

Organische Schadstoffe in Böden von Ballungsräumen

Wien, St. Pölten



ORGANISCHE SCHADSTOFFE IN BÖDEN VON BALLUNGSRÄUMEN

Wien, St. Pölten

Maria Uhl
Ivo Offenthaler

REPORT
REP-0601

Wien 2017

Projektleitung

Maria Uhl, Umweltbundesamt

Autorinnen

Maria Uhl, Umweltbundesamt

Ivo Offenthaler, Umweltbundesamt

Vorarbeiten/Mitarbeit

Alexandra Freudenschuß (Bundesforschungszentrum für Wald)

Ingrid Hauzenberger, Umweltbundesamt

Chemische Analytik

Die Analytik wurde in der Prüfstelle der Umweltbundesamt GmbH durchgeführt.

Lektorat

Maria Deweis, Umweltbundesamt

Petra Kestler, Umweltbundesamt

Satz/Layout

Elisabeth Riss, Umweltbundesamt

Umschlagfoto

© thomasje – Fotolia.com

Besonderer Dank gilt dem Magistrat St. Pölten, den Wiener Bundesgärten und der Universität Wien (Botanischer Garten) für die Genehmigung zur Bodenprobennahme sowie für die hilfreiche Unterstützung bei der Durchführung der Probennahme.

Diese Publikation wurde im Auftrag des BMLFUW erstellt.

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Gedruckt auf CO₂-neutralem 100 % Recyclingpapier.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2017

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-415-5

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	5
SUMMARY	6
1 EINLEITUNG	7
1.1 Verwendung	7
1.2 Regulatorische Grundlagen	8
1.3 (Öko-)Toxikologische Grundlagen	10
1.3.1 Ökotoxizität und Umweltverhalten.....	10
1.3.2 Toxizität und Wirkung auf die Gesundheit	11
2 METHODIK	13
2.1 Standortauswahl	13
2.2 Probennahme, Probenlagerung und Probenaufbereitung	14
2.3 Chemische Analysen	15
3 ERGEBNISSE UNTERSUCHUNG 2014	17
3.1 Übersicht	17
3.2 Unterschiede zwischen den Städten	17
3.3 Lokale Unterschiede Wien	19
3.4 Lokale Unterschiede St. Pölten	21
4 NACHUNTERSUCHUNG ST. PÖLTEN 2016	22
5 INTERPRETATION	24
6 LITERATURVERZEICHNIS	25
7 ANHANG	30

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der Studienserie „POPs in Grünlandböden“ untersucht das Umweltbundesamt seit einigen Jahren im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) die Hintergrundbelastung mit persistenten organischen Schadstoffen (Persistent Organic Pollutants oder POPs) in Böden. In den Jahren 2013–2016 wurden auch Belastungen in urbanen Böden (Wien, Linz, Graz, St. Pölten) erhoben. In der vorliegenden Studie wurden Böden in Wien und St. Pölten auf die Konzentration von Hexabromcyclododecan (HBCD) untersucht. HBCD, ein bromiertes Flammschutzmittel, das vor allem in Dämmstoffen aus Polystyrol eingesetzt wird, ist seit 26. November 2014 durch das Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe und seit 1. März 2016 durch die Europäische POP-Verordnung streng beschränkt.

Während in Wien die charakteristische Konzentration bei 1,39 µg/kg (Median) lag, war diese in St. Pölten deutlich höher (Median: 9,93 µg/kg). Dies lag am Maximalwert von 327 µg/kg, der in St. Pölten in der Nähe eines Industriestandorts gemessen wurde. Die HBCD-Gehalte in den St. Pöltener Böden nahmen mit der Entfernung vom Industriestandort ab.

Weitere Untersuchungen in der Umgebung sollten ein mögliches Risiko gegenüber HBCD ausschließen.

Im Jahr 2016 wurde das Umweltbundesamt beauftragt, die Beprobung an den St. Pöltener Standorten erneut durchzuführen. Durch die Minimierung des industriellen HBCD-Einsatzes wurde eine Abnahme der Belastung erwartet. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Konzentrationen am werknähesten (und 2013/2014 höchstbelasteten) Standort inzwischen um etwa die Hälfte abgenommen hatten. Am nahegelegenen Standort Hammerpark hingegen wurde eine Zunahme der Konzentrationen, aus dzt. ungeklärter Herkunft, auf das Zehnfache festgestellt.

Aktuelle Untersuchungen, die im Februar 2017 im Auftrag des Landes Niederösterreichs durchgeführt wurden um die Belastungssituation abzuklären, haben gezeigt, dass die Konzentrationen von insgesamt 10 Sammelproben im Hammerpark unter 10 µg/kg Trockensubstanz liegen und damit eher einer hintergrundähnlichen Belastung entsprechen.

Aufgrund des jahrelangen intensiven HBCD-Einsatzes wird ein weiteres Monitoring im Hinblick auf die Umweltkompartimente Boden und Wasser vorgeschlagen. Insbesondere sollten auch Sedimente und Fische von Mühlbach und Traisen und ausgewählte lokal produzierte Lebensmittel untersucht werden.

Im Fokus: POPs in Grünlandböden

**2013/2014:
Höchstwert in St. Pölten**

2016: Ergebnisse

SUMMARY

Hexabromocyclododecane (HBCD) is persistent, bioaccumulative and toxic and therefore exposure of HBCD should be minimized. HBCD has recently been included in Annex A of the Stockholm Convention. HBCD was measured in grassland soils from the two Austrian cities Vienna and St. Pölten. In 2013 concentrations in 0–5 cm soil depth ranged between 0.6 and 327.1 µg/kg dry mass, with peak concentrations detected in St. Pölten close to a polystyrene (EPS, expandable polystyrene) production plant. HBCD levels in 0–5 cm depths were consistently higher than in 5–10 cm. Concentrations declined logarithmically with distance from the putative source in St. Pölten, while showing short-range variability in Vienna. In 2016 sampling and analyses were repeated in St. Pölten to investigate further trends. Whereas the concentration had declined at the site with the highest measured value near the production plant in 2013. In contrast, a tenfold increase of still unknown origin was observed at a nearby site. Measurements performed in 2017 in order to clarify potential further contamination at this site have shown that HBCD levels of 10 collective samples were below 10 µg/kg dry mass. Further measurements should clarify if risks are adequately controlled in this region.

1 EINLEITUNG

Die Belastung von Böden mit langlebigen Schadstoffen stellt eine dauerhafte Beeinträchtigung dieser Ressource und ein Risiko für Umwelt und Gesundheit dar. In Vorstudien des Umweltbundesamtes wurden Grünlandböden bereits auf andere persistente organische Schadstoffe untersucht, sowohl an Hintergrundstandorten als auch in Ballungsräumen. Persistente organische Schadstoffe (persistent organic pollutants, kurz POPs) unterliegen aufgrund ihrer Eigenschaften und nach Durchlaufen eines definierten Prozesses dem Minimierungsgebot der internationalen Stockholm-Konvention. Zunehmend werden weitere Stoffe mit ähnlichen Eigenschaften als potenzielle POPs oder PBT (persistent, bioakkumulierend, toxisch) genannt. Über die Belastung von Böden mit solchen Stoffen gibt es üblicherweise wenige Informationen; Messdaten stammen häufig aus dem Nahbereich von Industrieanlagen oder Altlasten. Ziel der vorliegenden Studie war es, erstmals die Belastungssituation von Stadtböden mit Hexabromcyclododekan (HBCD) zu untersuchen.

Belastung von Stadtböden mit HBCD

1.1 Verwendung

HBCD wird als Flammschutzmittel verschiedenen Kunststoffen zugesetzt. Zu den Konzentrationen in verschiedenen Materialien gibt es unterschiedliche Angaben. Laut einer aktuellen Studie wurde und wird HBCD für Elektro- und Elektronikprodukte sowie Beschichtungen für Textilien, insbesondere Polstermöbel (bis zu 25 % HBCD in der Außenschicht) eingesetzt. Bis zu 7 % des Flammschutzmittels sind im Produkt nachweisbar, und dort vor allem im Schaumstoff. In EPS (expandierbares oder aufgeschäumtes bzw. expandiertes Polystyrol) wurden bis zu 0,7 % HBCD ermittelt, in XPS (gepresstes oder extrudiertes Polystyrol) bis maximal 3 % und in HIPS (high impact polystyrol) bis max. 7 % (SWEREA 2010).

Flammschutzmittel in Kunststoffen

EPS (expandierbares Polystyrol) wird durch den Zusatz eines Treibmittels (z. B. Pentan) hergestellt. Neben Dämmstoffen werden z. B. Formteile für Verpackungen und Einweggeschirr aus EPS hergestellt. Die kontrollierte Polymerisation findet unter stufenweise steigender Temperatur (80–110 °C) und unter Beifügung des Treibmittels (i. d. R. eine Mischung von n- und Isopentan im Verhältnis 3:1, aber auch Butan, Propan und Mischungen) statt. Das Schäummittel entweicht entweder beim Schäumvorgang selbst, im Zuge der Weiterverarbeitung oder bei der anschließenden Lagerung praktisch vollständig in die Atmosphäre. Kritische Produktionsparameter sind primär die Art und Qualität der Suspensionsmittelmischung und das Temperaturprofil während der Polymerisation. Am Ende der Polymerisation wird die Suspension abgekühlt, das EPS-Granulat durch Zentrifugieren abgetrennt, gewaschen und bei etwa 35 °C getrocknet. Das klassierte Produkt wird je nach Anforderung der Weiterverarbeitung bzw. Anwendung mit flammhemmenden Zusätzen versetzt (z.B. mit organischen Bromverbindungen wie bisher Hexabromcyclododekan oder alternativ, 2,4,6-Tribromophenylallylether, Tetrabromobisphenol A diallyl ether oder halogenierten organischen Polymerverbindungen) und meist in Container oder Silos zur Auslieferung gelagert.

