



April 2015

Immissionsuntersuchungen im Umfeld der Firma Richter in Essen-Kray Ergebnisse der Grünkohluntersuchungen aus dem Jahr 2014

Die Untersuchungen von Grünkohlpflanzen im Umfeld der Firma Richter in Essen-Kray zeigten in den Jahren 2011 bis 2013 eine deutliche Erhöhung der PCB-Gehalte gegenüber den Vorjahren (s. Bericht vom 19.03.14). Neben den an das Betriebsgelände der Firma an der Joachimstraße angrenzenden Gärten zeigte auch der Messpunkt nördlich des Betriebsgeländes an der Rotthäuser Straße deutlich erhöhte Werte gegenüber der Hintergrundbelastung. Dies führte auch an diesem Messpunkt zu einer Überschreitung des TWI-Wertes für PCDD/F und dl-PCB sowie des TDI-Wertes für PCB_{gesamt}, weshalb die bestehende Nichtverzehrempfehlung 2014 auf die Siedlung Mechtenberg ausgeweitet wurde. Das PCB-Homologenmuster in den Grünkohlproben unterschied sich deutlich von Hintergrundproben und wies einen hohen Anteil von niederchlorierten PCB auf. Durch eine Beprobung von Fichtennadeln 2014 wurden diese Befunde bekräftigt (s. Bericht vom 15.05.14). Es wurde ein Gradient der PCB-Belastung vom Betriebsgelände an der Rotthäuser Straße nach Norden und ein weiterer Gradient vom Betriebsgelände an der Joachimstraße nach Nordosten festgestellt. Die auffälligen PCB-Homologenmuster konnten auch in Fegestäuben auf den beiden Betriebsgeländen und in den angrenzenden Straßen gefunden werden.

Im Jahr 2014 wurde aufgrund dieser Befunde erneut Grünkohl in Essen-Kray exponiert. Zusätzlich zu den bereits bestehenden Messpunkten wurden drei Messpunkte entlang eines Transekts zwischen dem Betriebsgelände an der Joachimstraße und dem an der Rotthäuser Straße untersucht (s. Abbildung 1), um die PCB-Belastung in Nahrungspflanzen in diesem Bereich abschätzen zu können. Eine Beprobung von selbst angebautem Grünkohl in der KGA Elsterbusch im Herbst 2014 war nicht durchführbar, da dort kein Grünkohl angebaut wurde.

Im Folgenden werden kurz die Untersuchungsmethodik des LANUV und die untersuchten Standorte vorgestellt und anschließend wird detailliert auf die Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen und deren Bewertung eingegangen.

Vorgehensweise/ Methodik

In neun Klein- bzw. Hausgärten wurde vom 12.08.14 bis zum 20.11.14 Grünkohl nach Standardverfahren in Containern exponiert. Die Messpunkte befanden sich in den Kleingartenanlagen (KGA) Bonifatus-Joachim (Messpunkte 2 und 3), Kray e.V. (MP 6), Dutzendriege (MP 7) und in den Hausgärten in der Fichtelstraße (MP 8), Kruckenkamp (MP 13), Gedingeweg (MP 14), Bonifaciusstraße (MP 15) sowie am lokalen Referenzmesspunkt in der KGA Tiemannleite (MP 12R). Der MP 1 in der KGA Bonifacius-Joachim ist entfallen.

