | 71  |
| Abbildung 24: | Depositionsraten der 17 PCDD/F-Kongenere (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Waldhof .....                         | 74  |
| Abbildung 25: | Depositionsraten der PCDD/F-Homologengruppensummen (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Waldhof.....                | 74  |
| Abbildung 26: | Depositionsraten der 17 PCDD/F-Kongenere (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Schmücke .....                        | 75  |
| Abbildung 27: | Depositionsraten der PCDD/F-Homologengruppensummen (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Schmücke.....               | 75  |
| Abbildung 28: | PCDD/F-Kongenerenprofile in der Deposition (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen) .....                        | 77  |
| Abbildung 29: | PCDD/F-Homologengruppensummenprofile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen) .....                              | 77  |
| Abbildung 30: | Depositionsraten der i-PCB (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Waldhof...  | 80  |
| Abbildung 31: | Konzentrationen der i-PCB (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Schmücke.  | 80  |
| Abbildung 32: | Depositionsraten der dl-PCB (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Waldhof  | 82  |
| Abbildung 33: | Depositionsraten der dl-PCB (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Schmücke.....                                      | 82  |
| Abbildung 34: | Depositionsraten der PCB-Homologengruppensummen (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Waldhof.....                   | 85  |
| Abbildung 35: | Depositionsraten der PCB-Homologengruppensummen (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Schmücke.....                  | 85  |
| Abbildung 36: | Mittlere Depositionsraten der 209 PCB (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Waldhof und Schmücke.....                | 86  |
| Abbildung 37: | i-PCB-Profile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen).....  | 87  |
| Abbildung 38: | dl-PCB-Profile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen)...   | 88  |
| Abbildung 39: | PCB-Homologengruppensummenprofile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen) .....                                 | 88  |
| Abbildung 40: | Strukturformeln der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F .....   | 92  |
| Abbildung 41: | Strukturformeln der 12 dl-PCB .....   | 94  |
| Abbildung 42: | Strukturformeln der 6 i-PCB .....   | 95  |
| Abbildung 43: | Windverhältnisse im Untersuchungszeitraum (Monatswerte).....  | 104 |

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| Abbildung 44: | Monatswerte der PCDD/F-TEQ Konzentrationen nach WHO <sub>2005</sub><br>inkl. 1/2 BG (fg/m <sup>3</sup> ) sowie der Temperatur.....                           | 174 |
| Abbildung 45: | Monatswerte der PCB-TEQ Konzentrationen nach WHO <sub>2005</sub> inkl.<br>1/2 BG (fg/m <sup>3</sup> ) sowie der Temperatur.....                              | 174 |
| Abbildung 46: | Monatswerte der PCDD/F-TEQ Depositionsraten nach WHO <sub>2005</sub><br>exkl. BG (pg/m <sup>2</sup> d) sowie der Temperatur.....                             | 175 |
| Abbildung 47: | Monatswerte der PCB-TEQ Depositionsraten nach WHO <sub>2005</sub><br>exkl. BG (pg/m <sup>2</sup> d) sowie der Temperatur.....                                | 175 |
| Abbildung 48: | PCDD/F-Profile für die Sommer- und Wintermonate<br>(Mittelwerte, Standardabweichungen) Außenluftproben,<br>Messstation Waldhof .....                         | 176 |
| Abbildung 49: | PCDD/F-Profile für die Sommer- und Wintermonate<br>(Mittelwerte, Standardabweichungen) Außenluftproben,<br>Messstation Schmücke .....                        | 176 |
| Abbildung 50: | PCDD/F-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer-<br>und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen)<br>Außenluftproben, Messstation Waldhof.....   | 177 |
| Abbildung 51: | PCDD/F-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer-<br>und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen)<br>Außenluftproben, Messstation Schmücke ..... | 177 |
| Abbildung 52: | i-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte,<br>Standardabweichungen) Außenluftproben, Messstation<br>Waldhof .....                          | 178 |
| Abbildung 53: | i-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte,<br>Standardabweichungen) Außenluftproben, Messstation<br>Schmücke.....                          | 178 |
| Abbildung 54: | dl-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate<br>(Mittelwerte, Standardabweichungen) Außenluftproben,<br>Messstation Waldhof .....                         | 179 |
| Abbildung 55: | dl-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate<br>(Mittelwerte, Standardabweichungen) Außenluftproben,<br>Messstation Schmücke .....                        | 179 |
| Abbildung 56: | PCB-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer- und<br>Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen)<br>Außenluftproben, Messstation Waldhof.....      | 180 |
| Abbildung 57: | PCB-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer- und<br>Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen)<br>Außenluftproben, Messstation Schmücke .....    | 180 |
| Abbildung 58: | PCDD/F-Profile für die Sommer- und Wintermonate<br>(Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben,<br>Messstation Waldhof .....                       | 181 |

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| Abbildung 59: | PCDD/F-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Schmücke.....                         | 181 |
| Abbildung 60: | PCDD/F-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Waldhof.....   | 182 |
| Abbildung 61: | PCDD/F-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Schmücke ..... | 182 |
| Abbildung 62: | i-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Waldhof .....                          | 183 |
| Abbildung 63: | i-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Schmücke.....                          | 183 |
| Abbildung 64: | dl-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Waldhof .....                         | 184 |
| Abbildung 65: | dl-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Schmücke.....                         | 184 |
| Abbildung 66: | PCB-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Waldhof.....      | 185 |
| Abbildung 67: | PCB-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Schmücke .....    | 185 |
| Abbildung 68: | Chlorierungs-Matrix und Häufigkeitsmuster von PCB-Kongeneren in Aroclor-Gemischen (a) und nicht-Aroclor-Quellen (b).....                                 | 186 |

## Tabellenverzeichnis

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabelle 1: | Typische PCDD/F- und PCB-Belastungen für den ländlichen und städtischen Raum .....   | 28 |
| Tabelle 2: | Meteorologische Bedingungen im Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 (12-Monats-Mittel) .....   | 34 |
| Tabelle 3: | Übersicht über die Geräteparameter zur Bestimmung von PCDD/F und PCB in der Außenluft.....   | 35 |
| Tabelle 4: | Verfahrenskenndaten zur Bestimmung von PCDD/F und PCB in der Außenluft unter Verwendung des Verfahrens mit kleinem Filter (LVS-Probenahme, HRGC-HRMS Analytik) ..... | 36 |

|             |   |
|-------------|---|
| Tabelle 5:  | Übersicht über die Geräteparameter zur Bestimmung von PCDD/F und PCB in der Deposition .....38  |
| Tabelle 6:  | Verfahrenskenndaten zur Bestimmung von PCDD/F und PCB in der Deposition unter Verwendung des Bergerhoff-Verfahrens .....39                                  |
| Tabelle 7:  | Mittlere TEQ-Außenluftkonzentrationen der PCDD/F und PCB nach WHO 2005 (fg TEQ/m <sup>3</sup> ).....45  |
| Tabelle 8:  | Mittlere TEQ-Außenluftkonzentrationen der PCDD/F und PCB im Vergleich zu publizierten Werten.....46   |
| Tabelle 9:  | Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Konzentrationen und Standardabweichungen der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F, UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke.....49 |
| Tabelle 10: | Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Konzentrationen und Standardabweichung der PCDD/F-Homologengruppensummen, UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke.....50   |
| Tabelle 11: | Mittlere Außenluftkonzentrationen der Summe der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F im Vergleich zu publizierten Werten...50                                      |
| Tabelle 12: | Mittlere Außenluftkonzentrationen der Summe der PCDD/F im Vergleich zu publizierten Werten.....51   |
| Tabelle 13: | Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Konzentrationen und Standardabweichung der i-PCB, UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke .....56                          |
| Tabelle 14: | Mittlere Außenluftkonzentrationen der Summe der 6 i-PCB im Vergleich zu publizierten Werten.....57  |
| Tabelle 15: | Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Konzentrationen und Standardabweichung der dl-PCB, UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke .....60                         |
| Tabelle 16: | Mittlere Außenluftkonzentrationen der Summe der dl-PCB im Vergleich zu publizierten Werten.....60   |
| Tabelle 17: | Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Konzentrationen und Standardabweichung der PCB-Homologengruppensummen Messstationen Waldhof und Schmücke .....63          |
| Tabelle 18: | Mittlere Außenluftkonzentrationen der PCB-Homologensummen im Vergleich zu publizierten Werten.....63  |
| Tabelle 19: | Mittlere TEQ-Depositionen der PCDD/F und PCB nach WHO 2005 (pg TEQ/m <sup>2</sup> d) .....69  |
| Tabelle 20: | Mittlere TEQ-Deposition der PCDD/F und PCB im Vergleich zu publizierten Werten .....70  |
| Tabelle 21: | Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Depositionen und Standardabweichungen der 17 PCDD/F, Messstationen Waldhof und Schmücke.....72                            |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Tabelle 22: | Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Depositionen und Standardabweichung der PCDD/F-Homologengruppensummen, Messstationen Waldhof und Schmücke.....   | 73  |
| Tabelle 23: | Mittlere Deposition der Summe der PCDD/F im Vergleich zu publizierten Werten .....   | 73  |
| Tabelle 24: | Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Depositionsraten und Standardabweichung der i-PCB, Messstationen Waldhof und Schmücke.....                       | 78  |
| Tabelle 25: | Mittlere Deposition der Summe der 6 i-PCB im Vergleich zu publizierten Werten .....  | 79  |
| Tabelle 26: | Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Depositionsraten und Standardabweichung der dl-PCB, Messstationen Waldhof und Schmücke.....                      | 81  |
| Tabelle 27: | Mittlere Deposition der Summe der 12 dl-PCB im Vergleich zu publizierten Werten .....  | 83  |
| Tabelle 28: | Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Depositionsraten und Standardabweichung der PCB-Homologengruppensummen, Messstationen Waldhof und Schmücke ..... | 84  |
| Tabelle 29: | Mittlere Deposition der PCB-Homologensummen im Vergleich zu publizierten Werten.....   | 84  |
| Tabelle 30: | Probenahmetermine Messstation Waldhof.....   | 96  |
| Tabelle 31: | Probenahmetermine Messstation Schmücke .....   | 97  |
| Tabelle 32: | Mittlere Wiederfindungsraten (%) der Probenahmestandards (Außenluftprobenahme).....  | 98  |
| Tabelle 33: | Mittlere Wiederfindungsraten (%) der Extraktionsstandards in Außenluftproben .....   | 98  |
| Tabelle 34: | Mittlere Wiederfindungsraten (%) der Extraktionsstandards in Depositionsproben .....   | 100 |
| Tabelle 35: | Meteorologische Bedingungen im Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 (Monatsmittel), Messstation Waldhof.....                               | 102 |
| Tabelle 36: | Meteorologische Bedingungen im Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 (Monatsmittel), Messstation Schmücke ..                                | 103 |
| Tabelle 37: | TEQ-Konzentrationen (fg TEQ/m <sup>3</sup> ), Messstation Waldhof.....   | 108 |
| Tabelle 38: | TEQ-Konzentrationen (fg TEQ/m <sup>3</sup> ), Messstation Schmücke ..  | 109 |
| Tabelle 39: | Konzentrationen der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F (fg/m <sup>3</sup> ), Messstation Waldhof .....  | 110 |
| Tabelle 40: | Konzentrationen der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F (fg/m <sup>3</sup> ), Messstation Schmücke .....   | 111 |
| Tabelle 41: | Konzentrationen der PCDD/F-Homologengruppensummen (fg/m <sup>3</sup> ), Messstation Waldhof.....   | 112 |
| Tabelle 42: | Konzentrationen der PCDD/F-Homologengruppensummen (fg/m <sup>3</sup> ), Messstation Schmücke.....  | 113 |

|             |  |
|-------------|--|
| Tabelle 43: | Konzentrationen der dl-PCB (fg/m <sup>3</sup> ), Messstation Waldhof ..114                             |
| Tabelle 44: | Konzentrationen der dl-PCB (fg/m <sup>3</sup> ), Messstation Schmücke 115                              |
| Tabelle 45: | Konzentrationen der i-PCB (pg/m <sup>3</sup> ), Messstation Waldhof ...116                             |
| Tabelle 46: | Konzentrationen der i-PCB (pg/m <sup>3</sup> ), Messstation Schmücke .116                              |
| Tabelle 47: | Konzentrationen der PCB-Homologengruppensummen<br>(pg/m <sup>3</sup> ), Messstation Waldhof .....117   |
| Tabelle 48: | Konzentrationen der PCB-Homologengruppensummen<br>(pg/m <sup>3</sup> ), Messstation Schmücke .....118  |
| Tabelle 49: | Konzentrationen der 209 PCB (pg/m <sup>3</sup> ), Messstation<br>Waldhof .....119                      |
| Tabelle 50: | Konzentrationen der 209 PCB (pg/m <sup>3</sup> ), Messstation<br>Schmücke .....130                     |
| Tabelle 51: | TEQ-Werte der PCDD/F-Depositionen (pg TEQ/m <sup>2</sup> d),<br>Messstation Waldhof .....141           |
| Tabelle 52: | TEQ-Werte der PCDD/F-Depositionen (pg TEQ/m <sup>2</sup> d),<br>Messstation Schmücke .....142          |
| Tabelle 53: | Depositionen der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F (pg/m <sup>2</sup> d),<br>Messstation Waldhof .....143  |
| Tabelle 54: | Depositionen der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F (pg/m <sup>2</sup> d),<br>Messstation Schmücke .....144 |
| Tabelle 55: | Depositionen der PCDD/F-Homologengruppensummen<br>(pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Waldhof .....145  |
| Tabelle 56: | Depositionen der PCDD/F-Homologengruppensummen<br>(pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Schmücke .....146 |
| Tabelle 57: | Depositionen der dl-PCB (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Waldhof.....147                             |
| Tabelle 58: | Depositionen der dl-PCB (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Schmücke ..148                              |
| Tabelle 59: | Depositionen der i-PCB (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Waldhof.....149                              |
| Tabelle 60: | Depositionen der i-PCB (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Schmücke ....149                             |
| Tabelle 61: | Depositionen der PCB-Homologengruppensummen (pg/m <sup>2</sup> d),<br>Messstation Waldhof .....150     |
| Tabelle 62: | Depositionen der PCB-Homologengruppensummen (pg/m <sup>2</sup> d),<br>Messstation Schmücke .....151    |
| Tabelle 63: | Depositionen der 209 PCB (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Waldhof..152                               |
| Tabelle 64: | Depositionen der 209 PCB (pg/m <sup>2</sup> d), Messstation Schmücke163                                |
| Tabelle 65: | Potentielle Quellen für bedeutende nicht-i-PCB in der<br>Außenluft .....187                            |

## Abkürzungsverzeichnis

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Ah-Rezeptor</b> | Aryl-Hydrocarbon-Rezeptor  |
| <b>DIN</b>         | Deutsches Institut für Normung   |
| <b>dl-PCB</b>      | Dioxin-like PCB (dioxinähnliche PCB)   |
| <b>DWD</b>         | Deutscher Wetterdienst   |
| <b>EMEP</b>        | European Monitoring and Evaluation Programme                                   |
| <b>HRGC</b>        | hochauflösende Gaschromatographie  |
| <b>HRMS</b>        | hochauflösende Massenspektrometrie   |
| <b>i-PCB</b>       | Indikator-PCB  |
| <b>I-TEQ</b>       | Toxizitätsäquivalent nach internationalen Toxizitätsäquivalenzfaktoren         |
| <b>IUPAC</b>       | International Union of Pure and Applied Chemistry                              |
| <b>LAGA</b>        | Länderarbeitsgemeinschaft Abfall   |
| <b>LVS</b>         | Low Volume Sammler (KleinfILTERgerät)  |
| <b>PCB</b>         | Polychlorierte Biphenyle   |
| <b>PCDD</b>        | Polychlorierte Dibenzodioxine  |
| <b>PCDD/F</b>      | Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane                                      |
| <b>PCDF</b>        | Polychlorierte Dibenzofurane   |
| <b>POP</b>         | Persistent Organic Pollutant (persistenter organischer Schadstoff)             |
| <b>POP-Alp</b>     | Projekt zur Bestimmung von POP in den Alpen                                    |
| <b>PureAlps</b>    | Projekt zum Schutz der Alpen vor Umweltchemikalien                             |
| <b>TEF</b>         | Toxizitätsäquivalenzfaktor   |
| <b>TEQ</b>         | Toxizitätsäquivalent   |
| <b>UBA</b>         | Umweltbundesamt  |
| <b>UNEP</b>        | United Nations Environmental Programme (Umweltprogramm der Vereinten Nationen) |
| <b>VDI</b>         | Verein Deutscher Ingenieure  |
| <b>WHO</b>         | World Health Organisation (Weltgesundheitsorganisation)                        |
| <b>WHO-TEQ</b>     | Toxizitätsäquivalent nach Toxizitätsäquivalenzfaktoren der WHO                 |

## Abkürzungsverzeichnis Analyte

| <b>PCDD/F</b> |                                       |
|---------------|---------------------------------------|
| <b>TeD1</b>   | 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin       |
| <b>PeD1</b>   | 1,2,3,7,8-Pentachlordibenzodioxin     |
| <b>HxD1</b>   | 1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzodioxin    |
| <b>HxD2</b>   | 1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzodioxin    |
| <b>HxD3</b>   | 1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzodioxin    |
| <b>HpD1</b>   | 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin |
| <b>OcD</b>    | Octachlordibenzodioxin                |
| <b>TeF1</b>   | 2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran        |
| <b>PeF1</b>   | 1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran      |
| <b>PeF2</b>   | 2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran      |
| <b>HxF1</b>   | 1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran     |
| <b>HxF2</b>   | 1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran     |
| <b>HxF3</b>   | 1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran     |
| <b>HxF4</b>   | 2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran     |
| <b>HpF1</b>   | 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran  |
| <b>HpF2</b>   | 1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran  |
| <b>OcF</b>    | Octachlordibenzofuran                 |
| <b>S TeD</b>  | Summe Tetrachlordibenzodioxine        |
| <b>S PeD</b>  | Summe Pentachlordibenzodioxine        |
| <b>S HxD</b>  | Summe Hexachlordibenzodioxine         |
| <b>S HpD</b>  | Summe Heptachlordibenzodioxine        |
| <b>S TeF</b>  | Summe Tetrachlordibenzofurane         |
| <b>S PeF</b>  | Summe Pentachlordibenzofurane         |
| <b>S HxF</b>  | Summe Hexachlordibenzofurane          |
| <b>S HpF</b>  | Summe Heptachlordibenzofurane         |

|                |                                     |
|----------------|-------------------------------------|
| <b>PCB</b>     |                                     |
| <b>PCB 28</b>  | 2,4,4'-Trichlorbiphenyl             |
| <b>PCB 52</b>  | 2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl        |
| <b>PCB 77</b>  | 3,3',4,4'-Tetrachlorbiphenyl        |
| <b>PCB 81</b>  | 3,4,4',5-Tetrachlorbiphenyl         |
| <b>PCB 101</b> | 2,2',4,4',5-Pentachlorbiphenyl      |
| <b>PCB 105</b> | 2,3,3',4,4'-Pentachlorbiphenyl      |
| <b>PCB 114</b> | 2,3,4,4',5-Pentachlorbiphenyl       |
| <b>PCB 118</b> | 2,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl      |
| <b>PCB 123</b> | 2',3,4,4',5-Pentachlorbiphenyl      |
| <b>PCB 126</b> | 3,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl      |
| <b>PCB 138</b> | 2,2',3,4,4',5'-Hexachlorbiphenyl    |
| <b>PCB 153</b> | 2,2',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl    |
| <b>PCB 156</b> | 2,3,3',4,4',5-Hexachlorbiphenyl     |
| <b>PCB 157</b> | 2,3,3',4,4',5'-Hexachlorbiphenyl    |
| <b>PCB 167</b> | 2,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl    |
| <b>PCB 169</b> | 3,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl    |
| <b>PCB 180</b> | 2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl |
| <b>PCB 189</b> | 2,3,3',4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl |
| <b>S MoCB</b>  | Summe Monochlorbiphenyle            |
| <b>S DiCB</b>  | Summe Dichlorbiphenyle              |
| <b>S TriCB</b> | Summe Trichlorbiphenyle             |
| <b>S TeCB</b>  | Summe Tetrachlorbiphenyle           |
| <b>S PeCB</b>  | Summe Pentachlorbiphenyle           |
| <b>S HxCB</b>  | Summe Hexachlorbiphenyle            |
| <b>S HpCB</b>  | Summe Heptachlorbiphenyle           |
| <b>S OcCB</b>  | Summe Octachlorbiphenyle            |
| <b>S NoCB</b>  | Summe Nonachlorbiphenyle            |
| <b>DecCB</b>   | Decachlorbiphenyl                   |

## Begriffe

|   |   |
|---|---|
| <b>Bestimmungsgrenze</b>                | Geringste Masse eines Analyten, die quantitativ mit einer bestimmten statistischen Sicherheit ermittelt werden kann.  |
| <b>Coelution</b>                        | Prozess, bei dem zwei oder mehr Substanzen zur selben Zeit von einer Chromatographiesäule eluieren, was die Separierung und Identifizierung der Substanzen erschwert. |
| <b>Homologe</b>                         | Verbindungen, die sich über eine allgemeine Summenformel darstellen lassen. Im Zusammenhang mit PCDD/F und PCB ist hierbei der Chlorierungsgrad maßgeblich.           |
| <b>Homologengruppen-summe</b>           | Massensumme aller Isomere eines Chlorierungsgrades der analysierten Substanzgruppe.   |
| <b>Homologensumme</b>                   | Summe der Homologengruppensummen einer analysierten Substanzgruppe.   |
| <b>Isomer</b>                           | Chemische Verbindungen mit gleicher Summenformel, die sich in der Verknüpfung oder räumlichen Anordnung der Atome unterscheiden.                                      |
| <b>Kongener</b>                         | Chemische Verbindungen, die eine gleiche Grundstruktur aufweisen. Die Summenformeln zweier Kongenere können sich unterscheiden.                                       |
| <b>Lokant</b>                           | Begriff in der chemischen Nomenklatur, der zur genauen Beschreibung bestimmter Positionen von Bindungen innerhalb eines Moleküls dient.                               |
| <b>Profil</b>                           | Muster ausgedrückt als prozentualer Anteil betrachteter Einzelverbindungen oder Analytengruppen an der Summe der Einzelverbindungen oder Analytengruppen.             |
| <b>Sommermonate</b>                     | Zusammenfassung der Monate April bis September.   |
| <b>Toxizitätsäquivalent (TEQ)</b>       | Mit Toxizitätsäquivalenzfaktoren gewichtetes Messergebnis.  |
| <b>Toxizitätsäquivalenzfaktor (TEF)</b> | Faktor, der die toxische Potenz eines Kongeners relativ zu der von 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin (TEF=1) angibt.  |
| <b>Wiederfindungsrate</b>               | Anteil der in einer Probe vorhandenen Substanz (z.B. massenmarkierte Standards), der nach der Analytik der Probe quantifiziert wird.                                  |
| <b>Wintermonate</b>                     | Zusammenfassung der Monate Oktober bis März.  |

## Zusammenfassung

Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) sind ubiquitär verbreitete Umweltkontaminanten, die aufgrund ihrer negativen Eigenschaften wie Toxizität, Persistenz oder Bioakkumulation vielfach in Monitoringprogrammen untersucht wurden. Aufgrund von politischen und regulativen Maßnahmen haben sich die PCDD/F- und PCB-Belastungen einzelner Umweltkompartimente über die letzten Jahrzehnte deutlich reduziert. Die Verfahren für Probenahme und Analytik von PCDD/F und PCB in Luft- oder Depositionsproben sind anspruchsvoll und kostenintensiv. Daraus resultierend wurden und werden PCDD/F und PCB in Luft- und Depositionsproben in Deutschland nicht flächendeckend untersucht, was dazu geführt hat, dass es keine Werte zur aktuellen Belastung von Außenluft und Deposition mit PCDD/F und PCB an quellenfernen Orten in Deutschland gibt. Aus diesem Grund wurde im Umweltbundesamt (UBA) beschlossen, im Rahmen des Forschungsvorhabens „Experimentelle Bestimmung typischer Dioxin/Furan-Profile in der Luft in einer von holzbetriebenen Heizungen stark belasteten Region und zusätzliche Ermittlung der dl-PCB Belastung im ländlichen Hintergrund“ (FKZ 3717 522530) an zwei Hintergrundmessstationen des UBA Messungen zu PCDD/F und PCB in Außenluft und Deposition durchzuführen.

Als Probenahmestandorte waren die Messstationen Schmücke, im Thüringer Wald in Thüringen auf 937 m Höhe gelegen, und Waldhof, in der Lüneburger Heide in Niedersachsen auf 74 m Höhe gelegen, vom UBA vorgesehen worden. Beide Messstationen gehören zum Luftmessnetz des Umweltbundesamts und wurden in vorangegangenen Untersuchungen als repräsentative Hintergrundmessstellen charakterisiert. Die Probenahmen wurden über 12 Monate für den Zeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 geplant. Es wurden sowohl die Deposition als auch die Außenluft als Monatsproben untersucht. Als Zielsubstanzen waren die 17 2,3,7,8-substituierten PCDD/F-Kongenere, die Homologengruppensummen der Tetra- bis Heptachlordibenzodioxine<sup>1</sup> und -furane, die 6 Indikator-PCB (i-PCB), die 12 dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) sowie die Homologengruppensummen der Monochlor- bis Decachlorbiphenyle vorgesehen.

Die Außenluft wurde mit Kleinfiltergeräten, sogenannten Low Volume Sammlern nach VDI 3498 Blatt 2 untersucht. Dabei wurde Außenluft mit einer Pumpe über einen Glasfaserfilter zur Partikelabscheidung und Polyurethanschaum zur Adsorption gasförmiger Verbindungen gesaugt. Mehrere Proben eines Monats wurden zu einer Monatsprobe vereint, gemeinsam extrahiert und mittels Gaschromatographie und hochauflösender Massenspektrometrie analysiert. Die Deposition wurde als Gesamtdeposition mit dem Bergerhoff-Verfahren nach VDI 2090 Blatt 1 untersucht. Dabei wurden 10 Bergerhoff-Gefäße pro Messpunkt monatsweise parallel exponiert. Die 10 Gefäße wurden zu je einer Monatsprobe zusammengefasst, gemeinsam aufgearbeitet und mittels Gaschromatographie und hochauflösender Massenspektrometrie analysiert. Über das gesamte Messprogramm wurden somit 12 Monatsproben für Außenluft und 12 Monatsproben für Deposition pro Messpunkt auf die oben genannten Substanzen bzw. Substanzgruppen untersucht. Die Analyse der PCB-Homologengruppensummen machte die Einzelbestimmung der 209 PCB-Kongenere notwendig, was zusätzliche Aussagen zu weiteren relevanten PCB in der Außenluft ermöglichte.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Messungen zusammengefasst.

---

<sup>1</sup> Für die Homologengruppensummen der PCDD/F werden jeweils Tetrachlor- bis Octachlor-PCDD/F ausgewiesen und diskutiert. Da es sich bei den Octachlorverbindungen aber nur um je ein 1 Dioxin (Ocd) und ein Furan (Ocf) handelt, welches im Umfang der 17 PCDD/F-Einzelkongenere enthalten ist, werden im Sinne der instrumentellen PCDD/F-Analytik nur die Homologengruppensummen der Tetrachlor- bis Heptachlor-PCDD/F bestimmt.

## Außenluft

Die Jahresmittelwerte der PCDD/F- und PCB-Belastung in der Außenluft auf der Basis von Toxizitätsäquivalenten (TEQ) unter der Berücksichtigung der halben Bestimmungsgrenzen lagen bei 3,9 fg WHO<sub>2005</sub> TEQ/m<sup>3</sup> (Waldhof) und 2,4 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup> (Schmücke) und sind damit deutlich geringer als der Zielwert für die langfristige Luftreinhaltung von 150 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup> für die Summe der PCDD/F und dl-PCB. Die TEQ-Monatswerte im Zeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 schwankten dabei zwischen 0,7 und 13,8 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup>. Diese Werte können als typische Werte für den deutschen Hintergrund angesehen werden. Die TEQ-Werte werden mit bis zu 90 % durch die PCDD/F generiert. Sie waren in den Wintermonaten höher als in den Sommermonaten, was auf den Einfluss von saisonal geprägten Verbrennungsprozessen als Quelle für v.a. PCDD/F hinweist.

Die Summen der mittleren Außenluftkonzentrationen der 17 2,3,7,8-substituierten PCDD/F-Kongenere lagen im Untersuchungszeitraum bei 104 fg/m<sup>3</sup> (Waldhof) und 59 fg/m<sup>3</sup> (Schmücke). Die Summen der Tetra- bis Octachlordibenzodioxine und -furane lagen im Jahresmittel bei 283 fg/m<sup>3</sup> (Waldhof) und 162 fg/m<sup>3</sup> (Schmücke). Die PCDD/F-Konzentrationen waren in den Wintermonaten höher als in den Sommermonaten. Die mittleren Kongeneren- und Homologengruppensummenprofile waren an beiden Standorten ähnlich. Die mittleren Kongenerenprofile der 17 PCDD/F waren durch eine Dominanz von Octachlordibenzodioxin (ca. 48 %) geprägt. Weitere bedeutende Kongenere waren 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin (ca. 18 %), 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran (ca. 7 %) und Octachlordibenzofuran (ca. 6,5 %). Die mittleren PCDD/F-Homologengruppensummenprofile an den Stationen Waldhof und Schmücke waren durch maximale Anteile von Tetrachlordibenzofuranen (38 % bzw. 33 %) charakterisiert. Weitere bedeutende Homologengruppensummen mit relativen Anteilen über 10 % waren Octachlordibenzodioxin, Heptachlordibenzodioxine und Pentachlordibenzofurane. An beiden Messstationen konnte eine saisonale Verschiebung der Homologengruppensummenprofile festgestellt werden. Die prozentualen Anteile der Tetrachlordibenzofurane verringerten sich in den Wintermonaten deutlich. Die saisonale Verschiebung bei den Einzelkongeneren fiel weniger deutlich aus. Prozentuale Anteile von 2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran, 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran und Octachlordibenzofuran sanken in den Wintermonaten, Anteile von 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin stiegen.

Die aufsummierten Jahresmittelkonzentrationen der 6 i-PCB waren an beiden Messstationen ähnlich und lagen bei 8,4 pg/m<sup>3</sup> (Waldhof) und 6,9 pg/m<sup>3</sup> (Schmücke). Die mittleren Konzentrationen waren für PCB 28, PCB 52 und PCB 101 am höchsten und für PCB 180 am geringsten. Die Monatswerte der 6 i-PCB-Konzentrationen lagen zwischen 2,4 pg/m<sup>3</sup> und 16,6 pg/m<sup>3</sup> und weisen den für PCB typischen Jahresverlauf mit höheren Werten im Sommer als im Winter auf. Die aufsummierten Jahresmittelkonzentrationen der 12 dl-PCB lagen bei 0,64 pg/m<sup>3</sup> (Waldhof) und 0,55 pg/m<sup>3</sup> (Schmücke). Höchste Werte wurden für PCB 118 (hier in Coelution mit PCB 106; 0,4 pg/m<sup>3</sup> bzw. 0,3 pg/m<sup>3</sup>) erreicht. Die Monatswerte der aufsummierten Konzentrationen der 12 dl-PCB lagen zwischen 0,2 pg/m<sup>3</sup> und 1,2 pg/m<sup>3</sup> und waren in den Sommermonaten höher als in den Wintermonaten. Die mittlere PCB-Summenkonzentration lag an beiden Messstationen bei ca. 50 pg/m<sup>3</sup>. Die Monatswerte schwankten zwischen 22 pg/m<sup>3</sup> und 67 pg/m<sup>3</sup>. Die Di- bis Tetrachlorbiphenyle waren die bedeutendsten Homologengruppen, wobei sowohl Konzentrationen als auch Anteile größeren monatlichen Schwankungen unterworfen waren. Neben den routinemäßig untersuchten PCB-Kongeneren (i-PCB, dl-PCB) haben die Untersuchungen gezeigt, dass es weitere bedeutende PCB in der Außenluft an quellenfernen Orten gibt, deren Konzentrationen in einem ähnlichen Bereich liegen wie die der i-PCB-Kongenere oder diese sogar überschreiten. Dieses sind die folgenden

PCB (absteigend geordnet nach mittlerer Konzentration): PCB 11 (5,6 bzw. 5,9 pg/m<sup>3</sup>), PCB 18 (2,5 bzw. 3,9 pg/m<sup>3</sup>), PCB 93/95/98/102 (2,2 bzw. 1,8 pg/m<sup>3</sup>), PCB 5/8 (ca. 2 pg/m<sup>3</sup>), PCB 31 (ca. 1,8 pg/m<sup>3</sup>), PCB 139/149 (1,6 bzw. 1,1 pg/m<sup>3</sup>), PCB 43/49 (1,3 bzw. 1,1 pg/m<sup>3</sup>), PCB 47/48/65/75 (1,3 bzw. 1,1 pg/m<sup>3</sup>), PCB 17 (0,9 bzw. 1,3 pg/m<sup>3</sup>), PCB 44 (1,2 bzw. 1 pg/m<sup>3</sup>), PCB 20/33 (ca. 1 pg/m<sup>3</sup>) und PCB 151 (1 bzw. 0,8 pg/m<sup>3</sup>). Von 166 gaschromatographisch auftrennbaren PCB bzw. PCB-Coelutionen konnten in Außenluftproben zwischen 105 und 144 quantifiziert werden.

## Deposition

An den UBA-Messstationen wurden PCDD/F- und PCB-Kongenere nur selten oberhalb der Bestimmungsgrenzen gefunden, was die aggregierten Werte je nach Berücksichtigung der Bestimmungsgrenze verzerren kann und Interpretationsmöglichkeiten limitiert.

Die Jahresmittelwerte der PCDD/F- und PCB-Depositionsraten auf der Basis von Toxizitätsäquivalenten unter der Berücksichtigung der halben Bestimmungsgrenzen lagen bei 0,33 pg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>2</sup>d (Waldhof) und 0,54 pg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>2</sup>d (Schmücke) und sind damit deutlich geringer als der Zielwert für die langfristige Luftreinhaltung von 4 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup>d für die Summe der PCDD/F und dl-PCB. Die Monatswerte lagen zwischen 0,0 und 1,3 pg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>2</sup>d, wobei die Schwankungen vor allem auf die variierenden TEQ-Depositionsraten der PCDD/F bzw. dem Einfluss der Bestimmungsgrenzen zurückgehen. Ein saisonaler Verlauf der TEQ-Depositionsraten mit höheren Werten im Winter als im Sommer, wie er in der Außenluft beobachtet werden konnte, ist für die Deposition nicht ausgeprägt, deutet sich an der Messstation Schmücke aber an.

Die mittleren Depositionsraten der 17 2,3,7,8-substituierten PCDD/F-Kongenere lagen bei 6,5 pg/m<sup>2</sup>d (Waldhof) und 13 pg/m<sup>2</sup>d (Schmücke). Es wurden überwiegend (d.h. in mehr als 50 % der Proben) nur die Kongenere Octachlordibenzodioxin, 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin und 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran quantifiziert. Die mittleren Depositionsraten der PCDD/F-Homologensummen waren 11 pg/m<sup>2</sup>d (Waldhof) und 19 pg/m<sup>2</sup>d (Schmücke) mit höchsten Werten für Octachlordibenzodioxin und Tetrachlordibenzofuranen. Ein Jahresgang der PCDD/F-Depositionen mit höheren Einträgen im Winter deutet sich in den PCDD/F-Summenwerten an.

PCB wurden überwiegend nur in den Sommermonaten quantifiziert. Die Jahresmittelwerte der Einzelkongenere lagen daher oft unterhalb der Bestimmungsgrenzen. Die Monatswerte der aufsummierten Depositionen lagen zwischen Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze und ca. 1200 pg/m<sup>2</sup>d für die 6 i-PCB, zwischen Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze und 155 pg/m<sup>2</sup>d für die dl-PCB und zwischen Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze und ca. 7500 pg/m<sup>2</sup>d für die Gesamt-PCB. Dabei wurden für die i-PCB überwiegend die PCB 138, PCB 153 (hier coelulierend mit 168) und PCB 180 quantifiziert. Von den dl-PCB wurden vor allem PCB 118 (hier in Coelution mit PCB 106), PCB 156 und PCB 167 quantifiziert. Von 166 gaschromatographisch auftrennbaren PCB bzw. PCB-Coelutionen konnten in Depositionsproben zwischen 0 und 94 quantifiziert werden, zum Teil mit ähnlich hohen Depositionsraten wie einige i-PCB-Kongenere. Bedeutende PCB sind hierbei PCB 182/187, PCB 14, PCB 4, PCB 163/174 und PCB 170. PCB 11, das dominante PCB in der Außenluft, konnte nur in einer Probe oberhalb der (hohen) Bestimmungsgrenzen quantifiziert werden.

## Summary

Polychlorinated dibenzodioxins and furans (PCDD/F) and polychlorinated biphenyls (PCB) are ubiquitously distributed environmental contaminants, which have often been investigated in monitoring programmes due to their adverse properties such as toxicity, persistence or potential to bioaccumulate. As a result of political and regulatory measures, PCDD/F and PCB contamination of individual environmental compartments usually decreased significantly over the past decades. Sampling procedures and analytical methods for the determination of PCDD/F and PCB in air or deposition samples are challenging and cost-intensive. As a result, PCDD/F and PCB in air and deposition samples have not been and are not being analysed comprehensively in Germany. Therefore, current PCDD/F and PCB levels for ambient air and deposition at German background locations are missing. For this reason, the German Environment Agency (UBA) decided to carry out measurements to determine PCDD/F and PCB in ambient air and deposition at two background monitoring stations of the UBA within the research project "Experimental determination of typical dioxin/furan profiles in air in a region heavily impacted by wood-fired heating systems and additional determination of dl-PCB contamination in rural background" (FKZ 3717 522530).

The UBA had planned sampling to occur at the sites Schmücke, located in the Thuringian Forest in Thuringia at 937 m altitude, and Waldhof, located in the Lüneburger Heide in Lower Saxony at 74 m altitude. Both measuring stations are part of the German Environment Agency's air monitoring network and were characterized as representative background stations in previous studies. Sampling was designed to take place over 12 months in the period June 2018 to May 2019. Both, deposition and ambient air, were investigated on a monthly basis. The target substances were the 17 2,3,7,8-substituted PCDD/F congeners, the homologue group sums of the tetra- to octachlorodibenzodioxins and furans, the 6 indicator PCB (i-PCB), the 12 dioxin-like PCB (dl-PCB) and the homologue group sums of the monochloro- to decachlorobiphenyls.

Ambient air was sampled according to VDI 3498 part 2 using low volume samplers. Glass fibre filters were used to accumulate particle-bound compounds, polyurethane foam was applied to adsorb gaseous compounds. Several samples of one month were combined to a monthly sample, extracted together and analysed by means of high-resolution mass spectrometry (HRMS). Deposition was collected as bulk deposition applying the Bergerhoff method according to VDI 2090 part 1. 10 Bergerhoff jars per site were exposed in parallel on a monthly basis. The 10 jars were combined to one monthly sample, processed together and analysed by high-resolution mass spectrometry. Over the entire measuring program, 12 monthly samples for ambient air and 12 monthly samples for deposition were analysed per site for the above-mentioned substances or substance groups. In order to be able to analyse the PCB homologue group 209 PCB congeners had to be individually determined. This enabled gathering additional information on other relevant PCBs in the ambient air.

The results of the measurements are summarised below.

## Ambient air

Taking into account half of the limits of quantification (LOQ), the annual mean concentrations of PCDD/F and PCB in ambient air on the basis of toxicity equivalents (TEQ) were 3.9 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup> (Waldhof) and 2.4 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup> (Schmücke). These values are lower than the German target value for long-term air pollution of 150 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup> for the sum of PCDD/F and dl-PCB. TEQ-values (incl. ½ LOQ) in individual samples in the period June 2018 to May 2019 fluctuated between 0.9 and 13.9 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup>. These values can be regarded as typical background values for Germany. 90 % of the TEQ values were generated from PCDD/F. TEQ concentrations were higher in the winter months than in the summer months, indicating the influence of seasonal combustion processes as a source of PCDD/F.

Annual mean ambient air concentrations of the 17 2,3,7,8-substituted PCDD/F congeners were 104 fg/m<sup>3</sup> (Waldhof) and 59 fg/m<sup>3</sup> (Schmücke). Average concentrations of tetra- to octachlorodibenzodioxins and furans were 283 fg/m<sup>3</sup> (Waldhof) and 162 fg/m<sup>3</sup> (Schmücke). PCDD/F concentrations were higher in the winter months than in the summer months. Average profiles were quite similar at both sites. Mean congener profiles of the 17 PCDD/F were characterized by a dominance of octachlorodibenzodioxin (about 48 %). Other significant congeners were 1,2,3,4,6,7,8-heptachlorodibenzodioxin (about 18 %), 1,2,3,4,6,7,8-heptachlorodibenzofuran (about 7 %) and octachlorodibenzofuran (about 6.5 %). Average PCDD/F homologue group sum profiles at Waldhof and Schmücke were characterized by maximum proportions of tetrachlorodibenzofurans (38 % and 33 %, respectively). Other significant homologue group sums with relative proportions above 10 % were octachlorodibenzodioxin, heptachlorodibenzodioxins and pentachlorodibenzofurans. At both sites a seasonal shift of the homologue group sum profiles could be detected with proportions of tetrachlorodibenzofurans decreasing during the winter months. The seasonal shift for the individual congeners was less obvious. Proportions of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzofuran, 1,2,3,4,6,7,8-heptachlorodibenzofuran and octachlorodibenzofuran decreased in the winter months, those of 1,2,3,4,6,7,8-heptachlorodibenzodioxin increased.

Annual mean concentrations of the 6 i-PCB were 8.4 pg/m<sup>3</sup> (Waldhof) and 6.9 pg/m<sup>3</sup> (Schmücke) and thus quite similar at both sites. Average concentrations were highest for PCB 28, PCB 52 and PCB 101 and lowest for PCB 180. Individual concentrations for the 6 i-PCB were between 2.4 pg/m<sup>3</sup> and 16.6 pg/m<sup>3</sup> and showed the typical annual PCB-pattern with higher values in summer than in winter. Average concentrations of the 12 dl-PCB were 0.64 pg/m<sup>3</sup> (Waldhof) and 0.55 pg/m<sup>3</sup> (Schmücke). Highest values were observed for PCB 118 (here in coelution with PCB 106; 0.4 pg/m<sup>3</sup> and 0.3 pg/m<sup>3</sup>). Monthly concentrations of 12 dl-PCB ranged between 0.2 pg/m<sup>3</sup> and 1.2 pg/m<sup>3</sup> and were higher in the summer months than in the winter months. The mean PCB sum concentrations at both monitoring stations were about 50 pg/m<sup>3</sup>. Monthly values fluctuated between 22 pg/m<sup>3</sup> and 67 pg/m<sup>3</sup>. The di- to tetrachlorobiphenyls were the most important homologue groups. In addition to the PCB congeners routinely studied (i-PCB, dl-PCB), the investigations have shown that there are other significant PCBs in ambient air at German background sites whose concentrations are in a similar range to those of i-PCB congeners or even higher. These are the following PCB (in descending order of average concentration): PCB 11 (5.6 or 5.9 pg/m<sup>3</sup>), PCB 18 (2.5 or 3.9 pg/m<sup>3</sup>), PCB 93/95/98/102 (2.2 or 1.8 pg/m<sup>3</sup>), PCB 5/8 (approx. 2 pg/m<sup>3</sup>), PCB 31 (approx. 1.8 pg/m<sup>3</sup>), PCB 139/149 (1.6 or 1.1 pg/m<sup>3</sup>), PCB 43/49 (1.3 or 1.1 pg/m<sup>3</sup>), PCB 47/48/65/75 (1.3 or 1.1 pg/m<sup>3</sup>), PCB 17 (0.9 or 1.3 pg/m<sup>3</sup>), PCB 44 (1.2 or 1 pg/m<sup>3</sup>), PCB 20/33 (approx. 1 pg/m<sup>3</sup>) and PCB 151 (1 or 0.8 pg/m<sup>3</sup>). Of 166 PCBs or PCB co-elutions separated by gas chromatographically, between 105 and 144 could be quantified in ambient air samples.

## Deposition

Overall, PCDD/F and PCB congeners were rarely found above the limits of quantification at the German background sites investigated. It should be noted that this may result in misleading aggregated values depending on the consideration of the limit of quantification.

Annual mean deposition rates of the PCDD/F and PCB on the basis of toxicity equivalents considering half of the quantification limits were 0.33 pg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>2</sup>d at Waldhof and 0.54 pg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>2</sup>d at Schmücke. Thus, values were much lower than the target value for long-term air pollution of 4 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup>d for the sum of PCDD/F and dl-PCB. Monthly values ranged between 0 and 1.3 pg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>2</sup>d. Differences resulted mainly from fluctuating TEQ deposition rates of PCDD/F and the impact of the LOQs. A seasonal trend in the TEQ deposition rates with higher values in winter than in summer, as it was observed in ambient air, was not very pronounced for the deposition, however it was slightly indicated at the Schmücke site.

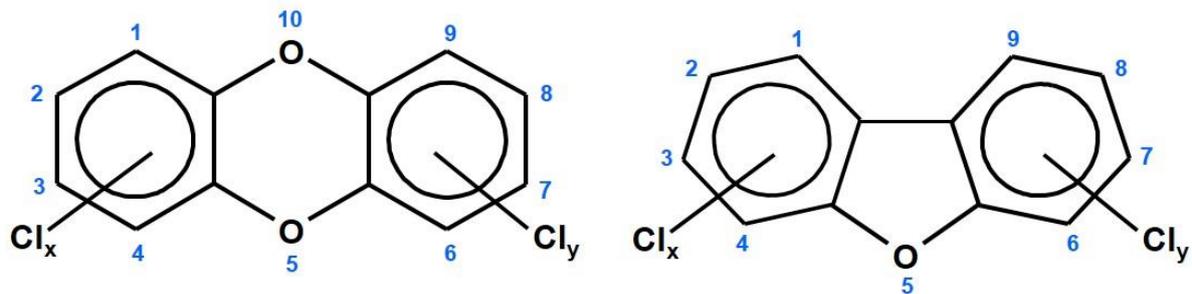
Average deposition rates of the 17 2,3,7,8-substituted PCDD/F congeners were 6,5 pg/m<sup>2</sup>d (Waldhof) and 13 pg/m<sup>2</sup>d (Schmücke). For the most part (i.e. in more than 50 % of the samples) only the congeners octachlorodibenzodioxin, 1,2,3,4,6,7,8-heptachlorodibenzodioxin and 1,2,3,4,6,7,8-heptachlordibenzofuran were quantified. The mean deposition rates of PCDD/F homologue sums were 11 pg/m<sup>2</sup>d (Waldhof) and 19 pg/m<sup>2</sup>d (Schmücke) with highest values for octachlorodibenzodioxin and tetrachlorodibenzofurans. Seasonal PCDD/F depositions trends with higher values in winter were indicated by the PCDD/F sum values.

PCB were usually quantified in the summer months, only. The annual means of the individual congeners were therefore often below the actual quantification limits. Monthly deposition rates were between values below the limit of quantification and about 1200 pg/m<sup>2</sup>d for the 6 i-PCB, between values below the limit of quantification and 155 pg/m<sup>2</sup>d for the dl-PCB and between values below the limit of quantification and about 7500 pg/m<sup>2</sup>d for the total PCB. For i-PCB, PCB 138, PCB 153 (here co-eluting with 168) and PCB 180 were quantified the most. Of the dl-PCBs, PCB 118 (here in co-elution with PCB 106), PCB156 and PCB 167 were quantified. Of 166 PCBs or PCB co-elutions separated by gas chromatography, between 0 and 94 were quantified in deposition samples, in some cases at similarly high deposition rates as some i-PCB congeners. In this context important PCB are the following: PCB 182/187, PCB 14, PCB 4, PCB 163/174 and PCB 170. PCB 11, the dominant PCB in ambient air, could only be quantified in one sample above the (high) quantification limits.

## 1 Einleitung und Zielsetzung

Unter dem Begriff polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) werden 2 Stoffgruppen von Organochlorverbindungen zusammengefasst, die chemisch ähnlich aufgebaut sind: die polychlorierten Dibenzodioxine (PCDD) und die polychlorierten Dibenzofurane (PCDF). Die PCDD/F bestehen aus zwei kondensierten Phenylringen, die über zwei (PCDD) bzw. eine (PCDF) Etherbrücke(n) verbunden sind (Abbildung 1). Für die Stoffgruppe der PCDD existieren 75, für die der PCDF 135 verschiedene Einzelverbindungen (Kongenerere).

**Abbildung 1: Allgemeine Strukturformeln für Polychlorierte Dibenzodioxine (links) und polychlorierte Dibenzofurane (rechts) mit Lokanten**



Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

PCDD/F wurden in der Regel nicht für eine bestimmte Applikation hergestellt. Eine Ausnahme bildet beispielsweise die gezielte Verwendung von Einzelsubstanzen zu Analysezwecken. Sie entstehen vor allem als Nebenprodukte bei thermischen Prozessen oder bei einigen chemischen Reaktionen, z.B. bei der Synthese bestimmter chlorhaltiger Chemikalien oder Produkte. PCDD/F kommen in der Umwelt nicht als Einzelverbindung sondern immer als Mischung verschiedener Kongenerere vor. Das Muster, d.h. die prozentualen Anteile der Einzelverbindungen an der Summe der PCDD/F, wird als Profil bezeichnet und kann zur Identifizierung der PCDD/F-Quellen herangezogen werden (Quass et al. 2016).

Aufgrund ihrer Stabilität und Lipophilie reichern sich PCDD/F in Lebewesen und in der Umwelt an, sind weltweit verbreitet und werden in Verbindung mit einer Reihe von unerwünschten gesundheitsrelevanten Wirkungen gebracht. Einige Verbindungen gelten als potentielle Karzinogene. PCDD/F sind daher in der Stockholm-Konvention als persistente organische Schadstoffe (persistent organic pollutant, POP) klassifiziert (UNEP 2019). Für die toxische Wirkung der insgesamt 210 PCDD/F sind die 17 Kongenerere relevant, bei denen die Kohlenstoffatome der Positionen 2, 3, 7 und 8 (Abbildung 1) an Chloratome gebunden sind. Sie werden daher auch als die 2,3,7,8-substituierten Kongenerere bezeichnet. Das 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin ist das toxischste Dioxin und wurde in toxikologischen Untersuchungen vornehmlich betrachtet (Behnke et al. 2017). Es wirkt über die Aktivierung des Aryl-Hydrocarbon-Rezeptors (Ah-Rezeptor), der z.B. Zellwachstum und Zelldifferenzierung reguliert (Behnke et al. 2017). Die 2,3,7,8-substituierten Kongenerere (Anhang A1) haben den gleichen Wirkmechanismus, allerdings in unterschiedlich starkem Ausmaß. Die unterschiedliche Wirkungsstärke wird über den Toxizitätsäquivalenzfaktor (TEF) berücksichtigt und die Konzentrationen oft als toxikologiebezogener Summenwert, als Toxizitätsäquivalent (TEQ)-Wert, angegeben (Van den Berg et al. 2006, Behnke et al. 2017). Aufgrund ihrer Toxizität betrachten die meisten Studien ausschließlich die 2,3,7,8-substituierten PCDD/F. Zum Teil werden auch die Summen der Verbindungen eines Chlorierungsgrades, die Homologengruppensummen, ausgewiesen, um Informationen über den Gesamtgehalt von

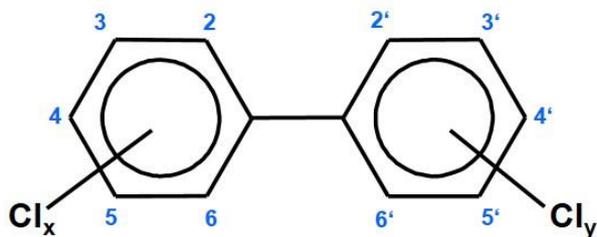
PCDD/F einer Probe zu erhalten. Dabei wird sich in der Regel auf die Tetrachlor- bis Octachlor-PCDD/F beschränkt.

Die polychlorierten Biphenyle (PCB) gehören ebenfalls zur Gruppe der persistenten Organochlorverbindungen. Sie leiten sich aus dem Biphenyl ab, in dem mindestens ein Wasserstoffatom durch ein Chloratom substituiert ist (Abbildung 2). Für die Stoffgruppe der PCB existieren 209 Kongenere.

Im Gegensatz zu PCDD/F wurden PCB von den 1930er Jahren bis in die 1980er Jahre gezielt hergestellt. Ihren Einsatz fanden sie z.B. als flammhemmende Flüssigkeit in Transformatoren, elektrischen Kondensatoren oder Motoren. Sie wurden als Hydraulikflüssigkeit, Wärmetransferflüssigkeit verwendet oder als Weichmacher in Produkte und Material (Farben, Papier, Dichtungsmassen, etc.) inkorporiert (Erickson and Kaley 2011, UBA 2020). PCB wurden als technische Gemische unterschiedlicher Chlorierungsgrade hergestellt und vermarktet. Bekannte Beispiele sind die Produktreihen Aroclor (Monsanto Industrial Chemicals Company, USA) oder Chlophen (Bayer, Deutschland). In der Fachliteratur wird sich oft auf die Aroclor-Produkte bezogen. Von den 209 PCB wurden ca. 130 in technischen Mischungen detektiert (Megson et al. 2019 und enthaltene Referenzen). Das bedeutet, dass PCB ähnlich wie PCDD/F nicht als Einzelverbindung sondern immer als Mischung verschiedener Kongenere vorkommen. In den letzten Jahren veröffentlichte Studien zeigen, dass es auch eine Reihe von unabsichtlich produzierten PCB-Kongenere aus Quellen ohne den Einfluss technischer Gemische, den sogenannten Nicht-Aroclor-Quellen, gibt, beispielsweise in Farbpigmenten, Silikonkautschuk, Löschschäumen, Asphalt-Haft- und Trennmitteln oder Herbiziden, welche die (historischen) PCB-Profile in Umweltproben verändern können (Vorkamp 2016, Herkert et al. 2018, Megson et al. 2019).

**Abbildung 2: Allgemeine Strukturformeln für polychlorierte Biphenyle mit Lokanten**

---



Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

Im Gegensatz zu PCDD/F wurden PCB von den 1930er Jahren bis in die 1980er Jahre gezielt hergestellt. Ihren Einsatz fanden sie z.B. als flammhemmende Flüssigkeit in Transformatoren, elektrischen Kondensatoren oder Motoren. Sie wurden als Hydraulikflüssigkeit, Wärmetransferflüssigkeit verwendet oder als Weichmacher in Produkte und Material (Farben, Papier, Dichtungsmassen, etc.) inkorporiert (Erickson and Kaley 2011, UBA 2020). PCB wurden als technische Gemische unterschiedlicher Chlorierungsgrade hergestellt und vermarktet. Bekannte Beispiele sind die Produktreihen Aroclor (Monsanto Industrial Chemicals Company, USA) oder Chlophen (Bayer, Deutschland). In der Fachliteratur wird sich oft auf die Aroclor-Produkte bezogen. Von den 209 PCB wurden ca. 130 in technischen Mischungen detektiert (Megson et al. 2019 und enthaltene Referenzen). Das bedeutet, dass PCB ähnlich wie PCDD/F nicht als Einzelverbindung sondern immer als Mischung verschiedener Kongenere vorkommen. In den letzten Jahren veröffentlichte Studien zeigen, dass es auch eine Reihe von unabsichtlich produzierten PCB-Kongenere aus Quellen ohne den Einfluss technischer Gemische, den sogenannten Nicht-Aroclor-Quellen, gibt, beispielsweise in Farbpigmenten, Silikonkautschuk,

Löschschäumen, Asphalt-Haft- und Trennmitteln oder Herbiziden, welche die (historischen) PCB-Profile in Umweltproben verändern können (Vorkamp 2016, Herkert et al. 2018, Megson et al. 2019).

Neben der präzisen IUPAC-Nomenklatur wird für die PCB gewöhnlich ein Nummerierungssystem von Ballschmiter und Zell (1980, korrigiert Ballschmiter et al. 1992) verwendet. Diese Nummerierung wird auch in dem vorliegenden Bericht verwendet. Da der Aufwand für die Bestimmung von allen 209 PCB in einer großen Anzahl von Proben sehr aufwändig ist (VDI 2446 Bl. 1, 2009-09), wird in der Regel nur eine Auswahl selektierter PCB analytisch bestimmt. Diese orientiert sich zum einen an den toxikologischen Eigenschaften der PCB. Für PCB mit mindestens vier Chloratomen und mit keinen Chloratomen in der ortho-Stellung (PCB 77, PCB 81, PCB 126, PCB 169; Anhang A1) wird eine planare räumliche Molekülstruktur angenommen, die eine Bindung an den Ah-Rezeptor ermöglicht (Erickson and Kaley 2011). Diese PCB werden häufig auch als coplanare non-ortho-PCB bezeichnet. PCB mit mindestens vier Chloratomen in 3, 3', 4, 4', 5 oder 5'-Stellung (PCB 105, PCB 114, PCB 118, PCB 123, PCB 156, PCB 157, PCB 167, PCB 189; Anhang A1) werden als mono-ortho-PCB bezeichnet. Sie binden schwach an den Ah-Rezeptor (Erickson and Kaley 2011). Die 12 non-ortho- und mono-ortho-PCB zeigen somit eine dioxinähnliche Wirkung und werden deshalb dioxinähnliche PCB (dioxin-like PCB; dl-PCB) genannt. Ihnen wurde durch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) Toxizitätsäquivalenzfaktoren zugeordnet, um ihr Bindungspotential an den Ah-Rezeptor im Vergleich zum 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin zu charakterisieren. Die WHO-Bewertung wurde im Jahr 2005 aktualisiert, weshalb in Studien zwischen WHO<sub>1998</sub>- und WHO<sub>2005</sub>-TEQ-Werten unterschieden wird (Van den Berg et al. 2006). Zum anderen orientiert sich die Auswahl der zu analysierenden Kongenere an wichtigen Verbindungen in technischen Gemischen. Hier werden in der Regel sechs PCB-Kongenere (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180; Anhang A1), die sogenannten Indikator-PCB (i-PCB) oder Marker-PCB, bestimmt. Zum Teil ist diese Liste um ein siebtes PCB, PCB 118, erweitert.

Um den Gesamtgehalt der PCB in festen und flüssigen Abfällen abschätzen zu können, wird basierend auf einem Vorschlag der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) üblicherweise die Summe der 6 i-PCB mit dem Faktor 5 multipliziert (LAGA 1995). Dies entspricht einem Anteil der i-PCB an der Summe aller PCB von 20 %. Diese Vorgehensweise wird häufig auf Umweltmatrices, unter anderem auf Luft- und Depositionsproben übertragen (LANUV 2020, LANUV 2020). In Luftproben kann dieser Schätzwert mit einem erheblichen Fehler verbunden sein, da die leichter flüchtigen niederchlorierten PCB gegenüber schwerer flüchtigen höherchlorierten PCB in der Luft in viel größeren Mengen vorkommen können (VDI 2464 Bl. 1 2009-09). Zudem geht dadurch ein Informationsverlust einher, da andere bedeutende PCB z.B. aus Nicht-Aroclor-Quellen übersehen werden können. Dies zeigt sich auch anhand von Daten von Außenluft- und Depositionsproben in Nordrhein-Westfalen, bei denen das Produkt der i-PCB\*5 und der Summe Tri- bis Decachlorbiphenyle (d.h. ohne die Berücksichtigung von Mono- und Dichlorbiphenyle) für Deposition deutlich, für Außenluftkonzentrationen mäßig voneinander abweichen (LANUV 2020, LANUV 2020).

PCB besitzen ein ähnliches Umweltverhalten wie PCDD/F, sind bei gleichem Chlorierungsgrad aber etwas flüchtiger (Landesamt für Umwelt Bayern 2018). Auch PCB können sich in Lebewesen und in der Umwelt anreichern und werden in Verbindung mit einer Reihe von unerwünschten gesundheitsrelevanten Wirkungen gebracht. Dazu zählen neben der Karzinogenität auch neurotoxische, immunsuppressive oder reproduktionstoxische Effekte (Vorkamp 2016). PCB sind weltweit in allen Umweltmatrices verbreitet und in der Stockholm-Konvention als persistente organische Schadstoffe klassifiziert (UNEP 2019).

Viele Studien beschreiben für verschiedenste Regionen der Erde sinkende atmosphärische PCDD/F- oder PCB-Belastungen seit den 1990er Jahren (z.B. Bruckmann et al. 2013, Coutinho et al. 2015, Graf et al. 2016, Quass et al. 2016, Shunthirasingham et al. 2016, Parera et al. 2018, Kirchner et al. 2020). Für Deutschland wurden auf der Grundlage der von Bund und Ländern verfügbaren Daten von Quass et al. (2016) die Langzeittrends von PCDD/F und PCB in der Außenluft und Deposition zusammengefasst: Für die PCDD/F-Außenluftkonzentrationen und -Depositionen „ist zwischen den Jahren 1990 und 2000 für alle [...] Messorte mit Langzeit-Messprogrammen ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen, der sich in den Folgejahren in abgeschwächter Form fortsetzt. Dieser Trend ist bei den Außenluftkonzentrationen meist deutlicher ausgeprägt als bei den Depositionen.“ Danach ist bis auf wenige Ausnahmen eine Stagnation der Belastungen erkennbar. Der zeitliche Verlauf der Gesamt-PCB-Konzentration zeigt einen „deutlichen Rückgang in der Dekade bis zum Jahr 2000, der sich danach an ländlichen Messorten weiter fortsetzt, während sich für städtische Messorte ein insignifikanter Trend ergibt“. Danach erfolgt eine indifferente Entwicklung. Auch in der Deposition ergeben sich für städtische Messorte deutlich fallende Belastungen in den 1990er Jahren mit einer Stagnation ab 2001.

Aus den vorhandenen Messdaten in Deutschland der Jahre 2005 bis 2013 wurden von Quass et al. (2016) typische PCDD/F- und PCB-Belastungen für den ländlichen und städtischen Raum abgeleitet. Diese liegen für PCDD/F in der Außenluft und der Deposition zwischen ca. 5 und 25 fg WHO<sub>2005</sub> TEQ/m<sup>3</sup> bzw. 0,65 bis 1,6 pg WHO<sub>2005</sub> TEQ/m<sup>2</sup>d an Standorten in quellferner Lage und zwischen 12 und 16 fg WHO<sub>2005</sub> TEQ/m<sup>3</sup> bzw. 0,75 und 4 pg WHO<sub>2005</sub> TEQ/m<sup>2</sup>d an Standorten im städtischen Bereich. Für die dl-PCB wurden Werte von 1,5 bis 2,1 fg WHO<sub>2005</sub> TEQ/m<sup>3</sup> bzw. 0,27 bis 0,57 pg WHO<sub>2005</sub> TEQ/m<sup>2</sup>d im ländlichen Raum und 5,4 bis 6,5 fg WHO<sub>2005</sub> TEQ/m<sup>3</sup> bzw. 0,3 bis 2,6 pg WHO<sub>2005</sub> TEQ/m<sup>2</sup>d für (vor-)städtische Messorte angegeben (Tabelle 1). Quass et al. (2016) folgerte daraus, dass lokale PCDD/F-Quellen im städtischen Umfeld primär durch Emissionen wirken, die nicht nachweisbar zu erhöhten Außenluftwerten sondern lediglich zu erhöhten Depositionswerten führen und somit vermutlich vor allem durch Grobstaub emittierende Prozesse (z.B. Materialumschlag, Aufwirbelung) verursacht werden.

**Tabelle 1: Typische PCDD/F- und PCB-Belastungen für den ländlichen und städtischen Raum**

| Parameter                | ländliche Standorte                                     | städtische Standorte                                  |
|--------------------------|---|---|
| PCDD/F in der Außenluft  | 5 - 25 fg WHO <sub>2005</sub> TEQ/m <sup>3</sup>        | 12 - 16 fg WHO <sub>2005</sub> TEQ/m <sup>3</sup>     |
| PCDD/F in der Deposition | 0,65 - 1,6 pg WHO <sub>2005</sub> TEQ/m <sup>2</sup> d  | 0,75 - 4 pg WHO <sub>2005</sub> TEQ/m <sup>2</sup> d  |
| dl-PCB in der Außenluft  | 1,5 - 2,1 fg WHO <sub>2005</sub> TEQ/m <sup>3</sup>     | 5,4 - 6,5 fg WHO <sub>2005</sub> TEQ/m <sup>3</sup>   |
| dl-PCB in der Deposition | 0,27 - 0,57 pg WHO <sub>2005</sub> TEQ/m <sup>2</sup> d | 0,3 - 2,6 pg WHO <sub>2005</sub> TEQ/m <sup>2</sup> d |

Datenquelle: Quass et al. (2016)

Aus der intensiv gesichteten Datenlage zur atmosphärischen Belastung durch PCDD/F und PCB in Deutschland wurden durch Quass et al. (2016) Empfehlungen zur Vorgehensweise bei der Überwachung der PCDD/F und PCB in Immissionen, Depositionen und Emissionen abgeleitet. Diese beinhalten unter anderem die Aufnahme von Messungen zur Bestimmung der aktuellen atmosphärischen Belastung mit PCDD/F und PCB an quellfernen Orten, um den momentan vorhandenen Mangel an aktuellen Messwerten zu decken sowie die Ergänzung des Stoffspektrums um weitere Kongenere oder Substanzen. Dies bildete den Hintergrund zum hier

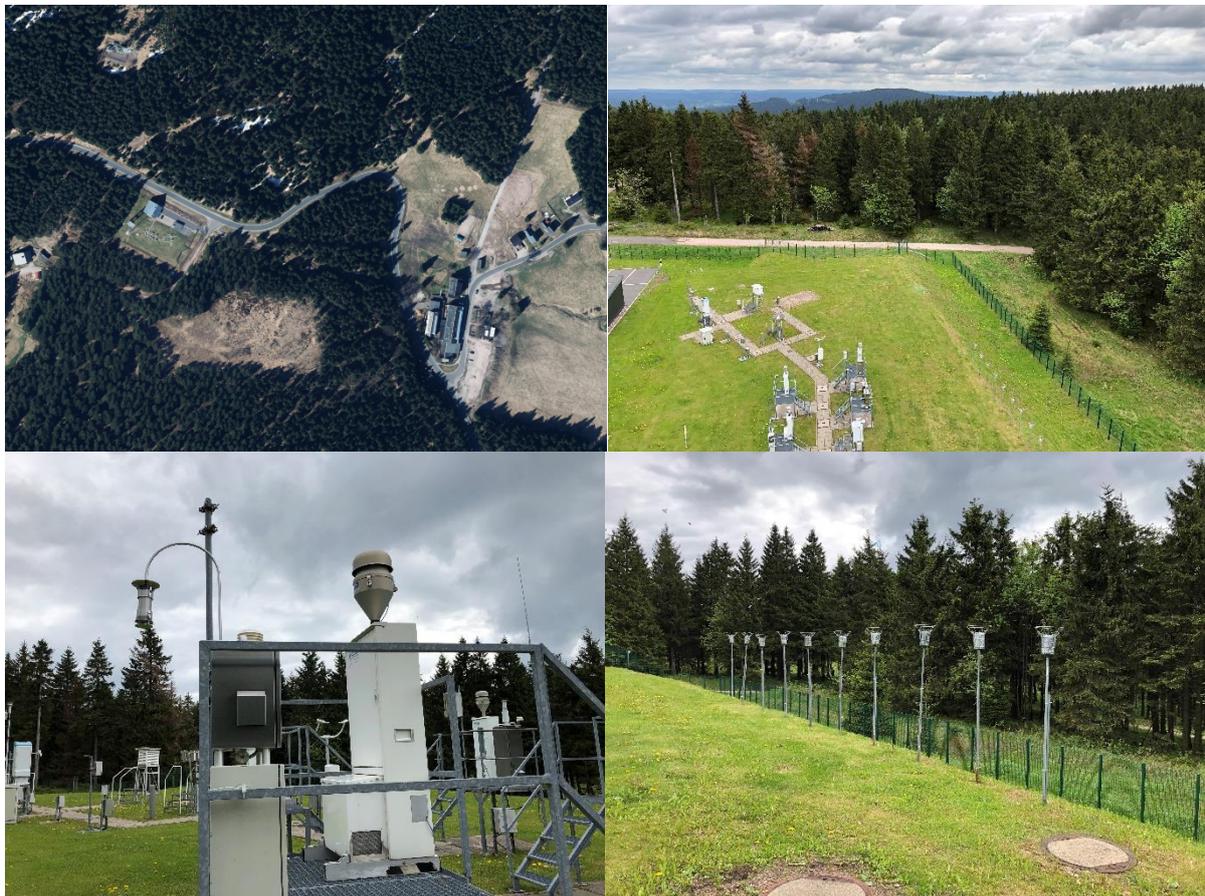
bearbeiteten Vorhaben. Um Informationen über aktuelle Hintergrundwerte für PCDD/F und PCB zu erhalten sollten an zwei Hintergrundmessstellen des Umweltbundesamtes (Waldhof, Schmücke) über einen Zeitraum von 12 Monaten monatlich Außenluft- und Depositionsproben genommen werden. Die Proben sollten auf die 2,3,7,8-substituierten PCDD/F-Kongeneren inkl. Homologengruppensummen sowie die 12 WHO PCB, 7 Indikator-PCB und PCB-Homologengruppensummen (Mono bis DecaCB) analysiert werden.

## 2 Projektdurchführung und experimentelle Methoden

### 2.1 Auswahl und Beschreibung der Probenahmestandorte

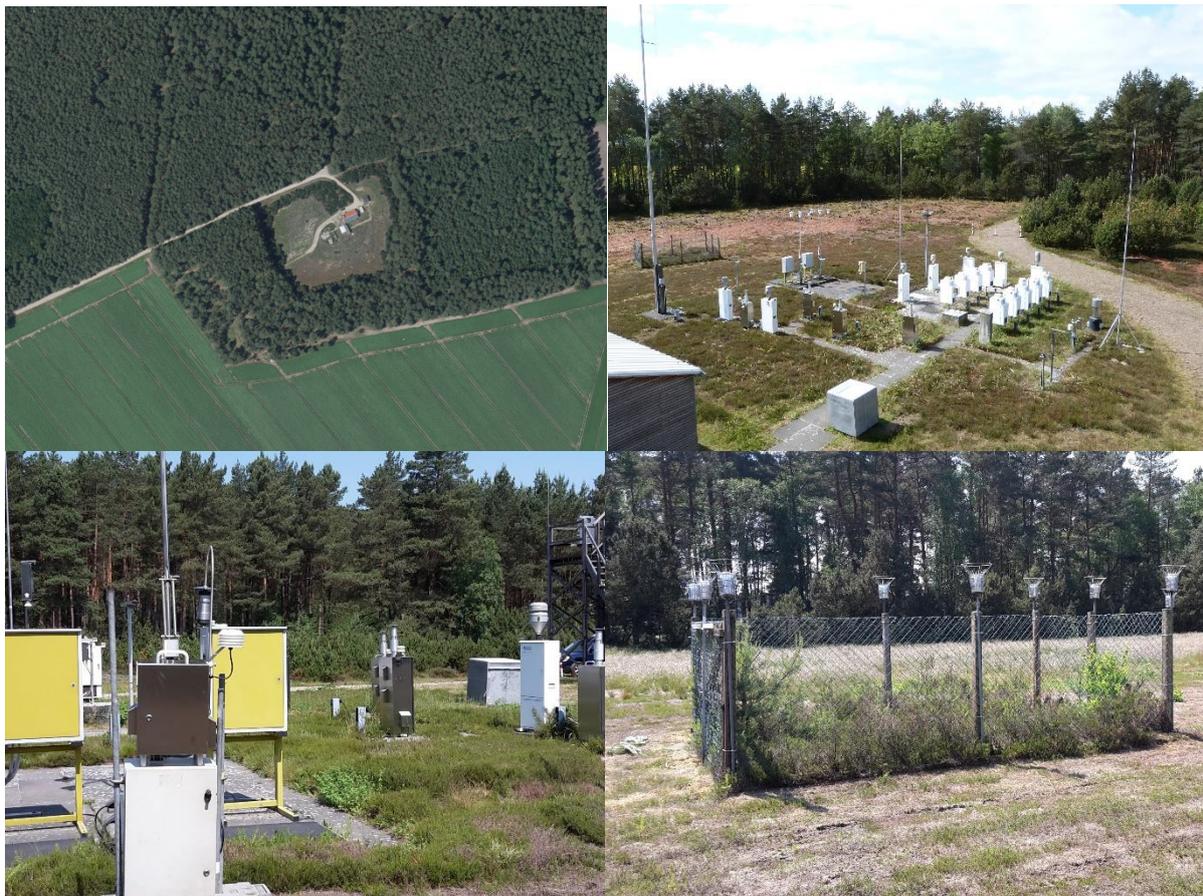
Die Probenahmestandorte wurden über den Auftrag durch das Umweltbundesamt festgelegt und umfassten die UBA-Messstation Schmücke und die UBA-Messstation Waldhof. Die Messstation Schmücke liegt im Kammbereich des Thüringer Waldes auf 937 Metern Höhe über Normal-Null, etwa 7 km nordöstlich der Stadt Suhl. Die Messstation Waldhof liegt im Osten der Lüneburger Heide auf ca. 74 m Höhe über Normal-Null in ca. 3 km Entfernung zum Ort Langenbrügge. Die Abbildungen 3 und 4 geben einen Eindruck über die UBA-Messstationen sowie die Depositions- und Luftprobenahme zur Bestimmung von PCDD/F und PCB. Die Messstationen sind im Detail in einem Bericht zu einem Vorhaben des Umweltbundesamtes zur Beurteilung der Repräsentativität der Luftmessstationen charakterisiert (Pfeiffer and Baumbach 2008).

**Abbildung 3: Fotos der UBA-Messstation Schmücke und der dort installierten Probenahmegeräte zur Bestimmung von PCDD/F und PCB in Außenluft und Deposition**



Quelle des digitalen Orthophotos: BKG/Geobasis-DE (2020). Quelle der Fotos der Messgeräte: Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 4: Fotos der UBA-Messstation Waldhof und der dort installierten Probenahmeegeräte zur Bestimmung von PCDD/F und PCB in Außenluft und Deposition**



Quelle des digitalen Orthophotos: BKG/Geobasis-DE (2020). Quelle der Fotos der Messgeräte: Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co und Umweltbundesamt.

## 2.2 Auswahl der Zielsubstanzen

Die Auswahl der Zielparmeter wurde über den Auftrag durch das Umweltbundesamt festgelegt und umfasst wie nachfolgend aufgelistet die 2,3,7,8-substituierten PCDD/F-Kongenere, PCDD/F-Homologengruppen-summen (Tetra-PCDD/F bis Hepta-PCDD/F) sowie die 12 WHO-PCB, 6 i-PCB und die PCB Homologengruppensummen (MonoCB bis DecaCB) in der Außenluft und in der Deposition. Für die Homologengruppensummen der PCDD/F werden jeweils Tetrachlor- bis Octachlor-PCDD/F ausgewiesen und diskutiert. Da es sich bei den Octachlorverbindungen aber nur um je ein 1 Dioxin (OcD) und ein Furan (OcF) handelt, welches im Umfang der 17 PCDD/F-Einzelkongenere enthalten ist, werden im Sinne der instrumentellen PCDD/F-Analytik nur die Homologengruppensummen der Tetrachlor- bis Heptachlor-PCDD/F bestimmt.

