



Immissionsbedingte Hintergrundbelastung von Pflanzen in NRW

Schwermetalle und organische Verbindungen

[LANUV-Fachbericht 61](#)



Immissionsbedingte Hintergrundbelastung von Pflanzen in NRW
Schwermetalle und organische Verbindungen

LANUV-Fachbericht 61

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Recklinghausen 2015



IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0 Telefax 02361 305-3215 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
Autorin	Dr. Katja Hombrecher, Dr. Ralf Both, Alexandra Müller-Uebachs, Jürgen Schmidt, Ludwig Radermacher (alle LANUV)
Bilder	LANUV
ISSN	1864-3930 (Print), 2197-7690 (Internet), LANUV-Fachberichte
Informationendienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext Tafeln 177 bis 179
Bereitschaftsdienst	Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst) Telefon 0201 714488

Inhalt

1	Einleitung.....	4
2	Methodik.....	5
2.1	Messstationen.....	5
2.2	Verfahren der standardisierten Graskultur.....	6
2.3	Grünkohlexpositionsverfahren.....	7
2.4	Staubniederschlagsmessung.....	8
2.5	Auswertung.....	8
3	Ergebnisse und Diskussion.....	10
3.1	Zeitliche Entwicklung der Immissionsbelastung.....	10
3.2	Ermittlung der Hintergrundbelastung in Pflanzen.....	16
3.2.1.	Hintergrundbelastung Blei.....	16
3.2.2.	Hintergrundbelastung Cadmium.....	20
3.2.3.	Hintergrundbelastung Zink.....	23
3.2.4.	Hintergrundbelastung Nickel.....	26
3.2.5.	Hintergrundbelastung Kupfer.....	29
3.2.6.	Hintergrundbelastung Chrom.....	32
3.2.7.	Hintergrundbelastung PCB.....	35
3.2.8.	Hintergrundbelastung dioxinähnlicher PCB.....	38
3.2.9.	Hintergrundbelastung Dioxine und Furane.....	42
3.2.10.	Hintergrundbelastung PAK.....	46
3.3	Anwendung der Hintergrundbelastung auf Gutachtenfälle.....	50
3.3.1.	Gutachtenfall Lünen.....	50
3.3.2.	Gutachtenfall Essen-Kray.....	55
3.3.3.	Gutachtenfall Kamp-Lintfort.....	58
4	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	60
5	Literatur.....	65

1 Einleitung

Durch das LANUV und seine Vorgängerinstitutionen wird in NRW bereits seit mehr als 25 Jahren im Rahmen des Wirkungsdauermessprogrammes (WDMP) eine Langzeitbeobachtung immissionsbedingter Wirkungen durchgeführt. Diese Langzeitbeobachtung dient der Ermittlung von Hintergrunddaten für die unterschiedlich belasteten Räume in NRW. Aus den Ergebnissen können Zeitreihen erstellt, Trends ermittelt und Basisdaten für die Umweltberichterstattung abgeleitet werden.

Von besonderer Bedeutung ist dabei die Ermittlung von Hintergrundwerten, die für die Interpretation von Messwerten in Gutachtenfällen und bei akuten Schadensereignissen unerlässlich sind. Auf der Basis der vorliegenden Daten des WDMP können zum einen Kenntnisse über die allgemeine Hintergrundbelastung in NRW abgeleitet werden, zum anderen Vergleichswerte aus Bereichen ermittelt werden, die an eine bekannte Emissionsquelle angrenzen.

Die Hintergrundbelastung wird mit standardisierten Bioindikationsverfahren (Graskultur und Grünkohl) ermittelt. Während das Verfahren der Graskultur – insbesondere bei Schwermetall-Immissionen – schnell und verlässlich Messwerte liefert und über die gesamte Vegetationsperiode einsetzbar ist, dient das Grünkohlexpositionsverfahren zur Ermittlung von Hintergrundwerten für Nahrungspflanzen bei Exposition über einen längeren Zeitraum. Außerdem kann Grünkohl besonders gut lipophile (= fettlösliche), organische Schadstoffe akkumulieren und dient damit als verlässlicher Indikator für Immissionen dieser Substanzen.

Der vorliegende Bericht enthält die umfangreiche Auswertung der Daten des WDMP aus den Jahren 2004 - 2013. Aus den gemessenen Werten werden die Perzentile der Verteilung (50. und 95. Perzentil) und für die Hintergrundbelastung nach der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 der Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) bestimmt. Anhand von Beispielen wird aufgezeigt, wie mit den so ermittelten Kenngrößen – 95. Perzentil und OmH – die Bewertung konkreter Einzelergebnisse vorgenommen werden kann.

2 Methodik

2.1 Messstationen

Aktuell unterhält das LANUV im Rahmen des Wirkungsdauermessprogramms in NRW 13 Messstationen (s. Tabelle 1 und Abbildung 1). An zehn Messstationen wird die Hintergrundbelastung gemessen. Davon befinden sich vier Standorte in Waldgebieten (Egge, Osenberg, Eifel und Hilchenbach), ein Standort im landwirtschaftlich stark genutzten Bereich (Bocholt) und fünf Standorte im städtisch geprägten Bereich (Essen, Duisburg-Walsum, Langenfeld, Köln, Dortmund). Drei Standorte befinden sich in quellennahen Bereichen: Im Duisburger Hafen werden Einflüsse aus dem Bereich der ortsansässigen Stahlindustrie, dem Hafen und der „Schrottinself“ bestimmt. In Bottrop befindet sich die Messstation in unmittelbarer Nähe einer Kokerei und in Düsseldorf auf einer Verkehrsinsel im vielbefahrenen „Mörsenbroicher Ei“. Für organische Schadstoffe wurde zudem auch Dortmund als durch eine Quelle beeinflusster Standort betrachtet, da dort ab dem Jahr 2005 erhebliche Immissionen aus mehreren im Dortmunder Hafen ansässigen Recyclingbetrieben auftraten.

Tabelle 1: Messstationen des Wirkungsdauermessprogramms

Messstation	Rechtswert	Hochwert	Standortcharakterisierung	betrieben seit
Egge	3496,67	5744,09	Hintergrund	1984
Osenberg Bergisches Land	2600,80	5677,39	Hintergrund	1984
Eifel	2519,91	5613,15	Hintergrund	1984
Hilchenbach, Rothaargebirge	3443,25	5644,20	Hintergrund	2001
Bocholt	2536,94	5744,11	Hintergrund	2007
Essen	2567,31	5697,08	Hintergrund	1984
Duisburg-Walsum	2551,97	5710,21	Hintergrund	1999
Langenfeld	2568,46	5662,24	Hintergrund	1999
Köln	2569,36	5639,85	Hintergrund	2009
Dortmund	2601,17	5712,35	Hintergrund/ Quelle Hafen	1997
Duisburg-Hafen	2552,95	5701,58	Quelle Stahlindustrie, Hafen	1996
Bottrop	2567,84	5710,60	Quelle Kokerei	1999
Düsseldorf	2555,97	5679,84	Quelle Verkehr	1997

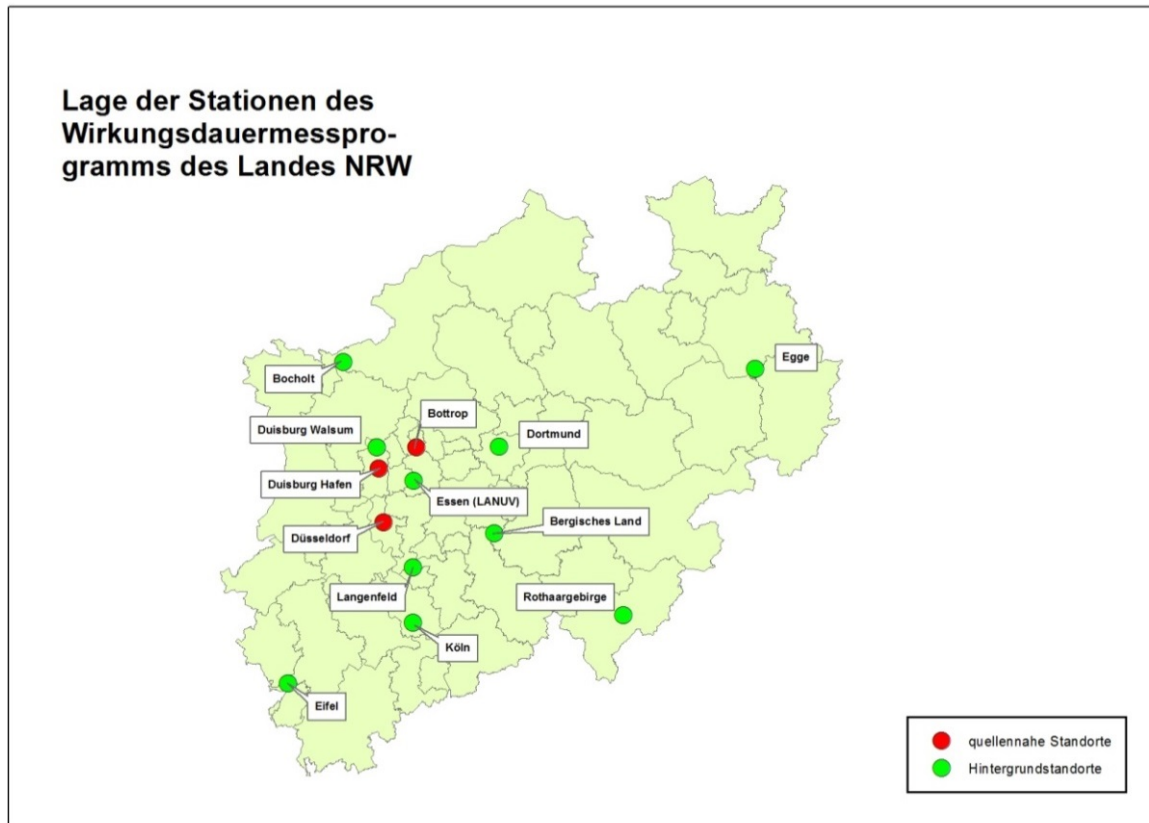


Abbildung 1: Lage der Messstationen in NRW

An allen aktuellen Messstationen erfolgen derzeit Eintrags- und Depositionsmessungen, Staubniederschlagsmessungen und die Exposition von standardisierter Graskultur und Grünkohl.

2.2 Verfahren der standardisierten Graskultur

Das Verfahren der standardisierten Graskultur wird im Rahmen des WDMP nach der Richtlinie VDI 3957 Blatt 2, „Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation); Verfahren der standardisierten Graskultur“ durchgeführt. Als Akzeptorpflanze wird die Grassorte *Lolium multiflorum* (*ssp. italicum*) der Sorte *Lema* verwendet (s. Abbildung 2). Das Gras wird in Kulturgefäßen vorgezogen und zwischen Mai und September jeweils für ca. vier Wochen am Standort in einer Höhe von 1,50 m exponiert. Dabei findet die Wasserversorgung über Dochte durch ein Reservoir statt. Das Schnittgut wird alle vier Wochen entnommen und anschließend im Trockenschrank (Untersuchung auf Schwermetalle) bzw. in einer Gefriertrocknungsanlage (Untersuchung auf Organika) getrocknet. Die Proben dieser fünf Messperioden werden auf die (Schwer)Metalle Antimon (Sb), Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Cobalt (Co), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Mangan (Mn), Nickel (Ni), Vanadium (V) und Zink (Zn) untersucht. An sieben Messstationen werden zudem Sammelproben (fünf Messsätze werden vereinigt) auf folgende organische Komponenten untersucht: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) mit der Leitkomponente Benzo-(a)-Pyren (BaP), polychlorierte Dibenzo-Dioxine und -Furane (PCDD/F) sowie auf polychlorierte Biphenyle (PCB) in Form der sechs Indikator-PCB nach Ballschmiter (1980) und der dioxinähnlichen PCB (dl-PCB).



Abbildung 2: Standardisierte Graskultur, Anzucht und Exposition

2.3 Grünkohlexpositionsverfahren

Die Grünkohlexposition wird nach einem standardisierten Verfahren (RADERMACHER & RUDOLPH 1994) durchgeführt. Dabei werden Grünkohlpflanzen für einen Zeitraum von 90 bis 100 Tagen in Containern exponiert (s. Abbildung 3). Abweichend zu der Richtlinie VDI 3957 Blatt 3 werden hier analog zu der Verwendung des Grünkohls durch den Nutzer (z. B. Kleingartenbesitzer) alle verzehrbaren Teile der Pflanze und nicht nur einzelne, vorher gekennzeichnete, Blätter der Analyse zugeführt. Nach Exposition wird der Grünkohl geerntet, gewaschen und küchenfertig aufgearbeitet. Die Proben werden auf Schwermetalle (As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, V, Zn) und auf die organischen Komponenten PAK, BaP, PCDD/F sowie auf die sechs Indikator-PCB nach Ballschmiter und auf dl-PCB analysiert. Bei Grünkohl werden die Werte in der Trockenmasse (TM) umgerechnet auf die Frischmasse (FM), um sie einzelfallbezogen mit lebensmittelrechtlich verankerten Höchstmengen und Beurteilungsgrundlagen vergleichen zu können.



Abbildung 3: Grünkohlexposition

2.4 Staubniederschlagsmessung

Der Staubniederschlag und seine Inhaltsstoffe werden nach der Richtlinie VDI 4320 Blatt 2 mittels Bergerhoff-Verfahren erfasst (s. Abbildung 4). An den 13 Messstationen werden während der Vegetationszeit von Mai bis Oktober über jeweils 28 Tage sechs Messsätze gewonnen; an sechs Standorten gibt es darüber hinaus ganzjährig 12 Messsätze. Der Staubniederschlag wird auf Schwermetalle (As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, V, Zn) untersucht.



Abbildung 4: Bergerhoff-Gefäß

2.5 Auswertung

Ziel der Auswertung ist es statistisch abgesicherte Werte zu ermitteln, die die Hintergrundbelastung in NRW repräsentieren und für Gutachtenfälle und Untersuchungen an Belastungsschwerpunkten als Referenzwerte eingesetzt werden können.

Dazu wurden in einem ersten Schritt die Zeitreihen der Gehalte der einzelnen Substanzen in der Graskultur und in Grünkohl an den unterschiedlichen Standorten aufgetragen (s. Kapitel 3.1). Da bei Schadstoffen, deren Gehalte in den Pflanzen in den letzten 25 Jahren einen Rückgang zeigten (z. B. Blei), die Werte im letzten 10-Jahreszeitraum von 2004 – 2013 zumindest an den quellenfernen Standorten keine große Streubreite mehr aufweisen (s. Abbildung 5), wurde dieser Zeitraum ausgewählt um die Hintergrundbelastung abzubilden. Es ist geplant, die 10-Jahres-Werte für die Hintergrundbelastung jährlich zu aktualisieren. D. h. sie werden aus einem sich fortschreibenden 10-Jahreszeitraum berechnet, also beispielsweise für 2015 aus dem Zeitraum von 2005 – 2014, um die Trendentwicklung zu berücksichtigen.

Aus den Daten der Hintergrundstandorte des letzten 10-Jahreszeitraums (2004 – 2013) wurden die Perzentile der Verteilung (Excel-Funktion: QUANTIL.INKL) berechnet. Dabei wurden die Werte, die größer oder gleich dem 75. Perzentil zuzüglich des dreifachen Interquartilabstands (IQR) sind, als Ausreißer definiert und eliminiert. Der prozentuale Anteil der Ausreißer an den für die jeweilige Berechnung eingesetzten Daten wird in den Tabellen und Abbildungen angegeben. Die Anzahl der Messwerte beträgt bei der Graskultur je nach Substanz zwischen 248 und 619 für Schwermetalle und zwischen 36 und 48 für die organischen Schadstoffe. Bei der Grünkohlexposition wurden zwischen 44 und 94 Messwerte für die Berechnung eingesetzt. Es wurden nur Hintergrundwerte für Substanzen ausgewertet, von denen

mindestens 75 % der Messwerte über der analytischen Bestimmungsgrenze liegen. Für die Schwermetalle Antimon, Arsen, Vanadium und Kobalt konnte keine Auswertung vorgenommen werden, da die Mehrzahl der Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze lag. Bei Substanzen, von denen weniger als 25 % der Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen, wurde bei der Berechnung jeweils die halbe Bestimmungsgrenze eingesetzt. Aufgrund der zu geringen Datenbasis mit Werten über der Bestimmungsgrenze konnte auch bei den sechs Indikator-PCB nach Ballschmiter für die Graskultur keine Auswertung vorgenommen werden. Bei der Auswertung der sechs Indikator-PCB für Grünkohl wurden bei den Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze die real gemessenen Werte in die Berechnung eingesetzt, da diese oberhalb der Nachweisgrenze lagen.