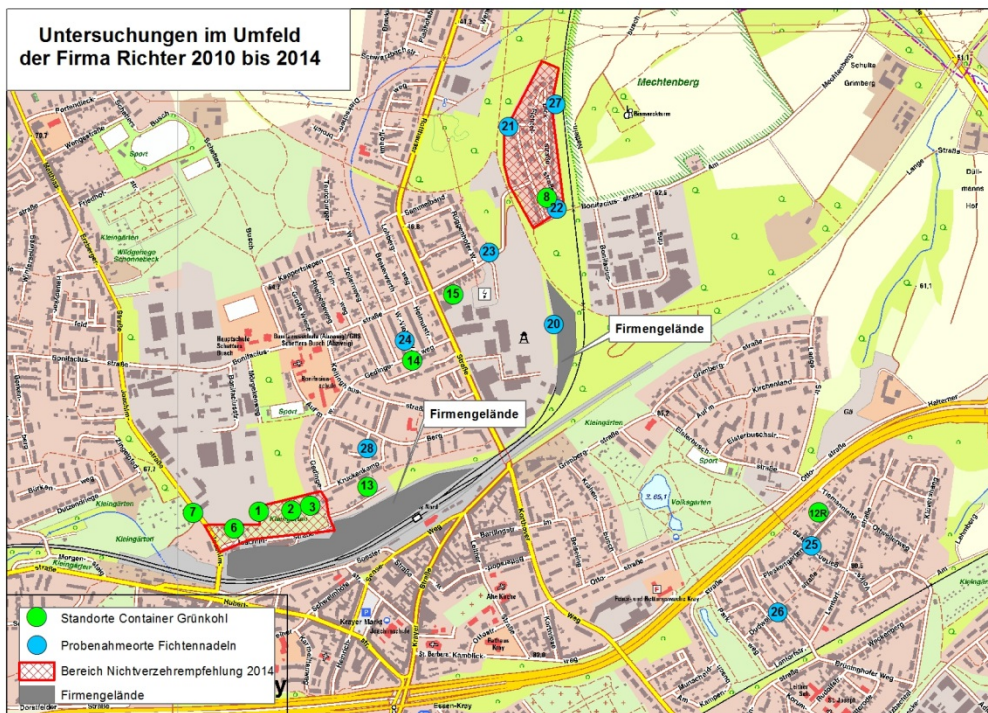


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet mit den Messpunkten der Grünkohlexposition 2014 (grün) und den Messpunkten der Fichtennadelbeprobung 2014 (blau); Bereich der Nichtverzehrempfehlung für 2014

Wie in Abbildung 1 zu erkennen ist, liegen die Messpunkte 2, 3, 6 und 13 direkt nördlich des Betriebsgeländes an der Joachimstraße. Der MP 7 befindet sich westlich davon. Der MP 8 befindet sich nördlich des Betriebsgeländes an der Rotthauer Straße und die MP 13, 14 und 15 auf einem Transekt zwischen den beiden Betriebsgeländen.

Pro Messpunkt wurde ein Container aufgestellt, der mit Einheitserde (ED 73) gefüllt und durch Textildochte mit einer automatischen Wasserversorgung verbunden war. Pro Container wurden 5 Pflanzen ausgebracht und nach einem Monat wurde die schwächste Pflanze entfernt. Die gesamten Pflanzen wurden nach 100 Tagen Expositionszeit geerntet und in Aluminiumboxen ins LANUV transportiert. Dort erfolgte die küchenfertige Aufarbeitung der Proben zu einer homogenen Mischprobe je Messpunkt. Es gelangten nur die Teile des Grünkohls zur weiteren Aufarbeitung, die üblicherweise verzehrt werden. Das Pflanzenmaterial wurde gründlich gewaschen, schockgefroren und anschließend gefriergetrocknet. Nach dem Vermahlen wurde es zur Bestimmung der Gehalte an PCDD/F, dl-PCB und der 6 Indikator-PCB 28, 52, 101, 138, 153 und 180 an das LANUV-Labor (FB 44) übergeben.

Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen

Im Folgenden wird für jeden der untersuchten Schadstoffe eine Beschreibung der Ergebnisse und ein Vergleich mit der Hintergrundbelastung in NRW aufgezeigt. Die Werte der Hintergrundbelastung für die einzelnen Schadstoffe basieren auf einer Auswertung von Messdaten aus dem Wirkungsdauermessprogramm NRW. Dargestellt werden der Median und das 95. Perzentil der Gehalte in Grünkohl von neun verschiedenen Hintergrundstationen aus dem 10-Jahreszeitraum von 2004 bis 2013. Messwerte, die das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung überschreiten, werden als Hinweis auf eine vorliegende Immissionsbelastung durch die untersuchte Substanz gewertet.

PCB_{gesamt}-Gehalte

Die Gehalte der oben aufgeführten 6 Indikator-PCB werden als Summe mit dem Faktor 5 multipliziert und repräsentieren nach LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) die PCB_{gesamt}-Gehalte. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 und in Abbildung 2 dargestellt.

Die PCB_{gesamt}-Gehalte in den Grünkohlproben in Essen-Kray betragen im Jahr 2014 zwischen 4,2 µg/kg in der Frischmasse (= FM) am Messpunkt 7 und 53 µg/kg FM am neu eingerichteten Messpunkt 13. Damit liegen alle in Essen-Kray gemessenen PCB_{gesamt}-Gehalte oberhalb des Medians der Hintergrundbelastung in NRW von 2,3 µg/kg FM (s. Abbildung 2). Auch das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung von 6,1 µg/kg FM wird an den meisten Messpunkten überschritten. Lediglich am Messpunkt 7, der an der windabgewandten Seite des Betriebsgeländes an der Joachimstraße liegt, und am Referenzmesspunkt 12R liegen die Werte unterhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung. Demnach liegt an den Messpunkten 2, 3, 6, 8, 13, 14 und 15 eine Immissionsbelastung durch PCB vor, die allerdings unterschiedlich hoch ist.