EPS-Herstellung

EPS-Verarbeitung Bei der EPS-Verarbeitung werden Polystyrol-Pellets bei 100–110 C zu Kügelchen vorgeschäumt. Diese werden mit Unterdruck, Dampf und Treibmitteln zur gewünschten Form fertiggeschäumt. EPS wird seit etwa 40 Jahren eingesetzt, laut den europäischen EPS-Herstellern werden damit etwa 35 % des Marktes für Dämmmaterial in Europa (EUMEPS 2013) abgedeckt.

Abbildung 1:
Polystyrol-Pellets,
Polystyrol-Kügelchen,
EPS (expandiertes
Polystyrol).



Laut Infocard¹, die auf der Website der Europäischen Chemikalienagentur abrufbar ist, kann HBCD bei industrieller Verwendung oder durch langsame Freisetzung in die Umwelt gelangen.

1.2 Regulatorische Grundlagen

toxikologische Einstufung von HBCD

HBCD ist unter der CAS-Nr. 25637-99-4 (Hexabromcyclododekan) im Verzeichnis der „Registrierten Stoffe“ der ECHA (European Chemicals Agency, Europäische Chemikalienagentur) zu finden. Darüber hinaus gibt es einen Eintrag zu vorregistrierten Stoffen unter der CAS-Nr. 3194-55-6 (1,2,5,6,9,10-Hexabromcyclododekan). Beide CAS-Nummern sind in Anhang VI der CLP-Verordnung gelistet und harmonisiert als reproduktionstoxisch der Kategorie 2 mit den H-Sätzen H361 („kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen“) und H362 („kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen“) eingestuft. Darüber hinaus gibt es für beide CAS-Nummern eine Reihe weiterer Einstufungsvorschläge der Industrie, darunter über hundert Notifizierungen als H400 („sehr giftig für Wasserorganismen“) sowie

¹ <https://echa.europa.eu/de/substance-information/-/substanceinfo/100.042.848>

H410 („sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung“). Weitere CAS-Nummern betreffen die drei Hauptdiastereomere in technischen HBCD-Mischungen (134237-50-6: α -HBCD, 134237-51-7: β -HBCD, 134237-52-8: γ -HBCD).

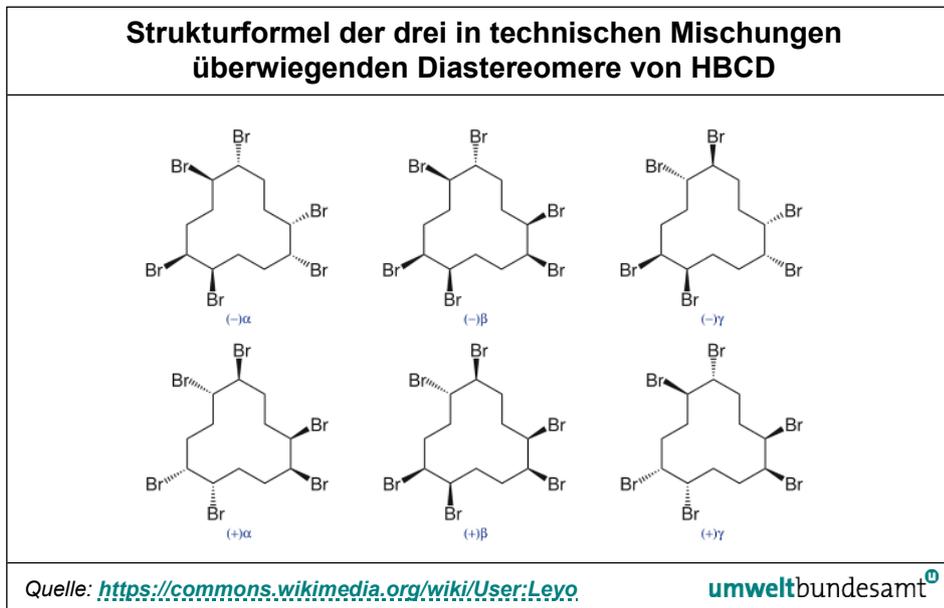


Abbildung 2:
Strukturformel der drei in technischen Mischungen überwiegenden Diastereomere von HBCD (α -, β -, und γ -HBCD, jeweils beide Enantiomere).

Für HBCD wurde aufgrund seiner Langlebigkeit, der Tendenz zur Bioakkumulation und der Toxizität ein Risikoprofil erstellt. Zudem wurde beschlossen, HBCD in den Anhang A der Stockholm-Konvention aufzunehmen (6. Vertragsstaatenkonferenz, Mai 2013). Mit 26. November 2013 wurde HBCD in den Anhang der Konvention aufgenommen (UNEP 2013). Abgesehen von einer vorerst fünfjährigen Ausnahme für den Einsatz in Dämmmaterialien an Gebäuden ist es das Ziel, den Einsatz und die weitere Verwendung von HBCD weltweit zu verbieten. Des Weiteren ist eine verpflichtende Kennzeichnung für HBCD-behandelte Dämmmaterialien vorgesehen.

Stockholm-Konvention

Innerhalb der EU wurde HBCD aufgrund seiner PBT-Eigenschaften (persistent, bioakkumulieren, toxisch) als besonders besorgniserregender Stoff identifiziert, für das Zulassungssystem unter REACH vorgeschlagen und in den Anhang XIV der REACH-Verordnung, der Liste der zulassungspflichtigen Stoffe, aufgenommen (seit Februar 2011).

HBCD unter REACH

Aufgrund dieses rechtlichen Status müssen Unternehmen einen Zulassungsantrag einreichen, falls sie den Einsatz von HBCD über das sogenannte „Sunset-Date“ (21.08.2015) hinaus planen. Bisher wurden zwei Zulassungsanträge für die Verwendung von HBCD eingereicht. Ein Antrag betrifft die Herstellung bzw. Zubereitung von Polystyrol-Pellets zur weiteren Verwendung für Baumaterial für Gebäude, dem HBCD als flammhemmendes Additiv zugesetzt wird. Der Einsatz von HBCD wird mit 8.000 Tonnen/Jahr angegeben. Der zweite Antrag betrifft die Erzeugung von Dämmstoffen aus expandierbarem Polystyrol für Bauzwecke. 17 Anwendungen sind aufgeführt, die von Dachisolierungen über Dämmplatten bis hin zu speziellem Isolierzement und Fußbodenheizsystemen rei-

chen.² Als Antragsteller sind Unternehmen aus acht europäischen Ländern (13 Standorte) gelistet, darunter die Firma Sunpor GmbH mit Sitz in Österreich. Die Europäische Kommission hat insgesamt zwei Zulassungsanträge für den Einsatz von HBCD genehmigt (Ek 2016). Sie betreffen flammhemmendes expandiertes Polystyrol (EPS) in Form fester unexpandierter Pellets, in denen HBCD als flammhemmendem Zusatz (für Bauzwecke) verwendet wird, und die Herstellung von Produkten aus flammhemmendem expandiertem Polystyrol (EPS) für Bauzwecke bis zum 21.8.2017. Die Firma Sunpor ist aus dem Firmenkonsortium ausgestiegen und hat den Einsatz von HBCD vor dem obig erwähnten Sunset-Date) beendet.

Änderung der POP-VO

Die spezifischen Bestimmungen zu HBCD innerhalb der Europäischen Union wurden mit der Verordnung (EG) Nr. 2016/293, der Änderung der POP-Verordnung (EG) Nr. 850/2004, festgelegt. Darin wird die Verwendung von HBCD mit Bezug auf die Fristen für die Zulassung verboten und ein Grenzwert für Spurenverunreinigungen von 100 ppm bzw. 0,01 % HBCD definiert. Der Grenzwert gilt, wenn das HBCD in Stoffen, Zubereitungen, Artikeln oder als Bestandteil von Artikeln vorkommt, die mit Flammschutzmitteln behandelt wurden. Ziel dieser rechtlichen Regelung ist, das Recycling HBCD-kontaminierter Materialien konventionskonform zu verhindern (Ek 2016).

1.3 (Öko-)Toxikologische Grundlagen

1.3.1 Ökotoxizität und Umweltverhalten

Hexabromcyclododekan erfüllt sowohl die PBT-Kriterien der EU als auch die POP-Kriterien der UNEP (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: HBCD-Eigenschaften im Vergleich mit PBT¹- und POP²-Kriterien.

Parameter	HBCD	PBT-Kriterien (gem. REACH, Annex XIII)	POPs-Kriterien (Stockholm Konvention)
Halbwertszeit in Tagen			
Luft	> 2	> 2	–
Boden	210	> 120	> 180
Log Kow	5.62	–	> 5
Bio-Konzentrationsfaktor	18.100 l/kg (Fisch)	> 2.000 l/kg	> 5.000 l/kg
Toxizität	Konzentration die nach 21 Tagen zu keinen nachweisbaren Effekten führt (21d-NOEC ³): 3,1 µg/l in Krebstierchen; Reproduktionstoxizität der Kat.2	Konzentration die in Langzeitversuchen (NOEC ³) zu keinen nachweisbaren Effekten in Wasserorganismen führt: < 0,01 mg/l (< 10 µg/l) CLP-Einstufung für CMR der Kat 1 und 2	Toxizität und/oder Ökotoxizität birgt Risiko für Gesundheit und/oder Umwelt

¹ laut Annex XIII der REACH-Verordnung

² definiert in Annex D der Stockholm-Konvention

³ NOEC: no observable effect concentration

² <http://echa.europa.eu/addressing-chemicals-of-concern/authorisation/applications-for-authorisation-previous-consultations/-/substance/5901/search/25637-99-4/term>

Umfassende Analysen von Umweltverhalten und Ökotoxizität von HBCD finden sich in der Risikoabschätzung der EU im sog. Annex XIV-Dossier (für HBCD als besonders besorgniserregendem PBT-Stoff unter REACH) sowie im Risikoprofil für die Stockholm-Konvention (EC 2008, ECHA 2008, UNEP 2010).