Nach der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 wurde der Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) berechnet. Dabei wurde ebenfalls ein Ausreißertest angewendet (s. o.) Der OmH ermöglicht bei der Graskultur eine Beurteilung, ob an dem betrachteten Standort eine über die Hintergrundbelastung hinausgehende Immissionsbelastung vorliegt. Werte, die höher liegen als der OmH, weisen auf einen zusätzlichen Eintrag luftgetragener Schadstoffe in die Pflanzen hin.

Zur Einordnung der ermittelten Hintergrundbelastung in der Graskultur in NRW werden folgende Literaturwerte heran gezogen:

- Der überregionale OmH verschiedener Schwermetalle für die Graskultur sowie die Spannweite der regionalen OmH verschiedener Regionen (Bayern, Oberösterreich, NRW und Baden-Württemberg, Messwerte von 2004 - 2008), die in der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 angegeben werden.
- Die OmH für organische Schadstoffe in der Graskultur im ländlichen Raum (Messwerte für 2007 – 2011; BayLfU 2014).

Im Rahmen des WDMP wurde der OmH nicht nur für die Graskultur, sondern auch für Grünkohl bestimmt, um dieses Verfahren auf seine Übertragbarkeit auf Nahrungspflanzen zu überprüfen.

Der Median (50. Perzentil) sowie das 95. Perzentil und der OmH der ermittelten Hintergrundbelastung in NRW wurden als Linien in Diagramme eingetragen (s. Kapitel 3.2). Aktuelle Messwerte, beispielsweise aus Gutachtenfällen, können in diese Diagramme eingefügt und somit sofort mit der allgemeinen Hintergrundbelastung verglichen werden (s. beispielsweise Abbildung 58 ff). Für die Standorte, die unter dem Einfluss einer bekannten Emissionsquelle stehen, wurden bei den Graskulturen ebenfalls die Perzentile der Verteilung des letzten 10-Jahreszeitraums (2004 – 2013) bestimmt und zur Charakterisierung dieser Standorte den Hintergrundwerten gegenüber gestellt (s. beispielsweise Abbildung 14). Da es bei der Grünkohlexposition an einigen Standorten in diesen zehn Jahren weniger als zehn Messwerte gab und damit eine Betrachtung der Verteilung nicht zulässig war, wurden hier die Einzelwerte des jeweiligen Quellenstandortes zu den Hintergrundwerten aufgetragen (s. beispielsweise Abbildung 15).

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Zeitliche Entwicklung der Immissionsbelastung

Die immissionsbedingten Schwermetallbelastungen in den untersuchten Pflanzen sind in den letzten 25 Jahren größtenteils deutlich zurückgegangen. Darüber wurde bereits 2004 berichtet (ALTENBECK & RADERMACHER 2004). Im Rahmen des vorliegenden Fachberichts werden einige Zeitreihen aufgetragen, um die Streubreite der Werte in den letzten zehn Jahren aufzuzeigen.

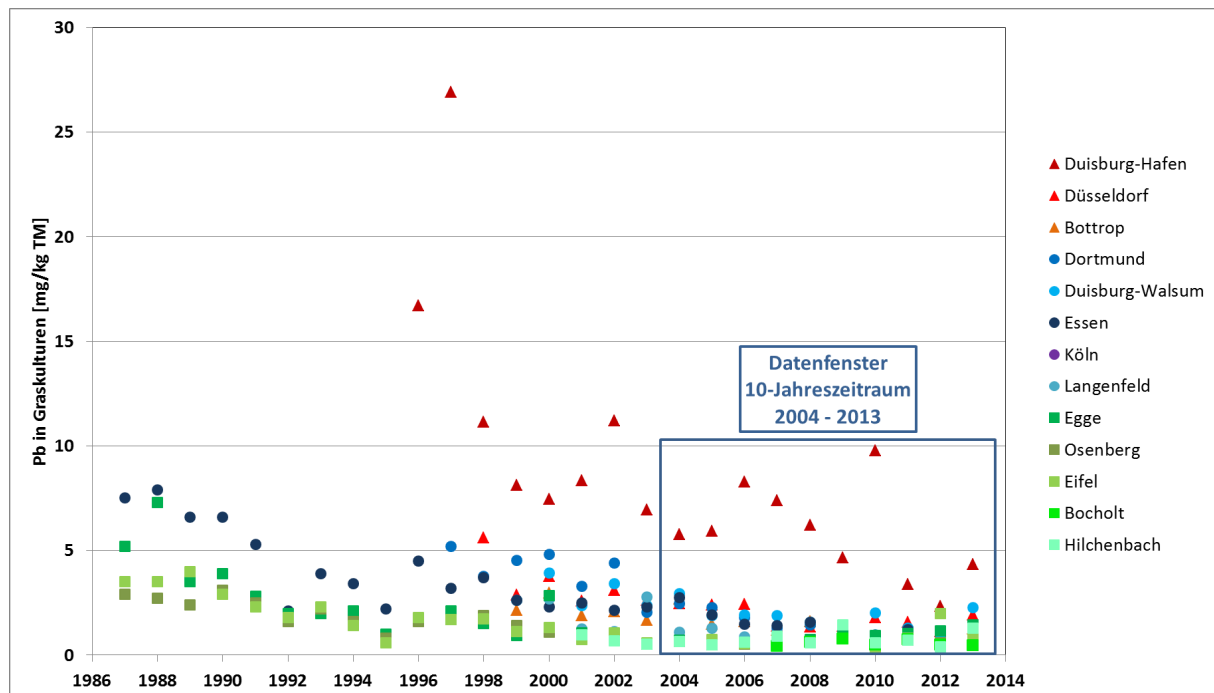


Abbildung 5: Blei-Gehalte in Graskulturen an den Messstationen des WDMP (Mittelwerte aus 5 – 10 Messsätzen)

Wie in Abbildung 5 zu erkennen ist, sind die Blei-Gehalte an den Hintergrundstationen zu Beginn der Messungen stark zurückgegangen. Die Werte des 10-Jahreszeitraums, der hier näher betrachtet wird, sind durch das Datenfenster markiert. Sie weisen deutlich geringere Schwankungen auf als in den Jahren davor. Würde man die Hintergrunddaten über einen längeren Zeitraum auswerten, wäre der Zeitraum höherer Immissionen mit erfasst und würde damit nicht das aktuelle Bild der Hintergrundbelastung in NRW widerspiegeln. Die Werte am Standort Duisburg-Hafen (s. Abbildung 5, rotes Dreieck) streuen allerdings auch im untersuchten Zeitraum von 2004 bis 2013 sehr stark und liegen deutlich höher als an den anderen Standorten.

Um zu belegen, dass die ermittelten Gehalte in den Graskulturen die Immissionsbelastung an einem Standort wiedergeben, wurden parallel dazu die Gehalte im Staubniederschlag während der Vegetationsperiode erfasst und in den folgenden Abbildungen den Grasdaten gegenübergestellt (s. Abbildungen 6 und 7).

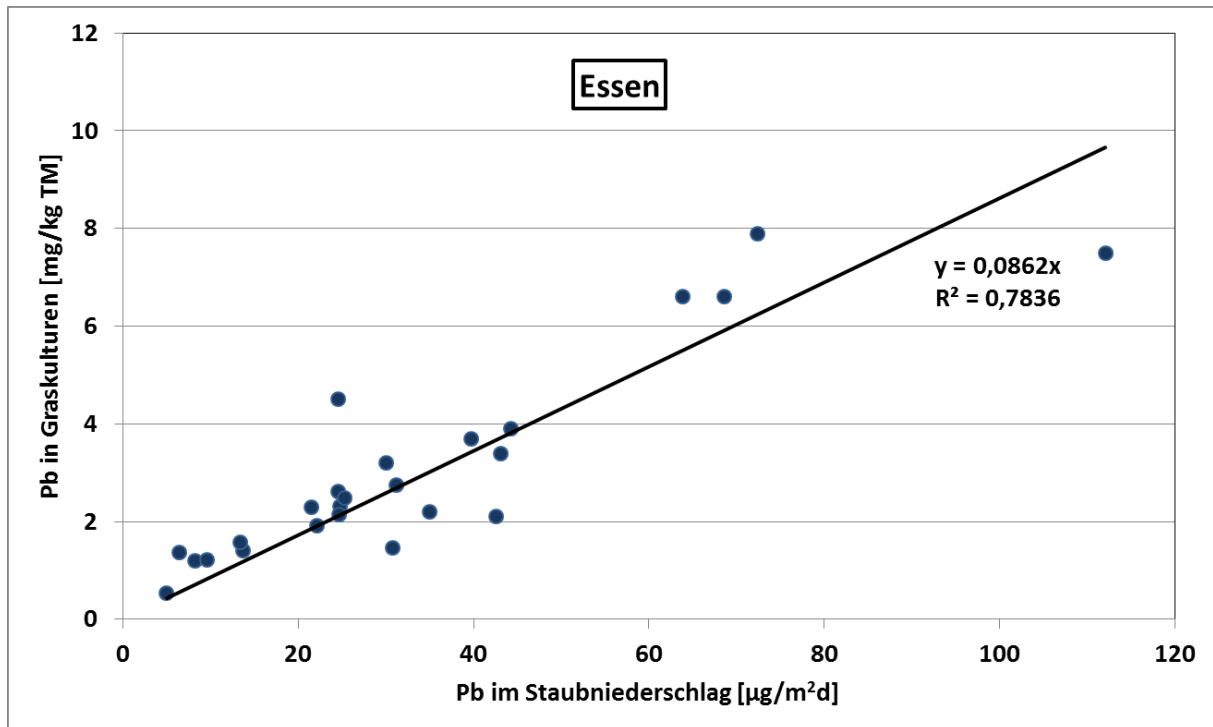


Abbildung 6: Blei-Gehalte in Graskulturen/ Blei-Gehalte im Staubniederschlag während der Vegetationsperiode an der Messstation Essen des WDMP; lineare Ausgleichsgerade mit Formel und Bestimmtheitsmaß

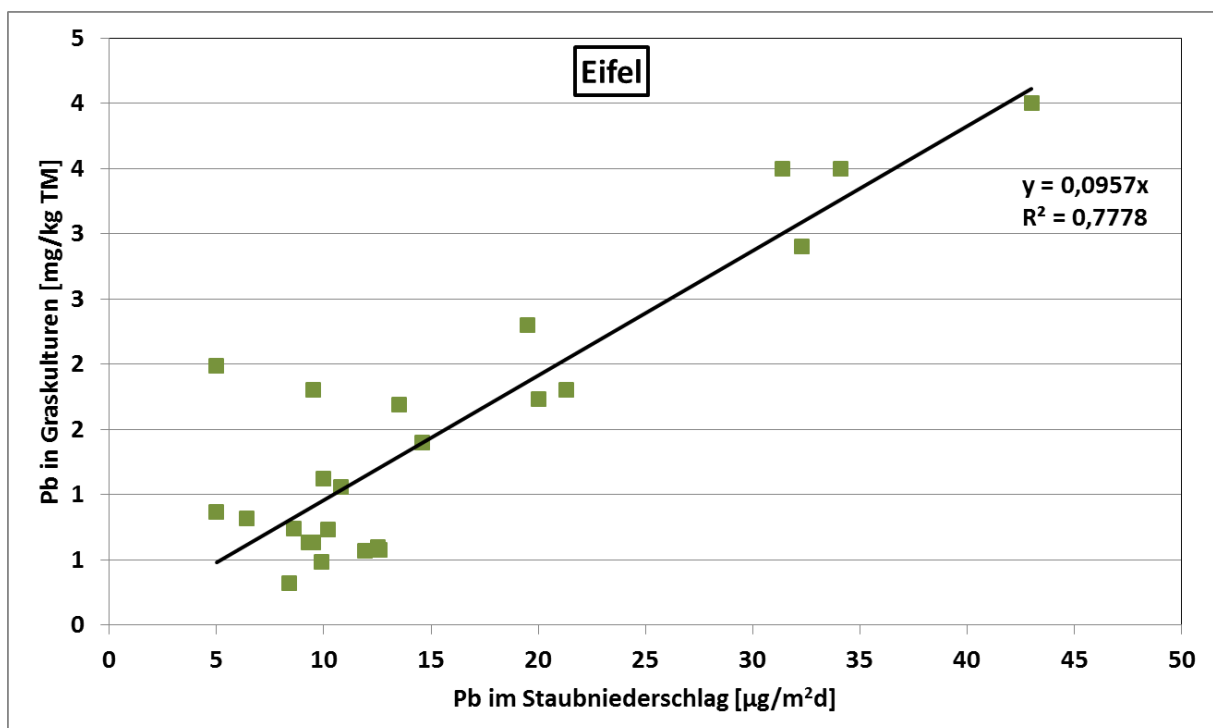


Abbildung 7: Blei-Gehalte in Graskulturen/ Blei-Gehalte im Staubniederschlag während der Vegetationsperiode an der Messstation Eifel des WDMP; lineare Ausgleichsgerade mit Formel und Bestimmtheitsmaß

Die Korrelation der Blei-Gehalte in den Graskulturen und im Staubbiederschlag zeigt eine klare Abhängigkeit: Je mehr Blei im Staubbiederschlag zu finden ist, desto mehr wird auch in den Graskulturen detektiert (s. Abbildungen 6 und 7). Damit ist im Fall von Blei der Wert aus der Graskultur ein Indiz für die Immissionsbelastung am Standort. Bei Grünkohl ist dieser Zusammenhang nicht so deutlich (s. Abbildung 8). Das liegt sicherlich zum einen daran, dass der Grünkohl – anders als das Gras – vor der Aufbereitung gründlich gewaschen wird und somit Schmutz und anhaftende Staubkörner entfernt werden. Zum anderen wird der Grünkohl in einer geringeren Höhe exponiert als das Gras und als das Bergerhoffgefäß für die Staubbiederschlagsammlung und unterliegt damit einer anderen Anströmung. Grundsätzlich gilt aber auch hier: Je höher der Eintrag eines Schadstoffes im Staubbiederschlag, desto höher ist auch der Gehalt in der Pflanze.