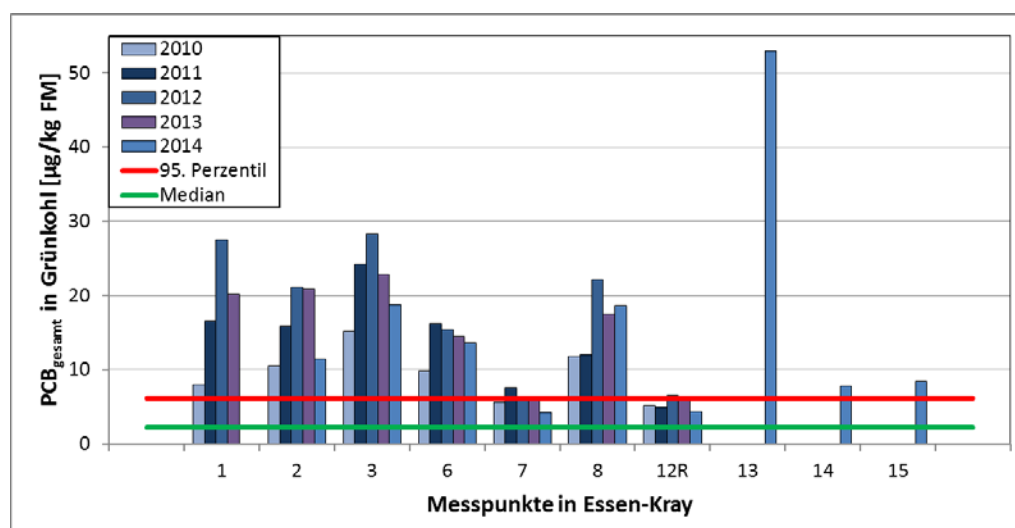


Abbildung 2: PCB_{gesamt}-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten in Essen-Kray (2010 – 2014); Median und 95. Perzentil der Hintergrundbelastung für PCB_{gesamt} in Grünkohl (2004 – 2013, n = 83)

Die PCB_{gesamt}-Gehalte an den Messpunkten 2, 3 und 6 nördlich des Betriebsgeländes an der Joachimstraße sind im Vergleich mit den Vorjahren etwas niedriger, liegen aber 5 – 8 mal so

hoch wie der Median der Hintergrundbelastung. Der Messpunkt 8 nördlich des Betriebsgeländes an der Rotthauer Straße weist 2014 mit 19 µg/kg FM einen ähnlich hohen Wert auf wie in den Vorjahren und liegt ebenfalls 8 mal höher als die Hintergrundbelastung. Am neuen Messpunkt 13 wurde ein PCB_{gesamt}-Gehalt von 53 µg/kg FM gemessen, der den Median der Hintergrundbelastung um den Faktor 23 übersteigt. Ein solch hoher Wert wurde bisher in NRW noch nicht in Grünkohl gemessen. Die ebenfalls in 2014 neu eingerichteten Messpunkte 14 und 15 auf dem Transekt zwischen den beiden Betriebsgeländen weisen niedrigere PCB_{gesamt}-Gehalte auf als die näher an den Betriebsgeländen gelegenen Messpunkte.

Tabelle 1: PCB_{gesamt}-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten in Essen-Kray [µg/kg FM]

Messpunkte	2010	2011	2012	2013	2014
1	8,0	17	28	20	-
2	11	16	21	21	11
3	15	24	28	23	19
6	9,8	16	15	15	14
7	5,6	7,5	6,0	6,1	4,2
8	12	12	22	18	19
12R	5,1	4,9	6,5	6,1	4,3
13	-	-	-	-	53
14	-	-	-	-	7,7
15	-	-	-	-	8,4

Dioxinähnliche (dl-)PCB

Einige PCB-Kongenere wirken ähnlich wie Dioxine und Furane, weshalb die WHO ihnen ebenfalls Äquivalenzfaktoren zugeordnet hat. Diese 12 dl-PCB werden als Summe in der Einheit ng TEQ_{WHO2005}/kg FM angegeben. Für dl-PCB gibt es einen EU-Auslöswert von 0,1 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM [Verordnung (EU) Nr. 516/2011], der allerdings in NRW vom 95. Perzentil der Hintergrundbelastung (0,17 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM) überschritten wird. Die Ergebnisse der Grünkohlproben aus dem Jahr 2014 sind in der Tabelle 2 und der Abbildung 3 aufgeführt.