HBCD hat ein hohes Potenzial, in der Umwelt über weite Strecken verfrachtet zu werden. Es wird in Hintergrundgebieten und in der Arktis nachgewiesen und reichert sich in Lebewesen an. Generell gibt es wenige Daten zur Anreicherung innerhalb der terrestrischen Nahrungsmittelkette; insbesondere Raub- und Greifvögel sind hier von Interesse.

Untersuchungen von Eiern des Wanderfalken aus England ergaben Konzentrationen von 71–1.200 ng/g, im Muskelfleisch von Sperbern waren 84–19.000 ng/g HBCD nachweisbar (BOER et al. 2004, in: UNEP 2010). Schwalbeneier aus den Niederlanden enthielten 330–7.100 ng/g und Kormoranlebern 138–1.320 ng/g (MORRIS et al., in: UNEP 2010). In Falkeneiern aus Schweden wurden 34–2.400 ng/g nachgewiesen (LINDBERG et al. 2004, in: UNEP 2010). Im Bereich von industriellen Kontaminationen wurde ein Risiko der Sekundärvergiftung postuliert. Aktuelle Studien zeigen Effekte auf Reproduktion und Entwicklung bei einer Körperkonzentration, die jener von frei lebenden europäischen Falken entspricht. HBCD-Konzentrationen in der an frei lebenden Vögeln nachgewiesenen Größenordnung bewirken im Laborversuch an Falken bereits toxische Beeinträchtigungen (UNEP 2010).

1.3.2 Toxizität und Wirkung auf die Gesundheit

Für eine umfassende Darstellung der Toxizität von HBCD sei auf Bewertungen von EU, ECHA, EFSA und UNEP verwiesen (EC 2008, ECHA 2010, EFSA 2011, UNEP, 2010).

Die akute Toxizität von HBCD ist gering, HBCD ist zudem weder korrosiv noch reizend oder allergieauslösend. Es ist nicht gentoxisch in *in vitro*- und *in vivo*-Testsystemen. Tierversuche über einen längeren Zeitraum (28 Tage und mehr) zeigen Effekte auf Leber, Schilddrüse und Prostata sowie eine Beeinträchtigung des Nerven- und Immunsystems. Die Reproduktionstoxizität steht im Vordergrund und führte zu einer entsprechenden Einstufung dieser Chemikalie (Repro 2, H361, H362) gemäß CLP-Verordnung (siehe Kapitel 1.2). In Ein- und Zweigenerationenstudien an Ratten wurden eine erhöhte Sterblichkeit der Nachkommen sowie eine verzögerte Entwicklung und Veränderung der inneren Organgewichte festgestellt. Darüber hinaus wurden Wirkungen auf das sich entwickelnde Nervensystem beobachtet (ECHA 2010).

Menschen nehmen HBCD vor allem über die Nahrung und über Hausstaub auf. HBCD wurde in der Muttermilch, im Blut und im Fettgewebe nachgewiesen. Konzentrationen in der Muttermilch stiegen innerhalb der letzten zehn Jahre deutlich an. Eine Erhebung der EFSA ermittelte eine HBCD-Aufnahme über die Muttermilch von 0,9–213 ng/kg Körpergewicht. Bei der Erstellung des Einstufungsdossiers für HBCD wurde festgestellt, dass das Potenzial von HBCD, die Kindesentwicklung zu stören, nicht bewertet werden kann. Laut Einstufungsdossier gibt es Hinweise, dass HBCD in Muttermilch potenziell toxische Konzentrationen erreicht (ECHA 2010). Laut EFSA sind epidemiologische Studien zu HBCD erforderlich (EFSA 2011).

HBCD ist eine jener Chemikalien, die über die Wirkung auf Schilddrüsenhormone zahlreiche Prozesse im Körper beeinflusst. Über die Wirkung dieser Chemikaliencocktails auf Ungeborene und Babys bestehen nach wie vor große Unsicherheiten (WHO 2012).

2 METHODIK

2.1 Standortauswahl

Im Jahr 2013 wurden jeweils fünf Standorte in St. Pölten und Wien ausgewählt. In St. Pölten erfolgte die Auswahl in enger Kooperation mit dem Magistrat, in Wien waren die Standorte durch die Wiener Bundesgärten bzw. die Universität Wien (Botanischer Garten/Belvedere) weitgehend vorgegeben.

Die Kriterien für die Auswahl der städtischen Grünlandflächen waren analog zu jenen aus der Vorstudie (UMWELTBUNDESAMT 2013):

- Bestand der Fläche seit mindestens 40 Jahren, ohne wesentlichen Umbruch der Fläche,
- Mindestfläche von 300 m²,
- keine Straßenbegleitfläche,
- kein Ausbringen von großen Mengen an organischem Material (z. B. Kompost, Klärschlamm).

Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen die Lage der Probennahmestandorte in Wien und St. Pölten.

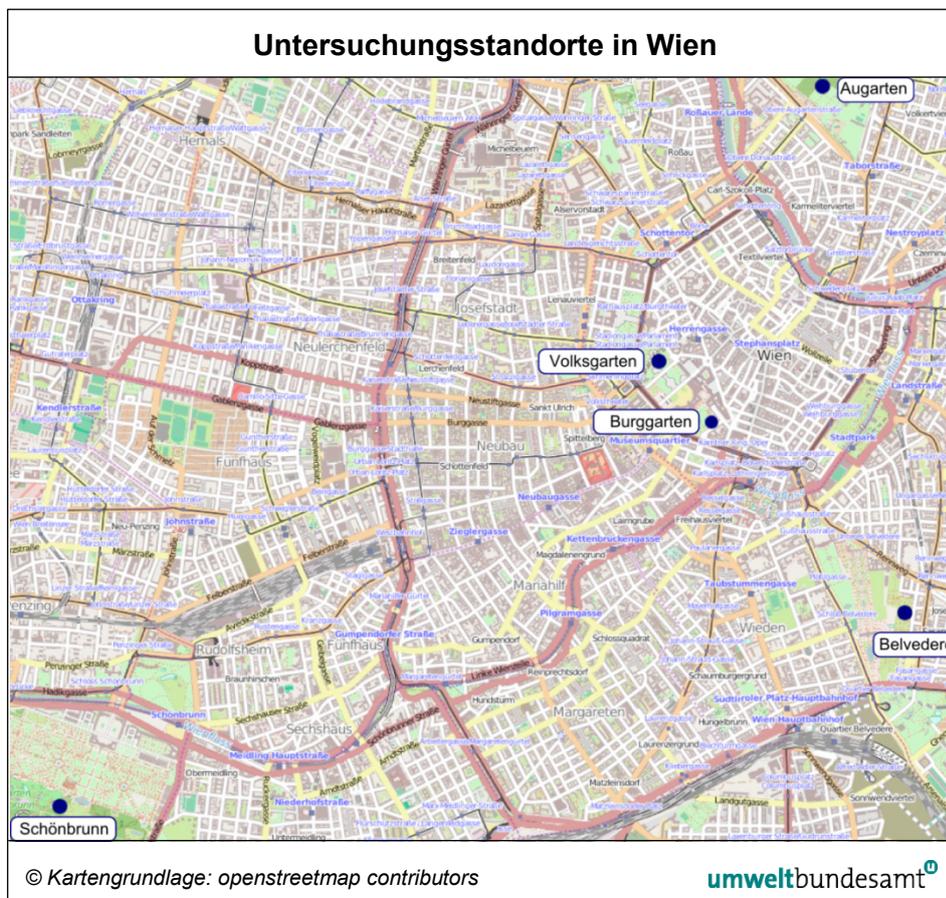
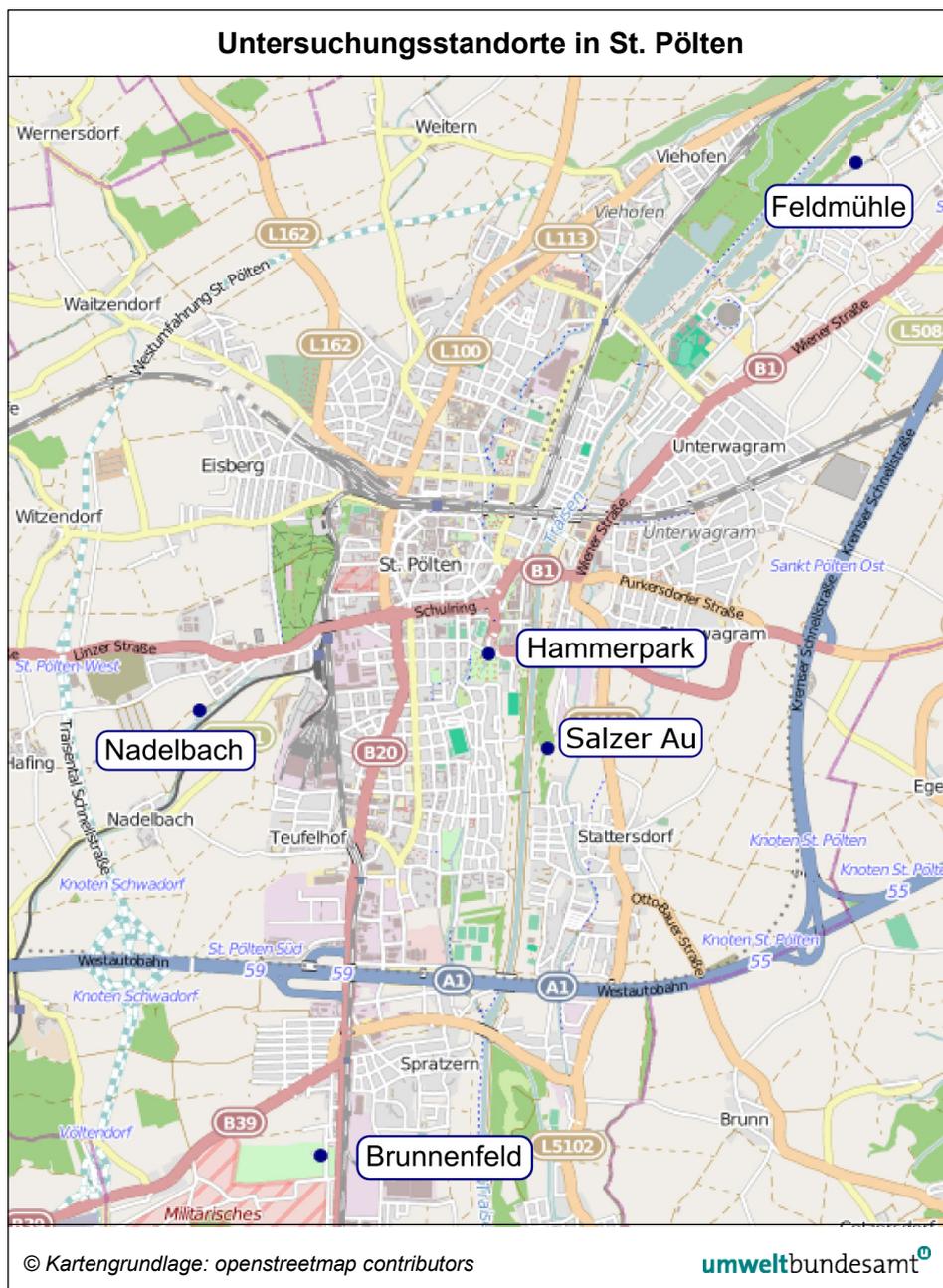