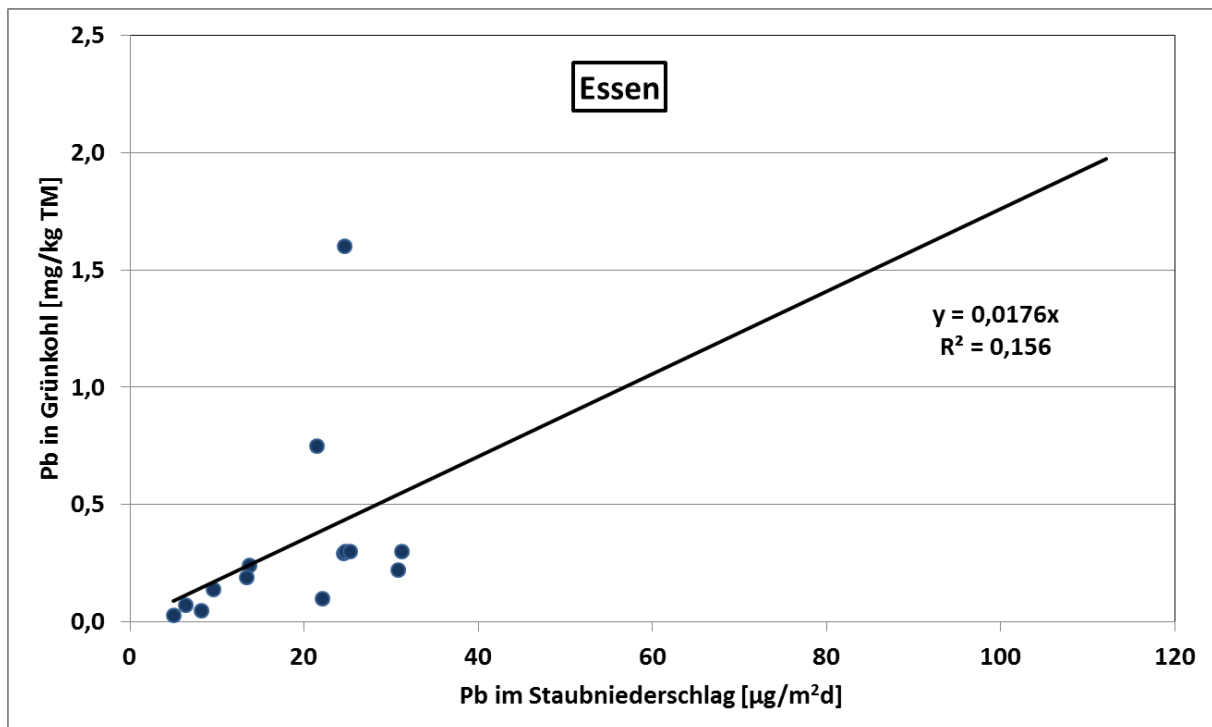


Abbildung 8: Blei-Gehalte in Grünkohl/ Blei-Gehalte im Staubbiederschlag während der Vegetationsperiode an der Messstation Essen des WDMP; lineare Ausgleichsgerade mit Formel und Bestimmtheitsmaß

Auch sind die Grünkohlwerte generell größeren Schwankungen unterworfen als die Werte der Graskultur (s. Abbildung 9). Die Messungen wurden bei Grünkohl erst im Jahr 1998 begonnen, so dass der deutliche Rückgang, der beim Gras in den 1980 – 1990er Jahren beobachtet wurde, hier nicht erfasst werden konnte.

Interessant ist, dass bei Grünkohl die Werte an den quellennahen Standorten und insbesondere am Duisburger Hafen nicht deutlich gegenüber anderen Standorten erhöht sind. Da der Grünkohl vor der Analyse gründlich gewaschen wird, wird ein Teil der anhaftenden Staubpartikel und Schwermetalle entfernt, was grundsätzlich zu geringeren Gehalten führt. Das anschließend noch ermittelte Blei muss von der Pflanze aufgenommen worden sein und/ oder so fest auf der Pflanzenoberfläche haften, dass es nicht abgewaschen werden kann. Damit unterliegt der ermittelte Blei-Gehalt neben der Konzentration im Staubbiederschlag auch noch weiteren Faktoren, wie etwa der allgemeinen Konsistenz der Verschmutzungen auf den Blättern

oder dem Vorhandensein von metallorganischen Verbindungen. Letztere würden von der Wachsschicht auf der Blattoberfläche gebunden und nicht durch das Waschen entfernt.

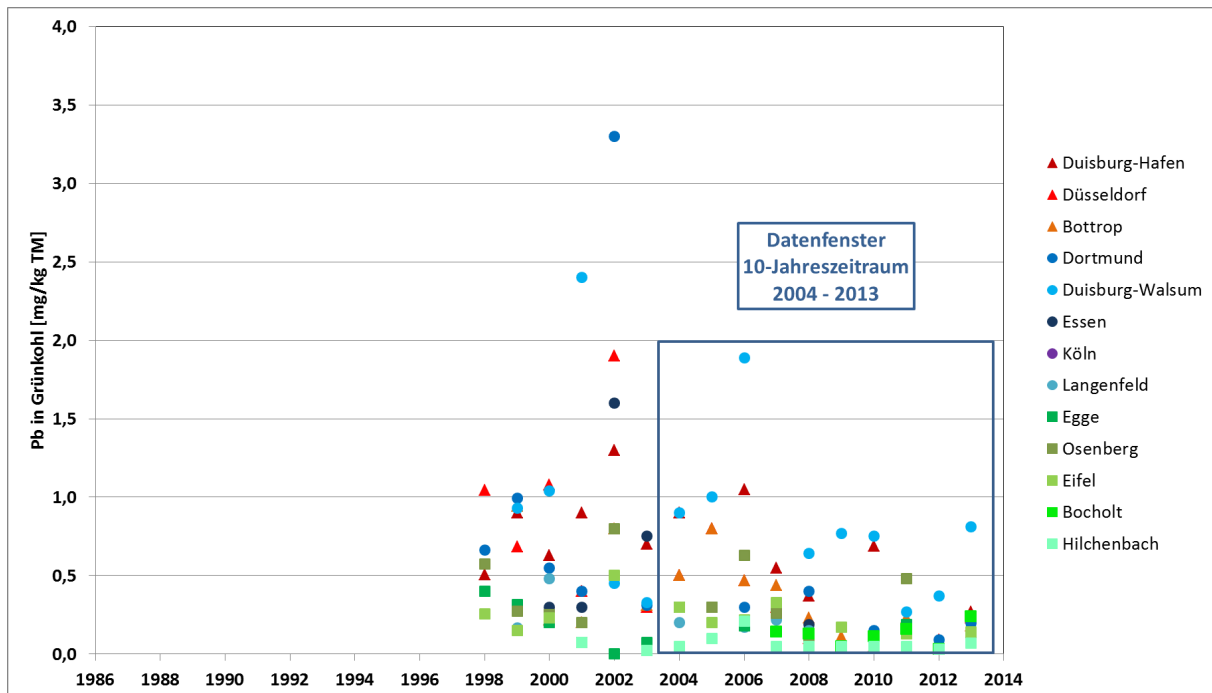


Abbildung 9: Blei-Gehalte in Grünkohl an den Messstationen des WDMP (Einzelwerte der Mischproben von je 4 – 5 Pflanzen)

Bei einigen anderen Schwermetallen haben sich die Werte in den Graskulturen ebenso wie bei Blei in den letzten 25 Jahren stark erniedrigt. Dazu zählen Cadmium (s. Abbildung 10) und Zink (s. Abbildung 11).

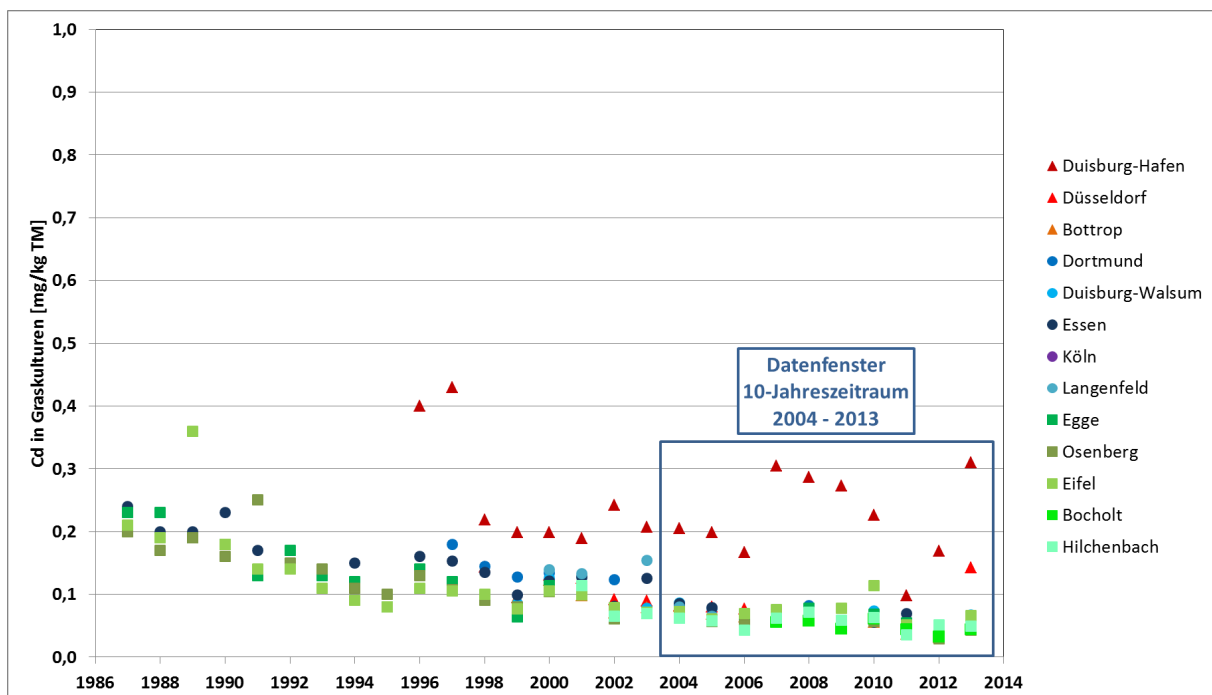


Abbildung 10: Cadmium-Gehalte in Graskulturen an den Messstationen des WDMP (Mittelwerte aus 5 – 10 Messsätzen)

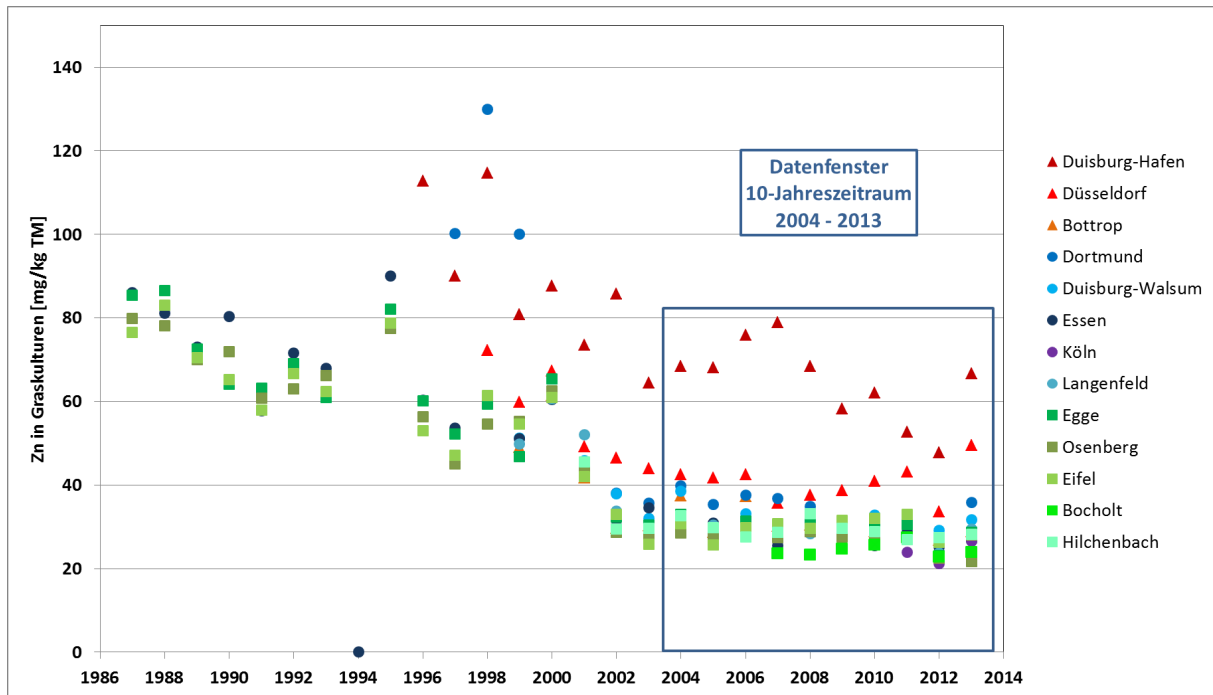


Abbildung 11: Zink-Gehalte in Graskulturen an den Messstationen des WDMP (Mittelwerte aus 5 – 10 Messsätzen)

Die Gehalte von verschiedenen Metallen, wie beispielsweise Nickel, Mangan und Kupfer, haben sich dagegen in den Graskulturen und im Grünkohl in den untersuchten Zeiträumen kaum verändert (s. Abbildung 12).

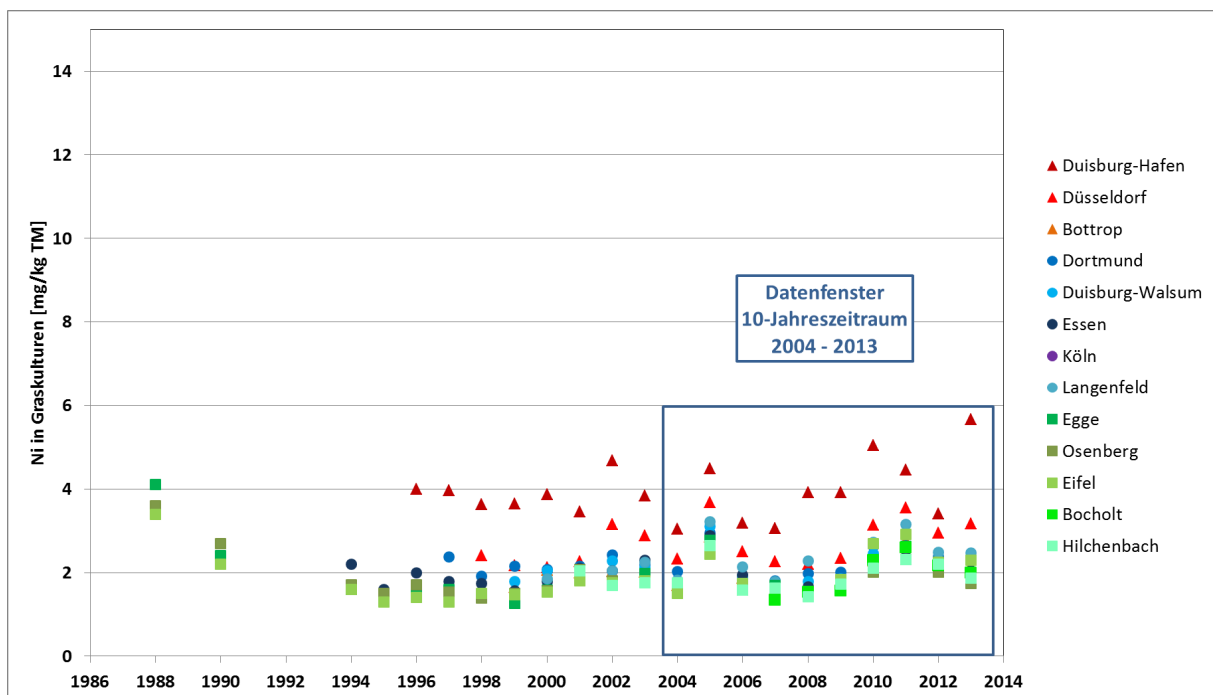


Abbildung 12: Nickel-Gehalte in Graskulturen an den Messstationen des WDMP (Mittelwerte aus 5 – 10 Messsätzen)

Mit der Erfassung der organischen Schadstoffe wurde erst 2002 begonnen. Generell sind die Gehalte der hier untersuchten, lipophilen Substanzen im Grünkohl höher als im Gras. Da der Grünkohl auf den Blattoberflächen über eine sehr starke, wachshaltige Kutikula verfügt, ist er in der Lage organische Schadstoffe zu binden und zu akkumulieren. Allerdings unterliegen die Gehalte im Grünkohl starken Streuungen, wie die Abbildung 13 zeigt.