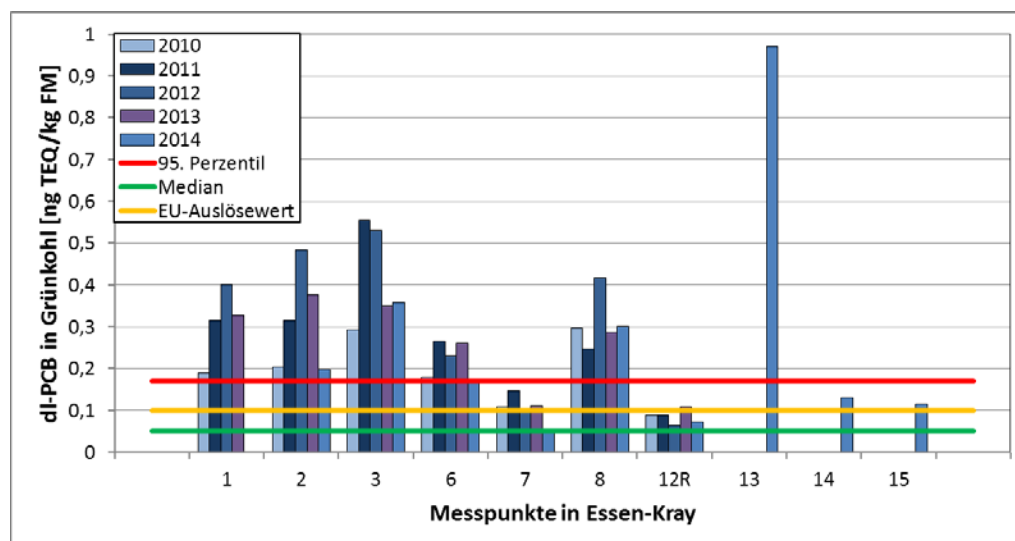


Abbildung 3: dl-PCB-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten in Essen-Kray (2010 – 2014); Median und 95. Perzentil der Hintergrundbelastung für dl-PCB in Grünkohl (2004 – 2013, n = 79) sowie EU-Auslöswert

Tabelle 2: dl-PCB-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten in Essen-Kray [ng TEQ_{WHO2005}/kg FM]

Messpunkte	2010	2011	2012	2013	2014
1	0,19	0,32	0,40	0,33	-
2	0,20	0,32	0,48	0,38	0,20
3	0,29	0,55	0,53	0,35	0,36
6	0,18	0,26	0,23	0,26	0,17
7	0,11	0,15	0,10	0,11	0,050
8	0,30	0,25	0,42	0,29	0,30
12R	0,09	0,09	0,06	0,11	0,073
13	-	-	-	-	0,97
14	-	-	-	-	0,13
15	-	-	-	-	0,12

Die im Jahr 2014 ermittelten dl-PCB-Gehalte liegen zwischen 0,05 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM am MP 7 und 0,97 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM am MP 13 im Nahbereich des Betriebsgeländes an der Joachimstraße. Die dl-PCB-Gehalte an den Messpunkten 2, 3, 6, 8, 13, 14 und 15 liegen über dem EU-Auslösewert; die an den MP 2, 3, 8 und 13 auch über dem 95. Perzentil der Hintergrundbelastung. Demnach ist auch im Jahr 2014 eine Immissionsbelastung durch dl-PCB an den Messpunkten nördlich des Betriebsgeländes an der Joachimstraße zu verzeichnen. Während der Wert am MP 3 in der KGA Bonifacius-Joachim den Median der Hintergrundbelastung um das 7-fache übersteigt, ist der Wert am MP 13 sogar um das 19-fache erhöht.

Auch der dl-PCB-Gehalt am MP 8 nördlich des Betriebsgeländes an der Rotthausener Straße ist deutlich gegenüber der Hintergrundbelastung erhöht.

Dioxine und Furane (PCDD/F)

Im Jahr 2014 wurden an den Messpunkten in Essen-Kray in Grünkohlproben PCDD/F-Gehalte von 0,036 – 0,067 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM gemessen (s. Tabelle 3). An allen Messpunkten liegen die Werte im Bereich des Medians der Hintergrundbelastung (s. Abbildung 4). Auch der EU-Auslösewert von 0,3 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM [Verordnung (EU) Nr. 420/2011 der Kommission 29. April 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln] wurde an keinem Messpunkt überschritten. An den untersuchten Messpunkten in Essen-Kray liegt demnach keine Immissionsbelastung durch PCDD/F vor.