Zielparmeter:

|  |  |
|--|--|
| 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin (TeD1)       | 2,4,4'-Trichlorbiphenyl (PCB 28)         |
| 1,2,3,7,8-Pentachlordibenzodioxin (PeD1)     | 2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl (PCB 52)    |
| 1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzodioxin (HxD1)    | 3,3',4,4'-Tetrachlorbiphenyl (PCB 77)    |
| 1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzodioxin (HxD2)    | 3,4,4',5-Tetrachlorbiphenyl (PCB 81)     |
| 1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzodioxin (HxD3)    | 2,2',4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 101) |
| 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin (HpD1) | 2,3,3',4,4'-Pentachlorbiphenyl (PCB 105) |
| Octachlordibenzodioxin (OcD)                 | 2,3,4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 114)  |

|   |   |
|---|---|
| 2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran (TeF1)                     | 2,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 118)      |
| 1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran (PeF1)                   | 2',3,4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 123)      |
| 2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran (PeF2)                   | 3,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 126)      |
| 1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran (HxF1)                  | 2,2',3,4,4',5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 138)    |
| 1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran (HxF2)                  | 2,2',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 153)    |
| 1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran (HxF3)                  | 2,3,3',4,4',5-Hexachlorbiphenyl (PCB 156)     |
| 2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran (HxF4)                  | 2,3,3',4,4',5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 157)    |
| 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran (HpF1)               | 2,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 167)    |
| 1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran (HpF2)               | 3,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 169)    |
| Octachlordibenzofuran (OcF)                               | 2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl (PCB 180) |
| Summe Tetrachlordibenzodioxine (S TeD)                    | 2,3,3',4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl (PCB 189) |
| Summe Pentachlordibenzodioxine (S PeD)                    | Summe Monochlorbiphenyle (S MoCB)             |
| Summe Hexachlordibenzodioxine (S HxD)                     | Summe Dichlorbiphenyle (S DiCB)               |
| Summe Heptachlordibenzodioxine (S HpD)                    | Summe Trichlorbiphenyle (S TriCB)             |
| Summe Tetrachlordibenzofurane (S TeF)                     | Summe Tetrachlorbiphenyle (S TeCB)            |
| Summe Pentachlordibenzofurane (S PeF)                     | Summe Pentachlorbiphenyle (S PeCB)            |
| Summe Hexachlordibenzofurane (S HxF)                      | Summe Hexachlorbiphenyle (S HxCB)             |
| Summe Heptachlordibenzofurane (S HpF)                     | Summe Heptachlorbiphenyle (S HpCB)            |
| Summe Tetra- bis Octachlordibenzodioxine (PCDD)           | Summe Octachlorbiphenyle (S OcCB)             |
| Summe Tetra- bis Octachlordibenzofurane (PCDF)            | Summe Nonachlorbiphenyle (S NoCB)             |
| Summe Tetra- bis Octachlordibenzodioxine/-furane (PCDD/F) | Decachlorbiphenyl (DecCB)                     |

## 2.3 Untersuchungszeitraum

### 2.3.1 Messzeitraum

Der Messzeitraum oder Untersuchungszeitraum wurde über den Auftrag durch das Umweltbundesamt festgelegt und umfasst einen Zeitraum von 12 Monaten. Ende Mai 2018 wurden die Geräte an den UBA-Messstationen installiert. Die Probenahme an der Messstation Schmücke wurde am 31.05.2018 gestartet und am 31.05.2019 beendet. Die Probenahme an der Messstation Waldhof wurde am 29.05.2018 gestartet. Die Probenahme für die Außenluftuntersuchungen wurde am 29.05.2019 beendet. Bei der Deposition gab es für die Dezemberprobe 2018 einen Totalausfall im Labor bei der Analytik auf PCDD/F. Die Depositionsprobenahme an der Station Waldhof wurde daher um einen Monat bis zum 01.07.2019 verlängert.

Besondere Vorkommnisse im Messzeitraum:

- ▶ Deposition Waldhof Dezember 2018: Totalausfall PCDD/F Analytik; die Depositionsprobenahme wurde um einen Monat verlängert
- ▶ Deposition Schmücke Februar 2019: Monochlorbiphenyle nicht analysierbar
- ▶ Deposition Waldhof und Schmücke Dezember 2018 bis Mai 2019: Monochlorbiphenyle nur mit deutlich erhöhten Bestimmungsgrenzen analysierbar

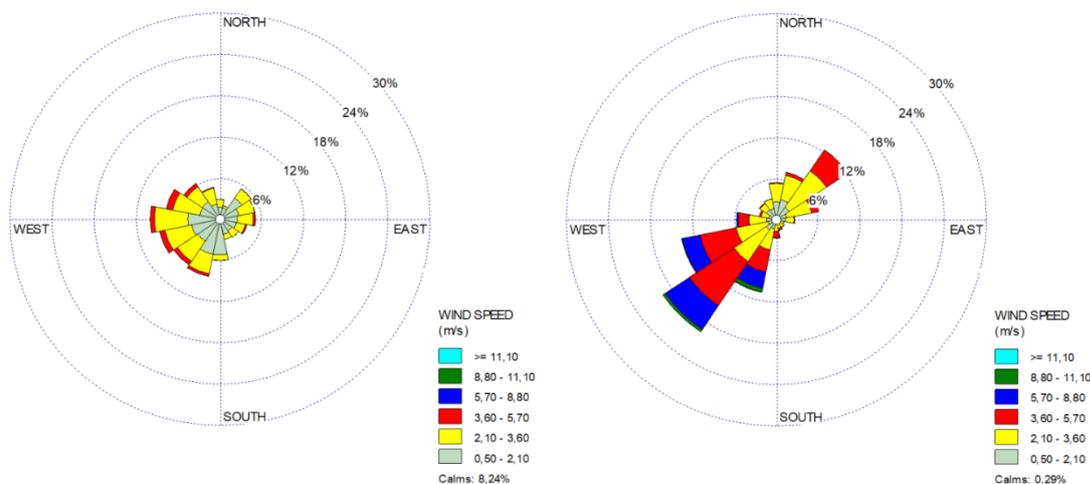
- ▶ Außenluft Waldhof Dezember 2018: einige, v.a. niederchlorierte PCB (Mono- bis Trichlorbiphenyle) nicht analysierbar, DIN und dl-PCB waren nicht betroffen, jedoch deutlicher Einfluss auf die Bildung der jeweiligen Homologengruppensummen
- ▶ Außenluft Schmücke Dezember 2018, Februar 2019: einige, v.a. niederchlorierte PCB (Mono- bis Trichlorbiphenyle) nicht analysierbar, DIN und dl-PCB waren nicht betroffen, jedoch deutlicher Einfluss auf die Bildung der jeweiligen Homologengruppensummen
- ▶ Außenluft Schmücke Februar 2019: Matrixbedingte Probleme in der Analytik; einige, v.a. niederchlorierte PCB (Mono- bis Trichlorbiphenyle) nicht analysierbar, DIN und dl-PCB nicht betroffen, deutlicher Einfluss auf jeweilige Homologengruppensummen
- ▶ Aufgrund der Trockenheit waren die Jahre 2018 und 2019 durch eine stark erhöhte Inzidenz an Waldbränden mit großen Schadensflächen gekennzeichnet. Für den Messzeitraum betraf dies vor allem die Sommermonate 2018 (BLE 2019, BLE 2020)

### 2.3.2 Meteorologische Bedingungen während der Probenahme

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) beschreibt das Jahr 2018 als das wärmste und sonnigste Jahr seit Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen. Es gehörte zu den niederschlagsärmsten Jahren seit 1881. Von April bis November verliefen alle Monate ausnahmslos zu warm, zu trocken und sonnenscheinreich, erst im Dezember ging die Dürre mit ergiebigen Niederschlägen zu Ende (DWD 2018). 2019 begann mit einem niederschlagsreichen Januar, der durch erhebliche Schneemassen im Nordstau der Berge gekennzeichnet war. Es folgte ein milder und frühlingshafter Februar. Nach einer sturmreichen Phase im März war der April trocken und häufig sehr warm im Gegensatz zum sehr kühlen und nassen Mai (DWD 2019).

Die über den Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 gemittelten Werte wesentlicher meteorologischer Parameter an den UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke sind in der Tabelle 2 und in Abbildung 5 dargestellt. Die Monatswerte sind im Anhang A4 aufgeführt.

**Abbildung 5: Windverhältnisse im Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 an den Messstellen Waldhof (links) und Schmücke (rechts)**



Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co. Datenquelle: elektronische Datenübermittlung Umweltbundesamt vom 05.05.2020 und 06.05.2020 (UBA 2020). Auswertung der Winddaten mittels WRPLOT View™ (Lakes Environmental 2020)

**Tabelle 2: Meteorologische Bedingungen im Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 (12-Monats-Mittel)**

| Parameter*                 | Waldhof | Schmücke |
|----------------------------|---------|----------|
| Mittelwert Temperatur (°C) | 11      | 7        |
| Summe Niederschlag (mm)    | 390     | 1 242    |
| Mittelwert Luftdruck (hPA) | 1 006   | 908      |
| Mittelwert Luftfeuchte (%) | 77      | 83       |

\* Datenquelle: elektronische Datenübermittlung Umweltbundesamt vom 05.05.2020 und 12.06.2020 (UBA 2020)

## 2.4 Messzeiten und Messhäufigkeiten

Es sollte eine zeitlich fortlaufende Messung der Zielparameter für den oben beschriebenen Messzeitraum durchgeführt werden. Die Messzeiten und Messhäufigkeiten wurden abhängig von den verwendeten Verfahren festgelegt. Die Ermittlung von PCDD/F und PCB in der Außenluft geschieht mittels diskontinuierlich arbeitender KleinfILTERGERÄTE (Low-Volume-Probenahmegeräte) über jeweils ca. einen Monat. Im Untersuchungszeitraum wurden somit an jeder UBA-Messstation 12 Monats-Außenluftproben auf PCDD/F untersucht. Die Ermittlung von PCDD/F und PCB in der Deposition geschieht mit diskontinuierlich arbeitenden Gräten nach dem Bergerhoff-Verfahren über jeweils ca. einen Monat. Im Untersuchungszeitraum wurden somit an jeder UBA-Messstation 12 Depositionsproben auf PCDD/F und PCB untersucht. Eine chronologische Auflistung der geplanten Messzeiten ist im Anhang A2 aufgeführt.

## 2.5 Messverfahren

### 2.5.1 Außenluft

Die PCDD/F, die PCDD/F-Homologengruppensummen sowie die 12 WHO-PCB, 6 i-PCB und PCB-Homologengruppensummen in der Außenluft der Messstationen wurden mittels aktiver Probenahme über das Verfahren mit kleinem Filter (VDI 3498 Blatt 2 2002-07) mit einem Low-Volume-Probenahmegerät (LVS; KleinfILTERGERÄT Typ Leckel) erfasst. Dabei wird Außenluft mit Hilfe einer geregelten Pumpe über einen binderfreien Glasfaserfilter und zwei mit Probenahmestandard ( $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8-PentaCDF,  $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8,9-HexaCDF,  $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF,  $^{13}\text{C}_{12}$ -PCB60  $^{13}\text{C}_{12}$ -PCB127,  $^{13}\text{C}_{12}$ -PCB159) versetzte Polyurethanschäume gesaugt. Die in der Luft dispergierten Partikel werden auf dem Glasfaserfilter gesammelt, während die filtergängigen Stoffe von den nachgeschalteten Polyurethanschäumen adsorbiert werden. Der Luftdurchsatz der Geräte wurde auf  $2,7 \text{ m}^3/\text{h}$  gesetzt, um zu verhindern, dass die Geräte aufgrund der Höhenlage und/oder der Witterung durch Überlast ausfallen. Zusätzlich wurden zur Vermeidung von Geräteüberlast und zur Reduktion von Analytenverlusten durch lange Probenahmezeiten nach ca. 10 bis 15 Tagen Zwischenwechsel der Probenahmemedien während des jeweiligen Monats durchgeführt. Eine Übersicht über die verwendeten Geräte und Materialien ist in Tabelle 3 dargestellt.

Die Bestimmung der PCDD/F und PCB in der Außenluft erfolgte als Monatsmittelwert, d.h. es wurde eine Probe (bestehend aus den jeweiligen Probenahmemedien des Monats) pro Monat und Messpunkt untersucht. Über das Messprogramm wurden somit 12 Proben pro Messpunkt analysiert. Nach der Probenahme wurden die PCDD/F und PCB von den Sammelmedien

extrahiert und in einem mehrstufigen Trennungsprozess von störenden Komponenten gereinigt. Die Quantifizierung der PCDD/F und PCB erfolgte mittels hochauflösender Gaschromatographie und nachgeschalteter hochauflösender Massenspektrometrie (HRGC/HRMS). Dabei wurden für die PCDD/F die 2,3,7,8-substituierten Kongenere sowie die Tetra- bis Heptachlor-PCDD/F-Homologengruppensummen ausgewertet. Bei den PCB wurden alle 209 PCB einzeln bzw. als Coelution von 2 bis 4 Kongeneren (insgesamt 166 gaschromatographische Auftrennungen) ausgewertet und darauf basierend die 6 i-PCB, die 12 dl-PCB und die Mono- bis Decachlorbiphenyl-Homologengruppensummen ausgewiesen.

**Tabelle 3: Übersicht über die Geräteparameter zur Bestimmung von PCDD/F und PCB in der Außenluft**

|                      | Waldhof   | Schmücke  |
|----------------------|---|---|
| Gerät                | Leckel (Nr.: 18/0060)   | Leckel (Nr.: 18/0059)   |
| Luftdurchsatz        | 2,7 m <sup>3</sup> /h   | 2,7 m <sup>3</sup> /h   |
| Ansaughöhe           | 1,5 m   | 2,3 m*  |
| Probenahmematerial   | 1 Glasfaserfilter 47 mm (Whatman), bei 250 °C ausgeheizt<br>2 PU-Schäume (45 mm x 55 mm), mit Toluol vorgereinigt | 1 Glasfaserfilter 47 mm (Whatman), bei 250 °C ausgeheizt<br>2 PU-Schäume (45 mm x 55 mm), mit Toluol vorgereinigt |
| Teilproben pro Monat | 2   | 2-3   |

\* Die Probenahmegeräte an der Messstation Schmücke stehen erhöht auf Podesten, um ein Einschneien im Winter zu vermeiden. Daraus resultiert eine höhere Ansaughöhe.

Die Analytik der PCDD/F und aller 209 PCB zur Bildung der PCB-Homologengruppensummen erfolgte aus einem Extrakt ohne Aliquotierung, um möglichst niedrige Bestimmungsgrenzen zu ermöglichen. Dies erforderte eine Analysemethode, die in den Bereichen Extraktreinigung und Säulenchromatographie leicht von den Vorschlägen der VDI 3498 Bl. 2 (2002-07), VDI 2464 Bl. 1 (2009-09) und VDI 2664 Bl. 2 (VDI 2009-09) abweicht und deshalb, z.B. aufgrund von Matrixinterferenzen während der Analytik, zu vergleichsweise erhöhten Unsicherheiten (siehe auch Abschnitt 2.3) führen kann. Typische Verfahrenskenndaten für die Bestimmung von PCDD/F und PCB in Außenluft sind in Tabelle 4 aufgeführt. Die dort aufgeführten erweiterten Messunsicherheiten wurden mit Hilfe der Standardabweichung der massenmarkierten Probenahmestandards abgeschätzt. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Werte die wahren Messunsicherheiten im Bereich der Messwerte unterschätzen.

**Tabelle 4: Verfahrenskenndaten zur Bestimmung von PCDD/F und PCB in der Außenluft unter Verwendung des Verfahrens mit kleinem Filter (LVS-Probenahme, HRGC-HRMS Analytik)**

| Parameter | Bestimmungsgrenze (pg/Probe)* | Bestimmungsgrenze (fg/m <sup>3</sup> )* | Erweiterte Messunsicherheit (%)** |
|-----------|-------------------------------|---|-----------------------------------|
| TeD1      | 0,1                           | 0,1                                     | 65                                |
| PeD1      | 0,1                           | 0,04                                    | 65                                |
| HxD1      | 0,1                           | 0,1                                     | 75                                |
| HxD2      | 0,1                           | 0,1                                     | 75                                |
| HxD3      | 0,1                           | 0,1                                     | 75                                |
| HpD1      | 0,2                           | 0,1                                     | 85                                |
| OcD       | 0,8                           | 0,4                                     | 85                                |
| TeF1      | 0,1                           | 0,1                                     | 65                                |
| PeF1      | 0,3                           | 0,1                                     | 65                                |
| PeF2      | 0,3                           | 0,2                                     | 65                                |
| HxF1      | 0,1                           | 0,1                                     | 75                                |
| HxF2      | 0,1                           | 0,1                                     | 75                                |
| HxF3      | 0,6                           | 0,3                                     | 75                                |
| HxF4      | 0,3                           | 0,2                                     | 75                                |
| HpF1      | 0,2                           | 0,1                                     | 85                                |
| HpF2      | 1,5                           | 0,8                                     | 85                                |
| OcF       | 0,7                           | 0,3                                     | 85                                |
| S TeD     | 0,1                           | 0,1                                     | 65                                |
| S PeD     | 0,1                           | 0,04                                    | 65                                |
| S HxD     | 0,1                           | 0,1                                     | 75                                |
| S HpD     | 0,2                           | 0,1                                     | 85                                |
| S TeF     | 0,1                           | 0,1                                     | 65                                |

| Parameter              | Bestimmungsgrenze (pg/Probe)* | Bestimmungsgrenze (fg/m³)* | Erweiterte Messunsicherheit (%)** |
|------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| S PeF                  | 0,3                           | 0,1                        | 65                                |
| S HxF                  | 0,1                           | 0,1                        | 75                                |
| S HpF                  | 0,2                           | 0,1                        | 85                                |
| PCB 28 <sup>a</sup>    | 73,2                          | 36,6                       | 50                                |
| PCB 52 <sup>a,c</sup>  | 89,6                          | 44,8                       | 50                                |
| PCB 77 <sup>b</sup>    | 4,5                           | 2,3                        | 50                                |
| PCB 81 <sup>b</sup>    | 1,6                           | 0,8                        | 50                                |
| PCB 101 <sup>a,c</sup> | 56,7                          | 28,4                       | 85                                |
| PCB 105 <sup>b,c</sup> | 10,6                          | 5,3                        | 85                                |
| PCB 114 <sup>b</sup>   | 1,2                           | 0,6                        | 85                                |
| PCB 118 <sup>b,c</sup> | 13,9                          | 7,0                        | 85                                |
| PCB 123 <sup>b</sup>   | 1,6                           | 0,8                        | 85                                |
| PCB 126 <sup>b</sup>   | 5,7                           | 2,9                        | 85                                |
| PCB 138 <sup>a</sup>   | 30,4                          | 15,2                       | 55                                |
| PCB 153 <sup>a,c</sup> | 27,6                          | 13,8                       | 55                                |
| PCB 156 <sup>b</sup>   | 1,6                           | 0,8                        | 55                                |
| PCB 157 <sup>b</sup>   | 1,5                           | 0,8                        | 55                                |
| PCB 167 <sup>b</sup>   | 1,4                           | 0,7                        | 55                                |
| PCB 169 <sup>b</sup>   | 11,3                          | 5,6                        | 55                                |
| PCB 180 <sup>a</sup>   | 9,8                           | 4,9                        | 55                                |
| PCB 189 <sup>b</sup>   | 3,1                           | 1,5                        | 55                                |
| S MoCB                 | 7,2                           | 3,6                        | 55                                |
| S DiCB                 | 3,5                           | 1,8                        | 55                                |
| S TriCB                | 3,1                           | 1,6                        | 55                                |

| Parameter | Bestimmungsgrenze (µg/Probe)* | Bestimmungsgrenze (fg/m³)* | Erweiterte Messunsicherheit (%)** |
|-----------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| S TeCB    | 0,6                           | 0,3                        | 55                                |
| S PeCB    | 0,3                           | 0,2                        | 55                                |
| S HxCB    | 0,6                           | 0,3                        | 55                                |
| S HpCB    | 1,4                           | 0,7                        | 55                                |
| S OcCB    | 1,0                           | 0,5                        | 55                                |
| S NoCB    | 1,2                           | 0,6                        | 55                                |
| DecCB     | 8,8                           | 4,4                        | 55                                |

\* Aus der Bestimmung von n=10 Matrixblindwerten und bezogen auf die gesamte Probe bzw. ein Probenahmevolumen von 2000 m³

\*\* Für das verwendete Verfahren konnte keine Messunsicherheit des gesamten Verfahrens nach DIN EN ISO 20988 (2007-09) ermittelt werden, da keine Parallelprobenahme durchgeführt wurde. Die erweiterte Messunsicherheit des Verfahrens wurde daher abgeschätzt aus der doppelten Standardabweichung der verwendeten massenmarkierten Probenahmestandards. Für Zielsubstanzen anderer Chlorierungsgrade sowie die Homologengruppensummen wurde der Probenahmestandard zur Abschätzung herangezogen, der den nächstgelegenen Chlorierungsgrad aufweist. Aufgrund dessen sowie aufgrund der vergleichsweise geringen Messwerte der Zielsubstanzen kann davon ausgegangen werden, dass die wahre Messunsicherheit unterschätzt wird.

<sup>a</sup> i-PCB    <sup>b</sup> WHO-PCB    <sup>c</sup> Coelution

## 2.5.2 Deposition

Die Deposition der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F-Kongenere, der PCDD/F-Homologengruppensummen sowie der 12 WHO-PCB, 6 i-PCB und PCB-Homologengruppensummen wurde unter Verwendung des Bergerhoff-Verfahrens monatlich erfasst. Die Probenahme erfolgte nach der VDI 2090 Bl. 1 (2001-01). Pro Messpunkt wurden 10 Glasgefäße parallel exponiert. Eine Übersicht über die verwendeten Geräte und Materialien findet sich in Tabelle 5.

**Tabelle 5: Übersicht über die Geräteparameter zur Bestimmung von PCDD/F und PCB in der Deposition**

|                      | Waldhof   | Schmücke  |
|----------------------|---|---|
| Gerät                | Bergerhoff-Geräte ausgestattet mit Glasgefäßen (mit Aceton gespült und bei 250 °C ausgeheizt) | Bergerhoff-Geräte ausgestattet mit Glasgefäßen (mit Aceton gespült und bei 250 °C ausgeheizt) |
| Höhe Gefäßrand       | 1,75-1,95 m   | 1,8-2,0 m   |
| Teilproben pro Monat | 10  | 10  |

Die Bestimmung der PCDD/F und PCB erfolgte als Monatsmittelwert, d.h. es wurde eine Probe (bestehend aus den exponierten 10 Glasgefäßen) pro Monat und Messpunkt untersucht. Über das Messprogramm wurden somit 12 Proben pro Messpunkt analysiert. Im Labor wurde die gesamte Sammelphase extrahiert und in einem mehrstufigen Trennungsprozess von störenden

Komponenten gereinigt. Die Quantifizierung der PCDD/F und PCB erfolgte durch HRGC-HRMS. Dabei wurden für die PCDD/F die 2,3,7,8-substituierten Kongenere sowie die Tetra- bis Heptachlor-PCDD/F-Homologengruppensummen ausgewertet. Bei den PCB wurden alle 209 PCB einzeln bzw. als Coelution von 2 bis 4 Kongeneren (insgesamt 166 gaschromatographische Auftrennungen) ausgewertet und darauf basierend die 6 i-PCB, die 12 dl-PCB und die Mono- bis Decachlorbiphenyl-Homologengruppensummen ausgewiesen.

Die Analytik der PCDD/F und aller 209 PCB zur Bildung der PCB-Homologengruppensummen erfolgte aus einem Extrakt ohne Aliquotierung, um möglichst niedrige Bestimmungsgrenzen zu ermöglichen. Dies erfordert eine Analysenmethode, die in den Bereichen Extraktreinigung und Säulenchromatographie leicht von den Vorschlägen der VDI 2090 Bl. 1 (2001-01) abweicht und deshalb, z.B. aufgrund von Matrixinterferenzen während der Analytik, zu vergleichsweise erhöhten Unsicherheiten (siehe auch Abschnitt 2.3) führen kann. Typische Verfahrenskenndaten für die Bestimmung von PCDD/F und PCB in der Deposition sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Die dort aufgeführten erweiterten Messunsicherheiten für die 17 PCDD/F, die PCDD/F-Homologengruppensummen sowie für die DIN- und WHO-PCB wurden gemäß Anhang C8 der DIN EN ISO 20988 (2007-09) anhand von 12 Doppelproben für das Verfahren nach VDI 2090 Bl. 1 (2001-01) berechnet. Die erweiterten Messunsicherheiten der PCB Homologengruppensummen wurden darauf basierend abgeschätzt. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Werte die wahren Messunsicherheiten im Bereich der Messwerte unterschätzen.

**Tabelle 6: Verfahrenskenndaten zur Bestimmung von PCDD/F und PCB in der Deposition unter Verwendung des Bergerhoff-Verfahrens**

| Parameter | Bestimmungsgrenze (pg/Probe)* | Bestimmungsgrenze (pg/m <sup>2</sup> d)* | Erweiterte Messunsicherheit (%)** |
|-----------|-------------------------------|--|-----------------------------------|
| TeD1      | 0,1                           | 0,1                                      | n.q.                              |
| PeD1      | 0,2                           | 0,1                                      | 53                                |
| HxD1      | 0,3                           | 0,1                                      | n.q.                              |
| HxD2      | 0,3                           | 0,1                                      | n.q.                              |
| HxD3      | 0,2                           | 0,1                                      | n.q.                              |
| HpD1      | 1,6                           | 0,8                                      | 34                                |
| OcD       | 5,0                           | 2,6                                      | 42                                |
| TeF1      | 0,2                           | 0,1                                      | 55                                |
| PeF1      | 0,2                           | 0,1                                      | 43                                |
| PeF2      | 0,2                           | 0,1                                      | 60                                |
| HxF1      | 0,4                           | 0,2                                      | 57                                |
| HxF2      | 0,1                           | 0,1                                      | 67                                |

| Parameter              | Bestimmungsgrenze (pg/Probe)* | Bestimmungsgrenze (pg/m <sup>2</sup> d)* | Erweiterte Messunsicherheit (%)** |
|------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------------|
| HxF3                   | 0,2                           | 0,1                                      | n.q.                              |
| HxF4                   | 0,1                           | 0,1                                      | 69                                |
| HpF1                   | 0,3                           | 0,2                                      | 75                                |
| HpF2                   | 0,6                           | 0,3                                      | 60                                |
| OcF                    | 0,5                           | 0,3                                      | 51                                |
| S TeD                  | 0,1                           | 0,1                                      | 51                                |
| S PeD                  | 0,2                           | 0,1                                      | 52                                |
| S HxD                  | 0,2                           | 0,1                                      | 53                                |
| S HpD                  | 1,6                           | 0,8                                      | 29                                |
| S TeF                  | 0,2                           | 0,1                                      | 65                                |
| S PeF                  | 0,2                           | 0,1                                      | 52                                |
| S HxF                  | 0,1                           | 0,1                                      | 66                                |
| S HpF                  | 0,3                           | 0,2                                      | 74                                |
| PCB 28 <sup>a</sup>    | 490,1                         | 254,2                                    | 24                                |
| PCB 52 <sup>a,c</sup>  | 303,3                         | 157,3                                    | 40                                |
| PCB 77 <sup>b</sup>    | 16,6                          | 8,6                                      | 45                                |
| PCB 81 <sup>b</sup>    | 1,9                           | 1,0                                      | 54                                |
| PCB 101 <sup>a,c</sup> | 268,7                         | 139,3                                    | 26                                |
| PCB 105 <sup>b,c</sup> | 32,6                          | 16,9                                     | 21                                |
| PCB 114 <sup>b</sup>   | 1,6                           | 0,8                                      | 75                                |
| PCB 118 <sup>b,c</sup> | 74,4                          | 38,6                                     | 27                                |
| PCB 123 <sup>b</sup>   | 1,9                           | 1,0                                      | 67                                |
| PCB 126 <sup>b</sup>   | 2,4                           | 1,2                                      | 39                                |
| PCB 138 <sup>a</sup>   | 146,3                         | 75,9                                     | 84                                |

| Parameter              | Bestimmungsgrenze (pg/Probe)* | Bestimmungsgrenze (pg/m <sup>2</sup> d)* | Erweiterte Messunsicherheit (%)** |
|------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------------|
| PCB 153 <sup>a,c</sup> | 200,8                         | 104,1                                    | 100                               |
| PCB 156 <sup>b</sup>   | 11,7                          | 6,1                                      | 72                                |
| PCB 157 <sup>b</sup>   | 3,1                           | 1,6                                      | 73                                |
| PCB 167 <sup>b</sup>   | 6,4                           | 3,3                                      | 122                               |
| PCB 169 <sup>b</sup>   | 6,4                           | 3,3                                      | n.q.                              |
| PCB 180 <sup>a</sup>   | 62,5                          | 32,4                                     | 65                                |
| PCB 189 <sup>b</sup>   | 2,3                           | 1,2                                      | 33                                |
| S MoCB                 | 5,4                           | 2,8                                      | 50                                |
| S DiCB                 | 1,9                           | 1,0                                      | 50                                |
| S TriCB                | 3,5                           | 1,8                                      | 50                                |
| S TeCB                 | 0,5                           | 0,3                                      | 90                                |
| S PeCB                 | 0,8                           | 0,4                                      | 85                                |
| S HxCB                 | 0,9                           | 0,5                                      | 180                               |
| S HpCB                 | 0,7                           | 0,3                                      | 100                               |
| S OcCB                 | 0,8                           | 0,4                                      | 100                               |
| S NoCB                 | 1,9                           | 1,0                                      | 100                               |
| DecCB                  | 1,8                           | 0,9                                      | 100                               |

\* Aus der Bestimmung von n=10 Matrixblindwerten und bezogen auf die gesamte Probe bzw. auf eine Fläche von 10 exponierten Gefäßen und eine Probenahmedauer von 31 Tagen

\*\* Für das verwendete Verfahren konnte keine Messunsicherheit des gesamten Verfahrens ermittelt werden. Die angegebenen Messunsicherheiten beziehen sich auf das Verfahren nach VDI 2090 Bl. 1 (2001-01) und wurden nach DIN EN ISO 20988 (2007-09) für die PCDD/F, PCDD/F-Homologengruppensummen, i-PCB und WHO-PCB berechnet. Die Messunsicherheiten der PCB Homologengruppensummen wurden aus den erweiterten Messunsicherheiten der PCB Kongenere gleichen Chlorierungsgrades abgeschätzt.

<sup>a</sup> i-PCB      <sup>b</sup> WHO-PCB      <sup>c</sup> Coelution      n.q.: nicht quantifiziert

## 2.6 Datenverarbeitung

### 2.6.1 Berechnung von TEQ-Werten

Zur toxikologischen Bewertung der PCDD/F und PCB wurden die jeweiligen Toxizitätsäquivalente (TEQ) anhand der Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) nach WHO 2005 ermittelt (Van den Berg et al. 2006). Der TEQ-Wert einer Probe errechnet sich, indem die jeweiligen PCDD/F- bzw. PCB-Kongenerenmassen mit den zugeordneten Toxizitätsäquivalenzfaktoren multipliziert und die so erhaltenen Produkte addiert werden. Die Angabe der TEQ erfolgt unter Berücksichtigung der Kongenere unterhalb der Bestimmungsgrenze: inklusive voller Bestimmungsgrenze (d.h. mit dem Zahlenwert der Bestimmungsgrenze; inkl. BG), inklusive halber Bestimmungsgrenze (d.h. mit dem halben Zahlenwert der Bestimmungsgrenze; inkl. 1/2 BG) sowie exklusive Bestimmungsgrenze (d.h. mit dem Wert 0; exkl. BG).

### 2.6.2 Berechnung der Außenluftkonzentrationen

Unter Berücksichtigung des Probenahmevolumens erfolgt die Berechnung der Ergebnisse für alle Parameter nach der Gleichung

$$C_i = \frac{m_i}{V}$$

Dabei bedeuten:

- $C_i$  Massenkonzentration des i-ten PCDD/F- bzw. PCB-Einzelkongeners i bzw. des TEQ-Wertes bezogen auf das ermittelte Probenahmevolumen (in fg/m<sup>3</sup>)
- $m_i$  Masse des i-ten PCDD/F- bzw. PCB-Einzelkongeners bzw. des TEQ-Wertes in der Gesamtprobe (in fg)
- $V$  Probenahmevolumen (in m<sup>3</sup>)

### 2.6.3 Berechnung der Depositionsraten

Unter Berücksichtigung des Sammelquerschnitts (Summe der Öffnungsflächen von allen zu einer Sammelprobe gehörenden Bergerhoff-Gefäße) und der Anzahl der Probenahmetage erfolgt die Berechnung der Ergebnisse für alle Parameter nach der Gleichung

$$R_{d,i} = \frac{m_i}{F \cdot d}$$

Dabei bedeuten:

- $R_{d,i}$  Depositionsrate des i-ten PCDD/F- bzw. PCB-Einzelkongeners i bzw. des TEQ-Wertes bezogen auf die Probenahmefläche und auf die Anzahl der Probenahmetage (in pg/m<sup>2</sup>d)
- $m_i$  Masse des i-ten PCDD/F- bzw. PCB-Einzelkongeners bzw. des TEQ-Wertes in der Gesamtprobe (in pg)
- $F$  Öffnungsfläche von allen zu einer Sammelprobe gehörenden Sammelgefäßen (in m<sup>2</sup>)
- $d$  Anzahl der Probenahmetage

### 2.6.4 Behandlung von Messwerten unterhalb der Bestimmungsgrenze

Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze werden in Tabellen als „< Wert Bestimmungsgrenze“ angegeben.

Bei Außenluftproben gehen Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze mit der Hälfte der Bestimmungsgrenze in die weiteren Berechnungen (z.B. Jahresmittelwertbildung) ein. Liegt das Ergebnis dieser weiteren Berechnungen unterhalb der Bestimmungsgrenze, so erfolgt die Ergebnisangabe als „< Zahlenwert Bestimmungsgrenze“ (Tabelle 4). Die Angabe der Belastung als Toxizitätsäquivalent erfolgt als TEQ inklusive voller, inklusive halber und exklusive Bestimmungsgrenze.

Bei Depositionsproben gehen Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze mit der Hälfte der Bestimmungsgrenze in die weiteren Berechnungen (z.B. Jahresmittelwertbildung) ein. Liegt das Ergebnis dieser weiteren Berechnungen unterhalb der Bestimmungsgrenze, so erfolgt die Ergebnisangabe als „< Zahlenwert Bestimmungsgrenze“ (Tabelle 6). Die Angabe der Belastung als Toxizitätsäquivalent erfolgt als TEQ inklusive voller, inklusive halber und exklusive Bestimmungsgrenze. In Depositionsproben konnten PCDD/F und PCB nur selten bestimmt werden. Die graphische Darstellung mit Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze führt teilweise zu starken Verzerrungen in den Diagrammen. Um Missinterpretationen vorzubeugen gehen daher in die graphischen Darstellungen Depositionsraten von Verbindungen mit Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze mit dem Wert 0 ein. Graphische Darstellungen der TEQ-Depositionsraten sind aus diesem Grund ebenfalls ohne Berücksichtigung der Bestimmungsgrenzen ausgewiesen.

### **2.6.5 Messwertverarbeitung**

Messausfälle für einzelne Verbindungen wurden als Datenlücken gewertet. Sie wurden nicht durch Schätzwerte ersetzt. Sofern Ausreißer festgestellt wurden, wurden diese kenntlich gemacht und beschrieben, ob und wie diese in weitere Berechnungen Eingang finden.

Für die Mittelwertbildungen der PCB-Homologengruppensummen wurden die Außenluftproben Waldhof Dezember 2018, Schmücke Dezember 2018 und Schmücke Februar 2019 aufgrund der analytischen Störungen einiger, vor allem niederchlorierten Verbindungen nicht berücksichtigt. In den Mittelwertbildungen für einzelne i-PCB oder dl-PCB sind sie enthalten, da diese PCB von den analytischen Störungen nicht betroffen waren. In der Darstellung von Monatswerten (Ergebnisse der Einzelproben) sind die Proben mit Verweis auf die analytischen Störungen nicht ausgenommen.

Im Fall des kompletten Probenverlustes der Waldhof-PCDD/F-Depositionsprobe im Dezember 2018 wurde die Probenahme um einen Monat verlängert, so dass für die deskriptive statistische Auswertung Werte aus 12 Monaten zur Verfügung stehen. Das bedeutet, dass die Mittelwertbildung für die PCDD/F in der Deposition an der Messstation Waldhof die Monate Juni 2018 bis November 2018 und Januar 2019 bis Juni 2019 umfasst während die Mittelwertbildung für die PCB den Messzeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 umfasst.

In komplexen graphischen Darstellungen mit mehreren analytischen Parametern und Proben wurden die Chlorierungsgrade substanzgruppenübergreifend in ähnlichen Farbtönen dargestellt.

## **2.7 Qualitätssicherung**

Die Probenahmemedien und -gefäße sowie das Laborequipment wurden vor der Verwendung intensiv gereinigt. Die eingesetzten Probenahmegeräte wurden vor und nach ihrer Verwendung für das Messprogramm geprüft. Das gaschromatographische System wurde regelmäßig auf die erforderliche Trennleistung überprüft. Das Massenspektrometer wurde regelmäßig auf die erforderliche Auflösung geprüft. Während des Messprogramms wurden in regelmäßigen Abständen Blindwerte untersucht, um die Qualität der Verfahren zu überprüfen und zu

gewährleisten. Für die Untersuchungen wurden  $^{13}\text{C}$ -markierte PCDD/F und PCB als Probenahme- (nur bei der Außenluftprobenahme), Extraktions- und Injektionsstandards eingesetzt. Die mittleren Wiederfindungsraten für die massenmarkierten PCDD/F- und PCB-Probenahmestandards lagen zwischen 74 % ( $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF) und 88 % ( $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8-PentaCDF). Die mittleren Wiederfindungsraten für die Extraktionsstandards in Außenluftproben lagen zwischen 63 % ( $^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,7,8-TetraCDD) und 92 % ( $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,6,7,8-HexaCDF) bzw. zwischen 32 % ( $^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 209) und 118 % ( $^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 28). Die mittleren Wiederfindungsraten für die Extraktionsstandards in Depositionsproben lagen zwischen 62 % ( $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF) und 92 % ( $^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF) bzw. zwischen 45 % ( $^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 209) und 87 % ( $^{13}\text{C}_{12}$ -PCB 28). Die mittleren Wiederfindungsraten aller verwendeten massenmarkierten Standards sind im Anhang aufgeführt. Alle Ergebnisse wurden auf Plausibilität geprüft.

Die ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co ist u.a. ein für die Ermittlung von Immissionen gemäß §29b BImSchG bekanntgegebenes Messinstitut mit langjähriger Erfahrung in der Durchführung von Immissionsmessprogrammen mit den hier angebotenen Parametern. Die ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co betreibt ein Qualitätsmanagementsystem und ist akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025 (2018-03) für eine Vielzahl von Prüfverfahren. Die Urkunde bescheinigt auch die erfolgreiche Prüfung der Kompetenz nach dem „Modul Immissionsschutz“.

Die Durchführung der Analyse der PCDD/F und der PCB erfolgte durch die Eurofins GfA Lab Service GmbH, welche hierfür gemäß DIN EN ISO/IEC 17025 (2018-03) akkreditiert und als Messstelle nach § 29b BImSchG bekanntgegeben ist.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Außenluft

#### 3.1.1 TEQ-Werte für PCDD/F und PCB in der Außenluft

Alle ermittelten Einzelwerte sind in Anhang A5 zu finden. Tabelle 7 zeigt die über den zwölfmonatigen Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 gemittelten TEQ-Konzentrationen nach WHO 2005 (Van den Berg et al. 2006) für PCDD/F und PCB in der Außenluft an den UBA-Hintergrundmessstationen Waldhof und Schmücke. Die Jahresmittelwerte der TEQ-Konzentrationen lagen unter 5 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup>. Mit einem Anteil von maximal 3 % sind die ermittelten Werte wie erwartet deutlich geringer als der Zielwert für die langfristige Luftreinhalteplanung von 150 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup> für die Summe der PCDD/F und coplanaren PCB (LAI 2004). In Abhängigkeit der Einbeziehung der Bestimmungsgrenze erreichen die PCB-TEQ-Werte zwischen 7 und 26 % der PCDD/F-TEQ Werte.

**Tabelle 7: Mittlere TEQ-Außenluftkonzentrationen der PCDD/F und PCB nach WHO 2005 (fg TEQ/m<sup>3</sup>)**

|  | Waldhof (fg TEQ/m <sup>3</sup> ) | Schmücke (fg TEQ/m <sup>3</sup> ) |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F-TEQ exkl. BG         | 3,4                              | 2,0                               |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F-TEQ inkl. 1/2 BG     | 3,5                              | 2,1                               |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F-TEQ inkl. BG         | 3,6                              | 2,1                               |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB-TEQ exkl. BG            | 0,3                              | 0,1                               |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB-TEQ inkl. 1/2 BG        | 0,5                              | 0,3                               |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB-TEQ inkl. BG            | 0,6                              | 0,5                               |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB-TEQ exkl. BG     | 3,7                              | 2,1                               |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB-TEQ inkl. 1/2 BG | 3,9                              | 2,4                               |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB-TEQ inkl. BG     | 4,1                              | 2,6                               |

Die Jahresmittelwerte der TEQ-Konzentrationen an den Messstellen Schmücke und Waldhof liegen leicht unterhalb des von Quass et al. (2016) auf Grundlage der von Bund und Ländern verfügbaren Immissionsdaten angegebenen Bereiches für quellenferne deutsche Messstationen von 5-25 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup> für PCDD/F bzw. 1,5-2,1 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup> für dl-PCB (Tabelle 8). Aktuelle TEQ-Werte für PCDD/F und dl-PCB in Nordrhein-Westfalen liegen zwischen 15 und 31 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup> (LANUV 2020). Die in der vorliegenden Studie bestimmten Werte sind höher als die für den alpinen Bereich (Sonnblick, Weissfluhjoch, Schneefernerhaus/Zugspitze) berichteten TEQ-Mediane für PCDD/F-Messungen aus den Jahren 2005 bis 2013 bzw. bis 2018 von 0,4 bis 0,6 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup> (Kirchner et al. 2020) sowie die TEQ-Werte der gemittelten Konzentrationen der EMEP Messstellen Birkenes II im Zeitraum Mai 2010 bis Dezember 2012 (2,6 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup> für PCDD/F; 0,3 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup> für dl-PCB) und Raö im Zeitraum April 2017 bis Dezember 2018 (1,2 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup> für PCDD/F) (EMEP 2020). Sie liegen im

unteren Bereich der für Großbritannien veröffentlichten PCDD/F-Mediane der Jahre 1990 bis 2012 von 1,4 bis 8,3 fg WHO<sub>1998</sub>-TEQ/m<sup>3</sup> für den ländlichen Bereich (Graf et al. 2016) bzw. unterhalb der mittleren PCDD/F-Konzentrationen für die Region Katalonien in Spanien in den Jahren 2009 bis 2011 von 16 fg I-TEQ/m<sup>3</sup> (Parera et al. 2018). Für die USA wurden für PCDD/F und dl-PCB im Mittel 16 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup> (städtische Gebiete), 14 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup> (ländliche Gebiete) bzw. 1,2 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup> (Hintergrund) berichtet (USEPA 2013).

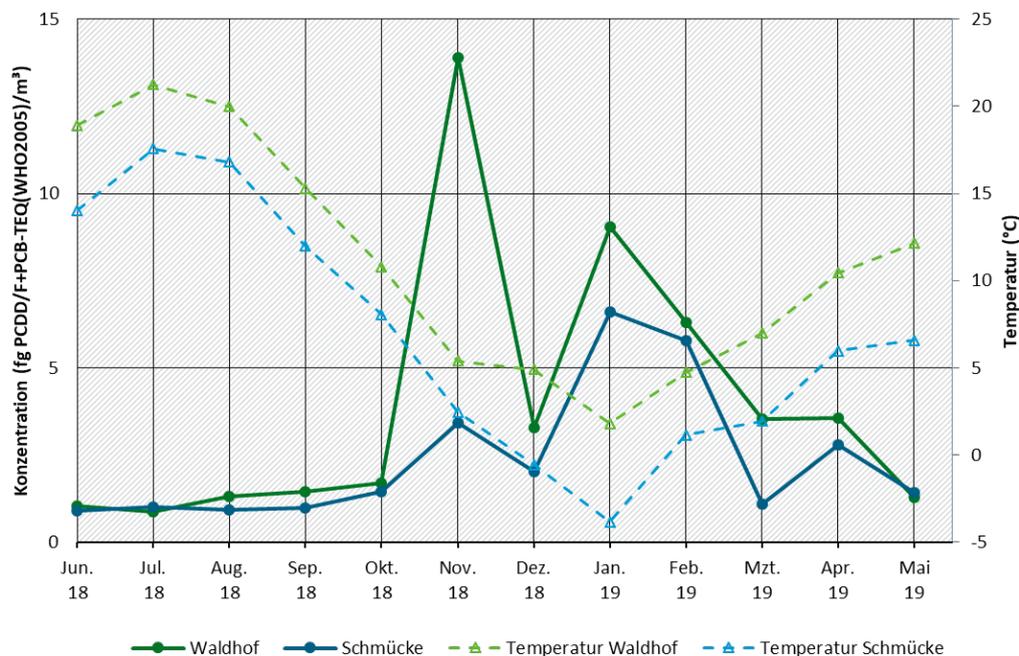
**Tabelle 8: Mittlere TEQ-Außenluftkonzentrationen der PCDD/F und PCB im Vergleich zu publizierten Werten**

|                                | berichtete Werte  | Region  | Referenz             |
|--------------------------------|---|---|----------------------|
| PCDD/F (Mittelwert inkl. ½ BG) | 2,1 bzw. 3,5 fg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>3</sup> | Hintergrund, Deutschland, 2018 bis 2019                                 | diese Studie         |
| dl-PCB (Mittelwert inkl. ½ BG) | 0,5 bzw. 0,3 fg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>3</sup> | Hintergrund, Deutschland, 2018 bis 2019                                 | diese Studie         |
| PCDD/F                         | 5 - 25 fg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>3</sup>       | ländlicher Raum, Deutschland  | Quass et al. 2016    |
| PCDD/F                         | 12 - 16 fg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>3</sup>      | städtischer Raum, Deutschland   | Quass et al. 2016    |
| dl-PCB                         | 1,5 - 2,1 fg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>3</sup>    | ländlicher Raum, Deutschland  | Quass et al. 2016    |
| dl-PCB                         | 5,4 - 6,5 fg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>3</sup>    | städtischer Raum, Deutschland   | Quass et al. 2016    |
| PCDD/F + dl-PCB                | 15 - 31 fg WHO <sub>2005</sub> TEQ/m <sup>3</sup>       | Nordrhein-Westfalen, ländlicher und städtischer Raum, Deutschland, 2019 | LANUV 2020           |
| PCDD/F (Median)                | 0,4 - 0,6 fg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>3</sup>    | Alpen, Hintergrund 2005 bis 2013/2018                                   | Kirchner et al. 2020 |
| PCDD/F (Mittelwert)            | 2,6 fg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>3</sup>          | Birkenes II, Hintergrund, Norwegen, 2010 bis 2012                       | EMEP 2020            |
| dl-PCB (Mittelwert)            | 0,3 fg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>3</sup>          | Birkenes II, Hintergrund, Norwegen, 2010 bis 2012                       | EMEP 2020            |
| PCDD/F (Mittelwert)            | 1,2 fg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>3</sup>          | Raö, Hintergrund, Schweden, 2017-2018                                   | EMEP 2020            |
| PCDD/F (Median)                | 1,4 - 8,5 fg WHO <sub>1998</sub> -TEQ/m <sup>3</sup>    | ländlicher Raum, Großbritannien, 1990 bis 2012                          | Graf et al. 2016     |
| PCDD/F (Mittelwert)            | 16 fg I-TEQ/m <sup>3</sup>                              | Katalonien, Spanien, 2009 bis 2011                                      | Parera et al. 2018   |
| PCDD/F + dl-PCB (Mittelwert)   | 1,2 fg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>3</sup>          | Hintergrund, USA, 1998-2004   | USEPA 2013           |
| PCDD/F + dl-PCB (Mittelwert)   | 14 fg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>3</sup>           | ländlicher Raum, USA, 1998-2004   | USEPA 2013           |
| PCDD/F + dl-PCB (Mittelwert)   | 16 fg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>3</sup>           | städtischer Raum, USA, 1998-2004  | USEPA 2013           |

Die Monatswerte der PCDD/F+PCB Konzentrationen (Abbildung 6) lagen im Untersuchungszeitraum zwischen 0,9 und 13,9 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup> (Waldhof) bzw. zwischen 0,9 und 6,6 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup> (Schmücke). Sie waren in der kühlen Jahreszeit höher als in der wärmeren Jahreszeit. Dieser jahreszeitliche Verlauf ist auf eine deutliche Zunahme der PCDD/F-TEQ-Konzentrationen in der kühlen Jahreszeit zurückzuführen (Anhang A7 Abbildung 44; siehe auch Abbildungen 7 bis 10) und bestätigt damit frühere Studien, die erhöhte PCDD/F-Werte in den Wintermonaten aufzeigten (u.a. Vikelsøe et al. 2005, Coutinho et al. 2015, Graf et al. 2016, Quass et al. 2016, Assefa et al. 2018, Parera et al. 2018). Im Gegensatz zu den PCDD/F schwanken die TEQ-Konzentrationen der PCB jahreszeitenunabhängig nur geringfügig zwischen 0,2 und 0,9 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>3</sup>. Bedingt durch temperaturabhängige Re-Emissionen werden für PCB vielfach deutliche Konzentrationserhöhungen im Sommer berichtet (u.a. Graf et al. 2016, Quass et al. 2016). Eine solche Sommer-Erhöhung wurde an den UBA Messstationen Waldhof und Schmücke zwar teilweise für die PCB-Konzentrationen (Abbildungen 13 bis 18), nicht aber für die PCB-TEQ-Konzentrationen (Anhang A7 Abbildung 45) gefunden. Zusammenfassend ist der für beide Hintergrundmessstellen ermittelte Jahresverlauf der TEQ-Außenluftkonzentrationen dominiert durch den Verlauf der PCDD/F und weist auf saisonal geprägte Verbrennungsprozesse als Quelle für v.a. PCDD/F, z.B. Feuerungsanlagen, hin.

Die TEQ-Außenluftkonzentrationen sind an der Messstation Waldhof meist höher als an der Messstelle Schmücke. Dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant (U-Test, p=0,27). Die Unterschiede zwischen den Monatswerten sind v.a. in der kühlen Jahreszeit ausgeprägt. Die Messstation Schmücke liegt im Winter oft oberhalb der planetarischen Grenzschicht, was zu geringeren Konzentrationen an organischen Schadstoffen führen kann.

**Abbildung 6: Monatswerte der PCDD/F+PCB-TEQ Konzentrationen nach WHO<sub>2005</sub> inkl. 1/2 BG (fg/m<sup>3</sup>) sowie der Temperatur, UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke**



Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co. Quelle Temperatur: Stundenwerte der UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke, Datenübermittlung des Umweltbundesamts per E-Mail (05.05.2020 und 12.06.2020) (UBA 2020).

### 3.1.2 Außenluftkonzentrationen der 17 PCDD/F-Kongenere und der PCDD/F-Homologengruppensummen

In den Tabellen 9 und 10 sind die über den Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 gemittelten Konzentrationen der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F-Kongenere und der PCDD/F-Homologengruppensummen dargestellt. Die Monatswerte finden sich in Abbildungen 7 bis 10 sowie in Anhang A5. Die mittleren Konzentrationen der 17 Kongenere (Tabelle 9), der Summe der 17 Einzelkongenere (Waldhof:  $104 \text{ fg/m}^3$ , Schmücke  $59 \text{ fg/m}^3$ ) sowie der PCDD/F-Homologengruppensummen (Waldhof:  $283 \text{ fg/m}^3$ , Schmücke  $162 \text{ fg/m}^3$ ) waren an der Messstation Waldhof höher als an der Messstation Schmücke. Dabei waren an beiden Messstationen die prozentualen Anteile der Konzentrationen der Einzelverbindungen an der Gesamtsumme der 17 PCDD/F-Konzentrationen (Kongenerenprofil; Abbildung 11) sowie die prozentualen Anteile der einzelnen PCDD/F-Homologengruppensummenkonzentrationen an der Summe der PCDD/F-Homologengruppensummenkonzentration (Homologengruppensummenprofil; Abbildung 12) sehr ähnlich, was den Hintergrundcharakter der Messstationen bestätigt. Die höchsten mittleren Kongenerenkonzentrationen wurden für Octachlordibenzodioxin erreicht ( $59 \text{ fg/m}^3$  bzw.  $28 \text{ fg/m}^3$ ) gefolgt von 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin ( $21 \text{ fg/m}^3$  bzw.  $11 \text{ fg/m}^3$ ) und 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran ( $7,6 \text{ fg/m}^3$  bzw.  $4,1 \text{ fg/m}^3$ ). Die geringsten Konzentrationen wurden für 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin und 1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran ermittelt, deren Monatswerte nur selten oberhalb der Bestimmungsgrenze lagen. Die höchsten mittleren Konzentrationen der Homologengruppensummen wurden für Tetrachlordibenzofurane erreicht ( $74 \text{ fg/m}^3$  bzw.  $51 \text{ fg/m}^3$ ) gefolgt von Octachlordibenzodioxin (s.o.) und den Heptachlordibenzodioxinen ( $37 \text{ fg/m}^3$  bzw.  $20 \text{ fg/m}^3$ ).

Die in diesem Vorhaben bestimmten Konzentrationen der 17 PCDD/F-Kongenere befinden sich in der gleichen Größenordnung wie die Werte aus den Jahren 2010 bis 2012 der EMEP-Station Birkenes II (Summe 17 PCDD/F:  $56 \text{ fg/m}^3$ ; OCDD:  $24,5 \text{ fg/m}^3$ ; EMEP 2020, Tabelle 11). Sie liegen oberhalb der für die alpinen Stationen Sonnblick, Weißfluhjoch und Schneefernerhaus/Zugspitze berichteten Mediane der Jahre 2005 bis 2013/2018 (Summe 17 PCDD/F: 14,8 bis  $16,5 \text{ fg/m}^3$ ; OCDD: 7,5 bis  $9,3 \text{ fg/m}^3$ ; Kirchner et al. 2020) und deutlich oberhalb der für die EMEP-Station Raö 2016 bis 2018 ermittelten Werte (Summe 17 PCDD/F:  $3 \text{ fg/m}^3$ ), die ungewöhnlich wenig OCDD ( $0,01 \text{ fg/m}^3$ ) aufwies (EMEP 2020). PCDD/F-Homologengruppensummen wurden von Kirchner et al. (2020) für die drei alpinen Messstationen ausgewiesen und lagen für alle Tetra- bis Octachlordibenzodioxine und -furane zwischen 42 und  $48 \text{ fg/m}^3$  mit maximalen Werten für die Tetrachlordibenzofurane (12 bis  $15 \text{ fg/m}^3$ ). Mittlere PCDD/F-Luftkonzentrationen in Nordrhein-Westfalen aus dem Jahr 2019 sowie in den USA (Tabellen 11, 12) sind höher als die in diesem Vorhaben gemessenen Werte (LANUV 2020).

**Tabelle 9: Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Konzentrationen und Standardabweichungen der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F, UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke**

|      | Waldhof               |   |   | Schmücke              |   |   |
|------|-----------------------|---|---|-----------------------|---|---|
|      | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Konzentration (fg/m <sup>3</sup> ) | Standardabweichung (fg/m <sup>3</sup> ) | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Konzentration (fg/m <sup>3</sup> ) | Standardabweichung (fg/m <sup>3</sup> ) |
| TeD1 | 58%                   | 0,1   | 0,2                                     | 42%                   | 0,1   | 0,1                                     |
| PeD1 | 75%                   | 0,8   | 0,8                                     | 75%                   | 0,4   | 0,5                                     |
| HxD1 | 75%                   | 0,8   | 0,9                                     | 92%                   | 0,5   | 0,5                                     |
| HxD2 | 92%                   | 2,1   | 2,4                                     | 92%                   | 0,9   | 1,0                                     |
| HxD3 | 100%                  | 1,3   | 1,4                                     | 83%                   | 0,7   | 0,7                                     |
| HpD1 | 100%                  | 20,5  | 22,2                                    | 100%                  | 10,9  | 11,7                                    |
| OcD  | 100%                  | 50,0  | 48,7                                    | 100%                  | 28,1  | 27,1                                    |
| TeF1 | 100%                  | 2,4   | 2,1                                     | 100%                  | 2,0   | 1,4                                     |
| PeF1 | 92%                   | 1,6   | 1,8                                     | 92%                   | 1,0   | 1,0                                     |
| PeF2 | 100%                  | 2,9   | 3,4                                     | 100%                  | 1,8   | 1,7                                     |
| HxF1 | 100%                  | 2,3   | 2,8                                     | 100%                  | 1,3   | 1,3                                     |
| HxF2 | 100%                  | 2,0   | 2,4                                     | 92%                   | 1,1   | 1,1                                     |
| HxF3 | 17%                   | 0,3   | 0,5                                     | 8%                    | <0,3  | 0,1                                     |
| HxF4 | 92%                   | 2,3   | 3,2                                     | 92%                   | 1,3   | 1,3                                     |
| HpF1 | 100%                  | 7,6   | 9,4                                     | 100%                  | 4,1   | 3,6                                     |
| HpF2 | 42%                   | 1,1   | 1,5                                     | 33%                   | 0,7   | 0,7                                     |
| OcF  | 100%                  | 6,2   | 6,6                                     | 100%                  | 3,4   | 2,6                                     |

**Tabelle 10: Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Konzentrationen und Standardabweichung der PCDD/F-Homologengruppensummen, UBA-Messtationen Waldhof und Schmücke**

|       | Waldhof               |   |   | Schmücke              |   |   |
|-------|-----------------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Konzentration (fg/m <sup>3</sup> ) | Standardabweichung (fg/m <sup>3</sup> ) | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Konzentration (fg/m <sup>3</sup> ) | Standardabweichung (fg/m <sup>3</sup> ) |
| S TeD | 92%                   | 13,0  | 13,7                                    | 100%                  | 6,9   | 4,8                                     |
| S PeD | 92%                   | 13,5  | 17,1                                    | 83%                   | 5,9   | 6,0                                     |
| S HxD | 100%                  | 23,9  | 28,4                                    | 100%                  | 11,0  | 11,4                                    |
| S HpD | 100%                  | 37,4  | 40,1                                    | 100%                  | 19,7  | 20,2                                    |
| OcD   | 100%                  | 50,0  | 48,7                                    | 100%                  | 28,1  | 27,1                                    |
| S TeF | 100%                  | 74,1  | 57,7                                    | 100%                  | 51,3  | 26,0                                    |
| S PeF | 100%                  | 33,4  | 36,5                                    | 100%                  | 19,6  | 15,5                                    |
| S HxF | 100%                  | 19,9  | 24,7                                    | 100%                  | 10,4  | 10,1                                    |
| S HpF | 100%                  | 11,7  | 14,5                                    | 100%                  | 6,2   | 5,8                                     |
| OcF   | 100%                  | 6,2   | 6,6                                     | 100%                  | 3,4   | 2,6                                     |

**Tabelle 11: Mittlere Außenluftkonzentrationen der Summe der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F im Vergleich zu publizierten Werten**

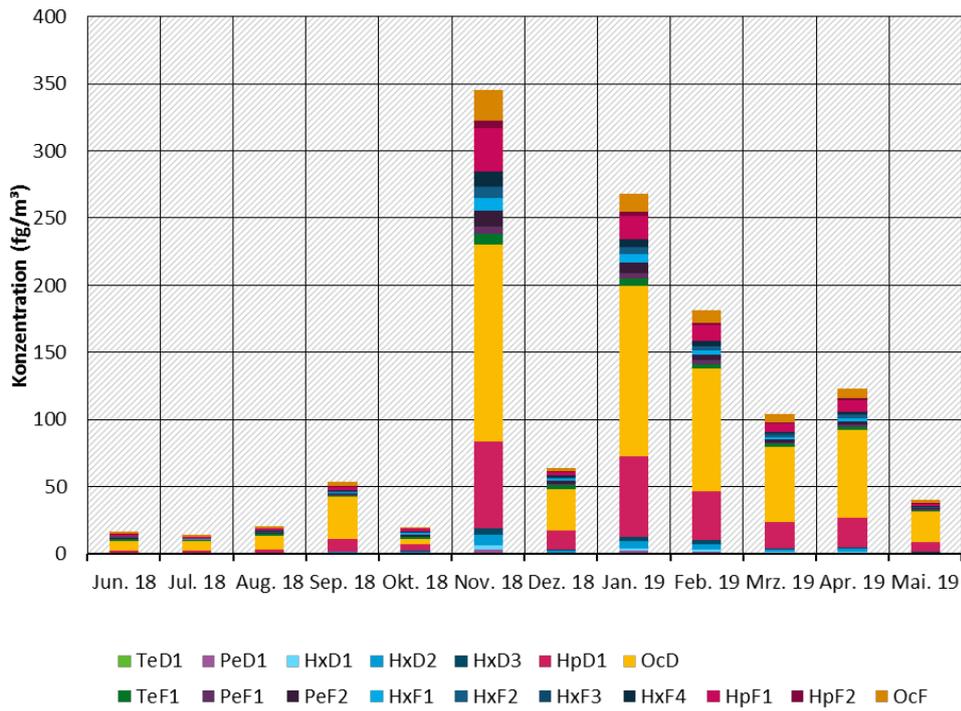
|                                  | berichtete Werte              | Region  | Referenz             |
|----------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|
| 17 PCDD/F (Mittelwert)           | 59 bzw. 104 fg/m <sup>3</sup> | Waldhof, Schmücke, Hintergrund, Deutschland, 2018 bis 2019              | diese Studie         |
| PCDD/F (Mittelwert)              | 265 - 588 fg/m <sup>3</sup>   | Nordrhein-Westfalen, ländlicher und städtischer Raum, Deutschland, 2019 | LANUV 2020           |
| 17 PCDD/F (aufsummierte Mediane) | 14,8 - 16,5 fg/m <sup>3</sup> | Alpen, Hintergrund, 2005 bis 2013/2018                                  | Kirchner et al. 2020 |
| 17 PCDD/F (Mittelwert)           | 56 fg/m <sup>3</sup>          | Birkenes II, Hintergrund, Norwegen, 2010 bis 2012                       | EMEP 2020            |
| 17 PCDD/F (Mittelwert)           | 3 fg/m <sup>3</sup>           | Raö, Hintergrund, Schweden, 2017-2018                                   | EMEP 2020            |
| 17 PCDD/F (Median)               | 285 fg/m <sup>3</sup>         | Hintergrund, ländlicher und städtischer Raum, USA, 1998-2004            | USEPA 2013           |

**Tabelle 12: Mittlere Außenluftkonzentrationen der Summe der PCDD/F im Vergleich zu publizierten Werten**

|  | berichtete Werte               | Region  | Referenz             |
|--|--------------------------------|---|----------------------|
| Tetra- bis Octa-PCDD/F-Homologensumme (Mittelwert) | 162 bzw. 283 fg/m <sup>3</sup> | Waldhof, Schmücke, Hintergrund, Deutschland, 2018 bis 2019              | diese Studie         |
| Tetra- bis Octa-PCDD/F-Homologensumme (Mittelwert) | 740 - 1900 fg/m <sup>3</sup>   | Nordrhein-Westfalen, ländlicher und städtischer Raum, Deutschland, 2019 | LANUV 2020           |
| Tetra- bis Octa-PCDD/F-Homologensumme (Median)     | 42 - 48 fg/m <sup>3</sup>      | Alpen, Hintergrund, 2005 bis 2013/2018                                  | Kirchner et al. 2020 |
| Tetra- bis Octa-PCDD/F-Homologensumme (Median)     | 525 fg/m <sup>3</sup>          | Hintergrund, ländlicher und städtischer Raum, USA, 1998-2004            | USEPA 2013           |

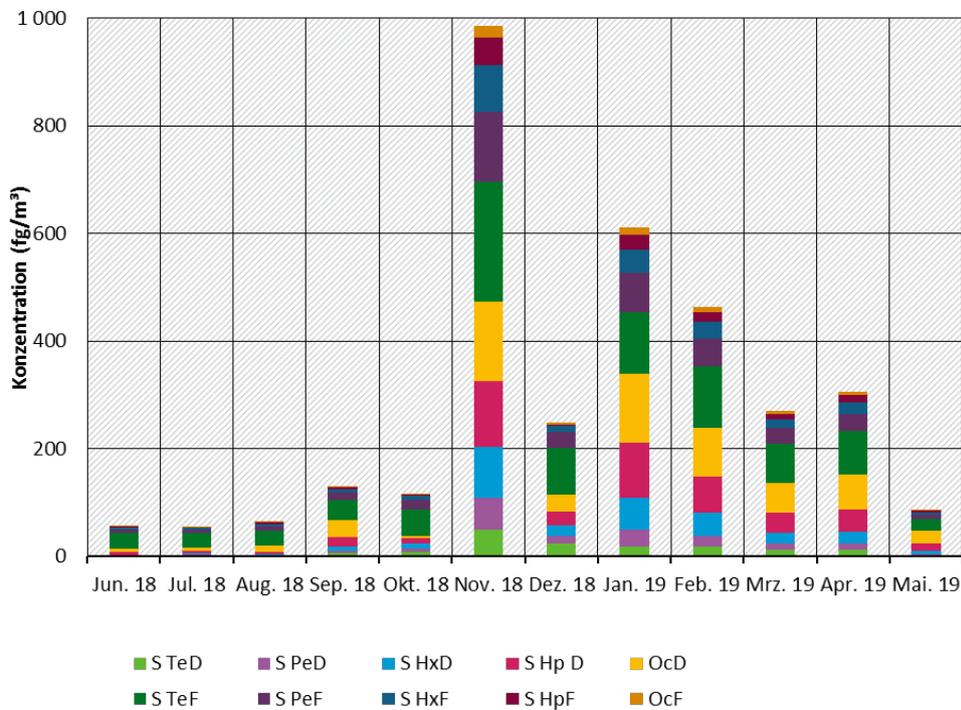
Der jahreszeitliche Verlauf der Konzentrationen der 17 PCDD/F-Kongenere und PCDD/F-Homologengruppensummen (Abbildungen 7 und 9) zeigt an beiden Messstationen deutlich höhere Werte im Winter als im Sommer, was publizierte Werte bestätigen (u.a. Vikelsøe et al. 2005, Coutinho et al. 2015, Graf et al. 2016, Quass et al. 2016, Assefa et al. 2018, Parera et al. 2018). Während die Konzentrationen der 17 PCDD/F-Kongenere und der Homologengruppensummen an den Stationen Waldhof und Schmücke in den Sommermonaten auf einem ähnlich hohen Niveau lagen, war die winterliche Konzentrationserhöhung für Waldhof deutlich ausgeprägter. Die saisonal bedingte Konzentrationserhöhung kann sowohl meteorologisch begründet sein (z.B. weniger Austausch, geringere Höhe der Mischungsschicht, weniger temperaturbedingte Volatilisierung von vergleichsweise flüchtigeren PCDD/F im Winter) als auch auf saisonale Emissionen in Verbindung mit der kalten Jahreszeit hindeuten. Geringere Winterkonzentrationen auf der Schmücke im Vergleich zu Waldhof können durch die Lage der Messstation auf über 900 m Höhe und daraus resultierender Lage oberhalb der Mischungsschicht begründet sein.

**Abbildung 7: Konzentrationen der 17 PCDD/F-Kongenere (fg/m<sup>3</sup>), UBA-Messtation Waldhof**



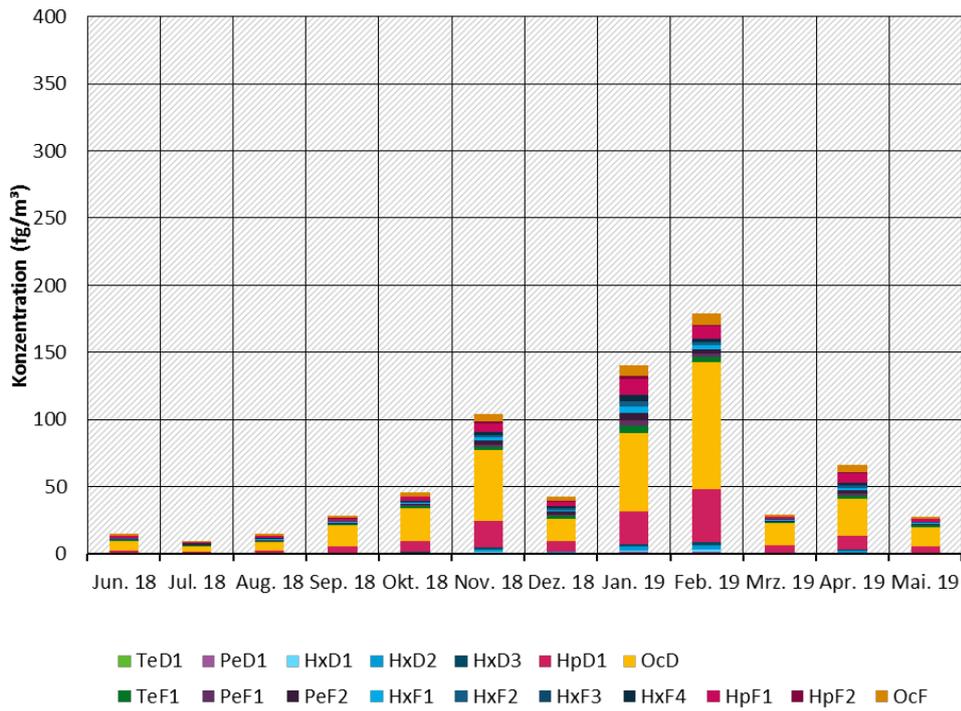
Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 8: Konzentrationen der PCDD/F-Homologengruppensummen (fg/m<sup>3</sup>), UBA-Messtation Waldhof**



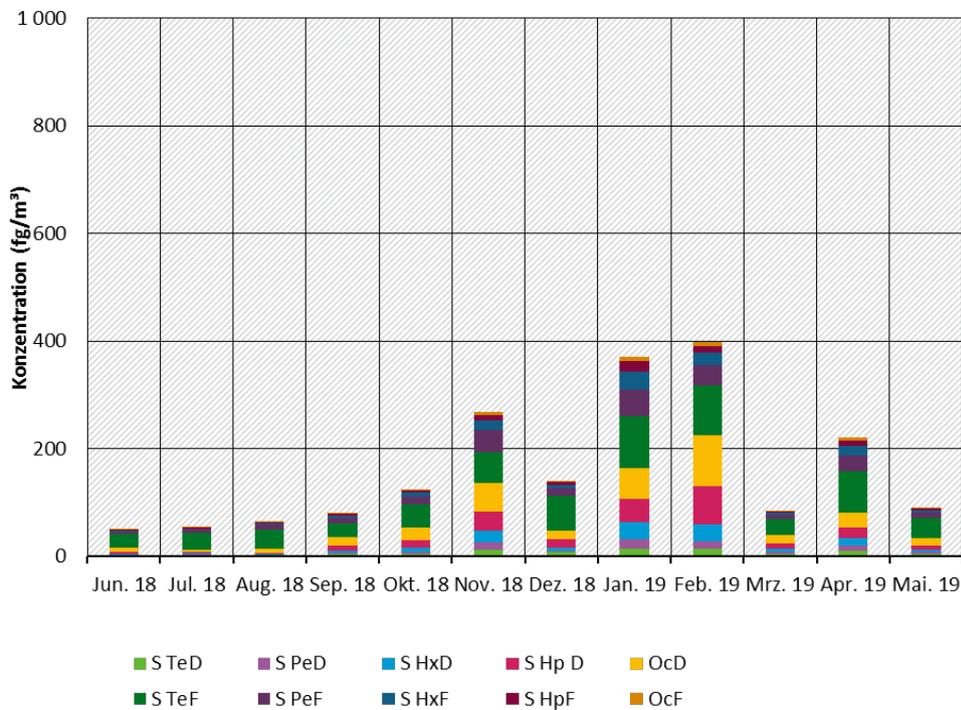
Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 9: Konzentrationen der 17 PCDD/F-Kongenere (fg/m<sup>3</sup>), UBA-Messtation Schmücke**



Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 10: Konzentrationen der PCDD/F-Homologengruppensummen (fg/m<sup>3</sup>), UBA-Messtation Schmücke**

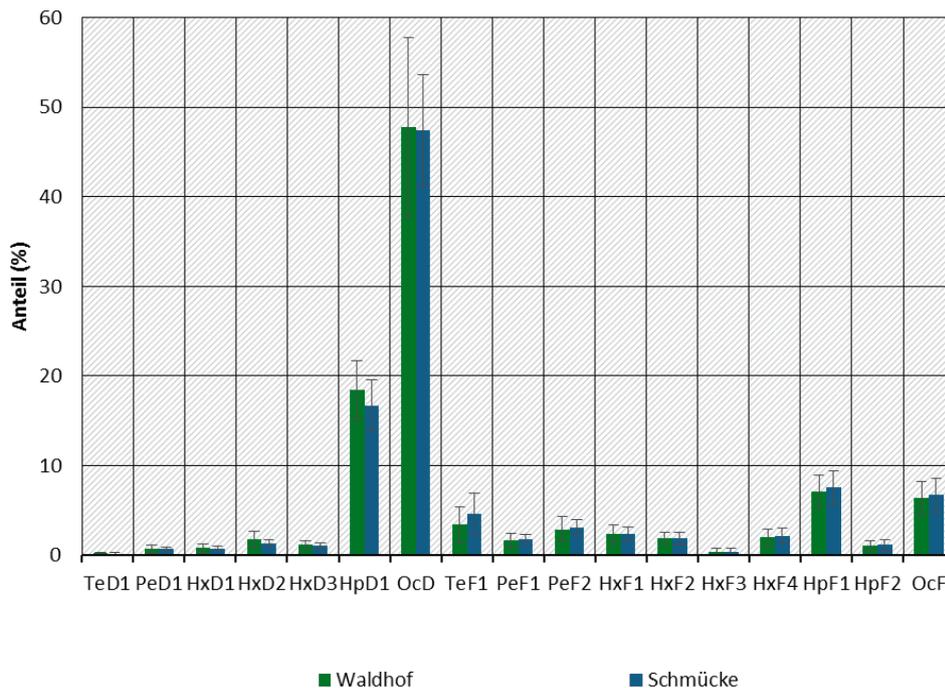


Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

### 3.1.3 Profile der 17 PCDD/F-Kongeneren und der Homologengruppensummen in der Außenluft

Die über den Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 gemittelten PCDD/F-Kongeneren- und Homologengruppensummenprofile sind in den Abbildungen 11 und 12 dargestellt. Die 2,3,7,8-substituierten PCDD/F-Kongeneren machen ca. 36 % (Schmücke) bzw. 37 % (Waldhof) der Summe aller Tetra- bis Octa-PCDD/F aus. Ca. 70% der 17 PCDD/F entfallen auf die 7 PCDD und ca. 30 % auf die PCDF. Die höchsten mittleren Kongenerenanteile wurden für Octachlordibenzodioxin erreicht (ca. 48 %) gefolgt von 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin (ca. 18 %), 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran (ca. 7 %) und Octachlordibenzofuran (ca. 6,5 %). Die gemittelten Kongenerenprofile an den Messstationen Waldhof und Schmücke sind den Referenzprofilen für quellenferne Standorte, die auf der Grundlage der von Bund und Ländern verfügbaren Immissionsdaten durch Quass et al. (2016) abgeleitet wurden, mit absoluten Differenzen von maximal 4,3 % für Octachlordibenzodioxin an der Messstation Schmücke sehr ähnlich. Auch die alpinen Hintergrundmessstationen Sonnblick, Weißfluhjoch und Zugspitze (2005 bis 2013/2018) sowie die EMEP-Station Birkenes II (2010-2012) zeigen im Mittel eine deutliche Dominanz von Octachlordibenzodioxin (ca. 44 % bis 56 %) und 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin (ca. 12 bis 18 %) (EMEP 2020, Kirchner et al. 2020).