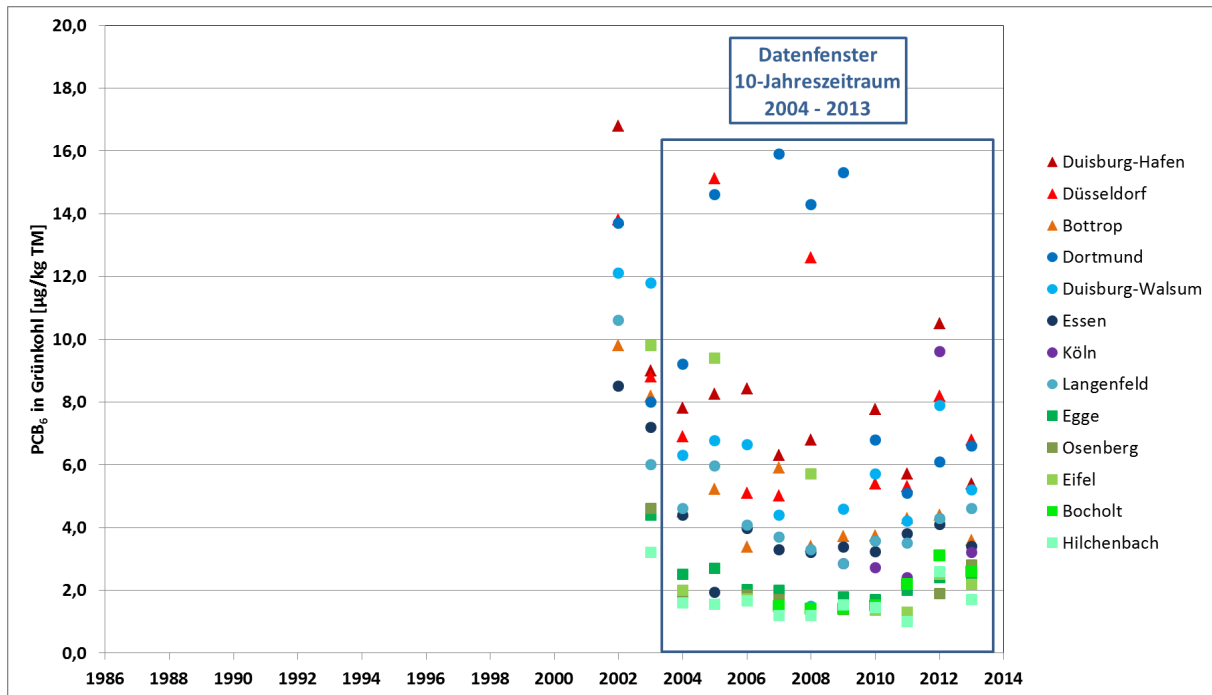


Abbildung 13: PCB-Gehalte (Summe der 6 Indikator-PCB) in Grünkohl an den Messstationen des WDMP (Einzelwerte der Mischproben von je 4 – 5 Pflanzen)

3.2 Ermittlung der Hintergrundbelastung in Pflanzen

Wie bereits beschrieben (s. Kapitel 2.1 bzw. 2.5), wurde der Wert für die allgemeine Hintergrundbelastung für jede untersuchte Substanz aus den Daten des letzten 10-Jahreszeitraums (2004 - 2013) über zehn Standorte (bei organischen Schadstoffen neun) ermittelt. Dabei wurde jeweils das 50. und das 95. Perzentil der Verteilung berechnet. Zusätzlich wurde der Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) ermittelt. Werte, die höher als der OmH liegen, gelten nach der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 bei der Graskultur als Indiz für eine vorliegende Immissionsbelastung des jeweiligen Standortes. In den folgenden Abbildungen (ab Abbildung 14) werden der Median (50. Perzentil), das 95. Perzentil sowie der OmH NRW als Linien aufgetragen.

3.2.1. Hintergrundbelastung Blei

Auf der Basis des in Abbildung 5 für die Graskultur und des in Abbildung 9 für Grünkohl dargestellten Datenfensters wurden folgende Blei-Gehalte für die Hintergrundbelastung in NRW ermittelt.

Graskultur:

Der für NRW errechnete Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) beträgt 2,5 mg/kg TM (TM = Trockenmasse). Das 95. Perzentil liegt mit 2,4 mg/kg TM etwas niedriger. Damit ist der OmH NRW mehr als doppelt so hoch als der in der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 beschriebene überregionale OmH von 0,9 mg/kg TM mit einer Spannweite von 0,6 bis 1,2 mg/kg TM (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Blei-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2013); überregionaler OmH und Spannweite regionaler OmH (VDI 3857 Blatt 2)

Blei-Gehalte Graskultur		
Anzahl		572
Median	[mg/kg TM]	0,79
95. Perzentil	[mg/kg TM]	2,4
OmH NRW	[mg/kg TM]	2,5
Überregionaler OmH	[mg/kg TM]	0,9
Spannweite regionaler OmH	[mg/kg TM]	0,6 – 1,2

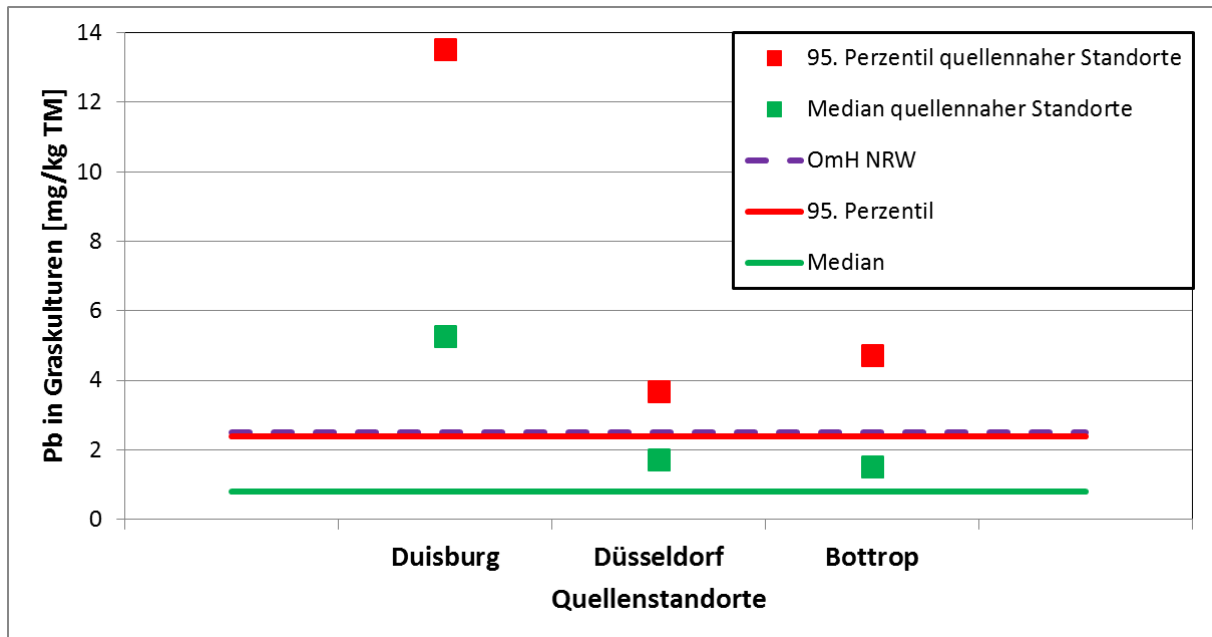


Abbildung 14: Blei-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 572, 0,9 % Ausreißer) sowie Blei-Gehalte an den quellennahen Standorten (Median, 95. Perzentil, Zeitraum 2004 – 2013, n = 67 – 70)

In Abbildung 14 sind die ermittelten Hintergrundwerte für Blei in der Graskultur (Linien) den an den quellennahen Standorten gefundenen Werten gegenübergestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Blei-Gehalte an allen drei Standorten oberhalb des Hintergrundwertes liegen. Am Standort im Duisburger Hafen liegt der Median der Werte von 2004 – 2013 mit 5,3 mg/kg TM mehr als sechsmal so hoch wie die Hintergrundbelastung; in Düsseldorf und Bottrop etwa doppelt so hoch. An allen drei Standorten liegt das 95. Perzentil deutlich über dem 95. Perzentil der Hintergrundbelastung und dem OmH NRW, wodurch eine Immissionsbelastung durch Blei an diesen Standorten nachgewiesen ist.

Grünkohl:

In Grünkohl werden – hauptsächlich bedingt durch die Aufbereitung (Waschen) – deutlich geringere Blei-Gehalte ermittelt als in der Graskultur (s. Tabelle 3). Außerdem erfolgt die Berechnung hier mit den Gehalten pro Frischmasse. Da 12 % der Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, wurden diese Werte mit der halben Bestimmungsgrenze in die Auswertung einbezogen.

Tabelle 3: Blei-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2013), EU-Höchstgehalt

Blei-Gehalte Grünkohl		
Anzahl		92
Median	[mg/kg FM]	0,026
95. Perzentil	[mg/kg FM]	0,13
OmH NRW	[mg/kg FM]	0,11
EU-Höchstgehalt	[mg/kg FM]	0,3

Der nach der Verordnung 1881/2006/EG in der Europäischen Union zulässige Höchstgehalt in Blattgemüse und Blattkohl beträgt 0,3 mg/kg FM (FM = Frischmasse) und wird von den Hintergrundwerten für Grünkohl in NRW mit dem 95. Perzentil von 0,13 mg/kg FM unterschritten (s. Tabelle 3).

Bei Grünkohl ist der Einfluss der ausgewiesenen Quellen an den drei quellennahen Standorten – anders als bei der Graskultur - nicht so deutlich zu erkennen. Während die Messwerte im Duisburger Hafen (s. Abbildung 15) den OmH in vier Jahren überschritten, war das in Düsseldorf (s. Abbildung 16) und Bottrop (s. Abbildung 17) nur im Jahr 2005 der Fall.

Die direkte Korrelation einer Überschreitung des ermittelten OmH mit einer Immissionsbelastung des Standortes (VDI 3857 Blatt 2) ist für Grünkohl – anders als für die Graskultur – nur bedingt möglich (s. Kapitel 3.1), da der Grünkohl vor der Analyse gewaschen wird. Immissionsbedingte Schadstoffeinträge können durch das Waschen teilweise oder vollständig entfernt werden. Eine Überschreitung des OmH NRW ist deshalb aber umso mehr ein Indiz für erhöhte Einträge über die Luft.

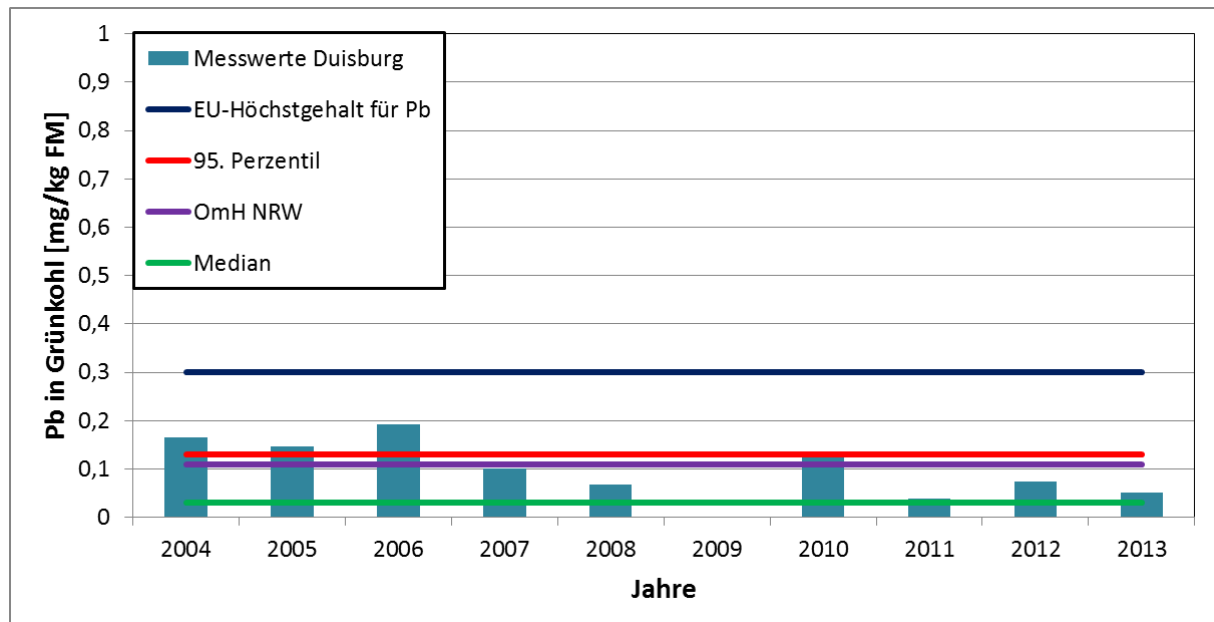


Abbildung 15: Blei-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 92, 1,1 % Ausreißer) sowie Blei-Gehalte am quellennahen Standort in Duisburg (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

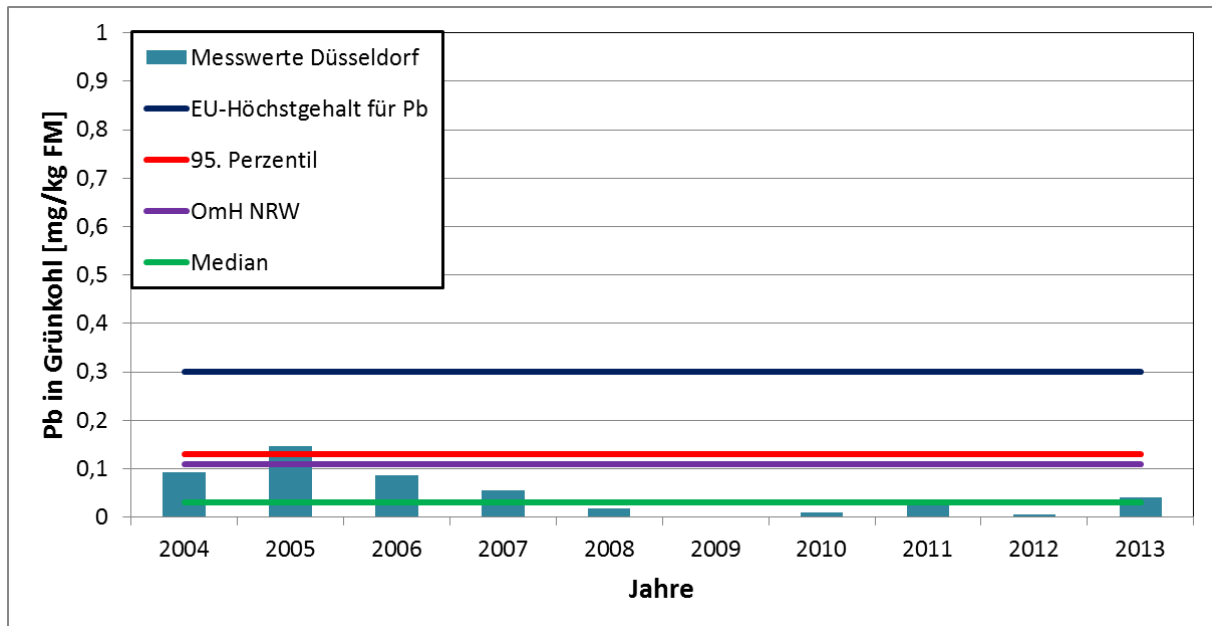


Abbildung 16: Blei-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 92, 1,1 % Ausreißer) sowie Blei-Gehalte am quellennahen Standort in Düsseldorf (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

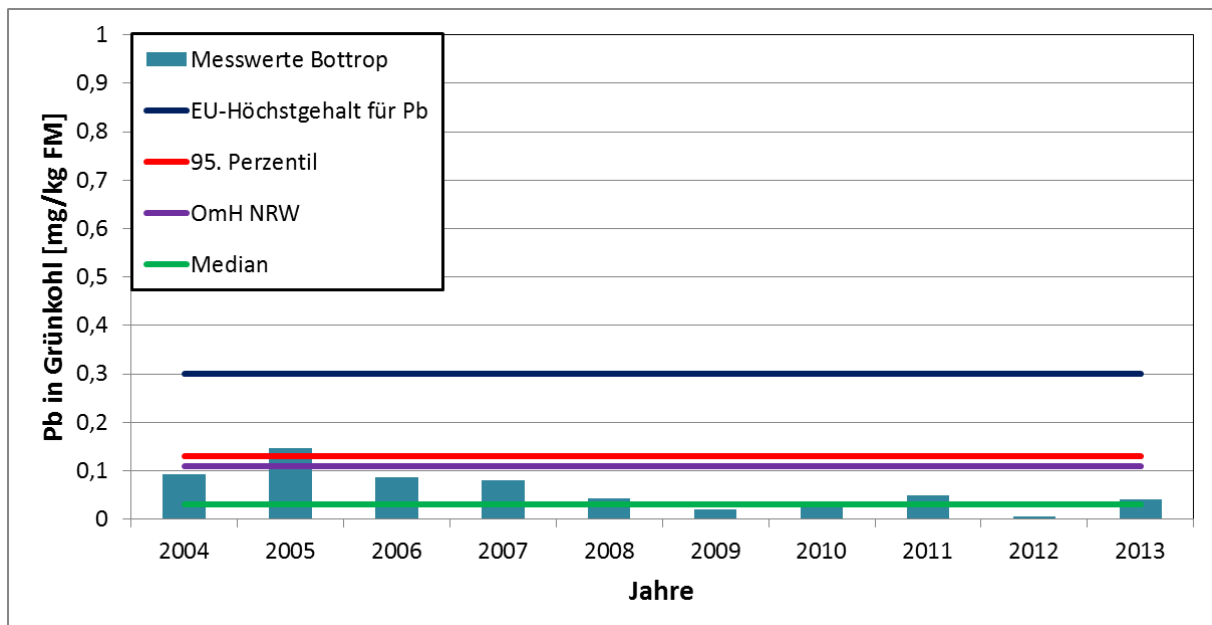


Abbildung 17: Blei-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 92, 1,1 % Ausreißer) sowie Blei-Gehalte am quellennahen Standort in Bottrop (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

3.2.2. Hintergrundbelastung Cadmium

Auf der Basis der Daten von 2004 - 2013 wurden für die Graskultur und für Grünkohl folgende Werte für die Hintergrundbelastung an Cadmium in NRW ermittelt.