Abbildung 3:
Lage der Untersuchungsstandorte in Wien.

Abbildung 4:
Lage der
Untersuchungsstandorte
in St. Pölten.



2.2 Probennahme, Probenlagerung und Probenaufbereitung

Die Standorte in St. Pölten und Wien wurden im Oktober 2013 beprobt, mit Ausnahme des Standorts Botanischer Garten Belvedere (November 2013).

Die Bodenproben wurden mit einem Schlagring (Höhe 5 cm, Durchmesser 8,5 cm) für die Tiefenstufen 0–5 cm und 5–10 cm gewonnen (siehe Abbildung 5). An jedem Standort wurden pro Tiefenstufe je 12–13 Einstiche, regelmäßig über eine Fläche von 100 m² verteilt, zu einer Mischprobe vereinigt (siehe Abbildung 6). Das Bodenmaterial wurde je Tiefenstufe in 5 Liter-Glasgefäße gefüllt.

2016 wurden die St. Pöltner Standorte aus weiter unten näher ausgeführten Gründen neuerlich beprobt.

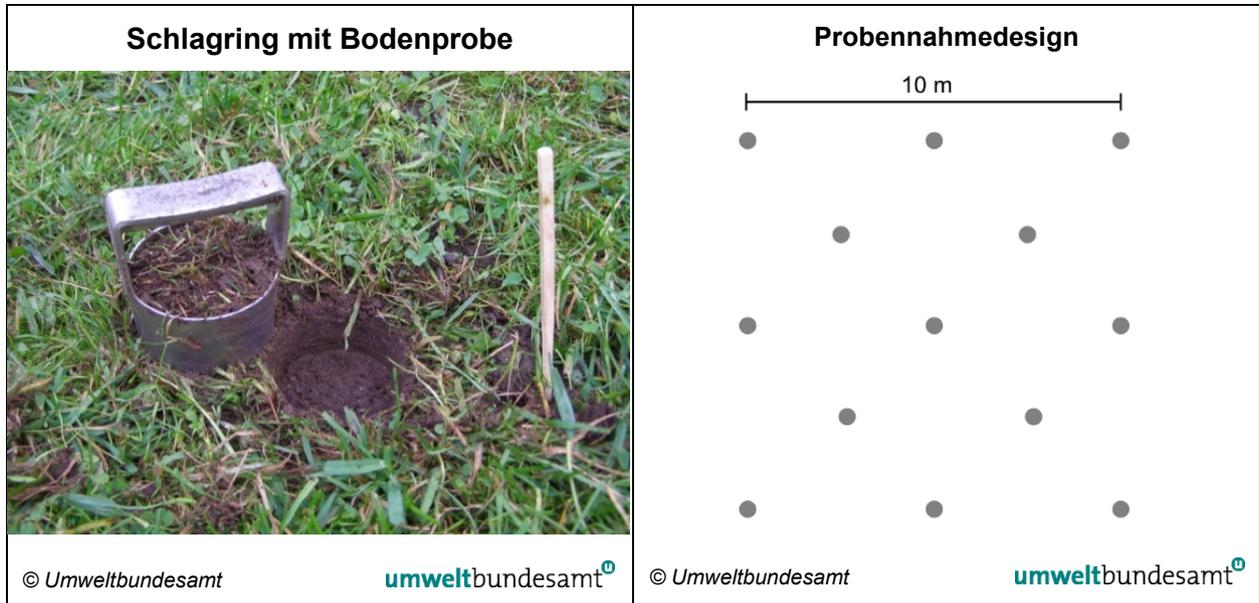


Abbildung 5: Schlagring mit Bodenprobe.

Abbildung 6: Probennahmedesign.

Beim Verschließen der Glasgefäße wurde darauf geachtet, das Probenmaterial gegenüber der Gummiabdichtung der Gefäße mit einer Alufolie abzudecken, um eine Kontamination der Bodenprobe durch Gummiabrieb zu vermeiden.

Die Proben wurden bis zur Analyse im Tiefkühlraum des Umweltbundesamtes gelagert. Das gesamte Probenmaterial wurde im Umweltbundesamt lyophilisiert und anschließend gesiebt. Die Siebfraktion unter 2 mm wurde durch die zertifizierte Prüfstelle des Umweltbundesamtes analysiert. Die allgemeinen Bodenparameter (pH-Wert, C_{org} , Karbonat, Textur) wurden von der AGES bestimmt.

Wiederholungsbeprobung 2016

Die Wiederholungsbeprobung St. Pölten 2016 erfolgte mit der gleichen Probenahme- und Analysenmethodik wie die ursprüngliche Probenahme.

2.3 Chemische Analysen

Die lyophilisierte Bodenprobe wurde mit einem isotonenmarkierten Surrogatstandardgemisch sowie Wasser versetzt, anschließend mit Acetonitril extrahiert und mittels disperser Festphasenextraktion gereinigt (QuEChERS). Nach Zentrifugieren des Extraktes wurde der Überstand mittels Stickstoff eingedunstet und die Probenextrakte wurden mittels Flüssigchromatographie-Tandemmassenspektrometrie (LC-MS/MS) analysiert.

Beschreibende und analytische Statistiken wurden mit R³ berechnet, wobei Gruppenunterschiede mit dem zweiseitigen Wilcoxon-Test für ungepaarte Stichproben auf Signifikanz geprüft wurden. Die Kartendarstellung erfolgte mit leaflet⁴ unter Verwendung der openstreetmap⁵ Kartografie; Standortprojektion und Distanzberechnungen wurden mit QGIS⁶ durchgeführt.

³ <https://www.r-project.org/>

⁴ <http://leafletjs.com/>

⁵ <https://www.openstreetmap.org/#map=5/51.500/-0.100>

⁶ <http://qgis.org/en/site/>

3 ERGEBNISSE UNTERSUCHUNG 2014

Hinweis: Sämtliche Messwerte sind in Kapitel 7 (Anhang) tabellarisch dargestellt.

3.1 Übersicht

Charakteristische HBCD-Konzentrationen (Median) lagen bei 1,9 bzw. 0,93 µg/kg in der Trockenmasse (TM) für die oberen 0–5 cm bzw. die darunterliegenden 5–10 cm urbanen Boden (siehe Tabelle 1; der Median liefert wegen des geringen Umfangs der zudem extremwertbehafteten Stichprobe repräsentativere Ergebnisse als der Mittelwert). Diese Werte wurden an einem industrienahen Standort in St. Pölten um zwei Größenordnungen überschritten. Die stadtspezifischen Unterschiede sind auch aus Abbildung 7 ersichtlich.

Tiefenstufe:	0–5 cm	5–10 cm
Min	0,59	0,28
Q1	1,4	0,77
Median	1,9	0,93
Mittelwert	37	12
Q3	8,2	2,4
Max	330	100

*Tabelle 1:
HBCD-Gehalt*
(µg/kg TM) nach
Tiefenstufe (10
Standorte/Tiefenstufe).
(Quelle:
Umweltbundesamt)*

* Summe α - β Isomere, auf zwei signifikante Stellen gerundet

Die obere Tiefenstufe der untersuchten Böden war rund doppelt so hoch belastet wie die darunterliegende Tiefenstufe (siehe Tabelle 1, Abbildung 7).

3.2 Unterschiede zwischen den Städten

In St. Pölten wurden höhere Gehalte als in Wien gemessen (siehe Abbildung 7, Tabelle 2). Für γ -HBCD war der Unterschied zwischen den Städten in beiden Tiefenstufen signifikant.⁷

⁷ Wilcoxon-Test, ungepaart, beidseitig, n = 5/5

Abbildung 7:
 Stadtspezifische
 Unterschiede in der
 HBCD-Konzentration
 verschiedener
 Tiefenstufen
 (logarithmische y-
 Achse).