**Abbildung 11: PCDD/F-Kongenerenprofile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen), UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke**

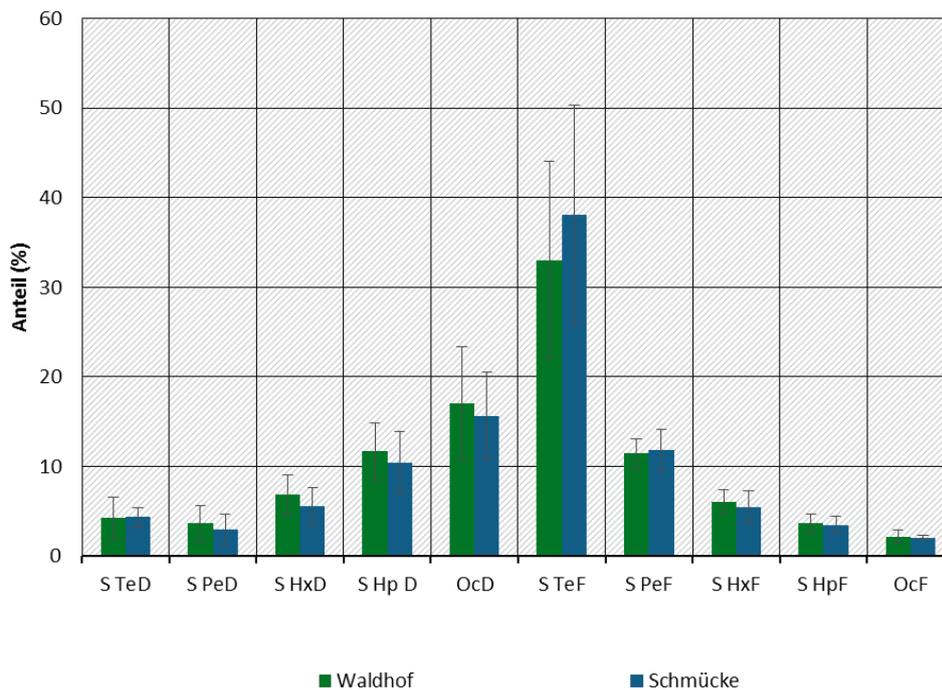


Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

Für die Homologengruppensummen gilt: Der Anteil der Tetra- bis Octadioxine an der Summe aller Tetra-bis Octa-PCDD/F liegt bei 44 % (Schmücke) bzw. 49 % (Waldhof) und ist damit ungefähr gleich groß wie der Anteil der Tetra- bis Octa-furane. Dabei wurden die höchsten Anteile für die Tetrachlordibenzofurane (ca. 38 % bzw. 33 %), gefolgt von Octachlordibenzodioxin (ca. 16 % bzw. 17 %) und den Heptachlordibenzodioxinen (ca. 10 % bzw. 12 %) gefunden. Die PCDD/F-Homologengruppensummenprofile sind den gemittelten Profilen der alpinen Hintergrundmessstationen Sonnblick, Weißfluhjoch und

Schneefernerhaus/Zugspitze der Jahre 2005-2013/2018 sehr ähnlich (Kirchner et al. 2020). Hier lagen die gemittelten prozentualen Anteile für die Tetrachlordibenzofurane zwischen ca. 28 % und 35 %, die von Octachlordibenzodioxin zwischen ca. 12 % und 22 % und die für Heptachlordibenzodioxin zwischen ca. 14 % und 15 %. Diese Ergebnisse unterscheiden sich deutlich von dem Homologengruppensummen-Referenzprofil für quellferne Standorte auf der Grundlage der von Bund und Ländern verfügbaren Immissionsdaten (Quass et al. 2016). Dort wurden prozentuale Anteile für das Octachlordibenzodioxin von ca. 30 %, für die Tetrachlordibenzofurane von ca. 19 % und für die Pentachlordibenzofurane von ca. 11 % berichtet.

**Abbildung 12: PCDD/F-Homologengruppensummenprofile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen), UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke**



Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

Trotz großer Ähnlichkeiten deutet sich über den Untersuchungszeitraum dieses Vorhabens eine saisonale Verschiebung der Profilanteile an (Anhang A8). Diese ist allerdings statistisch nicht signifikant und fällt zwischen den Messstationen im Detail unterschiedlich aus. Für Waldhof verringern sich die mittleren relativen Anteile von Octachlordibenzodioxin, 2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran, 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran und Octachlordibenzofuran in den Wintermonaten (Oktober bis März) im Vergleich zu den Sommermonaten (April bis September), während die Anteile der anderen Kongenere ansteigen. Auf der Schmücke verringern sich in den Wintermonaten die mittleren relativen Anteile von 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin sowie der meisten PCDF-Kongenere. Im Gegensatz zu Waldhof steigt der Anteil an Octachlordibenzodioxin. Eine ähnliche saisonale Verschiebung wie auf der Schmücke wurde auch von Quass et al. (2016) beobachtet. Saisonale Verschiebungen der Profileanteile waren für die PCDD/F-Homologengruppensummen stärker ausgeprägt als für die 17 Einzelkongenere. In den Wintermonaten ist eine deutliche Verringerung der prozentualen Anteile der Tetrachlordibenzofurane (ca. 9 % absolut für Waldhof, ca. 15 % absolut für Schmücke) zu erkennen. Mit Ausnahme der sich verringern den Anteile der Tetrachlordibenzofurane, von Octachlordibenzo-dioxin (s.o.) und von

Octachlordibenzofuran erhöhten sich die mittleren Anteile der meisten anderen untersuchten PCDD/F-Homologengruppensummen im Winter. Die sich andeutende Profilverschiebung bei sich erhöhenden Konzentrationen im Winter (s.o.) könnte auf den Einfluss saisonaler PCDD/F-Quellen in der kalten Jahreszeit hinweisen, ist jedoch statistisch nicht signifikant.

### 3.1.4 Außenluftkonzentrationen der i-PCB, WHO-PCB und der PCB-Homologengruppensummen

In den Tabellen 13,15 und 17 sind die über den Untersuchungszeitraum gemittelten Konzentrationen der i-PCB, dl-PCB und der PCB-Homologengruppensummen an den Messstationen Waldhof und Schmücke aufgeführt. Die Monatswerte finden sich in den Abbildungen 13 bis 18 sowie Anhang A5.

Die mittleren Konzentrationen der 6 i-PCB (Tabelle 13) sowie die Summenkonzentrationen der i-PCB liegen für die Station Waldhof (Summe i-PCB: 8,4 pg/m<sup>3</sup>) leicht oberhalb der Werte von der Schmücke (Summe i-PCB: 6,9 pg/m<sup>3</sup>), was vor dem Hintergrund der Messunsicherheiten als gleichwertig zu bewerten ist. Die gemittelten Konzentrationen sind für PCB 28, PCB 52 und PCB 101 (1,6 bis 2 pg/m<sup>3</sup>) am höchsten und für PCB 180 (0,2 bis 0,3 pg/m<sup>3</sup>) am geringsten. Die i-PCB-Profile (Abbildung 20) sind bei beiden Messstationen sehr ähnlich mit leichten Verschiebungen zu PCB 28 an der Messstation Schmücke.

**Tabelle 13: Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Konzentrationen und Standardabweichung der i-PCB, UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke**

|          | Waldhof               |   |   | Schmücke              |   |   |
|----------|-----------------------|---|---|-----------------------|---|---|
|          | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Konzentration (pg/m <sup>3</sup> ) | Standardabweichung (pg/m <sup>3</sup> ) | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Konzentration (pg/m <sup>3</sup> ) | Standardabweichung (pg/m <sup>3</sup> ) |
| PCB 28   | 100%                  | 2,0   | 0,7                                     | 100%                  | 1,9   | 0,7                                     |
| PCB 52*  | 100%                  | 2,1   | 0,8                                     | 92%                   | 1,7   | 0,8                                     |
| PCB 101* | 100%                  | 2,0   | 1,0                                     | 100%                  | 1,6   | 0,8                                     |
| PCB 138  | 100%                  | 0,9   | 0,4                                     | 100%                  | 0,6   | 0,3                                     |
| PCB 153* | 100%                  | 1,1   | 0,6                                     | 100%                  | 0,9   | 0,5                                     |
| PCB 180  | 100%                  | 0,3   | 0,1                                     | 100%                  | 0,2   | 0,1                                     |

\* Coelution

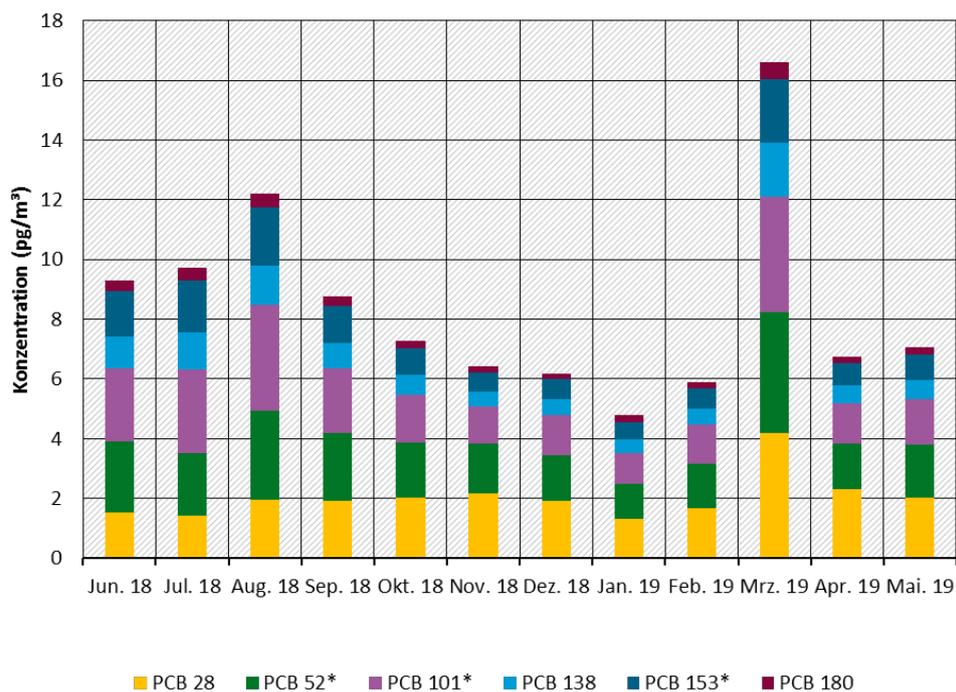
Die in diesem Vorhaben ermittelten i-PCB-Konzentrationen liegen in der gleichen Größenordnung wie an weiteren UBA-Messstationen (Tabelle 14). Sie sind geringer als die für Nordrhein-Westfalen publizierten Werte von 86 bis 262 pg/m<sup>3</sup> (LANUV 2020) oder die in Großbritannien für den ländlichen Bereich ermittelten Werte der Jahre 1990-2012 von 12 bis 34 pg/m<sup>3</sup> (Mediane; Graf et al. 2016). Die hier ermittelten Werte sind höher als die für das Jahr 2018 aufsummierten Mittelwerte der EMEP-Stationen Birkenes, Norwegen (3,1 pg/m<sup>3</sup>) und Zeppelin, Spitzbergen, Norwegen (1,6 pg/m<sup>3</sup>) und liegen in einem ähnlichen Bereich wie berichtete Werte für Košetice (7,2 pg/m<sup>3</sup>), Raö (6,5 pg/m<sup>3</sup>) (EMEP 2020) und den alpinen Bereich (2,9 - 27,5 pg/m<sup>3</sup>; Freier et al. 2019). Im Luftmessnetz des UBA werden an einigen

Messstationen routinemäßig neben anderen persistenten organischen Schadstoffen i-PCB mit High-Volume-Probenahmegegeräten (ca. 30 m<sup>3</sup>/h) als Monatsmittel bestehend aus 5 eintägigen Einzelproben pro Monat erfasst. Diese stimmen mit den hier ermittelten Werten trotz unterschiedlicher Messdauer (Mittel aus 5 Eintagesproben vs. Monatsprobe) überwiegend gut überein (Dreyer 2020), was die Einordnung der Messstationen als Hintergrundstationen bekräftigt.

**Tabelle 14: Mittlere Außenluftkonzentrationen der Summe der 6 i-PCB im Vergleich zu publizierten Werten**

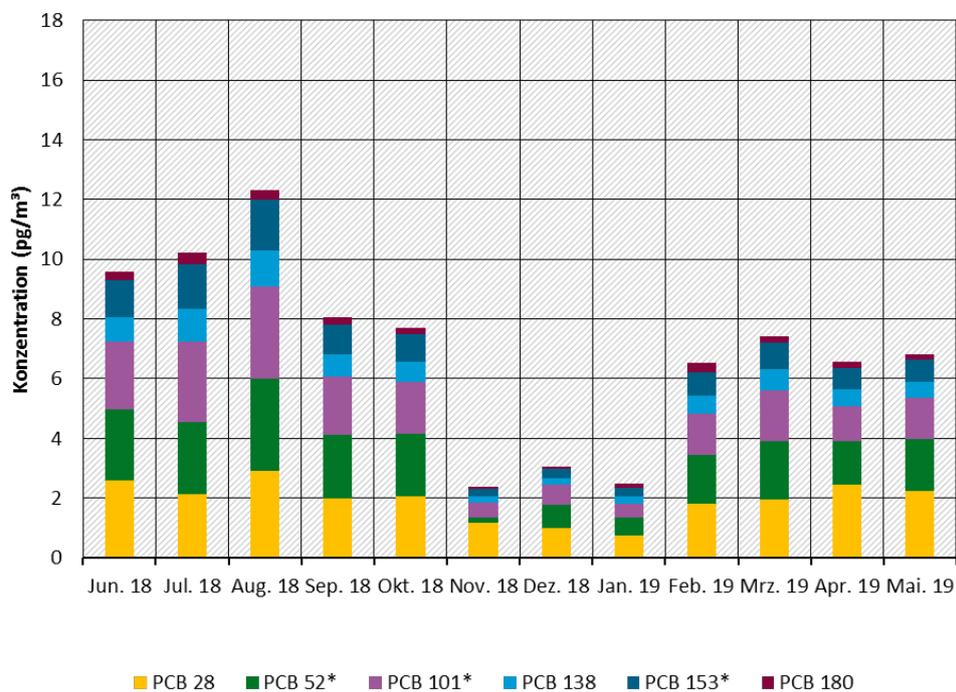
|                      | berichtete Werte                  | Region  | Referenz                       |
|----------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------|
| 6 i-PCB (Mittelwert) | 6,9 bzw. 8,4<br>pg/m <sup>3</sup> | Waldhof, Schmücke, Hintergrund,<br>Deutschland, 2018 bis 2019                 | diese Studie                   |
| 6 i-PCB (Mittelwert) | 4,7<br>pg/m <sup>3</sup>          | UBA Messstation Zingst,<br>Hintergrund,<br>Deutschland, 2019                  | Routinemessprogramm des<br>UBA |
| 6 i-PCB (Mittelwert) | 7,6<br>pg/m <sup>3</sup>          | UBA Messstation Westerland,<br>Hintergrund,<br>Deutschland, 2019              | Routinemessprogramm des<br>UBA |
| 6 i-PCB (Mittelwert) | 8,6<br>pg/m <sup>3</sup>          | UBA Messstation Waldhof,<br>Hintergrund,<br>Deutschland, 2019                 | Routinemessprogramm des<br>UBA |
| 6 i-PCB (Mittelwert) | 86 - 262<br>pg/m <sup>3</sup>     | Nordrhein-Westfalen, ländlicher<br>und städtischer Raum,<br>Deutschland, 2019 | LANUV 2020                     |
| 6 i-PCB (Mittelwert) | 3,1<br>pg/m <sup>3</sup>          | Birkenes, Hintergrund,<br>Norwegen, 2018                                      | EMEP 2020                      |
| 6 i-PCB (Mittelwert) | 1,6<br>pg/m <sup>3</sup>          | Zeppelin (Spitzbergen),<br>Hintergrund,<br>Norwegen, 2018                     | EMEP 2020                      |
| 6 i-PCB (Mittelwert) | 6,5<br>pg/m <sup>3</sup>          | Raö, Hintergrund,<br>Schweden, 2018   | EMEP 2020                      |
| 6 i-PCB (Mittelwert) | 7,2<br>pg/m <sup>3</sup>          | Košetice, Hintergrund,<br>Tschechien, 2018                                    | EMEP 2020                      |
| 6 i-PCB (Median)     | 12 - 34<br>pg/m <sup>3</sup>      | ländlicher Raum,<br>Großbritannien, 1990 bis 2012                             | Graf et al. 2016               |

**Abbildung 13: Konzentrationen der i-PCB (pg/m<sup>3</sup>), UBA-Messtation Waldhof**



\* Coelution. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 14: Konzentrationen der i-PCB (pg/m<sup>3</sup>), UBA-Messtation Schmücke**



\* Coelution. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

Der jahreszeitliche Verlauf der Konzentrationen der i-PCB (Abbildungen 13 und 14) zeigt an beiden Messstationen höhere Werte im Sommer als im Winter, was dem typischen Jahresgang für PCB in Außenluft entspricht (Graf et al. 2016, Quass et al. 2016, EMEP 2020). Dabei verschiebt sich der prozentuale Anteil in den Wintermonaten leicht hin zu PCB 28 (Anhang 8). An der Messstelle Waldhof wird der Jahresgang im März durch auffallend erhöhte Werte, deren Ursache unklar ist, unterbrochen. Die hohen Werte im März werden in den Ergebnissen der Märzprobe des Routine-UBA-Messprogramms nicht abgebildet. Dieses bestimmt jedoch nicht über den gesamten Monat, sondern bestimmt den Monatswert aus 5 einzelnen Tagesproben. Die Monatswerte der i-PCB-Konzentrationen für Waldhof und auf der Schmücke liegen in einem ähnlichen Bereich. Die Werte auf der Schmücke fallen von November 2018 bis Januar 2019 geringer aus als für Waldhof oder den anderen Monaten. Dies könnte meteorologisch begründet sein (s.o.).

Die mittleren Konzentrationen der 12 dl-PCB (Tabelle 15) sowie die Summenkonzentrationen der dl-PCB liegen an der Messstation Waldhof (Summe dl-PCB:  $0,64 \text{ pg/m}^3$ ) ebenfalls leicht oberhalb der Werte von der Schmücke (Summe dl-PCB:  $0,55 \text{ pg/m}^3$ ) und sind im Rahmen der Messunsicherheit als gleichwertig zu bewerten. Die Quantifizierungshäufigkeiten und Konzentrationen variieren zwischen den dl-PCB-Kongeneren. PCB 169 wurde in keiner Außenluftprobe der beiden UBA-Messstationen quantifiziert. PCB 81, PCB 126 und PCB 189 wurden in weniger als der Hälfte der Proben quantifiziert. Bis auf PCB 114 und PCB 157 wurden die weiteren dl-PCB in mehr als 90 % der Proben quantifiziert. Höchste Werte wurden für PCB 118 (hier coelulierend mit PCB 106) und PCB 105 (hier coelulierend mit PCB 127) erreicht. Die dl-PCB-Profile (Abbildung 21) sind an beiden Messstationen sehr ähnlich.

Die an den UBA-Messstationen ermittelten dl-PCB-Konzentrationen liegen leicht oberhalb der für die EMEP-Station Birkenes II berichteten Konzentrationen im Zeitraum 2010 bis 2012 ( $0,2 \text{ pg/m}^3$ ; EMEP 2020; Tabelle 16) und im unteren Bereich der für Zentral- und Osteuropa im Zeitraum 2011 bis 2013 angegebenen Mittelwerte ( $0,6$  bis  $9 \text{ pg/m}^3$ ; Šebková et al. 2014). Sie sind deutlich geringer als publizierte aktuelle Werte ( $7,7$  bis  $18,6 \text{ pg/m}^3$ ) für Nordrhein-Westfalen (LANUV 2020).

Der Konzentrationen der dl-PCB (Abbildungen 15 und 16) weisen an beiden Messstationen den für PCB allgemein typischen jahreszeitlichen Verlauf mit höheren Werten im Sommer als im Winter auf. Wie auch bei den i-PCB zeigen sich für die dl-PCB in der Märzprobe erhöhte Konzentrationen, die für die meisten dl-PCB maximale Werte erreichen. Ebenso liegen die Monatswerte der dl-PCB-Konzentrationen an der Station Waldhof und auf der Schmücke in einem ähnlichen Bereich, fallen auf der Schmücke von November 2018 bis Januar 2019 aber geringer aus.

**Tabelle 15: Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Konzentrationen und Standardabweichung der dl-PCB, UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke**

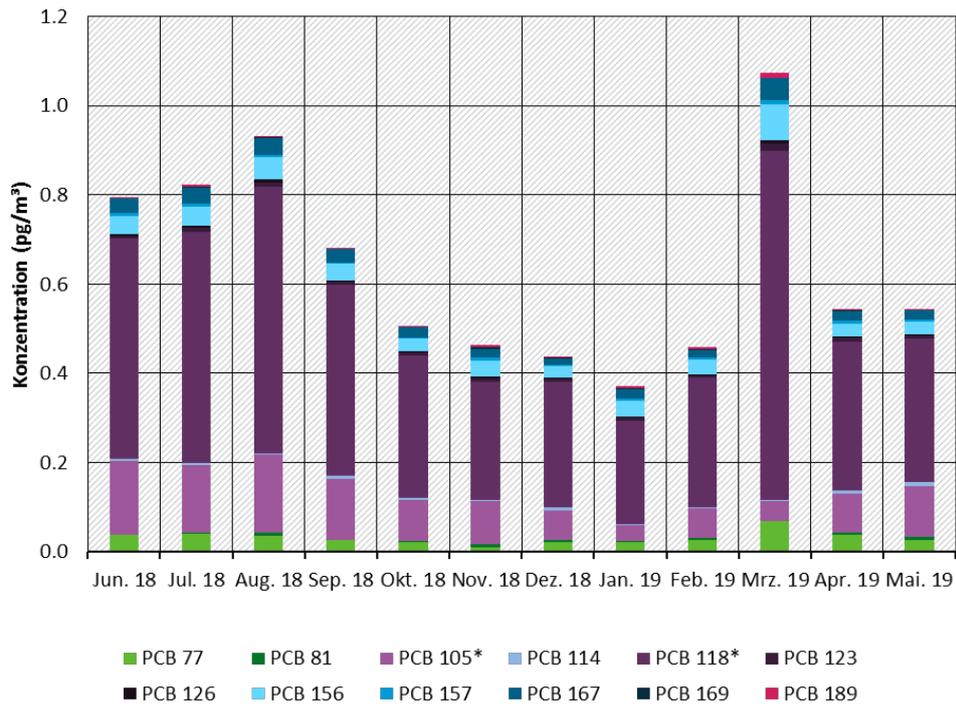
|          | Waldhof               |   |   | Schmücke              |   |   |
|----------|-----------------------|---|---|-----------------------|---|---|
|          | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Konzentration (pg/m <sup>3</sup> ) | Standardabweichung (pg/m <sup>3</sup> ) | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Konzentration (pg/m <sup>3</sup> ) | Standardabweichung (pg/m <sup>3</sup> ) |
| PCB 77   | 92%                   | 0,03  | 0,01                                    | 100%                  | 0,03  | 0,01                                    |
| PCB 81   | 33%                   | 0,004                                       | 0,003                                   | 33%                   | 0,003                                       | 0,003                                   |
| PCB 105* | 100%                  | 0,10  | 0,05                                    | 100%                  | 0,11  | 0,06                                    |
| PCB 114  | 67%                   | 0,005                                       | 0,003                                   | 58%                   | 0,004                                       | 0,003                                   |
| PCB 118* | 100%                  | 0,41  | 0,16                                    | 100%                  | 0,34  | 0,16                                    |
| PCB 123  | 92%                   | 0,008                                       | 0,003                                   | 92%                   | 0,007                                       | 0,003                                   |
| PCB 126  | 58%                   | 0,004                                       | 0,002                                   | 25%                   | 0,003                                       | 0,001                                   |
| PCB 156  | 100%                  | 0,04  | 0,01                                    | 100%                  | 0,03  | 0,01                                    |
| PCB 157  | 75%                   | 0,005                                       | 0,003                                   | 50%                   | 0,003                                       | 0,002                                   |
| PCB 167  | 100%                  | 0,03  | 0,01                                    | 100%                  | 0,02  | 0,01                                    |
| PCB 169  | 0%                    | < 0,006                                     | 0,001                                   | 0%                    | < 0,006                                     | 0,001                                   |
| PCB 189  | 58%                   | 0,004                                       | 0,003                                   | 25%                   | 0,003                                       | 0,002                                   |

\* Coelution

**Tabelle 16: Mittlere Außenluftkonzentrationen der Summe der dl-PCB im Vergleich zu publizierten Werten**

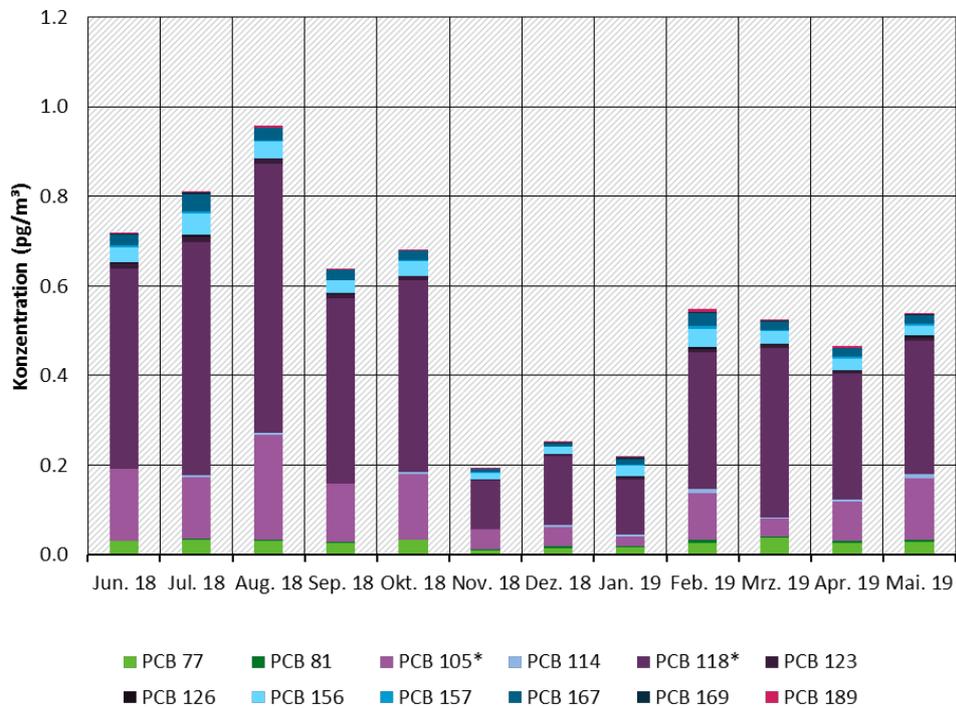
|                        | berichtete Werte                 | Region  | Referenz            |
|------------------------|----------------------------------|---|---------------------|
| 12 dl-PCB (Mittelwert) | 0,55 bzw. 0,64 pg/m <sup>3</sup> | Waldhof, Schmücke, Hintergrund, Deutschland, 2018 bis 2019              | diese Studie        |
| 12 dl-PCB (Mittelwert) | 7,7 - 18,6 pg/m <sup>3</sup>     | Nordrhein-Westfalen, ländlicher und städtischer Raum, Deutschland, 2019 | LANUV 2020          |
| 12 dl-PCB (Mittelwert) | 0,2 pg/m <sup>2</sup>            | Birkenes II, Hintergrund, Norwegen, 2010 bis 2012                       | EMEP 2020           |
| 12 dl-PCB (Mittelwert) | 0,6 – 9 pg/m <sup>3</sup>        | Zentral- und Osteuropa, 2011 bis 2013                                   | Šebková et al. 2014 |
| 12 dl-PCB (Median)     | 0,8 pg/m <sup>3</sup>            | Hintergrund, ländlicher und städtischer Raum, USA, 1998-2004            | USEPA 2013          |

**Abbildung 15: Konzentrationen der dl-PCB (pg/m<sup>3</sup>), UBA-Messtation Waldhof**



\* Coelution. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 16: Konzentrationen der dl-PCB (pg/m<sup>3</sup>), UBA-Messtation Schmücke**



\* Coelution. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

Die mittleren Konzentrationen der PCB-Homologengruppensummen (Tabelle 17) sowie der Gesamt-PCB-Konzentrationen (ca. 50 pg/m<sup>3</sup>) sind an beiden Messstationen sehr ähnlich. Mit 9 bis 13 pg/m<sup>3</sup> wurden für Trichlor-, Dichlor- und Tetrachlorbiphenyle die höchsten gemittelten Konzentrationen und prozentualen Anteile (Abbildung 22) gefunden. Dies deckt sich mit Werten aus Nordrhein-Westfalen, wo maximale Werte für Tri- (40 bis 340 pg/m<sup>3</sup>) und Tetrachlorbiphenyle (68 bis 880 pg/m<sup>3</sup>) publiziert wurden (LANUV 2020).

Die in diesem Vorhaben bestimmten Werte für die PCB Homologensummen sind (z.T. deutlich) geringer als publizierte Jahresmittelkonzentrationen (Tri- bis DecaCB: 320 bis 1500 pg/m<sup>3</sup>; Tabelle 18) für Nordrhein-Westfalen (LANUV 2020). Sie liegen unterhalb von mittleren Werten und für urbane Regionen in den USA im Jahr 2017 (142 pg/m<sup>3</sup>; Herkert et al. 2018) bzw. 2007 (835 pg/m<sup>3</sup>; Hu et al. 2008).

Die Konzentrationen der PCB-Homologengruppensummen (Abbildungen 17 und 18) und deren prozentuale Anteile (Abbildung 22) waren z.T. starken monatlichen Schwankungen unterworfen. Der für PCB typische saisonale Verlauf ist nur auf der Schmücke für die Tri- bis Heptachlorbiphenyle erkennbar. Auffälligkeiten in der Märzprobe (Waldhof) bzw. in den Proben November 2018 bis Januar 2019 (Schmücke) sind nicht oder nicht in der Deutlichkeit wie bei den dl-PCB und i-PCB erkennbar. Zwischen den Sommer- und Wintermonaten ist eine deutliche Profilverschiebung v.a. von den Tetra- bis Heptachlorbiphenylen zu den Mono- und Dichlorbiphenylen erkennbar (Anhang A8).

Um den Gesamtgehalt der PCB in einer Probe abschätzen zu können, wird basierend auf einem Vorschlag der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) üblicherweise die Summe der 6 i-PCB mit dem Faktor 5 multipliziert (LAGA 1995). Dies entspricht einem Anteil der i-PCB an der Summe aller PCB von 20 %. Der in diesem Projekt berechnete mittlere Anteil der i-PCB an der Summe aller PCB in der Außenluft liegt bei 17 % (Waldhof) bzw. 15 % (Schmücke), was Faktoren von 5,9 bzw. 6,7 entspricht. Das bedeutet, dass das üblicherweise praktizierte Vorgehen der Ermittlung des PCB-Gesamtgehalts in den untersuchten Außenluftproben zu einer Unterschätzung der Gesamt-PCB-Belastung von 16 % (Waldhof) bzw. 26 % (Schmücke) führt und weitere, ggf. bedeutende PCB in Außenluftproben nicht erkannt werden würden.

Die in diesem Vorhaben durchgeführte Analytik auf alle 209 PCB zur Ermittlung der Homologengruppensummen ermöglicht hingegen die Identifizierung weiterer PCB. Von 166 gaschromatographisch aufgetrennten PCB bzw. PCB-Coelutionen wurden über den Messzeitraum in den Außenluftproben zwischen 105 und 144 quantifiziert. Dabei wird ersichtlich, dass es einige PCB gibt, deren mittlere Konzentrationen an den Messstationen Waldhof und Schmücke in einem ähnlichen Bereich wie die der i-PCB (0,3 bis ca. 2 pg/m<sup>3</sup>) liegen oder z.T. diese überschreiten (Abbildung 19). Dieses sind die folgenden PCB (absteigend geordnet nach mittlerer Konzentration): PCB 11 (5,6 bzw. 5,9 pg/m<sup>3</sup>), PCB 18 (2,5 bzw. 3,9 pg/m<sup>3</sup>), PCB 93/95/98/102 (2,2 bzw. 1,8 pg/m<sup>3</sup>), PCB 5/8 (ca. 2 pg/m<sup>3</sup>), PCB 31 (ca. 1,8 pg/m<sup>3</sup>), PCB 139/149 (1,6 bzw. 1,1 pg/m<sup>3</sup>), PCB 43/49 (1,3 bzw. 1,1 pg/m<sup>3</sup>), PCB 47/48/65/75 (1,3 bzw. 1,1 pg/m<sup>3</sup>), PCB 17 (0,9 bzw. 1,3 pg/m<sup>3</sup>), PCB 44 (1,2 bzw. 1 pg/m<sup>3</sup>), PCB 20/33 (ca. 1 pg/m<sup>3</sup>), und PCB 151 (1 bzw. 0,8 pg/m<sup>3</sup>).

**Tabelle 17: Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Konzentrationen und Standardabweichung der PCB-Homologengruppensummen Messstationen Waldhof und Schmücke**

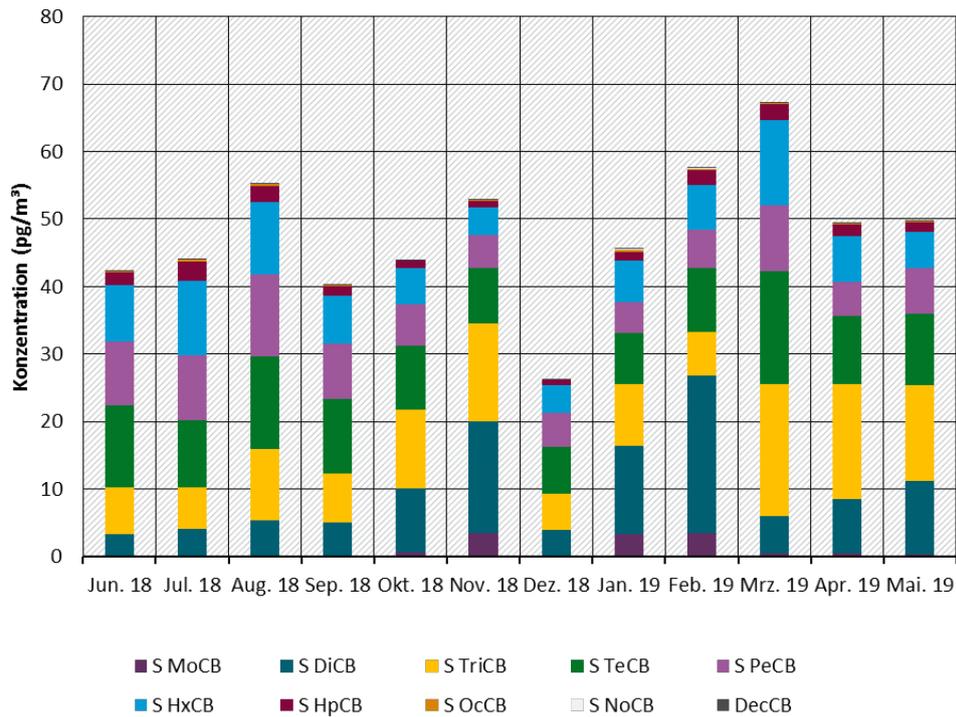
|         | Waldhof               |   |   | Schmücke              |   |   |
|---------|-----------------------|---|---|-----------------------|---|---|
|         | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Konzentration (pg/m <sup>3</sup> ) | Standardabweichung (pg/m <sup>3</sup> ) | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Konzentration (pg/m <sup>3</sup> ) | Standardabweichung (pg/m <sup>3</sup> ) |
| S MoCB  | 92%                   | 1,2   | 1,5                                     | 83%                   | 1,3   | 1,6                                     |
| S DiCB  | 92%                   | 9,5   | 6,2                                     | 83%                   | 9,7   | 3,1                                     |
| S TriCB | 92%                   | 11,2  | 4,6                                     | 83%                   | 13,0  | 6,1                                     |
| S TeCB  | 92%                   | 10,8  | 2,6                                     | 83%                   | 9,4   | 3,9                                     |
| S PeCB  | 92%                   | 7,5   | 2,5                                     | 83%                   | 6,3   | 3,1                                     |
| S HxCB  | 92%                   | 7,6   | 2,7                                     | 83%                   | 5,6   | 2,8                                     |
| S HpCB  | 92%                   | 1,8   | 0,6                                     | 83%                   | 1,3   | 0,7                                     |
| S OcCB  | 92%                   | 0,18  | 0,07                                    | 83%                   | 0,13  | 0,05                                    |
| S NoCB  | 50%                   | 0,008                                       | 0,009                                   | 25%                   | 0,004                                       | 0,004                                   |
| DecCB   | 75%                   | 0,009                                       | 0,005                                   | 50%                   | 0,005                                       | 0,003                                   |

\* Die Proben Waldhof-Dezember, Schmücke-Dezember und Schmücke-Februar sind aufgrund von analytischen Störungen bei den niederchlorierten PCB in der Mittelwertbildung nicht enthalten.

**Tabelle 18: Mittlere Außenluftkonzentrationen der PCB-Homologensummen im Vergleich zu publizierten Werten**

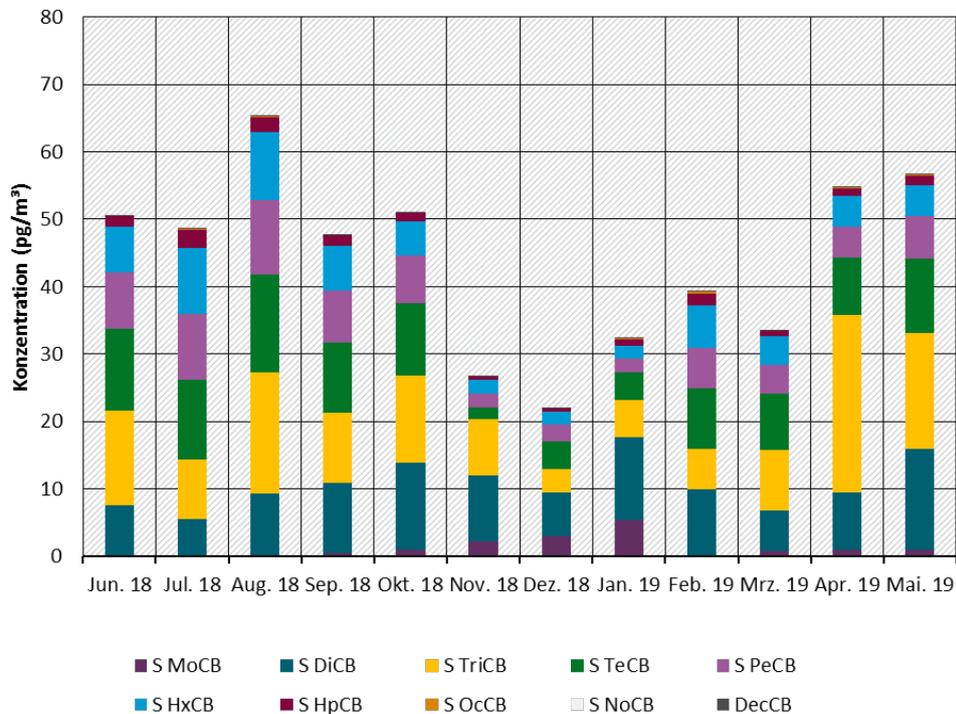
|                              | berichtete Werte           | Region   | Referenz            |
|------------------------------|----------------------------|--|---------------------|
| MoCB bis DecCB (Mittelwert)  | Ca. 50 pg/m <sup>3</sup>   | Schmücke, Waldhof, Hintergrund, Deutschland, 2018 bis 2019             | diese Studie        |
| TriCB bis DecCB (Mittelwert) | 68 – 880 pg/m <sup>3</sup> | Nordrhein-Westfalen, ländlicher und städtischer Raum Deutschland, 2019 | LANUV 2020          |
| MoCB bis DecCB (Mittelwert)  | 142 pg/m <sup>3</sup>      | Iowa City, städtischer Raum, USA, 2017                                 | Herkert et al. 2018 |
| MoCB bis DecCB (Mittelwert)  | 835 pg/m <sup>3</sup>      | Chicago, städtischer Raum, USA, 2007                                   | Hu et al. 2008      |

**Abbildung 17: Konzentrationen der PCB-Homologengruppensummen (pg/m<sup>3</sup>), UBA-Messtation Waldhof**



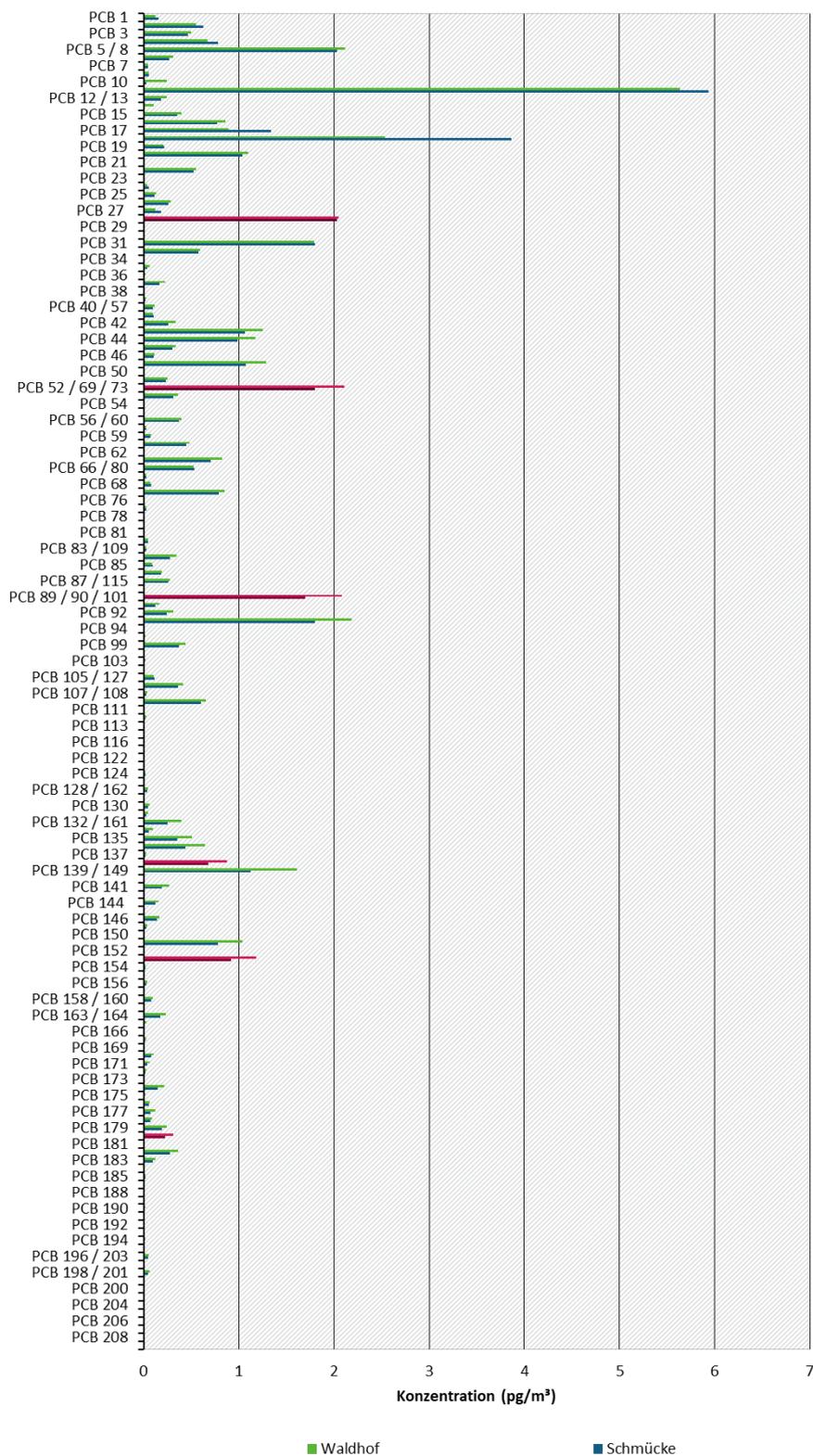
Analytische Störungen der niederchlorierten PCB der Probe Waldhof-Dez. 2018 führen zu Minderbefunden der betroffenen Homologengruppensummen. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 18: Konzentrationen der PCB-Homologengruppensummen (pg/m<sup>3</sup>), UBA-Messtation Schmücke**



Analytische Störungen der niederchlorierten PCB der Proben Schmücke-Dez. 2018 und -Feb. 2019 führen zu Minderbefunden der betroffenen Homologengruppensummen. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 19: Mittlere Konzentrationen der 209 PCB (pg/m<sup>3</sup>), UBA-Messtationen Waldhof und Schmücke**



Aufsteigende Reihenfolgen der PCB, nur jedes zweite PCB ist namentlich genannt. i-PCB sind in Rottönen (hell: Waldhof, dunkel: Schmücke) gekennzeichnet. Die Proben Waldhof-Dezember, Schmücke-Dezember und Schmücke-Februar sind aufgrund von analytischen Störungen bei den niederchlorierten PCB in der Mittelwertbildung nicht enthalten. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

Die Dominanz von PCB 11 wurde auch für andere Außenluftproben berichtet ( $11 \pm 9 \text{ pg/m}^3$  (Herkert et al. 2018); im Mittel  $24 \text{ pg/m}^3$  (Hu et al. 2008)). Vorkamp (2016) zeigt in ihrem zusammenfassenden Artikel die ubiquitäre Verbreitung von PCB 11 mit Konzentrationen von  $0.4$  bis  $31 \text{ pg/m}^3$  bzw. bis im Mittel  $60 \text{ pg/m}^3$  in der Antarktis,  $9 \text{ pg/m}^3$  in Svalbard (Arktis),  $<BG$  bis  $54 \text{ pg/m}^3$  für den ländlichen Hintergrund in den USA und  $2$  bis  $307 \text{ pg/m}^3$  für urbane Gebiete in Italien, USA und Japan.

Quellen für PCB sind v.a. technische PCB-Gemische (z.B. Arochlor-Mischungen). Weitere Quellen sind Pigmente, Industriechemikalien, Pestizide, Verbrennungsprozesse oder der Abbau von Quellen technischer Mischungen. Für die in diesem Vorhaben neben den i-PCB bedeutsamen PCB in Außenluft kommen neben den technischen Mischungen v.a. diverse Farbpigmente sowie die Silikonkautschukproduktion (v.a. PCB 47), Löschsäume (PCB 20, PCB 33, PCB 95), Thermoplastik (PCB 5, PCB 8, PCB 18), Herbizidproduktion oder -verwendung (PCB 47, PCB 48) oder Asphalttaft- bzw. -trennmittel als Quelle in Frage (Hu et al. 2008, Anezaki et al. 2015, Vorkamp 2016, Megson et al. 2019; Anhang A9).

### **3.1.5 Profile der i-PCB, WHO-PCB und der PCB-Homologengruppensummen in der Außenluft**

Die über den Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 gemittelten PCB-Kongeneren- und Homologengruppensummenprofile sind in den Abbildungen 20 und 22 dargestellt. Die i-PCB haben einen Anteil an der Summe aller PCB von 17 % (Waldhof) bzw. 15 % (Schmücke). Die dl-PCB haben einen Anteil an der Summe aller PCB von 1,3 % (Waldhof) bzw. 1,2 % (Schmücke).

In den i-PCB-Profilen (Abbildung 20) wurden die höchsten mittleren Kongenerenanteile mit ca. 26 % (Waldhof) bzw. 30 % (Schmücke) für PCB 28 erreicht gefolgt von PCB 52 (ca. 25 % bzw. 24 %; Coelution mit PCB 69 und PCB 73) und PCB 101 (ca. 23 % bzw. 22 %; Coelution mit PCB 89 und PCB 90). Die geringsten prozentualen Anteile wurden für PCB 180 (ca. 3,6 % bzw. 3,4 %) verzeichnet. Diese Befunde entsprechen den von Quass et al. (2016) publizierten Profilen für ländliche und ländlich stadtnahe Standorte vor 2010 in Niedersachsen und Hessen sowie denen der EMEP-Messstationen Košetice und Birkenes aus dem Jahr 2018 (EMEP 2020). Bei der arktischen Messstation Zeppelin (Spitzbergen, Norwegen) ist eine deutliche Verschiebung zum flüchtigeren PCB 28 (48 %) erkennbar (EMEP 2020). Abweichungen gibt es auch zu bayrischen Messorten im Zeitraum 1993 bis 2003 sowie den UBA-Messstationen im Zeitraum 2007 bis 2011, bei denen geringere Anteile der niederchlorierten i-PCB und höhere Anteile der höherchlorierten i-PCB ausgewiesen wurden (Quass et al. 2016).

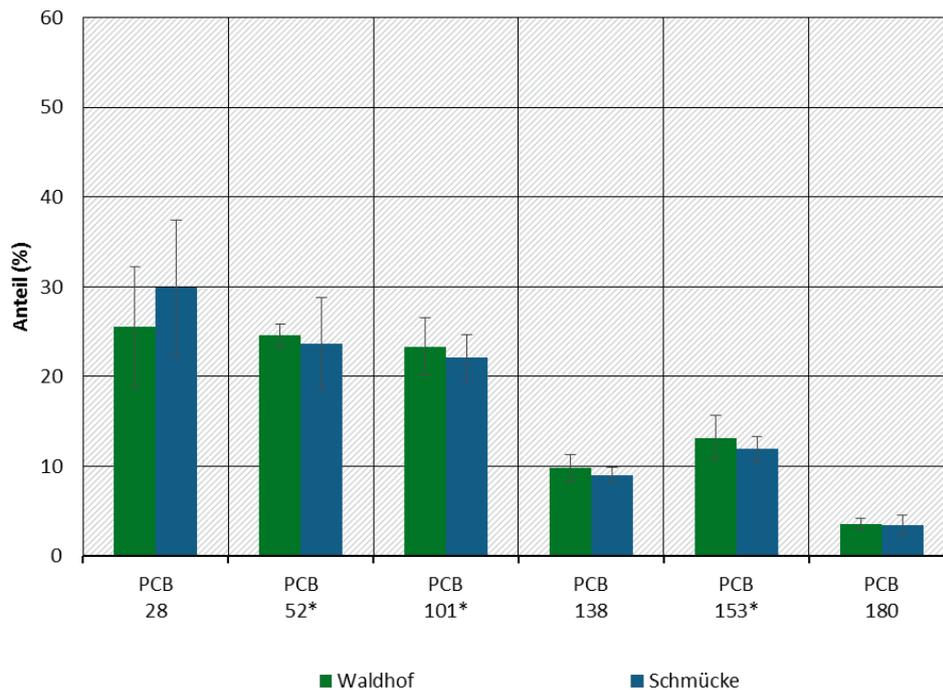
In den dl-PCB-Profilen (Abbildung 21) wurden die höchsten mittleren Kongenerenanteile für das PCB 118 erreicht (ca. 63 bzw. 61 %; Coelution mit PCB 106) gefolgt von PCB 105 (17 % bzw. 19 %; Coelution mit PCB 127). Die Anteile von PCB 77, PCB 156 und PCB 167 lagen zwischen 3,8 und 6,2 %, die der weiteren dl-PCB unter 1,5 %. Von Quass et al. (2016) berichtete mediane dl-PCB-Profilen von Daten der Ländermessnetze Bayerns und Niedersachsens vor 2010 weisen ebenfalls eine deutliche Dominanz von PCB 118 und erhöhte Anteile von PCB 105 (>10 %), PCB 77, PCB 156 und PCB 167 auf. Die Anteile weiterer dl-PCB liegen meist unter 1 %. Das mittlere dl-PCB-Profil der EMEP-Messstation Birkenes II der Jahre 2010 bis 2012 hat Anteile von PCB 118 von 57 %, PCB 105 (16 %), PCB 77 (8%) und weiteren dl-PCB (0,7 bis 3,7 %; EMEP 2020).

Die Homologengruppensummenprofile (Abbildung 22) der Messstationen Waldhof und Schmücke sind durch hohe Standardabweichungen der Mittelwerte gekennzeichnet. Höchste Anteile werden für die Trichlorbiphenyle (ca. 22 % bzw. 27 %), Tetrachlorbiphenyle (ca. 22 % bzw. 19 %) und Dichlorbiphenyle (ca. 19 % bzw. 22 %) erreicht. Die Anteile der Penta- und Hexachlorbiphenyle liegen zwischen ca. 10 % und 15 %, die der weiteren PCB-

Homologengruppensummen unter 4 % (Mono- und Heptachlorbiphenyle) bzw. unter 0,5 % (Octa- bis Decachlorbiphenyle). Dabei ist zu beachten, dass die Anzahl der Isomere pro Homologengruppe stark variiert (1 Isomer bei Decachlorbiphenyl bis 46 Isomere bei Pentachlorbiphenyl).

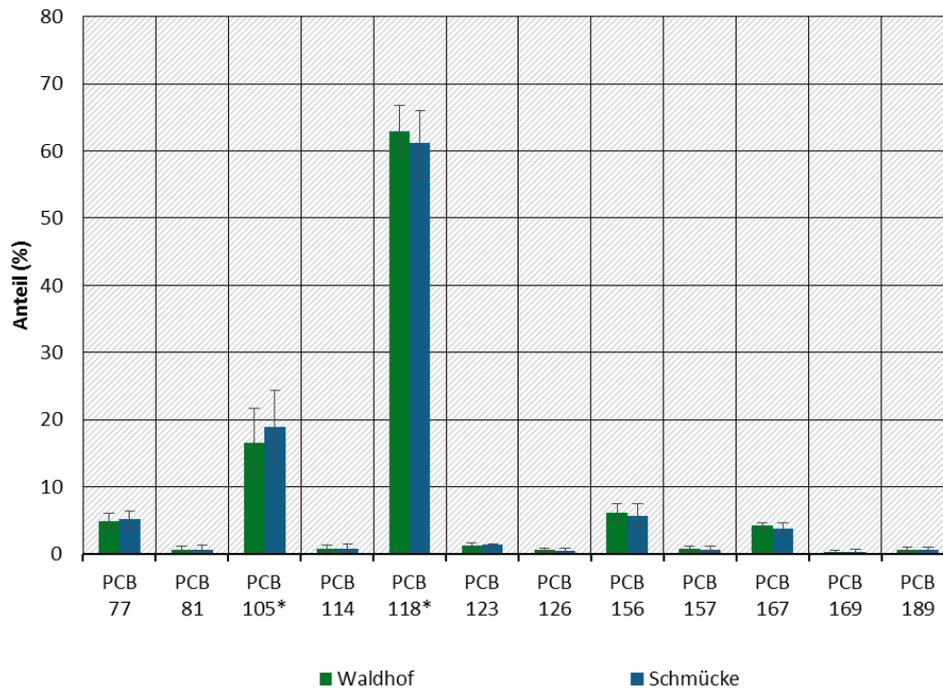
Die Sommer- bzw. Winterprofile der PCB sind sich relativ ähnlich. Über den Untersuchungszeitraum dieses Vorhabens ist z.T. eine leichte, nicht signifikante saisonale Verschiebung der Profilanteile einzelner Verbindungen erkennbar (Abbildungen Anhang 8). In den i-PCB-Profilen ist der mittlere Anteil von PCB 28 im Winter höher als im Sommer. An der Messstation Waldhof deutet sich im Winter eine Erhöhung des PCB 52-Anteils, auf der Schmücke eine Erhöhung des PCB 180-Anteils an. Die mittleren Anteile der anderen i-PCB sinken leicht. In den dl-PCB-Profilen ist an beiden Messstationen eine Verringerung des mittleren PCB 105-Anteils im Winter zu sehen. An der Messstation Schmücke sinkt der PCB 118-Anteil in den Wintermonaten während er für Waldhof steigt. Die Anteile der weiteren dl-PCB steigen zumeist, am deutlichsten für PCB 156. In den Homologengruppensummenprofilen steigen die mittleren Anteile der Mono- und Dichlorbiphenyle bei beiden Messstationen in den Wintermonaten deutlich an, während die der Tetra- bis Heptachlorbiphenyle sinken. An der Messstation Schmücke sinkt auch der mittlere Anteil der Trichlorbiphenyle. Hierbei sind Verzerrungen durch analytische Störungen (Abschnitt 2.3.1) oder saisonal bedingtes Durchbruchverhalten während der Probenahme möglich.

**Abbildung 20: i-PCB-Profile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen)**



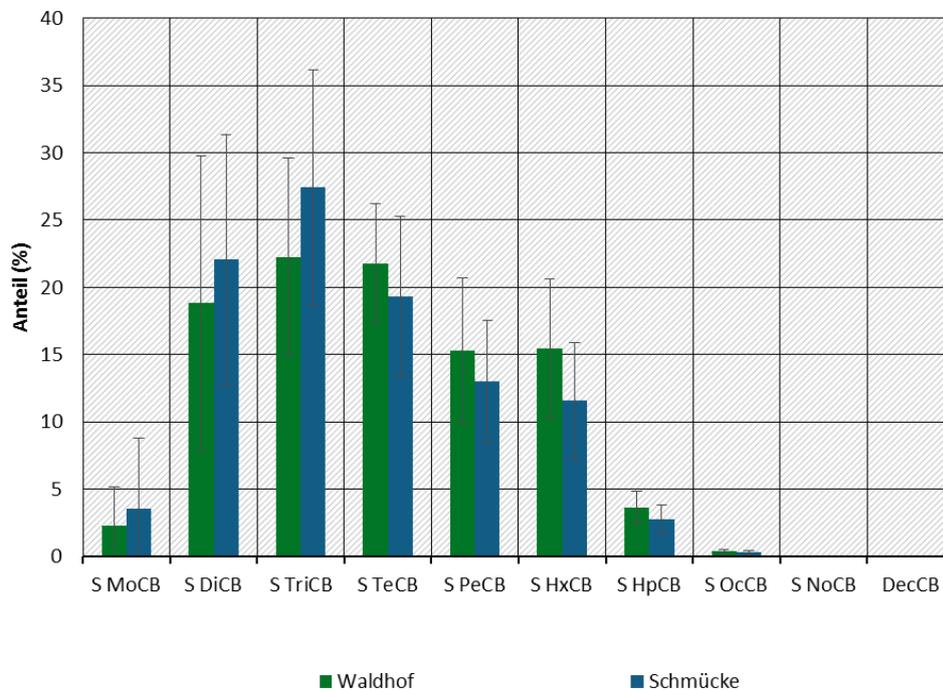
\* Coelution. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 21: dl-PCB-Profile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen)**



\* Coelution. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 22: PCB-Homologengruppensummenprofile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen)**



Die Proben Waldhof-Dezember, Schmücke-Dezember und Schmücke-Februar sind aufgrund von analytischen Störungen bei den niederchlorierten PCB in der Mittelwertbildung nicht enthalten. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

## 3.2 Deposition

### 3.2.1 TEQ-Werte für PCDD/F und PCB in der Deposition

An den UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke wurden die 2,3,7,8-substituierten PCDD/F und PCB in der Deposition nur selten oberhalb der Bestimmungsgrenzen gefunden (Abschnitte 2.2.2, 3.2.4, Anhang A6). Dies limitiert die Interpretations- und Vergleichsmöglichkeiten und wirkt sich auch auf die Betrachtungen der TEQ-Werte aus, die deutlich durch die geringen Quantifizierungshäufigkeiten der Einzelanalyte bzw. deren analytischen Bestimmungsgrenzen beeinflusst wurden. Es ist daher davon auszugehen, dass die Depositionsdaten mit einer deutlich erhöhten Messunsicherheit versehen sind.

Tabelle 19 zeigt die über den zwölfmonatigen Untersuchungszeitraum gemittelten TEQ-Werte nach WHO 2005 (Van den Berg et al. 2006) für PCDD/F und PCB in der Deposition an den Hintergrundmessstationen Waldhof und Schmücke. Die Jahresmittelwerte der TEQ-Depositionen lagen deutlich unter 1 pg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>2</sup>d. Damit sind die ermittelten Werte auch deutlich geringer als der Zielwert für die langfristige Luftreinhalteplanung von 4 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup>d für die Summe der PCDD/F und coplanaren PCB (LAI 2004). In Abhängigkeit der Einbeziehung der Bestimmungsgrenze erreichen die PCB TEQ-Werte zwischen 1 und 70 % der PCDD/F-TEQ Werte.

**Tabelle 19: Mittlere TEQ-Depositionen der PCDD/F und PCB nach WHO 2005 (pg TEQ/m<sup>2</sup>d)**

|  | Waldhof<br>(pg TEQ/m <sup>2</sup> d) | Schmücke<br>(pg TEQ/m <sup>2</sup> d) |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------|
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F TEQ exkl. BG         | 0,05                                 | 0,15                                  |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F TEQ inkl. 1/2 BG     | 0,20                                 | 0,36                                  |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F TEQ inkl. BG         | 0,35                                 | 0,57                                  |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ exkl. BG            | 0,002                                | 0,001                                 |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. 1/2 BG        | 0,15                                 | 0,17                                  |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. BG            | 0,30                                 | 0,35                                  |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ exkl. BG     | 0,06                                 | 0,15                                  |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. 1/2 BG | 0,34                                 | 0,54                                  |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. BG     | 0,63                                 | 0,92                                  |

Messzeitraum Waldhof: Juni 2018 bis November 2018, Januar 2019 bis Juni 2019; Messzeitraum Schmücke: Juni 2018 bis Mai 2019

Die Jahresmittelwerte der TEQ-Konzentrationen an den Messstellen Schmücke und Waldhof liegen leicht unterhalb des von Quass et al. (2016) auf Grundlage der von Bund und Ländern verfügbaren Immissionsdaten angegebenen Bereiches für quellenferne deutsche Messstationen von 0,65 bis 1,6 pg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>2</sup>d für PCDD/F bzw. 0,27 bis 0,57 pg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>2</sup>d für dl-PCB (Tabelle 20). Die Werte liegen unterhalb der für Melpitz berichteten TEQ-Mittelwerte für PCDD/F- und PCB-Messungen im Zeitraum Februar bis Juli 2019 (Ortsmitte sowie Ortsrand (Hintergrund): 2,6 pg WHO<sub>2005</sub>-TEQ inkl. BG/m<sup>2</sup>d) (Heinz 2020) und unterhalb der für Nordrhein-Westfalen publizierten Werte aus dem Jahr 2019 (2,3 bis 35 pg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>2</sup>d; LANUV 2020). Die TEQ-Mittelwerte für die PCDD/F liegen ebenfalls unterhalb der für die Messstation Zugspitze/Schneefernerhaus im Messzeitraum 2005 bis 2018 (Median 0,8 WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>2</sup>d; Kirchner et al. 2020).

**Tabelle 20: Mittlere TEQ-Deposition der PCDD/F und PCB im Vergleich zu publizierten Werten**

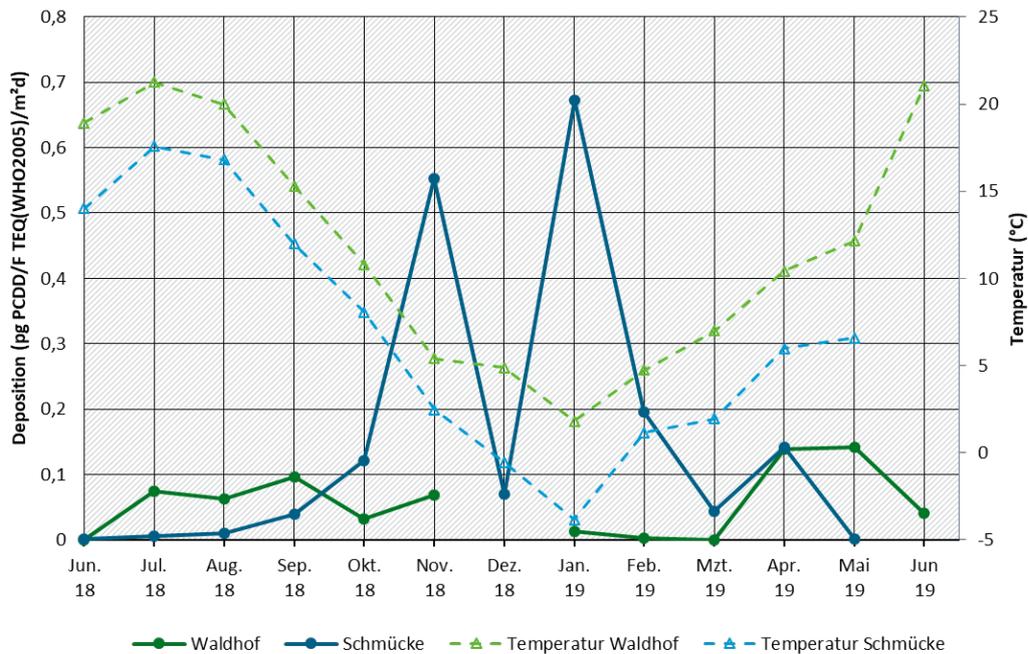
|                                | berichtete Werte   | Region   | Referenz             |
|--------------------------------|--|--|----------------------|
| PCDD/F (Mittelwert inkl. ½ BG) | 0,20 bzw. 0,36<br>pg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>2</sup> d | Waldhof, Schmücke,<br>Hintergrund,<br>Deutschland, 2018 bis 2019                 | diese Studie         |
| dl-PCB (Mittelwert inkl. ½ BG) | 0,15 bzw. 0,17<br>pg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>2</sup> d | Waldhof, Schmücke,<br>Hintergrund,<br>Deutschland, 2018 bis 2019                 | diese Studie         |
| PCDD/F                         | 0,65 - 1,6<br>pg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>2</sup> d     | Ländlicher Raum,<br>Deutschland  | Quass et al. 2016    |
| PCDD/F                         | 0,75 - 4,0<br>pg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>2</sup> d     | städtischer Raum,<br>Deutschland   | Quass et al. 2016    |
| dl-PCB                         | 0,27 - 0,57<br>pg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>2</sup> d    | ländlicher Raum,<br>Deutschland  | Quass et al. 2016    |
| dl-PCB                         | 0,3 - 2,6<br>pg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>2</sup> d      | städtischer Raum,<br>Deutschland   | Quass et al. 2016    |
| PCDD/F + dl-PCB                | 2,3 - 35<br>pg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>2</sup> d       | Nordrhein-Westfalen,<br>ländlicher und städtischer<br>Raum,<br>Deutschland, 2019 | LANUV 2020           |
| PCDD/F (Median)                | 0,8<br>pg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>2</sup> d            | Zugspitze, Hintergrund,<br>2005 bis 2019   | Kirchner et al. 2020 |
| PCDD/F+dl-PCB (Mittelwert)     | 2,6<br>pg WHO <sub>2005</sub> -TEQ/m <sup>2</sup> d            | Melpitz, ländlicher Raum,<br>Deutschland, 2019                                   | Heinz 2020           |

Die TEQ-Monatswerte der PCDD/F+PCB Depositionen exkl. BG (Abbildung 23) lagen im Untersuchungszeitraum zwischen 0 und 0,14 pg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>2</sup>d (Waldhof) bzw. zwischen 0 und 0,67 fg WHO<sub>2005</sub>-TEQ/m<sup>2</sup>d (Schmücke). Schwankungen der TEQ-Depositionen gehen vor allem auf die Depositionsschwankungen der PCDD/F zurück.

Ein jahreszeitlicher Verlauf der TEQ-Werte mit höheren Werten in den Wintermonaten wie bei den Außenluftkonzentrationen oder wie in der Deposition an der Messstation Zugspitze/Schneefernerhaus ist in der Deposition an den untersuchten UBA-Messstationen nicht eindeutig ausgeprägt, deutet sich auf der Schmücke jedoch an. Während die TEQ-Depositionsraten in den Sommermonaten an den Messstationen Waldhof und Schmücke ähnlich

hoch sind, differieren sie in den Wintermonaten mit einzelnen höheren Werten für Schmücke als für Waldhof. Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen in der Außenluft, bei denen höhere Winterkonzentrationen an der Messstation Waldhof zu verzeichnen waren. Eine Beeinflussung dieses Ergebnisses durch die Quantifizierungen im Bereich der Bestimmungsgrenzen ist nicht auszuschließen.

**Abbildung 23: Monatswerte der PCDD/F+PCB TEQ Depositionen nach WHO2005 exkl. BG (fg/m<sup>3</sup>) sowie der Temperatur**



Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co. Quelle Temperatur: Stundenwerte der Messstationen Waldhof und Schmücke, Datenübermittlung des Umweltbundesamts per E-Mail (05.05.2020 und 12.06.2020) (UBA 2020). Deposition der 17 PCDD/F-Kongeneren und der PCDD/F-Homologengruppensummen

In den Tabellen 21 und 22 sind die über den Untersuchungszeitraum gemittelten Depositionsraten der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F-Kongeneren und -Homologengruppensummen dargestellt. In der Deposition wurden überwiegend (d.h. in mehr als 50 % der Proben) nur die Kongenere Octachlordibenzodioxin, 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin und 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran quantifiziert, vereinzelt auch weitere 2,3,7,8-substituierte PCDD/F-Kongenere (überwiegend PCDF). Die mittleren Depositionen der 17 Einzelkongeneren, der Summe der 17 Einzelkongeneren (Waldhof: 6 pg/m<sup>2</sup>d, Schmücke: 13 pg/m<sup>2</sup>d) sowie der PCDD/F-Homologensummen (Waldhof: 11 pg/m<sup>2</sup>d, Schmücke: 19 pg/m<sup>2</sup>d) waren an der Messstation Waldhof geringer als an der Messstation Schmücke. Die höchsten mittleren Kongeneren-depositionsraten wurden für Octachlordibenzodioxin erreicht (2,7 pg/m<sup>2</sup>d bzw. 6,7 pg/m<sup>2</sup>d). Bei den Homologengruppensummen waren die höchsten Werte für Octachlordibenzodioxin (s.o.) gefolgt von den Tetrachlordibenzofuranen (1,6 pg/m<sup>2</sup>d bzw. 1,7 pg/m<sup>2</sup>d) und Octachlordibenzofuran (1,5 pg/m<sup>2</sup>d bzw. 1,0 pg/m<sup>2</sup>d) zu finden.

Die in diesem Vorhaben bestimmten Depositionsraten der 17 PCDD/F-Kongenere bzw. Homologensummen sind geringer als die für die alpine Messstation Schneefernerhaus/Zugspitze berichteten Werte zwischen 2005 und 2018 (Summe Mediane 17 PCDD/F: ca. 53 pg/m<sup>2</sup>d, Summe PCDD/F: 72 pg/m<sup>2</sup>d; Kirchner et al. 2020). Sie liegen leicht unterhalb der mittleren Depositionsraten im Zeitraum Februar bis Juli 2019 in Melpitz (Ortsmitte: OcD ca. 12 pg/m<sup>2</sup>d,

HpD1 ca. 3,5 pg/m<sup>2</sup>d; Heinz 2020) und unterhalb der 2019-Werte in Nordrhein-Westfalen (Summe 17 PCDD/F: 196 bis 625 pg/m<sup>2</sup>d, Summe PCDD/F: 300 bis 1100 pg/m<sup>2</sup>d; LANUV 2020).

Im jahreszeitlichen Verlauf der Depositionsraten der 17 PCDD/F-Kongenere und PCDD/F-Homologengruppensummen (Abbildungen 24 bis 27) deuten sich nur an der Messstation Schmücke höhere Werte im Winter als im Sommer an, was publizierten Jahresverläufen in der Deposition entspricht (Kirchner et al. 2011).