Graskultur:

Der Orientierungswert für den maximalen Hintergrund (OmH) sowie das 95. Perzentil betragen in NRW 0,11 mg/kg TM und decken sich damit genau mit dem in der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 angegebenen überregionalen OmH mit einer Spannweite von 0,06 – 0,13 mg/kg TM (s. Tabelle 4).

Tabelle 4: Cadmium-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2013); überregionaler OmH und Spannweite regionaler OmH (VDI 3857 Blatt 2)

Cadmium-Gehalte Graskultur		
Anzahl		614
Median	[mg/kg TM]	0,05
95. Perzentil	[mg/kg TM]	0,11
OmH NRW	[mg/kg TM]	0,11
Überregionaler OmH	[mg/kg TM]	0,1
Spannweite regionaler OmH	[mg/kg TM]	0,06 – 0,13

Die Perzentile der Verteilung der Cadmium-Gehalte an den quellennahen Standorten zeigen am Kokerei-Standort in Bottrop keine auffälligen Werte (s. Abbildung 18). Am Verkehrsstandort in Düsseldorf sind die Gehalte leicht erhöht. Die Werte im Duisburger Hafen jedoch sind mit einem Median von 0,16 mg/kg TM dreimal so hoch wie die Hintergrundbelastung in NRW. Das 95. Perzentil der Werte liegt dort sechsmal höher als der OmH, was auf eine Immissionsbelastung durch Cadmium an diesem Standort hindeutet.

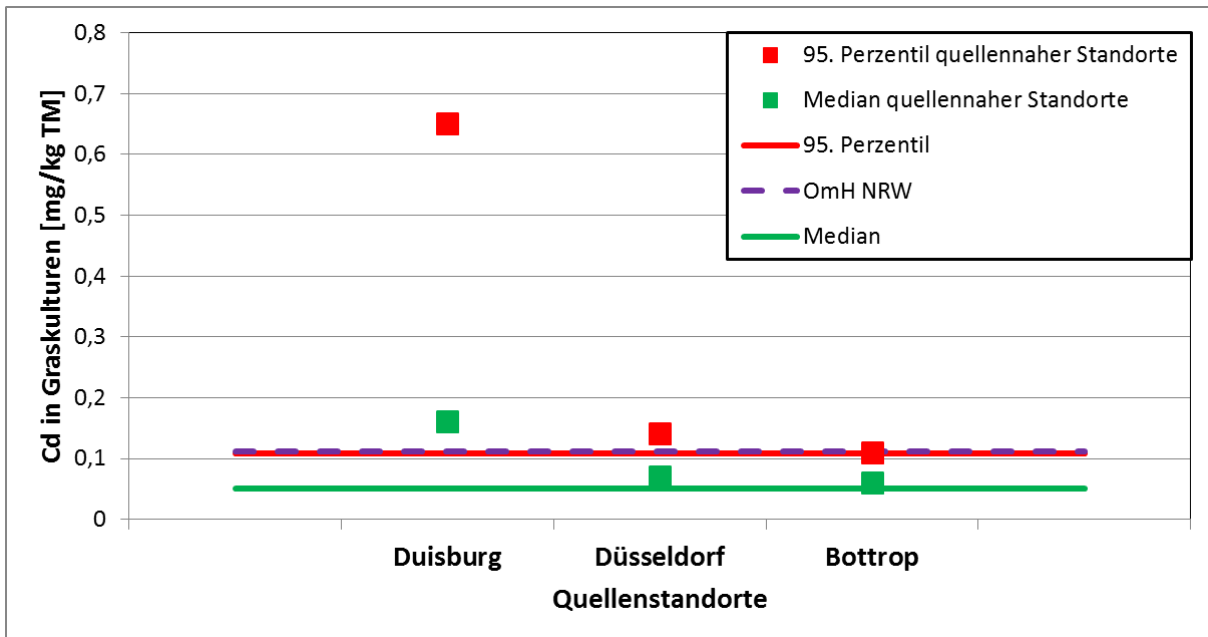


Abbildung 18: Cadmium-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 614, 0,6 % Ausreißer) sowie Cadmium-Gehalte an den quellennahen Standorten (Median, 95. Perzentil, Zeitraum 2004 – 2013, n = 70)

Grünkohl:

Die Cadmium-Gehalte in Grünkohl sind geringer als in der Graskultur und liegen mit dem 95. Perzentil der Hintergrundbelastung und dem OmH von 0,02 mg/kg FM deutlich unter dem in der EU nach der Verordnung 1881/2006/EG zulässigen Höchstgehalt in Blattgemüse und Blattkohl von 0,2 mg/kg FM (s. Tabelle 5).

Tabelle 5: Cadmium-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2013), EU-Höchstgehalt

Cadmium-Gehalte Grünkohl		
Anzahl		94
Median	[mg/kg FM]	0,010
95. Perzentil	[mg/kg FM]	0,019
OmH NRW	[mg/kg FM]	0,021
EU-Höchstgehalt	[mg/kg FM]	0,2

An den Quellenstandorten (s. Abbildungen 19 – 21) finden sich in den Jahren 2004 – 2013 in Grünkohl keine deutlichen Erhöhungen der Cadmium-Gehalte gegenüber der Hintergrundbelastung. Die in Duisburg in der Graskultur ermittelte Cadmium-Belastung (s. Abbildung 18) lag offensichtlich ausschließlich in der Deposition vor und wurde bei der Grünkohlaufbereitung vollständig entfernt.

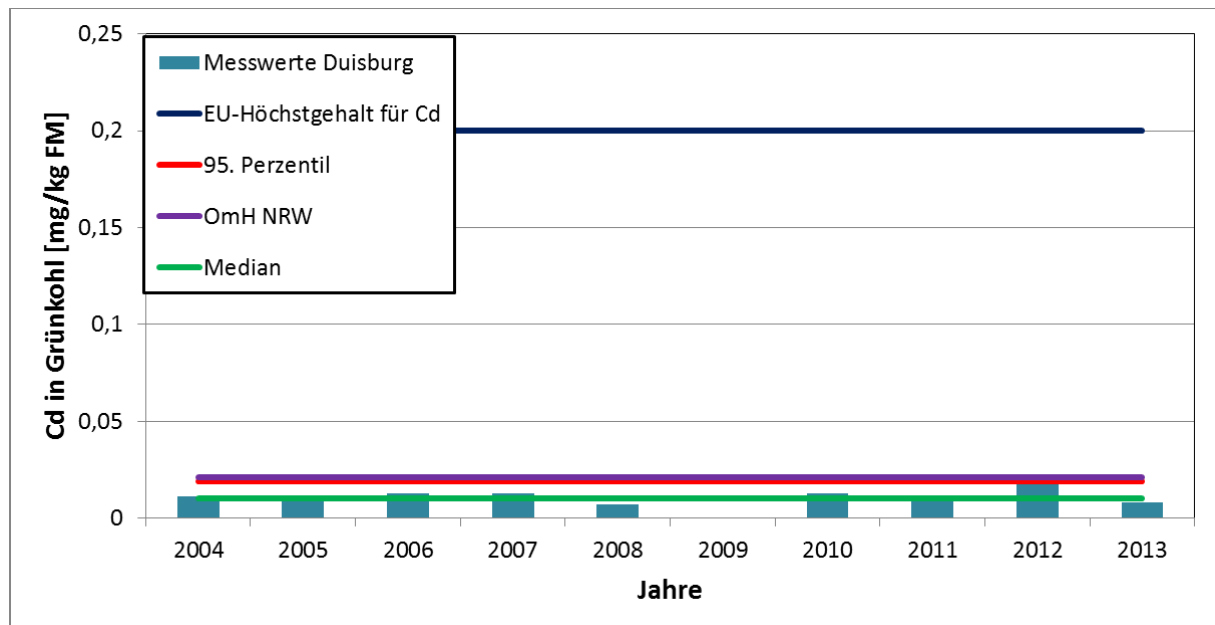


Abbildung 19: Cadmium-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 94, keine Ausreißer) sowie Cadmium-Gehalte am quellennahen Standort in Duisburg (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

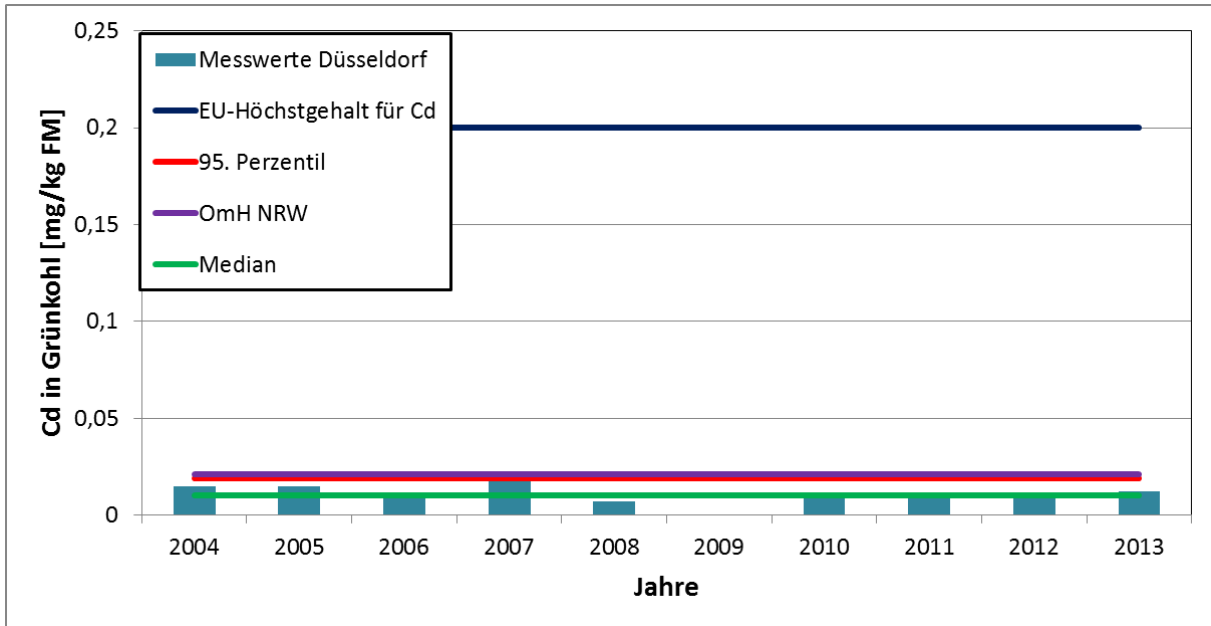


Abbildung 20: Cadmium-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 94, keine Ausreißer) sowie Cadmium-Gehalte am quellennahen Standort in Düsseldorf (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

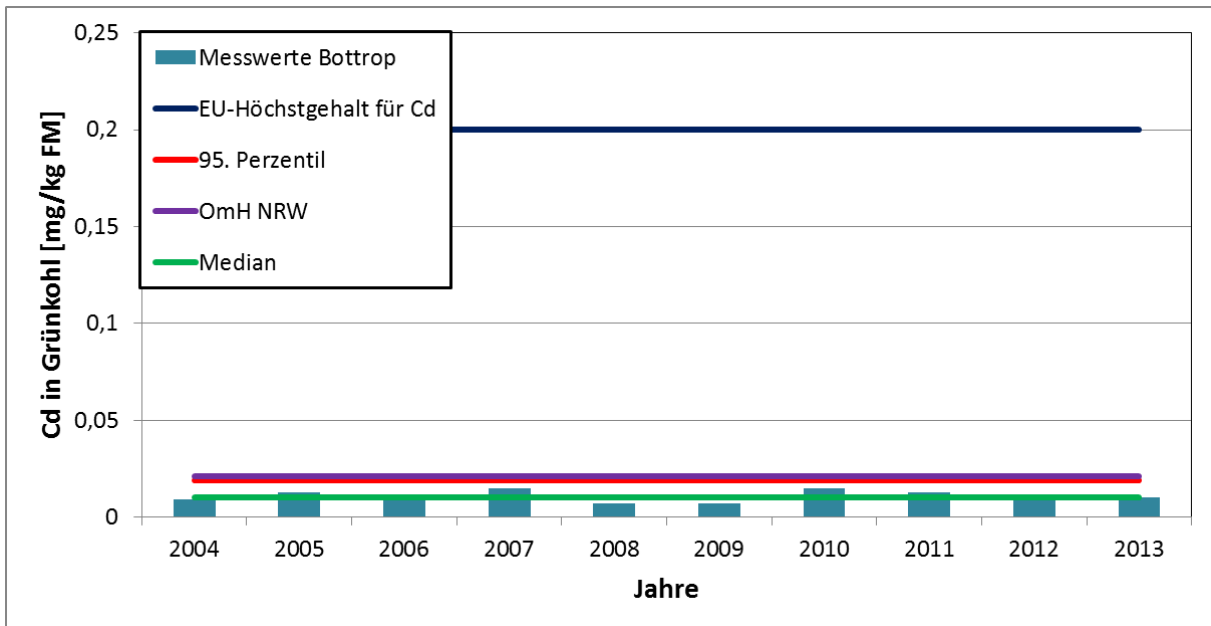


Abbildung 21: Cadmium-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 94, keine Ausreißer) sowie Cadmium-Gehalte am quellennahen Standort in Bottrop (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

3.2.3. Hintergrundbelastung Zink

Auf der Basis der Daten von 2004 - 2013 wurden für die Graskultur und für Grünkohl folgende Werte für die Hintergrundbelastung an Zink in NRW ermittelt.

Graskultur:

Die Hintergrundbelastung durch Zink beträgt in der Graskultur in NRW im 95. Perzentil 43 mg/kg TM; der OmH NRW liegt bei 51 mg/kg TM und entspricht damit dem in der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 angegebenen überregionalen OmH von 50 mg/kg TM mit einer Spannweite von 40 – 71 mg/kg TM (s. Tabelle 6).