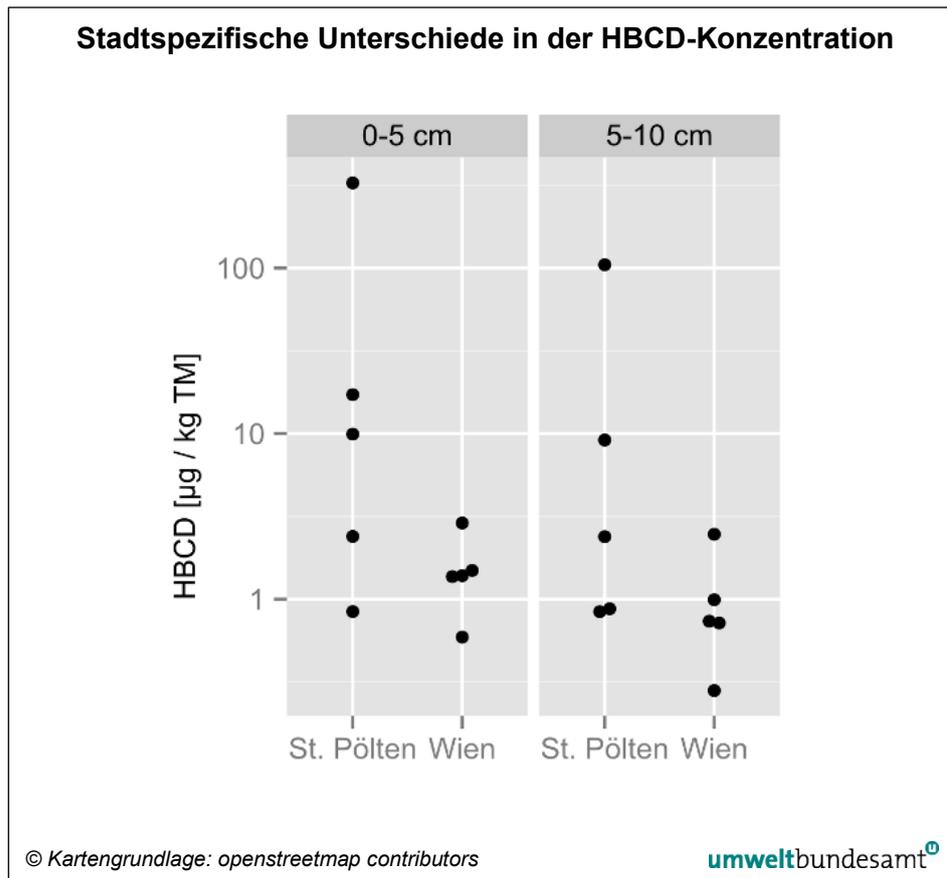


Tabelle 2:
 HBCD-Gehalt*
 (µg/kg TM) nach Stadt
 und Tiefenstufe (5
 Standorte/Tiefenstufe
 und Stadt). (Quelle:
 Umweltbundesamt)

	St. Pölten		Wien	
	0–5 cm	5–10 cm	0–5 cm	5–10 cm
Min	0,84	0,84	0,59	0,28
Q1	2,4	0,87	1,4	0,72
Median	9,9	2,4	1,4	0,74
Mittelwert	71	24	1,5	1,0
Q3	17	9,2	1,5	0,99
Max	330	100	2,9	2,5

* Summe α–β Isomere, auf zwei signifikante Stellen gerundet

Das Isomerenmuster wies deutliche Unterschiede zwischen den Städten auf: In St. Pölten wurde der HBCD-Gehalt (Summe der α-, β- und γ-Isomere) von γ-HBCD dominiert, während in Wien α- und γ-HBCD zu gleichen Teilen auftraten. Das Isomerenmuster wies in keiner der beiden Städte deutliche tiefenabhängige Unterschiede auf (siehe Abbildung 8).

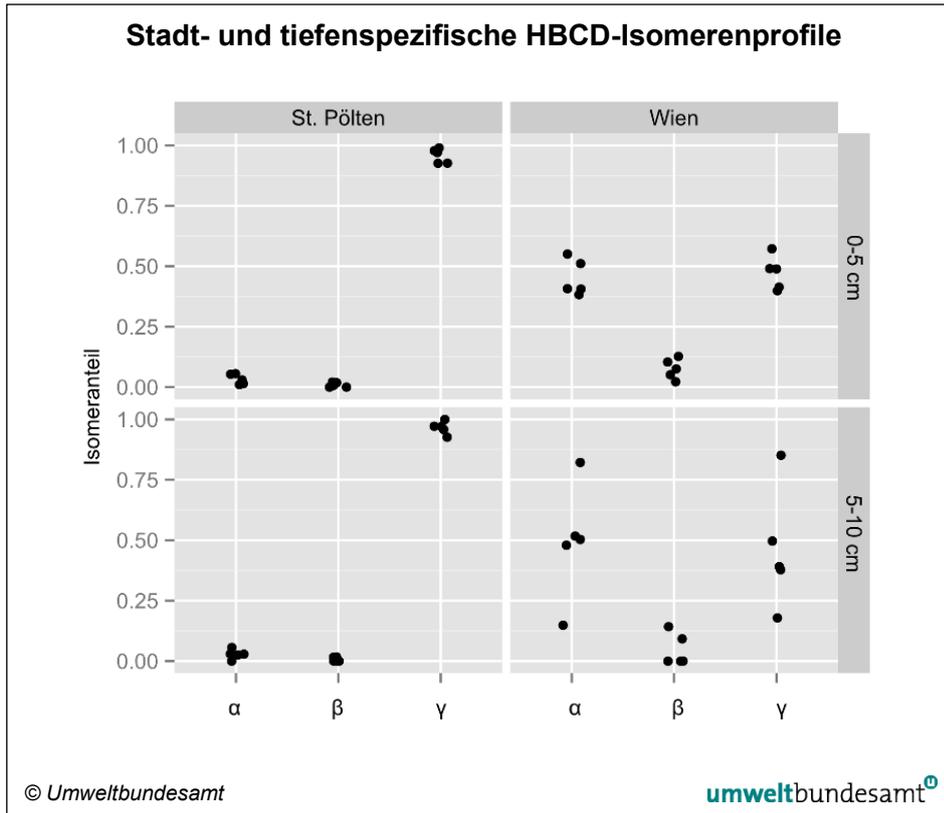


Abbildung 8:
Stadt- und
tiefenspezifische HBCD-
Isomerenprofile.

3.3 Lokale Unterschiede Wien

An der Verteilung der HBCD-Konzentrationen in Wien ist bemerkenswert, dass zwischen den am engsten benachbarten Standorten (siehe Abbildung 9) die größten Konzentrationsunterschiede verzeichnet wurden: 0,6 µg/kg im Volksgarten gegenüber 2,9 µg/kg im Burggarten (Summe HBCD in 0–5 cm Tiefe).

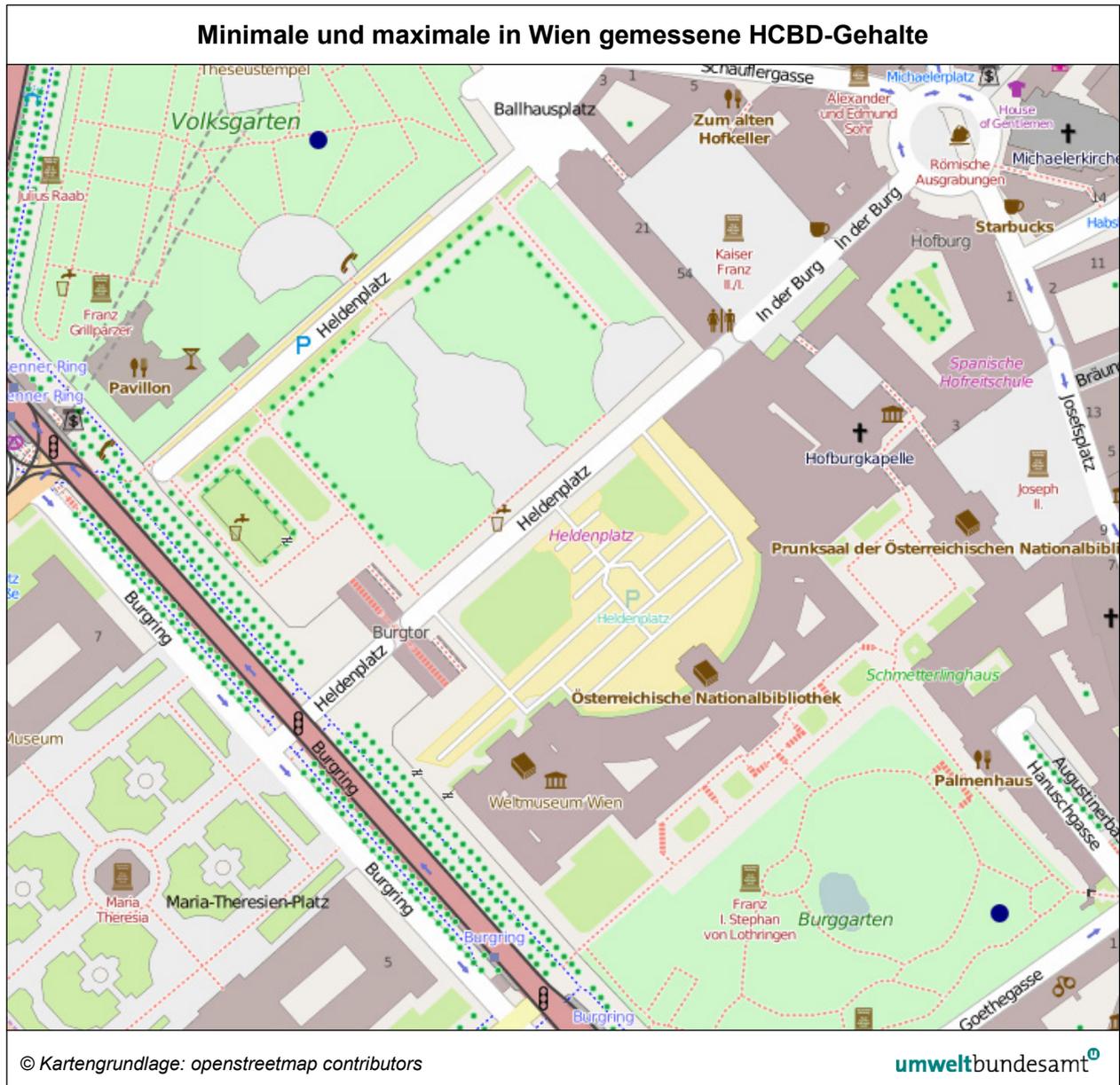


Abbildung 9: Lage der Standorte (blaue Punkte) mit minimalem (Volksgarten) und maximalem (Burggarten) in Wien gemessenem HCBd-Gehalt.