**Tabelle 21: Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Depositionen und Standardabweichungen der 17 PCDD/F, Messstationen Waldhof und Schmücke**

|      | Waldhof               |   |  | Schmücke              |   |  |
|------|-----------------------|---|--|-----------------------|---|--|
|      | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Deposition (pg/m <sup>2</sup> d) | Standardabweichung (pg/m <sup>2</sup> d) | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Deposition (pg/m <sup>2</sup> d) | Standardabweichung (pg/m <sup>2</sup> d) |
| TeD1 | 0%                    | < 0,1                                     | 0,0                                      | 0%                    | < 0,1                                     | 0,0                                      |
| PeD1 | 0%                    | < 0,1                                     | 0,0                                      | 17%                   | < 0,1                                     | 0,1                                      |
| HxD1 | 0%                    | < 0,1                                     | 0,1                                      | 17%                   | 0,1                                       | 0,1                                      |
| HxD2 | 17%                   | < 0,1                                     | 0,1                                      | 42%                   | 0,2                                       | 0,1                                      |
| HxD3 | 0%                    | < 0,1                                     | 0,1                                      | 42%                   | 0,2                                       | 0,1                                      |
| HpD1 | 58%                   | < 0,8                                     | 0,5                                      | 67%                   | 2,2                                       | 2,0                                      |
| OcD  | 58%                   | 2,7                                       | 1,6                                      | 75%                   | 6,7                                       | 5,0                                      |
| TeF1 | 42%                   | 0,1                                       | 0,1                                      | 25%                   | 0,1                                       | 0,1                                      |
| PeF1 | 25%                   | < 0,1                                     | 0,1                                      | 25%                   | 0,1                                       | 0,1                                      |
| PeF2 | 42%                   | 0,1                                       | 0,0                                      | 25%                   | 0,2                                       | 0,1                                      |
| HxF1 | 8%                    | < 0,2                                     | 0,1                                      | 25%                   | < 0,2                                     | 0,2                                      |
| HxF2 | 42%                   | < 0,1                                     | 0,1                                      | 50%                   | 0,2                                       | 0,1                                      |
| HxF3 | 8%                    | < 0,1                                     | 0,0                                      | 8%                    | 0,1                                       | 0,1                                      |
| HxF4 | 33%                   | < 0,1                                     | 0,1                                      | 33%                   | 0,2                                       | 0,2                                      |
| HpF1 | 83%                   | 0,5                                       | 0,4                                      | 83%                   | 0,9                                       | 1,0                                      |
| HpF2 | 0%                    | < 0,3                                     | 0,1                                      | 17%                   | < 0,3                                     | 0,2                                      |
| OcF  | 42%                   | 1,5                                       | 3,7                                      | 42%                   | 1,0                                       | 1,8                                      |

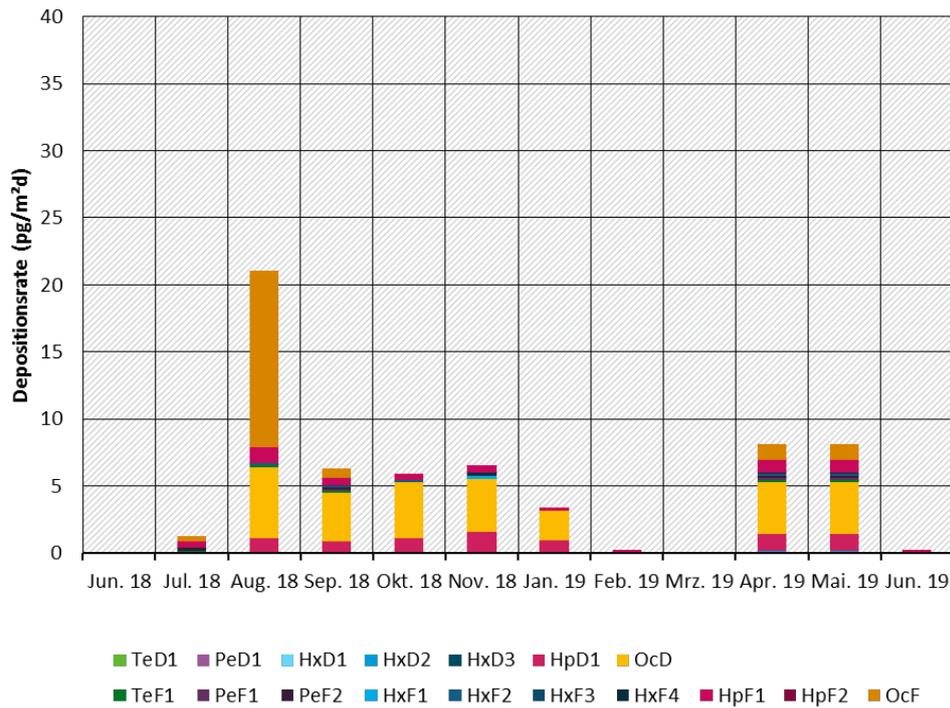
**Tabelle 22: Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Depositionen und Standardabweichung der PCDD/F-Homologengruppensummen, Messstationen Waldhof und Schmücke**

|       | Waldhof               |   |  | Schmücke              |   |  |
|-------|-----------------------|---|--|-----------------------|---|--|
|       | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Deposition (pg/m <sup>2</sup> d) | Standardabweichung (pg/m <sup>2</sup> d) | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Deposition (pg/m <sup>2</sup> d) | Standardabweichung (pg/m <sup>2</sup> d) |
| S TeD | 83%                   | 0,7                                       | 0,5                                      | 58%                   | 0,4                                       | 0,4                                      |
| S PeD | 42%                   | 0,2                                       | 0,2                                      | 33%                   | 0,4                                       | 0,6                                      |
| S HxD | 50%                   | 0,6                                       | 0,7                                      | 75%                   | 1,6                                       | 1,5                                      |
| S HpD | 83%                   | 1,4                                       | 0,9                                      | 75%                   | 3,9                                       | 3,5                                      |
| OcD   | 58%                   | 2,7                                       | 1,6                                      | 75%                   | 6,7                                       | 5,0                                      |
| S TeF | 83%                   | 1,6                                       | 1,3                                      | 83%                   | 1,7                                       | 1,6                                      |
| S PeF | 67%                   | 0,8                                       | 0,8                                      | 58%                   | 0,9                                       | 1,4                                      |
| S HxF | 67%                   | 0,5                                       | 0,5                                      | 67%                   | 1,1                                       | 1,3                                      |
| S HpF | 92%                   | 0,7                                       | 0,6                                      | 75%                   | 1,1                                       | 1,4                                      |
| OcF   | 33%                   | 1,5                                       | 3,7                                      | 33%                   | 1,0                                       | 1,8                                      |

**Tabelle 23: Mittlere Deposition der Summe der PCDD/F im Vergleich zu publizierten Werten**

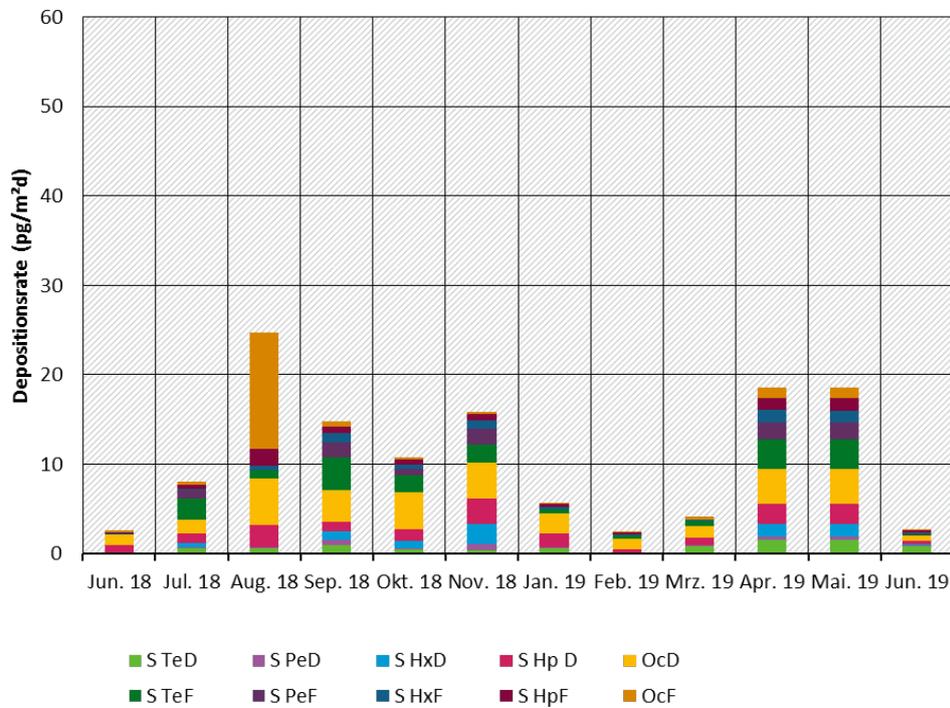
|                                  | berichtete Werte                    | Region  | Referenz             |
|----------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------|
| 17 PCDD/F (Mittelwert)           | 6 bzw. 13 pg/m <sup>2</sup> d       | Waldhof, Schmücke, Hintergrund, Deutschland, 2018 bis 2019              | diese Studie         |
| S TeD/F bis OcD/F (Mittelwert)   | 11 bzw. 19 pg/m <sup>2</sup> d      | Waldhof, Schmücke, Hintergrund, Deutschland, 2018 bis 2019              | diese Studie         |
| 17 PCDD/F (Mittelwert)           | 196 - 625 pg/m <sup>2</sup> d       | Nordrhein-Westfalen, ländlicher und städtischer Raum, Deutschland, 2019 | LANUV 2020           |
| 17 PCDD/F (aufsummierte Mediane) | ca. 53 pg/m <sup>2</sup> d          | Zugspitze, Hintergrund, 2005 bis 2018                                   | Kirchner et al. 2020 |
| OcD; HpD1                        | ca. 12 bzw. 3,5 pg/m <sup>2</sup> d | Melpitz, ländlicher Raum, Deutschland, 2019                             | Heinz 2020           |
| S TeD/F bis OcD/F (Mittelwert)   | 300 - 1100 pg/m <sup>2</sup> d      | Nordrhein-Westfalen, ländlicher und städtischer Raum, Deutschland, 2019 | LANUV 2020           |
| S TeD/F bis OcD/F (Median)       | 72 pg/m <sup>2</sup> d              | Zugspitze, Hintergrund, 2005 bis 2018                                   | Kirchner et al. 2020 |

**Abbildung 24: Depositionsraten der 17 PCDD/F-Kongeneren (pg/m<sup>2</sup>d), Messtation Waldhof**



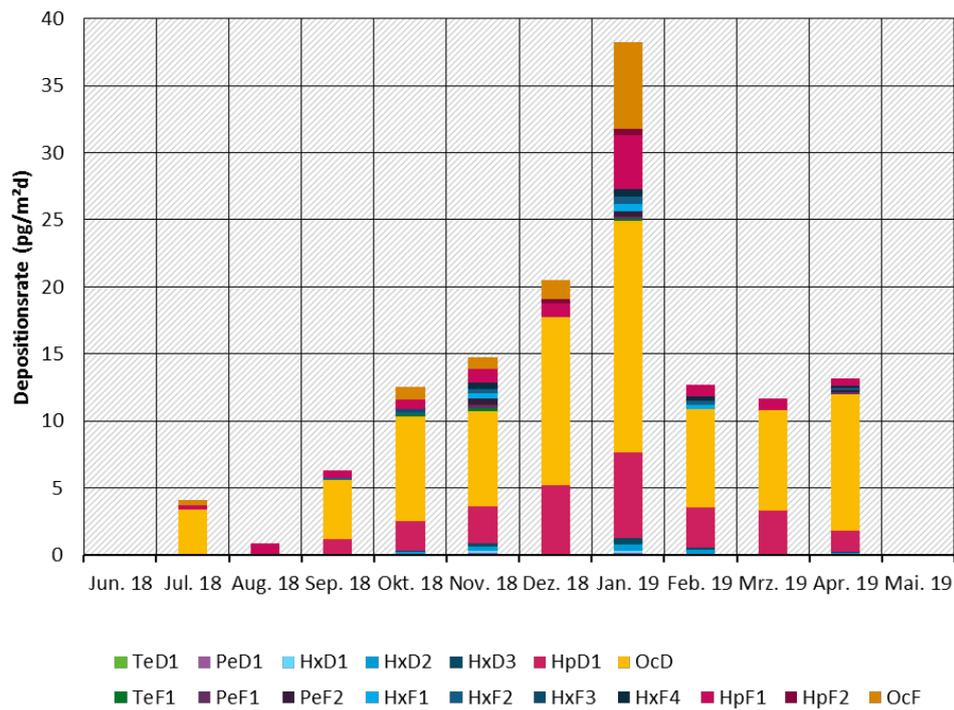
\* Werte < BG sind nicht in der Graphik enthalten. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 25: Depositionsraten der PCDD/F-Homologengruppensummen (pg/m<sup>2</sup>d), Messtation Waldhof**



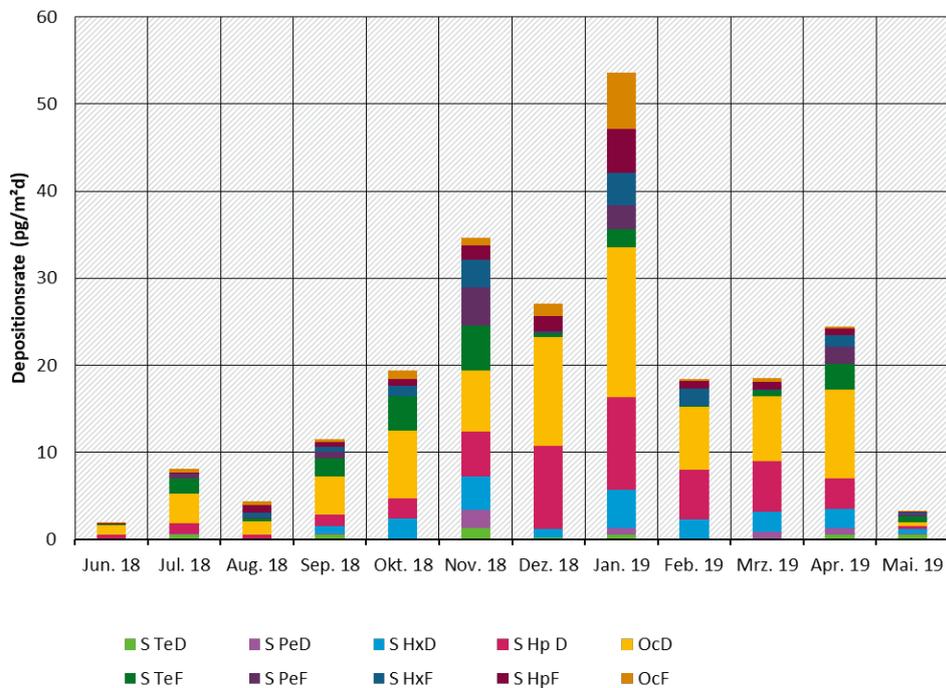
\* Werte < BG sind nicht in der Graphik enthalten. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 26: Depositionsraten der 17 PCDD/F-Kongenere (pg/m<sup>2</sup>d), Messtation Schmücke**



\* Werte < BG sind nicht in der Graphik enthalten. Eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 27: Depositionsraten der PCDD/F-Homologengruppensummen (pg/m<sup>2</sup>d), Messtation Schmücke**



\* Werte < BG sind nicht in der Graphik enthalten. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

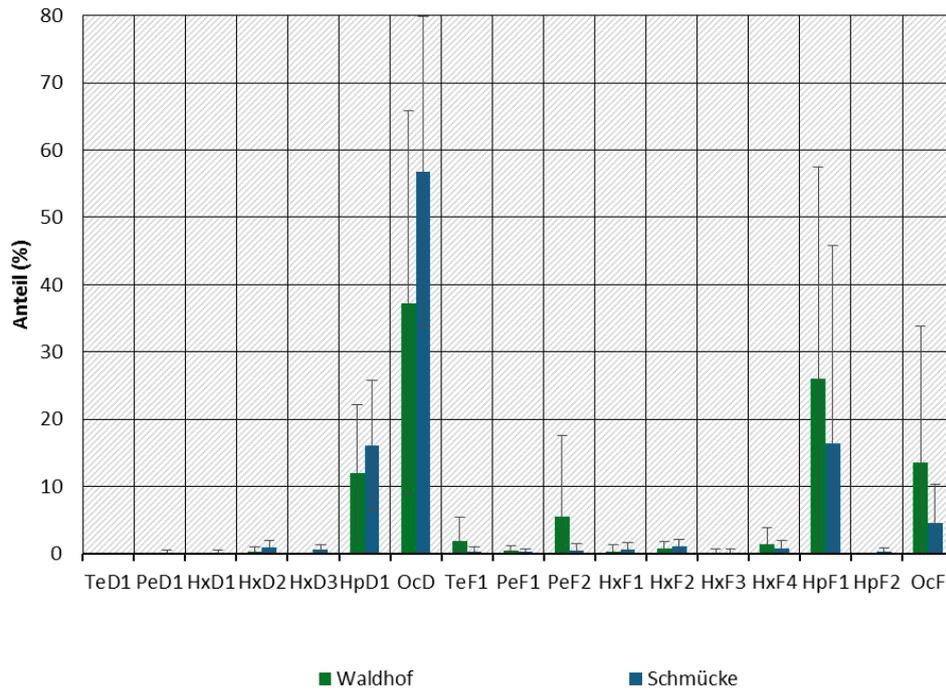
### 3.2.2 Profile der 17 PCDD/F-Kongeneren und der Homologengruppensummen in der Deposition

Die über den zwölfmonatigen Untersuchungszeitraum gemittelten PCDD/F-Kongeneren- und Homologengruppensummenprofile der Deposition sind in den Abbildungen 28 und 29 dargestellt. Die hohen Standardabweichungen der Mittelwerte zeigen den großen Schwankungsbereich der prozentualen Anteile, der durch die geringen Quantifizierungshäufigkeiten sowie die Quantifizierungen nahe der Bestimmungsgrenzen bedingt ist. Ein klares mittleres Profil erscheint daher nicht ableitbar.

Die 2,3,7,8-substituierten PCDD/F-Kongeneren machen im Mittel ca. 61 % (Waldhof) bzw. 68 % (Schmücke) der Summe aller Tetra-bis Octa-PCDD/F aus. Ca. 60 % (Waldhof) bis 75 % (Schmücke) der 17 PCDD/F entfallen unter den gegebenen Quantifizierungsbedingungen auf die 7 PCDD und ca. 25 % bis 40 % auf die PCDF. Der Anteil der Tetra-bis Octachlordioxin-Homologensummen an der Summe aller Tetra-bis Octa-PCDD/F liegt bei 53 % (Waldhof) bzw. 75 % (Schmücke). Die höchsten mittleren Kongenerenanteile wurden mit z.T. deutlich mehr als 30 % für Octachlordibenzodioxin erreicht gefolgt von 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin, 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran und Octachlordibenzofuran (meist je deutlich über 10 %). Die Dominanz des Octachlordibenzodioxins (30 % bzw. 37 %) zeigt sich auch im mittleren Homologengruppensummenprofil der UBA Standorte (Abbildung 29). Die Heptachlordibenzodioxine und Tetrachlordibenzofurane machen je über 10 % der Profile aus. Aufgrund der großen Schwankungen ist eine saisonal bedingte Verschiebung in den Kongeneren- oder Homologengruppensummenprofilen nicht beschreibbar.

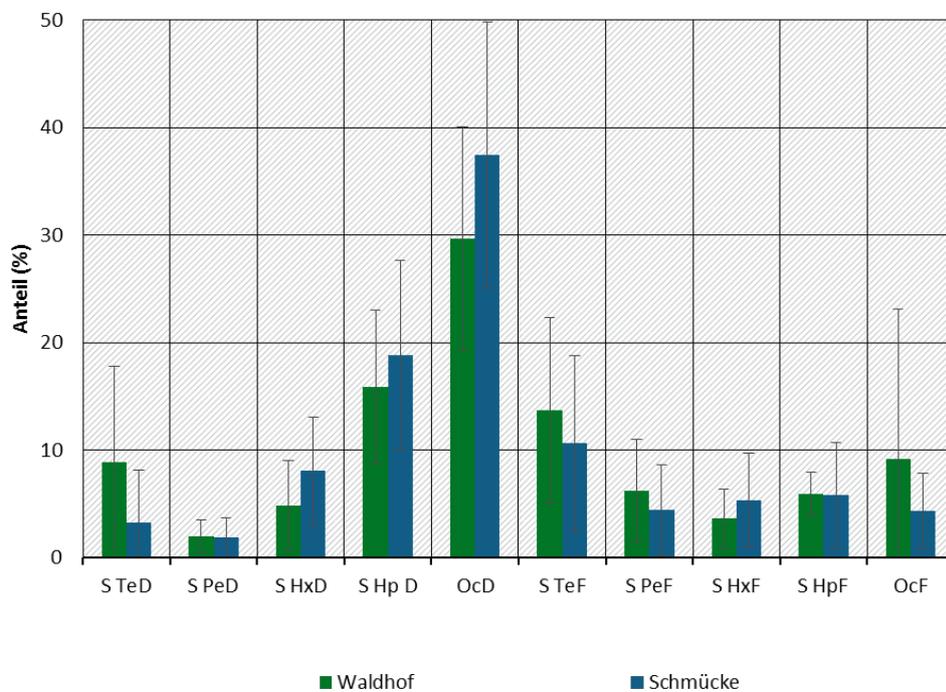
Für die Depositionen konnte Quass et al. (2016) aufgrund der als unzureichend eingeordneten Datenübertragbarkeit statistisch keine Hintergrundreferenzprofile ableiten. Für die einzelnen Standorte ist aber auch hier eine Dominanz der oben genannten Verbindungen in ähnlicher Weise erkennbar. Für die Messstation Zugspitze/Schneefernerhaus zeigen sich für den Zeitraum 2005 bis 2018 im Mittel ebenfalls höhere prozentuale Anteile der Hepta- und Octadioxine (jeweils ca. 22 % bis 42 %; Kirchner et al. 2020). Die Anteile aller anderen Homologengruppensummen liegen jedoch übergreifend unter 12 %.

**Abbildung 28: PCDD/F-Kongenerenprofile in der Deposition (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen)**



Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 29: PCDD/F-Homologengruppensummenprofile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen)**



Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

### 3.2.3 Deposition der i-PCB, WHO-PCB und der PCB-Homologengruppensummen

In den nachfolgenden Tabellen und Abbildungen sind die über den Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 gemittelten Depositionsraten der i-PCB, dl-PCB und der PCB-Homologengruppensummen an den Messstationen Waldhof und Schmücke aufgeführt. Ebenso wie für die PCDD/F in der Deposition fallen die Depositionsraten der PCB im Vergleich zu den Bestimmungsgrenzen sehr gering aus. Die Ergebnisse sind daher durch geringe Quantifizierungshäufigkeiten oder Werte nahe der Bestimmungsgrenze gekennzeichnet, die Verläufe oder Profile verzerren.

Die mittleren Depositionsraten der 6 i-PCB (Tabelle 24) liegen meist unterhalb der Bestimmungsgrenzen. Die jahreszeitlichen Verläufe sind dementsprechend lückenhaft, was dazu führt, dass an der Messstation Waldhof nur der Mittelwert von PCB 180, an der Messstelle Schmücke nur die Mittelwerte von PCB 138, PCB 153 und PCB 180 knapp oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenzen lagen. Im Verlauf ist erkennbar, dass die Quantifizierungshäufigkeiten in den Sommermonaten höher sind, was auch in der Deposition auf den schon für die Immission beschriebenen typischen saisonalen Verlauf mit höheren Werten im Sommer deuten lässt.

Im Luftmessnetz des UBA werden an einigen Messstationen, u.a. an der Station Waldhof, routinemäßig neben anderen persistenten organischen Schadstoffen i-PCB mittels Wet-Only-Depositionssammlern als Monatsmittel erfasst. Auch diese Messreihen weisen geringe Quantifizierungshäufigkeiten auf. In den Monatsproben mit Werten oberhalb der Bestimmungsgrenzen sind v.a. in den Sommermonaten Unterschiede erkennbar, wobei mit dem in diesem Vorhaben verwendeten Bergerhoff-Verfahren höhere Depositionsraten ermittelt wurden. Dies lässt vermuten, dass ein nicht unerheblicher Teil der i-PCB-Deposition über die trockene Deposition eingetragen werden kann, die mit Wet-Only-Sammlern nicht erfasst wird. Ermittelte Unterschiede wären demnach technikbedingt.

Die in diesem Vorhaben bestimmten i-PCB-Depositionsraten liegen in der gleichen Größenordnung wie mittlere Depositionsraten aus dem UBA-Routinemessprogramm aus dem Jahr 2019 (Tabelle 25). Veröffentlichte Depositionsraten von EMEP-Stationen für das Jahr 2018 liegen im Mittel in der gleichen Größenordnung (Raö, Schweden: 680 pg/m<sup>2</sup>d; Pallas, Finnland: 215 pg/m<sup>2</sup>d, Werte überwiegend beeinflusst durch die Bestimmungsgrenzen) wie hier aufgeführte Werte (EMEP 2020). Für die alpine Messstation Zugspitze/Schneefernerhaus lagen die Depositionsmediane der i-PCB-Kongenere im Zeitraum Mai 2005 bis Juni 2010 bei ca. 1500 (Winter) bzw. 2200 (Sommer) pg/m<sup>2</sup>d (Kirchner et al. 2011). Aus einer Publikation von Bartlett et al. (2019) über die Deposition von PCB auf dem Lomonossovonna, ein Gletscher auf Spitzbergen, lässt sich eine Depositionsrate der 6 i-PCB im Zeitraum 2013 bis 2014 von ca. 85 pg/m<sup>2</sup>d abschätzen. Mittlere Depositionsraten für 2019 in Nordrhein-Westfalen liegen deutlich höher bei 4,8 bis 320 ng/m<sup>2</sup>d (LANUV 2020).

**Tabelle 24: Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Depositionsraten und Standardabweichung der i-PCB, Messstationen Waldhof und Schmücke**

|        | Waldhof               |   |  | Schmücke              |   |  |
|--------|-----------------------|---|--|-----------------------|---|--|
|        | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Deposition (pg/m <sup>2</sup> d) | Standardabweichung (pg/m <sup>2</sup> d) | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Deposition (pg/m <sup>2</sup> d) | Standardabweichung (pg/m <sup>2</sup> d) |
| PCB 28 | 8%                    | < 254                                     | 99                                       | 8%                    | < 254                                     | 46                                       |

|          | Waldhof               |   |   | Schmücke              |   |   |
|----------|-----------------------|---|---|-----------------------|---|---|
|          | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Deposition (pg/m <sup>2</sup> d) | Standard-abweichung (pg/m <sup>2</sup> d) | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Deposition (pg/m <sup>2</sup> d) | Standard-abweichung (pg/m <sup>2</sup> d) |
| PCB 52*  | 8%                    | < 157                                     | 39  | 0%                    | < 157                                     | 11  |
| PCB 101* | 33%                   | < 139                                     | 55  | 25%                   | < 139                                     | 49  |
| PCB 138  | 42%                   | < 76                                      | 60  | 50%                   | 103                                       | 107                                       |
| PCB 153* | 42%                   | < 104                                     | 68  | 42%                   | 113                                       | 88  |
| PCB 180  | 50%                   | 46  | 39  | 58%                   | 50  | 35  |

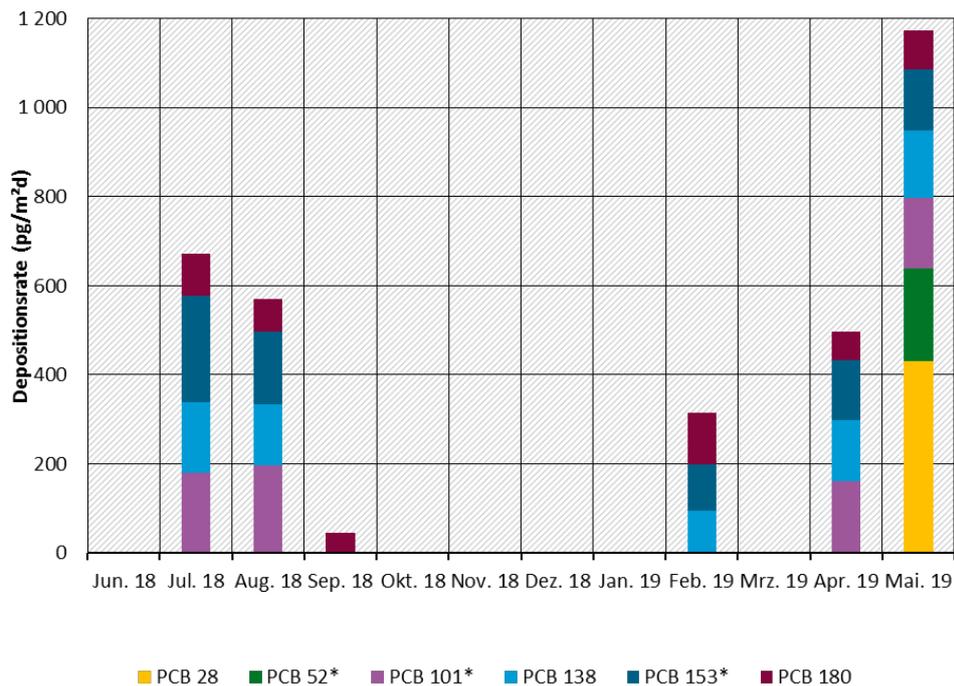
\* Coelution

**Tabelle 25: Mittlere Deposition der Summe der 6 i-PCB im Vergleich zu publizierten Werten**

|                                 | berichtete Werte                       | Region  | Referenz                    |
|---------------------------------|--|---|-----------------------------|
| 6 i-PCB (Mittelwert)            | 411 bzw. 540 pg/m <sup>2</sup> d       | Waldhof, Schmücke, Hintergrund, Deutschland, 2018 bis 2019              | diese Studie                |
| 6 i-PCB (Mittelwert)            | 160 pg/m <sup>2</sup> d                | UBA Messstation Zingst, Hintergrund, Deutschland, 2019                  | Routinemessprogramm des UBA |
| 6 i-PCB (Mittelwert)            | 240 pg/m <sup>2</sup> d                | UBA Messstation Westerland, Hintergrund, Deutschland, 2019              | Routinemessprogramm des UBA |
| 6 i-PCB (Mittelwert)            | 280 pg/m <sup>2</sup> d                | UBA Messstation Waldhof, Hintergrund, Deutschland, 2019                 | Routinemessprogramm des UBA |
| 6 i-PCB (Mittelwert)            | 4800 - 320000 pg/m <sup>2</sup> d      | Nordrhein-Westfalen, ländlicher und städtischer Raum, Deutschland, 2019 | LANUV 2020                  |
| 6 i-PCB (Mittelwert)            | 250 pg/m <sup>2</sup> d                | Pallas, Hintergrund, Finnland, 2018                                     | EMEP 2020                   |
| 6 i-PCB (Mittelwert)            | 680 pg/m <sup>2</sup> d                | Raö, Hintergrund, Schweden, 2018  | EMEP 2020                   |
| 6 i-PCB (Sommer/Winter Median)* | ca. 2200 bzw. 1500 pg/m <sup>2</sup> d | Zugspitze, Hintergrund, 2005 bis 2019                                   | Kirchner et al. 2011        |
| 6 i-PCB                         | ca. 85 pg/m <sup>2</sup> d             | Lomonosovfonna (Gletscher), Spitzbergen, Norwegen, 2013/14              | Bartlett et al. 2019        |

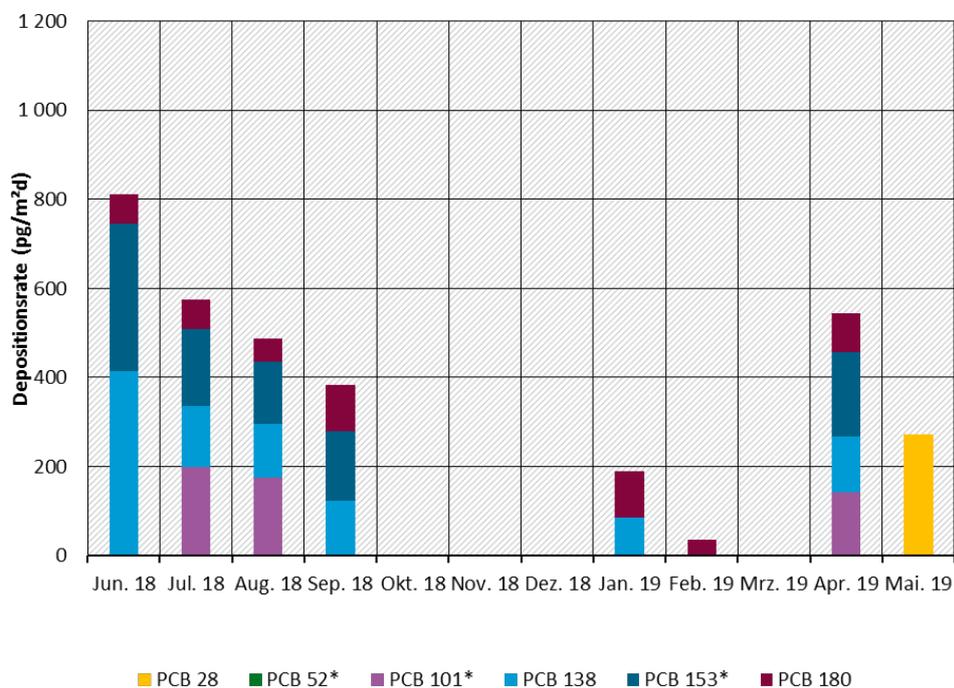
\*aus Graphik abgelesene Werte

**Abbildung 30: Depositionsraten der i-PCB (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Waldhof**



\* Coelution. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 31: Konzentrationen der i-PCB (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Schmücke**



\* Coelution. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

Die mittleren Depositionsraten der 12 dl-PCB (Tabelle 26) sowie die Summenkonzentrationen der dl-PCB inkl. ½ BG liegen an der Messstation Waldhof (Summe dl-PCB: 49 pg/m<sup>2</sup>d) und Schmücke (Summe dl-PCB: 48 pg/m<sup>2</sup>d) ähnlich hoch und sind im Rahmen der Messunsicherheiten als gleichwertig zu bewerten. Die Quantifizierungshäufigkeiten und Depositionsraten variieren zwischen den dl-PCB-Kongeneren. PCB 169, PCB 126, PCB 123 und PCB 81 wurde in keiner Depositionsprobe der beiden UBA-Messstationen quantifiziert. Die weiteren dl-PCB wurden zu maximal 50 % quantifiziert. Damit sind die in Tabelle 26 aufgeführten Mittelwerte stark durch die Bestimmungsgrenzen beeinflusst. In den Sommermonaten wurden dl-PCB deutlich häufiger quantifiziert und erreichen Depositionsraten von über 150 pg/m<sup>2</sup>d (Abbildungen 32, 33).

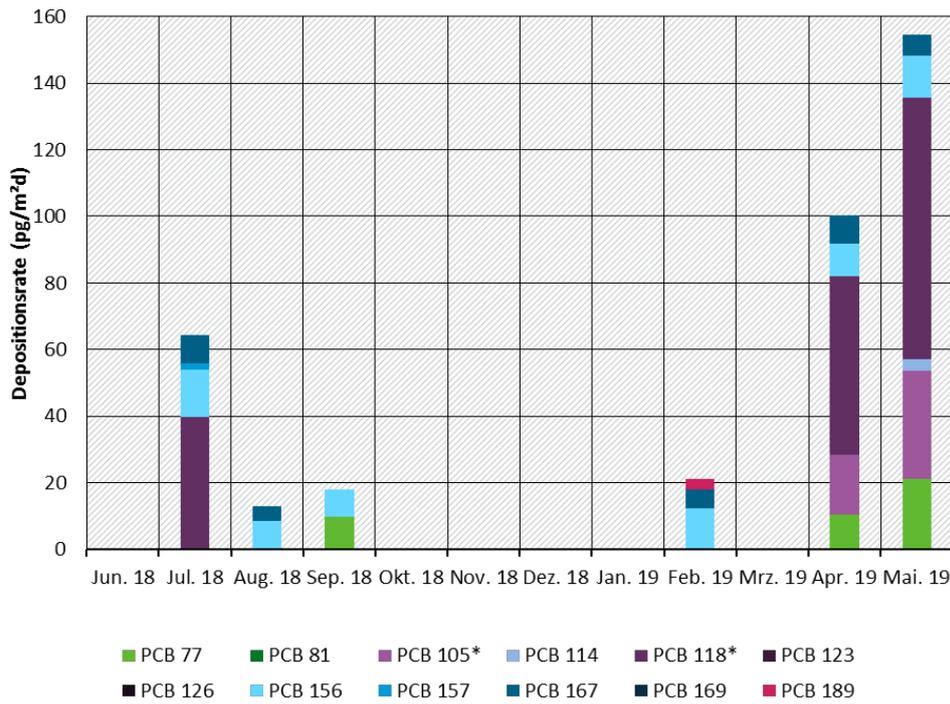
Für die alpine Messstation Zugspitze/Schneefernerhaus lagen die medianen Depositionen der dl-PCB-Kongeneren im Zeitraum Mai 2005 bis Juni 2010 bei ca. 200 (Winter) bzw. 300 (Sommer) pg/m<sup>2</sup>d (Kirchner et al. 2011) und damit oberhalb der hier bestimmten Werte. Für Melpitz konnten keine dl-PCB-Depositionen oberhalb der Bestimmungsgrenzen von 6 bis 250 pg/m<sup>2</sup>d aufgezeigt werden (Heinz 2020). Für Nordrhein-Westfalen wurden um mehr als Faktor 10 höhere Depositionsraten berichtet (Tabelle 27; LANUV 2020).

**Tabelle 26: Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Depositionsraten und Standardabweichung der dl-PCB, Messstationen Waldhof und Schmücke**

|          | Waldhof               |   |  | Schmücke              |   |  |
|----------|-----------------------|---|--|-----------------------|---|--|
|          | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Deposition (pg/m <sup>2</sup> d) | Standardabweichung (pg/m <sup>2</sup> d) | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Deposition (pg/m <sup>2</sup> d) | Standardabweichung (pg/m <sup>2</sup> d) |
| PCB 77   | 25%                   | < 8,6                                     | 6,1                                      | 25%                   | < 8,6                                     | 7,1                                      |
| PCB 81   | 0%                    | 1,1                                       | 0,7                                      | 0%                    | 1,3                                       | 1,0                                      |
| PCB 105* | 17%                   | < 16,9                                    | 8,4                                      | 17%                   | < 16,9                                    | 5,0                                      |
| PCB 114  | 8%                    | 1,2                                       | 1,0                                      | 0%                    | 1,2                                       | 1,1                                      |
| PCB 118* | 25%                   | < 38,6                                    | 20,9                                     | 50%                   | < 38,6                                    | 15,2                                     |
| PCB 123  | 0%                    | 1,1                                       | 0,8                                      | 0%                    | 1,2                                       | 1,1                                      |
| PCB 126  | 0%                    | < 1,2                                     | 1,0                                      | 0%                    | 1,3                                       | 1,0                                      |
| PCB 156  | 50%                   | 6,5                                       | 5,0                                      | 42%                   | < 6,1                                     | 4,2                                      |
| PCB 157  | 8%                    | < 1,6                                     | 0,6                                      | 8%                    | < 1,6                                     | 1,0                                      |
| PCB 167  | 42%                   | 3,5                                       | 3,0                                      | 42%                   | 4,1                                       | 3,2                                      |
| PCB 169  | 0%                    | < 3,3                                     | 0,6                                      | 0%                    | < 3,3                                     | 1,1                                      |
| PCB 189  | 8%                    | < 1,2                                     | 0,9                                      | 0%                    | 1,3                                       | 1,0                                      |

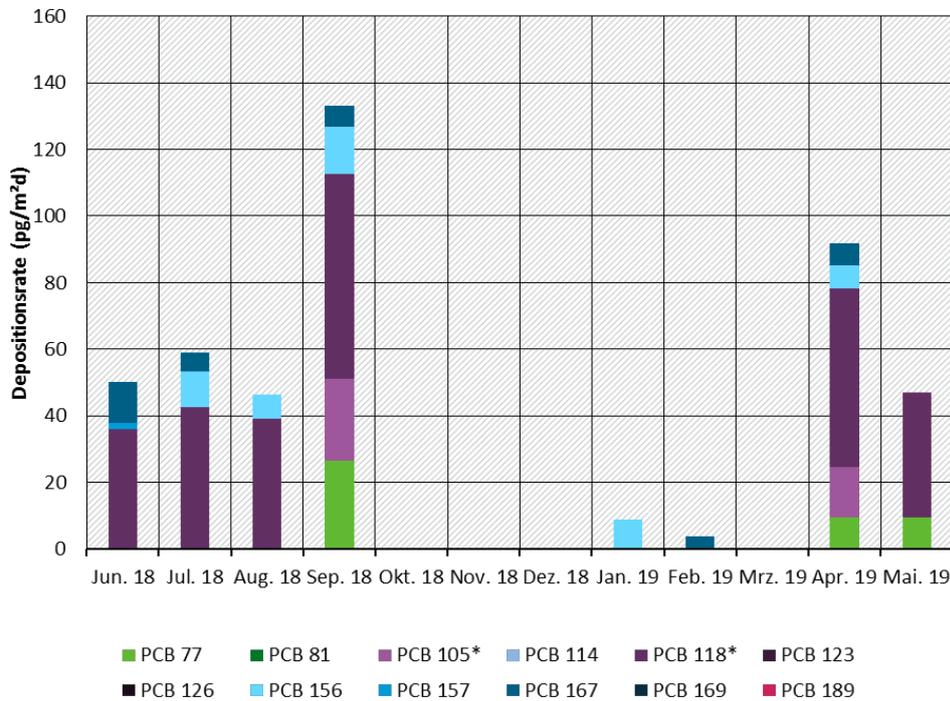
\* Coelution

**Abbildung 32: Depositionsraten der dl-PCB (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Waldhof**



\* Coelution. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 33: Depositionsraten der dl-PCB (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Schmücke**



\* Coelution. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Tabelle 27: Mittlere Deposition der Summe der 12 dl-PCB im Vergleich zu publizierten Werten**

|   | berichtete Werte                        | Region  | Referenz                |
|---|---|---|-------------------------|
| 12 dl-PCB (Mittelwert)                  | 49 bzw. 48<br>pg/m <sup>2</sup> d       | Hintergrund,<br>Deutschland, 2018 bis 2019                                    | diese Studie            |
| 12 dl-PCB (Mittelwert)                  | 805 - 62000<br>pg/m <sup>2</sup> d      | Nordrhein-Westfalen, ländlicher<br>und städtischer Raum,<br>Deutschland, 2019 | LANUV 2020              |
| 12 dl-PCB                               | < BG<br>(6 bis 250 pg/m <sup>2</sup> d) | Melpitz, ländlicher Raum,<br>Deutschland, 2019                                | Heinz 2020              |
| 12 dl-PCB<br>(Sommer/Winter<br>Median)* | ca. 200 bzw. 300<br>pg/m <sup>2</sup> d | Zugspitze,<br>Hintergrund, 2005 bis 2019                                      | Kirchner et al.<br>2011 |

\*aus Graphik abgelesene Werte

Die mittleren Depositionsraten der PCB-Homologengruppensummen im Messzeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 (Tabelle 28) sowie der Gesamt-PCB-Depositionen (inkl. 1/2 BG; ca. 1550 (Schmücke) bis 1900 (Waldhof) pg/m<sup>2</sup>d) sind an beiden Messstationen ähnlich. Sie sind deutlich höher als die PCB-Deposition im arktischen Spitzbergen 2013-2014 (ca. 400 pg/m<sup>2</sup>d) (Bartlett et al. 2019) und deutlich geringer als der ländliche und städtische Raum in Nordrhein-Westfalen (LANUV 2020; Tabelle 29). Mit 431 pg/m<sup>2</sup>d inkl. 1/2 BG wurden die höchsten Depositionsraten für die Gruppe der Dichlorbiphenyle an der Station Waldhof gefunden. Wie für andere PCB (s.o.) befinden sich die Konzentrationen der in den PCB-Homologengruppensummen enthaltenen Einzelanalyten zum Teil unter der Bestimmungsgrenze. Werden die Bestimmungsgrenzen der Kongenere nicht mit der Hälfte in der entsprechenden Homologengruppensumme berücksichtigt, verschiebt sich das Maximum der Depositionsraten zur Gruppe der Hexachlorbiphenyle. Die Bestimmungshäufigkeiten und Depositionsraten der zugrundeliegenden 209 PCB waren starken monatlichen Schwankungen unterworfen (Abbildungen 34 und 35) und beeinflussen damit deutlich aggregierende Betrachtungsweisen. Eine tieferegreifende Diskussion der Daten sowie die vergleichende Betrachtung der ermittelten PCB-Deposition mit der Abschätzung der Gesamt-PCB-Deposition auf Grundlage der Multiplikation der Summe der i-PCB-Werte mit dem Faktor 5 (LAGA 1995) entfällt daher an dieser Stelle.

Die in diesem Vorhaben durchgeführte Analytik auf alle 209 PCB zur Ermittlung der Homologengruppensummen ermöglicht die Identifizierung weiterer PCB. Von 166 gaschromatographisch aufgetrennten PCB bzw. PCB-Coelutionen wurden in den Depositionsproben über den Messzeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 zwischen 0 und 94 PCB quantifiziert, z.T. mit ähnlichen Depositionsraten wie die quantifizierten i-PCB (Abbildung 36). Folgende PCB fallen mit Mittelwerten oberhalb der Bestimmungsgrenze auf (absteigend geordnet nach mittlerer Deposition): PCB 182/187, PCB 14, PCB 4, PCB 163/164, PCB 170. PCB 11, das dominante PCB in der Außenluft, lag in nur einer Probe oberhalb der Bestimmungsgrenze von 730 pg/m<sup>2</sup>d. Auch die z.T. erhöhten Bestimmungsgrenzen für PCB, die in der Außenluft auffallend waren, führen zu einem anderen Muster in der Deposition im Vergleich zur Außenluft an den UBA-Messstationen oder zu Befunden vom Lomonossovfontna in Spitzbergen 2013-2014. Dort lagen ähnlich wie in den Außenluftproben Werte für PCB 11, PCB 18, PCB 31, PCB 44, PCB 70/74, PCB 95, PCB 110 und PCB 149 in einem gleichen Bereich wie die der meisten i-PCB (Bartlett et al. 2019).

**Tabelle 28: Bestimmungshäufigkeiten, mittlere Depositionsraten und Standardabweichung der PCB-Homologengruppensummen, Messstationen Waldhof und Schmücke**

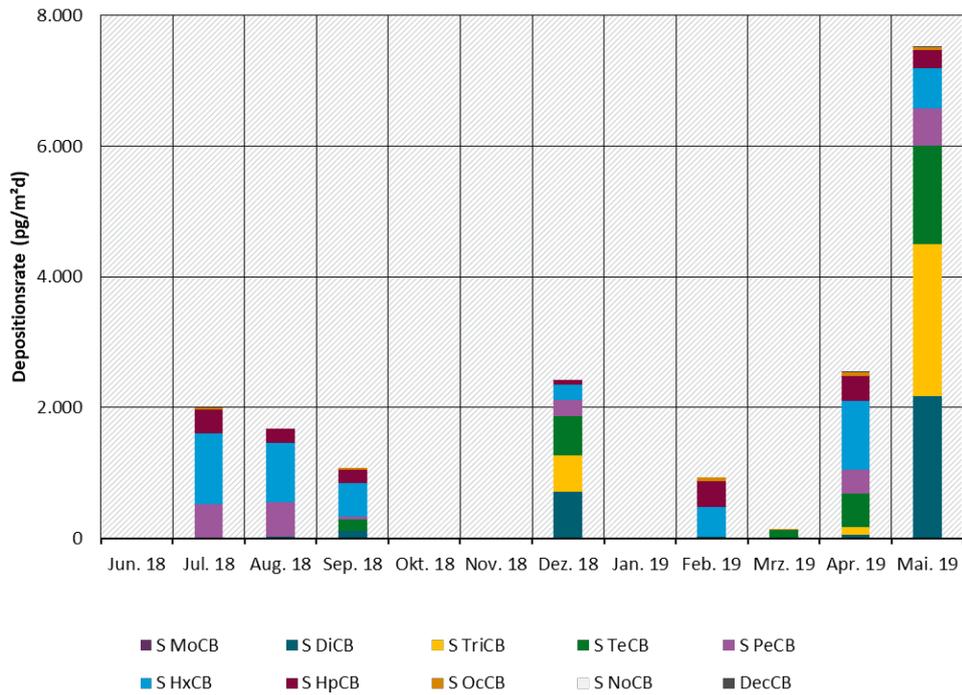
|         | Waldhof               |   |  | Schmücke              |   |  |
|---------|-----------------------|---|--|-----------------------|---|--|
|         | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Deposition (pg/m <sup>2</sup> d) | Standardabweichung (pg/m <sup>2</sup> d) | Häufigkeit Bestimmung | mittlere Deposition (pg/m <sup>2</sup> d) | Standardabweichung (pg/m <sup>2</sup> d) |
| S MoCB* | 0%                    | < 2,8                                     | -  | 0%                    | < 2,8                                     | -  |
| S DiCB  | 50%                   | 431                                       | 585                                      | 58%                   | 349                                       | 227                                      |
| S TriCB | 25%                   | 339                                       | 635                                      | 17%                   | 224                                       | 380                                      |
| S TeCB  | 42%                   | 288                                       | 428                                      | 58%                   | 186                                       | 217                                      |
| S PeCB  | 50%                   | 220                                       | 213                                      | 67%                   | 184                                       | 156                                      |
| S HxCB  | 58%                   | 425                                       | 411                                      | 75%                   | 396                                       | 378                                      |
| S HpCB  | 58%                   | 165                                       | 159                                      | 92%                   | 176                                       | 166                                      |
| S OcCB  | 50%                   | 21  | 24                                       | 83%                   | 32  | 52                                       |
| S NoCB  | 0%                    | < 3,1                                     | -  | 0%                    | < 1,9                                     | -  |
| DecCB   | 17%                   | 2,3                                       | 2,5                                      | 17%                   | 1,8                                       | 1,3                                      |

\* Die Analysen der Monochlorbiphenyle in den Proben Dezember 2018 bis Mai 2019 zeigten matrixbedingte Störungen auf, die zu deutlich erhöhten Bestimmungsgrenzen geführt haben.

**Tabelle 29: Mittlere Deposition der PCB-Homologensummen im Vergleich zu publizierten Werten**

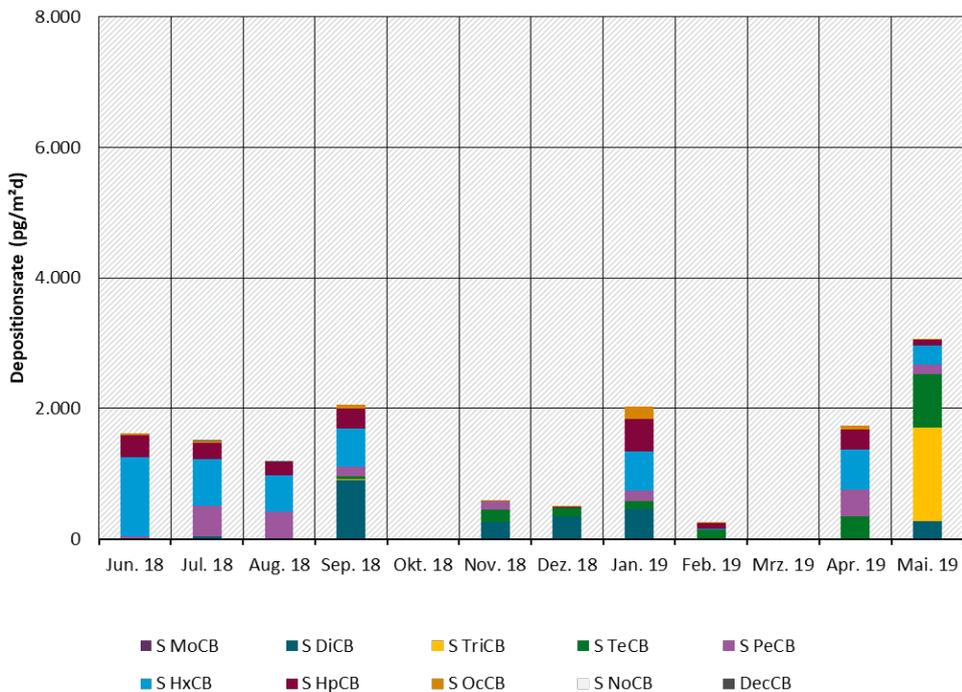
|                              | berichtete Werte                       | Region  | Referenz             |
|------------------------------|--|---|----------------------|
| MoCB bis DecCB (Mittelwert)  | ca. 1900 bzw. 1550 pg/m <sup>2</sup> d | Waldhof, Schmücke, Hintergrund, Deutschland, 2018 bis 2019              | diese Studie         |
| TriCB bis DecCB (Mittelwert) | 15000 - 1200000 pg/m <sup>2</sup> d    | Nordrhein-Westfalen, ländlicher und städtischer Raum, Deutschland, 2019 | LANUV 2020           |
| MoCB bis DecCB               | ca. 400 pg/m <sup>2</sup> d            | Lomonossovfonna (Gletscher), Spitzbergen, Norwegen, 2013/14             | Bartlett et al. 2019 |

**Abbildung 34: Depositionsraten der PCB-Homologengruppensummen (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Waldhof**



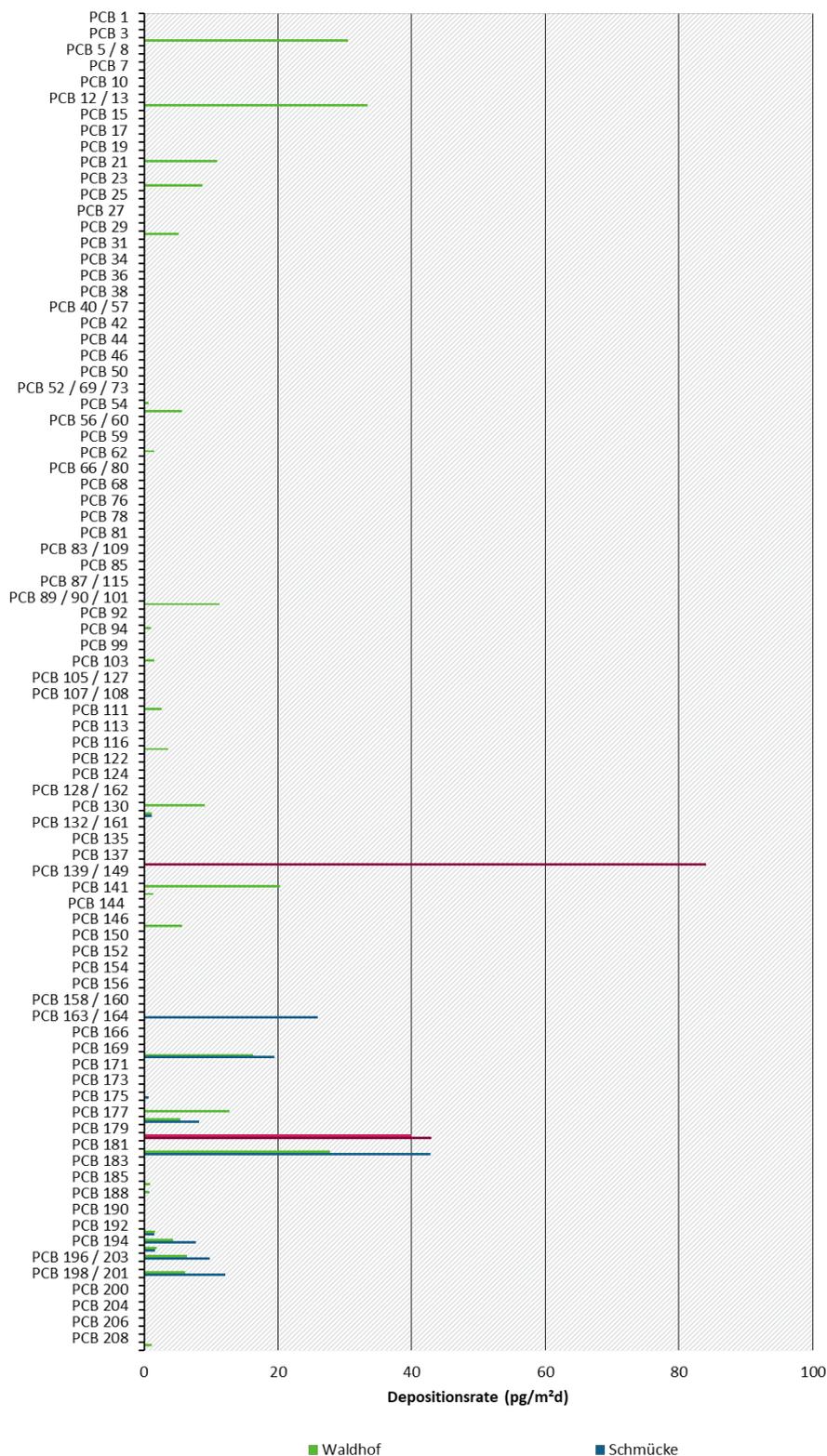
Analytische Störungen bei den MoCB der Proben Waldhof Dez. 2018 bis Mai 2019 können zu Minderbefunden der betroffenen Homologengruppensummen geführt haben. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 35: Depositionsraten der PCB-Homologengruppensummen (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Schmöcke**



Analytische Störungen bei den MoCB der Proben Schmöcke Dez. 2018 bis Mai 2019 können zu Minderbefunden der betroffenen Homologengruppensummen geführt haben. Eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 36: Mittlere Depositionsraten der 209 PCB (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Waldhof und Schmücke**



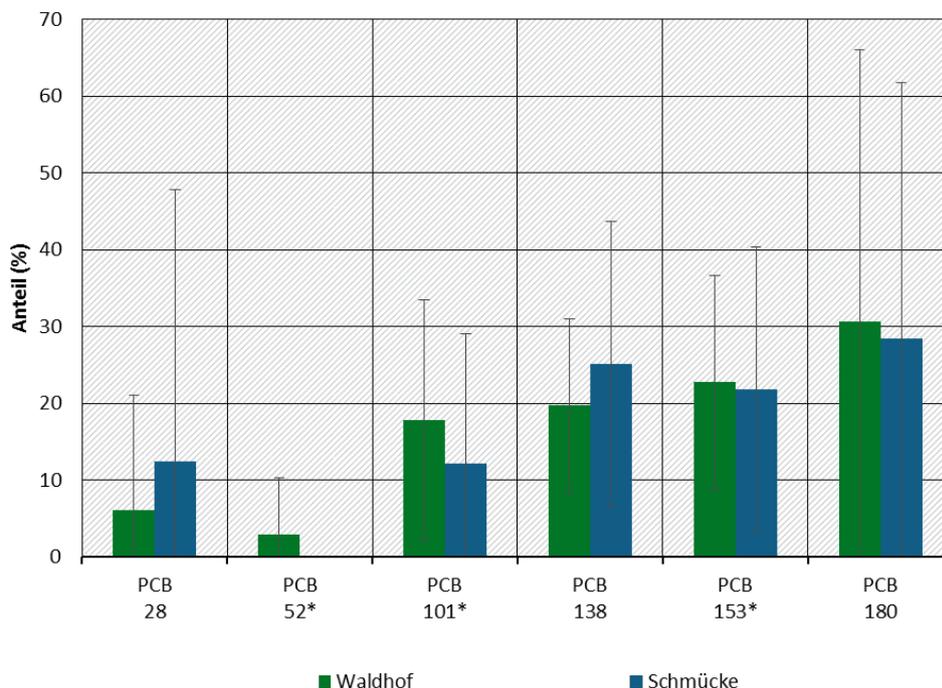
Aufsteigende Reihenfolgen der PCB, nur jedes 2. PCB ist namentlich genannt. i-PCB sind in Rottönen (hell: Waldhof, dunkel: Schmücke) gekennzeichnet. Die Monochlorbiphenyle der Proben Dezember 2018 bis Mai 2019 sind aufgrund von analytischen Störungen in der Mittelwertbildung nicht enthalten. Werte < BG sind in der Graphik nicht dargestellt. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

### 3.2.4 Profile der i-PCB, WHO-PCB und der PCB-Homologengruppensummen in der Deposition

Die über den Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 gemittelten PCB-Kongeneren- und Homologengruppensummenprofile sind in den Abbildungen 37 bis 39 dargestellt. Aufgrund der geringen und fluktuierenden Quantifizierungshäufigkeiten von PCB in der Deposition, sind die mittleren prozentualen Anteile mit hohen Standardabweichungen versehen und damit entsprechend unsicher. Die Profile werden daher nicht im Detail diskutiert.

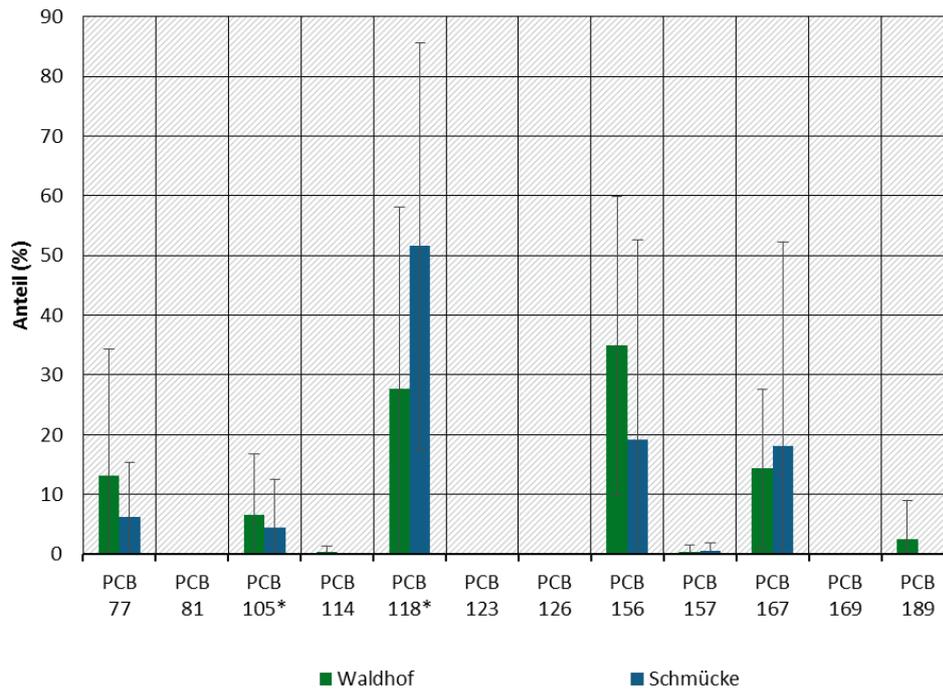
In den i-PCB-Profilen (Abbildung 37) scheinen die höherchlorierten i-PCB die größeren mittleren Kongenerenanteile als die niederchlorierten PCB (PCB 28, PCB 52) aufzuweisen. Dies steht im Gegensatz zu den Befunden in der Außenluft (s.o.), bei denen die niederchlorierten i-PCB die höchsten Anteile hatten. Es ist hierbei zu beachten, dass die PCB 28 und PCB 52 in der Deposition höhere Bestimmungsgrenzen als die höherchlorierten i-PCB haben, was zu weiteren Verzerrungen beitragen kann. Ein ähnliches Bild zeigt sich für die dl-PCB (Abbildung 38). Wie auch bei der Außenluft waren PCB 77, PCB 105, PCB 118, PCB 156 und PCB 167 die wichtigsten dl-PCB-Kongenere, wobei PCB 188 die höchsten prozentualen Anteile aufwies. Im Gegensatz zur Außenluft scheinen nach Zahlenlage in der Deposition die höher chlorierten PCB 156 und 167 deutlich größere prozentuale Anteile zu haben. Auch dieser Befund kann durch die höheren Bestimmungsgrenzen von PCB 77 und PCB 105 verzerrt worden sein. Dieser Effekt kann auch dazu beigetragen haben, dass für die PCB-Homologengruppensummen maximale Anteile für Hexachlorbiphenyle ermittelt wurden (Abbildung 39), während das Außenluftprofil deutlich zu den niederchlorierten PCB verschoben ist.

**Abbildung 37: i-PCB-Profile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen)**



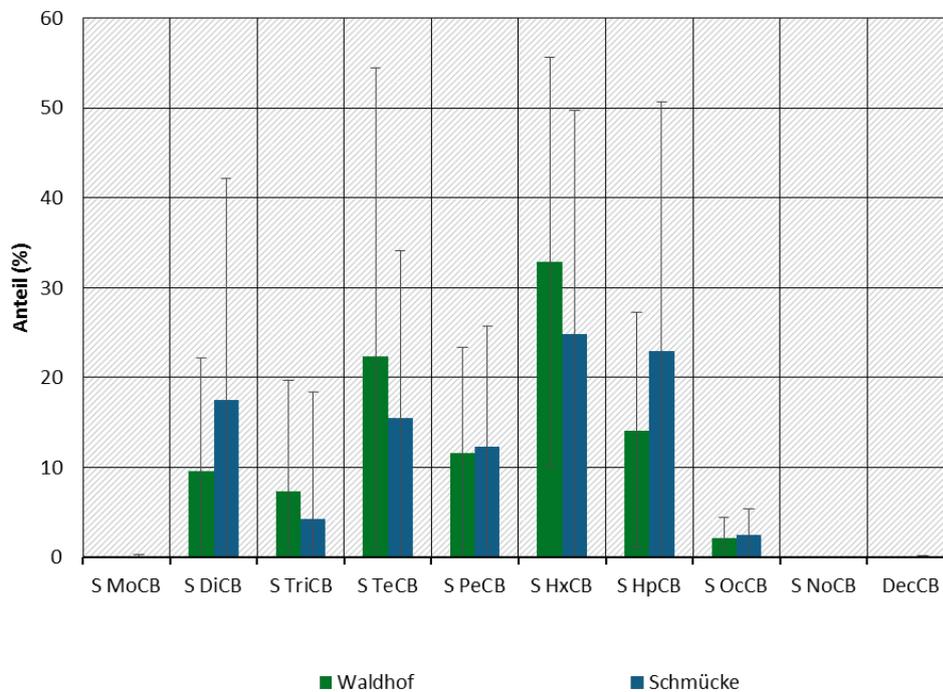
\* Coelution. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 38: dl-PCB-Profile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen)**



\* Coelution. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 39: PCB-Homologengruppensummenprofile (Jahresmittelwerte, Standardabweichungen)**



Die Proben Waldhof-Dezember, Schmücke-Dezember und Schmücke-Februar sind aufgrund von analytischen Störungen bei den niederchlorierten PCB in der Mittelwertbildung nicht enthalten. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

## 4 Quellenverzeichnis

- Anezaki, K., et al. (2015): Polychlorinated biphenyl contamination of paints containing polycyclic- and Naphthol AS-type pigments. In: Environmental Science and Pollution Research, 2015, 22, 14478-14488
- Assefa, A., et al. (2018): Tracing the sources of PCDD/Fs in Baltic Sea air by using metals as source markers. In: Environ Sci Process Impacts, 2018, 20, 544-552
- Ballschmiter, K., et al. (1992): The determination of chlorinated biphenyls, chlorinated dibenzodioxins and chlorinated dibenzofurans by GC-MS. In: Journal of High Resolution Chromatography, 1992, 15, 260-270
- Ballschmiter, K. and M. Zell (1980): Analysis of polychlorinated biphenyls (PCB) by glass capillary gas chromatography - composition of technical Aroclor- and Clphen-PCB mixtures. In: Fresenius Z. Anal. Chem., 1980, 302, 20-31
- Bartlett, P. W., et al. (2019): 'New' unintentionally produced PCBs in the Arctic. In: Emerging Contaminants, 2019, 5, 9-14
- Behnke, A., et al. (2017): Dioxine und dioxinähnliche PCB in Umwelt und Nahrungsketten In: Umweltbundesamt [Hrsg.]: Hintergrund // Februar 2017, Dessau-Roßlau, S. 1-48.
- BKG/Geobasis-DE (2020):
- BLE (2019): Waldbrandstatistik der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2018. In: [Hrsg.]: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung.
- BLE (2020): Waldbrandstatistik der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2019. In: [Hrsg.]: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung.
- Bruckmann, P., et al. (2013): Trends of PCDD/F and PCB concentrations and depositions in ambient air in Northwestern Germany. In: Chemosphere, 2013, 93, 1471-1478
- Coutinho, M., et al. (2015): Long-time monitoring of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans over a decade in the ambient air of Porto, Portugal. In: Chemosphere, 2015, 137, 207-213
- DIN (2007-09): DIN EN ISO 20988. Luftbeschaffenheit - Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit.
- DIN (2018-03): DIN EN ISO/IEC 17025. Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2017); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2017
- Dreyer, A. (2020): Bestimmung von persistenten organischen Luftverunreinigungen im Niederschlag im Luftmessnetz des Umweltbundesamtes im Zeitraum 01.01.2016 – 31.12.2019: Teil 2: Zusätzliche Qualitätssicherung. In: [Hrsg.], S. 130.
- DWD (2018): Deutschlandwetter im Jahr 2018: 2018 – ein außergewöhnliches Wetterjahr mit vielen Rekorden. In: Offenbach, Deutschland, Deutscher Wetterdienst: 1-4.
- DWD (2019): Deutschlandwetter im Jahr 2019: Drittwärmstes Jahr seit 1881 – Niederschlagsarm und sonnenscheinreich. In: Offenbach, Deutschland, Deutscher Wetterdienst: 1-5.
- EMEP (2020). The co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe ('European Monitoring and Evaluation Programme').

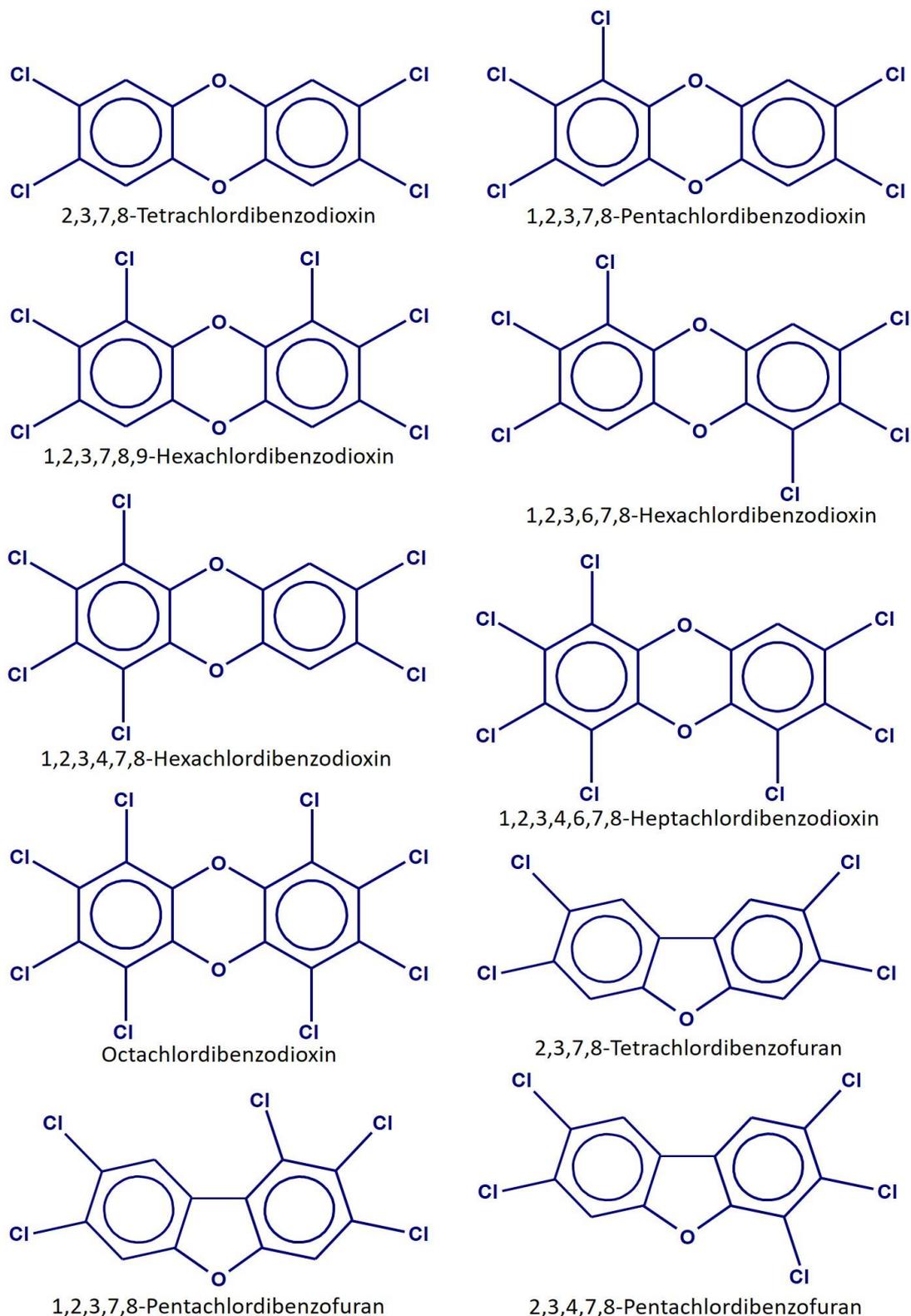
- Erickson, M. D. and R. G. Kaley (2011): Applications of polychlorinated biphenyls. In: Environmental Science and Pollution Research, 2011, 18, 135-151
- Freier, K. P., et al. (2019): PureAlps 2016-2020: Monitoring of Persistent Pollutants in the Alps. In: [Hrsg.], S. 1-36.
- Graf, C., et al. (2016): The TOMPs ambient air monitoring network – Continuous data on UK air quality for over 20 years. In: Environmental Pollution, 2016, 217, 42-51
- Heinz, T. (2020): Messung und Bewertung von Dioxinen in Melpitz: Bericht über die Durchführung von Immissionsmessungen. In: [Hrsg.], Dresden, Deutschland, S. 73.
- Herkert, N. J., et al. (2018): Emissions of Tetrachlorobiphenyls (PCBs 47, 51, and 68) from Polymer Resin on Kitchen Cabinets as a Non-Aroclor Source to Residential Air. In: Environmental Science & Technology, 2018, 52, 5154-5160
- Hu, D. and K. C. Hornbuckle (2010): Inadvertent polychlorinated biphenyls in commercial paint pigments. In: Environmental Science & Technology, 2010, 44, 2822-2827
- Hu, D., et al. (2008): Discovery of Non-Aroclor PCB (3,3'-Dichlorobiphenyl) in Chicago Air. In: Environmental Science & Technology, 2008, 42, 7873-7877
- Kirchner, M., et al. (2020): Air concentrations and deposition of chlorinated dioxins and furans (PCDD/F) at three high alpine monitoring stations: Trends and dependence on air masses. In: Atmospheric Environment, 2020, 223,
- Kirchner, M., et al. (2011): Erfassung von persistenten organischen Schadstoffen im bayerischen Alpenraum: Endbericht – Teil Boden, Nadeln, Deposition, Luft In: [Hrsg.], München.
- LAGA (1995): LAGA Merkblatt 8376: Reinigung und Entsorgung von Transformatoren mit PCB-haltiger oder PCB-kontaminierter mineralöhlhaltiger oder synthetischer Isolierflüssigkeit. In: L. A. (LAGA) [Hrsg.].
- LAI (2004): Bewertung von Schadstoffen, für die keine Grenzwerte festgelegt sind - Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und für die Anlagenüberwachung sowie Zielwerte für die langfristige Luftreinhaltplanung unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe. In: [Hrsg.], S. 1-28.
- Lakes Environmental (2020): WRPLOT View™ - Freeware, Version 8.0.2.  
<https://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>
- LANUV (2020): Aussenluft-Jahresmittelwerte 2019-PCDD PCDF PCB. In: U. u. V. N.-W. Landesamt für Natur [Hrsg.], S. 1-4.
- LANUV (2020): Deposition-Jahresmittelwerte 2019-PCDD PCDF PCB. In: U. u. V. N.-W. Landesamt für Natur [Hrsg.], S. 1-4.
- LfU Bayern (2018): Dioxine und PCB – Stoffbeschreibung.  
[https://www.lfu.bayern.de/analytik\\_stoffe/analytik\\_org\\_stoffe\\_dioxine\\_pcb/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/analytik_org_stoffe_dioxine_pcb/index.htm)
- Megson, D., et al. (2019): Evaluation of the effectiveness of different indicator PCBs to estimating total PCB concentrations in environmental investigations. In: Chemosphere, 2019, 237, 1-12
- Megson, D., et al. (2018): How many PCBs are there in the environment and where do they come from? Tagung: DIOXIN Krakow,
- Parera, J., et al. (2018): Long-term monitoring programme of polychlorinated dioxins and polychlorinated furans in ambient air of Catalonia, Spain (1994–2015). In: Science of The Total Environment, 2018, 633, 738-744

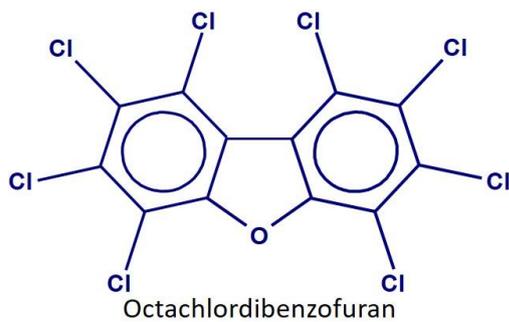
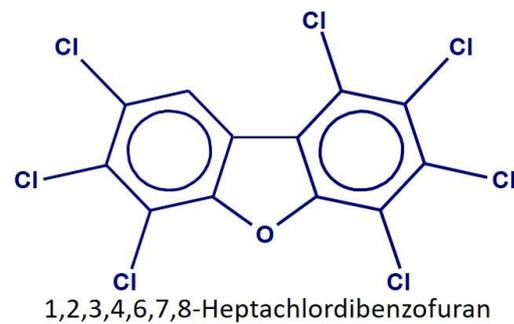
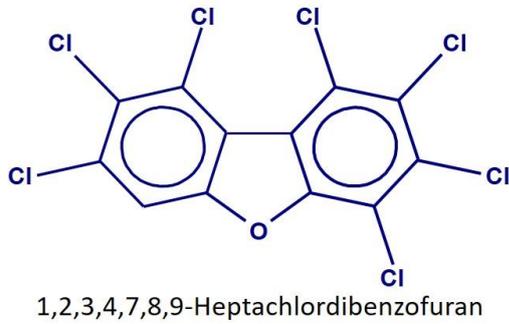
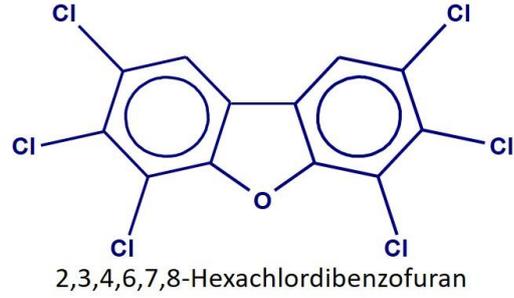
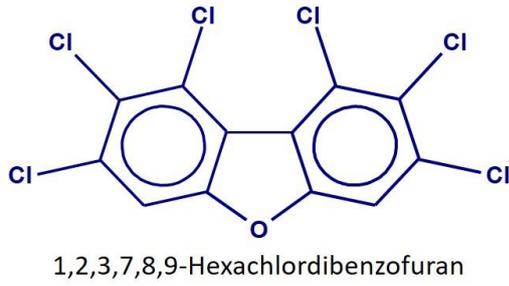
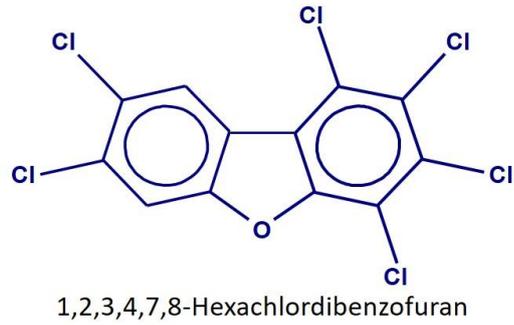
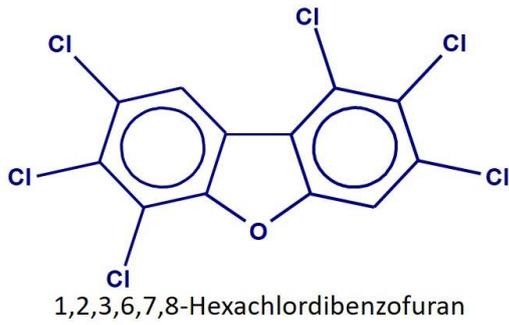
- Pfeiffer, H. and G. Baumbach (2008): Beurteilung der Repräsentativität der Messstationen des Umweltbundesamt-Luftmessnetzes In: [Hrsg.]: Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes, FKZ 206 42 202.
- Quass, U., et al. (2016): Zuordnung und Quantifizierung der Dioxineinträge auf dem Luftpfad mittels Betrachtung der emissionsseitigen und immissionsseitigen Kongenerenmuster. In: Umweltbundesamt [Hrsg.]: Texte 23/2016, 1. Dessau-Roßlau, S. 1-377.
- Šebková, K., et al. (2014): Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants Under the Stockholm Convention Article 16 on Effectiveness Evaluation. Second Regional Monitoring Report of the Central, Eastern European and Central Asian Region. In: [Hrsg.], Brno, Czech Republic, S. 102+annexes.
- Shunthirasingham, C., et al. (2016): Atmospheric concentrations and loadings of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in the Canadian Great Lakes Basin (GLB): Spatial and temporal analysis (1992–2012). In: Environmental Pollution, 2016, 217, 124-133
- UBA (2020): Dioxindatenbank des Bundes und der Länder.  
<https://www.dioxindb.de/index.html> 20.05.2020
- UBA (2020): elektronische Datenübermittlung Umweltbundesamt vom 05.05.2020 und 12.06.2020.
- UNEP (2019): Stockholm Convention. <http://www.pops.int/> 30.06.2020
- USEPA (2013): Atmospheric measurements of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs), polychlorinated dibenzofurans (PCDFs), and dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs) in rural and remote areas of the United States from June 1998 through November 2004. In: [Hrsg.], Washington, DC, USA.
- Van den Berg, M., et al. (2006): The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-Like Compounds. In: Toxicological Sciences, 2006, 93, 223-241
- VDI (2001-01): VDI 2090 Blatt 1. Messen von Immissionen - Bestimmung der Deposition von schwerflüchtigen organischen Substanzen - Bestimmung der PCDD/F-Deposition; Bergerhoff-Probenahme und GC/HRMS-Analyse. 1-40.
- VDI (2002-07): VDI 3498 Blatt 2 Messen von Immissionen - Messen von Innenraumluft - Messen von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen; Verfahren mit kleinem Filter 1-38.
- VDI (2009-09): VDI 2464 Blatt 1 Messen von Immissionen - Messen von Innenraumluft - Messen von polychlorierten Biphenylen (PCB) - GC/MS-Verfahren für PCB 28, 52, 101,138, 153, 180 Verein Deutscher Ingenieure: 1-32.
- VDI (2009-09): VDI 2464 Blatt 2. Messen von Immissionen - Messen von Innenraumluft - Messen von polychlorierten Biphenylen (PCB) - HR-GC/HR-MS-Verfahren für coplanare PCB Verein Deutscher Ingenieure: 1-32.
- Vikelsøe, J., et al. (2005): The Danish Dioxin Monitoring Programme II - Dioxin in the Atmosphere of Denmark. In: [Hrsg.]: NERI Technical Report No. 565, March 2006. Copenhagen, Denmark, S. 1-83.
- Vorkamp, K. (2016): An overlooked environmental issue? A review of the inadvertent formation of PCB-11 and other PCB congeners and their occurrence in consumer products and in the environment. In: The Science of the total environment, 2016, 541, 1463-1476

## 5 Anhang

### A.1 Strukturformeln ausgewählter PCDD/F- und PCB-Kongenerere

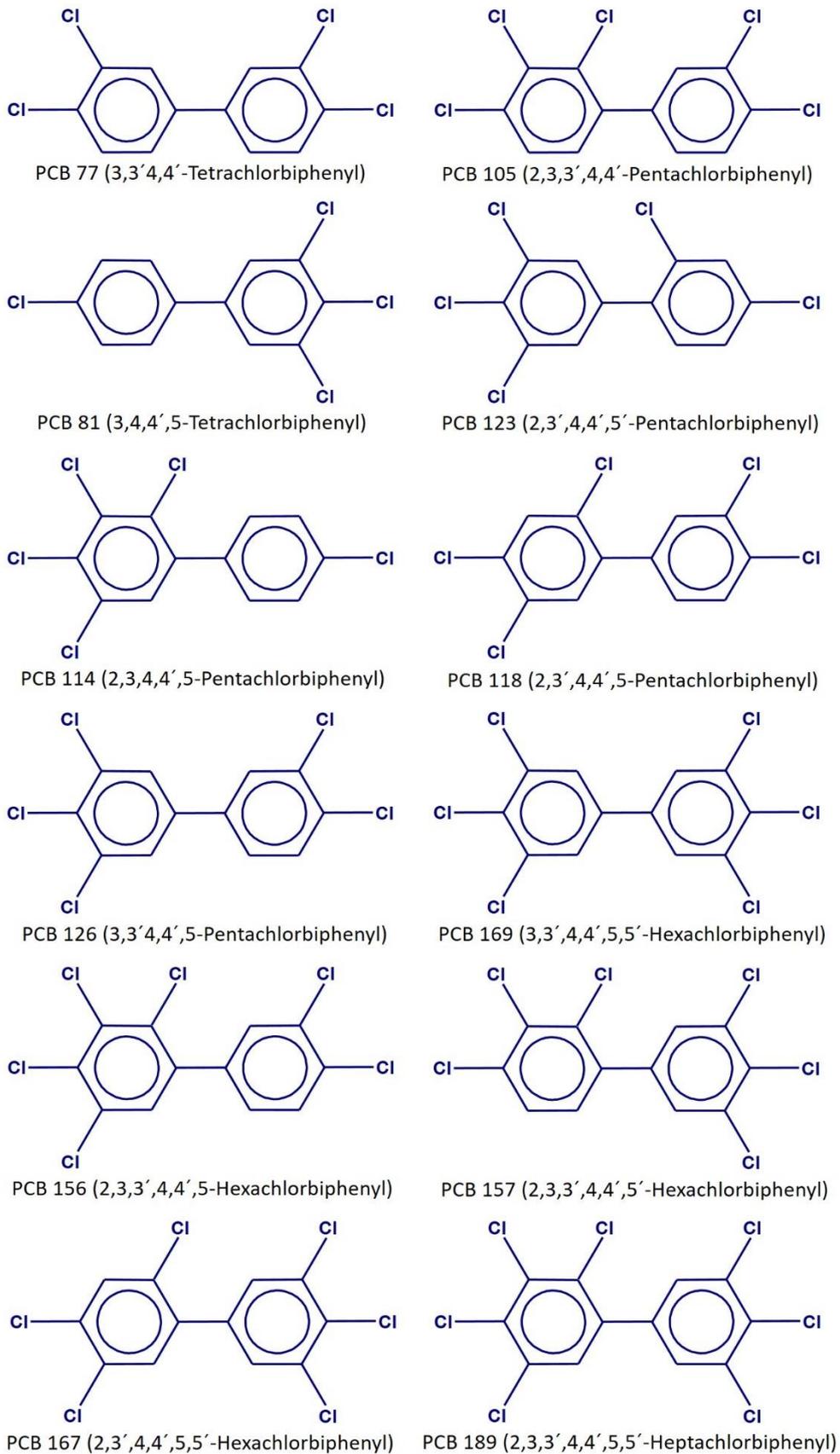
Abbildung 40: Strukturformeln der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F





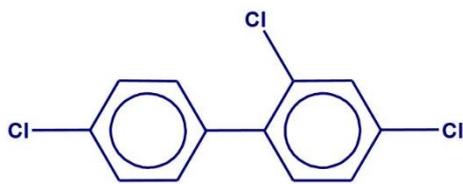
Quelle: Frank Neugebauer, persönliche Kommunikation (Einwilligung zum Abdruck vom 10.02.2021).