Tabelle 6: Zink-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2013); überregionaler OmH und Spannweite regionaler OmH (VDI 3857 Blatt 2)

Zink-Gehalte Graskultur		
Anzahl		619
Median	[mg/kg TM]	28
95. Perzentil	[mg/kg TM]	43
OmH NRW	[mg/kg TM]	51
Überregionaler OmH	[mg/kg TM]	50
Spannweite regionaler OmH	[mg/kg TM]	40 – 71

Die Zink-Gehalte in der Graskultur an den drei quellennahen Standorten zeigen eine starke Erhöhung der Werte im Duisburger Hafen (s. Abbildung 22): Der Median ist mit 57 mg/kg TM etwa doppelt so hoch, das 95. Perzentil viermal so hoch wie die Hintergrundbelastung. Am Verkehrsstandort in Düsseldorf findet man eine leichte Erhöhung gegenüber der Hintergrundbelastung. Am Kokerei-Standort in Bottrop liegen die Werte genau im Hintergrundbereich. Der OmH wird dort nicht überschritten.

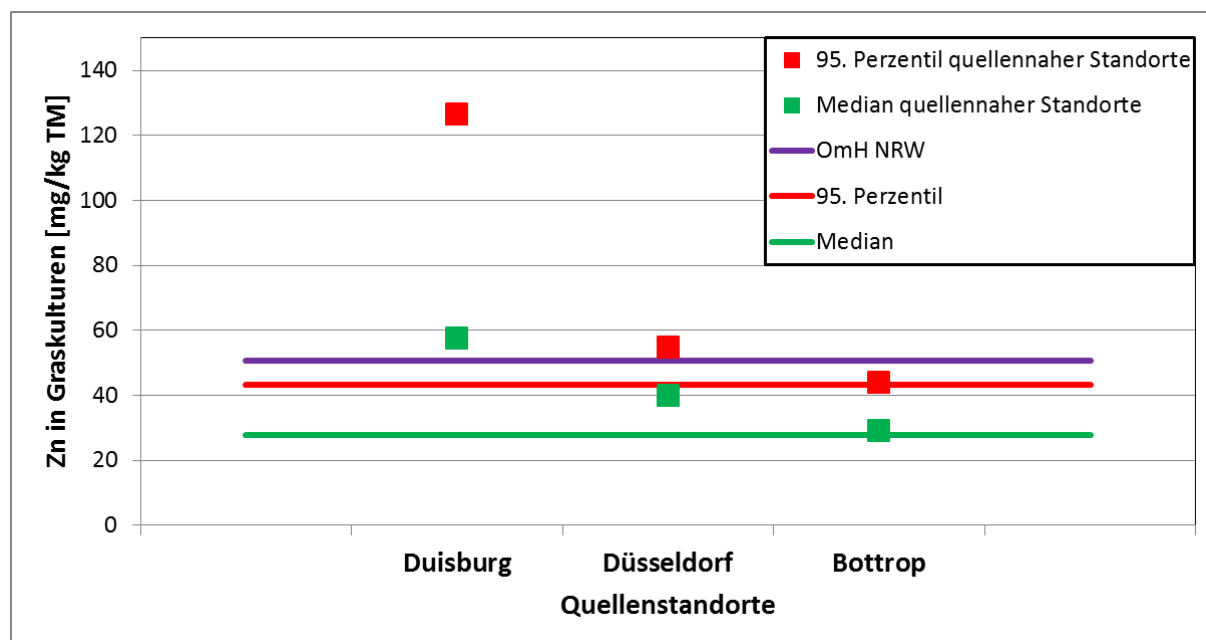


Abbildung 22: Zink-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 619, keine Ausreißer) sowie Zink-Gehalte an den quellennahen Standorten (Median, 95. Perzentil, Zeitraum 2004 – 2013, n = 70)

Grünkohl:

Die Hintergrundbelastung (95. Perzentil) für Zink in Grünkohl beträgt 4,4 mg/kg FM und der OmH 5,8 mg/kg FM (s. Tabelle 7). Einen EU-Höchstgehalt gibt es für Zink nicht.

Tabelle 7: Zink-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2013)

Zink-Gehalte Grünkohl		
Anzahl		93
Median	[mg/kg FM]	2,9
95. Perzentil	[mg/kg FM]	4,4
OmH NRW	[mg/kg FM]	5,8

Die Zink-Gehalte in Grünkohl am quellennahen Standort im Duisburger Hafen sind in einzelnen Jahren gegenüber der Hintergrundbelastung erhöht, überschreiten aber den OmH nicht (s. Abbildung 23). Ähnlich verhält es sich am Standort in Düsseldorf (s. Abbildung 24). Nahe der Kokerei in Bottrop wurde der OmH in den Jahren 2005 und 2006 leicht überschritten (s. Abbildung 25). Da auch für Zink im Duisburger Hafen in den Grünkohlpflanzen keine stark erhöhten Gehalte gefunden werden konnten, ist eine Abwaschung der Zink enthaltenden Stäube im Rahmen der Aufbereitung wahrscheinlich.

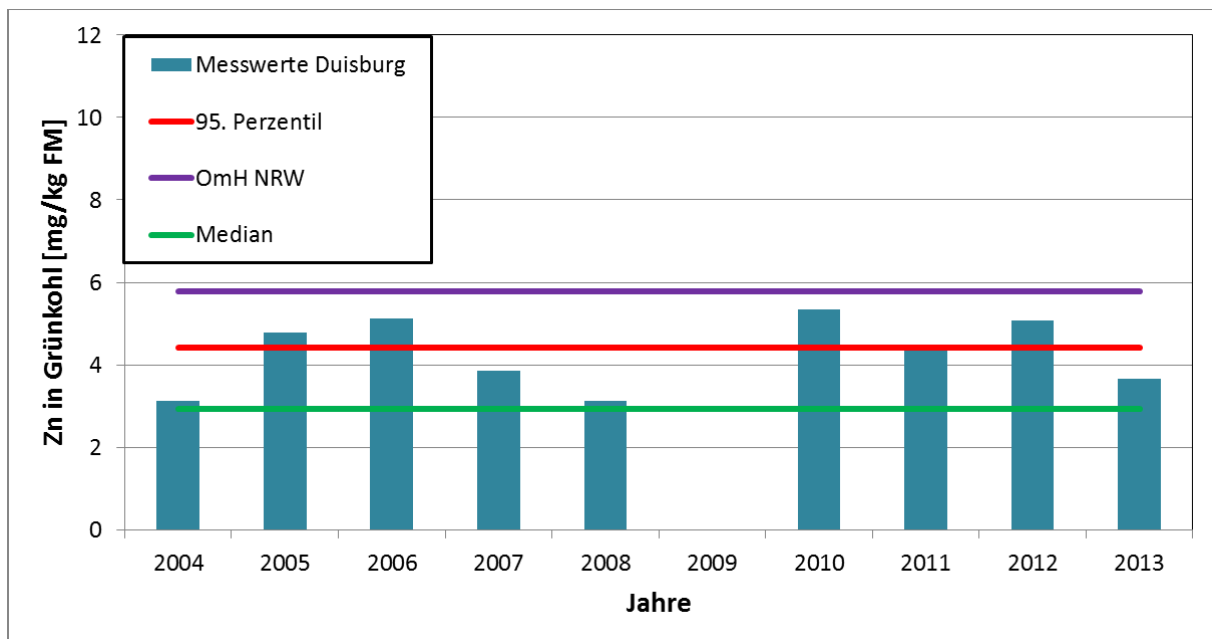


Abbildung 23: Zink-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 93, keine Ausreißer) sowie Zink-Gehalte am quellennahen Standort in Duisburg (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

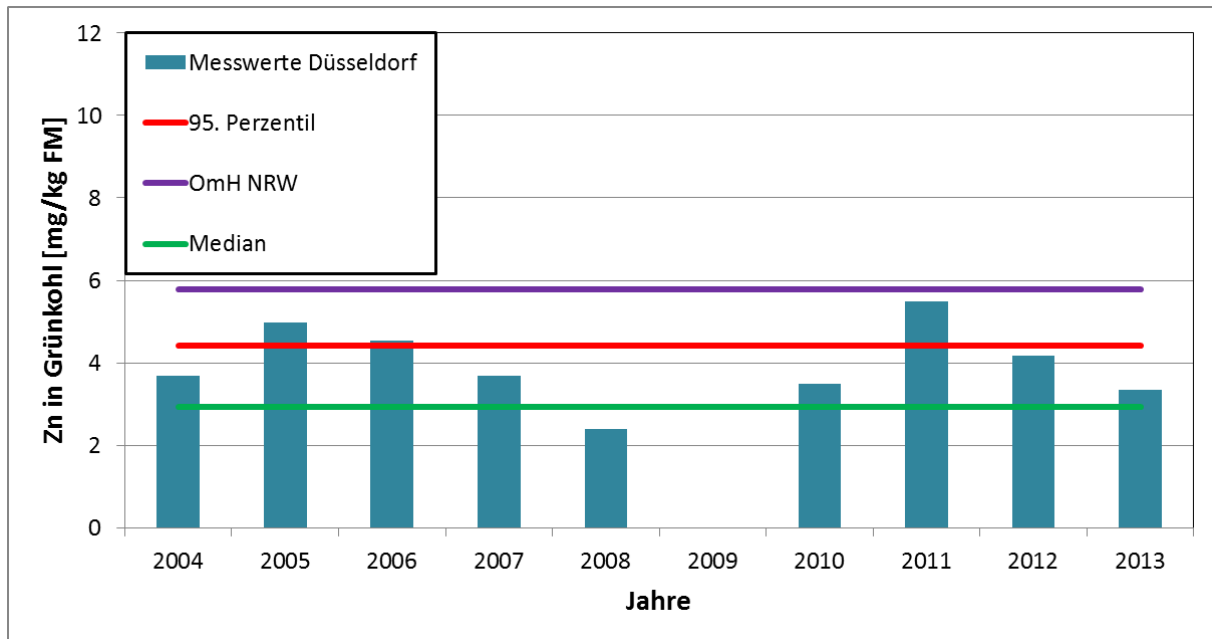


Abbildung 24: Zink-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 93, keine Ausreißer) sowie Zink-Gehalte am quellennahen Standort in Düsseldorf (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

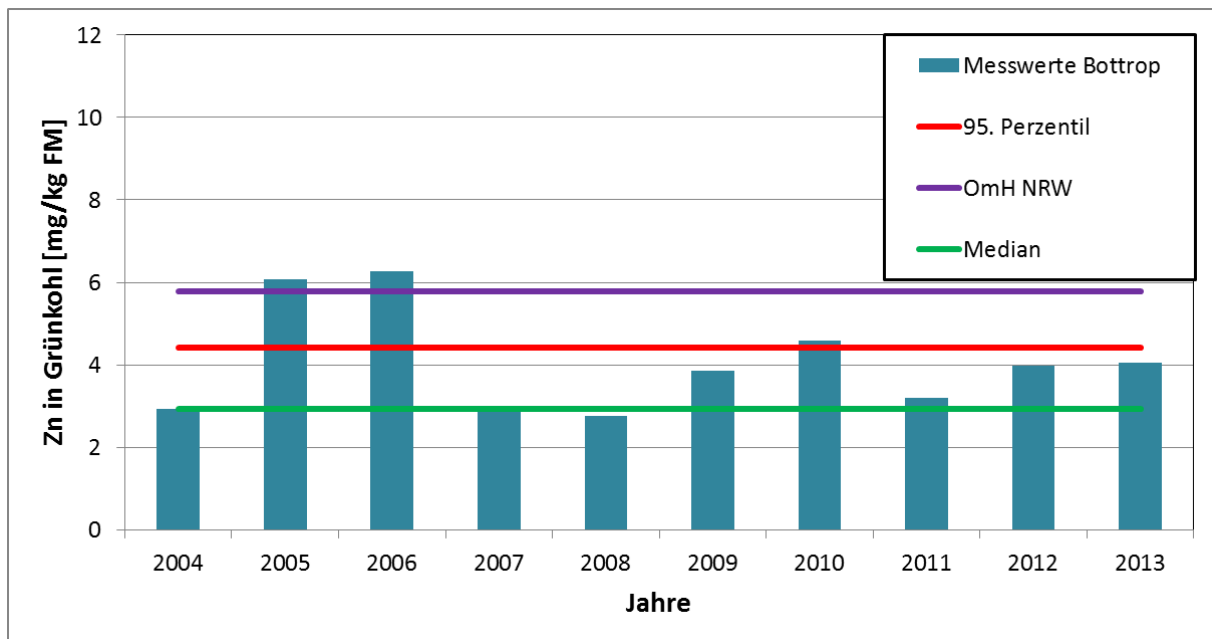


Abbildung 25: Zink-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 93, keine Ausreißer) sowie Zink-Gehalte am quellennahen Standort in Bottrop (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

3.2.4. Hintergrundbelastung Nickel

Auf der Basis der Daten von 2004 - 2013 wurden für die Graskultur und für Grünkohl folgende Werte für die Hintergrundbelastung an Nickel in NRW ermittelt.

Graskultur:

Der Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) für Nickel in der Graskultur beträgt in NRW 3,7 mg/kg TM und liegt etwas höher als das 95. Perzentil (s. Tabelle 8).

Tabelle 8: Nickel-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2013)

Nickel-Gehalte Graskultur		
Anzahl		615
Median	[mg/kg TM]	1,9
95. Perzentil	[mg/kg TM]	3,4
OmH NRW	[mg/kg TM]	3,7

Die Nickel-Gehalte an den drei quellennahen Standorten zeigen, dass es in Düsseldorf nur leichte und in Duisburg deutliche Überschreitungen der Hintergrundbelastung gegeben hat (s. Abbildung 26). In Bottrop zeigen die Nickel-Gehalte keine Auffälligkeiten.

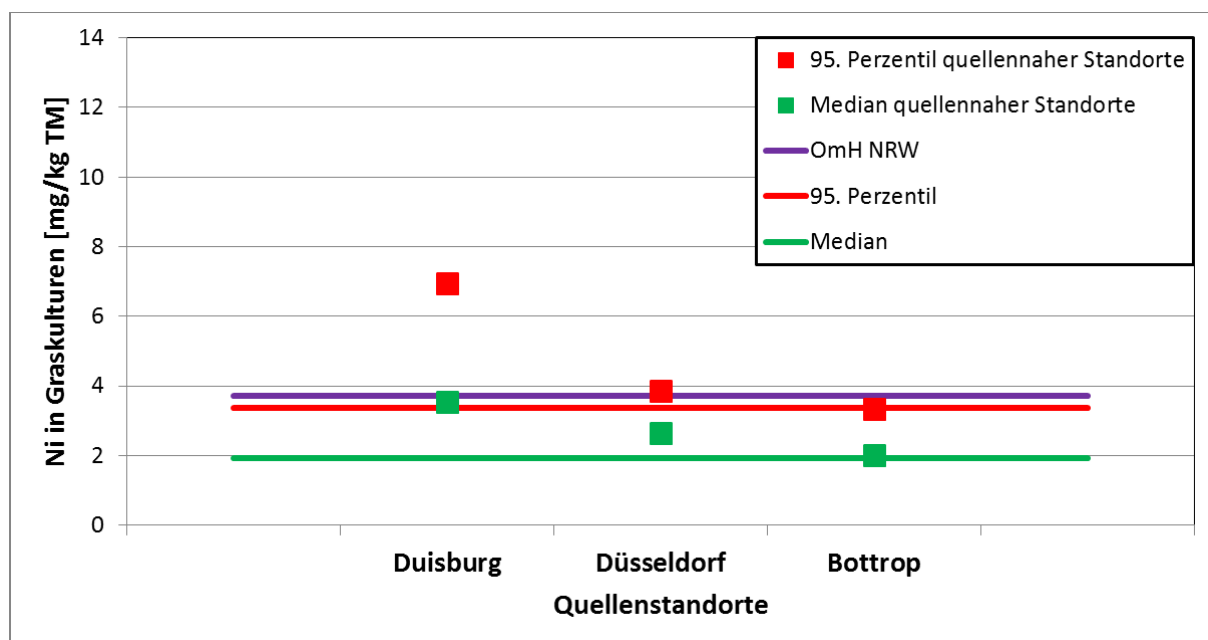


Abbildung 26: Nickel-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 615, 0,3 % Ausreißer) sowie Nickel-Gehalte an den quellennahen Standorten (Median, 95. Perzentil, Zeitraum 2004 – 2013, n = 70)

Grünkohl:

Die Nickel-Gehalte in Grünkohl betragen zwischen 2004 und 2013 im Median 0,08 mg/kg FM und im 95. Perzentil 0,19 mg/kg FM (s. Tabelle 9). Der errechnete OmH liegt etwas höher bei 0,21 mg/kg FM. Einen EU-Höchstgehalt gibt es für Nickel nicht.