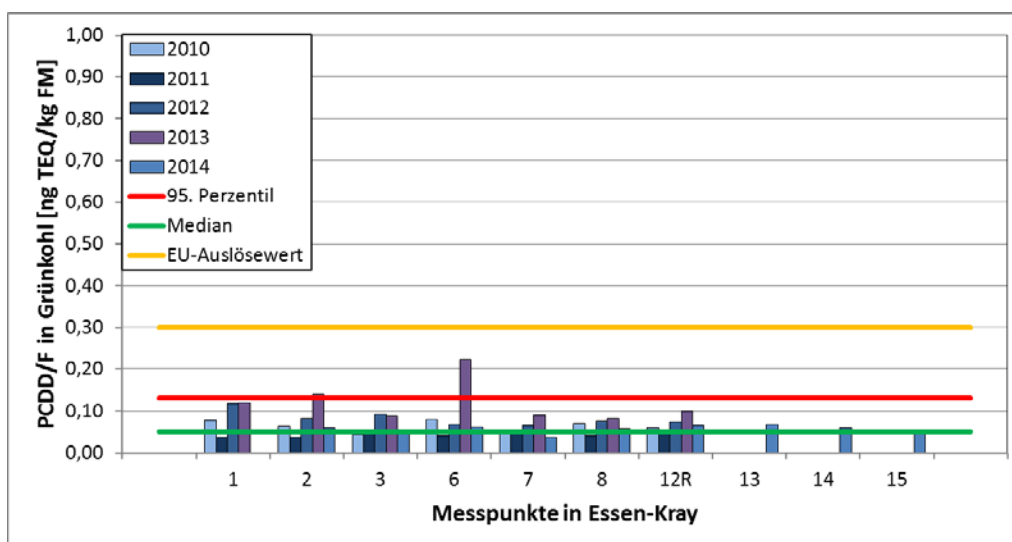


Abbildung 4: PCDD/F-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten in Essen-Kray (2010 – 2014); Median und 95. Perzentil der Hintergrundbelastung für PCDD/F in Grünkohl (2004 – 2013, n = 75) sowie EU-Auslösewert

Tabelle 3: PCDD/F-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten in Essen-Kray [ng TEQ_{WHO2005}/kg FM]

Messpunkte	2010	2011	2012	2013	2014
1	0,078	0,036	0,12	0,12	-
2	0,064	0,037	0,080	0,14	0,059
3	0,044	0,047	0,092	0,087	0,049
6	0,080	0,042	0,066	0,223	0,060
7	0,046	0,047	0,065	0,090	0,036
8	0,069	0,040	0,075	0,081	0,056
12R	0,059	0,046	0,073	0,099	0,065
13	-	-	-	-	0,067
14	-	-	-	-	0,059
15	-	-	-	-	0,048

PCB-Homologenmuster

Die PCB-Homologenmuster an den Messpunkten in Essen-Kray unterscheiden sich auch in 2014 deutlich von denen an Hintergrundstandorten (s. Abbildung 5). Während für Grünkohle an Hintergrundstandorten ein erhöhter Anteil höherchlorierter PCB gefunden wird, findet man an allen Messpunkten in Essen-Kray einen erhöhten relativen Anteil an niederchlorierten PCBs. Betrachtet man die Abschätzung zu global hergestellten PCB-Formulierungen bei denen rund 70% der Homologen auf niederchlorierte PCBs fällt (Breivik 2002), lässt sich für Essen-Kray auf eine Immissionsbelastung aus „frisch aufgeschlossenen“ sekundären PCB-Quellen schließen. Als sekundäre Quelle für PCB können die anfallenden Stäube und gasförmigen Verbindungen aus den durchgeführten Verfahrensschritten auf den Betriebsgeländen der Fa. Richter angesehen werden (s. Bericht über Fegestäube vom 04.07.2014).