Abbildung 41: Strukturformeln der 12 di-PCB

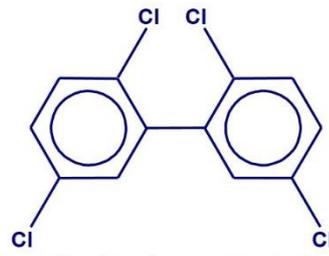


Quelle: Frank Neugebauer, persönliche Kommunikation (Einwilligung zum Abdruck vom 10.02.2021).

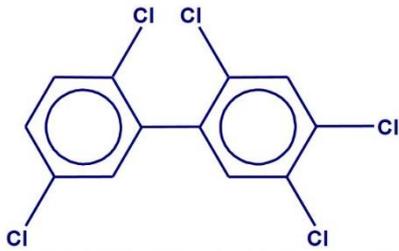
**Abbildung 42: Strukturformeln der 6 i-PCB**



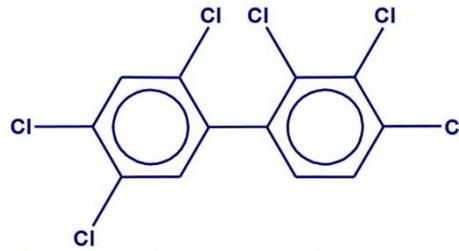
PCB 28 (2,4,4'-Trichlorbiphenyl)



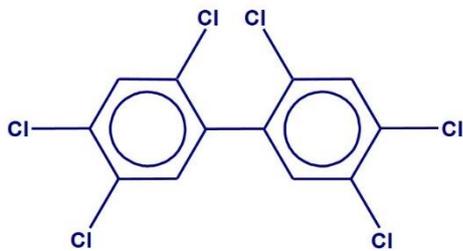
PCB 52 (2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl)



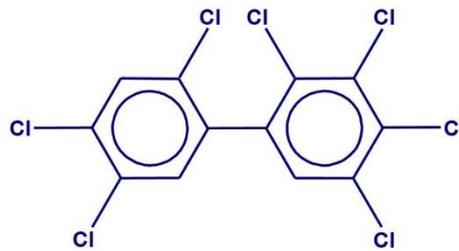
PCB 101 (2,2',4,5,5'-Pentachlorbiphenyl)



PCB 138 (2,2',3,4,4',5'-Hexachlorbiphenyl)



PCB 153 (2,2',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl)



PCB 180 (2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl)

Quelle: Frank Neugebauer, persönliche Kommunikation (Einwilligung zum Abdruck vom 10.02.2021).

## A.2 Probenahmeterminale

Tabelle 30: Probenahmeterminale Messtation Waldhof

---

| Probenahmeterminale | Start      | Stopp      |
|---------------------|------------|------------|
| Jun. 18             | 29.05.2018 | 02.07.2018 |
| Jul. 18             | 02.07.2018 | 01.08.2018 |
| Aug. 18             | 01.08.2018 | 31.08.2018 |
| Sep. 18             | 31.08.2018 | 01.10.2018 |
| Okt. 18             | 01.10.2018 | 01.11.2018 |
| Nov. 18             | 01.11.2018 | 30.11.2018 |
| Dez. 18             | 30.11.2018 | 28.12.2018 |
| Jan. 19             | 28.12.2018 | 29.01.2019 |
| Feb. 19             | 29.01.2019 | 28.02.2019 |
| Mrz. 19             | 28.02.2019 | 01.04.2019 |
| Apr. 19             | 01.04.2019 | 30.04.2019 |
| Mai. 19             | 30.04.2019 | 29.05.2019 |
| Jun. 19*            | 29.05.2019 | 01.07.2019 |

\* nur Deposition

**Tabelle 31: Probenahmeterminale Messtation Schmücke**

---

| <b>Probenahmemonat</b> | <b>Start</b> | <b>Stopp</b> |
|------------------------|--------------|--------------|
| Jun. 18                | 31.05.2018   | 05.07.2018   |
| Jul. 18                | 05.07.2018   | 02.08.2018   |
| Aug. 18                | 02.08.2018   | 06.09.2018   |
| Sep. 18                | 06.09.2018   | 05.10.2018   |
| Okt. 18                | 05.10.2018   | 01.11.2018   |
| Nov. 18                | 01.11.2018   | 06.12.2018   |
| Dez. 18                | 06.12.2018   | 03.01.2019   |
| Jan. 19                | 03.01.2019   | 30.01.2019   |
| Feb. 19                | 30.01.2019   | 28.02.2019   |
| Mrz. 19                | 28.02.2019   | 28.03.2019   |
| Apr. 19                | 28.03.2019   | 02.05.2019   |
| Mai. 19                | 02.05.2019   | 31.05.2019   |

### A.3 Mittlere Wiederfindungsraten der Extraktions- und Probenahmestandards

**Tabelle 32: Mittlere Wiederfindungsraten (%) der Probenahmestandards (Außenluftprobenahme)**

|   | mittlere Wiederfindungsrate (%) |
|---|---------------------------------|
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,7,8-PentaCDF     | 88                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,7,8,9-HexaCDF    | 75                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF | 74                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB60                  | 75                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB127                 | 83                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB159                 | 78                              |

**Tabelle 33: Mittlere Wiederfindungsraten (%) der Extraktionsstandards in Außenluftproben**

|   | mittlere Wiederfindungsrate (%) |
|---|---------------------------------|
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -2,3,7,8-TetraCDD       | 63                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,7,8-PentaCDD     | 73                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,4,7,8-HexaCDD    | 83                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,6,7,8-HexaCDD    | 82                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD | 76                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -OctaCDD                | 73                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -2,3,7,8-TetraCDF       | 65                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -2,3,4,7,8-PentaCDF     | 79                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,4,7,8-HexaCDF    | 86                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,6,7,8-HexaCDF    | 92                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -2,3,4,6,7,8-HexaCDF    | 80                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF | 84                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -OctaCDF                | 67                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 1                  | 95                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 3                  | 84                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 4                  | 82                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 8                  | 102                             |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 15                 | 83                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 19                 | 97                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 28                 | 118                             |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 54                 | 97                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 52                 | 76                              |

|  | mittlere Wiederfindungsrate (%) |
|--|---------------------------------|
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 70  | 74                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 81  | 74                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 77  | 64                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 104 | 69                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 95  | 63                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 101 | 68                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 123 | 74                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 118 | 71                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 114 | 70                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 105 | 65                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 126 | 65                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 155 | 47                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 153 | 74                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 138 | 72                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 167 | 76                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 156 | 73                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 157 | 72                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 169 | 62                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 188 | 55                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 180 | 72                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 170 | 76                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 189 | 78                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 202 | 52                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 205 | 72                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 208 | 49                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 209 | 32                              |

**Tabelle 34: Mittlere Wiederfindungsraten (%) der Extraktionsstandards in Depositionsproben**

|   | mittlere Wiederfindungsrate (%) |
|---|---------------------------------|
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -2,3,7,8-TetraCDD       | 69                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,7,8-PentaCDD     | 79                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,4,7,8-HexaCDD    | 88                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,6,7,8-HexaCDD    | 87                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD | 81                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -OctaCDD                | 80                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -2,3,7,8-TetraCDF       | 70                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,7,8-PentaCDF     | 77                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -2,3,4,7,8-PentaCDF     | 81                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,4,7,8-HexaCDF    | 82                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,6,7,8-HexaCDF    | 83                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,7,8,9-HexaCDF    | 76                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -2,3,4,6,7,8-HexaCDF    | 78                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF | 92                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF | 62                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -OctaCDF                | 68                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 1                  | 68                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 3                  | 63                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 4                  | 73                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 8                  | 78                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 15                 | 64                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 19                 | 78                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 28                 | 87                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 54                 | 76                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 52                 | 79                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 70                 | 79                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 81                 | 78                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 77                 | 72                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 104                | 75                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 95                 | 66                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 101                | 69                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 123                | 76                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 118                | 73                              |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 114                | 77                              |

|  | <b>mittlere<br/>Wiederfindungsrate (%)</b> |
|--|--|
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 105 | 67   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 126 | 67   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 155 | 56   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 153 | 79   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 138 | 76   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 167 | 81   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 156 | 77   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 157 | 76   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 169 | 67   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 188 | 67   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 180 | 77   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 170 | 75   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 189 | 82   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 202 | 65   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 205 | 83   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 208 | 60   |
| <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PCB 209 | 45   |

#### A.4 Meteorologie Untersuchungszeitraum Monatsdaten

**Tabelle 35: Meteorologische Bedingungen im Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 (Monatsmittel), Messstation Waldhof**

|              | Monatsmittel<br>Temperatur (°C) | Monatssumme<br>Niederschlag (mm) | Monatsmittel<br>Luftfeuchte (%) | Monatsmittel<br>Luftdruck (hPa) |
|--------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Juni 18      | 18,9                            | 17,6                             | 67                              | 1 006                           |
| Juli 18      | 21,2                            | 40,3                             | 61                              | 1 006                           |
| August 18    | 20,0                            | 19,1                             | 66                              | 1 006                           |
| September 18 | 15,3                            | 18,8                             | 72                              | 1 009                           |
| Oktober 18   | 10,8                            | 19,0                             | 81                              | 1 006                           |
| November 18  | 5,4                             | 9,9                              | 91                              | 1 009                           |
| Dezember 18  | 4,9                             | 67,1                             | 94                              | 1 006                           |
| Januar 19    | 1,8                             | 48,3                             | 91                              | 1 001                           |
| Februar 19   | 4,7                             | 17,7                             | 80                              | 1 010                           |
| März 19      | 7,0                             | 74,3                             | 84                              | 1 003                           |
| April 19     | 10,4                            | 26,4                             | 65                              | 1 007                           |
| Mai 19       | 12,1                            | 31,6                             | 72                              | 1 004                           |
| Juni 19      | 21,1                            | 53,1                             | 65                              | 1 006                           |

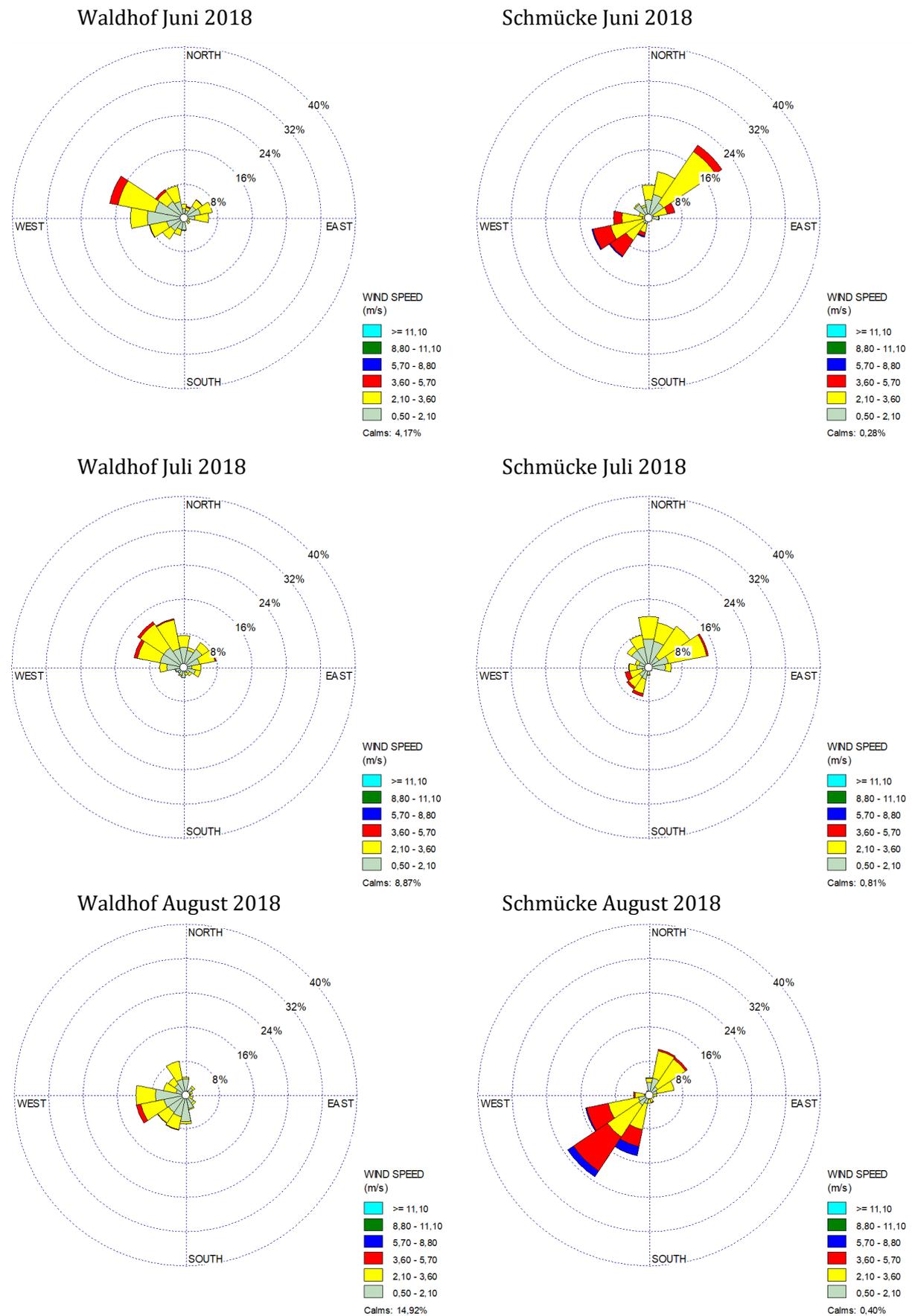
\* Datenquelle: elektronische Datenübermittlung Umweltbundesamt vom 05.05.2020 und 12.06.2020 (UBA 2020). Hinweis: Die meteorologischen Daten des Umweltbundesamtes sind nicht nach den Kriterien des DWD geprüft.

**Tabelle 36: Meteorologische Bedingungen im Untersuchungszeitraum Juni 2018 bis Mai 2019 (Monatsmittel), Messstation Schmücke**

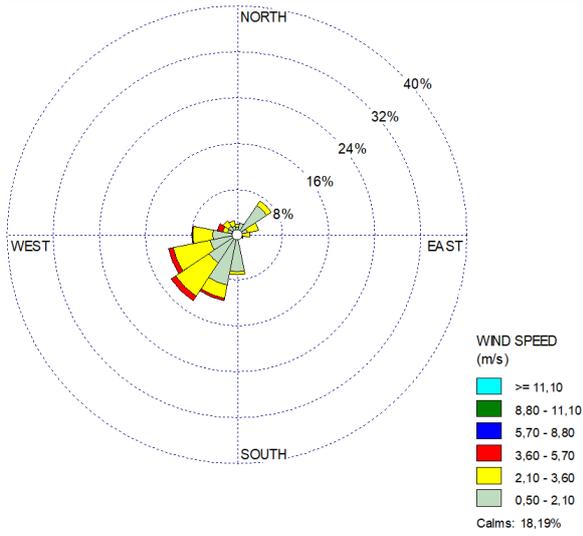
|              | Monatsmittel Temperatur (°C) | Monatssumme Niederschlag (mm) | Monatsmittel Luftfeuchte (%) | Monatsmittel Luftdruck (hPa) |
|--------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Juni 18      | 14,0                         | 25,6                          | 82                           | 909                          |
| Juli 18      | 17,6                         | 82,0                          | 64                           | 909                          |
| August 18    | 16,8                         | 50,5                          | 73                           | 910                          |
| September 18 | 12,0                         | 73,1                          | 77                           | 912                          |
| Oktober 18   | 8,1                          | 70,2                          | 87                           | 908                          |
| November 18  | 2,5                          | 31,3                          | 93                           | 908                          |
| Dezember 18  | -0,6                         | 237,4                         | 100                          | 907                          |
| Januar 19    | -3,8                         | 271,0                         | 97                           | 901                          |
| Februar 19   | 1,1                          | 46,2                          | 79                           | 911                          |
| März 19      | 2,0                          | 164,6                         | 90                           | 906                          |
| April 19     | 6,0                          | 35,3                          | 72                           | 905                          |
| Mai 19       | 6,6                          | 154,4                         | 83                           | 905                          |
| Juni 19      | 16,9                         | 28,0                          | 67                           | 910                          |

\* Datenquelle: elektronische Datenübermittlung Umweltbundesamt vom 05.05.2020 und 12.06.2020 (UBA 2020). Hinweis: Die meteorologischen Daten des Umweltbundesamtes sind nicht nach den Kriterien des DWD geprüft.

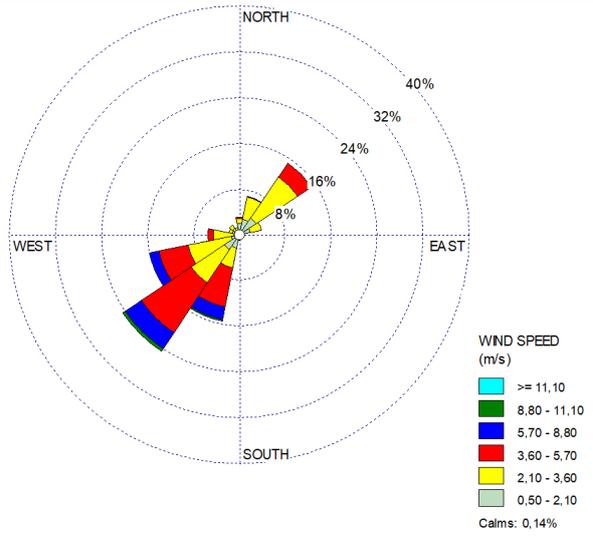
**Abbildung 43: Windverhältnisse im Untersuchungszeitraum (Monatswerte)**



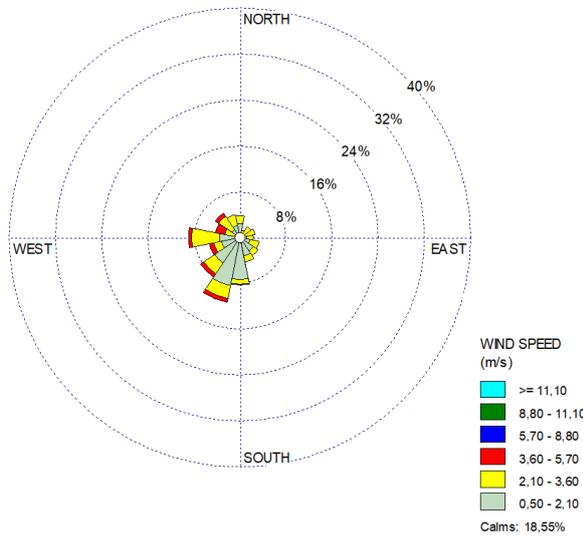
Waldhof September 2018



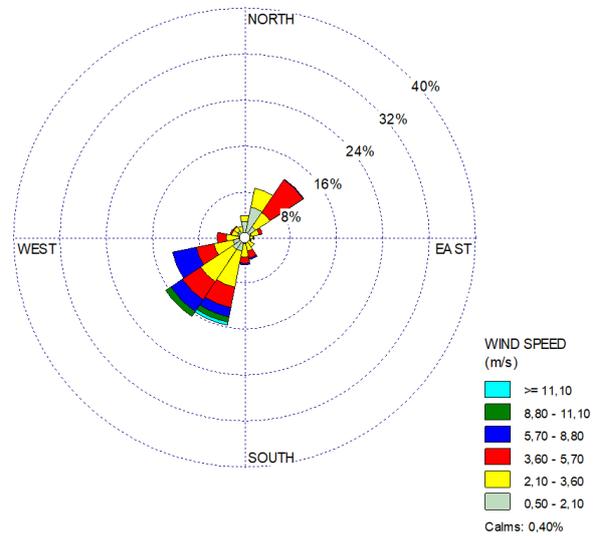
Schmücke September 2018



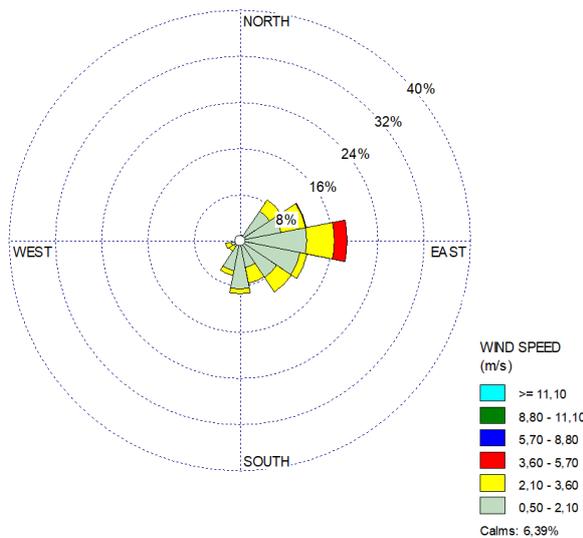
Waldhof Oktober 2018



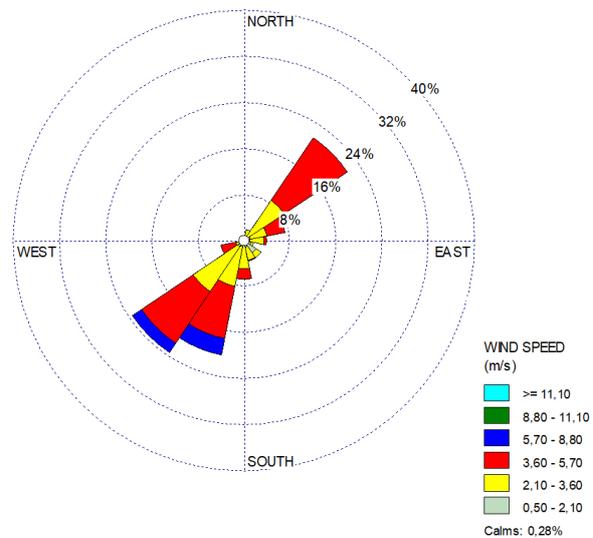
Schmücke Oktober 2018



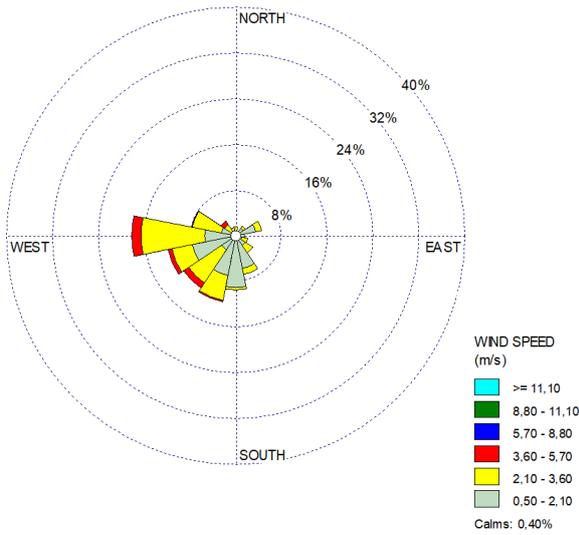
Waldhof November 2018



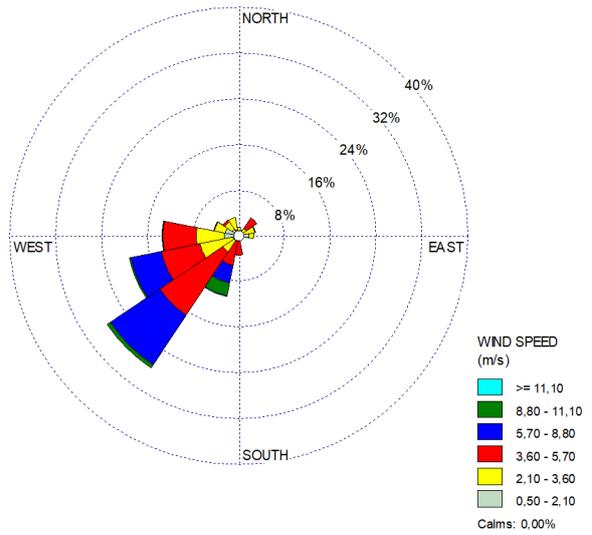
Schmücke November 2018



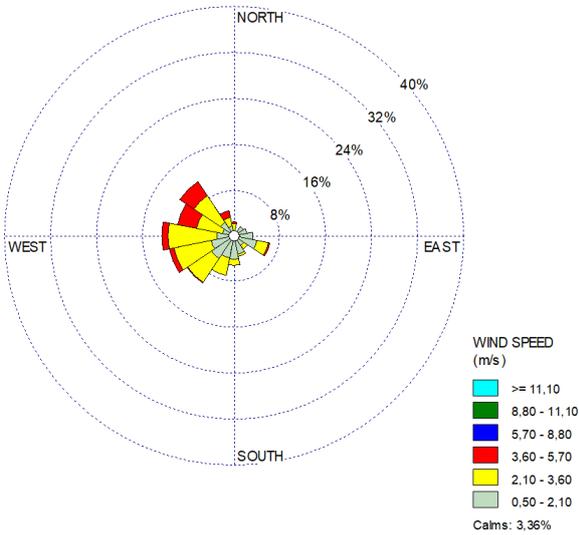
Waldhof Dezember 2018



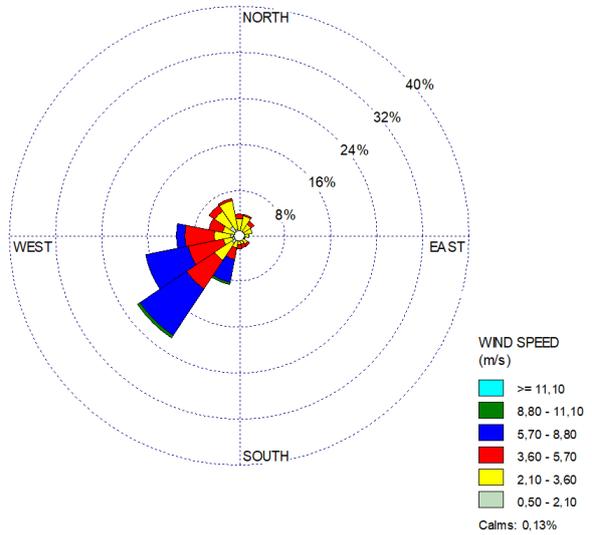
Schmücke Dezember 2018



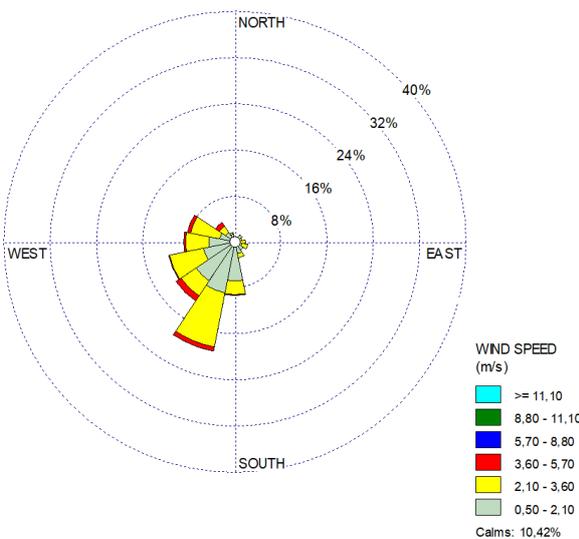
Waldhof Januar 2019



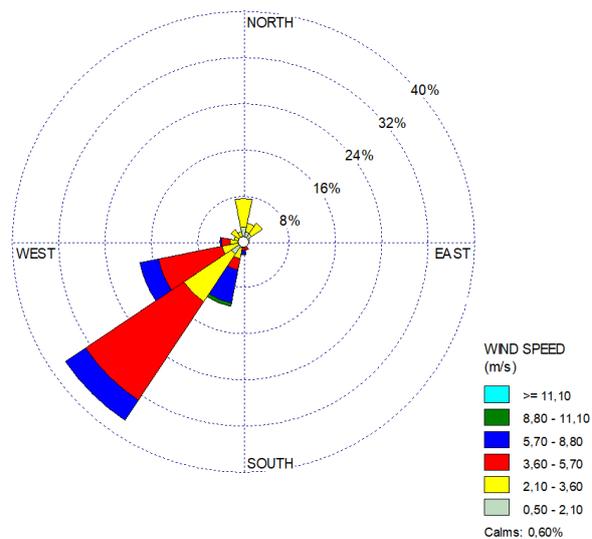
Schmücke Januar 2019



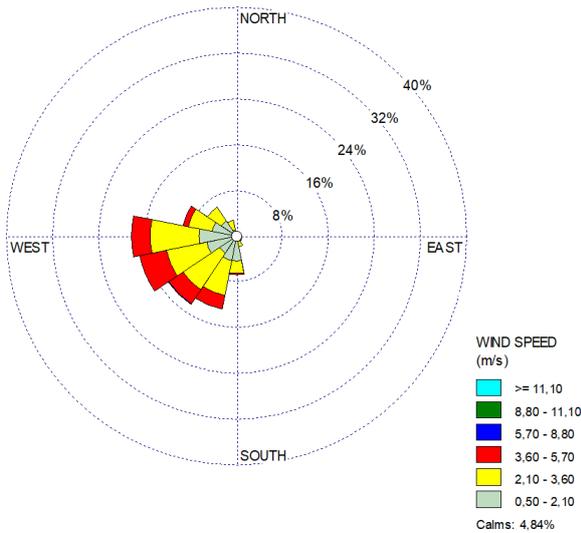
Waldhof Februar 2019



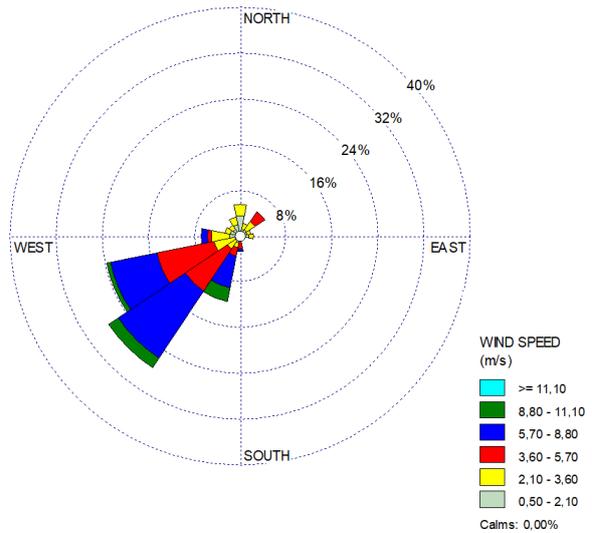
Schmücke Februar 2019



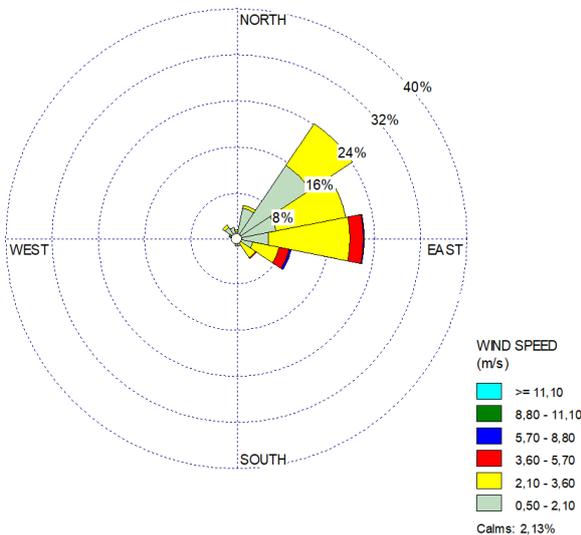
Waldhof März 2019



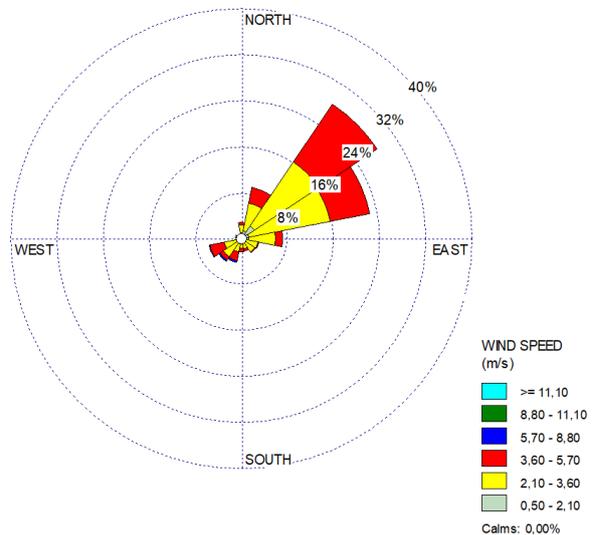
Schmücke März 2019



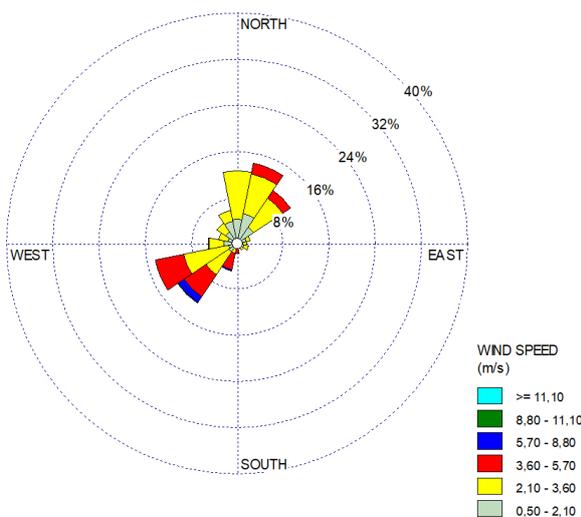
Waldhof April 2019



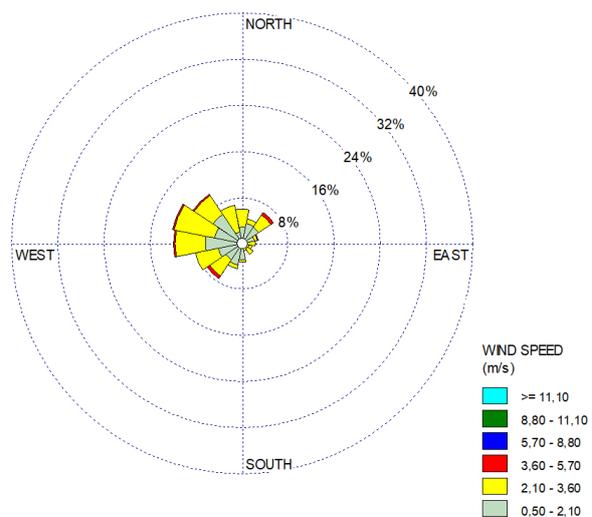
Schmücke April 2019



Waldhof Mai 2019



Schmücke Mai 2019



Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co. Datenquelle: elektronische Datenübermittlung Umweltbundesamt vom 05.05.2020 und 06.05.2020 (UBA 2020). Auswertung der Winddaten mittels WRPLOT View™ (Lakes Environmental 2020)

## A.5 Messwerte Außenluft

**Tabelle 37: TEQ-Konzentrationen (fg TEQ/m<sup>3</sup>), Messstation Waldhof**

|  | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD /F TEQ exkl. BG        | 0,5     | 0,3     | 0,5     | 1,2     | 1,5     | 13,1    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD /F TEQ inkl. 1/2 BG    | 0,5     | 0,5     | 0,6     | 1,2     | 1,5     | 13,2    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD /F TEQ inkl. BG        | 0,5     | 0,5     | 0,6     | 1,2     | 1,5     | 13,2    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ exkl. BG            | 0,5     | 0,0     | 0,6     | 0,0     | 0,0     | 0,6     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. 1/2 BG        | 0,5     | 0,4     | 0,7     | 0,2     | 0,2     | 0,7     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. BG            | 0,6     | 0,7     | 0,7     | 0,4     | 0,3     | 0,8     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ exkl. BG     | 1,0     | 0,3     | 1,1     | 1,2     | 1,5     | 13,7    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. 1/2 BG | 1,0     | 0,9     | 1,3     | 1,5     | 1,7     | 13,9    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. BG     | 1,1     | 1,4     | 1,5     | 1,7     | 1,8     | 14,1    |
|  | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD /F TEQ exkl. BG        | 2,8     | 8,5     | 5,8     | 2,7     | 3,3     | 0,8     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD /F TEQ inkl. 1/2 BG    | 2,8     | 8,7     | 5,8     | 2,7     | 3,3     | 0,9     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD /F TEQ inkl. BG        | 2,9     | 9,0     | 5,8     | 2,7     | 3,3     | 0,9     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ exkl. BG            | 0,4     | 0,0     | 0,4     | 0,7     | 0,0     | 0,4     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. 1/2 BG        | 0,5     | 0,3     | 0,5     | 0,8     | 0,2     | 0,4     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. BG            | 0,5     | 0,7     | 0,5     | 0,8     | 0,5     | 0,5     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ exkl. BG     | 3,2     | 8,5     | 6,3     | 3,5     | 3,4     | 1,2     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. 1/2 BG | 3,3     | 9,0     | 6,3     | 3,5     | 3,6     | 1,3     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. BG     | 3,4     | 9,6     | 6,4     | 3,6     | 3,8     | 1,4     |

**Tabelle 38: TEQ-Konzentrationen (fg TEQ/m<sup>3</sup>), Messstation Schmücke**

|  | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD /F TEQ exkl. BG        | 0,4     | 0,4     | 0,7     | 0,8     | 1,1     | 3,4     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD /F TEQ inkl. 1/2 BG    | 0,5     | 0,4     | 0,7     | 0,8     | 1,3     | 3,4     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD /F TEQ inkl. BG        | 0,5     | 0,5     | 0,7     | 0,8     | 1,5     | 3,4     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ exkl. BG            | 0,0     | 0,4     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. 1/2 BG        | 0,4     | 0,6     | 0,2     | 0,2     | 0,2     | 0,1     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. BG            | 0,8     | 0,7     | 0,4     | 0,3     | 0,3     | 0,1     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ exkl. BG     | 0,4     | 0,9     | 0,7     | 0,8     | 1,1     | 3,4     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. 1/2 BG | 0,9     | 1,0     | 0,9     | 1,0     | 1,4     | 3,4     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. BG     | 1,3     | 1,2     | 1,2     | 1,1     | 1,8     | 3,5     |
|  | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD /F TEQ exkl. BG        | 1,5     | 6,0     | 5,2     | 0,8     | 2,6     | 0,9     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD /F TEQ inkl. 1/2 BG    | 1,8     | 6,1     | 5,2     | 0,8     | 2,6     | 0,9     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD /F TEQ inkl. BG        | 2,1     | 6,3     | 5,2     | 0,9     | 2,6     | 1,0     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ exkl. BG            | 0,0     | 0,0     | 0,5     | 0,0     | 0,0     | 0,4     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. 1/2 BG        | 0,2     | 0,5     | 0,6     | 0,2     | 0,2     | 0,5     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. BG            | 0,5     | 0,9     | 0,6     | 0,5     | 0,4     | 0,5     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ exkl. BG     | 1,5     | 6,0     | 5,7     | 0,8     | 2,6     | 1,4     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. 1/2 BG | 2,0     | 6,6     | 5,8     | 1,1     | 2,8     | 1,4     |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. BG     | 2,6     | 7,2     | 5,8     | 1,4     | 3,0     | 1,5     |

**Tabelle 39: Konzentrationen der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F (fg/m<sup>3</sup>), Messstation Waldhof**

|      | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| TeD1 | < 0,02  | < 0,15  | < 0,11  | 0,06    | 0,09    | 0,57    |
| PeD1 | < 0,07  | < 0,12  | < 0,12  | 0,22    | 0,35    | 2,67    |
| HxD1 | < 0,10  | < 0,09  | 0,15    | 0,38    | 0,43    | 2,97    |
| HxD2 | 0,19    | 0,16    | < 0,19  | 0,74    | 0,79    | 7,85    |
| HxD3 | 0,12    | 0,18    | 0,27    | 0,48    | 0,46    | 4,71    |
| HpD1 | 2,17    | 2,1     | 2,94    | 9,51    | 4,69    | 65,2    |
| OcD  | 7,39    | 6,85    | 10,23   | 31,12   | 3,94    | 146,6   |
| TeF1 | 0,96    | 0,65    | 0,93    | 1,11    | 1,58    | 7,44    |
| PeF1 | 0,31    | < 0,26  | 0,41    | 0,58    | 0,76    | 5,69    |
| PeF2 | 0,54    | 0,37    | 0,46    | 1,01    | 1,36    | 11,48   |
| HxF1 | 0,38    | 0,44    | 0,61    | 0,8     | 1,03    | 9,64    |
| HxF2 | 0,43    | 0,26    | 0,39    | 0,58    | 0,71    | 8,08    |
| HxF3 | < 0,11  | < 0,10  | < 0,10  | < 0,28  | < 0,11  | < 1,31  |
| HxF4 | 0,35    | < 0,25  | 0,46    | 0,76    | 0,79    | 11,08   |
| HpF1 | 1,59    | 1,17    | 1,76    | 2,62    | 1,79    | 32,78   |
| HpF2 | < 0,68  | < 0,28  | < 0,23  | < 0,75  | < 0,75  | 5,06    |
| OcF  | 1,49    | 1,29    | 1,9     | 3,01    | 0,68    | 23,02   |
|      | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| TeD1 | 0,2     | < 0,39  | 0,26    | 0,09    | 0,13    | < 0,04  |
| PeD1 | 0,82    | 1,9     | 1,47    | 0,56    | 0,71    | 0,17    |
| HxD1 | < 0,49  | 2,19    | 1,47    | 0,79    | 0,79    | 0,38    |
| HxD2 | 1,41    | 5,27    | 4,11    | 1,76    | 2,07    | 0,49    |
| HxD3 | 0,89    | 2,84    | 2,7     | 1,05    | 1,32    | 0,42    |
| HpD1 | 13,98   | 60,     | 36,59   | 19,72   | 22,24   | 6,92    |
| OcD  | 30,87   | 127,3   | 91,36   | 55,96   | 64,92   | 23,42   |
| TeF1 | 2,61    | 5,37    | 3,55    | 1,93    | 2,38    | 0,82    |
| PeF1 | 1,14    | 4,33    | 2,53    | 1,21    | 1,84    | 0,46    |
| PeF2 | 2,44    | 7,88    | 4,28    | 2,29    | 2,37    | 0,6     |
| HxF1 | 1,14    | 5,63    | 3,13    | 1,64    | 2,26    | 0,59    |
| HxF2 | 1,02    | 5,14    | 3,4     | 1,44    | 2,06    | 0,48    |
| HxF3 | < 0,10  | < 0,94  | < 0,23  | 1,58    | 0,83    | < 0,10  |
| HxF4 | 1,41    | 5,84    | 3,65    | 0,54    | 2,1     | 0,56    |
| HpF1 | 2,87    | 17,22   | 11,97   | 6,33    | 8,46    | 2,09    |
| HpF2 | < 0,37  | 3,43    | 1,3     | 0,86    | 1,2     | < 0,70  |
| OcF  | 2,73    | 13,51   | 9,67    | 6,32    | 7,66    | 2,53    |

**Tabelle 40: Konzentrationen der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F (fg/m<sup>3</sup>), Messstation Schmücke**

|      | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| TeD1 | < 0,04  | < 0,05  | 0,08    | < 0,01  | < 0,13  | 0,17    |
| PeD1 | < 0,07  | 0,07    | 0,16    | 0,18    | < 0,26  | 0,72    |
| HxD1 | 0,12    | 0,08    | < 0,08  | 0,17    | 0,4     | 0,9     |
| HxD2 | 0,16    | 0,12    | < 0,19  | 0,43    | 0,6     | 1,56    |
| HxD3 | 0,12    | 0,14    | < 0,15  | 0,27    | 0,54    | 1,2     |
| HpD1 | 2,08    | 1,12    | 1,95    | 4,76    | 7,57    | 19,69   |
| OcD  | 6,91    | 3,87    | 6,42    | 15,31   | 24,54   | 52,98   |
| TeF1 | 1,12    | 0,86    | 1,11    | 0,97    | 1,54    | 2,41    |
| PeF1 | 0,2     | 0,28    | < 0,46  | 0,44    | 0,72    | 1,92    |
| PeF2 | 0,44    | 0,38    | 0,55    | 0,71    | 1,27    | 2,93    |
| HxF1 | 0,32    | 0,33    | 0,56    | 0,55    | 0,85    | 2,01    |
| HxF2 | 0,3     | 0,22    | < 0,28  | 0,38    | 0,61    | 1,62    |
| HxF3 | < 0,07  | < 0,14  | < 0,07  | < 0,22  | < 0,16  | < 0,40  |
| HxF4 | 0,3     | 0,21    | 0,43    | 0,55    | 0,96    | 2,64    |
| HpF1 | 1,21    | 0,88    | 1,55    | 1,66    | 2,78    | 6,4     |
| HpF2 | < 0,67  | < 0,08  | < 0,10  | < 0,82  | < 0,38  | 1,7     |
| OcF  | 1,28    | 0,99    | 1,43    | 1,53    | 2,79    | 5,43    |
|      | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| TeD1 | < 0,13  | < 0,31  | 0,21    | < 0,05  | 0,08    | 0,06    |
| PeD1 | < 0,45  | 1,29    | 1,4     | 0,27    | 0,53    | 0,18    |
| HxD1 | 0,48    | 1,33    | 1,48    | 0,2     | 0,61    | 0,18    |
| HxD2 | 0,68    | 2,62    | 3,05    | 0,37    | 0,99    | 0,29    |
| HxD3 | < 0,49  | 1,78    | 2,26    | 0,31    | 0,85    | 0,31    |
| HpD1 | 8,16    | 24,67   | 40,1    | 5,35    | 10,43   | 4,54    |
| OcD  | 16,31   | 58,48   | 94,13   | 16,37   | 27,83   | 14,24   |
| TeF1 | 2,58    | 5,29    | 3,98    | 0,75    | 2,43    | 1,23    |
| PeF1 | 0,86    | 3,57    | 2,09    | 0,32    | 1,12    | 0,58    |
| PeF2 | 1,85    | 5,91    | 3,7     | 0,56    | 2,28    | 0,84    |
| HxF1 | 1,12    | 4,68    | 2,68    | 0,43    | 1,93    | 0,55    |
| HxF2 | 1,31    | 3,95    | 2,31    | 0,4     | 1,84    | 0,42    |
| HxF3 | < 0,24  | < 0,45  | < 0,20  | 0,43    | < 0,25  | < 0,31  |
| HxF4 | 1,31    | 4,18    | 2,99    | < 0,16  | 1,94    | 0,42    |
| HpF1 | 3,76    | 12,14   | 8,88    | 1,64    | 6,72    | 1,84    |
| HpF2 | < 0,83  | 2,28    | 1,24    | < 0,83  | 1,03    | < 0,79  |
| OcF  | 2,92    | 7,73    | 8,24    | 1,47    | 5,21    | 1,68    |

**Tabelle 41: Konzentrationen der PCDD/F-Homologengruppensummen (fg/m<sup>3</sup>), Messstation Waldhof**

|       | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| S TeD | < 0,04  | 2,08    | 1,45    | 6,75    | 7,43    | 48,99   |
| S PeD | < 0,04  | 1,36    | 0,51    | 3,68    | 6,68    | 58,86   |
| S HxD | 2,36    | 2,01    | 2,22    | 8,16    | 9,28    | 94,63   |
| S HpD | 5,22    | 3,70    | 4,91    | 17,06   | 9,47    | 123,5   |
| OcD   | 7,39    | 6,84    | 10,22   | 31,12   | 3,94    | 146,6   |
| S TeF | 28,5    | 27,03   | 28,89   | 38,23   | 50,36   | 223,3   |
| S PeF | 6,13    | 7,19    | 7,87    | 13,26   | 17,05   | 129,8   |
| S HxF | 3,38    | 2,32    | 3,89    | 5,90    | 7,63    | 87,71   |
| S HpF | 2,28    | 1,72    | 2,64    | 4,06    | 2,90    | 49,62   |
| OcF   | 1,49    | 1,29    | 1,9     | 3,01    | 0,68    | 23,02   |
|       | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| S TeD | 24,11   | 18,99   | 18,42   | 12,86   | 11,97   | 3,03    |
| S PeD | 14,41   | 31,51   | 19,83   | 11,48   | 12,13   | 1,98    |
| S HxD | 19,88   | 58,95   | 43,33   | 18,66   | 21,13   | 5,86    |
| S HpD | 24,88   | 102,3   | 66,44   | 38,07   | 40,92   | 12,55   |
| OcD   | 30,87   | 127,3   | 91,36   | 55,96   | 64,92   | 23,42   |
| S TeF | 87,52   | 114,3   | 114,3   | 73,09   | 80,89   | 22,49   |
| S PeF | 28,2    | 73,56   | 50,32   | 27,64   | 32,78   | 7,44    |
| S HxF | 11,89   | 42,15   | 31,9    | 16,9    | 20,91   | 4,74    |
| S HpF | 3,52    | 28,43   | 17,98   | 10,26   | 13,3    | 3,49    |
| OcF   | 2,73    | 13,51   | 9,67    | 6,32    | 7,66    | 2,53    |

**Tabelle 42: Konzentrationen der PCDD/F-Homologengruppensummen (fg/m<sup>3</sup>), Messstation Schmücke**

|       | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| S TeD | 1,75    | 2,93    | 1,82    | 3,29    | 4,26    | 12,49   |
| S PeD | < 0,04  | 1,79    | < 0,04  | 2,98    | 3,21    | 13,25   |
| S HxD | 2,12    | 1,56    | 1,42    | 4,67    | 7,7     | 21,37   |
| S HpD | 4,49    | 2,14    | 3,77    | 8,72    | 14,3    | 36,6    |
| OcD   | 6,91    | 3,87    | 6,41    | 15,31   | 24,54   | 52,98   |
| S TeF | 26,38   | 31,26   | 35,42   | 26,83   | 42,18   | 56,51   |
| S PeF | 4,16    | 7,27    | 9,69    | 9,33    | 14,79   | 41,11   |
| S HxF | 1,85    | 1,27    | 3,16    | 4,46    | 6,91    | 17,35   |
| S HpF | 1,75    | 0,88    | 2,00    | 2,71    | 3,78    | 10,46   |
| OcF   | 1,28    | 0,99    | 1,43    | 1,53    | 2,79    | 5,43    |
|       | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| S TeD | 8,87    | 14,4    | 13,93   | 4,68    | 9,76    | 4,28    |
| S PeD | 1,74    | 17,8    | 13,4    | 3,48    | 9,59    | 3,15    |
| S HxD | 5,5     | 31,21   | 33,03   | 5,06    | 13,61   | 4,2     |
| S HpD | 14,99   | 42,41   | 69,67   | 10,44   | 19,97   | 8,57    |
| OcD   | 16,31   | 58,48   | 94,13   | 16,37   | 27,83   | 14,24   |
| S TeF | 65,59   | 96,02   | 94,13   | 28,26   | 76,88   | 35,99   |
| S PeF | 13,5    | 50,01   | 36,64   | 8,2     | 29,2    | 10,8    |
| S HxF | 5,95    | 33,01   | 23,24   | 4,67    | 18,11   | 4,48    |
| S HpF | 4,93    | 19,94   | 12,34   | 2,73    | 10,56   | 2,87    |
| OcF   | 2,92    | 7,73    | 8,24    | 1,47    | 5,21    | 1,68    |

**Tabelle 43: Konzentrationen der dl-PCB (fg/m<sup>3</sup>), Messtation Waldhof**

|                      | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 77               | 37,1    | 40,4    | 35,2    | 25,9    | 22,5    | < 19,9  |
| PCB 81               | < 1,0   | < 3,5   | < 13,2  | < 0,9   | < 1,5   | < 13,6  |
| PCB 105 <sup>a</sup> | 165,9   | 151,5   | 176,8   | 137,9   | 94,1    | 96,9    |
| PCB 114              | 5,6     | 5,0     | < 3,8   | 6,6     | 4,5     | 2,4     |
| PCB 118 <sup>b</sup> | 493,2   | 518,5   | 597,2   | 426,9   | 317,7   | 263,9   |
| PCB 123              | < 10,2  | 10,4    | 11,3    | 8,8     | 7,5     | 7,3     |
| PCB 126              | 4,9     | < 6,6   | 6,2     | < 3,7   | < 2,8   | 6,      |
| PCB 156              | 41,1    | 42,3    | 50,1    | 37,     | 30,1    | 35,4    |
| PCB 157              | 6,1     | 7,4     | 3,6     | < 5,6   | < 4,1   | 6,4     |
| PCB 167              | 32,7    | 36,5    | 38,9    | 29,9    | 22,5    | 20,1    |
| PCB 169              | < 1,3   | < 1,9   | < 2,6   | < 1,2   | < 0,4   | < 6,5   |
| PCB 189              | < 2,2   | 5,1     | 4,3     | < 3,6   | < 2,2   | 5,5     |
|                      | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| PCB 77               | 20,5    | 22,4    | 25,6    | 67,9    | 37,7    | 27,1    |
| PCB 81               | 5,9     | < 4,9   | 4,9     | < 3,3   | 5,2     | 6,1     |
| PCB 105 <sup>a</sup> | 67,1    | 34,2    | 66,8    | 44,5    | 86,7    | 113,3   |
| PCB 114              | 6,2     | < 4,9   | < 3,3   | < 5,3   | 8,2     | 10,9    |
| PCB 118 <sup>b</sup> | 282,4   | 232,6   | 291,1   | 781,7   | 334,1   | 321,4   |
| PCB 123              | 5,3     | 6,7     | 4,6     | 17,     | 9,1     | 6,4     |
| PCB 126              | 3,9     | < 4,9   | 4,2     | 7,      | < 3,4   | 3,4     |
| PCB 156              | 25,2    | 35,2    | 31,8    | 79,6    | 29,4    | 26,9    |
| PCB 157              | < 3,5   | 5,7     | 5,3     | 11,3    | 5,5     | 4,      |
| PCB 167              | 15,8    | 20,     | 16,3    | 48,4    | 21,7    | 21,3    |
| PCB 169              | < 3,5   | < 4,9   | < 3,3   | < 3,1   | < 3,4   | < 3,3   |
| PCB 189              | < 3,5   | 6,1     | 4,7     | 10,2    | 3,6     | < 3,3   |

<sup>a</sup> Coelution PCB 105 / 127, <sup>b</sup> Coelution PCB 106 / 118

**Tabelle 44: Konzentrationen der dl-PCB (fg/m<sup>3</sup>), Messtation Schmücke**

|                      | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 77               | 30,5    | 32,9    | 30,7    | 27,3    | 33,3    | 10,3    |
| PCB 81               | < 1,3   | < 6,1   | < 6,2   | < 1,5   | < 1,5   | < 1,6   |
| PCB 105 <sup>a</sup> | 159,6   | 137,1   | 233,6   | 130,2   | 145,7   | 45,6    |
| PCB 114              | < 2,7   | 5,0     | 5,4     | < 3,4   | 4,7     | < 1,3   |
| PCB 118 <sup>b</sup> | 445,7   | 520,1   | 600,5   | 412,6   | 429,2   | 108,7   |
| PCB 123              | 12,2    | 11,5    | 10,7    | 9,7     | 8,1     | 2,8     |
| PCB 126              | < 7,3   | 4,2     | < 3,3   | < 2,5   | < 2,8   | < 1,0   |
| PCB 156              | 33,4    | 49,     | 37,1    | 28,7    | 32,9    | 12,9    |
| PCB 157              | 3,4     | 3,8     | < 2,1   | < 2,8   | < 5,4   | 2,      |
| PCB 167              | 25,2    | 38,2    | 29,3    | 22,3    | 20,6    | 7,4     |
| PCB 169              | < 1,3   | < 8,1   | < 2,4   | < 0,5   | < 0,9   | < 0,2   |
| PCB 189              | < 3,0   | < 5,8   | < 6,7   | < 2,3   | < 2,6   | 2,0     |
|                      | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| PCB 77               | 14,6    | 16,1    | 25,3    | 38,     | 25,2    | 29,4    |
| PCB 81               | 3,8     | < 6,9   | 9,1     | < 3,6   | 6,3     | 4,8     |
| PCB 105 <sup>a</sup> | 44,4    | 21,7    | 104,2   | 40,8    | 86,6    | 135,5   |
| PCB 114              | 3,8     | < 6,9   | 8,5     | < 3,5   | 4,6     | 10,7    |
| PCB 118 <sup>b</sup> | 153,8   | 124,7   | 305,3   | 378,1   | 283,2   | 297,4   |
| PCB 123              | 3,9     | < 6,9   | 6,3     | 7,6     | 4,7     | 7,6     |
| PCB 126              | < 3,4   | < 6,9   | 5,      | < 3,5   | < 2,8   | 4,2     |
| PCB 156              | 14,6    | 22,2    | 40,9    | 30,4    | 25,4    | 22,     |
| PCB 157              | < 3,4   | < 6,9   | 7,2     | < 3,5   | 4,5     | 4,5     |
| PCB 167              | 6,7     | 11,7    | 27,9    | 18,4    | 19,4    | 19,2    |
| PCB 169              | < 3,4   | < 6,9   | < 3,3   | < 3,5   | < 2,8   | < 3,3   |
| PCB 189              | < 3,4   | < 6,9   | 7,4     | < 3,5   | 3,2     | < 3,3   |

<sup>a</sup> Coelution PCB 105 / 127, <sup>b</sup> Coelution PCB 106 / 118

**Tabelle 45: Konzentrationen der i-PCB (pg/m<sup>3</sup>), Messstation Waldhof**

|                      | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 28               | 1,55    | 1,44    | 1,94    | 1,94    | 2,02    | 2,17    |
| PCB 52 <sup>a</sup>  | 2,37    | 2,08    | 3,01    | 2,25    | 1,85    | 1,66    |
| PCB 101 <sup>b</sup> | 2,43    | 2,79    | 3,52    | 2,18    | 1,62    | 1,23    |
| PCB 138              | 1,06    | 1,26    | 1,33    | 0,83    | 0,64    | 0,50    |
| PCB 153 <sup>c</sup> | 1,52    | 1,75    | 1,96    | 1,27    | 0,91    | 0,65    |
| PCB 180              | 0,37    | 0,41    | 0,46    | 0,3     | 0,22    | 0,23    |
|                      | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| PCB 28               | 1,91    | 1,33    | 1,66    | 4,20    | 2,31    | 2,04    |
| PCB 52 <sup>a</sup>  | 1,55    | 1,15    | 1,49    | 4,03    | 1,55    | 1,75    |
| PCB 101 <sup>b</sup> | 1,33    | 1,02    | 1,31    | 3,89    | 1,34    | 1,55    |
| PCB 138              | 0,55    | 0,46    | 0,54    | 1,80    | 0,60    | 0,63    |
| PCB 153 <sup>c</sup> | 0,68    | 0,59    | 0,69    | 2,13    | 0,75    | 0,84    |
| PCB 180              | 0,16    | 0,23    | 0,22    | 0,57    | 0,20    | 0,24    |

<sup>a</sup> Coelution PCB 52 / 69 / 73, <sup>b</sup> Coelution PCB 89 / 90 / 101, <sup>c</sup> Coelution PCB 153 / 168

**Tabelle 46: Konzentrationen der i-PCB (pg/m<sup>3</sup>), Messstation Schmücke**

|          | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 28   | 2,61    | 2,14    | 2,90    | 2,00    | 2,07    | 1,18    |
| PCB 52a  | 2,38    | 2,40    | 3,10    | 2,11    | 2,07    | < 0,38  |
| PCB 101b | 2,24    | 2,71    | 3,10    | 1,95    | 1,75    | 0,50    |
| PCB 138  | 0,84    | 1,09    | 1,20    | 0,76    | 0,68    | 0,19    |
| PCB 153c | 1,24    | 1,49    | 1,71    | 1,01    | 0,91    | 0,26    |
| PCB 180  | 0,27    | 0,38    | 0,33    | 0,23    | 0,22    | 0,08    |
|          | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| PCB 28   | 0,98    | 0,75    | 1,80    | 1,94    | 2,46    | 2,22    |
| PCB 52a  | 0,81    | 0,59    | 1,65    | 1,96    | 1,45    | 1,75    |
| PCB 101b | 0,67    | 0,48    | 1,38    | 1,72    | 1,15    | 1,40    |
| PCB 138  | 0,22    | 0,23    | 0,60    | 0,70    | 0,58    | 0,54    |
| PCB 153c | 0,30    | 0,28    | 0,79    | 0,88    | 0,70    | 0,74    |
| PCB 180  | 0,09    | 0,15    | 0,34    | 0,20    | 0,22    | 0,18    |

<sup>a</sup> Coelution PCB 52 / 69 / 73, <sup>b</sup> Coelution PCB 89 / 90 / 101, <sup>c</sup> Coelution PCB 153 / 168

**Tabelle 47: Konzentrationen der PCB-Homologengruppensummen (pg/m<sup>3</sup>), Messtation Waldhof**

|         | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| S MoCB  | 0,08    | 0,07    | 0,08    | 0,19    | 0,7     | 3,52    |
| S DiCB  | 3,25    | 4,11    | 5,33    | 4,84    | 9,41    | 16,5    |
| S TriCB | 6,98    | 6,09    | 10,45   | 7,23    | 11,74   | 14,54   |
| S TeCB  | 12,04   | 9,87    | 13,85   | 11,06   | 9,45    | 8,25    |
| S PeCB  | 9,46    | 9,70    | 12,04   | 8,26    | 6,14    | 4,9     |
| S HxCB  | 8,49    | 11,09   | 10,73   | 7,00    | 5,24    | 3,95    |
| S HpCB  | 1,83    | 2,83    | 2,45    | 1,44    | 1,12    | 1,04    |
| S OcCB  | 0,15    | 0,2     | 0,18    | 0,15    | 0,08    | 0,13    |
| S NoCB  | 0,01    | < 0,01  | 0,02    | < 0,001 | < 0,001 | 0,03    |
| DecCB   | 0,01    | < 0,01  | 0,01    | 0,01    | 0,01    | 0,01    |
|         | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| S MoCB  | n,a,    | 3,31    | 3,51    | 0,49    | 0,5     | 0,36    |
| S DiCB  | 4,03    | 13,08   | 23,32   | 5,57    | 7,97    | 10,91   |
| S TriCB | 5,22    | 9,18    | 6,52    | 19,49   | 17,03   | 14,16   |
| S TeCB  | 6,94    | 7,56    | 9,34    | 16,66   | 10,08   | 10,48   |
| S PeCB  | 5,05    | 4,55    | 5,74    | 9,82    | 5,17    | 6,76    |
| S HxCB  | 4,12    | 6,18    | 6,63    | 12,56   | 6,74    | 5,37    |
| S HpCB  | 0,78    | 1,29    | 2,16    | 2,51    | 1,78    | 1,53    |
| S OcCB  | 0,08    | 0,36    | 0,27    | 0,14    | 0,18    | 0,16    |
| S NoCB  | 0,004   | 0,01    | 0,005   | < 0,003 | < 0,003 | 0,01    |
| DecCB   | 0,01    | 0,02    | 0,02    | < 0,003 | 0,01    | 0,02    |

Nur Werte > Bestimmungsgrenzen gehen in die Bildung der Homologengruppensummen ein. Liegen die Konzentrationen aller Kongenere einer Homologengruppe unterhalb der Bestimmungsgrenze, wird der Wert für die Homologengruppensumme als < maximale BG dargestellt.

n.a.: aufgrund von Störmatrix nicht analysierbar

**Tabelle 48: Konzentrationen der PCB-Homologengruppensummen (pg/m<sup>3</sup>), Messtation Schmücke**

|         | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| S MoCB  | 0,21    | 0,11    | 0,22    | 0,47    | 0,98    | 2,25    |
| S DiCB  | 7,37    | 5,4     | 9,13    | 10,46   | 12,98   | 9,69    |
| S TriCB | 13,99   | 8,79    | 17,89   | 10,33   | 12,89   | 8,41    |
| S TeCB  | 12,14   | 11,92   | 14,56   | 10,52   | 10,7    | 1,73    |
| S PeCB  | 8,47    | 9,806   | 10,99   | 7,67    | 7,07    | 2,03    |
| S HxCB  | 6,77    | 9,78    | 10,07   | 6,61    | 5,09    | 2,13    |
| S HpCB  | 1,44    | 2,59    | 2,3     | 1,51    | 1,17    | 0,4     |
| S OcCB  | 0,11    | 0,2     | 0,17    | 0,12    | 0,09    | 0,07    |
| S NoCB  | < 0,003 | < 0,01  | < 0,00  | < 0,002 | < 0,001 | 0,01    |
| DecCB   | 0,005   | < 0,02  | < 0,01  | 0,01    | 0,01    | < 0,00  |
|         | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| S MoCB  | 3,09    | 5,43    | n.a,    | 0,87    | 0,97    | 1,04    |
| S DiCB  | 6,45    | 12,2    | 9,95    | 5,91    | 8,57    | 14,92   |
| S TriCB | 3,47    | 5,53    | 6,06    | 9,05    | 26,33   | 17,09   |
| S TeCB  | 4,06    | 4,18    | 8,88    | 8,34    | 8,48    | 11,06   |
| S PeCB  | 2,49    | 2,04    | 6,06    | 4,29    | 4,59    | 6,35    |
| S HxCB  | 1,85    | 1,91    | 6,28    | 4,22    | 4,51    | 4,64    |
| S HpCB  | 0,46    | 0,85    | 1,69    | 0,75    | 1,06    | 1,29    |
| S OcCB  | 0,05    | 0,21    | 0,34    | 0,05    | 0,15    | 0,15    |
| S NoCB  | < 0,003 | < 0,01  | 0,011   | < 0,003 | 0,008   | 0,005   |
| DecCB   | < 0,003 | 0,01    | 0,02    | < 0,003 | 0,01    | 0,01    |

Nur Werte > Bestimmungsgrenzen gehen in die Bildung der Homologengruppensummen ein. Liegen die Konzentrationen aller Kongenere einer Homologengruppe unterhalb der Bestimmungsgrenze, wird der Wert für die Homologengruppensumme als < maximale BG dargestellt.