3.4 Lokale Unterschiede St. Pölten

Der HBCD-Gehalt im Boden nahm mit der Entfernung vom höchstbelasteten Standort Salzer Au exponentiell ab, unabhängig von der beprobten Tiefenstufe (siehe Abbildung 10).

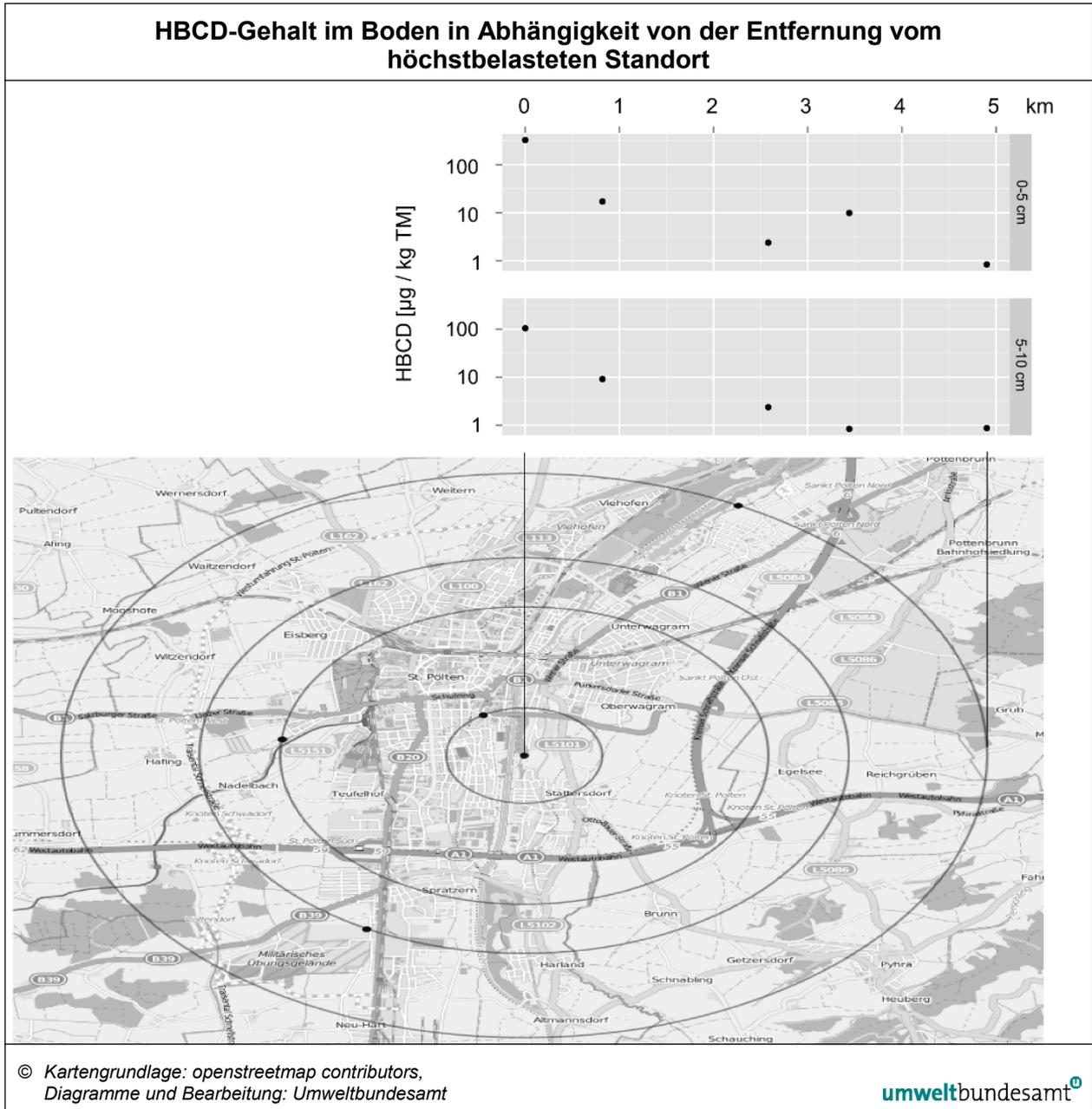


Abbildung 10: HBCD-Gehalt im Boden in Abhängigkeit von der Entfernung vom höchstbelasteten Standort (logarithmische y-Achse).

4 NACHUNTERSUCHUNG ST. PÖLTEN 2016

Höhe und räumliche Verteilung der 2013 in St. Pölten gemessenen HBCD-Konzentrationen legten einen maßgeblichen Einfluss eines lokalen EPS-Herstellers nahe.

Auf diesen Befund hin fanden mehrere Besprechungen zur Klärung der weiteren Vorgehensweise statt, an denen Betreiber, zuständige lokale, Landes- und Bundesbehörden und ExpertInnen des Umweltbundesamtes teilnahmen. Seitens der Betreiber wurde auf die beabsichtigte Umstellung auf ein deutlich emissionsärmeres geschlossenes Produktionsverfahren samt Ausstieg aus dem HBCD-Einsatz (bei Aufbrauchen der Restbestände) verwiesen. Mit dem Ziel, die erwartete Reduktion der HBCD-Gehalte im Boden durch die obigen Maßnahmen zu prüfen, wurde die ursprüngliche Beprobung am 08.06.2016 (also rund zwei-einhalb Jahre später) wiederholt. Ein weiteres Ziel war die Daten für eine Ein-speisung in das Bodeninformationssystem aufzubereiten. Die Probenahme erfolgte an den 2013 ausgewählten Standorten, die Proben wurden anschließend im Labor des Umweltbundesamtes mit derselben Methode analysiert.

Der Standort „Salzer Au“, der der vermuteten lokalen Quelle (EPS-Hersteller) mit knapp 200 m am nächsten liegt, wies 2013/14 die höchsten Werte in beiden Tiefenstufen auf. Der HBCD-Gesamtgehalt in 0–5 cm Tiefe hatte zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung um rd. 60 % von 327,1 µg/kg TM auf 182,1 µg/kg TM abgenommen (siehe Tabelle 5 auf S. 30). Die Konzentration in der darunterliegenden Bodenschicht (5–10 cm) war jedoch um ebenfalls rd. 60 % von 104,4 µg/kg TM auf 166,2 µg/kg TM gestiegen.

Die Konzentrationen im rund 800 m entfernten Hammerpark betragen 2016 ca. das Zehnfache der noch 2013/14 gemessenen Werte (175 µg/kg TM/ 17,2 µg/kg TM und 104,1 µg/kg TM/9,18 µg/kg TM) in 0–5 bzw. 5–10 cm Tiefe. Der unerwartete Befund wurde durch die Analyse des Materials in einem anderen Labor bestätigt. An allen übrigen Standorten lag die Veränderung im Vergleich zu den Werten von 2013/14 unter einem Prozent.

Der Vergleich der Analysenergebnisse der 2013 und 2016 gezogenen Proben ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: HBCD-Gehalt* ($\mu\text{g}/\text{kg TM}$) nach Standort und Tiefenstufe. (Quelle: Umweltbundesamt)

Standort	Tiefe [cm]	HBCD-Isomer							
		α		β		γ		Summe α - γ	
		2013	2016	2013	2016	2013	2016	2013	2016
Salzer Au	0–5	4,6	6,8	2,5	4,9	320	170	330	180
	5–10	2,7	4,2	1,7	2,0	100	160	100	170
Hammerpark	0–5	0,92	29	0,36	16	16	130	17	180
	5–10	0,52	12	0,16	7,1	8,5	85	9,2	100
Brunnenfeld	0–5	0,55	0,26	0,18	< 0,12	9,2	3,3	9,9	3,7
	5–10	< BG	0,25	n.n.	< 0,12	0,81	0,38	> 0,81	0,70
Nadelbach	0–5	< BG	0,15	n.n.	n.n.	2,4	1,3	> 2,4	1,5
	5–10	n.n.	0,18	n.n.	n.n.	2,4	1,8	2,4	2,0
Feldmühle	0–5	< BG	< 0,10	n.n.	n.n.	0,82	0,63	> 0,82	0,68
	5–10	< BG	0,13	n.n.	n.n.	0,85	0,45	> 0,85	0,58

* auf zwei signifikante Stellen gerundet

5 INTERPRETATION

Mehrere Umstände weisen darauf hin, dass die 2013 in St. Pölten gemessenen HBCD-Konzentrationen aus einer starken Punktquelle stammen. Deswegen werden hier nur die Wiener Daten als repräsentativ für einen Ballungsraum mit einer diffusen Belastung aus einer Vielzahl an Kleinquellen, sowie einem allfälligen Zusatzeintrag aus weiträumig verfrachtetem atmosphärischen HBCD betrachtet.

Typische Konzentrationen für Wien waren 1,39 µg/kg TM in 0–5 cm und 0,74 µg/kg TM in 5–10 cm Bodentiefe. Diese Werte sind (an den wenigen untersuchten Stellen) unauffällig und liegen jedenfalls um Größenordnungen unter Konzentrationen, die in der Nähe einschlägiger Industrieanlagen gemessen wurden.

Die deutliche Tiefenabhängigkeit der Konzentration ist charakteristisch für lipophile Substanzen wie HBCD, die bevorzugt an Humuspartikel adsorbieren und dementsprechend langsam mit dem Niederschlagswasser in tiefere Schichten verlagert werden. Die Ergebnisse sind vergleichbar mit jenen für polybromierte Diphenylether, eine andere Klasse bromierter Flammhemmer, die Gegenstand einer Vorgängerstudie über Grazer und Linzer Böden waren (UMWELTBUNDESAMT 2013). Aktuelle Daten aus Österreich zeigen, dass die Konzentrationen von ausgewählten Bodenproben im Bereich der Hintergrundbelastung liegen (Umweltbundesamt 2016). In Klärschlämmen wurden höhere Werte gemessen, die Werte lagen zwischen 25 und 38 µg/kg Trockenmasse (AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG 2016).