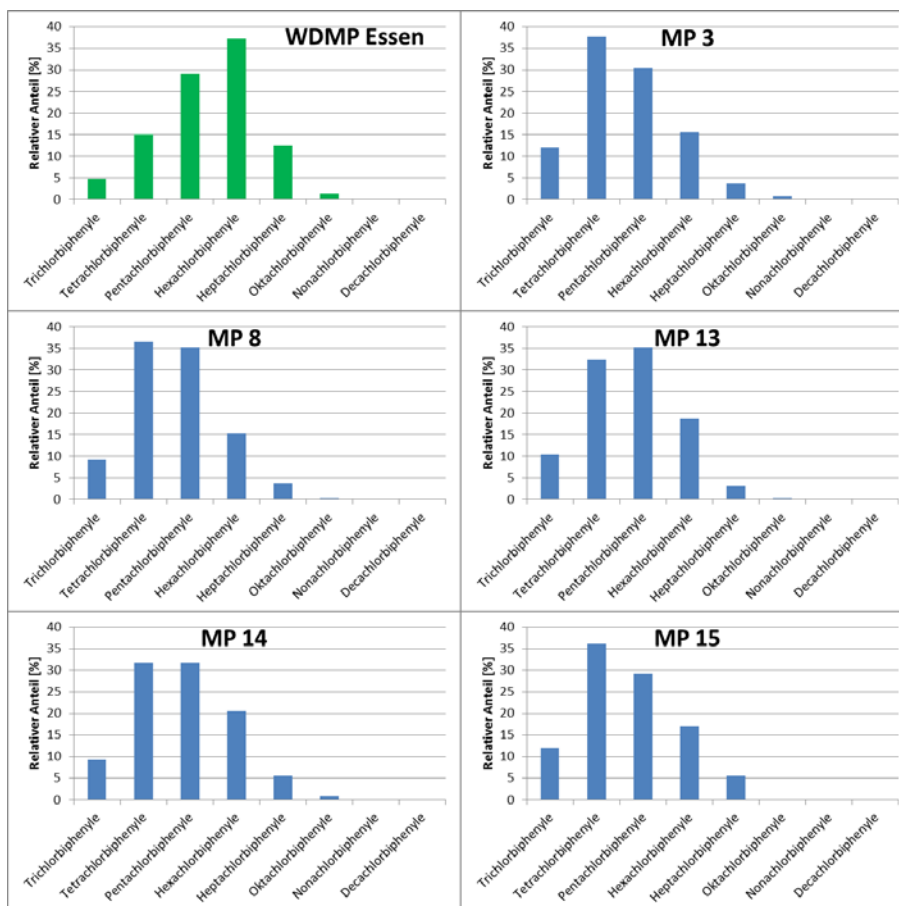


Abbildung 5: PCB-Homologenmuster an den Messpunkten 3, 8, 13, 14, 15 in Essen-Kray (2014; blau) sowie am WDMP-Messpunkt in Essen als Hintergrundstandort (2013; grün)

Bewertung der Ergebnisse

Expositionsabschätzung

Im vorliegenden Fall wird wie bisher als Konvention bei der Berechnung 250 g Grünkohl pro Tag - stellvertretend für gesamtverzehrtes Gemüse - aus den hier beprobten Gärten zu Grunde gelegt. Des Weiteren wird analog zur bisherigen Vorgehensweise bei der Bewertung von Kontaminanten in Gemüseproben aus Kleingärten die maximal ermittelte Schadstoffkonzentration in der am höchsten belasteten Probe herangezogen.

PCDD/F und dl-PCB

Das europäische „Scientific committee on food“ (SCF, 2001) hat eine wöchentlich tolerierbare Aufnahme (TWI) für Dioxine, Furane und dioxinähnliche PCB von 14 pg TEQ_{WHO2005}/kg KG/w festgelegt. Nach EFSA (EFSA, 2012) betrug die tägliche Aufnahme von Erwachsenen in Deutschland (Daten aus den Jahren 2008 bis 2010) in Abhängigkeit vom Alter im Mittel zwischen 0,79 und 1,01 pg TEQ_{WHO2005}/kg KG (bzw. zwischen 5,53 und 7,07 pg TEQ_{WHO2005}/kg KG pro Woche).

Die Summe der höchsten Konzentrationen für Dioxine, Furane und dioxinähnliche PCB ergibt sich am neu eingerichteten Messpunkt 13 (Kruckenkamp 13, Privatgarten) mit einem Wert in Höhe von ca. 1,04 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM und am Messpunkt 3 (KGA Bonifacius/Joachim) mit einem Wert in Höhe von ca. 0,41 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM.

In einer auf ungünstigen Annahmen basierenden Expositionsberechnung (durchschnittliches Körpergewicht von 70 kg, täglicher Verzehr von 250 g Frischgemüse) ergibt sich somit bei Verzehr des Grünkohls vom Messpunkt 13 rechnerisch eine maximale Zusatzbelastung von ca. 25,9 pg TEQ_{WHO2005}/kg KG/w und am Messpunkt 3 von ca. 10,2 pg TEQ_{WHO2005}/kg KG/w.

Unter Berücksichtigung einer Aufnahme von Dioxinen, Furanen und dl-PCB über den allgemeinen Warenkorb von 7,07 pg TEQ_{WHO2005}/kg KG/w ergibt sich rechnerisch für den am höchsten belasteten Messpunkt 13 eine Belastung in Höhe von ca. 33,1 pg TEQ_{WHO2005}/kg KG/w, die den TWI-Wert um ca. den Faktor 2,4 überschreitet und am Messpunkt 3 eine Belastung in Höhe von ca. 17,3, die den TWI-Wert um ca. den Faktor 1,2 überschreitet. Des Weiteren wird auch am Messpunkt 8 (Fichtelstraße 3, Privatgarten), unter Berücksichtigung der Hintergrundbelastung, der TWI-Wert in Höhe von 14 TEQ_{WHO2005}pg/kg KG/w überschritten.