n.a.: aufgrund von Störmatrix nicht analysierbar

**Tabelle 49: Konzentrationen der 209 PCB ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messstation Waldhof**

|              | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 1        | 0,020   | 0,019   | 0,017   | 0,029   | 0,088   | 0,356   |
| PCB 2        | 0,026   | 0,023   | 0,033   | 0,058   | 0,340   | 1,706   |
| PCB 3        | 0,034   | 0,031   | 0,033   | 0,106   | 0,271   | 1,461   |
| Summe MonoCB | 0,080   | 0,073   | 0,083   | 0,192   | 0,700   | 3,523   |
| PCB 10       | < 0,003 | < 0,002 | < 0,004 | < 0,001 | < 0,004 | 0,023   |
| PCB 4        | 0,142   | 0,141   | 0,193   | 0,249   | 0,434   | 1,379   |
| PCB 9        | < 0,035 | 0,013   | 0,003   | 0,012   | 0,044   | 0,116   |
| PCB 7        | < 0,035 | 0,013   | 0,009   | 0,014   | 0,031   | 0,098   |
| PCB 6        | 0,093   | 0,068   | 0,097   | < 0,009 | 0,274   | 0,696   |
| PCB 5 / 8    | 0,530   | 0,565   | 0,930   | 1,273   | 1,932   | 3,613   |
| PCB 14       | < 0,040 | < 0,014 | < 0,014 | < 0,008 | < 0,021 | 0,067   |
| PCB 11       | 2,175   | 3,023   | 3,683   | 2,867   | 6,112   | 9,461   |
| PCB 12 / 13  | 0,064   | 0,051   | 0,091   | 0,107   | 0,204   | 0,554   |
| PCB 15       | 0,249   | 0,231   | 0,325   | 0,320   | 0,380   | 0,497   |
| Summe DiCB   | 3,253   | 4,106   | 5,333   | 4,844   | 9,413   | 16,504  |
| PCB 19       | 0,072   | 0,027   | 0,110   | 0,218   | 0,229   | 0,527   |
| PCB 30       | < 0,009 | < 0,024 | < 0,016 | < 0,019 | < 0,010 | < 0,003 |
| PCB 18       | 0,993   | 0,572   | 2,111   | 2,342   | 2,731   | 4,225   |
| PCB 17       | 0,330   | 0,177   | 0,643   | 0,745   | 0,867   | 1,358   |
| PCB 24       | 0,012   | < 0,010 | 0,023   | 0,029   | 0,038   | 0,059   |
| PCB 27       | 0,054   | 0,026   | 0,102   | 0,111   | 0,123   | 0,167   |
| PCB 32       | 0,243   | 0,271   | 0,425   | 0,550   | 0,652   | 0,904   |
| PCB 16       | 0,348   | 0,399   | 0,597   | 0,799   | 0,944   | 1,253   |
| PCB 23       | < 0,008 | < 0,004 | < 0,004 | < 0,001 | < 0,004 | 0,009   |
| PCB 34       | < 0,007 | < 0,004 | 0,005   | 0,005   | < 0,009 | 0,011   |
| PCB 29       | < 0,008 | 0,006   | 0,011   | 0,014   | 0,018   | 0,024   |
| PCB 26       | 0,157   | 0,165   | 0,249   | 0,285   | 0,276   | 0,292   |
| PCB 25       | 0,068   | 0,068   | 0,100   | 0,128   | 0,128   | 0,121   |
| PCB 31       | 1,393   | 1,351   | 1,943   | 1,956   | 1,865   | 1,569   |
| PCB 28       | 1,546   | 1,438   | 1,942   | 1,938   | 2,015   | 2,169   |
| PCB 21       | < 0,009 | < 0,001 | 0,005   | < 0,001 | 0,010   | 0,020   |
| PCB 20 / 33  | 0,919   | 0,837   | 1,212   | 1,159   | 1,132   | 1,094   |

|                       | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 22                | 0,545   | 0,477   | 0,656   | 0,253   | 0,499   | 0,422   |
| PCB 36                | < 0,024 | 0,008   | 0,013   | < 0,000 | < 0,014 | 0,019   |
| PCB 39                | 0,044   | 0,007   | 0,022   | < 0,003 | < 0,014 | 0,027   |
| PCB 38                | < 0,003 | < 0,004 | < 0,009 | < 0,001 | < 0,017 | 0,038   |
| PCB 35                | 0,055   | 0,061   | 0,061   | 0,025   | 0,042   | 0,062   |
| PCB 37                | 0,201   | 0,186   | 0,220   | 0,112   | 0,171   | 0,166   |
| Summe TriCB           | 6,98    | 6,087   | 10,453  | 7,225   | 11,741  | 14,536  |
| PCB 54                | 0,004   | 0,004   | 0,01    | 0,013   | 0,01    | 0,008   |
| PCB 50                | < 0,008 | 0,005   | 0,007   | 0,008   | 0,009   | 0,010   |
| PCB 53                | 0,328   | 0,265   | 0,383   | 0,428   | 0,378   | 0,317   |
| PCB 51                | 0,212   | 0,145   | 0,21    | 0,265   | 0,273   | 0,262   |
| PCB 45                | 0,346   | 0,253   | 0,386   | 0,373   | 0,351   | 0,295   |
| PCB 46                | 0,130   | 0,087   | 0,135   | 0,102   | 0,097   | 0,095   |
| PCB 52 / 69 / 73      | 2,368   | 2,077   | 3,007   | 2,246   | 1,851   | 1,661   |
| PCB 43 / 49           | 1,382   | 1,072   | 1,649   | 1,369   | 1,133   | 0,980   |
| PCB 47 / 48 / 65 / 75 | 1,211   | 0,852   | 1,301   | 1,159   | 1,103   | 1,258   |
| PCB 62                | < 0,003 | < 0,002 | < 0,004 | < 0,001 | < 0,001 | 0,002   |
| PCB 44                | 1,372   | 1,149   | 1,558   | 1,209   | 0,978   | 0,859   |
| PCB 59                | 0,091   | 0,073   | 0,095   | 0,070   | 0,067   | 0,066   |
| PCB 42                | 0,355   | 0,284   | 0,371   | 0,287   | 0,258   | 0,437   |
| PCB 64 / 71 / 72      | 0,985   | 0,821   | 1,065   | 0,817   | 0,675   | 0,618   |
| PCB 41                | 0,148   | 0,109   | 0,16    | 0,101   | 0,094   | 0,101   |
| PCB 68                | 0,072   | 0,061   | 0,083   | 0,058   | 0,071   | 0,090   |
| PCB 40 / 57           | 0,145   | 0,109   | 0,151   | 0,103   | 0,089   | < 0,022 |
| PCB 67                | 0,034   | 0,027   | 0,032   | 0,022   | 0,024   | < 0,011 |
| PCB 58 / 63           | 0,039   | 0,031   | 0,041   | 0,030   | 0,027   | < 0,012 |
| PCB 61 / 74           | 0,567   | 0,457   | 0,614   | 0,500   | 0,424   | 0,531   |
| PCB 70                | 1,005   | 0,909   | 1,202   | 0,889   | 0,711   | 0,576   |
| PCB 76                | 0,012   | 0,012   | 0,013   | 0,013   | 0,008   | < 0,012 |
| PCB 66 / 80           | 0,689   | 0,588   | 0,778   | 0,586   | 0,485   | < 0,014 |
| PCB 55                | 0,01    | 0,009   | 0,011   | 0,008   | 0,007   | < 0,013 |
| PCB 56 / 60           | 0,492   | 0,425   | 0,560   | 0,372   | 0,304   | 0,083   |
| PCB 79                | < 0,002 | < 0,002 | < 0,005 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,012 |

|                            | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 78                     | < 0,004 | 0,002   | < 0,001 | 0,006   | 0,008   | < 0,014 |
| PCB 81                     | < 0,001 | < 0,003 | < 0,013 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,014 |
| PCB 77                     | 0,037   | 0,040   | 0,035   | 0,026   | 0,022   | < 0,020 |
| Summe TetraCB              | 12,037  | 9,868   | 13,854  | 11,06   | 9,454   | 8,252   |
| PCB 104                    | < 0,000 | < 0,001 | < 0,002 | < 0,001 | < 0,001 | 0,001   |
| PCB 96                     | 0,021   | 0,019   | 0,026   | 0,017   | 0,014   | 0,012   |
| PCB 103                    | 0,025   | 0,023   | 0,027   | 0,017   | 0,015   | 0,010   |
| PCB 100                    | 0,009   | 0,007   | 0,009   | 0,008   | 0,019   | 0,006   |
| PCB 94                     | 0,007   | 0,012   | 0,01    | 0,010   | 0,008   | 0,007   |
| PCB 93 / 95 / 98 /<br>102  | 2,776   | 2,689   | 3,384   | 2,396   | 1,839   | 1,359   |
| PCB 88                     | < 0,002 | < 0,001 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,003 | < 0,000 |
| PCB 91 / 121               | 0,204   | 0,172   | 0,211   | 0,149   | 0,115   | 0,096   |
| PCB 92                     | 0,373   | 0,372   | 0,486   | 0,312   | 0,246   | 0,19    |
| PCB 84                     | 0,372   | 0,364   | 0,475   | 0,326   | 0,218   | 0,193   |
| PCB 89 / 90 / 101          | 2,434   | 2,788   | 3,520   | 2,178   | 1,616   | 1,232   |
| PCB 113                    | 0,006   | 0,006   | < 0,002 | 0,006   | 0,004   | < 0,000 |
| PCB 99                     | 0,497   | 0,499   | 0,596   | 0,44    | 0,338   | 0,287   |
| PCB 112 / 119              | 0,028   | 0,025   | 0,034   | 0,024   | 0,018   | 0,018   |
| PCB 109 / 83               | 0,043   | 0,042   | 0,051   | 0,036   | 0,027   | 0,024   |
| PCB 86 / 97 / 117<br>/ 125 | 0,289   | 0,269   | 0,325   | 0,259   | 0,186   | 0,163   |
| PCB 116                    | < 0,001 | < 0,001 | < 0,002 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,000 |
| PCB 87 / 115               | 0,417   | 0,410   | 0,504   | 0,370   | 0,270   | 0,230   |
| PCB 111                    | < 0,001 | < 0,001 | < 0,002 | < 0,000 | 0,001   | < 0,000 |
| PCB 85                     | 0,154   | 0,136   | 0,165   | 0,115   | 0,082   | 0,082   |
| PCB 120                    | 0,005   | 0,006   | 0,005   | 0,004   | < 0,003 | 0,004   |
| PCB 110                    | 0,994   | 1,043   | 1,261   | 0,886   | 0,610   | 0,521   |
| PCB 82                     | 0,071   | 0,058   | 0,078   | 0,070   | 0,050   | 0,049   |
| PCB 124                    | 0,022   | 0,025   | 0,033   | 0,017   | 0,014   | 0,012   |
| PCB 107 / 108              | 0,044   | 0,045   | 0,049   | 0,035   | 0,026   | 0,023   |
| PCB 123                    | < 0,010 | 0,010   | 0,011   | 0,009   | 0,007   | 0,007   |
| PCB 106 / 118              | 0,493   | 0,518   | 0,597   | 0,427   | 0,318   | 0,264   |
| PCB 114                    | 0,006   | 0,005   | < 0,004 | 0,007   | 0,005   | 0,002   |
| PCB 122                    | 0,005   | 0,005   | < 0,005 | < 0,003 | < 0,003 | 0,002   |

|                        | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 105 / 127          | 0,166   | 0,151   | 0,177   | 0,138   | 0,094   | 0,097   |
| PCB 126                | 0,005   | < 0,007 | 0,006   | < 0,004 | < 0,003 | 0,006   |
| Summe PentaCB          | 9,465   | 9,700   | 12,04   | 8,257   | 6,143   | 4,899   |
| PCB 155                | 0,005   | 0,004   | 0,003   | 0,004   | 0,004   | 0,005   |
| PCB 150                | 0,006   | 0,016   | 0,007   | 0,005   | 0,004   | 0,004   |
| PCB 152                | < 0,001 | 0,005   | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,003   |
| PCB 145                | < 0,001 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,000 | < 0,000 | < 0,000 |
| PCB 136 / 148          | 0,454   | 0,943   | 0,659   | 0,413   | 0,341   | 0,295   |
| PCB 154                | 0,024   | 0,051   | 0,030   | 0,024   | 0,021   | 0,016   |
| PCB 151                | 0,812   | 1,732   | 1,148   | 0,753   | 0,626   | 0,505   |
| PCB 135                | 0,395   | 0,831   | 0,529   | 0,368   | 0,291   | 0,224   |
| PCB 144                | 0,118   | 0,246   | 0,181   | 0,125   | 0,093   | 0,082   |
| PCB 147                | 0,03    | 0,056   | 0,039   | 0,035   | 0,028   | 0,021   |
| PCB 139 / 149          | 2,072   | 2,129   | 2,492   | 1,576   | 1,159   | 0,763   |
| PCB 140                | < 0,002 | 0,009   | 0,007   | 0,006   | < 0,004 | 0,002   |
| PCB 143                | < 0,002 | < 0,003 | < 0,004 | < 0,001 | < 0,001 | 0,001   |
| PCB 134                | 0,096   | 0,102   | 0,116   | 0,078   | 0,056   | 0,045   |
| PCB 131 / 133 /<br>142 | 0,049   | 0,057   | 0,064   | 0,042   | 0,028   | 0,020   |
| PCB 165                | < 0,001 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| PCB 146                | 0,285   | 0,279   | 0,312   | 0,211   | 0,156   | 0,109   |
| PCB 132 / 161          | 0,455   | 0,442   | 0,503   | 0,353   | 0,234   | 0,185   |
| PCB 153 / 168          | 1,52    | 1,75    | 1,965   | 1,267   | 0,915   | 0,645   |
| PCB 141                | 0,342   | 0,37    | 0,401   | 0,284   | 0,184   | 0,143   |
| PCB 137                | 0,027   | 0,033   | 0,037   | 0,030   | 0,02    | 0,020   |
| PCB 130                | 0,073   | 0,076   | 0,11    | 0,071   | 0,053   | 0,042   |
| PCB 163 / 164          | 0,366   | 0,381   | 0,458   | 0,278   | 0,198   | 0,143   |
| PCB 138                | 1,062   | 1,257   | 1,33    | 0,833   | 0,644   | 0,499   |
| PCB 158 / 160          | 0,125   | 0,136   | 0,152   | 0,105   | 0,075   | 0,061   |
| PCB 129                | 0,018   | 0,017   | 0,016   | 0,02    | 0,016   | 0,014   |
| PCB 166                | < 0,001 | < 0,002 | < 0,002 | 0,002   | 0,001   | 0,001   |
| PCB 159                | < 0,001 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,000 | < 0,000 | < 0,001 |
| PCB 128 / 162          | 0,07    | 0,08    | 0,075   | 0,055   | 0,036   | 0,039   |
| PCB 167                | 0,033   | 0,036   | 0,039   | 0,030   | 0,022   | 0,020   |

|               | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 156       | 0,041   | 0,042   | 0,05    | 0,037   | 0,03    | 0,035   |
| PCB 157       | 0,006   | 0,007   | 0,004   | < 0,006 | < 0,004 | 0,006   |
| PCB 169       | < 0,001 | < 0,002 | < 0,003 | < 0,001 | < 0,000 | < 0,006 |
| Summe HexaCB  | 8,486   | 11,087  | 10,728  | 7,004   | 5,236   | 3,950   |
| PCB 188       | < 0,001 | 0,001   | < 0,002 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| PCB 184       | < 0,002 | < 0,002 | 0,001   | < 0,001 | < 0,002 | < 0,002 |
| PCB 179       | 0,204   | 0,386   | 0,273   | 0,151   | 0,125   | 0,098   |
| PCB 176       | 0,051   | 0,105   | 0,069   | 0,040   | 0,032   | 0,027   |
| PCB 186       | < 0,001 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,000 | < 0,000 | < 0,000 |
| PCB 178       | 0,079   | 0,154   | 0,095   | 0,054   | 0,045   | 0,034   |
| PCB 175       | 0,016   | 0,039   | 0,026   | 0,012   | 0,009   | 0,008   |
| PCB 182 / 187 | 0,39    | 0,784   | 0,473   | 0,247   | 0,211   | 0,158   |
| PCB 183       | 0,149   | 0,198   | 0,215   | 0,128   | 0,104   | 0,087   |
| PCB 185       | 0,024   | 0,028   | 0,040   | 0,021   | 0,015   | 0,014   |
| PCB 174       | 0,217   | 0,29    | 0,328   | 0,181   | 0,136   | 0,129   |
| PCB 181       | < 0,001 | 0,002   | < 0,005 | < 0,000 | < 0,001 | < 0,001 |
| PCB 177       | 0,110   | 0,138   | 0,154   | 0,094   | 0,070   | 0,067   |
| PCB 171       | 0,056   | 0,068   | 0,084   | 0,046   | 0,038   | 0,036   |
| PCB 173       | < 0,001 | 0,007   | 0,006   | < 0,005 | < 0,004 | 0,003   |
| PCB 172       | 0,029   | 0,042   | 0,037   | 0,026   | 0,019   | 0,019   |
| PCB 192       | < 0,001 | < 0,002 | < 0,005 | < 0,000 | < 0,000 | < 0,001 |
| PCB 180       | 0,368   | 0,411   | 0,456   | 0,305   | 0,219   | 0,234   |
| PCB 193       | 0,009   | 0,02    | 0,019   | 0,014   | 0,009   | 0,009   |
| PCB 191       | 0,006   | 0,008   | 0,009   | < 0,006 | < 0,004 | 0,004   |
| PCB 170       | 0,106   | 0,12    | 0,139   | 0,104   | 0,074   | 0,09    |
| PCB 190       | 0,02    | 0,027   | 0,026   | 0,017   | 0,012   | 0,014   |
| PCB 189       | < 0,002 | 0,005   | 0,004   | < 0,004 | < 0,002 | 0,006   |
| Summe HeptaCB | 1,834   | 2,832   | 2,455   | 1,439   | 1,118   | 1,039   |
| PCB 202       | 0,014   | 0,018   | 0,022   | 0,017   | 0,011   | 0,009   |
| PCB 200       | 0,010   | 0,010   | 0,014   | 0,014   | 0,009   | 0,008   |
| PCB 204       | < 0,001 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,001 | < 0,000 | < 0,000 |
| PCB 197       | 0,003   | 0,004   | 0,003   | < 0,004 | < 0,003 | 0,002   |
| PCB 199       | 0,007   | 0,011   | 0,008   | 0,008   | < 0,005 | 0,005   |

|               | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 198 / 201 | 0,041   | 0,068   | 0,054   | 0,045   | 0,025   | 0,037   |
| PCB 196 / 203 | 0,041   | 0,057   | 0,05    | 0,042   | 0,026   | 0,037   |
| PCB 195       | 0,012   | 0,01    | 0,012   | 0,009   | < 0,005 | 0,009   |
| PCB 194       | 0,017   | 0,019   | 0,019   | 0,016   | 0,011   | 0,021   |
| PCB 205       | < 0,002 | 0,001   | 0,001   | < 0,001 | < 0,001 | 0,002   |
| Summe OctaCB  | 0,145   | 0,196   | 0,184   | 0,152   | 0,082   | 0,131   |
| PCB 208       | < 0,003 | < 0,007 | 0,004   | < 0,002 | < 0,002 | 0,004   |
| PCB 207       | 0,003   | < 0,006 | 0,004   | < 0,001 | < 0,001 | 0,003   |
| PCB 206       | 0,006   | < 0,017 | 0,008   | < 0,005 | < 0,004 | 0,024   |
| Summe NonaCB  | 0,009   | < 0,006 | 0,015   | < 0,001 | < 0,001 | 0,030   |
| PCB 209       | 0,006   | < 0,008 | 0,011   | 0,010   | 0,006   | 0,007   |
| Summe Deca    | 0,006   | < 0,008 | 0,011   | 0,010   | 0,006   | 0,007   |

|              | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 1        | n.a.    | 0,248   | 0,365   | 0,065   | 0,068   | < 0,067 |
| PCB 2        | n.a.    | 1,565   | 1,690   | 0,213   | 0,172   | 0,196   |
| PCB 3        | n.a.    | 1,493   | 1,450   | 0,211   | 0,258   | 0,168   |
| Summe MonoCB | n.a.    | 3,306   | 3,506   | 0,489   | 0,498   | 0,363   |
| PCB 10       | n.a.    | < 1,769 | < 3,511 | < 0,026 | 0,011   | < 0,007 |
| PCB 4        | n.a.    | 1,974   | 1,544   | 0,327   | 0,506   | 0,479   |
| PCB 9        | n.a.    | 0,143   | 0,143   | 0,026   | 0,035   | 0,038   |
| PCB 7        | n.a.    | 0,135   | 0,119   | 0,030   | 0,039   | 0,03    |
| PCB 6        | n.a.    | 0,652   | 0,803   | 0,187   | 0,209   | 0,295   |
| PCB 5 / 8    | n.a.    | 3,943   | 5,045   | 1,500   | 1,633   | 2,304   |
| PCB 14       | n.a.    | < 0,552 | < 1,398 | < 0,011 | < 0,011 | 0,018   |
| PCB 11       | 3,322   | 5,375   | 14,347  | 3,044   | 4,903   | 6,971   |
| PCB 12 / 13  | 0,298   | 0,442   | 0,678   | 0,150   | 0,162   | 0,211   |
| PCB 15       | 0,413   | 0,437   | 0,626   | 0,285   | 0,477   | 0,564   |
| Summe DiCB   | 4,033   | 13,08   | 23,32   | 5,569   | 7,974   | 10,909  |
| PCB 19       | n.a.    | 0,325   | < 0,003 | 0,201   | 0,197   | 0,353   |
| PCB 30       | n.a.    | < 0,006 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 18       | < 0,003 | 2,369   | < 0,003 | 2,018   | 6,035   | 4,534   |
| PCB 17       | < 0,003 | 0,913   | < 0,003 | 0,743   | 2,473   | 1,559   |
| PCB 24       | < 0,003 | 0,042   | < 0,003 | 0,032   | 0,082   | 0,07    |

|                       | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 27                | < 0,003 | 0,129   | < 0,003 | 0,111   | 0,293   | 0,243   |
| PCB 32                | 0,289   | 0,480   | 0,515   | 1,368   | 0,620   | 0,523   |
| PCB 16                | 0,789   | 0,732   | 0,725   | 2,008   | 0,824   | 0,777   |
| PCB 23                | 0,013   | 0,006   | 0,011   | 0,019   | 0,006   | < 0,004 |
| PCB 34                | 0,016   | 0,01    | 0,015   | 0,021   | 0,006   | 0,006   |
| PCB 29                | 0,028   | 0,015   | 0,028   | < 0,003 | 0,013   | 0,015   |
| PCB 26                | 0,294   | 0,217   | 0,275   | 0,679   | 0,248   | 0,271   |
| PCB 25                | 0,143   | 0,109   | 0,129   | 0,319   | 0,119   | 0,122   |
| PCB 31                | 1,605   | 1,189   | 1,529   | 3,767   | 1,315   | 1,804   |
| PCB 28                | 1,907   | 1,332   | 1,659   | 4,197   | 2,306   | 2,038   |
| PCB 21                | n.a.    | 0,019   | 0,025   | < 0,003 | 0,016   | 0,015   |
| PCB 20 / 33           | n.a.    | 0,713   | 0,908   | 2,125   | 0,943   | 1,054   |
| PCB 22                | n.a.    | 0,356   | 0,440   | 1,133   | 0,754   | 0,537   |
| PCB 36                | 0,022   | 0,021   | 0,019   | 0,053   | 0,034   | 0,016   |
| PCB 39                | 0,026   | 0,021   | 0,026   | 0,071   | 0,027   | 0,023   |
| PCB 38                | 0,02    | 0,020   | 0,021   | 0,047   | 0,018   | 0,008   |
| PCB 35                | 0,071   | 0,05    | 0,062   | 0,138   | 0,130   | 0,045   |
| PCB 37                | n.a.    | 0,131   | 0,134   | 0,462   | 0,571   | 0,161   |
| Summe TriCB           | 5,224   | 9,18    | 6,521   | 19,493  | 17,027  | 14,155  |
| PCB 54                | 0,012   | 0,019   | 0,024   | 0,012   | 0,008   | 0,014   |
| PCB 50                | 0,009   | 0,012   | 0,015   | 0,009   | 0,009   | 0,013   |
| PCB 53                | 0,25    | 0,364   | 0,494   | 0,245   | 0,284   | 0,469   |
| PCB 51                | n.a.    | 0,321   | 0,405   | 0,170   | 0,193   | 0,292   |
| PCB 45                | n.a.    | 0,263   | 0,424   | 0,207   | 0,293   | 0,473   |
| PCB 46                | 0,097   | 0,076   | 0,077   | 0,237   | 0,154   | 0,103   |
| PCB 52 / 69 / 73      | 1,549   | 1,151   | 1,492   | 4,03    | 1,546   | 1,745   |
| PCB 43 / 49           | 0,945   | 0,737   | 0,887   | 2,584   | 0,964   | 0,995   |
| PCB 47 / 48 / 65 / 75 | 1,119   | 0,966   | 1,069   | 3,024   | 1,250   | 0,969   |
| PCB 62                | 0,008   | < 0,005 | < 0,003 | < 0,008 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 44                | 0,822   | 0,69    | 0,814   | 2,189   | 1,218   | 0,921   |
| PCB 59                | 0,049   | 0,047   | 0,058   | 0,147   | 0,090   | 0,064   |
| PCB 42                | 0,237   | 0,204   | 0,214   | 0,620   | 0,418   | 0,242   |
| PCB 64 / 71 / 72      | n.a.    | 0,468   | 0,548   | 1,456   | 0,916   | 0,676   |
| PCB 41                | n.a.    | 0,061   | 0,093   | < 0,013 | 0,126   | 0,094   |
| PCB 68                | n.a.    | 0,073   | 0,094   | < 0,008 | 0,096   | 0,071   |
| PCB 40 / 57           | 0,097   | 0,111   | 0,124   | 0,082   | 0,184   | 0,158   |

|                            | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 67                     | 0,026   | 0,028   | 0,037   | 0,021   | 0,023   | 0,038   |
| PCB 58 / 63                | 0,03    | 0,034   | 0,042   | 0,024   | 0,033   | 0,047   |
| PCB 61 / 74                | 0,359   | 0,416   | 0,486   | 0,326   | 0,331   | 0,628   |
| PCB 70                     | 0,604   | 0,713   | 0,892   | 0,552   | 0,684   | 1,181   |
| PCB 76                     | 0,01    | 0,02    | < 0,003 | 0,012   | 0,021   | < 0,003 |
| PCB 66 / 80                | 0,328   | 0,414   | 0,563   | 0,342   | 0,625   | 0,702   |
| PCB 55                     | 0,017   | 0,007   | 0,014   | 0,008   | 0,015   | 0,014   |
| PCB 56 / 60                | 0,308   | 0,338   | 0,407   | 0,270   | 0,566   | 0,521   |
| PCB 79                     | 0,005   | < 0,005 | 0,005   | < 0,003 | 0,004   | < 0,003 |
| PCB 78                     | 0,01    | < 0,005 | 0,008   | < 0,003 | 0,006   | 0,008   |
| PCB 81                     | 0,006   | < 0,005 | 0,005   | < 0,003 | 0,005   | 0,006   |
| PCB 77                     | 0,021   | 0,022   | 0,026   | 0,068   | 0,038   | 0,027   |
| Summe TetraCB              | 6,935   | 7,562   | 9,339   | 16,659  | 10,076  | 10,483  |
| PCB 104                    | < 0,003 | < 0,005 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,005 | < 0,003 |
| PCB 96                     | < 0,000 | 0,027   | 0,024   | 0,014   | 0,025   | 0,028   |
| PCB 103                    | < 0,000 | < 0,005 | 0,033   | < 0,003 | 0,019   | 0,034   |
| PCB 100                    | < 0,003 | 0,014   | 0,012   | 0,009   | 0,004   | 0,015   |
| PCB 94                     | < 0,003 | 0,007   | 0,015   | 0,007   | 0,006   | 0,015   |
| PCB 93 / 95 / 98<br>/ 102  | 1,460   | 1,826   | 2,374   | 1,319   | 1,358   | 2,735   |
| PCB 88                     | < 0,003 | 0,005   | 0,007   | < 0,003 | < 0,003 | 0,005   |
| PCB 91 / 121               | 0,114   | 0,107   | 0,110   | 0,350   | 0,177   | 0,128   |
| PCB 92                     | 0,211   | 0,173   | 0,177   | 0,620   | 0,219   | 0,246   |
| PCB 84                     | 0,223   | 0,193   | 0,230   | 0,733   | 0,485   | 0,252   |
| PCB 89 / 90 /<br>101       | 1,326   | 1,023   | 1,309   | 3,889   | 1,336   | 1,554   |
| PCB 113                    | 0,006   | 0,007   | 0,005   | 0,017   | 0,008   | 0,004   |
| PCB 99                     | 0,305   | 0,247   | 0,251   | 0,943   | 0,411   | 0,362   |
| PCB 112 / 119              | < 0,003 | 0,020   | 0,017   | 0,063   | 0,027   | 0,022   |
| PCB 109 / 83               | 0,027   | 0,020   | 0,02    | 0,023   | 0,018   | 0,021   |
| PCB 86 / 97 /<br>117 / 125 | 0,182   | 0,101   | 0,128   | 0,141   | 0,081   | 0,139   |
| PCB 116                    | < 0,003 | < 0,005 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 87 / 115               | 0,228   | 0,129   | 0,176   | 0,203   | 0,113   | 0,185   |
| PCB 111                    | < 0,003 | 0,006   | 0,004   | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 85                     | 0,066   | 0,019   | 0,017   | 0,063   | 0,072   | 0,076   |
| PCB 120                    | 0,005   | 0,012   | 0,011   | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 110                    | 0,489   | 0,295   | 0,398   | 0,452   | 0,271   | 0,420   |

|                        | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 82                 | n,a,    | 0,008   | < 0,003 | 0,017   | 0,037   | 0,029   |
| PCB 124                | 0,014   | 0,012   | 0,013   | 0,041   | 0,015   | 0,015   |
| PCB 107 / 108          | 0,024   | 0,023   | 0,024   | 0,075   | 0,034   | 0,032   |
| PCB 123                | 0,005   | 0,007   | 0,005   | 0,017   | 0,009   | 0,006   |
| PCB 106 / 118          | 0,282   | 0,233   | 0,291   | 0,782   | 0,334   | 0,321   |
| PCB 114                | 0,006   | < 0,005 | < 0,003 | < 0,005 | 0,008   | 0,011   |
| PCB 122                | 0,009   | < 0,005 | 0,004   | < 0,019 | 0,012   | 0,012   |
| PCB 105 / 127          | 0,067   | 0,034   | 0,067   | 0,045   | 0,087   | 0,113   |
| PCB 126                | 0,004   | < 0,005 | 0,004   | 0,007   | < 0,003 | 0,003   |
| Summe PentaCB          | 5,050   | 4,547   | 5,739   | 9,820   | 5,167   | 6,758   |
| PCB 155                | < 0,003 | < 0,005 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | 0,008   |
| PCB 150                | 0,006   | < 0,005 | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | 0,007   |
| PCB 152                | < 0,003 | < 0,005 | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 145                | < 0,003 | < 0,005 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 136 / 148          | 0,379   | 0,913   | 0,981   | 0,796   | 0,819   | 0,445   |
| PCB 154                | 0,014   | < 0,005 | < 0,003 | < 0,018 | 0,019   | 0,029   |
| PCB 151                | 0,565   | 1,503   | 1,482   | 1,133   | 0,986   | 0,761   |
| PCB 135                | 0,287   | 0,671   | 0,730   | 0,572   | 0,593   | 0,361   |
| PCB 144                | 0,068   | 0,226   | 0,265   | 0,175   | 0,079   | 0,117   |
| PCB 147                | n.a.    | < 0,005 | 0,069   | 0,057   | 0,024   | 0,024   |
| PCB 139 / 149          | 0,817   | 1,094   | 0,923   | 3,229   | 1,250   | 1,038   |
| PCB 140                | < 0,003 | < 0,005 | < 0,003 | < 0,026 | 0,008   | 0,005   |
| PCB 143                | < 0,003 | < 0,005 | < 0,003 | < 0,013 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 134                | 0,043   | 0,073   | 0,053   | 0,215   | 0,134   | 0,059   |
| PCB 131 / 133 /<br>142 | 0,023   | 0,042   | 0,031   | 0,114   | 0,026   | 0,034   |
| PCB 165                | < 0,003 | 0,069   | < 0,003 | 0,235   | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 146                | 0,085   | 0,007   | 0,12    | < 0,009 | 0,144   | 0,154   |
| PCB 132 / 161          | 0,152   | 0,130   | 0,218   | 0,962   | 0,598   | 0,242   |
| PCB 153 / 168          | 0,682   | 0,585   | 0,689   | 2,130   | 0,754   | 0,841   |
| PCB 141                | 0,138   | 0,099   | 0,162   | 0,518   | 0,222   | 0,185   |
| PCB 137                | 0,016   | 0,014   | 0,019   | 0,041   | 0,019   | 0,016   |
| PCB 130                | 0,037   | 0,033   | 0,038   | 0,103   | 0,039   | 0,044   |
| PCB 163 / 164          | 0,117   | 0,103   | 0,158   | 0,103   | 0,237   | 0,184   |
| PCB 138                | 0,551   | 0,464   | 0,537   | 1,803   | 0,598   | 0,633   |
| PCB 158 / 160          | 0,065   | 0,061   | 0,066   | 0,212   | 0,049   | 0,068   |
| PCB 129                | n.a.    | < 0,005 | 0,017   | < 0,008 | 0,021   | 0,022   |

|               | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 166       | < 0,003 | < 0,005 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 159       | < 0,003 | < 0,005 | < 0,006 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 128 / 162 | 0,035   | 0,033   | 0,029   | 0,036   | 0,039   | 0,031   |
| PCB 167       | 0,016   | 0,020   | 0,016   | 0,048   | 0,022   | 0,021   |
| PCB 156       | 0,025   | 0,035   | 0,032   | 0,080   | 0,029   | 0,027   |
| PCB 157       | < 0,003 | 0,006   | 0,005   | 0,011   | 0,006   | 0,004   |
| PCB 169       | < 0,003 | < 0,005 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| Summe HexaCB  | 4,122   | 6,183   | 6,626   | 12,555  | 6,735   | 5,375   |
| PCB 188       | < 0,003 | < 0,005 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 184       | < 0,003 | < 0,005 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | 0,004   |
| PCB 179       | 0,131   | 0,287   | 0,375   | 0,296   | 0,261   | 0,201   |
| PCB 176       | 0,038   | 0,059   | 0,101   | 0,066   | 0,068   | 0,055   |
| PCB 186       | < 0,152 | < 0,005 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 178       | 0,058   | 0,090   | 0,147   | 0,084   | 0,098   | 0,077   |
| PCB 175       | 0,019   | 0,020   | 0,028   | 0,019   | 0,010   | 0,016   |
| PCB 182 / 187 | n.a.    | < 0,005 | 0,683   | 0,186   | 0,483   | 0,374   |
| PCB 183       | 0,072   | 0,066   | 0,081   | 0,207   | 0,061   | 0,098   |
| PCB 185       | 0,012   | 0,014   | 0,018   | 0,042   | 0,012   | 0,016   |
| PCB 174       | 0,109   | 0,163   | 0,158   | 0,450   | 0,193   | 0,144   |
| PCB 181       | < 0,003 | < 0,005 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 177       | 0,059   | 0,09    | 0,083   | 0,242   | 0,204   | 0,077   |
| PCB 171       | 0,029   | 0,046   | 0,042   | 0,140   | 0,07    | 0,039   |
| PCB 173       | < 0,003 | < 0,005 | 0,004   | 0,009   | < 0,003 | 0,004   |
| PCB 172       | 0,015   | 0,026   | 0,024   | 0,070   | 0,023   | 0,02    |
| PCB 192       | < 0,003 | < 0,005 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 180       | 0,159   | 0,233   | 0,221   | 0,572   | 0,199   | 0,237   |
| PCB 193       | 0,005   | 0,008   | 0,008   | 0,027   | 0,012   | 0,009   |
| PCB 191       | < 0,003 | < 0,005 | 0,004   | 0,013   | 0,004   | 0,004   |
| PCB 170       | 0,062   | 0,152   | 0,150   | 0,069   | 0,071   | 0,127   |
| PCB 190       | 0,011   | 0,027   | 0,026   | 0,012   | 0,012   | 0,027   |
| PCB 189       | < 0,003 | 0,006   | 0,005   | 0,01    | 0,004   | < 0,003 |
| Summe HeptaCB | 0,777   | 1,289   | 2,160   | 2,511   | 1,783   | 1,527   |
| PCB 202       | 0,008   | 0,014   | 0,012   | < 0,009 | < 0,003 | 0,017   |
| PCB 200       | 0,004   | 0,010   | 0,010   | < 0,005 | 0,009   | 0,013   |
| PCB 204       | < 0,003 | < 0,005 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 197       | < 0,003 | 0,006   | 0,004   | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |

|               | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 199       | 0,005   | 0,014   | 0,018   | 0,011   | < 0,003 | 0,009   |
| PCB 198 / 201 | 0,024   | 0,142   | 0,083   | 0,060   | 0,075   | 0,043   |
| PCB 196 / 203 | 0,021   | 0,092   | 0,081   | 0,045   | 0,055   | 0,048   |
| PCB 195       | 0,006   | 0,029   | 0,020   | 0,009   | 0,017   | 0,012   |
| PCB 194       | 0,011   | 0,05    | 0,040   | 0,017   | 0,028   | 0,024   |
| PCB 205       | < 0,003 | < 0,005 | 0,005   | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| Summe OctaCB  | 0,079   | 0,357   | 0,274   | 0,142   | 0,184   | 0,164   |
| PCB 208       | < 0,003 | 0,006   | < 0,003 | < 0,006 | < 0,024 | 0,005   |
| PCB 207       | < 0,003 | < 0,006 | < 0,003 | < 0,004 | < 0,019 | 0,004   |
| PCB 206       | 0,004   | < 0,005 | 0,005   | < 0,003 | < 0,003 | 0,004   |
| Summe NonaCB  | 0,004   | 0,006   | 0,005   | < 0,003 | < 0,003 | 0,013   |
| PCB 209       | 0,006   | 0,015   | 0,017   | < 0,003 | 0,006   | 0,015   |
| Summe Deca    | 0,006   | 0,015   | 0,017   | < 0,003 | 0,006   | 0,015   |

**Tabelle 50: Konzentrationen der 209 PCB (µg/m<sup>3</sup>), Messstation Schmücke**

|              | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 1        | 0,043   | 0,027   | 0,033   | 0,052   | 0,130   | 0,271   |
| PCB 2        | 0,079   | 0,042   | 0,092   | 0,254   | 0,525   | 1,090   |
| PCB 3        | 0,092   | 0,039   | 0,101   | 0,163   | 0,326   | 0,887   |
| Summe MonoCB | 0,213   | 0,107   | 0,225   | 0,469   | 0,981   | 2,248   |
| PCB 10       | < 0,016 | 0,011   | < 0,253 | < 0,016 | < 0,017 | 0,016   |
| PCB 4        | 0,371   | 0,264   | 0,340   | 0,460   | 0,954   | 1,196   |
| PCB 9        | < 0,042 | 0,010   | 0,012   | 0,028   | 0,083   | 0,067   |
| PCB 7        | < 0,042 | 0,010   | 0,009   | 0,013   | 0,041   | 0,073   |
| PCB 6        | 0,158   | 0,131   | 0,144   | 0,214   | 0,339   | 0,368   |
| PCB 5 / 8    | 1,357   | 1,103   | 1,642   | 1,631   | 2,624   | 2,18    |
| PCB 14       | < 0,049 | < 0,015 | < 0,020 | < 0,018 | < 0,019 | < 0,021 |
| PCB 11       | 4,961   | 3,484   | 6,449   | 7,680   | 8,362   | 5,209   |
| PCB 12 / 13  | 0,100   | 0,065   | 0,118   | 0,118   | 0,205   | 0,292   |
| PCB 15       | 0,423   | 0,320   | 0,418   | 0,319   | 0,368   | 0,290   |
| Summe DiCB   | 7,37    | 5,399   | 9,132   | 10,463  | 12,976  | 9,689   |
| PCB 19       | 0,253   | 0,092   | 0,125   | 0,199   | 0,316   | 0,266   |
| PCB 30       | < 0,011 | < 0,010 | < 0,017 | < 0,014 | < 0,026 | < 0,010 |
| PCB 18       | 3,644   | 0,897   | 5,402   | 2,085   | 3,489   | 2,541   |
| PCB 17       | 1,145   | 0,274   | 1,758   | 0,680   | 1,163   | 0,943   |
| PCB 24       | 0,053   | 0,011   | 0,061   | 0,030   | 0,045   | 0,037   |
| PCB 27       | 0,177   | 0,040   | 0,247   | 0,104   | 0,156   | 0,103   |
| PCB 32       | 0,621   | 0,432   | 0,691   | 0,582   | 0,654   | 0,417   |
| PCB 16       | 0,835   | 0,633   | 0,932   | 0,841   | 0,944   | 0,612   |
| PCB 23       | < 0,009 | < 0,009 | 0,004   | < 0,013 | < 0,005 | 0,005   |
| PCB 34       | < 0,008 | < 0,009 | 0,006   | < 0,009 | < 0,008 | 0,008   |
| PCB 29       | 0,01    | 0,007   | 0,015   | < 0,013 | 0,02    | 0,015   |
| PCB 26       | 0,284   | 0,232   | 0,329   | 0,248   | 0,273   | 0,178   |
| PCB 25       | 0,136   | 0,088   | 0,13    | 0,102   | 0,112   | 0,08    |
| PCB 31       | 2,215   | 1,923   | 2,715   | 1,748   | 1,904   | 0,975   |
| PCB 28       | 2,611   | 2,144   | 2,897   | 1,999   | 2,069   | 1,182   |
| PCB 21       | < 0,019 | < 0,005 | 0,009   | < 0,014 | < 0,016 | 0,01    |
| PCB 20 / 33  | 1,193   | 1,113   | 1,558   | 1,037   | 1,082   | 0,627   |
| PCB 22       | 0,587   | 0,595   | 0,753   | 0,495   | 0,515   | 0,286   |
| PCB 36       | < 0,012 | 0,008   | < 0,002 | < 0,014 | < 0,013 | < 0,009 |

|                       | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 39                | 0,043   | 0,014   | < 0,011 | < 0,019 | < 0,023 | 0,017   |
| PCB 38                | < 0,015 | < 0,010 | 0,003   | < 0,015 | < 0,022 | < 0,011 |
| PCB 35                | 0,039   | 0,047   | 0,044   | < 0,029 | < 0,025 | 0,025   |
| PCB 37                | 0,147   | 0,233   | 0,213   | 0,18    | 0,148   | 0,079   |
| Summe TriCB           | 13,994  | 8,786   | 17,891  | 10,331  | 12,891  | 8,407   |
| PCB 54                | 0,013   | 0,004   | 0,01    | 0,01    | 0,011   | 0,004   |
| PCB 50                | < 0,011 | < 0,005 | 0,007   | 0,007   | 0,009   | 0,004   |
| PCB 53                | 0,404   | 0,315   | 0,42    | 0,356   | 0,381   | 0,149   |
| PCB 51                | 0,266   | 0,213   | 0,232   | 0,238   | 0,269   | 0,139   |
| PCB 45                | 0,384   | 0,342   | 0,429   | 0,348   | 0,36    | 0,144   |
| PCB 46                | 0,128   | 0,116   | 0,130   | 0,103   | 0,109   | < 0,232 |
| PCB 52 / 69 / 73      | 2,376   | 2,397   | 3,096   | 2,11    | 2,07    | < 0,375 |
| PCB 43 / 49           | 1,38    | 1,292   | 1,663   | 1,153   | 1,182   | 0,450   |
| PCB 47 / 48 / 65 / 75 | 1,353   | 1,217   | 1,332   | 1,057   | 1,189   | < 0,218 |
| PCB 62                | 0,002   | < 0,005 | < 0,002 | < 0,000 | < 0,002 | < 0,160 |
| PCB 44                | 1,282   | 1,312   | 1,621   | 1,157   | 1,131   | < 0,212 |
| PCB 59                | 0,089   | 0,088   | 0,096   | 0,074   | 0,077   | < 0,157 |
| PCB 42                | 0,307   | 0,343   | 0,395   | 0,302   | 0,301   | < 0,224 |
| PCB 64 / 71 / 72      | 0,956   | 0,912   | 1,157   | 0,806   | 0,787   | < 0,223 |
| PCB 41                | 0,151   | 0,16    | 0,141   | 0,111   | 0,113   | < 0,233 |
| PCB 68                | 0,08    | 0,077   | 0,08    | 0,064   | 0,077   | < 0,152 |
| PCB 40 / 57           | 0,126   | 0,126   | 0,147   | 0,108   | 0,108   | 0,044   |
| PCB 67                | 0,03    | 0,03    | 0,034   | 0,023   | 0,027   | 0,012   |
| PCB 58 / 63           | 0,042   | 0,038   | 0,044   | 0,030   | 0,033   | 0,012   |
| PCB 61 / 74           | 0,586   | 0,566   | 0,715   | 0,522   | 0,538   | 0,162   |
| PCB 70                | 0,982   | 1,051   | 1,306   | 0,881   | 0,879   | 0,270   |
| PCB 76                | 0,023   | 0,016   | 0,038   | 0,011   | 0,013   | < 0,005 |
| PCB 66 / 80           | 0,663   | 0,731   | 0,845   | 0,593   | 0,599   | 0,193   |
| PCB 55                | 0,013   | < 0,010 | 0,011   | 0,008   | 0,009   | 0,005   |
| PCB 56 / 60           | 0,468   | 0,542   | 0,579   | 0,399   | 0,391   | 0,133   |
| PCB 79                | 0,002   | < 0,006 | < 0,006 | < 0,002 | < 0,003 | < 0,001 |
| PCB 78                | < 0,004 | < 0,003 | < 0,011 | 0,02    | < 0,007 | < 0,004 |
| PCB 81                | < 0,001 | < 0,006 | < 0,006 | < 0,001 | < 0,002 | < 0,002 |
| PCB 77                | 0,031   | 0,033   | 0,031   | 0,027   | 0,033   | 0,010   |
| Summe TetraCB         | 12,136  | 11,921  | 14,557  | 10,518  | 10,695  | 1,729   |

|                            | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 104                    | < 0,001 | < 0,002 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | 0,001   |
| PCB 96                     | 0,017   | 0,015   | 0,023   | 0,018   | 0,017   | < 0,000 |
| PCB 103                    | 0,017   | 0,017   | 0,02    | 0,015   | 0,016   | < 0,001 |
| PCB 100                    | 0,008   | 0,007   | 0,007   | 0,015   | 0,014   | 0,002   |
| PCB 94                     | 0,013   | 0,01    | 0,009   | 0,009   | 0,009   | 0,003   |
| PCB 93 / 95 / 98<br>/ 102  | 2,445   | 2,743   | 2,995   | 2,111   | 1,943   | 0,569   |
| PCB 88                     | < 0,002 | < 0,005 | < 0,001 | < 0,003 | < 0,002 | < 0,002 |
| PCB 91 / 121               | 0,163   | 0,195   | 0,188   | 0,14    | 0,139   | 0,042   |
| PCB 92                     | 0,323   | 0,357   | 0,387   | 0,282   | 0,257   | 0,072   |
| PCB 84                     | 0,323   | 0,415   | 0,454   | 0,318   | 0,29    | 0,091   |
| PCB 89 / 90 /<br>101       | 2,239   | 2,715   | 3,097   | 1,949   | 1,751   | 0,496   |
| PCB 113                    | < 0,001 | < 0,003 | 0,006   | 0,006   | < 0,004 | < 0,002 |
| PCB 99                     | 0,455   | 0,498   | 0,587   | 0,439   | 0,409   | 0,126   |
| PCB 112 / 119              | 0,023   | 0,02    | 0,026   | 0,021   | 0,022   | 0,007   |
| PCB 109 / 83               | 0,04    | 0,045   | 0,046   | 0,037   | 0,036   | 0,012   |
| PCB 86 / 97 /<br>117 / 125 | 0,278   | 0,286   | 0,322   | 0,259   | 0,242   | 0,074   |
| PCB 116                    | < 0,001 | < 0,004 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,002 |
| PCB 87 / 115               | 0,386   | 0,44    | 0,482   | 0,371   | 0,341   | 0,098   |
| PCB 111                    | < 0,001 | < 0,003 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,000 | < 0,002 |
| PCB 85                     | 0,125   | 0,169   | 0,165   | 0,127   | 0,118   | 0,041   |
| PCB 120                    | < 0,001 | < 0,003 | < 0,001 | < 0,003 | < 0,002 | < 0,002 |
| PCB 110                    | 0,879   | 1,063   | 1,173   | 0,878   | 0,757   | 0,205   |
| PCB 82                     | 0,064   | 0,070   | 0,073   | 0,075   | 0,075   | 0,017   |
| PCB 124                    | 0,019   | 0,018   | 0,028   | 0,018   | 0,018   | 0,005   |
| PCB 107 / 108              | 0,038   | 0,043   | 0,045   | 0,032   | 0,033   | 0,009   |
| PCB 123                    | 0,012   | 0,011   | 0,011   | 0,01    | 0,008   | 0,003   |
| PCB 106 / 118              | 0,446   | 0,52    | 0,601   | 0,413   | 0,429   | 0,109   |
| PCB 114                    | < 0,003 | 0,005   | 0,005   | < 0,003 | 0,005   | < 0,001 |
| PCB 122                    | < 0,002 | < 0,003 | 0,004   | < 0,005 | < 0,002 | < 0,002 |
| PCB 105 / 127              | 0,160   | 0,137   | 0,234   | 0,130   | 0,146   | 0,046   |
| PCB 126                    | < 0,007 | 0,004   | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,001 |
| Summe PentaCB              | 8,47    | 9,806   | 10,986  | 7,673   | 7,074   | 2,026   |
| PCB 155                    | 0,002   | < 0,003 | 0,003   | < 0,002 | 0,005   | 0,002   |
| PCB 150                    | 0,005   | < 0,004 | 0,009   | 0,007   | < 0,004 | < 0,003 |
| PCB 152                    | < 0,001 | < 0,004 | < 0,002 | < 0,004 | < 0,002 | < 0,001 |

|                        | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 145                | < 0,001 | < 0,004 | < 0,002 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,000 |
| PCB 136 / 148          | 0,352   | 0,857   | 0,802   | 0,602   | 0,316   | 0,265   |
| PCB 154                | 0,019   | 0,038   | 0,038   | 0,03    | 0,018   | < 0,012 |
| PCB 151                | 0,675   | 1,507   | 1,49    | 1,081   | 0,569   | 0,446   |
| PCB 135                | 0,314   | 0,671   | 0,655   | 0,47    | 0,267   | 0,195   |
| PCB 144                | 0,116   | 0,237   | 0,229   | 0,168   | 0,09    | 0,065   |
| PCB 147                | 0,021   | 0,053   | 0,059   | 0,056   | 0,027   | 0,023   |
| PCB 139 / 149          | 1,654   | 1,923   | 2,043   | 1,250   | 1,094   | 0,343   |
| PCB 140                | < 0,008 | < 0,006 | < 0,003 | < 0,005 | < 0,004 | < 0,001 |
| PCB 143                | < 0,007 | < 0,006 | < 0,003 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,001 |
| PCB 134                | 0,074   | 0,095   | 0,093   | 0,061   | 0,056   | 0,020   |
| PCB 131 / 133 /<br>142 | 0,046   | 0,050   | 0,052   | 0,029   | 0,030   | 0,010   |
| PCB 165                | < 0,006 | < 0,005 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,001 |
| PCB 146                | 0,213   | 0,245   | 0,251   | 0,16    | 0,146   | 0,039   |
| PCB 132 / 161          | 0,341   | 0,405   | 0,414   | 0,283   | 0,240   | 0,083   |
| PCB 153 / 168          | 1,236   | 1,488   | 1,710   | 1,006   | 0,912   | 0,257   |
| PCB 141                | 0,271   | 0,33    | 0,330   | 0,183   | 0,173   | 0,057   |
| PCB 137                | 0,026   | 0,033   | 0,040   | 0,025   | 0,026   | 0,007   |
| PCB 130                | 0,057   | 0,074   | 0,054   | 0,057   | 0,059   | 0,013   |
| PCB 163 / 164          | 0,282   | 0,37    | 0,305   | 0,185   | 0,179   | 0,046   |
| PCB 138                | 0,838   | 1,086   | 1,204   | 0,760   | 0,682   | 0,194   |
| PCB 158 / 160          | 0,100   | 0,141   | 0,136   | 0,086   | 0,081   | 0,024   |
| PCB 129                | 0,016   | 0,010   | 0,022   | 0,016   | 0,016   | 0,007   |
| PCB 166                | 0,002   | < 0,007 | < 0,002 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,000 |
| PCB 159                | < 0,001 | < 0,008 | < 0,002 | < 0,000 | < 0,001 | < 0,000 |
| PCB 128 / 162          | 0,048   | 0,078   | 0,065   | 0,045   | 0,044   | 0,015   |
| PCB 167                | 0,025   | 0,038   | 0,029   | 0,022   | 0,021   | 0,007   |
| PCB 156                | 0,033   | 0,049   | 0,037   | 0,029   | 0,033   | 0,013   |
| PCB 157                | 0,003   | 0,004   | < 0,002 | < 0,003 | < 0,005 | 0,002   |
| PCB 169                | < 0,001 | < 0,008 | < 0,002 | < 0,000 | < 0,001 | < 0,000 |
| Summe HexaCB           | 6,772   | 9,782   | 10,07   | 6,609   | 5,086   | 2,132   |
| PCB 188                | < 0,001 | < 0,005 | < 0,002 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| PCB 184                | < 0,002 | < 0,005 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,001 |
| PCB 179                | 0,162   | 0,362   | 0,326   | 0,227   | 0,134   | 0,095   |
| PCB 176                | 0,042   | 0,099   | 0,089   | 0,065   | 0,034   | 0,032   |

|               | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 186       | < 0,001 | < 0,006 | < 0,002 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| PCB 178       | 0,062   | 0,139   | 0,133   | 0,081   | 0,050   | 0,036   |
| PCB 175       | 0,013   | 0,030   | 0,022   | 0,013   | 0,011   | 0,007   |
| PCB 182 / 187 | 0,299   | 0,707   | 0,599   | 0,378   | 0,230   | < 0,001 |
| PCB 183       | 0,128   | 0,165   | 0,166   | 0,103   | 0,101   | 0,022   |
| PCB 185       | 0,02    | 0,029   | 0,027   | 0,017   | 0,016   | 0,004   |
| PCB 174       | 0,175   | 0,272   | 0,241   | 0,152   | 0,148   | 0,043   |
| PCB 181       | < 0,001 | 0,004   | < 0,002 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,000 |
| PCB 177       | 0,085   | 0,138   | 0,118   | 0,087   | 0,078   | 0,023   |
| PCB 171       | 0,043   | 0,068   | 0,059   | 0,039   | 0,039   | 0,013   |
| PCB 173       | 0,004   | 0,007   | 0,005   | < 0,003 | < 0,002 | 0,001   |
| PCB 172       | 0,022   | 0,035   | 0,027   | 0,019   | 0,018   | 0,006   |
| PCB 192       | < 0,001 | < 0,005 | < 0,002 | < 0,000 | < 0,001 | < 0,000 |
| PCB 180       | 0,272   | 0,376   | 0,328   | 0,228   | 0,218   | 0,078   |
| PCB 193       | 0,008   | 0,017   | 0,022   | 0,009   | 0,008   | 0,003   |
| PCB 191       | 0,005   | < 0,004 | 0,004   | < 0,003 | < 0,003 | 0,001   |
| PCB 170       | 0,082   | 0,123   | 0,104   | 0,081   | 0,074   | 0,03    |
| PCB 190       | 0,018   | 0,024   | 0,023   | 0,012   | 0,012   | 0,005   |
| PCB 189       | < 0,003 | < 0,006 | < 0,007 | < 0,002 | < 0,003 | 0,002   |
| Summe HeptaCB | 1,442   | 2,592   | 2,295   | 1,513   | 1,168   | 0,404   |
| PCB 202       | 0,011   | 0,017   | 0,017   | 0,013   | 0,013   | < 0,004 |
| PCB 200       | 0,009   | < 0,007 | 0,011   | 0,008   | 0,009   | 0,004   |
| PCB 204       | < 0,000 | < 0,008 | < 0,003 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,000 |
| PCB 197       | 0,003   | < 0,007 | 0,004   | < 0,002 | < 0,003 | 0,001   |
| PCB 199       | 0,005   | 0,015   | 0,01    | 0,009   | 0,007   | < 0,004 |
| PCB 198 / 201 | 0,029   | 0,069   | 0,062   | 0,040   | 0,027   | 0,028   |
| PCB 196 / 203 | 0,031   | 0,069   | 0,064   | 0,035   | 0,027   | 0,024   |
| PCB 195       | 0,009   | 0,009   | < 0,030 | < 0,005 | < 0,006 | 0,004   |
| PCB 194       | 0,013   | 0,015   | < 0,027 | 0,011   | 0,011   | 0,009   |
| PCB 205       | < 0,001 | < 0,002 | < 0,020 | < 0,000 | < 0,001 | 0,001   |
| Summe OctaCB  | 0,110   | 0,196   | 0,168   | 0,116   | 0,093   | 0,07    |
| PCB 208       | < 0,003 | < 0,011 | < 0,003 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,001 |
| PCB 207       | < 0,003 | < 0,010 | < 0,003 | < 0,002 | < 0,001 | < 0,000 |
| PCB 206       | < 0,004 | < 0,021 | < 0,011 | < 0,012 | < 0,006 | 0,014   |
| Summe NonaCB  | < 0,003 | < 0,010 | < 0,003 | < 0,002 | < 0,001 | 0,014   |

|            | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 209    | 0,005   | < 0,015 | < 0,007 | 0,006   | 0,006   | < 0,003 |
| Summe Deca | 0,005   | < 0,015 | < 0,007 | 0,006   | 0,006   | < 0,003 |

|              | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 1        | 0,339   | 0,667   | n.a.    | 0,113   | 0,119   | 0,130   |
| PCB 2        | 1,830   | 2,801   | n.a.    | 0,426   | 0,446   | 0,529   |
| PCB 3        | 0,920   | 1,960   | n.a.    | 0,334   | 0,406   | 0,380   |
| Summe MonoCB | 3,086   | 5,434   | n.a.    | 0,872   | 0,972   | 1,037   |
| PCB 10       | 0,040   | 0,025   | n.a.    | < 0,016 | 0,023   | 0,018   |
| PCB 4        | < 0,274 | 1,947   | n.a.    | 0,596   | 0,756   | 0,894   |
| PCB 9        | 0,082   | 0,146   | n.a.    | 0,05    | 0,038   | 0,095   |
| PCB 7        | 0,073   | 0,139   | n.a.    | 0,043   | 0,055   | 0,063   |
| PCB 6        | 0,132   | 0,491   | n.a.    | 0,231   | 0,177   | 0,443   |
| PCB 5 / 8    | 1,224   | 2,360   | n.a.    | 1,314   | 2,66    | 3,434   |
| PCB 14       | < 0,019 | 0,050   | n.a.    | < 0,010 | < 0,012 | 0,026   |
| PCB 11       | 4,437   | 6,355   | 8,828   | 3,400   | 4,294   | 9,155   |
| PCB 12 / 13  | 0,222   | 0,410   | 0,548   | 0,112   | 0,180   | 0,247   |
| PCB 15       | 0,216   | 0,290   | 0,601   | 0,137   | 0,392   | 0,556   |
| Summe DiCB   | 6,448   | 12,202  | 9,945   | 5,906   | 8,571   | 14,923  |
| PCB 19       | < 0,013 | 0,218   | < 0,012 | 0,101   | < 0,038 | 0,540   |
| PCB 30       | < 0,008 | < 0,007 | < 0,008 | < 0,004 | < 0,012 | < 0,008 |
| PCB 18       | < 0,003 | 1,534   | < 0,003 | 0,718   | 12,415  | 5,927   |
| PCB 17       | < 0,003 | 0,577   | < 0,003 | 0,270   | 4,595   | 2,000   |
| PCB 24       | < 0,003 | 0,026   | < 0,003 | 0,011   | 0,187   | 0,080   |
| PCB 27       | < 0,003 | 0,078   | < 0,003 | 0,037   | 0,596   | 0,271   |
| PCB 32       | 0,339   | 0,260   | 0,558   | 0,668   | 0,773   | 0,683   |
| PCB 16       | 0,405   | 0,389   | 0,675   | 0,949   | 0,672   | 0,937   |
| PCB 23       | 0,005   | < 0,007 | 0,011   | 0,011   | 0,006   | 0,008   |
| PCB 34       | 0,006   | < 0,007 | 0,014   | 0,013   | 0,008   | 0,009   |
| PCB 29       | 0,015   | 0,015   | 0,029   | < 0,006 | 0,024   | 0,021   |
| PCB 26       | 0,161   | 0,134   | 0,298   | 0,33    | 0,313   | 0,297   |
| PCB 25       | 0,074   | 0,066   | 0,136   | 0,139   | 0,144   | 0,131   |
| PCB 31       | 0,871   | 0,700   | 1,548   | 1,816   | 2,001   | 2,006   |
| PCB 28       | 0,981   | 0,753   | 1,803   | 1,943   | 2,461   | 2,223   |
| PCB 21       | < 0,003 | < 0,007 | 0,018   | < 0,007 | 0,024   | 0,015   |

|                       | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 20 / 33           | 0,543   | 0,441   | 0,846   | 1,032   | 1,202   | 1,117   |
| PCB 22                | n.a.    | 0,195   | n.a.    | 0,602   | 0,627   | 0,572   |
| PCB 36                | 0,009   | < 0,007 | 0,022   | 0,030   | 0,014   | 0,015   |
| PCB 39                | 0,013   | 0,013   | 0,029   | 0,043   | 0,023   | 0,021   |
| PCB 38                | 0,011   | 0,017   | 0,02    | 0,025   | 0,014   | 0,006   |
| PCB 35                | 0,036   | 0,035   | 0,069   | 0,086   | 0,052   | 0,051   |
| PCB 37                | n.a.    | 0,073   | n.a.    | 0,211   | 0,195   | 0,162   |
| Summe TriCB           | 3,467   | 5,534   | 6,063   | 9,053   | 26,332  | 17,093  |
| PCB 54                | 0,005   | < 0,008 | 0,019   | 0,005   | 0,008   | 0,014   |
| PCB 50                | 0,006   | < 0,007 | 0,017   | < 0,003 | 0,009   | 0,010   |
| PCB 53                | 0,122   | 0,176   | 0,469   | 0,109   | 0,298   | 0,485   |
| PCB 51                | 0,082   | 0,247   | 0,296   | 0,076   | 0,270   | 0,397   |
| PCB 45                | n.a.    | 0,153   | n.a.    | 0,099   | 0,297   | 0,484   |
| PCB 46                | 0,047   | 0,042   | 0,103   | 0,114   | 0,095   | 0,103   |
| PCB 52 / 69 / 73      | 0,81    | 0,588   | 1,649   | 1,96    | 1,454   | 1,746   |
| PCB 43 / 49           | 0,475   | 0,355   | 0,989   | 1,165   | 0,923   | 1,037   |
| PCB 47 / 48 / 65 / 75 | 0,579   | 0,663   | 1,266   | 1,496   | 1,144   | 1,17    |
| PCB 62                | < 0,003 | < 0,007 | 0,005   | 0,006   | 0,004   | < 0,003 |
| PCB 44                | 0,484   | 0,331   | 0,920   | 1,071   | 0,853   | 1,000   |
| PCB 59                | 0,026   | 0,026   | 0,051   | 0,080   | 0,070   | 0,059   |
| PCB 42                | 0,123   | 0,092   | 0,232   | 0,286   | 0,235   | 0,252   |
| PCB 64 / 71 / 72      | 0,304   | 0,213   | n.a.    | 0,729   | 0,632   | 0,720   |
| PCB 41                | n.a.    | 0,032   | n.a.    | 0,115   | 0,083   | 0,066   |
| PCB 68                | n.a.    | 0,042   | n.a.    | 0,139   | 0,073   | 0,099   |
| PCB 40 / 57           | 0,051   | 0,061   | 0,157   | 0,038   | 0,092   | 0,159   |
| PCB 67                | 0,015   | 0,018   | 0,048   | 0,009   | 0,023   | 0,041   |
| PCB 58 / 63           | 0,016   | 0,018   | 0,05    | 0,012   | 0,028   | 0,049   |
| PCB 61 / 74           | 0,193   | 0,233   | 0,569   | 0,162   | 0,373   | 0,656   |
| PCB 70                | 0,343   | 0,375   | 1,042   | 0,296   | 0,658   | 1,175   |
| PCB 76                | 0,009   | 0,010   | 0,025   | < 0,003 | < 0,003 | 0,023   |
| PCB 66 / 80           | 0,183   | 0,276   | 0,445   | 0,189   | 0,464   | 0,762   |
| PCB 55                | 0,008   | 0,007   | 0,020   | 0,004   | 0,009   | 0,022   |
| PCB 56 / 60           | 0,158   | 0,203   | 0,469   | 0,132   | 0,330   | 0,502   |
| PCB 79                | < 0,003 | < 0,007 | 0,005   | < 0,003 | 0,005   | < 0,003 |
| PCB 78                | 0,005   | < 0,007 | 0,01    | < 0,003 | 0,012   | 0,008   |
| PCB 81                | 0,004   | < 0,007 | 0,009   | < 0,004 | 0,006   | 0,005   |

|                            | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 77                     | 0,015   | 0,016   | 0,025   | 0,038   | 0,025   | 0,029   |
| Summe TetraCB              | 4,062   | 4,181   | 8,881   | 8,335   | 8,483   | 11,06   |
| PCB 104                    | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 96                     | 0,009   | 0,011   | n.a.    | 0,006   | 0,014   | 0,029   |
| PCB 103                    | n.a.    | < 0,007 | n.a.    | < 0,003 | 0,013   | 0,027   |
| PCB 100                    | 0,004   | < 0,007 | 0,018   | 0,006   | 0,009   | 0,01    |
| PCB 94                     | 0,005   | 0,009   | 0,017   | 0,007   | 0,007   | 0,014   |
| PCB 93 / 95 / 98<br>/ 102  | 0,661   | 0,833   | 2,446   | 0,574   | 1,153   | 2,667   |
| PCB 88                     | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 91 / 121               | 0,056   | 0,032   | 0,114   | 0,141   | 0,108   | 0,117   |
| PCB 92                     | 0,101   | 0,076   | 0,218   | 0,265   | 0,17    | 0,220   |
| PCB 84                     | 0,117   | 0,079   | 0,225   | 0,303   | 0,209   | 0,246   |
| PCB 89 / 90 /<br>101       | 0,667   | 0,475   | 1,377   | 1,722   | 1,153   | 1,402   |
| PCB 113                    | < 0,003 | < 0,007 | 0,004   | 0,007   | 0,005   | 0,004   |
| PCB 99                     | 0,170   | 0,106   | 0,300   | 0,427   | 0,304   | 0,333   |
| PCB 112 / 119              | 0,007   | 0,008   | 0,020   | 0,026   | 0,018   | 0,017   |
| PCB 109 / 83               | 0,013   | 0,007   | 0,024   | 0,009   | 0,020   | 0,019   |
| PCB 86 / 97 /<br>117 / 125 | 0,079   | 0,038   | 0,146   | 0,051   | 0,146   | 0,122   |
| PCB 116                    | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 87 / 115               | 0,106   | 0,057   | 0,191   | 0,073   | 0,222   | 0,167   |
| PCB 111                    | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 85                     | 0,043   | 0,021   | 0,060   | 0,019   | 0,091   | 0,064   |
| PCB 120                    | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 110                    | 0,219   | 0,117   | 0,419   | 0,157   | 0,468   | 0,357   |
| PCB 82                     | n.a.    | 0,011   | n.a.    | 0,008   | 0,037   | 0,029   |
| PCB 124                    | 0,007   | < 0,007 | 0,016   | 0,020   | 0,013   | 0,017   |
| PCB 107 / 108              | 0,015   | 0,012   | 0,032   | 0,039   | 0,026   | 0,032   |
| PCB 123                    | 0,004   | < 0,007 | 0,006   | 0,008   | 0,005   | 0,008   |
| PCB 106 / 118              | 0,154   | 0,125   | 0,305   | 0,378   | 0,283   | 0,297   |
| PCB 114                    | 0,004   | < 0,007 | 0,009   | < 0,003 | 0,005   | 0,011   |
| PCB 122                    | 0,006   | < 0,007 | 0,015   | 0,006   | 0,012   | 0,012   |
| PCB 105 / 127              | 0,044   | 0,022   | 0,104   | 0,041   | 0,087   | 0,135   |
| PCB 126                    | < 0,003 | < 0,007 | 0,005   | < 0,003 | < 0,003 | 0,004   |
| Summe PentaCB              | 2,491   | 2,040   | 6,063   | 4,289   | 4,595   | 6,350   |
| PCB 155                    | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | 0,005   | < 0,003 | 0,008   |

|                     | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 150             | < 0,003 | < 0,007 | 0,009   | < 0,003 | < 0,003 | 0,005   |
| PCB 152             | < 0,003 | < 0,007 | 0,006   | < 0,003 | < 0,003 | 0,005   |
| PCB 145             | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 136 / 148       | 0,146   | 0,193   | 0,734   | 0,181   | 0,396   | 0,411   |
| PCB 154             | < 0,003 | < 0,014 | 0,015   | < 0,003 | < 0,003 | 0,017   |
| PCB 151             | 0,244   | 0,345   | 1,244   | 0,278   | 0,729   | 0,725   |
| PCB 135             | 0,117   | 0,177   | 0,654   | 0,135   | 0,338   | 0,318   |
| PCB 144             | 0,044   | 0,039   | 0,213   | 0,043   | 0,113   | 0,100   |
| PCB 147             | n.a.    | < 0,007 | n.a.    | 0,01    | 0,012   | 0,015   |
| PCB 139 / 149       | 0,384   | 0,304   | 0,984   | 0,999   | 0,817   | 0,841   |
| PCB 140             | < 0,003 | < 0,007 | 0,005   | < 0,005 | 0,009   | 0,008   |
| PCB 143             | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | 0,004   |
| PCB 134             | 0,019   | 0,013   | 0,055   | 0,059   | 0,053   | 0,052   |
| PCB 131 / 133 / 142 | 0,01    | < 0,007 | 0,032   | 0,018   | 0,031   | 0,031   |
| PCB 165             | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 146             | 0,044   | 0,044   | 0,111   | 0,135   | 0,050   | 0,131   |
| PCB 132 / 161       | 0,089   | 0,074   | 0,235   | 0,230   | 0,220   | 0,215   |
| PCB 153 / 168       | 0,301   | 0,279   | 0,787   | 0,883   | 0,702   | 0,736   |
| PCB 141             | 0,062   | 0,054   | 0,194   | 0,195   | 0,172   | 0,154   |
| PCB 137             | 0,007   | < 0,007 | 0,018   | 0,026   | 0,014   | 0,016   |
| PCB 130             | 0,017   | 0,011   | 0,039   | 0,037   | 0,029   | 0,037   |
| PCB 163 / 164       | 0,069   | 0,068   | 0,180   | 0,133   | 0,081   | 0,128   |
| PCB 138             | 0,223   | 0,234   | 0,596   | 0,696   | 0,583   | 0,54    |
| PCB 158 / 160       | 0,028   | 0,028   | 0,067   | 0,081   | 0,061   | 0,058   |
| PCB 129             | 0,006   | < 0,007 | n.a.    | 0,017   | < 0,003 | 0,011   |
| PCB 166             | < 0,003 | < 0,007 | 0,004   | < 0,003 | 0,003   | 0,005   |
| PCB 159             | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 128 / 162       | 0,015   | 0,011   | 0,034   | 0,011   | 0,037   | 0,025   |
| PCB 167             | 0,007   | 0,012   | 0,028   | 0,018   | 0,019   | 0,019   |
| PCB 156             | 0,015   | 0,022   | 0,041   | 0,030   | 0,025   | 0,022   |
| PCB 157             | < 0,003 | < 0,007 | 0,007   | < 0,003 | 0,005   | 0,004   |
| PCB 169             | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| Summe HexaCB        | 1,846   | 1,914   | 6,275   | 4,217   | 4,507   | 4,641   |
| PCB 188             | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 184             | < 0,003 | < 0,007 | 0,004   | < 0,003 | 0,004   | 0,003   |
| PCB 179             | 0,063   | 0,119   | 0,332   | 0,082   | 0,255   | 0,184   |

|               | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 176       | 0,016   | 0,023   | 0,094   | 0,023   | 0,065   | 0,045   |
| PCB 186       | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 178       | 0,021   | 0,028   | 0,143   | 0,025   | 0,097   | 0,073   |
| PCB 175       | 0,006   | < 0,007 | 0,033   | < 0,003 | < 0,003 | 0,015   |
| PCB 182 / 187 | 0,082   | 0,233   | n.a.    | < 0,003 | < 0,003 | 0,339   |
| PCB 183       | 0,036   | 0,041   | 0,114   | 0,086   | 0,076   | 0,088   |
| PCB 185       | 0,005   | < 0,007 | 0,019   | 0,017   | 0,013   | 0,014   |
| PCB 174       | 0,053   | 0,066   | 0,17    | 0,132   | 0,122   | 0,117   |
| PCB 181       | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | 0,003   | < 0,003 |
| PCB 177       | 0,03    | 0,037   | 0,094   | 0,07    | 0,056   | 0,057   |
| PCB 171       | 0,016   | 0,02    | 0,048   | 0,033   | 0,037   | 0,032   |
| PCB 173       | < 0,003 | < 0,007 | 0,005   | < 0,003 | 0,003   | 0,005   |
| PCB 172       | 0,008   | 0,008   | 0,027   | 0,02    | 0,017   | 0,017   |
| PCB 192       | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 180       | 0,089   | 0,153   | 0,336   | 0,203   | 0,215   | 0,181   |
| PCB 193       | < 0,003 | < 0,007 | 0,011   | 0,009   | 0,007   | 0,005   |
| PCB 191       | < 0,003 | < 0,007 | 0,005   | 0,009   | 0,004   | < 0,003 |
| PCB 170       | 0,031   | 0,101   | 0,211   | 0,029   | 0,071   | 0,095   |
| PCB 190       | 0,005   | 0,018   | 0,033   | 0,006   | 0,015   | 0,021   |
| PCB 189       | < 0,003 | < 0,007 | 0,007   | < 0,003 | 0,003   | < 0,003 |
| Summe HeptaCB | 0,460   | 0,847   | 1,686   | 0,745   | 1,065   | 1,291   |
| PCB 202       | 0,007   | 0,012   | 0,02    | 0,005   | 0,011   | 0,013   |
| PCB 200       | < 0,003 | < 0,007 | 0,014   | < 0,003 | 0,006   | 0,011   |
| PCB 204       | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| PCB 197       | < 0,003 | < 0,007 | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 | 0,004   |
| PCB 199       | < 0,003 | 0,012   | 0,016   | < 0,003 | 0,007   | 0,009   |
| PCB 198 / 201 | 0,016   | 0,063   | 0,093   | 0,017   | 0,050   | 0,037   |
| PCB 196 / 203 | 0,016   | 0,065   | 0,099   | 0,02    | 0,052   | 0,043   |
| PCB 195       | 0,004   | 0,016   | 0,026   | < 0,003 | 0,009   | 0,008   |
| PCB 194       | 0,008   | 0,038   | 0,062   | 0,005   | 0,016   | 0,027   |
| PCB 205       | < 0,003 | < 0,007 | 0,004   | < 0,003 | < 0,003 | < 0,003 |
| Summe OctaCB  | 0,05    | 0,206   | 0,335   | 0,047   | 0,152   | 0,152   |
| PCB 208       | < 0,003 | < 0,013 | 0,007   | < 0,006 | 0,003   | < 0,004 |
| PCB 207       | < 0,003 | < 0,010 | < 0,003 | < 0,004 | < 0,003 | 0,005   |
| PCB 206       | < 0,003 | < 0,007 | 0,005   | < 0,003 | 0,005   | < 0,003 |
| Summe NonaCB  | < 0,003 | < 0,007 | 0,011   | < 0,003 | 0,008   | 0,005   |

---

|            | <b>Dez. 18</b> | <b>Jan. 19</b> | <b>Feb. 19</b> | <b>Mrz. 19</b> | <b>Apr. 19</b> | <b>Mai. 19</b> |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| PCB 209    | < 0,003        | 0,010          | 0,017          | < 0,003        | 0,006          | 0,007          |
| Summe Deca | < 0,003        | 0,010          | 0,017          | < 0,003        | 0,006          | 0,007          |

## A.6 Messwerte Deposition

**Tabelle 51: TEQ-Werte der PCDD/F-Depositionen (pg TEQ/m<sup>2</sup>d), Messstation Waldhof**

|  | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F TEQ exkl. BG         | 0,00    | 0,07    | 0,06    | 0,10    | 0,03    | 0,07    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F TEQ inkl. 1/2 BG     | 0,06    | 0,15    | 0,14    | 0,21    | 0,16    | 0,25    |
| WHO <sub>2005</sub> --PCDD/F TEQ inkl. BG        | 0,11    | 0,22    | 0,23    | 0,33    | 0,28    | 0,44    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ exkl. BG            | 0,000   | 0,002   | 0,000   | 0,001   | 0,000   | 0,000   |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. 1/2 BG        | 0,04    | 0,06    | 0,41    | 0,03    | 0,03    | 0,03    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. BG            | 0,08    | 0,12    | 0,82    | 0,06    | 0,06    | 0,05    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ exkl. BG     | 0,00    | 0,07    | 0,06    | 0,10    | 0,03    | 0,07    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. 1/2 BG | 0,10    | 0,21    | 0,56    | 0,24    | 0,19    | 0,28    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. BG     | 0,19    | 0,34    | 1,05    | 0,39    | 0,34    | 0,49    |
|  | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 | Jun. 19 |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F TEQ exkl. BG         | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 0,14    | 0,14    | 0,03    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F TEQ inkl. 1/2 BG     | 0,17    | 0,26    | 0,40    | 0,26    | 0,26    | 0,08    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F TEQ inkl. BG         | 0,32    | 0,52    | 0,81    | 0,38    | 0,38    | 0,13    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ exkl. BG            | 0,000   | 0,001   | 0,000   | 0,004   | 0,006   | 0,008   |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. 1/2 BG        | 0,18    | 0,19    | 0,18    | 0,20    | 0,20    | 0,18    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. BG            | 0,36    | 0,39    | 0,36    | 0,40    | 0,40    | 0,35    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ exkl. BG     | 0,01    | 0,00    | 0,00    | 0,14    | 0,14    | 0,04    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. 1/2 BG | 0,35    | 0,45    | 0,58    | 0,46    | 0,46    | 0,26    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. BG     | 0,68    | 0,90    | 1,17    | 0,78    | 0,78    | 0,48    |

Komplettverlust der Probe Waldhof Dezember 2018. Dafür Ersatzprobe Juni 2019.