Tabelle 4: Literaturangaben zu HBCD-Konzentrationen im Boden. (Quelle: Umweltbundesamt)

µg/kg TM	Stat.	Charakteristik	Region	Jahr (ca.)	Referenz
< 10	Bereich	Hintergrundgebiete	Int. review	< 2006	COVACI et al. (2006)
111–23.200		industrielle Produktion und Verarbeitung	BE, DE	2003	COVACI et al. (2006)
2,97	Median	stadtnahe landw. Böden	SO-Peking, China	2013	WANG et al. (2013)
n.d.–1,4	Bereich	Vergleichsflächen	Kambodscha, Indien, Indonesien, Malaysien, Vietnam	2011	EGUCHI et al. (2013)
n.n.–2,5	Bereich	Schutthalden	Kambodscha, Indien, Indonesien, Malaysien, Vietnam	2011	EGUCHI et al. (2013)
0,22–0,79	Mittelwerte	China (Schutthalden)	China	2013	GAO et al. (2011)
2,34 –106	Mittelwerte	Elektroabfallrecycling	China		GAO et al. (2011)
0,8 – 6901	Bereich	HBCD –Hersteller 4 km Zone bes. betroffen; Akkumulation in aquat. Organismen	China	2012	LI et al. (2012)
15,8	Median	Oberflächenboden, Industrieregion	Ostchina, stark industrialisiert	2013	TANG et al. (2014)
140–1.300	Bereich	300–700 m Abstand von EPS-Hersteller	Schweden	2000	REMBERGER et al. (2004) ⁸

⁸ vgl. <http://www.ec.gc.ca/ese-ees/7882C148-8AE4-4BA4-8555-668C49F91500/HBCD.%20-%20FSAR.%20-%20EN.pdf>

Wie eingangs erwähnt, deuten die Ergebnisse aus dem Jahr 2014 auf eine maßgebliche lokale HBCD-Quelle in St. Pölten hin, die in der Produktion von EPS-Granulaten vermutet wird. Dafür sprechen folgende Befunde:

- HBCD ist (war) als flammhemmender Zusatz zu EPS-Granulaten für die Produktion von Dämmstoffen gebräuchlich.
- Der 2014 höchstbelastete Probenstandort (Salzer Au) liegt nahe einer EPS-Produktionsstätte (rd. 250 m südwestlich; siehe Abbildung 11).
- Die Konzentrationen nahmen 2014 annähernd exponentiell mit der Entfernung von dieser Produktionsanlage ab – ein für Punktquellen charakteristisches Ausbreitungsverhalten.
- Die Größenordnung der Höchstkonzentrationen im Boden entsprechen Literaturangaben für emittentennahe Standorte und liegen deutlich über Angaben für quellenferne (inkl. dicht besiedelte) Standorte.
- Der sehr hohe Anteil des γ -Isomers zeichnet kommerzielle HBCD-Mischungen aus. Andere Studien weisen ebenfalls sehr hohe γ -HBCD-Anteile in der Nähe industrieller Quellen nach.



*Abbildung 11:
Probennahmestandort
„Salzer Au“; im
Hintergrund EPS-
Produktionsanlage.*

Der höchste 2014 in St. Pölten gemessene HBCD-Gehalt (Summe der analysierten Isomere) liegt mit 327 $\mu\text{g}/\text{kg}$ in einem für industriell oder anderweitig kontaminierte Standorte charakteristischen Bereich. Es ist bekannt, dass in der Umgebung von Emittenten eine Anreicherung in Lebewesen erfolgt.

Daher wurde im Auftrag des Magistrats St. Pölten ein toxikologisches Gutachten erstellt. Dieses kommt zu folgendem Schluss:

„Die Risikobewertung von verschiedenen lokal gezogenen Proben von Boden, Milch und Hausstaub, sowie die Abschätzung des Risikos der HBCD-Immissionen mit Luft für die unmittelbaren Anrainer des HBCD-verarbeitenden Betriebs und damit auch der allgemeinen Bevölkerung zeigten keinen Anlass einer Besorgnis für die Gesundheit des Menschen.“ (HOTOX 2015).

Nachuntersuchung St. Pölten 2016

Die Veränderungen des HBCD-Gehaltes in den oberen und tieferen Bodenschichten am werknähesten Standort „Salzer Au“ weisen auf eine deutliche Abnahme der Immissionen und eine maßgebliche Verlagerung der Altbelastung in tiefere Bodenschichten hin. Allerdings traten unerwartet hohe HBCD-Werte am Nordrand des Hammerparks auf.

Insbesondere wegen des im Hammerpark gelegenen Spielplatzes wurden bereits weitere Untersuchungen zur Abklärung der erhöhten Werte durch das Land Niederösterreich veranlasst. Die Ergebnisse zeigen, dass die Konzentrationen von 10 im Hammerpark gezogenen Sammelproben unter $10\mu\text{g HBCD/kg}$ Trockensubstanz liegen und damit eher einer hintergrundähnlichen Belastung entsprechen (WATER AND WASTE 2017).

Empfehlungen des Umweltbundesamtes

Aufgrund des jahrelangen intensiven HBCD-Einsatzes wird ein weiteres Monitoring im Hinblick auf die Umweltkompartimente Boden und Wasser vorgeschlagen. Insbesondere sollten auch Sedimente und Fische von Mühlbach und Traisen und ausgewählte lokal produzierte Lebensmittel untersucht werden.

6 LITERATURVERZEICHNIS

- AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG (2016) Klärschlamm und Boden. Eintrag von Spurenstoffen auf landwirtschaftlich genützte Böden. Bericht UI-05/2016. Amt der Vorarlberger Landesregierung. Römerstraße 15, 6901 Bregenz.
- COVACI, A.; GERECKE, A.C.; LAW, R.J.; VOORSPOELS, S.; KOHLER, M.; HEEB, N.V.; LESLIE, H.; ALLCHIN, C.R. & DE BOER, J (2006): Hexabromocyclododecanes (HBCDs) in the environment and humans: A Review. Environ. Sci. Technol. 40: 3679–3688.
- EC – European Commission (2008): Risk assessment hexabromocyclododecane. CAS-No.: 25637-99-4, EINECS No.: 247-148-4, Final Report May 2008. 492pp.
- ECHA – European Chemicals Agency (2008): SVHC supporting document: Substance name: Hexabromocyclododecane and all major diastereoisomers identified EC number: 247-148-4 and 221-695-9 CAS number: 25637-99-4 and 3194-55-6, adopted on October, 2008: <http://echa.europa.eu/documents/10162/d12ef98c-3fb9-484b-b354-4a2c74931cdd>.
- ECHA – European Chemicals Agency (2010): Committee for Risk Assessment RAC Annex 1. Background Document to the Opinion proposing harmonized classification and labelling at Community level of Hexabromocyclododecane (HBCDD). ECHA/RAC/CLH-O-000001050-94-03/A1.
- EFSA – European Food Safety Authority (2011): Scientific Opinion on Hexabromocyclododecanes (HBCDDs). EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain, Parma, Italy; published in ESFA Journal 2011.
- EGUCHI, A.; ISOBE, T.; RAMU, K.; TUE, N.M.; SUDARYANTO, A.; DEVANATHAN, G.; VIET, P.H.; TANA, R.S.; TAKAHASHI, S.; SUBRAMANIAN, A. & TANABE, S. (2013): Soil contamination by brominated flame retardants in open waste dumping sites in Asian developing countries. Chemosphere Mar; 90 (9): 2365-71.
- EK – Europäische Kommission (2016) Zusammenfassung der Beschlüsse der Europäischen Kommission über Zulassungen für das Inverkehrbringen zur Verwendung und/oder für eine Verwendung von Stoffen, die in Anhang XIV der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) aufgeführt sind (veröffentlicht gemäß Artikel 64 Absatz 9 der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (1) (2016/C 10/04): [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016XC0113\(01\)&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016XC0113(01)&from=EN).
- EUMEPS – EU Manufacturers of Expanded Polystyrene (2013): http://www.eumeps.org/homepage_4486.html?psid=441329f2c22dcfdd6e7ba55c1c65c9c2.
- GAO, S.; WANG, J.; YU, Z.; GUO, Q.M.; SHENG, Q.; SHENG, G. & FU, J. (2011): Hexabromocyclododecanes in surface soils from e-waste recycling areas and industrial areas in south China: concentrations, diastereoisomer- and enantiomer-specific profiles and inventory. Environ. Sci. Technol. 2011, 456: 2093–2099.
- HOTOX (2015) Risikobewertung von HBCD. Bericht für das Gesundheitsamt des Magistrat St. Pölten.