Tabelle 9: Nickel-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2013)

Nickel-Gehalte Grünkohl		
Anzahl		85
Median	[mg/kg FM]	0,080
95. Perzentil	[mg/kg FM]	0,19
OmH NRW	[mg/kg FM]	0,21

Die Nickel-Gehalte in Grünkohl zeigen an den quellennahen Standorten keine Überschreitungen des OmH (s. Abbildungen 27 - 29). Im Jahr 2013 wurde in Düsseldorf und Bottrop das 95. Perzentil erreicht bzw. überschritten. Da in Duisburg in der Graskultur erhöhte Einträge an Nickel festgestellt wurden, ist hier bei Grünkohl von einer Abwaschung des Nickels auszugehen.

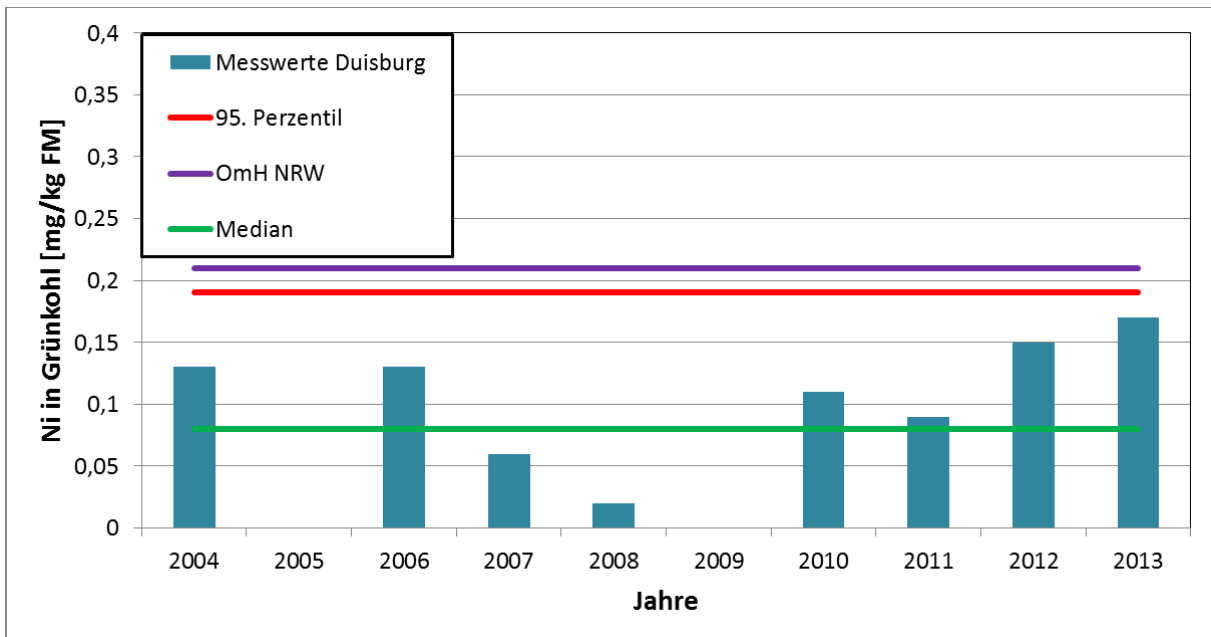


Abbildung 27: Nickel-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 85, keine Ausreißer) sowie Nickel-Gehalte am quellennahen Standort in Duisburg (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

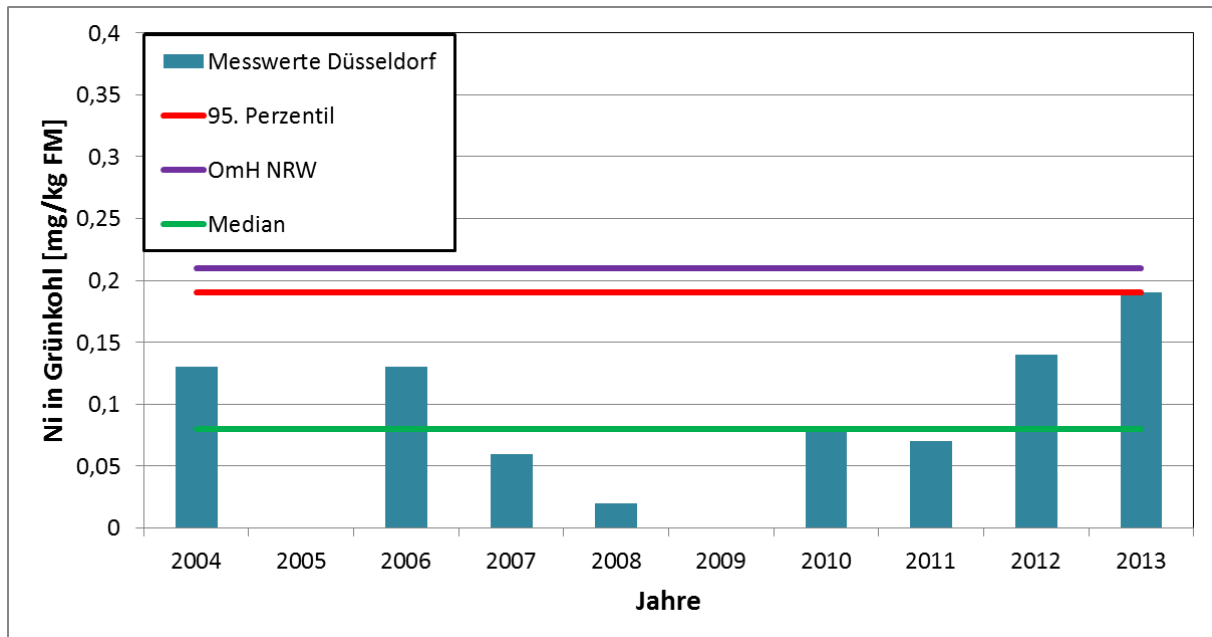


Abbildung 28: Nickel-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 85, keine Ausreißer) sowie Nickel-Gehalte am quellennahen Standort in Düsseldorf (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

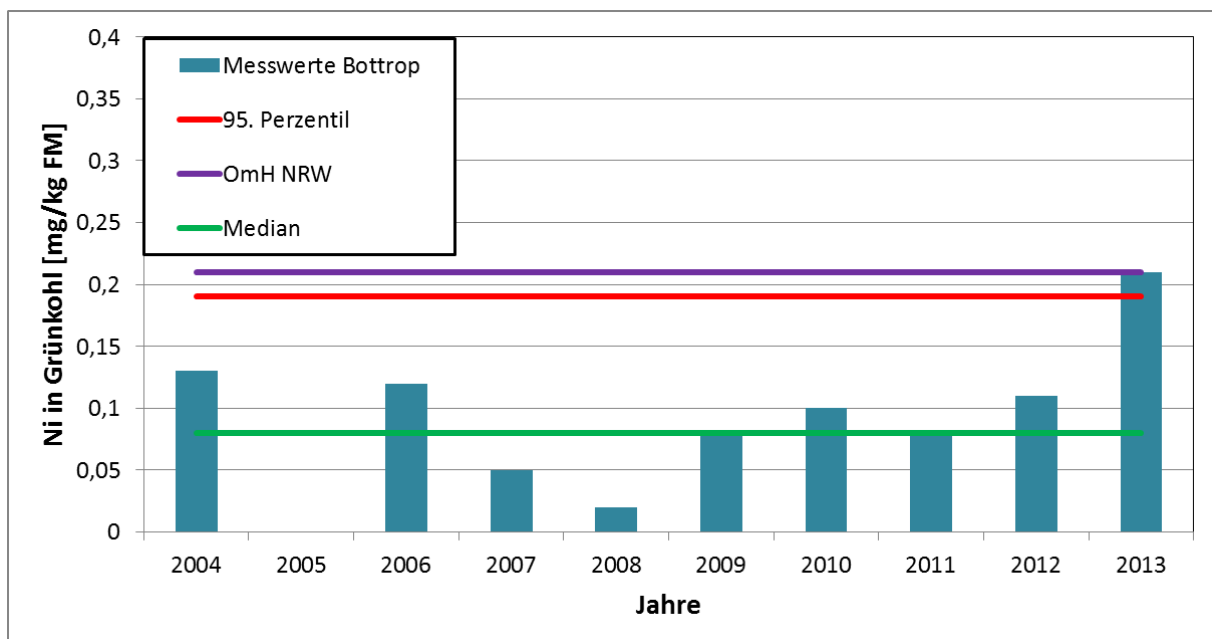


Abbildung 29: Nickel-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 85, keine Ausreißer) sowie Nickel-Gehalte am quellennahen Standort in Bottrop (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

3.2.5. Hintergrundbelastung Kupfer

Die Hintergrundbelastung an Kupfer wurde auf der Basis der Daten von 2007 – 2013 (Graskultur) bzw. 2009 – 2013 (Grünkohl) bestimmt, da keine früheren Daten vorlagen.

Graskultur:

Die Hintergrundbelastung für Kupfer in der Graskultur beträgt 15 mg/kg TM (95. Perzentil); der OmH 17 mg/kg TM (s. Tabelle 10). Dieser liegt damit etwas höher als der überregionale OmH von 12 mg/kg TM (Spannweite 9 – 13 mg/kg TM) in der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2.

Tabelle 10: Kupfer-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2007 – 2013); überregionaler OmH und Spannweite regionaler OmH (VDI 3857 Blatt 2)

Kupfer-Gehalte Graskultur		
Anzahl		382
Median	[mg/kg TM]	9,2
95. Perzentil	[mg/kg TM]	15
OmH NRW	[mg/kg TM]	17
Überregionaler OmH	[mg/kg TM]	12
Spannweite regionaler OmH	[mg/kg TM]	9 – 13

Bei der Betrachtung der Kupfer-Gehalte an den quellennahen Standorten fällt auf, dass hier nicht Duisburg die höchsten Werte aufweist, sondern der Verkehrsstandort in Düsseldorf (s. Abbildung 30). Dort liegt das 95. Perzentil der Werte mit 29 mg/kg FM deutlich höher als das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung und der OmH in NRW. Aber auch im Duisburger Hafen wurden Werte oberhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung gemessen.

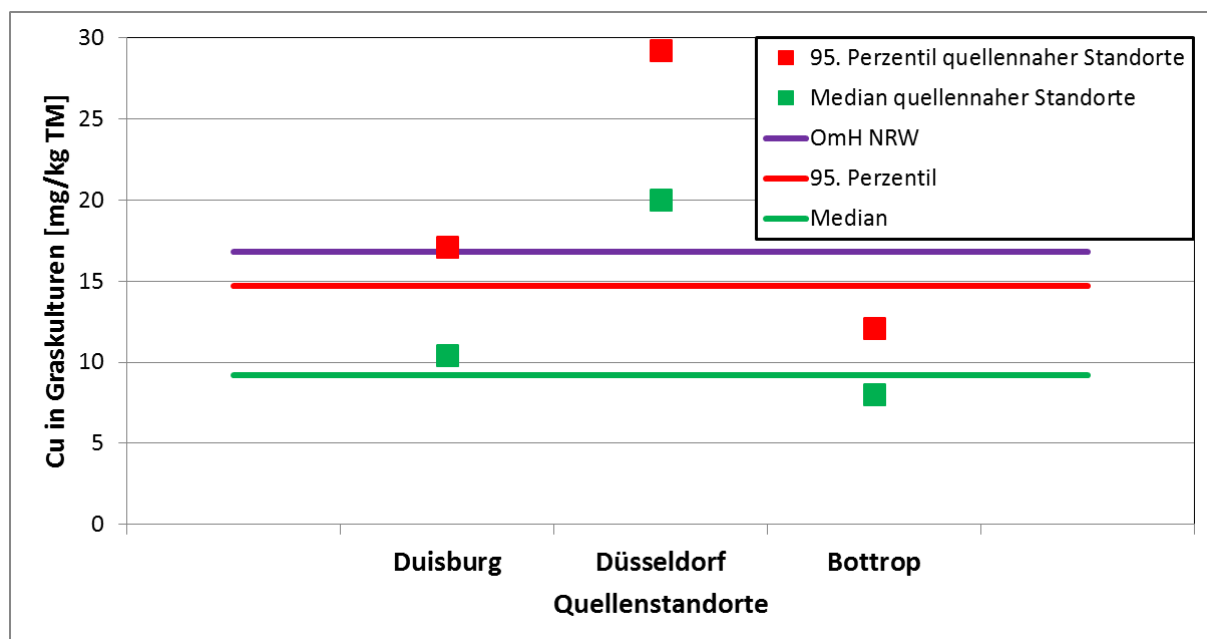


Abbildung 30: Kupfer-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2007 – 2013, n = 382, keine Ausreißer) sowie Kupfer-Gehalte an den quellennahen Standorten (Median, 95. Perzentil, Zeitraum 2004 – 2013, n = 40)

Grünkohl:

Der Median der allgemeinen Hintergrundbelastung in Grünkohl beträgt 0,61 mg/kg FM und das 95. Perzentil sowie der OmH 1,1 mg/kg FM (s. Tabelle 11). Einen EU-Höchstgehalt gibt es für Kupfer nicht.

Tabelle 11: Kupfer-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2009 – 2013)

Kupfer-Gehalte Grünkohl		
Anzahl		52
Median	[mg/kg FM]	0,61
95. Perzentil	[mg/kg FM]	1,1
OmH NRW	[mg/kg FM]	1,1

An den quellennahen Standorten im Duisburger Hafen und in Düsseldorf gab es im Jahr 2009 Ausfälle bei Grünkohl, so dass an diesen beiden Standorten Werte erst ab 2010 vorliegen.

An den quellennahen Standorten wird auch bei Grünkohl deutlich, dass in Düsseldorf bedingt durch den KFZ-Verkehr höhere Kupfer-Einträge vorliegen als im Hintergrund (s. Abbildung 32). Das ist an den anderen beiden quellennahen Standorten im Duisburger Hafen und in Bottrop nicht zu beobachten (s. Abbildungen 31 und 33). Für Kupfer stimmen die Ergebnisse der Grünkohlexposition und der Graskulturen stärker überein als bei den anderen (Schwer)Metallen. Trotz Waschen des Grünkohls werden auch bei der Nahrungspflanze in Düsseldorf deutlich erhöhte Gehalte detektiert. Möglicherweise wird das Kupfer durch einen anhaftenden Schmierfilm so gebunden, dass es nicht (so leicht) abgewaschen werden kann und/oder Kupfer wird in die Pflanze aufgenommen.