PCB_{gesamt}-Belastung

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat 2003 für das technische PCB-Gemisch Aroclor 1254 eine tolerierbare tägliche Dosis (tolerable daily intake: TDI) in Höhe von 20 ng/kg KG/d abgeleitet. Dieser TDI-Wert wird mit Bezug auf die PCB-Gesamtbelastung in den untersuchten Proben der Nahrungspflanzen als Berechnungsgrundlage herangezogen. Zur Darstellung der PCB-Gesamtbelastung wird die Summe der 6 Indikator-PCB 28, 52, 101, 153, 138, 180 mit dem Faktor 5 multipliziert. Nach EFSA (EFSA, 2012) lag die Aufnahme von Erwachsenen verschiedener Altersgruppen in Deutschland (Daten aus den Jahren 2008 bis 2010) im Mittel zwischen 10,6 und 12,4 ng/kg KG/d.

Die am stärksten belasteten Grünkohlproben finden sich am Messpunkt 13 (Kruckenkamp 13, Privatgarten), die einen PCB-Gesamtgehalt in Höhe von 53 µg/kg FM aufweist, und an den Messpunkten 3 (KGA Bonifacius/Joachim) und 8 (Fichtelstraße 3, Privatgarten) mit einem PCB-Gesamtgehalt in Höhe von 19 µg/kg FM. Basierend auf der Expositionsberechnung ergibt sich für den Messpunkt 13 mit ca. 189 ng/kg KG/d eine Überschreitung des o.g. TDI-Wertes um mehr als das Neunfache und für die Messpunkte 3 und 8 mit ca. 68 ng/kg KG/d eine Überschreitung um mehr als das Dreifache.

Auch die anderen Grünkohlproben weisen relativ hohe PCB_{gesamt}-Belastungen auf. Es ergeben sich rein rechnerisch maximale Zusatzbelastungen in Höhe von ca. 39 ng/kg KG/d am Messpunkt 2 (KGA Bonifacius/Joachim), ca. 50 ng/kg KG/d am Messpunkt 6 (KGA Kray e.V., Joachimstr.), ca. 28 ng/kg KG/d am Messpunkt 14 (Gedingeweg 23, Privatgarten) und ca. 30 ng/kg KG/d am Messpunkt 15 (Bonifaciusstr. 242, Privatgarten). Selbst ohne Berücksichtigung der täglichen Aufnahme von PCB_{gesamt} über andere Lebensmittel wird der TDI-Wert allein durch die Zusatzbelastung über die hier untersuchten Proben überschritten. Lediglich am Messpunkt 7 (KGA Joachimstr.) und am Referenzstandort (Messpunkt 12 R, KGA Tiemannleite) liegt die errechnete Zusatzbelastung in Höhe von ca. 15 ng/kg KG/d aus dem Grünkohl unterhalb des TDI-Wertes. Unter Berücksichtigung der täglichen Aufnahme von PCB_{gesamt} über andere Lebensmittel wird der TDI-Wert in Höhe von 20 ng/kg KG/d auch hier überschritten.

Zusammenfassung

An den in Hauptwindrichtung nördlich bis nordöstlich des **Betriebsgeländes an der Joachimstraße** gelegenen Messpunkten 2, 3, 6 und 13 konnten im Jahr 2014 Immissionsbelastungen durch PCB (PCB_{gesamt} und dl-PCB) nachgewiesen werden. Dabei war insbesondere der Grünkohl am neu eingerichteten Messpunkt 13 sehr hoch belastet. Aufgrund der in Essen-Kray vorliegenden Hauptwindrichtung (West-Südwest) ist anzunehmen, dass dieser Messpunkt noch stärker durch Emissionen des Betriebsgeländes der Fa. Richter beaufschlagt wird als die Messpunkte 2 und 3 in der KGA Bonifacius-Joachim. Außerdem liegt der MP 13 direkt nord-nordöstlich des Shredders. Es wäre also auch möglich, dass Emissionen des Shredders ursächlich für die hohe Belastung sind. Die weiteren Messpunkte 14 und 15 auf dem Transekt zwischen den beiden Betriebsgeländen zeigen deutlich geringere PCB-Gehalte. Dieser Gradient der PCB-Gehalte in Grünkohl vom Betriebsgelände weg in das Wohngebiet hinein zeigt, dass die Fa. Richter sehr wahrscheinlich die Ursache für die PCB-Belastung darstellt.

Auch der MP 8 nördlich des **Betriebsgeländes an der Rotthauer Straße** weist 2014 erneut deutlich gegenüber dem Hintergrund erhöhte Gehalte auf.