- INEOS STYRENICS (2014): Socio-economic analysis: Hexabromocyclododecane (HBCD). Ineos Styrenics Netherlands BV.
<http://echa.europa.eu/documents/10162/b153009c-2c8c-4457-a71f-7a58aef87b8d>.
- LI, H.; ZHANG, Q.; WANG, P.; LI, Y.; LV, J.; CHEN, W. & JIANG, G. (2012): Levels and distribution of hexabromocyclododecane (HBCD) in environmental samples near manufacturing facilities in Laizhou Bay area, East China. Journal of Environmental Monitoring, 14(10), 2591-2597.
- REMBERGER, M.; STERNBECK, J.; PALM, A.; KAJ, L.; STRÖMBERG, K. & BRORSTRÖM-LUNDÉN, E. (2004): The environmental occurrence of hexabromocyclododecane in Sweden. Chemosphere 54, 1: 9–21.
- SWEREA (2010): Exploration of Management options for HBCD. Swerea IVF. Stefan Posner, Sandra Roos, Elisabeth Olsson. Swerea IVF Project report 10/11. Swerea IVF AB 2010.
https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/TaskForce/popsxg/2010/Updated%20documentns_June2010/Exploration%20of%20management%20options%20for%20HBCD.pdf
- TANG, J.; FENG, C.; LIA, X. & LIAD, G. (2014): Levels of flame retardants HBCD, TBBPA and TBC in surface soils from an industrialized region of East China. Environ. Sci.: Processes Impacts, 2014,16: 1015–1021.
- UMWELTBUNDESAMT (2008a): Freudenschuß, A.; Obersteiner, E. & Uhl, M.: Organische Schadstoffe in Grünlandböden. Publikation im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Reports, Bd. REP-0158. Umweltbundesamt, Wien. 94 S.
- UMWELTBUNDESAMT (2008b): Freudenschuß, A.: Organische Schadstoffe in Grünlandböden. Erweiterung der Datenbasis zur Bewertung der Belastung von POPs in Grünlandböden. (unveröffentlicht).
- UMWELTBUNDESAMT (2010): Freudenschuß, A. & Offenthaler, I.: Organische Schadstoffe in Grünlandböden – Teil 3. Publikation im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Reports, Bd. REP-0268. Umweltbundesamt, Wien. 37 S.
- UMWELTBUNDESAMT (2012): Freudenschuß, A. & Offenthaler, I.: Organische Schadstoffe in Grünlandböden – Teil 4. Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2013): Freudenschuß, A. & Offenthaler, I.: Organische Schadstoffe in Böden von Ballungsräumen. Interner Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2014): ROHS Annex II dossier for HBCDC. Restriction proposal for hazardous substances in electrical and electronic equipment under RoHS.
- UMWELTBUNDESAMT (2016): Bromierte Flammschutzmittel in der Umwelt. Reports, Bd. REP-0577 Wien.

- UNEP – United Nations Environment Programm (2010): Persistent Organic Pollutants. Review Committee, Sixth meeting, Geneva, 11–15 October 2010. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its sixth meeting. Addendum. Risk profile on hexabromocyclododecane. UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, UNEP.
- UNEP – United Nations Environment Programm (2013): C.N.934.2013.Treaties-XXVII.15 (Depositary Notification) Stockholm convention on persistent organic pollutants. Amendment to Annex A.
- WANG, T.; HANA, S.; RUAN, T.; WANG, Y.; FENG, J. & JIAN, G. (2013): Spatial distribution and inter-year variation of hexabromocyclododecane (HBCD) and tris-(2,3-dibromopropyl) isocyanurate (TBC) in farm soils at a peri-urban region. Chemosphere 90, 2: 182–187.
- WATER AND WASTE (2017): Prüfbericht 17-0774L Hexabromocyclododecan (HBCD): Untersuchung von Oberböden. Im Auftrag der NÖ Landesregierung, Abteilung Umwelttechnik. 17.02.2017.
- WHO – World Health Organization (2012): State of the science of endocrine disrupting chemicals – 2012. An assessment of the state of the science of endocrine disruptors prepared by a group of experts for the United Nations Environment Programme (UNEP) and WHO. ISBN: 978 92 4 150503 1.

Rechtsnormen und Leitlinien

- CLP-Verordnung (VO (EG) Nr. 1272/2008): Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006.
- POP-Verordnung (VO (EG) Nr. 850/2004): Verordnung über persistente organische Schadstoffe und zur Änderung der Richtlinie 79/117/EWG.
- REACH-Verordnung (VO (EG) Nr. 1907/2006): Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission.

7 ANHANG

Tabelle 5: HBCD-Messwerte ($\mu\text{g}/\text{kg TM}$). (Quelle: Umweltbundesamt)

		TS	α -HBCD		β -HBCD		γ -HBCD		
		[cm]	Okt. 2014	Jun. 2016	Okt. 2014	Jun. 2016	Okt. 2014	Jun. 2016	
NG:			0,05		0,06		0,1		
BG:			0,10		0,12		0,2		
Wien	Augarten	0–5	0,53		0,18		0,68		
		5–10	0,11		n.n.		0,63		
	Volksgarten	0–5	0,32		< BG		0,24		
		5–10	0,23		n.n.		< BG		
	Burggarten	0–5	1,5		0,22		1,2		
		5–10	1,3		0,23		1,0		
	Schönbrunn	0–5	0,56		< BG		0,78		
		5–10	0,48		0,14		0,37		
	Botanischer Garten (Belvedere)	0–5	0,61		0,16		0,73		
		5–10	0,36		n.n.		0,36		
	St. Pölten	Salzer Au	0–5	4,6	6,8	2,5	4,9	320	170
			5–10	2,7	4,2	1,7	2,0	100	160
		Hammerpark	0–5	0,92	29	0,36	16	15,9	130
			5–10	0,52	12	0,16	7,1	8,5	85
Nadelbach		0–5	< BG	0,15	n.n.	n.n.	2,4	1,3	
		5–10	n.n.	0,18	n.n.	n.n.	2,4	1,8	
Brunnenfeld		0–5	0,55	0,26	0,18	< 0,12	9,2	3,3	
		5–10	< BG	0,25	n.n.	< 0,12	0,81	0,38	
Feldmühle		0–5	< BG	< 0,10	n.n.	n.n.	0,82	0,63	
		5–10	< BG	0,13	n.n.	n.n.	0,85	0,45	

NG ... Nachweisgrenze, BG ... Bestimmungsgrenze, TS ... Tiefenstufe, n.n. ... nicht nachweisbar (< NG)

Tabelle 6: Allgemeine Bodenparameter I. (Quelle: Umweltbundesamt)

		TS	pH	Phosphat	Kaliumoxid	TOC	Humus
		cm		mg/100 g	mg/100 g	%	%
Wien	Augarten	0–5	7,13	5,4	24,0	4,89	8,4
		5–10	7,34	3,4	12,0	2,56	4,4
	Volksgarten	0–5	6,93	14,6	15,0	4,20	7,2
		5–10	7,19	12,7	6,5	2,56	4,4
	Burggarten	0–5	6,92	28,9	35,0	5,42	9,3
		5–10	7,19	22,3	21,7	2,86	4,9
	Schönbrunn	0–5	7,05	3,1	30,1	4,78	8,2
		5–10	7,12	1,7	21,1	3,51	6,0
	Botanischer Garten (Belvedere)	0–5	7,10	13,2	12,2	3,69	6,3
		5–10	7,08	10,1	7,0	2,69	4,6
St. Pölten	Salzer Au	0–5	7,20	2,2	17,0	4,38	7,5
		5–10	7,06	1,2	8,7	3,96	6,8
	Hammerpark	0–5	6,98	14,5	28,7	4,88	8,4
		5–10	7,11	8,3	13,6	3,38	5,8
	Nadelbach	0–5	6,83	5,6	11,0	3,65	6,3
		5–10	6,90	2,8	7,1	3,37	5,8
	Brunnenfeld	0–5	6,99	7,2	24,0	11,86	20,4
		5–10	6,88	2,4	9,9	5,74	9,9
	Feldmühle	0–5	6,99	3,1	16,6	5,37	9,2
		5–10	7,01	2,2	11,2	5,35	9,2

TS ... Tiefenstufe, TOC ... total organic content

Tabelle 7: Allgemeine Bodenparameter II. (Quelle: Umweltbundesamt)

		TS	CaCO₃	Phosphor	Kalium	Sand	Schluff	Ton	
		cm	%	mg/kg	mg/kg	%	%	%	
Wien	Augarten	0–5	16,6	24	199	50,4	43,1	6,5	
		5–10	17,5	15	100	30,5	56,2	13,2	
	Volksgarten	0–5	11,4	64	125	44,6	46,4	9	
		5–10	11,4	55	54	37,5	49,3	13,2	
	Burggarten	0–5	15,6	126	291	57,9	33	9,1	
		5–10	19,1	97	180	41,1	42,2	16,7	
	Schönbrunn	0–5	8,5	14	250	51,8	36,8	11,3	
		5–10	8,9	7	175	42,1	41,8	16,1	
	Botanischer Garten (Belvedere)	0–5	8,9	58	102	37,9	47,2	14,9	
		5–10	11,2	44	59	46,2	38,8	15	
	St. Pölten	Salzer Au	0–5	32,2	10	141	61	34,6	4,4
			5–10	34,1	5	72	39,7	52,1	8,2
Hammerpark		0–5	26,6	63	238	55,9	35,6	8,5	
		5–10	31,2	36	113	34,6	48,2	17,2	
Nadelbach		0–5	0,6	25	91	13,7	69	17,3	
		5–10	0,6	12	59	15,1	67,5	17,5	
Brunnenfeld		0–5	37,2	31	199	47,9	29,2	22,9	
		5–10	51,2	10	82	67,7	26,8	5,5	
Feldmühle		0–5	26,8	14	138	46	46	8	
		5–10	27,3	9	93	61,3	33,2	5,4	

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

office@umweltbundesamt.at

www.umweltbundesamt.at

Im Rahmen der Untersuchungsreihen Organische Schadstoffe in Grünlandböden und in Böden von Ballungsräumen werden persistente organische Schadstoffe, so genannte POPs (persistent organic pollutants) untersucht. Diese langlebigen, bioakkumulierenden und toxischen Substanzen unterliegen aufgrund ihrer Gefährlichkeit für Umwelt und Gesundheit den Verboten und Beschränkungen des internationalen Stockholmer Übereinkommens und der EU-POP-Verordnung. Sie zielen darauf ab, dass die Konzentrationen von POPs in Umweltmedien weltweit abnehmen. Im vorliegenden Bericht wurde das Flammschutzmittel Hexabromocyclododekan in Böden von St. Pölten und Wien untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die gemessenen Konzentrationen im Bereich von Hintergrundbelastungen liegen. Erhöhte Konzentrationen wurden nur lokal, im Nahbereich eines Emittenten, nachgewiesen.