**Tabelle 52: TEQ-Werte der PCDD/F-Depositionen (pg TEQ/m<sup>2</sup>d), Messstation Schmücke**

|  | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F TEQ exkl. BG         | 0,00    | 0,00    | 0,01    | 0,03    | 0,12    | 0,55    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F TEQ inkl. 1/2 BG     | 0,07    | 0,12    | 0,52    | 0,17    | 0,26    | 0,58    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F TEQ inkl. BG         | 0,14    | 0,24    | 1,04    | 0,30    | 0,40    | 0,61    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ exkl. BG            | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,01    | 0,00    | 0,00    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. 1/2 BG        | 0,05    | 0,09    | 0,17    | 0,06    | 0,03    | 0,03    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. BG            | 0,10    | 0,18    | 0,34    | 0,11    | 0,07    | 0,05    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ exkl. BG     | 0,00    | 0,01    | 0,01    | 0,04    | 0,12    | 0,55    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. 1/2 BG | 0,12    | 0,21    | 0,69    | 0,23    | 0,30    | 0,61    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. BG     | 0,24    | 0,42    | 1,37    | 0,41    | 0,47    | 0,67    |
|  | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F TEQ exkl. BG         | 0,07    | 0,67    | 0,20    | 0,04    | 0,14    | 0,00    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F TEQ inkl. 1/2 BG     | 0,48    | 0,69    | 0,47    | 0,61    | 0,24    | 0,13    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F TEQ inkl. BG         | 0,89    | 0,71    | 0,74    | 1,18    | 0,34    | 0,27    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ exkl. BG            | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCB TEQ inkl. 1/2 BG        | 0,21    | 0,43    | 0,20    | 0,26    | 0,17    | 0,40    |
| WHO <sub>2005</sub> --PCB TEQ inkl. BG           | 0,41    | 0,86    | 0,40    | 0,52    | 0,33    | 0,79    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ exkl. BG     | 0,07    | 0,67    | 0,20    | 0,04    | 0,14    | 0,00    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. 1/2 BG | 0,69    | 1,12    | 0,66    | 0,87    | 0,41    | 0,53    |
| WHO <sub>2005</sub> -PCDD/F+PCB TEQ inkl. BG     | 1,30    | 1,56    | 1,13    | 1,70    | 0,67    | 1,06    |

**Tabelle 53: Depositionen der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Waldhof**

|      | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| TeD1 | < 0,02  | < 0,02  | < 0,01  | < 0,06  | < 0,03  | < 0,09  |
| PeD1 | < 0,04  | < 0,04  | < 0,06  | < 0,11  | < 0,10  | < 0,08  |
| HxD1 | < 0,07  | < 0,14  | < 0,05  | < 0,13  | < 0,07  | < 0,23  |
| HxD2 | < 0,03  | < 0,14  | < 0,07  | < 0,14  | < 0,14  | < 0,25  |
| HxD3 | < 0,06  | < 0,11  | < 0,04  | < 0,11  | < 0,11  | < 0,19  |
| HpD1 | < 0,76  | < 0,86  | 1,15    | 0,85    | 1,13    | 1,56    |
| OcD  | < 2,36  | < 2,67  | 5,22    | 3,62    | 4,16    | 3,97    |
| TeF1 | < 0,02  | 0,15    | 0,19    | 0,18    | < 0,10  | < 0,17  |
| PeF1 | < 0,02  | < 0,09  | < 0,11  | 0,1     | < 0,07  | < 0,10  |
| PeF2 | < 0,02  | 0,14    | < 0,12  | 0,13    | < 0,14  | < 0,22  |
| HxF1 | < 0,04  | < 0,22  | < 0,22  | < 0,21  | < 0,15  | 0,23    |
| HxF2 | < 0,03  | < 0,11  | 0,14    | 0,1     | 0,14    | < 0,22  |
| HxF3 | < 0,05  | < 0,06  | < 0,05  | 0,11    | < 0,19  | < 0,11  |
| HxF4 | < 0,03  | 0,10    | < 0,14  | < 0,04  | < 0,05  | 0,23    |
| HpF1 | < 0,14  | 0,46    | 1,23    | 0,53    | 0,51    | 0,57    |
| HpF2 | < 0,02  | < 0,04  | < 0,19  | < 0,31  | < 0,08  | < 0,12  |
| OcF  | < 0,33  | 0,42    | 13,13   | 0,69    | < 0,58  | < 0,49  |
|      | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 | Jun. 19 |
| TeD1 | < 0,06  | < 0,16  | < 0,16  | < 0,02  | < 0,02  | < 0,05  |
| PeD1 | < 0,11  | < 0,20  | < 0,21  | < 0,17  | < 0,17  | < 0,00  |
| HxD1 | < 0,11  | < 0,13  | < 0,42  | < 0,13  | < 0,13  | < 0,00  |
| HxD2 | < 0,10  | < 0,13  | < 0,42  | 0,14    | 0,14    | < 0,03  |
| HxD3 | < 0,10  | < 0,12  | < 0,42  | < 0,10  | < 0,10  | < 0,02  |
| HpD1 | 0,93    | < 0,45  | < 0,42  | 1,28    | 1,28    | < 0,24  |
| OcD  | 2,21    | < 2,35  | < 2,56  | 3,87    | 3,86    | < 1,30  |
| TeF1 | < 0,11  | < 0,27  | < 0,28  | 0,18    | 0,18    | < 0,13  |
| PeF1 | < 0,16  | < 0,14  | < 0,38  | 0,12    | 0,12    | < 0,00  |
| PeF2 | < 0,22  | < 0,16  | < 0,38  | 0,16    | 0,16    | 0,11    |
| HxF1 | < 0,07  | < 0,07  | < 0,35  | < 0,20  | < 0,20  | < 0,04  |
| HxF2 | < 0,07  | < 0,08  | < 0,35  | 0,16    | 0,16    | < 0,04  |
| HxF3 | < 0,10  | < 0,11  | < 0,35  | < 0,09  | < 0,09  | < 0,05  |
| HxF4 | < 0,07  | < 0,08  | < 0,35  | 0,13    | 0,13    | < 0,04  |
| HpF1 | 0,27    | 0,22    | < 0,34  | 0,9     | 0,9     | 0,17    |
| HpF2 | < 0,06  | < 0,13  | < 0,34  | < 0,29  | < 0,29  | < 0,07  |
| OcF  | < 0,25  | < 0,26  | < 0,71  | 1,2     | 1,2     | < 0,42  |

**Tabelle 54: Depositionen der 2,3,7,8-substituierten PCDD/F (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Schmücke**

|      | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| TeD1 | < 0,04  | < 0,03  | < 0,22  | < 0,03  | < 0,08  | < 0,05  |
| PeD1 | < 0,04  | < 0,06  | < 0,36  | < 0,10  | < 0,09  | 0,17    |
| HxD1 | < 0,07  | < 0,09  | < 0,43  | < 0,07  | < 0,09  | 0,17    |
| HxD2 | < 0,08  | < 0,06  | < 0,31  | < 0,15  | 0,21    | 0,3     |
| HxD3 | < 0,06  | < 0,07  | < 0,38  | < 0,11  | 0,15    | 0,21    |
| HpD1 | < 0,21  | < 0,92  | < 0,56  | 1,20    | 2,19    | 2,81    |
| OcD  | < 2,31  | 3,37    | < 2,91  | 4,41    | 7,76    | 7,05    |
| TeF1 | < 0,05  | < 0,12  | < 0,17  | < 0,11  | 0,15    | 0,30    |
| PeF1 | < 0,03  | < 0,04  | < 0,37  | < 0,07  | < 0,06  | 0,23    |
| PeF2 | < 0,02  | < 0,09  | < 0,35  | < 0,15  | < 0,20  | 0,41    |
| HxF1 | < 0,05  | < 0,23  | < 0,39  | < 0,16  | < 0,24  | 0,39    |
| HxF2 | < 0,04  | < 0,15  | < 0,41  | 0,15    | 0,16    | 0,35    |
| HxF3 | < 0,07  | < 0,19  | < 0,57  | < 0,20  | 0,22    | < 0,11  |
| HxF4 | < 0,04  | < 0,14  | < 0,44  | < 0,05  | < 0,07  | 0,44    |
| HpF1 | < 0,14  | 0,32    | 0,87    | 0,54    | 0,72    | 1,08    |
| HpF2 | < 0,03  | < 0,04  | < 1,43  | < 0,08  | < 0,36  | < 0,24  |
| OcF  | < 0,07  | 0,4     | < 0,88  | < 0,61  | 0,94    | 0,86    |
|      | Dez, 18 | Jan, 19 | Feb, 19 | Mrz, 19 | Apr, 19 | Mai, 19 |
| TeD1 | < 0,12  | < 0,02  | < 0,17  | < 0,23  | < 0,06  | < 0,06  |
| PeD1 | < 0,18  | 0,14    | < 0,21  | < 0,30  | < 0,09  | < 0,05  |
| HxD1 | < 0,59  | 0,21    | < 0,13  | < 0,60  | < 0,11  | < 0,09  |
| HxD2 | < 0,51  | 0,47    | 0,39    | < 0,60  | 0,15    | < 0,09  |
| HxD3 | < 0,51  | 0,41    | 0,21    | < 0,60  | 0,12    | < 0,10  |
| HpD1 | 5,19    | 6,38    | 2,94    | 3,31    | 1,56    | < 0,42  |
| OcD  | 12,54   | 17,27   | 7,34    | 7,50    | 10,2    | < 0,80  |
| TeF1 | < 0,35  | 0,19    | < 0,20  | < 0,40  | < 0,24  | < 0,27  |
| PeF1 | < 0,41  | 0,15    | < 0,16  | < 0,54  | 0,10    | < 0,04  |
| PeF2 | < 0,46  | 0,39    | < 0,31  | < 0,54  | 0,18    | < 0,23  |
| HxF1 | < 0,37  | 0,56    | 0,30    | < 0,50  | < 0,16  | < 0,07  |
| HxF2 | < 0,30  | 0,52    | 0,32    | < 0,50  | 0,16    | < 0,06  |
| HxF3 | < 0,69  | < 0,12  | < 0,30  | < 0,50  | < 0,08  | < 0,09  |
| HxF4 | < 0,42  | 0,57    | 0,32    | < 0,50  | 0,14    | < 0,06  |
| HpF1 | 1,07    | 4,02    | 0,92    | 0,86    | 0,59    | < 0,13  |
| HpF2 | 0,31    | 0,5     | < 0,16  | < 0,48  | < 0,05  | < 0,09  |
| OcF  | 1,37    | 6,44    | < 0,45  | < 1,01  | < 0,52  | < 0,15  |

**Tabelle 55: Depositionen der PCDD/F-Homologengruppensummen (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Waldhof**

|       | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| S TeD | < 0,05  | 0,61    | 0,66    | 1,00    | 0,50    | 0,42    |
| S PeD | < 0,10  | < 0,11  | < 0,11  | 0,49    | < 0,11  | 0,67    |
| S HxD | < 0,10  | 0,57    | < 0,11  | 1,00    | 0,85    | 2,20    |
| S HpD | 0,80    | 1,06    | 2,40    | 1,01    | 1,28    | 2,92    |
| OcD   | < 2,36  | < 3,10  | 5,21    | 3,62    | 4,16    | 3,97    |
| S TeF | < 0,10  | 2,32    | 0,94    | 3,70    | 1,97    | 2,04    |
| S PeF | < 0,08  | 0,99    | < 0,09  | 1,6     | 0,71    | 1,73    |
| S HxF | < 0,05  | < 0,06  | 0,44    | 1,01    | 0,47    | 1,00    |
| S HpF | 0,20    | 0,46    | 1,85    | 0,72    | 0,51    | 0,69    |
| OcF   | < 0,33  | < 0,86  | 13,12   | 0,69    | < 0,58  | < 0,49  |
|       | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 | Jun. 19 |
| S TeD | 0,65    | < 0,05  | 0,87    | 1,54    | 1,54    | 0,87    |
| S PeD | < 0,09  | < 0,10  | < 0,09  | 0,33    | 0,33    | 0,14    |
| S HxD | < 0,09  | < 0,10  | < 0,09  | 1,43    | 1,43    | < 0,09  |
| S HpD | 1,56    | < 0,76  | 0,81    | 2,33    | 2,33    | < 0,68  |
| OcD   | 2,21    | < 2,35  | < 2,56  | 3,87    | 3,86    | < 1,30  |
| S TeF | 0,45    | 0,36    | 0,63    | 3,25    | 3,24    | < 0,09  |
| S PeF | 0,08    | < 0,08  | < 0,07  | 1,93    | 1,93    | 0,22    |
| S HxF | 0,21    | < 0,05  | < 0,05  | 1,37    | 1,37    | 0,07    |
| S HpF | 0,27    | 0,22    | < 0,13  | 1,38    | 1,38    | 0,17    |
| OcF   | < 0,25  | < 0,26  | < 0,71  | 1,20    | 1,20    | < 0,42  |

Komplettverlust der Probe Waldhof Dezember 2018. Dafür Ersatzprobe Juni 2019.

**Tabelle 56: Depositionen der PCDD/F-Homologengruppensummen (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Schmücke**

|       | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| S TeD | < 0,05  | 0,54    | < 0,06  | 0,53    | < 0,07  | 1,25    |
| S PeD | < 0,10  | < 0,12  | < 0,11  | < 0,12  | < 0,13  | 2,11    |
| S HxD | < 0,09  | < 0,12  | < 0,10  | 0,90    | 2,27    | 3,86    |
| S HpD | < 0,74  | 1,20    | < 0,82  | 1,35    | 2,37    | 5,16    |
| OcD   | < 2,31  | 3,37    | < 2,97  | 4,41    | 7,76    | 7,05    |
| S TeF | < 0,10  | 1,72    | 0,4     | 2,09    | 3,88    | 5,08    |
| S PeF | < 0,08  | 0,58    | < 0,08  | 0,75    | < 0,10  | 4,43    |
| S HxF | < 0,05  | < 0,07  | 0,59    | 0,50    | 1,15    | 3,16    |
| S HpF | < 0,14  | < 0,17  | 0,87    | 0,54    | 0,85    | 1,66    |
| OcF   | < 0,07  | < 0,92  | < 0,88  | < 0,61  | 0,94    | 0,86    |
|       | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| S TeD | 0,19    | 0,57    | < 0,06  | < 0,07  | 0,52    | 0,56    |
| S PeD | < 0,11  | 0,68    | < 0,10  | 0,82    | 0,78    | < 0,10  |
| S HxD | 0,91    | 4,45    | 2,17    | 2,34    | 2,22    | 0,52    |
| S HpD | 9,52    | 10,57   | 5,68    | 5,76    | 3,49    | < 0,78  |
| OcD   | 12,54   | 17,27   | 7,34    | 7,50    | 10,2    | < 0,80  |
| S TeF | 0,40    | 2,08    | < 0,10  | 0,62    | 2,90    | 0,66    |
| S PeF | 0,19    | 2,70    | < 0,08  | < 0,10  | 2,06    | 0,27    |
| S HxF | < 0,06  | 3,75    | 1,93    | < 0,07  | 1,33    | 0,19    |
| S HpF | 1,81    | 5,08    | 0,92    | 0,86    | 0,70    | < 0,15  |
| OcF   | 1,37    | 6,44    | < 0,45  | < 1,01  | < 0,52  | < 0,15  |

**Tabelle 57: Depositionen der dl-PCB (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Waldhof**

|                      | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |         |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 77               | < 1,1   | < 0,9   | < 5,3   | 9,8     | < 8,6   | < 8,0   |         |
| PCB 81               | < 0,9   | < 0,8   | < 4,8   | < 1,4   | < 0,3   | < 0,4   |         |
| PCB 105 <sup>a</sup> | < 1,4   | <17,5   | <17,5   | <16,8   | <17,0   | <15,8   |         |
| PCB 114              | < 0,7   | < 0,5   | < 5,6   | < 0,8   | < 0,4   | < 0,4   |         |
| PCB 118 <sup>b</sup> | <35,2   | 39,9    | <40,0   | <38,4   | <38,7   | <36,0   |         |
| PCB 123              | < 0,7   | < 0,7   | < 6,0   | < 0,6   | < 0,6   | < 0,4   |         |
| PCB 126              | < 0,5   | < 1,0   | < 7,2   | < 0,4   | < 0,4   | < 0,4   |         |
| PCB 156              | < 5,6   | 14,2    | 8,5     | 8,1     | < 6,1   | < 2,5   |         |
| PCB 157              | < 0,7   | 1,8     | < 2,8   | < 0,8   | < 0,5   | < 0,2   |         |
| PCB 167              | < 0,6   | 8,5     | 4,5     | < 3,3   | < 3,3   | < 1,1   |         |
| PCB 169              | < 0,8   | < 0,9   | < 3,2   | < 0,4   | < 0,4   | < 0,2   |         |
| PCB 189              | < 0,7   | < 0,9   | < 2,3   | < 1,0   | < 0,4   | < 0,5   |         |
|                      | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 | Jun. 19 |
| PCB 77               | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | 10,3    | 21,1    | 15,1    |
| PCB 81               | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | <2,7    |
| PCB 105 <sup>a</sup> | < 3,2   | <14,4   | <15,4   | <14,4   | 18,2    | 32,7    | 25,5    |
| PCB 114              | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | 3,4     | 3,6     |
| PCB 118 <sup>b</sup> | < 3,2   | <32,8   | <35,0   | <32,9   | 53,6    | 78,3    | 98,1    |
| PCB 123              | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | <2,7    |
| PCB 126              | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | <2,7    |
| PCB 156              | < 3,2   | < 2,8   | 12,5    | < 5,2   | 9,8     | 12,7    | 42,9    |
| PCB 157              | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | 4,1     |
| PCB 167              | < 3,2   | < 2,8   | 5,5     | < 2,8   | 8,6     | 6,4     | 21,7    |
| PCB 169              | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | <2,7    |
| PCB 189              | < 3,2   | < 2,8   | 3,3     | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | 8,2     |

<sup>a</sup> Coelution PCB 105 / 127, <sup>b</sup> Coelution PCB 106 / 118

**Tabelle 58: Depositionen der dl-PCB (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Schmücke**

|                      | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 77               | < 1,0   | < 0,5   | < 2,6   | 26,4    | < 9,9   | < 6,7   |
| PCB 81               | < 1,4   | < 0,5   | < 2,3   | < 0,7   | < 0,4   | < 1,0   |
| PCB 105 <sup>a</sup> | < 15,1  | < 18,7  | < 16,7  | 24,7    | < 19,5  | < 13,1  |
| PCB 114              | < 1,0   | < 0,7   | < 1,0   | < 0,8   | < 0,3   | < 0,2   |
| PCB 118 <sup>b</sup> | 35,9    | 42,6    | 39,     | 61,5    | < 44,3  | < 30,0  |
| PCB 123              | < 0,8   | < 0,6   | < 1,0   | < 1,2   | < 0,2   | < 0,8   |
| PCB 126              | < 0,7   | < 1,5   | < 1,9   | < 0,8   | < 0,6   | < 0,4   |
| PCB 156              | < 0,9   | 10,8    | 7,4     | 14,2    | < 7,0   | < 4,7   |
| PCB 157              | 2,1     | < 0,9   | < 4,0   | < 2,1   | < 1,1   | < 0,2   |
| PCB 167              | 12,2    | 5,5     | < 3,3   | 6,2     | < 3,8   | < 2,6   |
| PCB 169              | < 0,9   | < 1,0   | < 4,9   | < 0,8   | < 0,2   | < 0,2   |
| PCB 189              | < 1,0   | < 1,1   | < 1,0   | < 2,2   | < 0,4   | < 0,2   |
|                      | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| PCB 77               | < 8,4   | < 6,5   | < 8,1   | < 3,9   | 9,4     | 9,4     |
| PCB 81               | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 105 <sup>a</sup> | < 16,4  | < 17,1  | < 15,8  | < 20,5  | 15,2    | < 15,8  |
| PCB 114              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 118 <sup>b</sup> | < 37,4  | < 38,9  | < 36,1  | < 46,8  | 53,6    | 37,6    |
| PCB 123              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 126              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 156              | < 5,9   | 8,9     | < 5,7   | < 3,9   | 7,1     | < 6,1   |
| PCB 157              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 167              | < 3,1   | < 6,5   | 3,8     | < 3,9   | 6,6     | < 6,1   |
| PCB 169              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 189              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |

<sup>a</sup> Coelution PCB 105 / 127, <sup>b</sup> Coelution PCB 106 / 118

**Tabelle 59: Depositionen der i-PCB (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Waldhof**

|                      | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |         |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 28               | < 232   | < 262   | < 263   | < 253   | < 255   | < 237   |         |
| PCB 52 <sup>a</sup>  | < 143   | < 162   | < 163   | < 157   | < 158   | < 147   |         |
| PCB 101 <sup>b</sup> | < 127   | 179     | 197     | < 139   | < 140   | < 130   |         |
| PCB 138              | < 1     | 159     | 137     | < 76    | < 76    | < 71    |         |
| PCB 153 <sup>c</sup> | < 95    | 240     | 163     | < 104   | < 104   | < 97    |         |
| PCB 180              | < 30    | 94      | 72      | 46      | < 33    | < 30    |         |
|                      | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 | Jun. 19 |
| PCB 28               | < 3     | < 216   | < 231   | < 217   | < 239   | 431     | 232     |
| PCB 52 <sup>a</sup>  | < 153   | < 134   | < 143   | < 134   | < 148   | 209     | < 129   |
| PCB 101 <sup>b</sup> | < 136   | < 118   | < 126   | < 119   | 160     | 159     | 300     |
| PCB 138              | < 3     | < 64    | 95      | < 65    | 137     | 149     | 438     |
| PCB 153 <sup>c</sup> | < 3     | < 88    | 105     | < 89    | 135     | 138     | 419     |
| PCB 180              | < 3     | < 28    | 115     | < 28    | 64      | 89      | 384     |

<sup>a</sup> Coelution PCB 52 / 69 / 73, <sup>b</sup> Coelution PCB 89 / 90 / 101, <sup>c</sup> Coelution PCB 153 / 168

**Tabelle 60: Depositionen der i-PCB (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Schmücke**

|                      | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 28               | < 227   | < 281   | < 251   | < 271   | < 292   | < 197   |
| PCB 52 <sup>a</sup>  | < 140   | < 174   | < 155   | < 167   | < 181   | < 122   |
| PCB 101 <sup>b</sup> | < 124   | 200     | 175     | < 148   | < 160   | < 108   |
| PCB 138              | 413     | 137     | 121     | 124     | < 87    | < 59    |
| PCB 153 <sup>c</sup> | 332     | 171     | 139     | 156     | < 120   | < 81    |
| PCB 180              | 67      | 66      | 51      | 104     | < 37    | < 25    |
|                      | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| PCB 28               | < 247   | < 257   | < 238   | < 309   | < 198   | 273     |
| PCB 52 <sup>a</sup>  | < 153   | < 159   | < 147   | < 191   | < 122   | < 147   |
| PCB 101 <sup>b</sup> | < 135   | < 141   | < 131   | < 169   | 142     | < 130   |
| PCB 138              | < 74    | 86      | < 71    | < 92    | 127     | < 71    |
| PCB 153 <sup>c</sup> | < 101   | < 105   | < 98    | < 126   | 188     | < 97    |
| PCB 180              | < 31    | 103     | 36      | < 39    | 88      | < 30    |

**Tabelle 61: Depositionen der PCB-Homologengruppensummen (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Waldhof**

|         | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| S MoCB  | < 4     | < 5     | < 5     | < 2     | < 4     | < 4     |         |
| S DiCB  | < 668   | < 756   | 28      | 117     | < 735   | < 685   |         |
| S TriCB | < 232   | < 262   | < 263   | < 253   | < 255   | < 237   |         |
| S TeCB  | < 143   | < 162   | < 163   | 168     | < 158   | < 147   |         |
| S PeCB  | < 127   | 527     | 526     | 44      | < 140   | < 130   |         |
| S HxCB  | < 95    | 1079    | 900     | 514     | < 104   | < 97    |         |
| S HpCB  | < 30    | 361     | 231     | 204     | < 33    | < 30    |         |
| S OcCB  | < 1     | 36      | < 24    | 31      | < 3     | < 3     |         |
| S NoCB  | < 1     | < 6     | < 31    | < 8     | < 1     | < 0     |         |
| DecCB   | < 1     | < 1     | < 5     | < 6     | < 1     | < 1     |         |
|         | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 | Jun. 19 |
| S MoCB  | < 101   | < 55    | < 59    | < 55    | < 61    | < 61    | < 53    |
| S DiCB  | 712     | < 623   | 33      | < 624   | 49      | 2182    | 1263    |
| S TriCB | 557     | < 216   | < 231   | < 217   | 116     | 2314    | 1005    |
| S TeCB  | 599     | < 134   | < 143   | 123     | 525     | 1516    | 600     |
| S PeCB  | 250     | < 118   | < 126   | < 119   | 352     | 560     | 926     |
| S HxCB  | 240     | < 88    | 451     | < 89    | 1064    | 617     | 2204    |
| S HpCB  | 62      | < 28    | 384     | < 28    | 382     | 287     | 1310    |
| S OcCB  | < 3     | < 3     | 68      | 3       | 51      | 38      | 192     |
| S NoCB  | < 3     | < 3     | < 3     | < 3     | < 13    | < 3     | 4       |
| DecCB   | < 3     | < 3     | < 3     | < 3     | 6       | 9       | < 3     |

Nur Werte > Bestimmungsgrenzen gehen in die Bildung der Homologengruppensummen ein. Liegen die Konzentrationen aller Kongenere einer Homologengruppe unterhalb der Bestimmungsgrenze, wird der Wert für die Homologengruppensumme als < maximale BG dargestellt.

**Tabelle 62: Depositionen der PCB-Homologengruppensummen (pg/m<sup>2</sup>d), Messstation Schmücke**

|         | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| S MoCB  | < 4     | 6       | 6       | < 4     | < 5     | < 3     |
| S DiCB  | < 654   | 29      | < 723   | 906     | < 843   | 261     |
| S TriCB | < 227   | < 281   | < 251   | 15      | < 292   | < 197   |
| S TeCB  | < 140   | < 174   | < 155   | 42      | < 181   | 188     |
| S PeCB  | 39      | 479     | 416     | 137     | < 160   | 133     |
| S HxCB  | 1209    | 708     | 548     | 597     | < 120   | 1       |
| S HpCB  | 343     | 249     | 210     | 304     | 1       | 1       |
| S OcCB  | 24      | 27      | 3       | 50      | < 2     | 6       |
| S NoCB  | < 1     | < 3     | < 2     | < 2     | < 1     | < 2     |
| DecCB   | < 1     | 4       | 2       | < 2     | < 1     | < 0     |
|         | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
| S MoCB  | < 101   | < 131   | n.a.    | < 79    | < 50    | < 121   |
| S DiCB  | 348     | 462     | < 686   | < 890   | 10      | 278     |
| S TriCB | < 247   | < 257   | < 238   | < 309   | < 198   | 1427    |
| S TeCB  | 138     | 120     | 149     | < 191   | 343     | 829     |
| S PeCB  | < 135   | 165     | < 131   | < 169   | 410     | 135     |
| S HxCB  | < 101   | 599     | 4       | < 126   | 605     | 304     |
| S HpCB  | 4       | 498     | 95      | < 39    | 311     | 75      |
| S OcCB  | 5       | 185     | 18      | < 4     | 54      | 6       |
| S NoCB  | < 3     | < 8     | < 4     | < 4     | < 4     | < 13    |
| DecCB   | < 3     | < 7     | < 3     | < 4     | < 3     | < 6     |

Nur Werte > Bestimmungsgrenzen gehen in die Bildung der Homologengruppensummen ein. Liegen die Konzentrationen aller Kongenere einer Homologengruppe unterhalb der Bestimmungsgrenze, wird der Wert für die Homologengruppensumme als < maximale BG dargestellt.

n.a.: aufgrund von Störmatrix nicht analysierbar

**Tabelle 63: Depositionen der 209 PCB (pg/m<sup>2</sup>d), Messtation Waldhof**

|              | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |  |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| PCB 1        | < 0,5   | 5,3     | < 3,6   | < 2,1   | < 1,3   | < 4,0   |  |
| PCB 2        | < 4,0   | < 4,6   | < 4,6   | < 2,4   | < 4,4   | < 4,1   |  |
| PCB 3        | < 2,6   | 3,6     | 5,0     | < 1,4   | < 2,8   | < 2,6   |  |
| Summe MonoCB | < 4,0   | < 4,6   | < 4,6   | < 2,4   | < 4,4   | < 4,1   |  |
| PCB 10       | < 0,5   | < 0,2   | < 11,2  | < 0,8   | < 0,1   | < 0,7   |  |
| PCB 4        | < 22    | < 25    | 28      | < 21    | < 25    | < 23    |  |
| PCB 9        | < 2,2   | < 4,9   | < 7,5   | < 4,7   | < 4,7   | < 4,4   |  |
| PCB 7        | < 2,2   | < 2,5   | < 7,5   | < 2,4   | < 2,4   | < 2,2   |  |
| PCB 6        | < 2,7   | < 17,5  | < 8,9   | < 16,9  | < 17,0  | < 15,9  |  |
| PCB 5 / 8    | < 92    | < 104   | < 104   | 117     | < 101   | < 94    |  |
| PCB 14       | < 2,6   | < 1,4   | < 8,5   | < 1,2   | < 0,5   | < 0,7   |  |
| PCB 11       | < 668   | < 756   | < 760   | < 730   | < 735   | < 685   |  |
| PCB 12 / 13  | < 4,3   | < 5,7   | < 11    | < 3,1   | < 3,6   | < 5,2   |  |
| PCB 15       | < 3,6   | < 33    | < 33    | < 32    | < 32    | < 30    |  |
| Summe DiCB   | < 668   | < 756   | 28      | 117     | < 735   | < 685   |  |
| PCB 19       | < 2,5   | < 17    | < 39    | < 17    | < 17    | < 16    |  |
| PCB 30       | < 1,5   | < 3,7   | < 27    | < 1,0   | < 0,9   | < 0,7   |  |
| PCB 18       | < 221   | < 250   | < 251   | < 241   | < 243   | < 227   |  |
| PCB 17       | < 2,3   | < 98    | < 98    | < 94    | < 95    | < 89    |  |
| PCB 24       | < 1,9   | < 4,5   | < 34    | < 1,9   | < 4,1   | < 3,8   |  |
| PCB 27       | < 1,6   | < 13    | < 27    | < 13    | < 13    | < 12    |  |
| PCB 32       | < 1,4   | < 53    | < 53    | < 51    | < 51    | < 48    |  |
| PCB 16       | < 2,5   | < 78    | < 79    | < 76    | < 76    | < 71    |  |
| PCB 23       | < 1,6   | < 4     | < 30    | < 0     | < 0     | < 1     |  |
| PCB 34       | < 1,5   | < 3     | < 30    | < 0     | < 0     | < 1     |  |
| PCB 29       | < 1,6   | < 3     | < 31    | < 1     | < 3     | < 3     |  |
| PCB 26       | < 1,5   | < 36    | < 36    | < 35    | < 35    | < 33    |  |
| PCB 25       | < 1,6   | < 18    | < 29    | < 18    | < 18    | < 17    |  |
| PCB 31       | < 197   | < 223   | < 224   | < 215   | < 217   | < 202   |  |
| PCB 28       | < 232   | < 262   | < 263   | < 253   | < 255   | < 237   |  |
| PCB 21       | < 1,8   | < 3,6   | < 32    | < 0,2   | < 0,4   | < 0,7   |  |
| PCB 20 / 33  | < 157   | < 177   | < 178   | < 171   | < 172   | < 160   |  |
| PCB 22       | < 1,6   | < 78    | < 78    | < 75    | < 76    | < 70    |  |

TEXTE Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland – Abschlussbericht

|                             | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |  |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| PCB 36                      | < 2,4   | < 1,3   | < 17    | < 1,0   | < 0,6   | < 0,2   |  |
| PCB 39                      | < 2,4   | < 1,9   | < 16    | < 1,8   | < 0,9   | < 0,8   |  |
| PCB 38                      | < 3,1   | < 1,5   | < 23    | < 0,1   | < 0,6   | < 0,5   |  |
| PCB 35                      | < 2,8   | < 8,6   | < 20    | < 8,3   | < 8,3   | < 7,8   |  |
| PCB 37                      | < 39    | < 44    | < 22    | < 42    | < 43    | < 40    |  |
| Summe<br>TriCB              | < 232   | < 262   | < 263   | < 253   | < 255   | < 237   |  |
| PCB 54                      | < 0,4   | < 0,8   | < 7,5   | < 0,2   | < 0,3   | < 0,3   |  |
| PCB 50                      | < 0,5   | < 0,9   | < 9,6   | < 0,4   | < 0,4   | < 0,4   |  |
| PCB 53                      | < 24    | < 27    | < 27    | < 26    | < 26    | < 24    |  |
| PCB 51                      | < 17    | < 19    | < 20    | 22      | < 19    | < 18    |  |
| PCB 45                      | < 0,6   | < 32    | < 32    | < 31    | < 31    | < 29    |  |
| PCB 46                      | < 0,6   | < 12    | < 3,4   | < 11    | < 11    | < 11    |  |
| PCB 52 /<br>69 / 73         | < 143   | < 162   | < 163   | < 157   | < 158   | < 147   |  |
| PCB 43 /<br>49              | < 0,8   | < 106   | < 106   | < 102   | < 103   | < 96    |  |
| PCB 47 /<br>48 / 65 /<br>75 | < 97    | < 110   | < 110   | 122     | < 107   | < 99    |  |
| PCB 62                      | < 0,4   | < 0,4   | < 2,4   | < 0,3   | < 0,2   | < 0,2   |  |
| PCB 44                      | < 0,6   | < 99    | < 99    | < 95    | < 96    | < 89    |  |
| PCB 59                      | < 0,4   | < 11    | < 2,2   | < 10    | < 10    | < 9,5   |  |
| PCB 42                      | < 0,6   | < 43    | < 3,4   | < 41    | < 42    | < 39    |  |
| PCB 64 /<br>71 / 72         | < 0,5   | < 79    | < 80    | < 77    | < 77    | < 72    |  |
| PCB 41                      | < 0,6   | < 18    | < 3,2   | < 18    | < 18    | < 17    |  |
| PCB 68                      | < 13    | < 14    | < 2,3   | 14,4    | < 14    | < 13    |  |
| PCB 40 /<br>57              | < 1,6   | < 15    | < 7,5   | < 14    | < 14    | < 13    |  |
| PCB 67                      | < 0,8   | < 0,7   | < 4,0   | < 4,5   | < 4,5   | < 1,7   |  |
| PCB 58 /<br>63              | < 0,9   | < 0,7   | < 4,3   | < 4,8   | < 4,8   | < 1,5   |  |
| PCB 61 /<br>74              | < 1     | < 55    | < 55    | < 53    | < 54    | < 50    |  |
| PCB 70                      | < 79    | < 89    | < 90    | < 86    | < 87    | < 81    |  |
| PCB 76                      | < 0,8   | < 0,7   | < 4,3   | < 0,7   | < 0,8   | < 0,5   |  |
| PCB 66 /<br>80              | < 68    | < 77    | < 77    | < 74    | < 75    | < 70    |  |
| PCB 55                      | < 0,8   | < 0,8   | < 4,4   | < 1,4   | < 0,9   | < 0,8   |  |
| PCB 56 /<br>60              | < 1,4   | < 51    | < 52    | < 50    | < 50    | < 46    |  |
| PCB 79                      | < 0,8   | < 0,7   | < 4,2   | < 1,2   | < 0,3   | < 0,3   |  |

TEXTE Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland – Abschlussbericht

|                               | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |  |
|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| PCB 78                        | < 1,0   | < 0,8   | < 4,9   | < 1,4   | < 0,7   | < 0,7   |  |
| PCB 81                        | < 0,9   | < 0,8   | < 4,8   | < 1,4   | < 0,3   | < 0,4   |  |
| PCB 77                        | < 1,1   | < 0,9   | < 5,3   | 9,8     | < 8,6   | < 8,0   |  |
| Summe TetraCB                 | < 143   | < 162   | < 163   | 168     | < 158   | < 147   |  |
| PCB 104                       | < 0,2   | < 0,6   | < 1,8   | < 0,1   | < 0,3   | < 0,2   |  |
| PCB 96                        | < 0,2   | < 0,8   | < 2,1   | < 0,4   | < 0,4   | < 0,3   |  |
| PCB 103                       | < 0,2   | < 0,9   | < 2,5   | < 0,3   | < 0,5   | < 0,3   |  |
| PCB 100                       | < 0,4   | < 0,7   | < 12    | < 0,1   | < 0,3   | < 0,3   |  |
| PCB 94                        | < 0,5   | < 0,9   | < 15    | < 0,1   | < 0,3   | < 0,4   |  |
| PCB 93 /<br>95 / 98 /<br>102  | < 121   | 165     | 169     | < 132   | < 133   | < 123   |  |
| PCB 88                        | < 0,6   | < 0,9   | < 15    | < 0,1   | < 0,4   | < 0,4   |  |
| PCB 91 /<br>121               | < 0,4   | < 0,8   | < 15    | < 9,2   | < 9,3   | < 8,7   |  |
| PCB 92                        | < 0,5   | 25,4    | 30,1    | < 18    | < 18    | < 17    |  |
| PCB 84                        | < 0,6   | < 14    | 19,8    | 17,4    | < 14    | < 13    |  |
| PCB 89 /<br>90 / 101          | < 127   | 179     | 197     | < 139   | < 140   | < 130   |  |
| PCB 113                       | < 0,4   | < 0,8   | < 12    | < 0,1   | < 0,3   | < 0,3   |  |
| PCB 99                        | < 0,4   | < 25    | < 25    | < 24    | < 24    | < 23    |  |
| PCB 112<br>/119               | < 0,4   | < 0,9   | < 15    | < 1,2   | < 0,6   | < 0,5   |  |
| PCB 109 /<br>83               | < 0,7   | < 1,2   | < 21    | < 2,3   | < 1,4   | < 1,0   |  |
| PCB 86 /<br>97 / 117 /<br>125 | < 0,7   | < 18    | < 14    | < 17    | < 18    | < 16    |  |
| PCB 116                       | < 0,4   | < 0,8   | < 13    | < 0,1   | < 0,3   | < 0,3   |  |
| PCB 87 /<br>115               | < 0,4   | 26,3    | 26,2    | 26,8    | < 21    | < 19    |  |
| PCB 111                       | < 0,3   | < 0,7   | < 12    | < 0,1   | < 0,2   | < 0,3   |  |
| PCB 85                        | < 0,5   | < 11    | < 15    | < 4,0   | < 11    | < 10    |  |
| PCB 120                       | < 0,4   | < 0,7   | < 12,1  | < 1,5   | < 0,3   | < 0,3   |  |
| PCB 110                       | < 59    | 88,9    | 83,0    | < 65    | < 65    | < 61    |  |
| PCB 82                        | < 0,6   | < 1,1   | < 17,8  | < 7,9   | < 8,0   | < 1,9   |  |
| PCB 124                       | < 0,7   | < 0,7   | < 6,3   | < 0,9   | < 0,5   | < 0,7   |  |
| PCB 107<br>/108               | < 0,7   | 2,7     | < 6,0   | < 2,1   | < 1,2   | < 0,9   |  |
| PCB 123                       | < 0,7   | < 0,7   | < 6,0   | < 0,6   | < 0,6   | < 0,4   |  |
| PCB 106<br>/118               | < 35    | 39,9    | < 40    | < 38    | < 39    | < 36    |  |

TEXTE Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und  
 Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland – Abschlussbericht

|                        | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |  |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| PCB 114                | < 0,7   | < 0,5   | < 5,6   | < 0,8   | < 0,4   | < 0,4   |  |
| PCB 122                | < 0,7   | < 0,5   | < 5,7   | < 0,2   | < 0,2   | < 0,7   |  |
| PCB 105<br>/127        | < 1,4   | < 17    | < 18    | < 17    | < 17    | < 16    |  |
| PCB 126                | < 0,5   | < 1,0   | < 7,2   | < 0,4   | < 0,4   | < 0,4   |  |
| Summe<br>PentaCB       | < 127   | 527     | 526     | 44      | < 140   | < 130   |  |
| PCB 155                | < 0,3   | < 0,5   | < 1,9   | < 0,6   | < 0,1   | < 0,1   |  |
| PCB 150                | < 0,4   | < 0,6   | < 2,1   | < 0,6   | < 0,1   | < 0,1   |  |
| PCB 152                | < 0,4   | < 0,6   | < 2,3   | < 0,7   | < 0,1   | < 0,1   |  |
| PCB 145                | < 0,4   | < 0,6   | < 2,3   | < 0,7   | < 0,1   | < 0,1   |  |
| PCB 136<br>/148        | < 0,4   | 56,4    | 70,1    | 84,9    | < 45    | < 42    |  |
| PCB 154                | < 0,4   | < 0,7   | < 2,5   | < 0,8   | < 0,1   | < 0,2   |  |
| PCB 151                | < 88    | 179     | 145     | 117     | < 96    | < 90    |  |
| PCB 135                | < 0,6   | 54,4    | 43,5    | 62,6    | < 37    | < 34    |  |
| PCB 144                | < 0,5   | 21,2    | 32,5    | 16,5    | < 13    | < 12    |  |
| PCB 147                | < 0,5   | 4,      | < 3,2   | 5,2     | < 0,6   | < 0,4   |  |
| PCB 139<br>/149        | < 93,0  | 162     | 152     | 112     | < 102   | < 95    |  |
| PCB 140                | < 0,6   | < 0,6   | < 1,5   | < 0,9   | < 0,3   | < 0,2   |  |
| PCB 143                | < 0,6   | < 0,5   | < 1,4   | < 0,9   | < 0,3   | < 0,2   |  |
| PCB 134                | < 0,7   | 8,5     | < 1,8   | 8,7     | < 3,3   | < 2,8   |  |
| PCB 131 /<br>133 / 142 | < 1,6   | < 0,9   | < 2,6   | < 3,7   | < 1,5   | < 1,6   |  |
| PCB 165                | < 0,5   | < 0,5   | < 1,3   | < 0,8   | < 0,3   | < 0,2   |  |
| PCB 146                | < 0,5   | 30,5    | 19,7    | < 16    | < 16    | < 15    |  |
| PCB 132<br>/161        | < 23    | 35,2    | 41,4    | 38,5    | < 26    | < 24    |  |
| PCB 153<br>/168        | < 95    | 240     | 163     | < 104   | < 104   | < 97    |  |
| PCB 141                | < 0,6   | 27,6    | 25,6    | 23,2    | < 19    | < 18    |  |
| PCB 137                | < 0,6   | < 2,8   | < 1,7   | < 1,7   | < 1,2   | < 1,3   |  |
| PCB 130                | < 0,7   | 9,9     | < 2,0   | 6,      | < 2,7   | < 2,0   |  |
| PCB 163<br>/164        | < 0,6   | 38,1    | 42,     | 24,2    | < 24    | < 22    |  |
| PCB 138                | < 0,6   | 159     | 137     | < 76    | < 76    | < 71    |  |
| PCB 158<br>/160        | < 9,9   | 17,6    | < 2     | < 11    | < 11    | < 10    |  |
| PCB 129                | < 0,7   | < 0,9   | < 2,0   | < 1,9   | < 0,4   | < 1,9   |  |
| PCB 166                | < 0,7   | < 0,9   | < 2,9   | < 0,2   | < 0,3   | < 0,1   |  |
| PCB 159                | < 0,6   | < 0,9   | < 2,8   | < 0,2   | < 0,3   | < 0,1   |  |

|               | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |  |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| PCB 128 /162  | < 1,1   | 10,1    | 14,8    | 8,3     | < 7,8   | < 1,9   |  |
| PCB 167       | < 0,6   | 8,5     | 4,5     | < 3,3   | < 3,3   | < 1,1   |  |
| PCB 156       | < 5,6   | 14,2    | 8,5     | 8,1     | < 6,1   | < 2,5   |  |
| PCB 157       | < 0,7   | 1,8     | < 2,8   | < 0,8   | < 0,5   | < 0,2   |  |
| PCB 169       | < 0,8   | < 0,9   | < 3,2   | < 0,4   | < 0,4   | < 0,2   |  |
| Summe HexaCB  | < 95    | 1079    | 900     | 514     | < 104   | < 97    |  |
| PCB 188       | < 0,4   | < 0,9   | < 1,5   | < 0,5   | < 0,2   | < 0,1   |  |
| PCB 184       | < 0,4   | < 0,9   | < 1,5   | < 0,5   | < 0,2   | < 0,1   |  |
| PCB 179       | < 15,8  | 29,3    | 29,8    | 19,7    | < 17    | < 16    |  |
| PCB 176       | < 0,4   | 6,3     | 8,1     | 5,7     | < 1,5   | < 1,4   |  |
| PCB 186       | < 0,4   | < 1,0   | < 1,6   | < 0,6   | < 0,2   | < 0,1   |  |
| PCB 178       | < 0,7   | 11,5    | 9,8     | 9,5     | < 2,6   | < 1,7   |  |
| PCB 175       | < 0,6   | 1,4     | < 2,2   | < 0,8   | < 1,1   | < 0,6   |  |
| PCB 182 /187  | < 23    | 78,7    | 36,     | 43,4    | < 25    | < 24    |  |
| PCB 183       | < 0,6   | 26,6    | < 4,3   | < 13    | < 13    | < 12    |  |
| PCB 185       | < 0,6   | < 3,3   | < 4,0   | < 1,2   | < 1,2   | < 1,2   |  |
| PCB 174       | < 22    | 34,4    | 35,9    | 26,     | < 25    | < 23    |  |
| PCB 181       | < 0,6   | < 3,1   | < 4,5   | < 0,4   | < 0,2   | < 3,5   |  |
| PCB 177       | < 0,7   | 18,2    | 14,7    | 14,3    | < 11    | < 1,9   |  |
| PCB 171       | < 0,7   | 8,7     | < 4,7   | 8,9     | < 3,0   | < 0,2   |  |
| PCB 173       | < 0,8   | < 3,8   | < 5,2   | < 1,4   | < 0,2   | < 0,2   |  |
| PCB 172       | < 2,5   | 6,3     | < 4,6   | 3,5     | < 1,3   | < 1,4   |  |
| PCB 192       | < 0,5   | < 2,4   | < 3,7   | < 0,3   | < 0,2   | < 0,2   |  |
| PCB 180       | < 30    | 94,1    | 72,2    | 45,6    | < 33    | < 30    |  |
| PCB 193       | < 0,4   | 5,3     | < 2,8   | 2,8     | < 0,7   | < 0,5   |  |
| PCB 191       | < 0,5   | < 2,0   | < 3,0   | < 1,2   | < 0,1   | < 0,1   |  |
| PCB 170       | < 12    | 33,6    | 24,8    | 21,     | < 13    | < 12    |  |
| PCB 190       | < 0,7   | 7,1     | < 3,1   | 3,6     | < 2,8   | < 1,1   |  |
| PCB 189       | < 0,7   | < 0,9   | < 2,3   | < 1,0   | < 0,4   | < 0,5   |  |
| Summe HeptaCB | < 30    | 361     | 231     | 204     | < 33    | < 30    |  |
| PCB 202       | < 0,5   | < 1,1   | < 10    | < 1,3   | < 0,5   | < 0,9   |  |
| PCB 200       | < 0,5   | < 1,3   | < 12    | < 1,5   | < 0,2   | < 1,1   |  |
| PCB 204       | < 0,5   | < 1,3   | < 11    | < 1,5   | < 0,2   | < 1,1   |  |
| PCB 197       | < 0,5   | < 1,2   | < 11    | < 1,4   | < 0,2   | < 1,0   |  |
| PCB 199       | < 0,5   | < 1,2   | < 10    | < 2,4   | < 0,6   | < 1,1   |  |

TEXTE Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland – Abschlussbericht

|              | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |  |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| PCB 198 /201 | < 1,4   | 15,6    | < 24    | 13,2    | < 2,2   | < 2,7   |  |
| PCB 196 /203 | < 1,2   | 11,5    | < 19    | 10,7    | < 3,0   | < 2,4   |  |
| PCB 195      | < 0,8   | 2,2     | < 3,1   | 2,5     | < 0,7   | < 0,4   |  |
| PCB 194      | < 0,6   | 6,5     | < 2,5   | 5,      | < 2,8   | < 1,3   |  |
| PCB 205      | < 0,5   | < 0,6   | < 2,1   | < 0,3   | < 0,3   | < 0,3   |  |
| Summe OctaCB | < 1,4   | 35,9    | < 24    | 31,4    | < 3,0   | < 2,7   |  |
| PCB 208      | < 0,4   | < 2,8   | < 20    | < 1,1   | < 0,2   | < 0,0   |  |
| PCB 207      | < 0,4   | < 2,5   | < 17    | < 1,0   | < 0,2   | < 0,0   |  |
| PCB 206      | < 0,8   | < 6,0   | < 31    | < 7,6   | < 1,1   | < 0,4   |  |
| Summe NonaCB | < 0,8   | < 6,0   | < 31    | < 7,6   | < 1,1   | < 0,4   |  |
| PCB 209      | < 0,8   | < 1,5   | < 4,6   | < 6,2   | < 1,0   | < 0,6   |  |
| Summe Deca   | < 0,8   | < 1,5   | < 4,6   | < 6,2   | < 1,0   | < 0,6   |  |

|              | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 | Jun. 19 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 1        | < 101   | < 55    | < 59    | < 55    | < 61    | < 61    | < 53    |
| PCB 2        | < 101   | < 14    | < 15    | < 14    | < 16    | < 16    | < 14    |
| PCB 3        | < 101   | < 14    | < 15    | < 14    | < 16    | < 16    | < 14    |
| Summe MonoCB | < 101   | < 55    | < 59    | < 55    | < 61    | < 61    | < 53    |
| PCB 10       | 67,6    | < 2,8   | < 3,8   | < 2,8   | < 4,8   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 4        | 223     | < 21    | < 22    | < 21    | 24      | 90      | 40,4    |
| PCB 9        | 23,5    | < 2,8   | 5,4     | < 2,8   | < 4,4   | 10,7    | 6,9     |
| PCB 7        | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | 7,2     | 12,8    | 6,8     |
| PCB 6        | < 17    | < 14    | 17,5    | < 14    | 17,7    | 46,8    | 23,8    |
| PCB 5 / 8    | < 3     | < 85    | < 91    | < 86    | < 94    | 207     | 106     |
| PCB 14       | 398     | < 2,8   | < 6,2   | < 2,8   | < 3,0   | 3,1     | < 2,7   |
| PCB 11       | < 713   | < 623   | < 665   | < 624   | < 688   | 1688    | 1011    |
| PCB 12 / 13  | < 3,2   | < 2,8   | 10      | < 2,8   | < 5,2   | 16,9    | 9,7     |
| PCB 15       | < 30,8  | < 27    | < 29    | < 27    | < 30    | 106     | 58,2    |
| Summe DiCB   | 712     | < 623   | 33      | < 624   | 49      | 2182    | 1263    |
| PCB 19       | 51,5    | < 14    | < 15    | < 14    | < 16    | 48      | 21,4    |
| PCB 30       | 61,6    | < 2,8   | < 3     | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 18       | < 236   | < 206   | < 220   | < 207   | < 228   | 421     | < 199   |
| PCB 17       | < 92,3  | < 81    | < 86    | < 81    | < 89    | 185     | 85,4    |

TEXTE Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland – Abschlussbericht

|                             | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 | Jun. 19 |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 24                      | 97,4    | < 2,8   | < 3     | < 2,8   | < 3,0   | 6,6     | 4,4     |
| PCB 27                      | < 3,2   | < 11    | < 11    | < 11    | < 12    | 25,7    | 11,3    |
| PCB 32                      | < 49,7  | < 43    | < 46    | < 44    | < 48    | 97,8    | 52,7    |
| PCB 16                      | < 3,2   | < 65    | < 69    | < 65    | < 71    | 129     | 67,1    |
| PCB 23                      | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 34                      | 10,6    | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 29                      | 21,     | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | 4,2     | < 2,7   |
| PCB 26                      | < 34,1  | < 30    | < 32    | < 30    | < 33    | 58      | 31,6    |
| PCB 25                      | 156,5   | < 15    | < 16    | < 15    | < 17    | 29      | 15,5    |
| PCB 31                      | < 3,2   | < 184   | < 196   | < 184   | < 203   | 360     | 193     |
| PCB 28                      | < 3,2   | < 216   | < 231   | < 217   | < 239   | 431     | 232     |
| PCB 21                      | 130,7   | < 2,8   | < 3     | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 20 /<br>33              | < 167   | < 146   | < 156   | < 146   | < 161   | 271     | 149,5   |
| PCB 22                      | < 3,2   | < 64    | < 68    | < 64    | < 71    | 138     | 76,     |
| PCB 36                      | 3,7     | < 2,8   | < 3     | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 39                      | < 3,2   | < 2,8   | < 3     | < 2,8   | 4,5     | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 38                      | 24,     | < 2,8   | < 3     | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 35                      | < 3,2   | < 7,1   | < 3     | < 7,1   | 12,9    | 16,7    | 9,1     |
| PCB 37                      | < 3     | < 36    | < 39    | < 36    | 98,9    | 91,9    | 55,2    |
| Summe<br>TriCB              | 557     | < 216   | < 231   | < 217   | 116     | 2314    | 1005    |
| PCB 54                      | 7,3     | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 50                      | 4,9     | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 53                      | < 25    | < 22    | < 23    | < 22    | < 24    | 31,9    | < 21,1  |
| PCB 51                      | 58,1    | < 16    | < 17    | < 16    | 19,8    | 24,7    | < 15,4  |
| PCB 45                      | 63,1    | < 26    | < 28    | < 26    | < 29    | 42      | < 25,4  |
| PCB 46                      | 11,8    | < 10    | < 10,3  | < 3     | < 11    | 12      | < 9,3   |
| PCB 52 /<br>69 / 73         | < 153   | < 134   | < 143   | < 134   | < 148   | 209     | <129    |
| PCB 43 /<br>49              | 167     | < 87    | < 93    | < 87    | < 96    | 131     | < 83,9  |
| PCB 47 /<br>48 / 65 /<br>75 | < 3     | < 90    | < 96    | 105     | 196     | 178     | 107     |
| PCB 62                      | 18,6    | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 44                      | 104     | < 81    | < 87    | < 82    | 91,1    | 134     | 82,8    |
| PCB 59                      | 12,9    | < 9     | < 9,3   | < 9     | < 10    | 13,3    | < 8,4   |
| PCB 42                      | < 3,2   | < 35    | < 38    | < 35    | < 39    | 47      | < 34    |

TEXTE Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland – Abschlussbericht

|                        | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 | Jun. 19 |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 64 / 71 / 72       | < 3,2   | < 65    | < 70    | < 66    | < 72    | 123     | 69,2    |
| PCB 41                 | 41,7    | < 15    | < 16    | < 15    | < 17    | 21      | < 15    |
| PCB 68                 | < 13    | < 12    | < 12,5  | 17,7    | 25      | 14      | 11,7    |
| PCB 40 / 57            | < 14,0  | < 12    | < 13,0  | < 12    | 17      | 17      | < 11,8  |
| PCB 67                 | 37,5    | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | 5,4     | 3,7     |
| PCB 58 / 63            | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 4,5   | 5,6     | < 3,9   |
| PCB 61 / 74            | < 52    | < 45    | < 49    | < 46    | < 50    | 85,1    | 54,     |
| PCB 70                 | < 84    | < 74    | < 79    | < 74    | < 81    | 154     | 97,3    |
| PCB 76                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | 3,9     | 9,9     | 3,4     |
| PCB 66 / 80            | < 73    | < 63    | < 68    | < 64    | 82      | 127     | 79,     |
| PCB 55                 | 65,1    | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | 3,2     | 4,2     |
| PCB 56 / 60            | < 3,2   | < 42    | < 45    | < 42    | 78,9    | 106     | 72,6    |
| PCB 79                 | 6,6     | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,4   | < 2,7   |
| PCB 78                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 81                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 77                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | 10,3    | 21,1    | 15,1    |
| Summe TetraCB          | 599     | < 134   | < 143   | 123     | 525     | 1516    | 600     |
| PCB 104                | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 96                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 103                | 17,6    | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,4   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 100                | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 94                 | 12,1    | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,7   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 93 / 95 / 98 / 102 | < 129   | < 112   | < 120   | < 113   | < 124   | 137     | 237     |
| PCB 88                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,7   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 91 / 121           | 113,6   | < 7,9   | < 2,9   | < 2,8   | 9,8     | 11,7    | < 7,6   |
| PCB 92                 | < 17,6  | < 15,3  | < 16,4  | < 15    | 27      | 22      | 39,1    |
| PCB 84                 | 16,1    | < 12    | < 12,6  | < 11,9  | 40,7    | 26,0    | 27,     |
| PCB 89 / 90 / 101      | < 136   | < 118   | < 126   | < 119   | 160     | 159     | 299,9   |
| PCB 113                | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,5   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 99                 | < 3,2   | < 21    | < 22    | < 21    | 34      | 32      | 25,     |
| PCB 112 / 119          | 16,9    | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 4,0   | < 3,0   | < 2,7   |

TEXTE Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland – Abschlussbericht

|                         | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 | Jun. 19 |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 109 / 83            | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | 3,1     |
| PCB 86 / 97 / 117 / 125 | < 3,2   | < 15    | < 16    | < 15    | < 16    | 20,7    | 18,1    |
| PCB 116                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 87 / 115            | < 20    | < 18    | < 19    | < 17,8  | < 20    | 26,1    | 39,6    |
| PCB 111                 | 31,4    | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 85                  | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 10    | < 10    | < 8,8   |
| PCB 120                 | 42,4    | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 110                 | < 3,2   | < 55,4  | < 59,2  | < 56    | < 61    | < 61    | 97,3    |
| PCB 82                  | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 7,4   | < 7,4   | < 6,5   |
| PCB 124                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | 4,2     | 3,3     |
| PCB 107 / 108           | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | 4,8     | 7,1     | 4,7     |
| PCB 123                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 106 / 118           | < 3     | < 33    | < 35    | < 33    | 54      | 78      | 98,1    |
| PCB 114                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | 3,4     | 3,6     |
| PCB 122                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | 3,5     | < 3,0   | 4,1     |
| PCB 105 / 127           | < 3,2   | < 14    | < 15    | < 14    | 18      | 33      | 25,5    |
| PCB 126                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| Summe PentaCB           | 250     | < 118   | < 126   | < 119   | 352     | 560     | 926     |
| PCB 155                 | 3,6     | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 150                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 152                 | 4,1     | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 145                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 136 / 148           | < 43,6  | < 38,0  | < 41    | < 38    | 82      | < 42    | 71,8    |
| PCB 154                 | 5,0     | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 151                 | < 6,4   | < 82    | < 87    | < 82    | 131     | < 90    | 147     |
| PCB 135                 | < 36    | < 31    | < 33    | < 31    | 82      | < 34    | 69,2    |
| PCB 144                 | < 3,2   | < 11    | < 12    | < 2,8   | 33      | < 12    | 31,3    |
| PCB 147                 | 58,6    | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 139 / 149           | < 99,3  | < 87    | 98,4    | < 87    | 185     | 119     | 354     |
| PCB 140                 | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,4   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 143                 | 16,7    | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,2   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 134                 | < 3,2   | < 2,8   | 5,3     | < 2,8   | 24,3    | 6,8     | 21,8    |

TEXTE Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland – Abschlussbericht

|                     | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 | Jun. 19 |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 131 / 133 / 142 | < 3,2   | < 2,8   | 3,2     | < 2,8   | 5,3     | 4,7     | 11,     |
| PCB 165             | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 146             | < 15    | < 13    | 17,6    | < 13    | 22      | 21      | 62,5    |
| PCB 132 / 161       | < 3     | < 22    | 24,1    | < 22    | 90      | 42      | 120     |
| PCB 153 / 168       | < 3     | < 88    | 105     | < 89    | 135     | 138     | 419     |
| PCB 141             | 59,6    | < 16    | 25,6    | < 16    | 46      | 37      | 130     |
| PCB 137             | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | 4,3     | 6,2     |
| PCB 130             | 69,2    | < 2,8   | 6,5     | < 2,8   | 7,9     | 9,3     | 20,5    |
| PCB 163 / 164       | < 3,2   | < 20    | 33,     | < 20    | 41      | 39      | 131     |
| PCB 138             | < 3,2   | < 64    | 95      | < 65    | 137     | 149     | 438     |
| PCB 158 / 160       | < 11    | < 9,2   | 12      | < 9     | 13      | 16      | 56,9    |
| PCB 129             | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | 4,5     | < 3,0   | 15,5    |
| PCB 166             | 7,1     | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 159             | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 128 / 162       | 16,2    | < 2,8   | 7,3     | < 2,8   | 8,3     | 12,1    | 28,9    |
| PCB 167             | < 3,2   | < 2,8   | 5,5     | < 2,8   | 8,6     | 6,4     | 21,7    |
| PCB 156             | < 3,2   | < 2,8   | 12,5    | < 5,2   | 9,8     | 12,7    | 42,9    |
| PCB 157             | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | 4,1     |
| PCB 169             | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| Summe HexaCB        | 240     | < 88    | 451     | < 89    | 1064    | 617     | 2204    |
| PCB 188             | 9,2     | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 184             | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 179             | < 3,2   | < 14,7  | < 15,7  | < 14,7  | 39      | 16      | 59,5    |
| PCB 176             | < 3,2   | < 2,8   | 4,1     | < 2,8   | 10,9    | 4,3     | 21,     |
| PCB 186             | 10,4    | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 178             | < 3,2   | < 2,8   | 8,5     | < 2,8   | 18,8    | 6,8     | 32,2    |
| PCB 175             | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | 9,1     |
| PCB 182 / 187       | < 25    | < 21,6  | 49,0    | < 21,6  | 86,2    | 40,8    | 164,4   |
| PCB 183             | < 13,0  | < 11,3  | 32,0    | < 11    | 15,2    | 19,2    | 86,2    |
| PCB 185             | 11,6    | < 2,8   | 4,4     | < 2,8   | 3,6     | 3,2     | 15,1    |
| PCB 174             | < 24    | < 20,8  | 49,4    | < 20,8  | 39      | 32      | 144     |
| PCB 181             | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 177             | 22,4    | < 9,5   | 24,1    | < 9,5   | 42      | 18,3    | 76,0    |

TEXTE Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland – Abschlussbericht

|               | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 | Jun. 19 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 171       | 8,6     | < 2,8   | 15,3    | < 2,8   | 13,5    | 10,3    | 48,9    |
| PCB 173       | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | 3,6     | < 3,0   | 4,3     |
| PCB 172       | < 3,2   | < 2,8   | 7,8     | < 2,8   | 7,9     | 6,2     | 33,1    |
| PCB 192       | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 180       | < 3     | < 27,6  | 115     | < 27,6  | 64      | 89      | 384     |
| PCB 193       | < 3,2   | < 2,8   | 5,4     | < 2,8   | 6,5     | < 3,0   | 13,7    |
| PCB 191       | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | 8,4     |
| PCB 170       | < 3     | < 10,7  | 53,7    | < 11    | 27      | 35      | 168     |
| PCB 190       | < 3,2   | < 2,8   | 11,3    | < 2,8   | 4,1     | 6,3     | 34,4    |
| PCB 189       | < 3,2   | < 2,8   | 3,3     | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | 8,2     |
| Summe HeptaCB | 62      | < 28    | 384     | < 28    | 382     | 287     | 1310    |
| PCB 202       | < 3,2   | < 2,8   | 3,1     | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | 6,0     |
| PCB 200       | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | 7,0     |
| PCB 204       | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 197       | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | 2,8     |
| PCB 199       | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | 5,8     |
| PCB 198 / 201 | < 3,2   | < 2,8   | 15      | < 2,8   | 19,2    | 10,7    | 47,6    |
| PCB 196 / 203 | < 3,2   | < 2,8   | 21      | < 2,8   | 19,1    | 13,9    | 61,6    |
| PCB 195       | < 3,2   | < 2,8   | 8,8     | < 2,8   | 5,5     | 4,3     | 18,6    |
| PCB 194       | < 3,2   | < 2,8   | 20,3    | 3,0     | 7,2     | 9,6     | 39,9    |
| PCB 205       | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | 2,9     |
| Summe OctaCB  | < 3,2   | < 2,8   | 68      | 3,0     | 51,0    | 38,5    | 192     |
| PCB 208       | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 12,6  | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 207       | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 10,2  | < 3,0   | < 2,7   |
| PCB 206       | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 3,0   | < 3,0   | 4,4     |
| Summe NonaCB  | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | < 12,6  | < 3,0   | 4,4     |
| PCB 209       | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | 5,6     | 8,8     | < 2,7   |
| Summe Deca    | < 3,2   | < 2,8   | < 2,9   | < 2,8   | 5,6     | 8,8     | < 2,7   |

Nur Werte > Bestimmungsgrenzen gehen in die Bildung der Homologengruppensummen ein. Liegen die Konzentrationen aller Kongenere einer Homologengruppe unterhalb der Bestimmungsgrenze, wird der Wert für die Homologengruppensumme als < maximale BG dargestellt.

**Tabelle 64: Depositionen der 209 PCB (pg/m<sup>2</sup>d), Messtation Schmücke**

|              | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 1        | < 0,5   | 7,4     | 6,8     | < 3,5   | < 4,9   | 4,4     |
| PCB 2        | < 3,9   | 6,5     | 6,2     | 9,2     | < 5,1   | < 3,4   |
| PCB 3        | < 0,4   | 7,0     | 5,5     | < 3,2   | < 3,2   | < 2,2   |
| Summe MonoCB | < 3,9   | 6,5     | 5,5     | < 3,5   | < 5,1   | < 3,4   |
| PCB 10       | < 1,5   | < 12    | < 31    | < 0,5   | < 0,7   | < 8,4   |
| PCB 4        | < 2     | 29,2    | < 24    | < 26    | < 28    | 50,6    |
| PCB 9        | < 2,0   | < 5,2   | < 4,7   | < 5,0   | < 5,4   | 4,7     |
| PCB 7        | < 2,0   | < 2,6   | < 2,4   | 3,1     | < 2,7   | 3,4     |
| PCB 6        | < 2,4   | < 19    | < 17    | < 18    | < 20    | 16,2    |
| PCB 5 / 8    | < 3     | < 111   | < 99    | < 107   | < 116   | 186     |
| PCB 14       | < 2,3   | < 1,7   | < 3,6   | < 1,5   | < 1,3   | < 1,5   |
| PCB 11       | < 654   | < 809   | < 723   | 867     | < 843   | < 569   |
| PCB 12 / 13  | < 4,1   | < 2,4   | < 5,5   | < 4,9   | < 3,9   | < 4,3   |
| PCB 15       | < 3,4   | < 35    | < 31    | 36      | < 36    | < 25    |
| Summe DiCB   | < 654   | 29,2    | < 723   | 906     | < 843   | 261     |
| PCB 19       | < 2,4   | < 19    | < 17    | < 18    | < 19    | < 13    |
| PCB 30       | < 1,5   | < 5,4   | < 7     | < 1,4   | < 1,4   | < 0,8   |
| PCB 18       | < 2     | < 268   | < 239   | < 258   | < 279   | < 188   |
| PCB 17       | < 2,2   | < 105   | < 94    | < 101   | < 109   | < 74    |
| PCB 24       | < 1,9   | < 6,6   | < 8,4   | < 2,6   | < 4,7   | < 3,2   |
| PCB 27       | < 1,5   | < 14    | < 6,9   | < 13    | < 14    | < 10    |
| PCB 32       | < 1,5   | < 56    | < 50    | < 54    | < 59    | < 40    |
| PCB 16       | < 2,6   | < 84    | < 75    | < 81    | < 87    | < 59    |
| PCB 23       | < 1,6   | < 4,3   | < 7,6   | < 0,3   | < 0,3   | < 0,8   |
| PCB 34       | < 1,6   | < 3,9   | < 7,4   | < 0,2   | < 0,3   | < 0,7   |
| PCB 29       | < 1,7   | < 4,2   | < 8,0   | < 1,5   | < 1,1   | < 2,5   |
| PCB 26       | < 1,6   | < 39    | < 35    | < 37    | < 40    | < 27    |
| PCB 25       | < 1,6   | < 20    | < 18    | < 19    | < 20    | < 14    |
| PCB 31       | < 193   | < 239   | < 214   | < 230   | < 249   | < 168   |
| PCB 28       | < 227   | < 281   | < 251   | < 271   | < 292   | < 197   |
| PCB 21       | < 1,8   | < 4,3   | < 8,8   | < 0,1   | < 1,3   | < 0,9   |
| PCB 20 / 33  | < 153   | < 189   | < 169   | < 183   | < 197   | < 133   |
| PCB 22       | < 67    | < 83    | < 74    | < 80    | < 87    | < 58    |
| PCB 36       | < 3,2   | < 2,5   | < 2,2   | < 0,6   | < 0,7   | < 0,5   |

TEXTE Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland – Abschlussbericht

|                    | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 39             | < 3,2   | < 2,0   | < 4,5   | < 1,3   | < 0,6   | < 0,4   |
| PCB 38             | < 4,1   | < 2,8   | < 6,3   | < 0,2   | < 0,2   | < 0,6   |
| PCB 35             | < 3,7   | < 9,2   | < 5,9   | 14,8    | < 9,5   | < 6,4   |
| PCB 37             | < 4,0   | < 47    | < 42    | < 45    | < 49    | < 33    |
| Summe TriCB        | < 227   | < 281   | < 251   | 14,8    | < 292   | < 197   |
| PCB 54             | < 0,5   | < 0,8   | < 1,4   | < 0,8   | < 0,4   | < 0,3   |
| PCB 50             | < 0,7   | < 1,0   | < 2,0   | < 1,1   | < 0,5   | < 0,4   |
| PCB 53             | < 0,7   | < 28    | < 25    | < 27    | < 30    | < 20    |
| PCB 51             | < 17    | < 21    | < 19    | < 20    | < 22    | 22,7    |
| PCB 45             | < 0,8   | < 34    | < 31    | < 33    | < 36    | < 24    |
| PCB 46             | < 0,9   | < 13    | < 3,0   | < 12    | < 13    | < 8,8   |
| PCB 52 / 69 / 73   | < 140   | < 174   | < 155   | < 167   | < 181   | < 122   |
| PCB 43 / 49        | < 1,2   | < 113   | < 101   | < 109   | < 118   | < 80    |
| PCB 47 /48 /65 /75 | < 95    | < 117   | < 105   | < 113   | < 122   | 145     |
| PCB 62             | < 0,6   | < 0,6   | < 0,3   | < 0,6   | < 0,3   | < 0,2   |
| PCB 44             | < 0,8   | < 106   | < 94    | < 102   | < 110   | < 74    |
| PCB 59             | < 0,5   | < 11    | < 0,3   | < 11    | < 12    | < 7,9   |
| PCB 42             | < 0,8   | < 46    | < 0,5   | < 44    | < 48    | < 32    |
| PCB 64 / 71 / 72   | < 0,8   | < 85    | < 76    | < 82    | < 89    | < 60    |
| PCB 41             | < 0,8   | < 20    | < 0,5   | < 19    | < 21    | < 14    |
| PCB 68             | < 12    | < 15    | < 14    | 15,9    | < 16    | 20      |
| PCB 40 / 57        | < 2,4   | < 16    | < 14    | < 15    | < 17    | < 11    |
| PCB 67             | < 1,2   | < 0,4   | < 1,9   | < 3,2   | < 5,2   | < 3,5   |
| PCB 58 / 63        | < 1,4   | < 0,4   | < 1,8   | < 2,5   | < 5,5   | < 3,7   |
| PCB 61 / 74        | < 48    | < 59    | < 53    | < 57    | < 61    | < 42    |
| PCB 70             | < 77    | < 96    | < 86    | < 92    | < 100   | < 67    |
| PCB 76             | < 1,3   | < 0,4   | < 1,9   | < 1,2   | < 2,7   | < 0,6   |
| PCB 66 / 80        | < 66    | < 82    | < 74    | < 79    | < 86    | < 58    |
| PCB 55             | < 1,3   | < 0,4   | < 1,8   | < 2,1   | < 1,5   | < 0,9   |
| PCB 56 / 60        | < 44    | < 55    | < 49    | < 53    | < 57    | < 39    |
| PCB 79             | < 1,3   | < 0,4   | < 2,1   | < 0,6   | < 0,3   | < 0,9   |
| PCB 78             | < 1,5   | < 0,5   | < 2,3   | < 1,1   | < 1,2   | < 1,1   |
| PCB 81             | < 1,4   | < 0,5   | < 2,3   | < 0,7   | < 0,4   | < 1,0   |
| PCB 77             | < 1,0   | < 0,5   | < 2,6   | 26,4    | < 9,9   | < 6,7   |
| Summe TetraCB      | < 140   | < 174   | < 155   | 42,3    | < 181   | 188     |

TEXTE Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland – Abschlussbericht

|                         | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 104                 | < 0,2   | < 0,1   | < 1,0   | < 0,3   | < 0,4   | < 0,3   |
| PCB 96                  | < 0,2   | < 0,1   | < 1,2   | < 0,5   | < 0,5   | < 0,4   |
| PCB 103                 | < 0,3   | < 0,2   | < 1,4   | < 0,6   | < 0,6   | < 0,5   |
| PCB 100                 | < 0,2   | < 0,7   | < 1,1   | < 0,2   | < 0,1   | < 0,2   |
| PCB 94                  | < 0,3   | < 0,8   | < 1,4   | < 0,2   | < 0,1   | < 0,2   |
| PCB 93 / 95 / 98 / 102  | < 118   | 162     | 147     | < 141   | < 152   | 103     |
| PCB 88                  | < 0,3   | < 0,8   | < 1,3   | < 0,2   | < 0,1   | < 0,2   |
| PCB 91 / 121            | < 0,2   | < 0,7   | < 1,3   | < 9,9   | < 10,7  | < 7,2   |
| PCB 92                  | < 16,1  | 25,7    | 18,8    | < 19    | < 21    | < 14    |
| PCB 84                  | < 0,3   | 16      | 14,1    | 16,8    | < 16    | 12,1    |
| PCB 89 / 90 / 101       | < 124   | 200     | 175     | < 148   | < 160   | < 108   |
| PCB 113                 | < 0,2   | < 0,7   | < 0,9   | < 0,1   | < 0,1   | < 0,1   |
| PCB 99                  | < 21,8  | < 27    | < 24    | < 26    | < 28    | < 19    |
| PCB 112 / 119           | < 1,7   | < 0,8   | < 1,1   | < 1,0   | < 0,5   | < 0,2   |
| PCB 109 / 83            | < 0,4   | < 1,0   | < 1,5   | < 2,7   | < 3,4   | < 0,3   |
| PCB 86 / 97 / 117 / 125 | < 15,6  | < 19    | < 17    | < 19    | < 20    | < 14    |
| PCB 116                 | < 0,2   | < 0,7   | < 0,9   | < 0,2   | < 0,1   | < 0,2   |
| PCB 87 / 115            | < 18,6  | 33,5    | 21,8    | 28,2    | < 24    | 16,8    |
| PCB 111                 | < 0,2   | < 0,6   | < 0,8   | < 0,1   | < 0,1   | < 0,1   |
| PCB 85                  | < 9,6   | < 12    | < 1,1   | < 11,4  | < 12    | < 8     |
| PCB 120                 | < 0,2   | < 0,6   | < 0,8   | < 0,1   | < 0,1   | < 0,1   |
| PCB 110                 | < 58    | < 71,9  | < 64,3  | < 69    | < 75    | < 51    |
| PCB 82                  | < 0,3   | < 8,8   | < 1,3   | < 8,4   | < 9,1   | < 6,2   |
| PCB 124                 | < 0,8   | < 0,6   | < 1,0   | 2,0     | < 1,0   | 1,0     |
| PCB 107 / 108           | 3,2     | < 0,5   | < 1,0   | 4,0     | < 1,6   | < 1,4   |
| PCB 123                 | < 0,8   | < 0,6   | < 1,0   | < 1,2   | < 0,2   | < 0,8   |
| PCB 106 / 118           | 35,9    | 42,6    | 39,0    | 61,5    | < 44    | < 30    |
| PCB 114                 | < 1,0   | < 0,7   | < 1,0   | < 0,8   | < 0,3   | < 0,2   |
| PCB 122                 | < 1,0   | < 0,7   | < 1,1   | < 0,6   | < 0,3   | < 0,2   |
| PCB 105 / 127           | < 15    | < 19    | < 17    | 25      | < 19    | < 13    |
| PCB 126                 | < 0,7   | < 1,5   | < 1,9   | < 0,8   | < 0,6   | < 0,4   |
| Summe PentaCB           | 39,1    | 479     | 416     | 137     | < 160   | 133     |
| PCB 155                 | < 0,3   | < 0,6   | < 0,8   | < 0,1   | < 0,1   | < 0,1   |
| PCB 150                 | < 0,3   | < 0,6   | < 0,9   | < 0,1   | < 0,1   | < 0,1   |
| PCB 152                 | < 0,3   | < 0,7   | < 1,0   | < 0,1   | < 0,1   | < 0,1   |

|                      | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 145              | < 0,3   | < 0,6   | < 0,9   | < 0,1   | < 0,1   | < 0,1   |
| PCB 136 / 148        | < 40    | < 49    | < 44    | < 48    | < 51    | < 35    |
| PCB 154              | 2,0     | < 0,8   | < 1,1   | < 0,2   | < 0,1   | < 0,1   |
| PCB 151              | < 86    | < 106   | < 95    | < 102   | < 110   | < 75    |
| PCB 135              | < 33    | < 40    | < 36    | < 39    | < 42    | < 28    |
| PCB 144              | < 11    | < 14    | < 13    | < 14    | < 15    | < 10    |
| PCB 147              | 2,9     | < 0,9   | < 1,2   | < 2,2   | < 0,6   | < 0,1   |
| PCB 139 / 149        | 172,    | 194     | 149     | 115     | < 117   | < 79    |
| PCB 140              | < 1,7   | < 1,8   | < 9,1   | < 0,7   | < 0,2   | < 0,3   |
| PCB 143              | < 1,6   | < 1,5   | < 7,7   | < 0,6   | < 0,2   | < 0,2   |
| PCB 134              | < 5,0   | 13,1    | < 10,1  | 6,3     | < 6,4   | < 4,4   |
| PCB 131 /133<br>/142 | 6,3     | < 2,8   | < 15    | < 3,9   | < 2,2   | 1,3     |
| PCB 165              | < 1,3   | < 1,5   | < 7,5   | < 0,5   | < 0,2   | < 0,2   |
| PCB 146              | 74,8    | 27,2    | 21,8    | 25      | < 18    | < 12    |
| PCB 132 / 161        | < 23    | 39,4    | 32,6    | 33,4    | < 30    | < 20    |
| PCB 153 / 168        | 332     | 171     | 139     | 156     | < 120   | < 81    |
| PCB 141              | < 17,2  | 31,8    | 28,3    | 28,4    | < 22    | < 15    |
| PCB 137              | < 2,4   | 3,5     | < 10    | 5,8     | < 1,6   | < 2,1   |
| PCB 130              | 13,7    | 8,6     | < 11    | 7,8     | < 2,8   | < 3,6   |
| PCB 163 / 164        | 144     | 41,8    | 24,6    | 45,3    | < 27    | < 18    |
| PCB 138              | 413     | 137     | 121     | 124     | < 87    | < 59    |
| PCB 158 / 160        | 25,5    | 23,6    | 15      | 16      | < 12    | < 8     |
| PCB 129              | < 2,1   | < 2,1   | < 11    | < 4,0   | < 1,5   | < 0,6   |
| PCB 166              | < 0,8   | < 1,0   | < 4,1   | < 0,2   | < 0,2   | < 0,1   |
| PCB 159              | < 0,8   | < 1,0   | < 4,2   | < 0,2   | < 0,2   | < 0,1   |
| PCB 128 / 162        | 9,1     | < 8,6   | 9,      | 13,5    | < 8,9   | < 6,0   |
| PCB 167              | 12,2    | 5,5     | < 3,3   | 6,2     | < 3,8   | < 2,6   |
| PCB 156              | < 0,9   | 10,8    | 7,4     | 14,2    | < 7,0   | < 4,7   |
| PCB 157              | 2,1     | < 0,9   | < 4,0   | < 2,1   | < 1,1   | < 0,2   |
| PCB 169              | < 0,9   | < 1,0   | < 4,9   | < 0,8   | < 0,2   | < 0,2   |
| Summe HexaCB         | 1209    | 708     | 548     | 597     | < 120   | 1,3     |
| PCB 188              | < 0,4   | < 0,4   | < 0,9   | < 0,4   | < 0,4   | < 0,3   |
| PCB 184              | < 0,3   | < 0,4   | < 1,0   | < 0,4   | < 0,4   | < 0,3   |
| PCB 179              | < 15    | < 19    | < 17    | < 18    | < 20    | < 13    |
| PCB 176              | < 0,4   | 4,8     | 4,2     | < 4,3   | < 4,6   | < 3,1   |

|               | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 186       | < 0,4   | < 0,5   | < 1,1   | < 0,4   | < 0,4   | < 0,3   |
| PCB 178       | 22,6    | 8,7     | 5,5     | 8,2     | < 5,5   | < 3,7   |
| PCB 175       | 2,0     | < 0,6   | 1,6     | < 1,7   | < 0,9   | 0,7     |
| PCB 182 / 187 | 120     | 47,2    | 33,1    | 48,2    | < 29    | < 20    |
| PCB 183       | 30,     | 20,8    | 24,2    | 23      | < 15    | < 10    |
| PCB 185       | < 0,8   | < 2,2   | < 1,3   | 3,2     | < 0,5   | < 2,1   |
| PCB 174       | 31      | 37,8    | 31,5    | 30,4    | < 28    | < 19    |
| PCB 181       | < 0,8   | < 2,0   | < 1,2   | < 0,4   | < 0,4   | < 0,2   |
| PCB 177       | 27,3    | 17,8    | 18,6    | 17,1    | < 13    | < 8,7   |
| PCB 171       | 10,8    | 8,1     | 6,9     | 10,9    | < 6,7   | < 4,5   |
| PCB 173       | < 1,0   | < 2,5   | < 1,6   | < 0,5   | < 0,5   | < 0,2   |
| PCB 172       | < 0,8   | < 2,0   | 6,1     | 8,3     | < 1,5   | < 2,1   |
| PCB 192       | < 0,7   | < 1,6   | < 0,9   | < 0,3   | < 0,3   | < 0,2   |
| PCB 180       | 66,6    | 66,4    | 51,4    | 104     | < 37    | < 25    |
| PCB 193       | 4,7     | 3,6     | < 0,7   | 5,      | 1,4     | < 0,9   |
| PCB 191       | < 0,6   | < 1,3   | < 0,8   | < 1,9   | < 0,9   | < 0,1   |
| PCB 170       | 28      | 27,4    | 22,0    | 41,3    | < 15    | < 10    |
| PCB 190       | < 0,6   | 6,      | 4,6     | 5,2     | < 3,2   | < 2,2   |
| PCB 189       | < 1,0   | < 1,1   | < 1,0   | < 2,2   | < 0,4   | < 0,2   |
| Summe HeptaCB | 343     | 249     | 210     | 304     | 1,4     | 0,7     |
| PCB 202       | < 0,3   | < 1,0   | < 1,1   | < 1,6   | < 1,0   | < 0,1   |
| PCB 200       | < 0,4   | < 1,5   | < 1,2   | < 1,3   | < 1,1   | < 0,1   |
| PCB 204       | < 0,4   | < 1,5   | < 1,3   | < 0,1   | < 1,2   | < 0,1   |
| PCB 197       | < 0,4   | < 1,4   | < 1,1   | < 0,1   | < 1,0   | < 0,1   |
| PCB 199       | < 0,4   | < 1,3   | < 1,1   | < 0,6   | < 1,1   | < 0,1   |
| PCB 198 / 201 | 9,7     | 8,9     | < 3,4   | 23,8    | < 2,5   | 2,6     |
| PCB 196 / 203 | 7,1     | 8,8     | < 5,7   | 16,3    | < 2,5   | 3,3     |
| PCB 195       | < 0,7   | 2,7     | < 0,6   | < 3,6   | < 0,9   | < 0,2   |
| PCB 194       | 6,8     | 6,7     | 3,2     | 9,7     | < 1,8   | < 2,2   |
| PCB 205       | 0,4     | < 0,3   | < 0,4   | < 0,7   | < 0,2   | < 0,1   |
| Summe OctaCB  | 24,1    | 27,1    | 3,2     | 49,8    | < 2,5   | 5,8     |
| PCB 208       | < 0,2   | < 1,2   | < 2,4   | < 0,5   | < 0,4   | < 0,1   |
| PCB 207       | < 0,2   | < 1,1   | < 2,3   | < 0,4   | < 0,3   | < 0,1   |
| PCB 206       | < 1,0   | < 2,6   | < 2,4   | < 2,0   | < 0,6   | < 1,9   |
| Summe NonaCB  | < 1,0   | < 2,6   | < 2,4   | < 2,0   | < 0,6   | < 1,9   |