Die **PCB-Homologenmuster** unterscheiden sich an allen Messpunkten in Essen-Kray von denen des Hintergrunds und weisen auf einen Eintrag niederchlorierter Biphenyle hin. Da diese besonderen Homologenmuster auch in Fegestäuben auf den Betriebsgeländen der Fa. Richter gefunden wurden, ist dies als weiteres Indiz für die Ursachenfindung heranzuziehen.

Es liegt keine Immissionsbelastung durch **Dioxine und Furane** vor.

Aufgrund der Überschreitung des zusammengefassten TWI-Wertes für PCDD/F und dl-PCB und der Überschreitung des TDI-Wertes für die PCB-Gesamtbelastung sollte die bestehende **Nichtverzehrempfehlung** für die betrachteten Gebiete vorsorglich aufrechterhalten bleiben. Darüber hinaus sollte auch für den in Abbildung 6 dargestellten Bereich eine Nichtverzehrempfehlung für Grünkohl und andere Blattgemüse, wie z. B. Endivie, Spinat und Mangold, ausgesprochen werden.

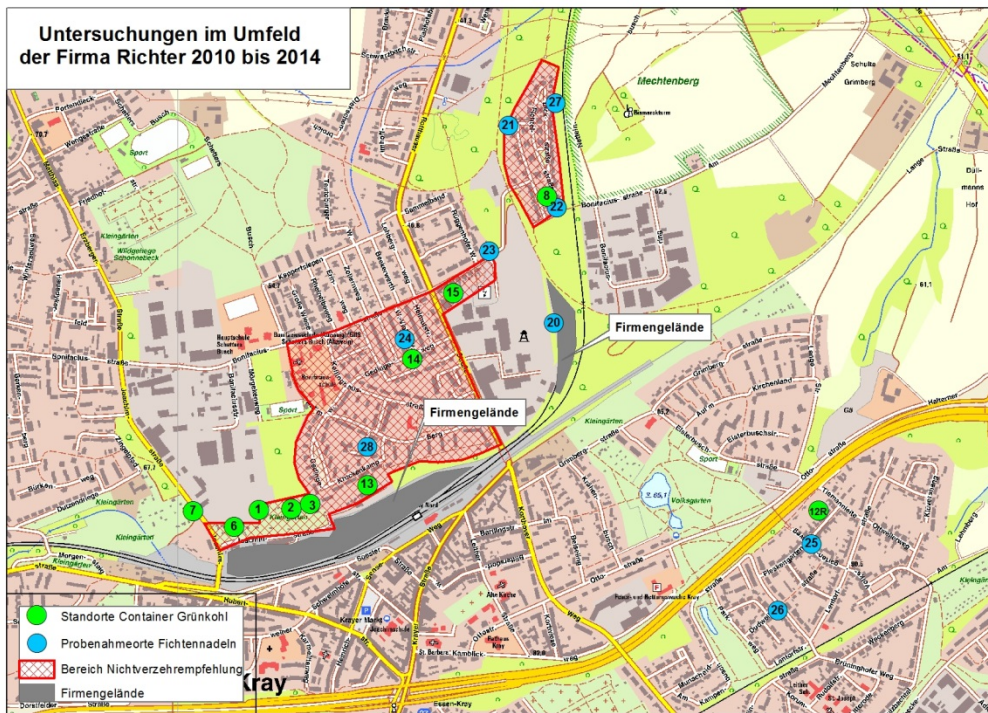


Abbildung 6: Vorgeschlagener Bereich für eine Nichtverzehrsempfehlung von Grünkohl und anderen Blattgemüsen für 2015

Es ist geplant die Grünkohlexposition in Essen-Kray in diesem Jahr erneut ^{durchzuführen}. Dabei soll es auch mindestens einen weiteren ^{Messpunkt} in der Kleingartenanlage Elsterbusch geben.

Literatur

Breivik, K.; Sweetman, A.; Pacyna, J.M.; Jones, K.C. Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners — A mass balance approach: 1. Global production and consumption. *Sci. Total Environ.* 2002, 290, 181–198.

EFSA (European Food Safety Authority, 2012): Update of the monitoring of levels of dioxins and PCBs in food and feed, *EFSA Journal* 2012; 10(7): 2832

IFUA, Institut für Umwelt-Analyse (1999): Verzehrsstudie in Kleingärten im Rhein-Ruhrgebiet. Im Auftrag des Landesumweltamtes.

SCF, Scientific Committee on Food (2001): Opinion of the Scientific Committee on Food on the risk assessment of dioxins and dioxin-like PCBs in food

WHO, World Health Organization (2003): Polychlorinated biphenyls: Human Health Aspects. World Health Organization, Geneva, Switzerland Concise International Chemical Assessment Document 55