TEXTE Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland – Abschlussbericht

|            | Jun. 18 | Jul. 18 | Aug. 18 | Sep. 18 | Okt. 18 | Nov. 18 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 209    | < 1,0   | 4,4     | 2,2     | < 2,0   | < 0,9   | < 0,4   |
| Summe Deca | < 1,0   | 4,4     | 2,2     | < 2,0   | < 0,9   | < 0,4   |

|              | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 1        | < 101   | < 131   | n,a,    | < 79    | < 50    | < 121   |
| PCB 2        | < 101   | < 33    | n,a,    | < 20    | < 13    | < 31    |
| PCB 3        | < 101   | < 33    | n,a,    | < 20    | < 13    | < 31    |
| Summe MonoCB | < 101   | < 131   | n,a,    | < 79    | < 50    | < 121   |
| PCB 10       | < 3,1   | < 23,0  | < 3,0   | < 3,9   | < 3,5   | < 7,2   |
| PCB 4        | 77,0    | 67,0    | < 23    | < 30    | < 19    | 54,8    |
| PCB 9        | 7,0     | < 18,4  | < 4,4   | < 5,7   | < 3,7   | 13,3    |
| PCB 7        | 4,2     | < 18,3  | < 3,0   | < 3,9   | 3,4     | < 6,1   |
| PCB 6        | 21,3    | 33,9    | < 15,9  | < 21    | < 13,2  | 27,1    |
| PCB 5 / 8    | 238     | 284     | < 94    | < 122   | < 78    | 130     |
| PCB 14       | < 3,1   | < 20,1  | < 3,0   | < 3,9   | < 3,3   | < 6,1   |
| PCB 11       | < 711   | < 740   | < 686   | < 890   | < 570   | < 685   |
| PCB 12 / 13  | < 5,4   | 23,6    | < 5,2   | < 6,7   | 6,3     | < 6,1   |
| PCB 15       | < 31    | 53,4    | < 30    | < 38    | < 25    | 52,4    |
| Summe DiCB   | 348     | 462     | < 686   | < 890   | 9,6     | 278     |
| PCB 19       | < 16    | < 11    | < 16    | < 20    | < 13    | 29,7    |
| PCB 30       | < 3,1   | < 6,5   | < 3     | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 18       | < 235   | < 245   | < 227   | < 295   | < 188   | 233     |
| PCB 17       | < 92    | < 96    | < 89    | < 115   | < 74    | 92,2    |
| PCB 24       | < 3,1   | < 6,5   | < 3     | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 27       | < 12,2  | < 7     | < 12    | < 15    | < 10    | 13,0    |
| PCB 32       | < 50    | < 52    | < 48    | < 62    | < 40    | 70,3    |
| PCB 16       | < 74    | < 77    | < 71    | < 92    | < 59    | 100     |
| PCB 23       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 34       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 29       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 26       | < 34,0  | < 35    | < 33    | < 43    | < 27    | 36,9    |
| PCB 25       | < 17,3  | < 18    | < 17    | < 22    | < 14    | 19,5    |
| PCB 31       | < 210   | < 218   | < 203   | < 263   | < 168   | 221     |
| PCB 28       | < 247   | < 257   | < 238   | < 309   | < 198   | 273     |
| PCB 21       | < 3,1   | < 6,5   | < 3     | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |

TEXTE Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland – Abschlussbericht

|                    | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 20 / 33        | < 167   | < 173   | < 161   | < 208   | < 133   | 163     |
| PCB 22             | < 73,1  | < 76    | < 71    | < 91    | < 59    | 106     |
| PCB 36             | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 39             | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 38             | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 35             | < 8,1   | < 6,5   | < 7,8   | < 3,9   | < 6,4   | < 7,8   |
| PCB 37             | < 41    | < 43    | < 40    | < 52    | < 33,1  | 69,4    |
| Summe TriCB        | < 247   | < 257   | < 238   | < 309   | < 198   | 1427    |
| PCB 54             | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 50             | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 53             | < 25    | < 16    | < 24    | < 31    | < 20    | < 24,1  |
| PCB 51             | < 18,3  | < 31    | < 18    | < 23    | 15,6    | 28,7    |
| PCB 45             | < 30,1  | < 18    | < 29    | < 38    | < 24    | 33,1    |
| PCB 46             | < 11,1  | < 11    | < 10,7  | < 14    | < 9     | 14,4    |
| PCB 52 / 69 / 73   | < 153   | < 159   | < 147   | < 191   | < 122   | < 147   |
| PCB 43 / 49        | < 99    | < 103   | < 96    | < 124   | < 80    | < 96    |
| PCB 47 /48 /65 /75 | 122     | < 107   | 126     | < 129   | 125     | 165     |
| PCB 62             | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 44             | < 93    | < 97    | < 90    | < 116   | < 74,4  | 114     |
| PCB 59             | < 9,9   | < 6,5   | < 3,0   | < 12    | < 8     | 9,8     |
| PCB 42             | < 40,4  | < 42    | < 39    | < 51    | < 32    | < 39    |
| PCB 64 / 71 / 72   | < 74,8  | < 78    | < 72    | < 94    | < 60    | 78,6    |
| PCB 41             | < 17,4  | < 18    | < 17    | < 22    | < 14    | 21,7    |
| PCB 68             | 15,2    | < 14    | 23,2    | < 16,7  | 14,4    | 21,7    |
| PCB 40 / 57        | < 14,0  | < 6,5   | < 13,5  | < 17    | < 11    | 15,7    |
| PCB 67             | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 3,5   | < 6,1   |
| PCB 58 / 63        | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 61 / 74        | < 52    | 61,8    | < 50    | < 65    | < 42    | 55,8    |
| PCB 70             | < 84    | < 87    | < 81    | < 105   | 75,4    | 106     |
| PCB 76             | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 66 / 80        | < 72    | < 75    | < 70    | < 91    | 58,4    | 83,4    |
| PCB 55             | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 56 / 60        | < 48,3  | 58,6    | < 47    | < 60    | 44,7    | 71,8    |
| PCB 79             | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 78             | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |

|                            | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 81                     | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 77                     | < 8,4   | < 6,5   | < 8,1   | < 3,9   | 9,4     | 9,4     |
| Summe TetraCB              | 138     | 120     | 149     | < 191   | 343     | 829     |
| PCB 104                    | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 96                     | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 103                    | < 3,1   | < 7,0   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,7   | < 6,1   |
| PCB 100                    | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 94                     | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 93 / 95 / 98<br>/ 102  | < 128   | 165     | < 124   | < 160   | 112     | < 124   |
| PCB 88                     | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 91 / 121               | < 9,0   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 7,2   | 9,8     |
| PCB 92                     | < 18    | < 18,2  | < 17    | < 22    | 18      | < 17    |
| PCB 84                     | < 14    | < 14    | < 13    | < 17    | 16,8    | 22,9    |
| PCB 89 / 90 /<br>101       | < 135   | < 141   | < 131   | < 169   | 142     | < 130   |
| PCB 113                    | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 99                     | < 3,1   | < 7     | < 23    | < 30    | 25,4    | 25,8    |
| PCB 112 / 119              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 109 / 83               | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 86 / 97 /<br>117 / 125 | < 17    | < 18    | < 16    | < 21    | < 14    | 17      |
| PCB 116                    | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 87 / 115               | < 20    | < 21    | < 20    | < 25,3  | 23      | 21,7    |
| PCB 111                    | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 85                     | < 3,1   | < 6,5   | < 10    | < 13    | < 8,3   | < 10    |
| PCB 120                    | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 110                    | < 63    | < 66    | < 61    | < 79    | < 51    | < 61    |
| PCB 82                     | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 6,2   | < 7,4   |
| PCB 124                    | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 107 / 108              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | 4,0     | < 6,1   |
| PCB 123                    | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 106 / 118              | < 37    | < 39    | < 36    | < 47    | 53,6    | 37,6    |
| PCB 114                    | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 122                    | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 105 / 127              | < 16    | < 17    | < 16    | < 21    | 15,2    | < 16    |
| PCB 126                    | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| Summe PentaCB              | < 135   | 165     | < 131   | < 169   | 410     | 135     |

TEXTE Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft und Deposition im ländlichen Hintergrund von Deutschland – Abschlussbericht

|                      | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 155              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 150              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 152              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 145              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 136 / 148        | < 43,4  | < 36,8  | < 42    | < 54    | < 35    | 48,4    |
| PCB 154              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 151              | < 93,2  | 167     | < 90    | < 117   | < 75    | < 90    |
| PCB 135              | < 36    | 91,1    | < 34    | < 4,8   | < 28    | 37,6    |
| PCB 144              | < 12,5  | 21,1    | < 12    | < 3,9   | 14,8    | 15,9    |
| PCB 147              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 139 / 149        | < 99,0  | 127     | < 95,6  | < 124   | 109     | 112     |
| PCB 140              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 143              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 134              | < 5,4   | < 6,5   | < 5,3   | < 6,8   | 5,7     | 9,9     |
| PCB 131 /133<br>/142 | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | 5,4     | < 6,1   |
| PCB 165              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 146              | < 15    | < 16    | < 15    | < 19    | 22      | 16      |
| PCB 132 / 161        | < 25    | 34,7    | < 24    | < 31    | 28,7    | 38,5    |
| PCB 153 / 168        | < 101   | < 105   | < 98    | < 126   | 188     | < 97    |
| PCB 141              | < 19    | 26,0    | < 18    | < 23    | 28,9    | 26,4    |
| PCB 137              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | 4,4     | < 6,1   |
| PCB 130              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 5,6   | 7,9     | < 6,1   |
| PCB 163 / 164        | < 23    | 25,3    | < 22    | < 29    | 30,9    | < 22    |
| PCB 138              | < 74    | 86,4    | < 71    | < 92    | 127     | < 71    |
| PCB 158 / 160        | < 10    | 11,9    | < 10    | < 13    | 11,3    | < 10    |
| PCB 129              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 166              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 159              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 128 / 162        | < 3,1   | < 6,5   | < 7,3   | < 3,9   | 8,1     | < 6,1   |
| PCB 167              | < 3,1   | < 6,5   | 3,8     | < 3,9   | 6,6     | < 6,1   |
| PCB 156              | < 5,9   | 8,9     | < 5,7   | < 3,9   | 7,1     | < 6,1   |
| PCB 157              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 169              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| Summe HexaCB         | < 101   | 599     | 4       | < 126   | 605     | 304     |
| PCB 188              | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |

|               | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 184       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 179       | < 16,8  | 50,9    | < 16,2  | < 21,0  | 16      | 18      |
| PCB 176       | 4,0     | 11,5    | < 3,0   | < 3,9   | 5,6     | < 6,1   |
| PCB 186       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 178       | < 4,6   | 21,5    | 6,7     | < 3,9   | 14,6    | 10,5    |
| PCB 175       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | 3,3     | < 6,1   |
| PCB 182 / 187 | < 25    | 116     | 30,3    | < 31    | 79,0    | 39,9    |
| PCB 183       | < 13    | 21,6    | < 13    | < 16    | 15,0    | < 12    |
| PCB 185       | < 3,1   | 8,1     | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 174       | < 24    | 47,4    | < 23    | < 30    | 23      | < 23    |
| PCB 181       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 177       | < 11    | 28,8    | < 10    | < 14    | 15      | < 10    |
| PCB 171       | < 3,1   | 9,1     | 6,0     | < 7,1   | 6,2     | 7,0     |
| PCB 173       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 172       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | 7,4     | < 6,1   |
| PCB 192       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 180       | < 31    | 103     | 35,8    | < 39    | 87,9    | < 30    |
| PCB 193       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | 4,2     | < 6,1   |
| PCB 191       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 170       | < 12    | 69,1    | 16,4    | < 15    | 29,0    | < 12    |
| PCB 190       | < 3,1   | 10,9    | < 3,0   | < 3,9   | 4,3     | < 6,1   |
| PCB 189       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| Summe HeptaCB | 4       | 498     | 95      | < 39    | 311     | 75      |
| PCB 202       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 200       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 204       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 197       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 199       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 198 / 201 | < 3,1   | 75,4    | 4,7     | < 3,9   | 15,0    | 6,4     |
| PCB 196 / 203 | 4,6     | 57,     | 7,5     | < 3,9   | 12,9    | < 6,1   |
| PCB 195       | < 3,1   | 17,4    | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| PCB 194       | < 3,1   | 35,5    | 5,6     | < 3,9   | 26,     | < 6,1   |
| PCB 205       | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| Summe OctaCB  | 4,6     | 185     | 17,8    | < 3,9   | 53,8    | 6,4     |
| PCB 208       | < 3,1   | 7,7     | < 3,6   | < 3,9   | < 4,3   | < 13    |

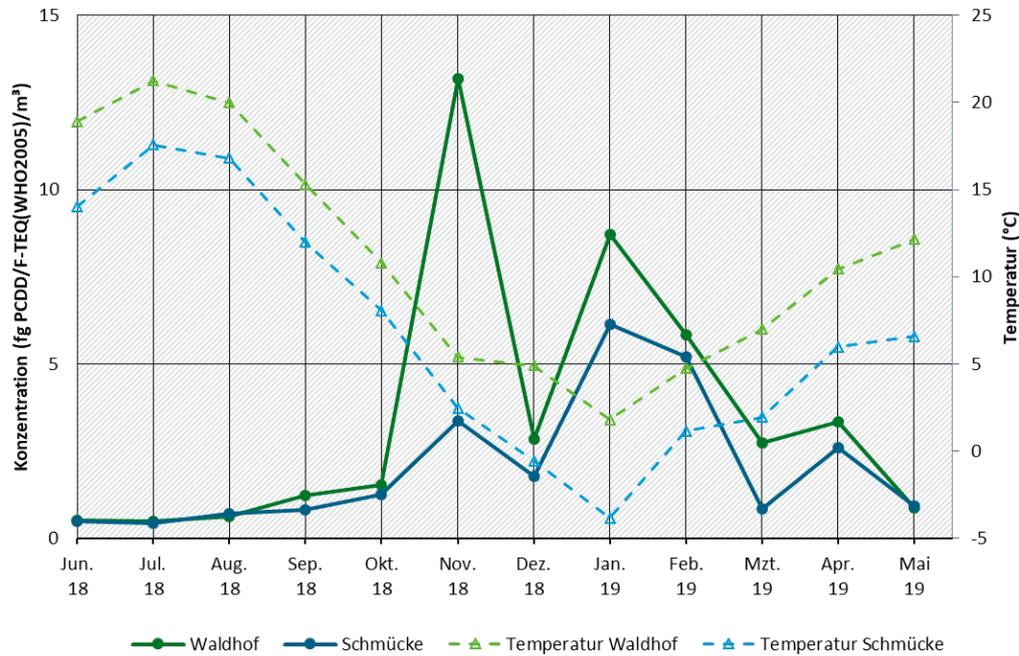
|              | Dez. 18 | Jan. 19 | Feb. 19 | Mrz. 19 | Apr. 19 | Mai. 19 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCB 207      | < 3,1   | < 7,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 10    |
| PCB 206      | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| Summe NonaCB | < 3,1   | < 7,5   | < 3,6   | < 3,9   | < 4,3   | < 13    |
| PCB 209      | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |
| Summe Deca   | < 3,1   | < 6,5   | < 3,0   | < 3,9   | < 2,5   | < 6,1   |

Nur Werte > Bestimmungsgrenzen gehen in die Bildung der Homologengruppensummen ein. Liegen die Konzentrationen aller Kongenere einer Homologengruppe unterhalb der Bestimmungsgrenze, wird der Wert für die Homologengruppensumme als < maximale BG dargestellt.

n.a.: aufgrund von Störmatrix nicht analysierbar

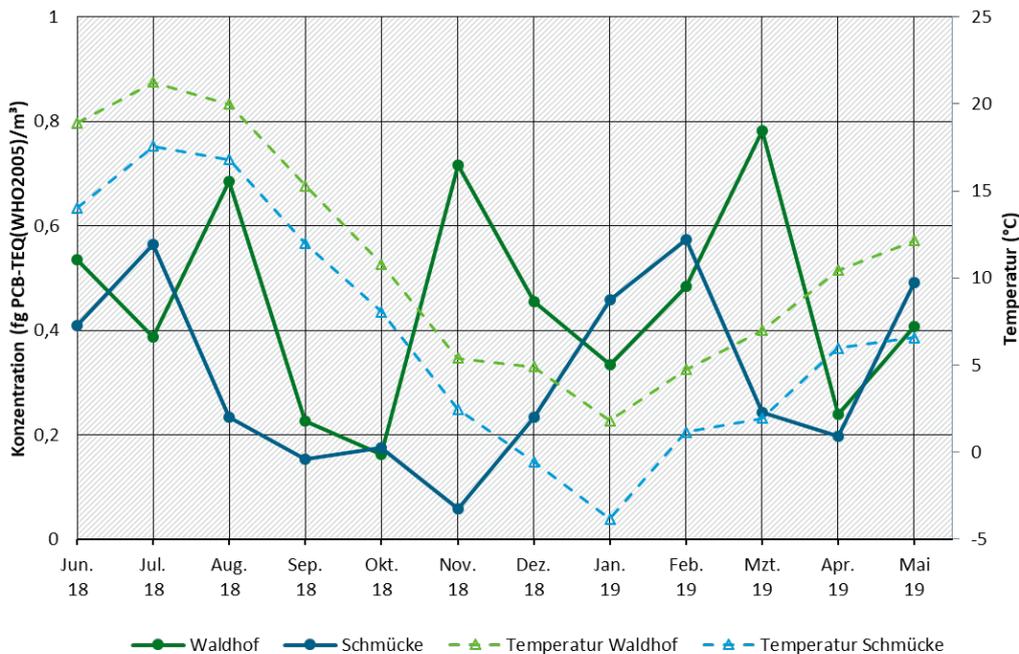
## A.7 Verlauf der TEQ-Konzentrationen

**Abbildung 44: Monatswerte der PCDD/F-TEQ Konzentrationen nach WHO<sub>2005</sub> inkl. 1/2 BG (fg/m<sup>3</sup>) sowie der Temperatur**



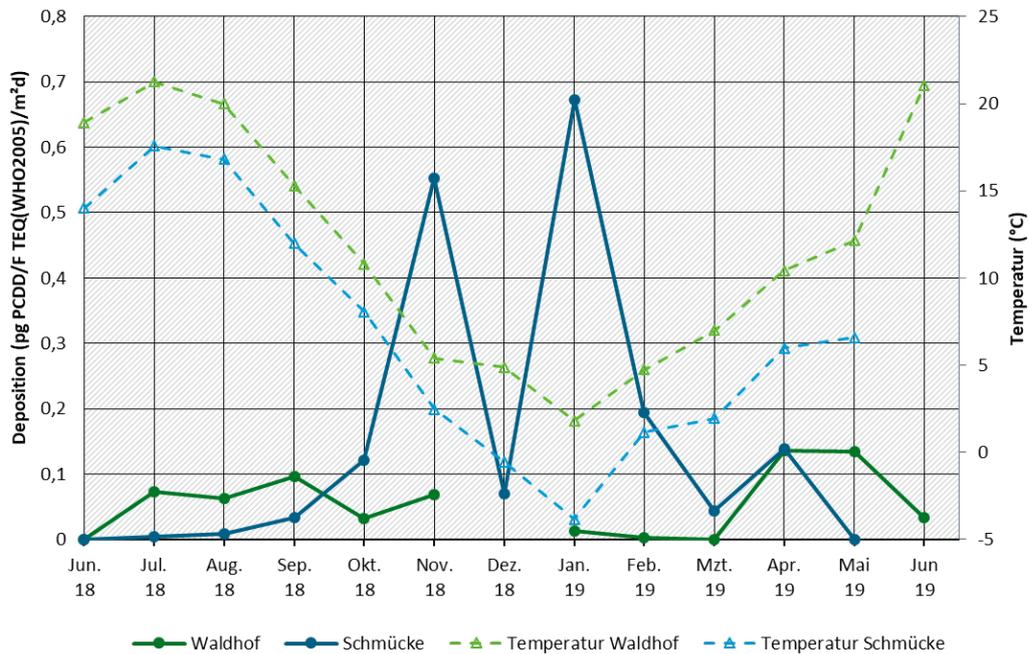
Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 45: Monatswerte der PCB-TEQ Konzentrationen nach WHO<sub>2005</sub> inkl. 1/2 BG (fg/m<sup>3</sup>) sowie der Temperatur**



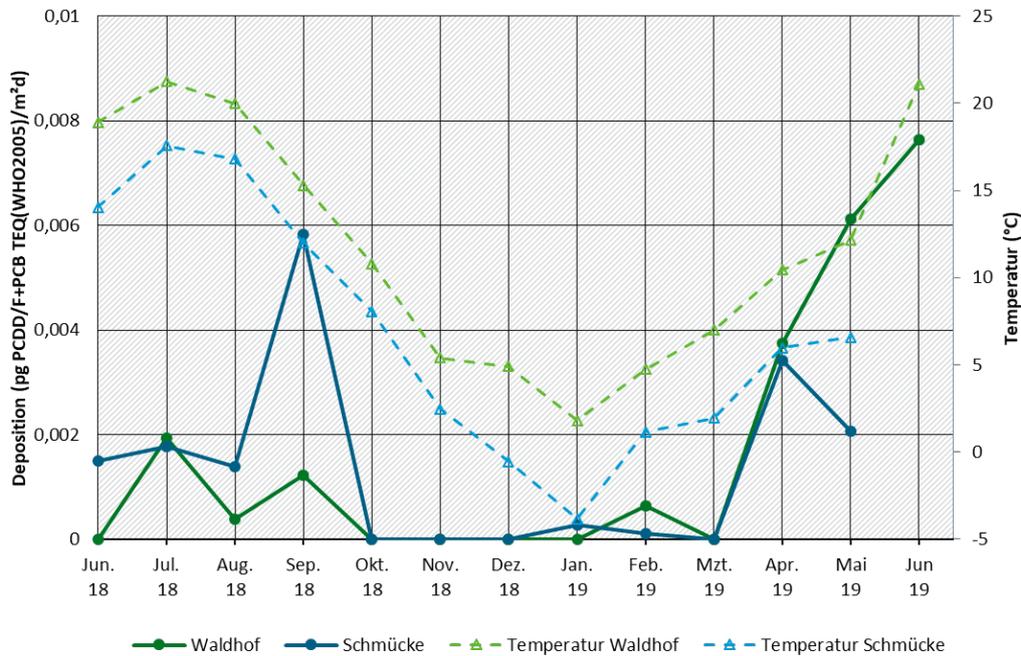
Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 46: Monatswerte der PCDD/F-TEQ Depositionsraten nach WHO<sub>2005</sub> exkl. BG (pg/m<sup>2</sup>d) sowie der Temperatur**



Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

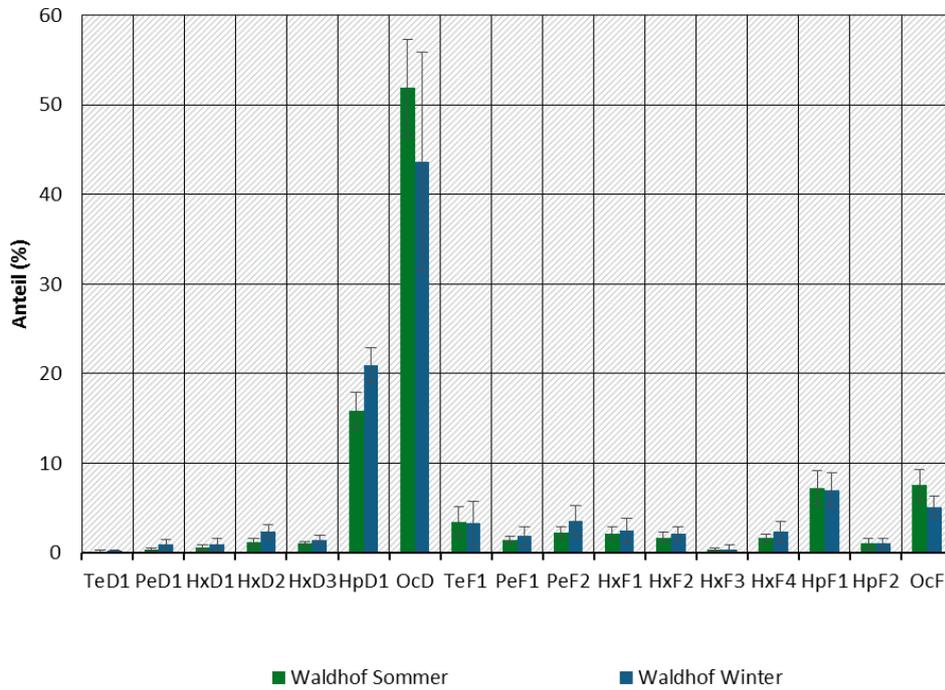
**Abbildung 47: Monatswerte der PCB-TEQ Depositionsraten nach WHO<sub>2005</sub> exkl. BG (pg/m<sup>2</sup>d) sowie der Temperatur**



Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

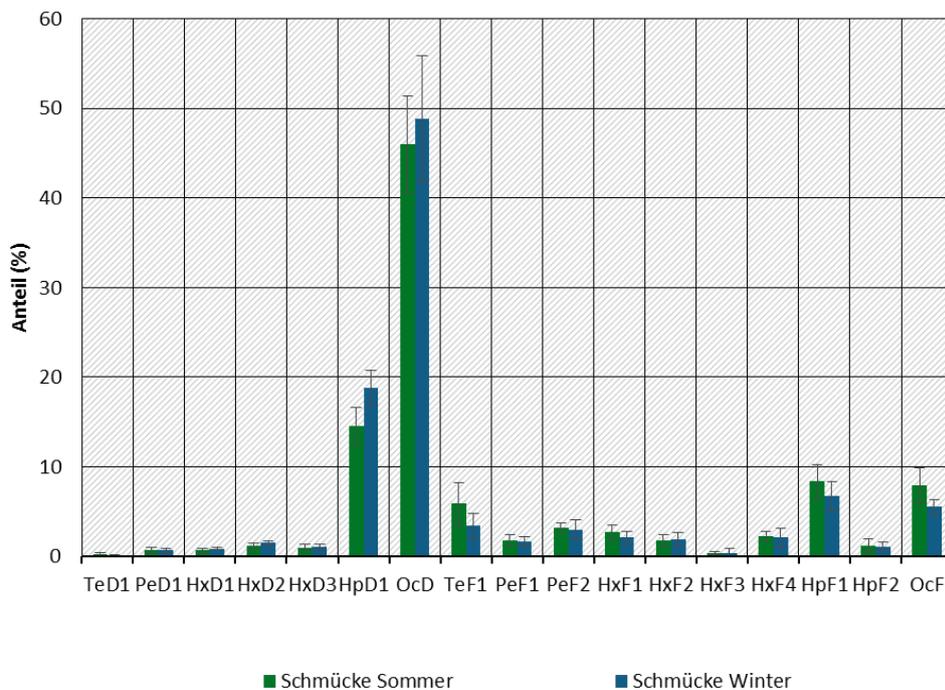
## A.8 Sommer/Winter-Profile

**Abbildung 48: PCDD/F-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Außenluftproben, Messstation Waldhof**



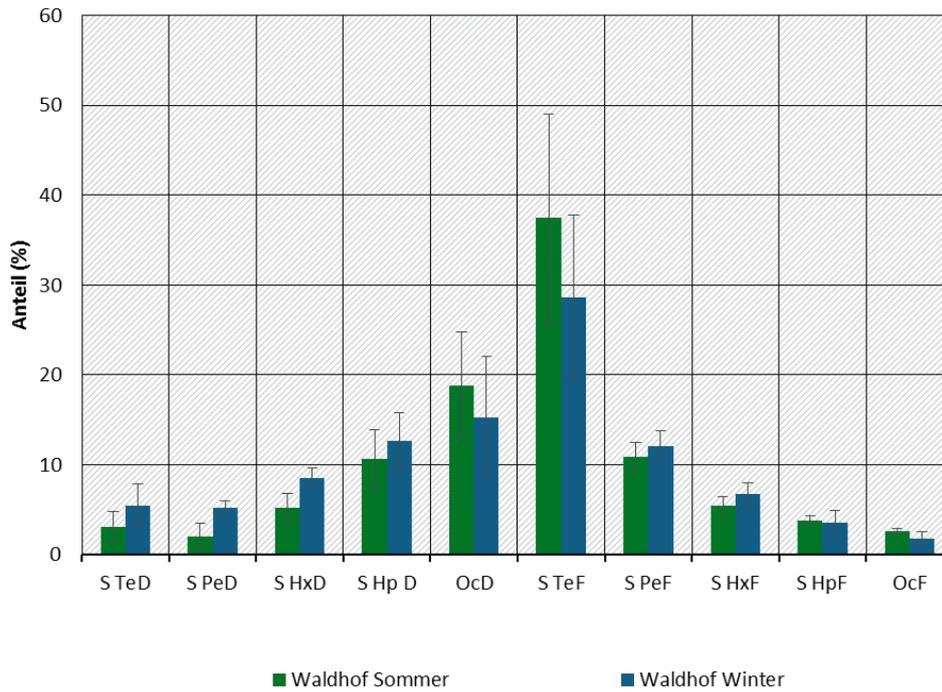
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 49: PCDD/F-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Außenluftproben, Messstation Schmücke**



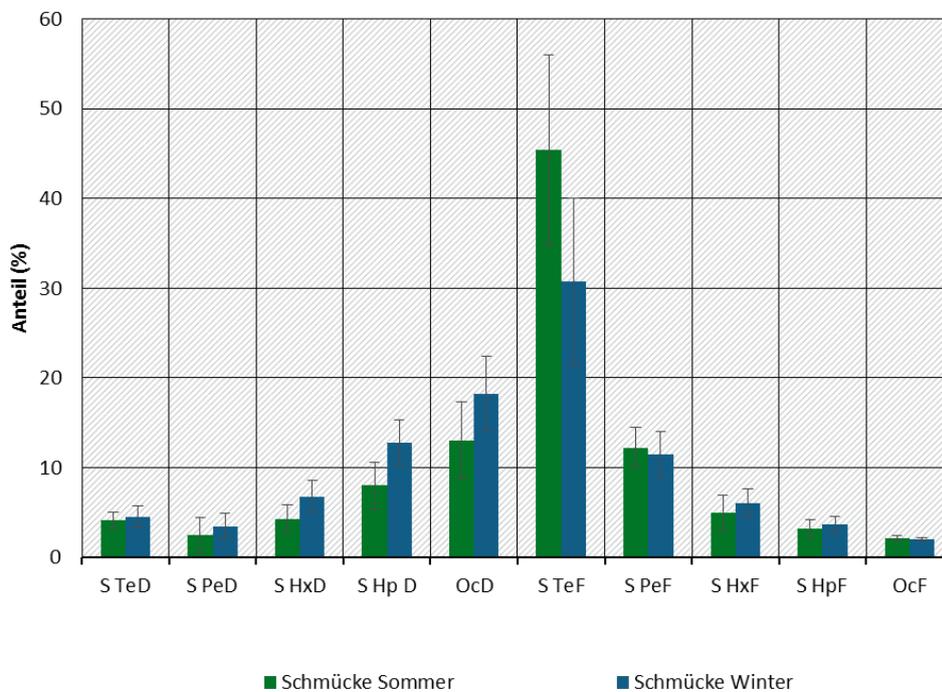
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 50: PCDD/F-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Außenluftproben, Messstation Waldhof**



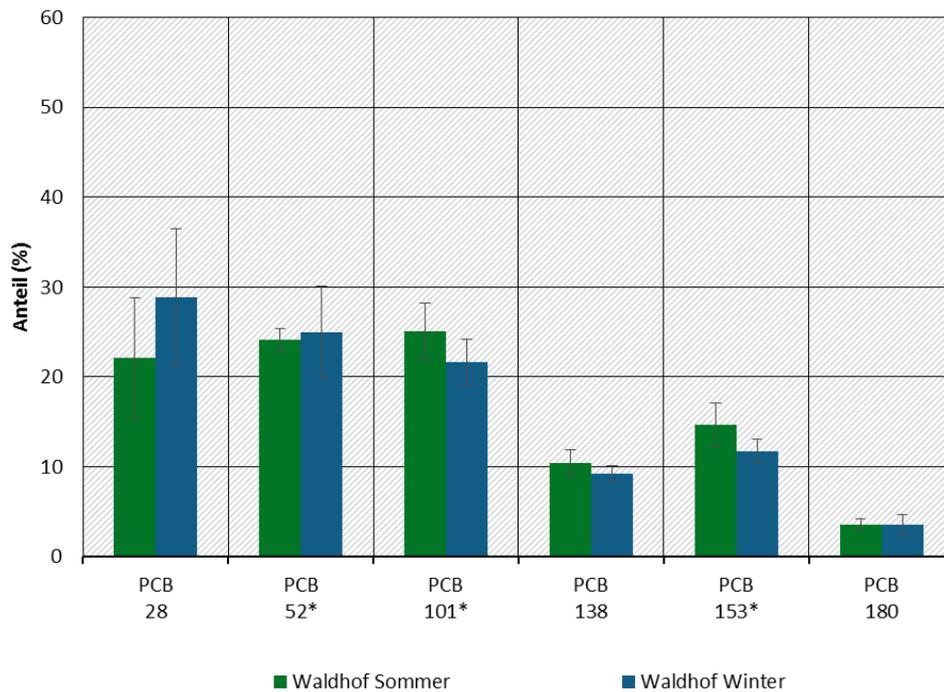
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 51: PCDD/F-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Außenluftproben, Messstation Schmücke**



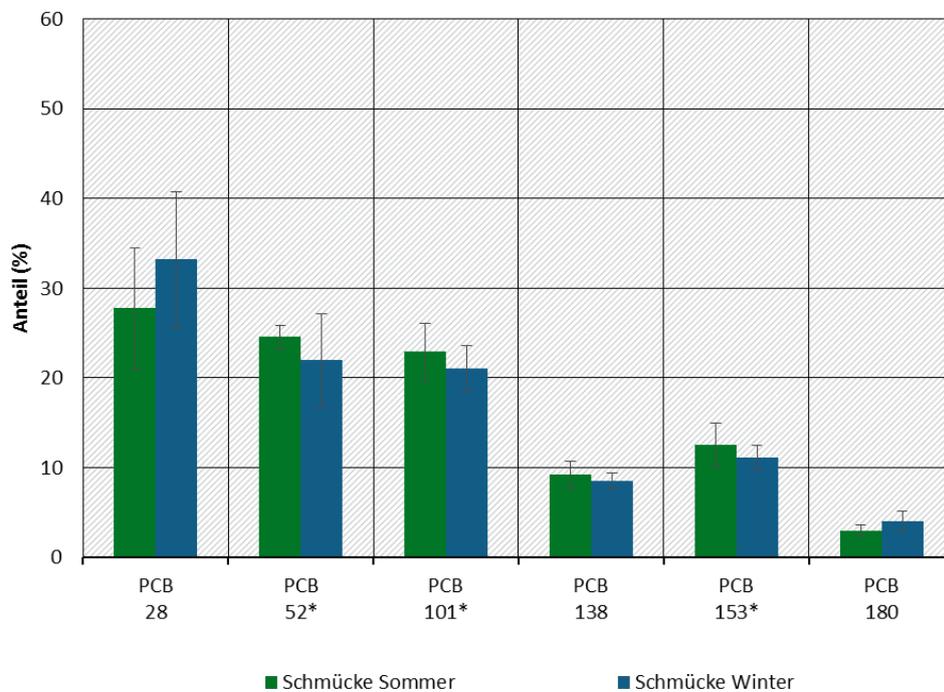
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 52: i-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Außenluftproben, Messtation Waldhof**



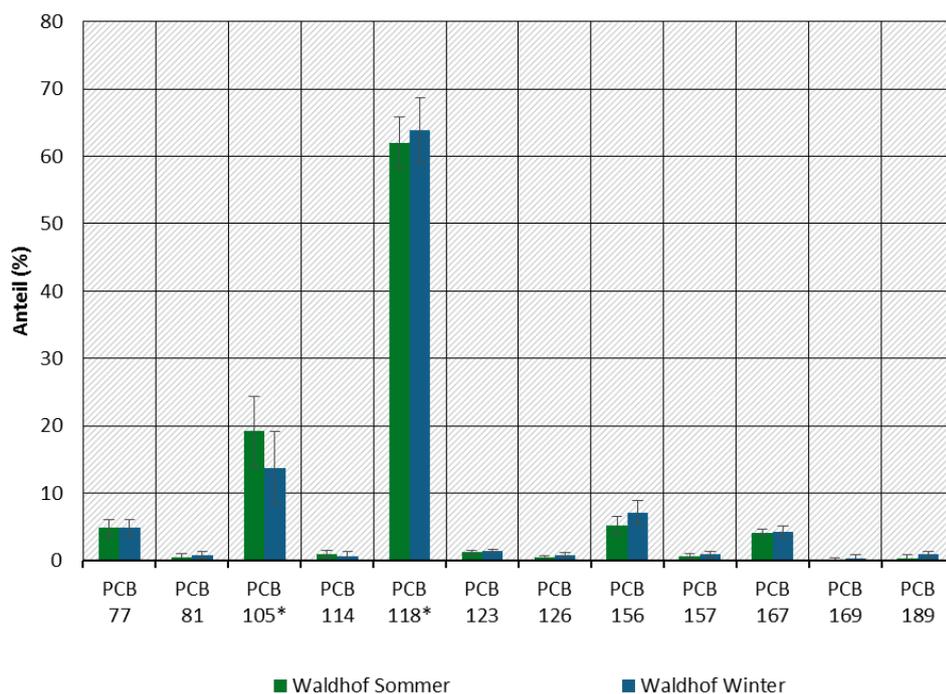
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 53: i-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Außenluftproben, Messtation Schmücke**



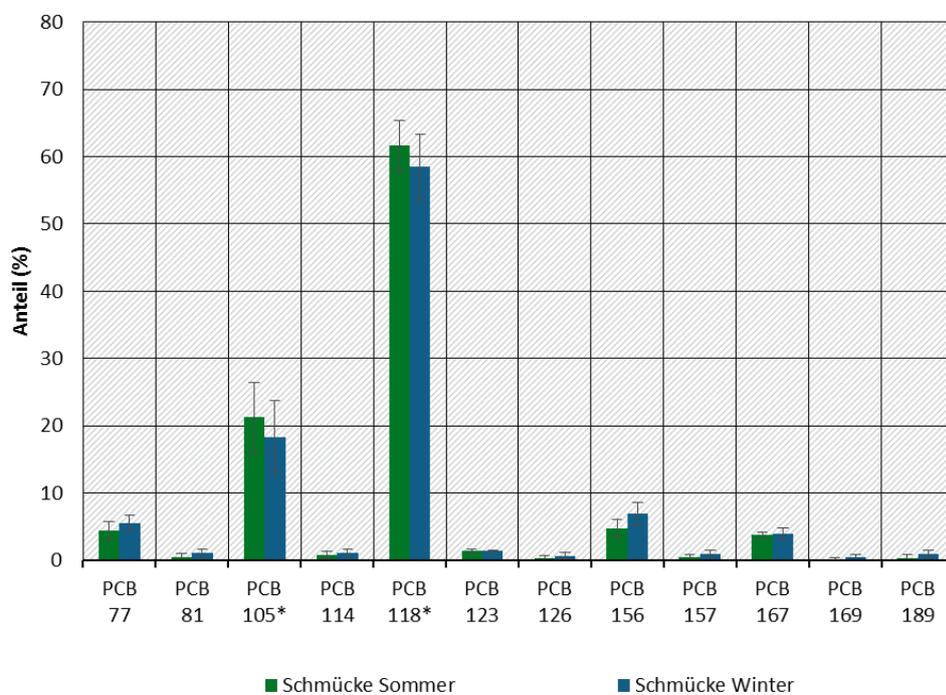
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 54: dl-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Außenluftproben, Messtation Waldhof**



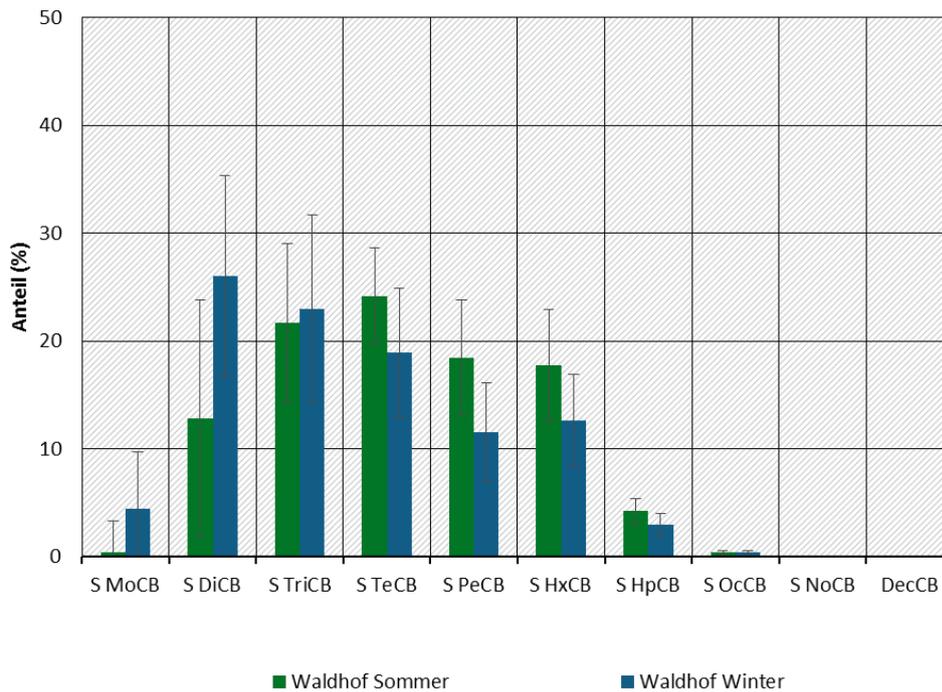
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 55: dl-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Außenluftproben, Messtation Schmücke**



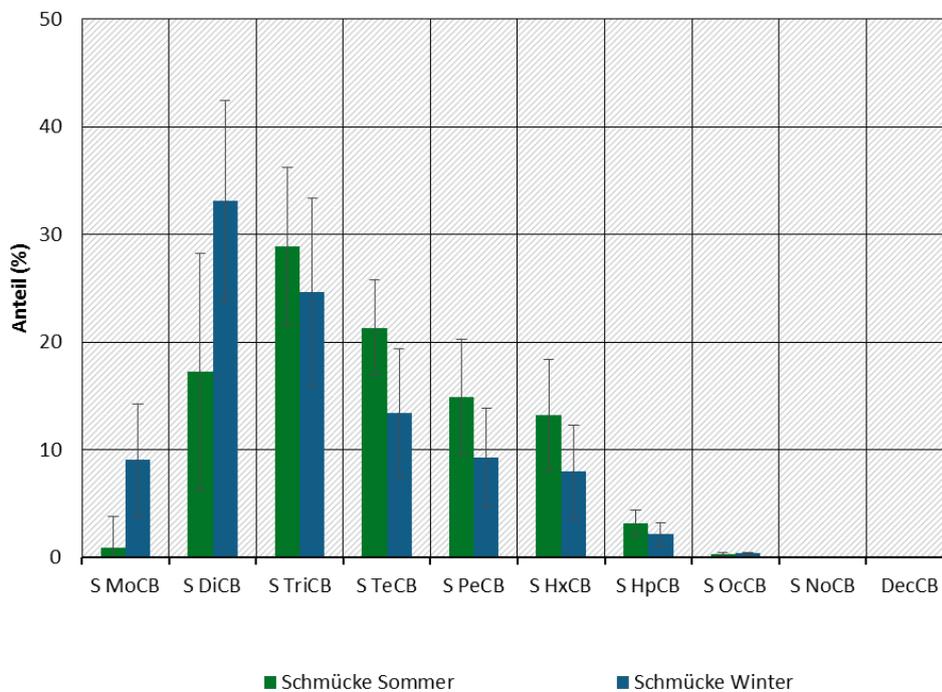
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 56: PCB-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Außenluftproben, Messstation Waldhof**



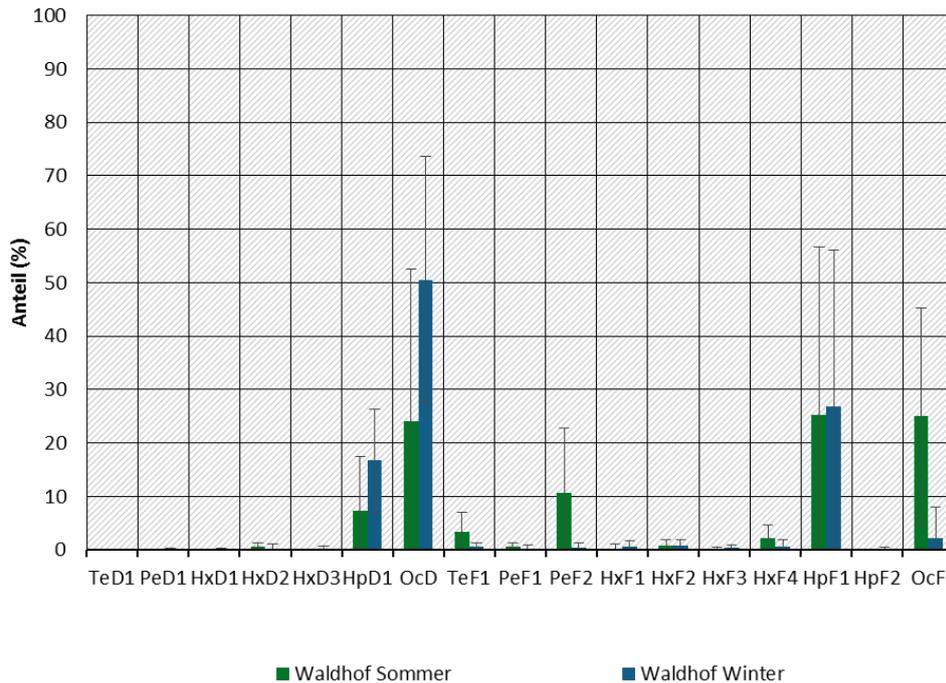
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 57: PCB-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Außenluftproben, Messstation Schmücke**



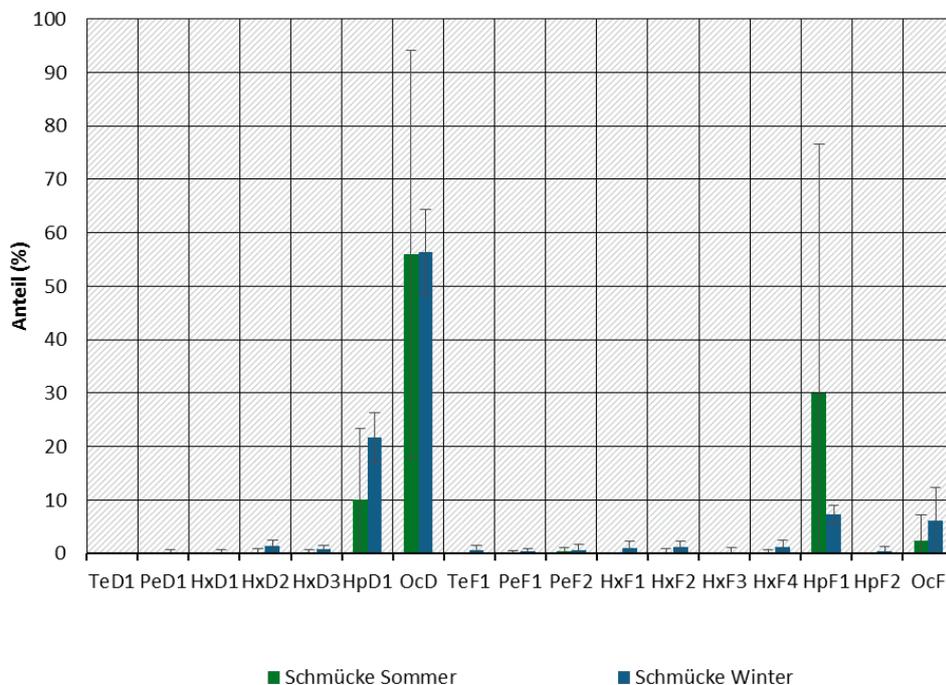
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 58: PCDD/F-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Waldhof**



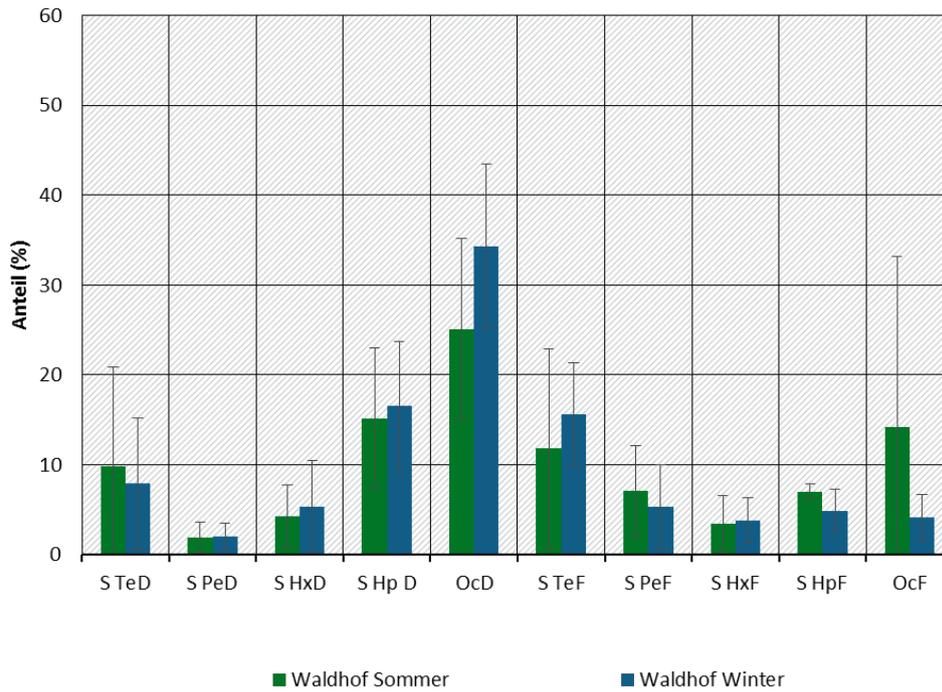
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Nur Werte > BG sind berücksichtigt. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 59: PCDD/F-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Schmücke**



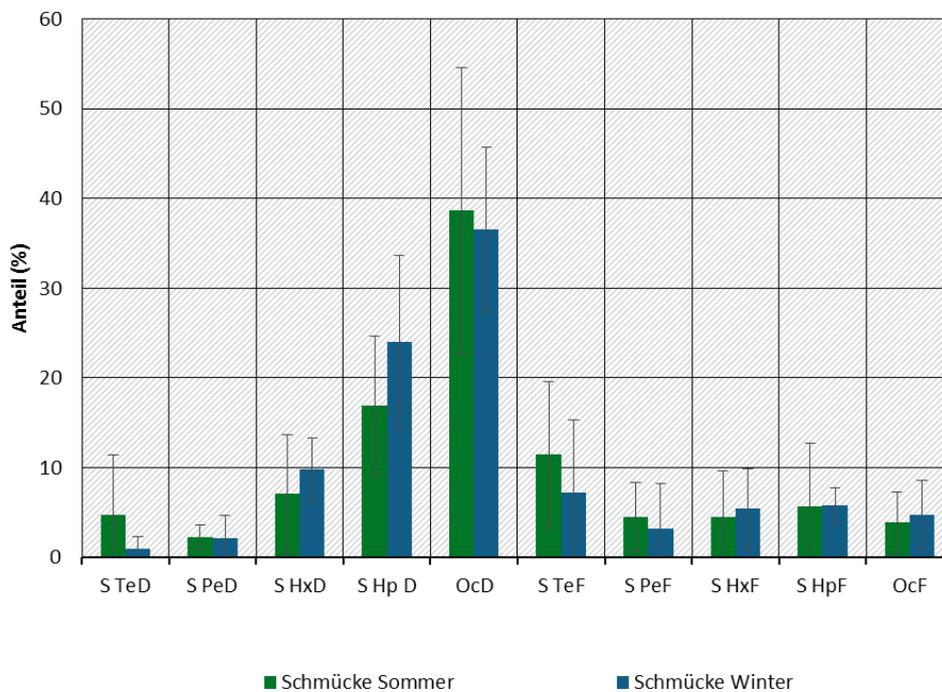
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Nur Werte > BG sind berücksichtigt. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 60: PCDD/F-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Waldhof**



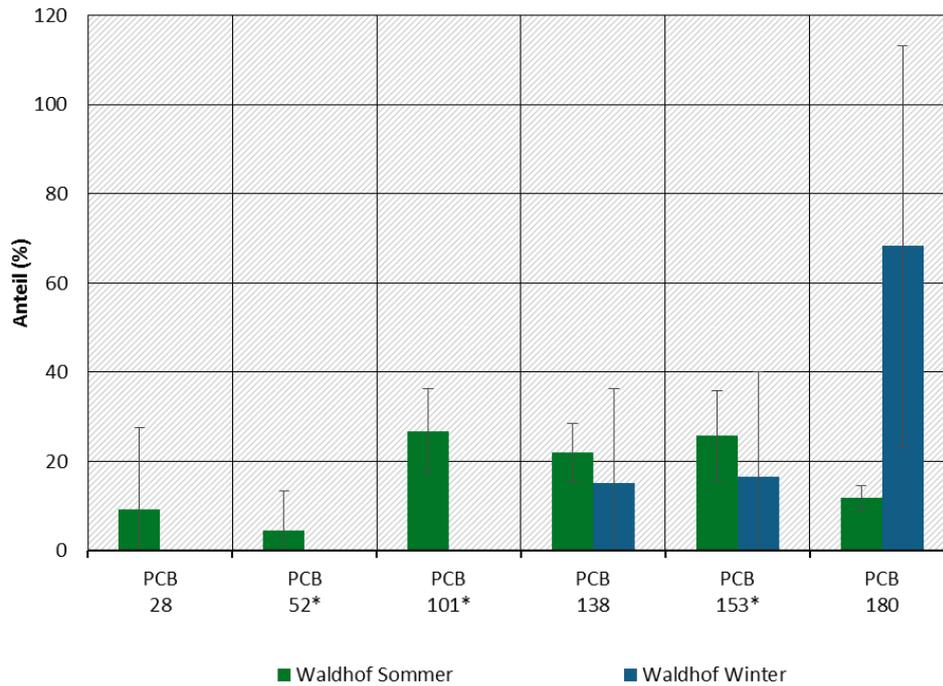
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Nur Werte > BG sind berücksichtigt. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 61: PCDD/F-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Schmücke**



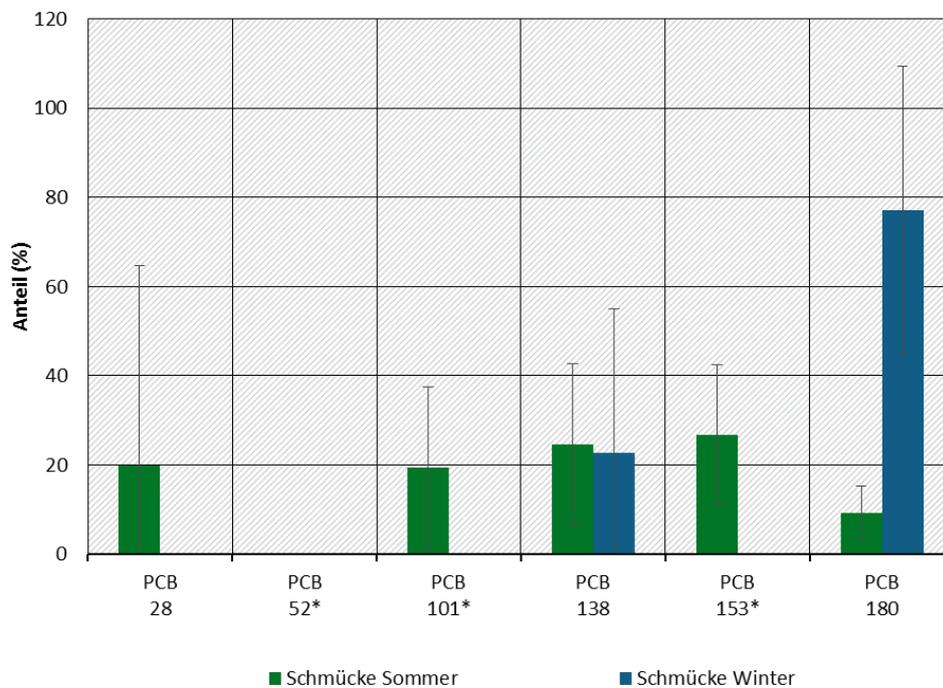
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Nur Werte > BG sind berücksichtigt. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 62: i-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Waldhof**



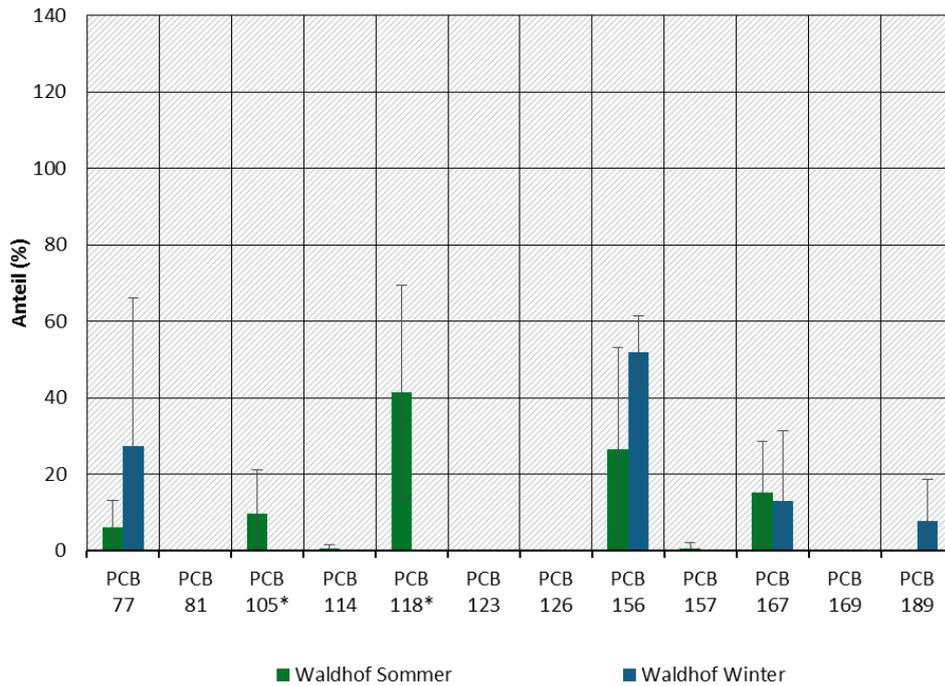
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Nur Werte > BG sind berücksichtigt. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 63: i-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Schmücke**



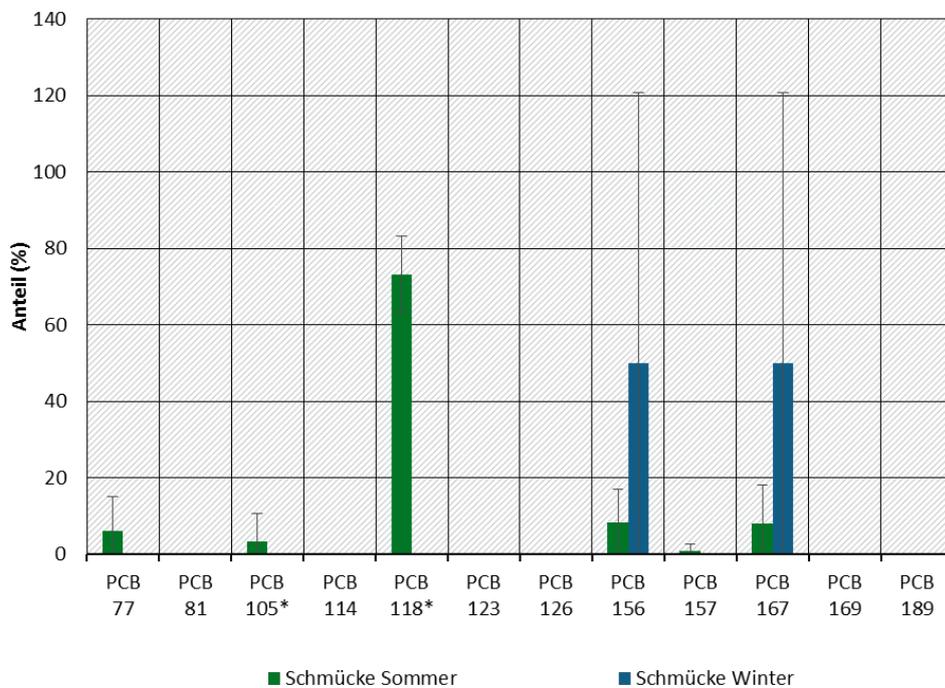
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Nur Werte > BG sind berücksichtigt. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 64: dl-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Waldhof**



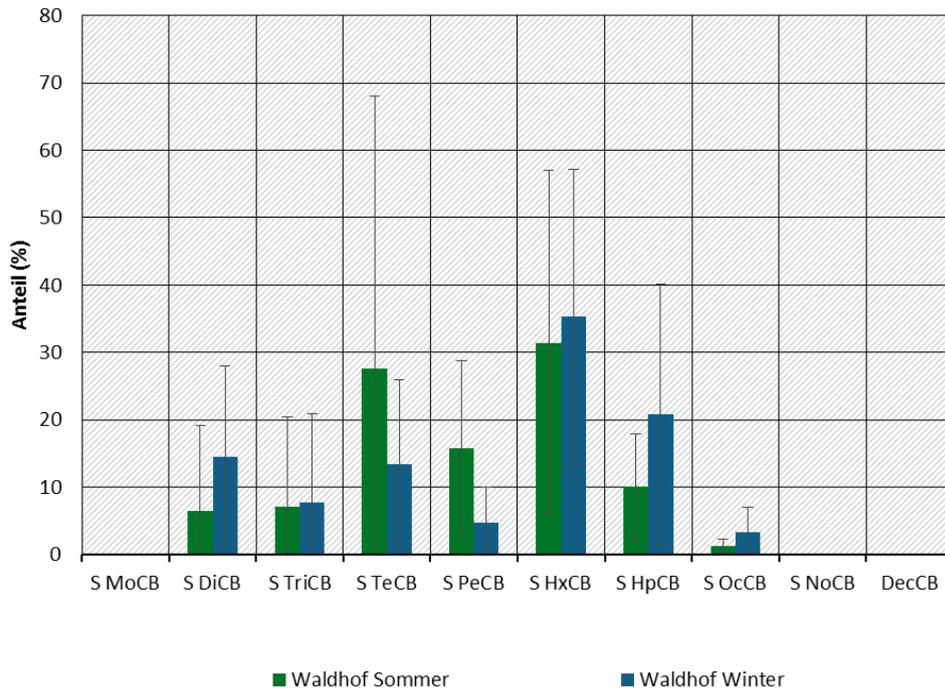
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Nur Werte > BG sind berücksichtigt. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 65: dl-PCB-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Schmücke**



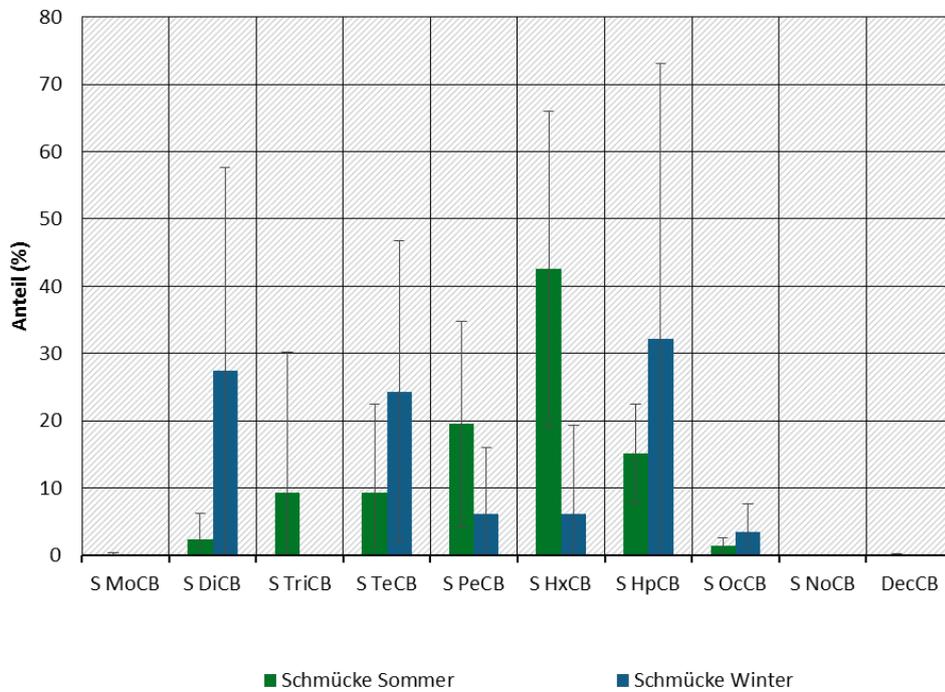
Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Nur Werte > BG sind berücksichtigt. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 66: PCB-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Waldhof**



Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Nur Werte > BG sind berücksichtigt. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

**Abbildung 67: PCB-Homologengruppensummen-Profile für die Sommer- und Wintermonate (Mittelwerte, Standardabweichungen) Depositionsproben, Messstation Schmücke**



Sommermonate: April bis September; Wintermonate: Oktober bis März. Nur Werte > BG sind berücksichtigt. Quelle: eigene Darstellung, Aneco Institut für Umweltschutz GmbH & Co.

## A.9 Kongenerenspezifische PCB-Quellen

Abbildung 68: Chlorierungs-Matrix und Häufigkeitsmuster von PCB-Kongeneren in Aroclor-Gemischen (a) und nicht-Aroclor-Quellen (b)

| Cl position | none | 2 | 3 | 4 | 23 | 24 | 25 | 26 | 34 | 35 | 234 | 235 | 236 | 245 | 246 | 345 | 2345 | 2346 | 2356 | 23456 |     |
|-------------|------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|-----|
| 23456       |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 209 |
| 2356        |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 208 |
| 2346        |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 207 |
| 2345        |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 206 |
| 345         |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 205 |
| 246         |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 204 |
| 245         |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 203 |
| 236         |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 200 |
| 235         |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 198 |
| 234         |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 195 |
| 35          |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 192 |
| 34          |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 190 |
| 26          |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 186 |
| 25          |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 185 |
| 24          |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 181 |
| 23          |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 173 |
| 4           |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 166 |
| 3           |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 160 |
| 2           |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 142 |
| none        |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 116 |

| % contribution in Aroclors |
|----------------------------|
| <0.002                     |
| 0.002-0.01                 |
| 0.01-0.1                   |
| 0.1-1                      |
| >1                         |

a)

| Cl position | none | 2 | 3 | 4 | 23 | 24 | 25 | 26 | 34 | 35 | 234 | 235 | 236 | 245 | 246 | 345 | 2345 | 2346 | 2356 | 23456 |     |
|-------------|------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|-----|
| 23456       |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 209 |
| 2356        |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 208 |
| 2346        |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 207 |
| 2345        |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 206 |
| 345         |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 205 |
| 246         |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 204 |
| 245         |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 203 |
| 236         |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 200 |
| 235         |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 198 |
| 234         |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 195 |
| 35          |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 192 |
| 34          |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 190 |
| 26          |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 186 |
| 25          |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 185 |
| 24          |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 181 |
| 23          |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 173 |
| 4           |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 166 |
| 3           |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 160 |
| 2           |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 142 |
| none        |      |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |      |       | 116 |

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Azo pigments                 |  |
| Naphthol AS pigments         |  |
| Phthlocyanine blue pigments  |  |
| Phthlocyanine green pigments |  |
| Diketopyrrolopyrole pigments |  |
| Dioxazine pigments           |  |
| Titanium dioxide pigments    |  |

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| Silicon rubber                      |  |
| Chlorophenylsilanes                 |  |
| Asphalt tack & release agent        |  |
| Thermoplastic                       |  |
| PVC pipe                            |  |
| Firefighting foams                  |  |
| sulfentrazone                       |  |
| Solid waste incineration/combustion |  |

b)

Bezugsquelle: Megson et al. 2018 (Einwilligung zum Abdruck vom 02.06.2020)

**Tabelle 65: Potentielle Quellen für bedeutende nicht-i-PCB in der Außenluft**

| PCB    | Quelle  |
|--------|---|
| PCB 5  | Bestandteil in Aroclormischungen 0,01-0,1 % (Megson et al. 2019)<br>Pigmente (Hu and Hornbuckle 2010, Anezaki et al. 2015, Megson et al. 2019)<br>Thermoplastik (Megson et al. 2019)  |
| PCB 8  | Bestandteil in Aroclormischungen >1 % (Megson et al. 2019)<br>Pigmente (Megson et al. 2019, Hu and Hornbuckle 2010)<br>Thermoplastik (Megson et al. 2019)                             |
| PCB11  | Pigmente (Hu and Hornbuckle 2010, Megson et al. 2019)<br>Thermoplastik (Megson et al. 2019)<br>Konsumprodukte (Papier, Textilien, Verpackung...) (Vorkamp 2016)                       |
| PCB 17 | Bestandteil in Aroclormischungen >1 % (Megson et al. 2019)<br>Pigmente (Anezaki et al. 2015)  |
| PCB 18 | Bestandteil in Aroclormischungen >1 % (Megson et al. 2019)<br>Pigmente (Anezaki et al. 2015, Hu and Hornbuckle 2010)  |
| PCB 20 | Bestandteil in Aroclormischungen 0,1-1 % (Megson et al. 2019)<br>Pigmente (Anezaki et al. 2015, Hu and Hornbuckle 2010)<br>Löschsäume (Megson et al. 2019)                            |
| PCB 33 | Bestandteil in Aroclormischungen >1 % (Megson et al. 2019)<br>Pigmente (Anezaki et al. 2015, Hu and Hornbuckle 2010, Megson et al. 2019)<br>Löschsäume (Megson et al. 2019)           |
| PCB 31 | Bestandteil in Aroclormischungen >1 % (Megson et al. 2019)<br>Pigmente (Anezaki et al. 2015, Hu and Hornbuckle 2010)<br>Asphalt- bzw. -trennmittel (Megson et al. 2019)               |
| PCB 43 | Bestandteil in Aroclormischungen 0,1-1 % (Megson et al. 2019)   |
| PCB 44 | Bestandteil in Aroclormischungen >1 % (Megson et al. 2019)  |
| PCB 49 | Bestandteil in Aroclormischungen >1 % (Megson et al. 2019)  |
| PCB 47 | Bestandteil in Aroclormischungen 0,1-1 % (Megson et al. 2019)<br>Silikonkautschukproduktion (Megson et al. 2019, Herkert et al. 2018)<br>Sulfentrazon (Herbizid) (Megson et al. 2019) |
| PCB 48 | Bestandteil in Aroclormischungen 0,1-1 % (Megson et al. 2019)<br>Pigmente (Anezaki et al. 2015)<br>Sulfentrazon (Herbizid) (Megson et al. 2019)                                       |
| PCB 65 | Bestandteil in Aroclormischungen <0,002 % (Megson et al. 2019)  |
| PCB 75 | Bestandteil in Aroclormischungen 0,01-0,1 % (Megson et al. 2019)  |
| PCB 93 | Bestandteil in Aroclormischungen 0,002-0,01 % (Megson et al. 2019)<br>Pigmente (Anezaki et al. 2015)  |
| PCB 95 | Bestandteil in Aroclormischungen >1 % v<br>Pigmente (Anezaki et al. 2015, Hu and Hornbuckle 2010)<br>Löschsäume (Megson et al. 2019)  |

| PCB     | Quelle   |
|---------|--|
| PCB 98  | Bestandteil in Aroclormischungen <0,002 % (Megson et al. 2019)<br>Pigmente (Anezaki et al. 2015)                       |
| PCB 102 | Bestandteil in Aroclormischungen 0,01-0,1% (Megson et al. 2019)<br>Pigmente (Anezaki et al. 2015)                      |
| PCB 139 | Bestandteil in Aroclormischungen 0,01-0,1 % (Megson et al. 2019)   |
| PCB 149 | Bestandteil in Aroclormischungen >1 % % (Megson et al. 2019)<br>Pigmente (Anezaki et al. 2015, Hu and Hornbuckle 2010) |
| PCB 151 | Bestandteil in Aroclormischungen 0,1-1 % (Megson et al. 2019)  |