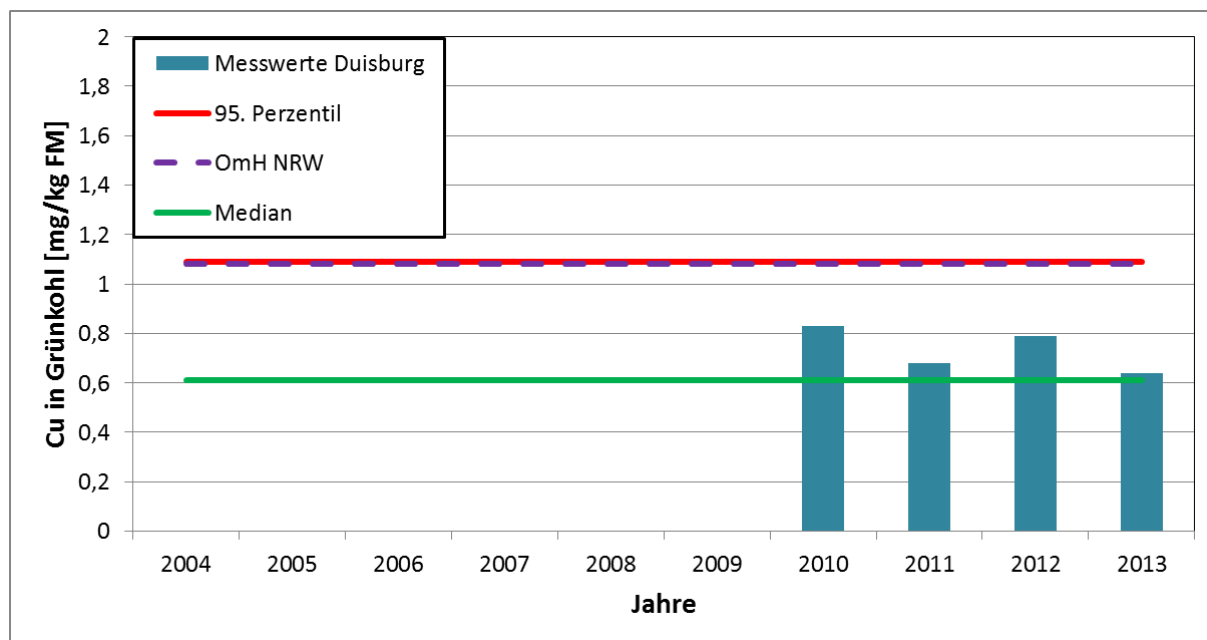


Abbildung 31: Kupfer-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 52, keine Ausreißer) sowie Kupfer-Gehalte am quellennahen Standort in Duisburg (Einzelwerte der Jahre 2010 – 2013)

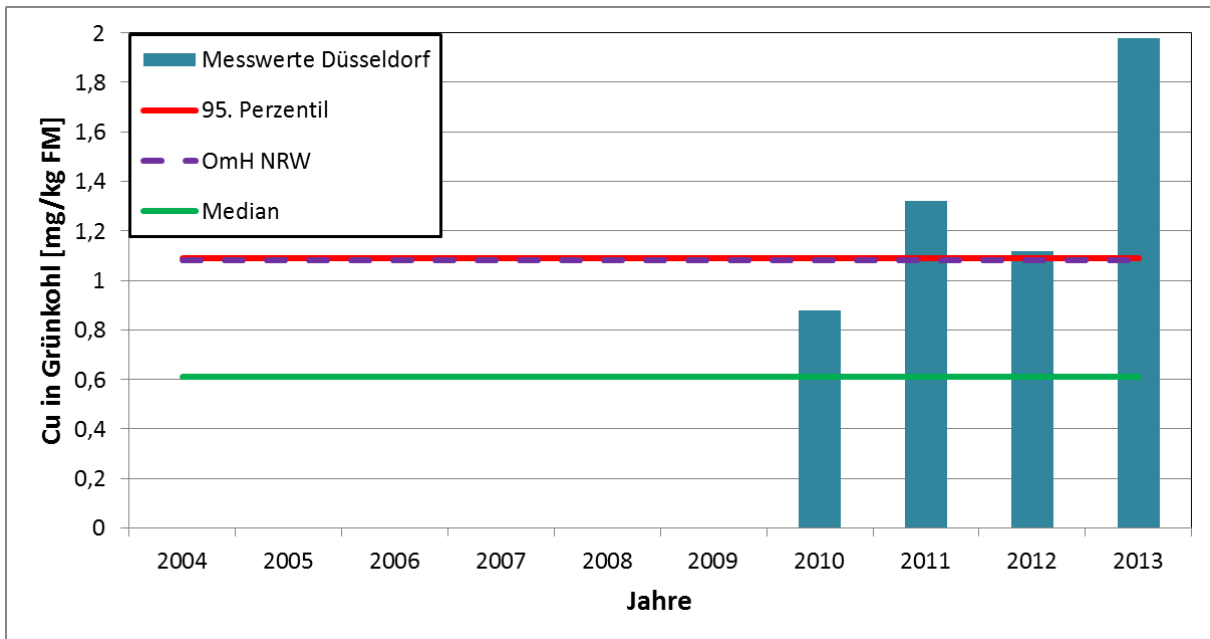


Abbildung 32: Kupfer-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 52, keine Ausreißer) sowie Kupfer-Gehalte am quellennahen Standort in Düsseldorf (Einzelwerte der Jahre 2010 – 2013)

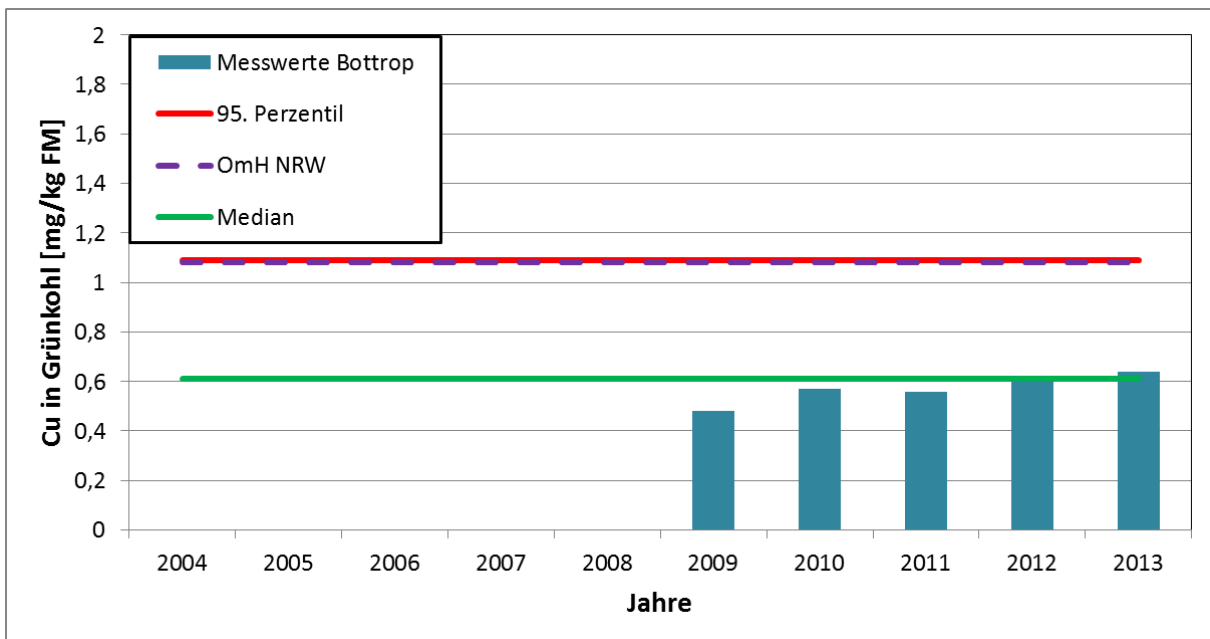


Abbildung 33: Kupfer-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 52, keine Ausreißer) sowie Kupfer-Gehalte am quellennahen Standort in Bottrop (Einzelwerte der Jahre 2009 – 2013)

3.2.6. Hintergrundbelastung Chrom

Die Chrom-Gehalte in der Graskultur und in Grünkohl wurden seit 2009 bestimmt, so dass Werte von insgesamt fünf Jahren ausgewertet werden konnten. An den quellennahen Standorten im Duisburger Hafen und in Düsseldorf gab es im Jahr 2009 Ausfälle bei Grünkohl, so dass in diesen Fällen Werte erst ab 2010 vorliegen.

Graskultur:

Der Median der Chrom-Gehalte in der Graskultur in NRW beträgt 1,4 mg/kg TM und das 95. Perzentil 3,2 mg/kg TM (s. Tabelle 12). Der Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) beträgt 3,6 mg/kg TM. In der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 wird der überregionale OmH mit 0,9 mg/kg TM (Spannweite: 0,8 – 0,9 mg/kg TM) angegeben. Demnach ist die Hintergrundbelastung durch Chrom in NRW viermal so hoch.

Tabelle 12: Chrom-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2009 – 2013); überregionaler OmH und Spannweite regionaler OmH (VDI 3857 Blatt 2)

Chrom-Gehalte Graskultur		
Anzahl		248
Median	[mg/kg TM]	1,4
95. Perzentil	[mg/kg TM]	3,2
OmH NRW	[mg/kg TM]	3,6
Überregionaler OmH	[mg/kg TM]	0,9
Spannweite regionaler OmH	[mg/kg TM]	0,8 – 0,9

Am quellennahen Standort in Duisburg sind die Chrom-Gehalte in der Graskultur stark erhöht (s. Abbildung 34): Der Median ist 13-mal so hoch wie die Hintergrundbelastung; das 95. Perzentil zehnmal höher. Auch am Verkehrsstandort in Düsseldorf ist der Median vierfach erhöht. An beiden Standorten liegen offensichtlich erhöhte Immissionsbelastungen durch Chrom vor. In Bottrop dagegen liegen die ermittelten Werte im Bereich der Hintergrundbelastung.

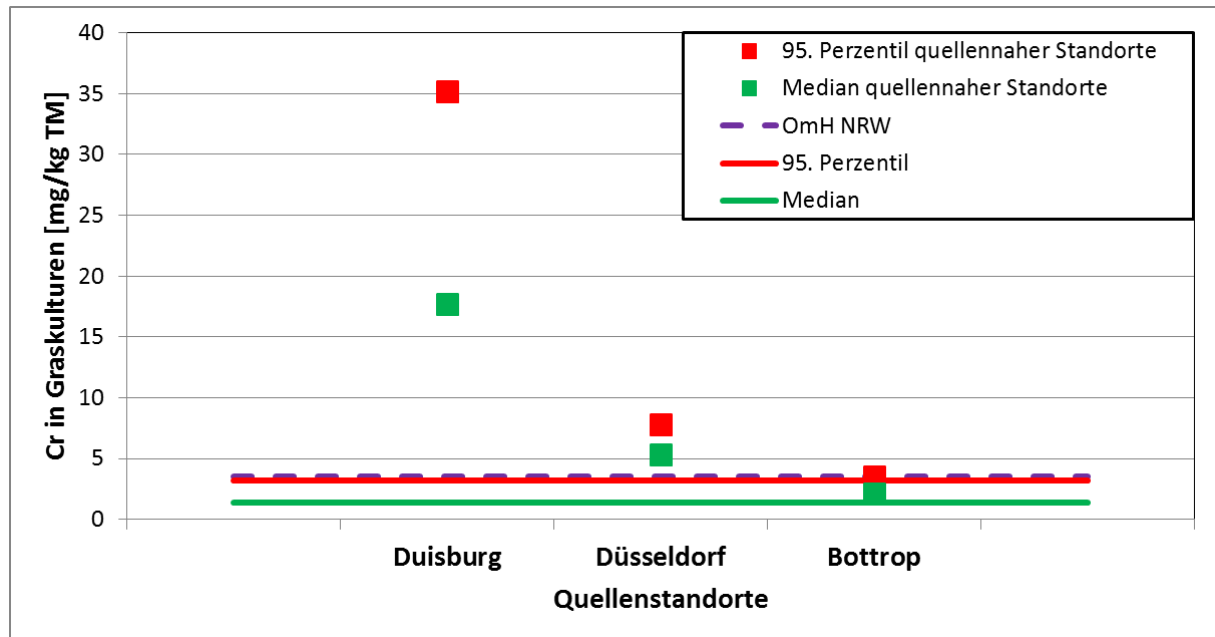


Abbildung 34: Chrom-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2007 – 2013, n = 248, keine Ausreißer) sowie Chrom-Gehalte an den quellennahen Standorten (Median, 95. Perzentil, Zeitraum 2004 – 2013, n = 25)

Grünkohl:

Bei den Grünkohlpflanzen lagen 12,5 % aller ermittelten Werte der letzten fünf Jahre unterhalb der Bestimmungsgrenze und wurden deshalb mit der halben Bestimmungsgrenze in die Auswertung einbezogen. Der Median des allgemeinen Hintergrunds in NRW beträgt in Grünkohl 0,02 mg/kg FM; das 95. Perzentil und der OmH betragen 0,056 mg/kg FM (s. Tabelle 13). Einen EU-Höchstgehalt gibt es für Chrom nicht.

Tabelle 13: Chrom-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2009 – 2013)

Chrom-Gehalte Grünkohl		
Anzahl		44
Median	[mg/kg FM]	0,017
95. Perzentil	[mg/kg FM]	0,056
OmH NRW	[mg/kg FM]	0,056

Bei den quellennahen Standorten fallen die sehr hohen Chrom-Einträge in Duisburg in den Jahren 2012 und 2013 auf (s. Abbildung 35). Die erhöhten Gehalte an Chrom in der Graskultur spiegeln sich auch im Grünkohl wider. Am Verkehrsstandort in Düsseldorf gab es im Jahr 2013 einen stark gegenüber dem Hintergrund erhöhten Wert (s. Abbildung 36). In Bottrop zeigen sich – ähnlich wie bei der Graskultur – keine Auffälligkeiten (s. Abbildung 37).

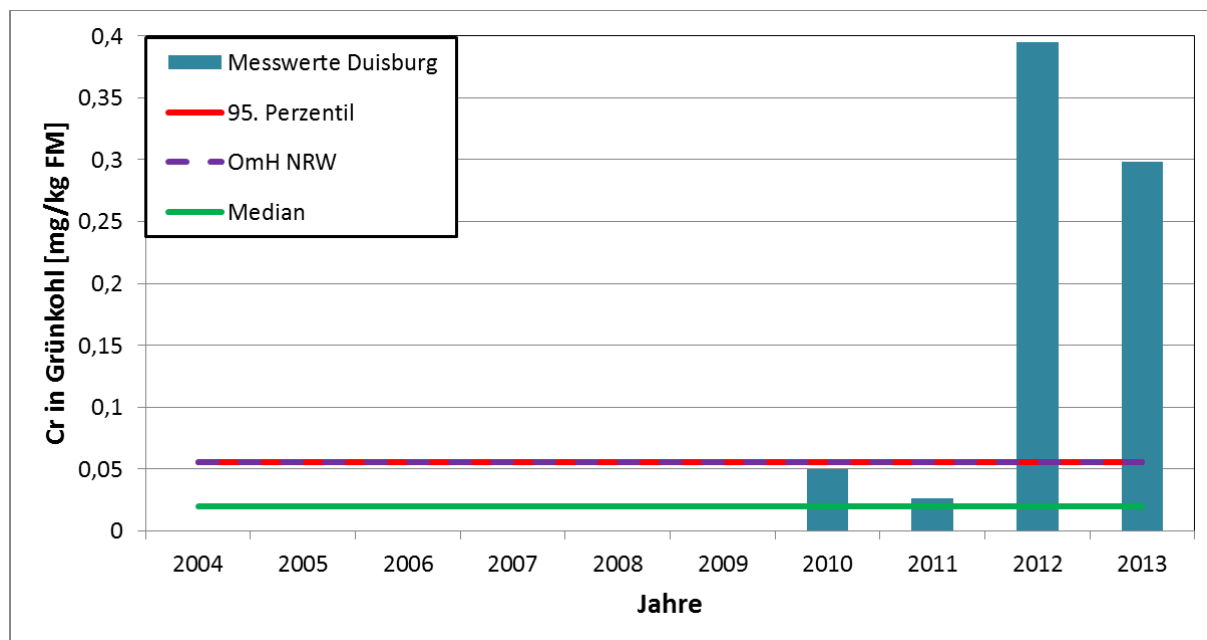


Abbildung 35: Chrom-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 44, keine Ausreißer) sowie Chrom-Gehalte am quellennahen Standort in Duisburg (Einzelwerte der Jahre 2010 – 2013)

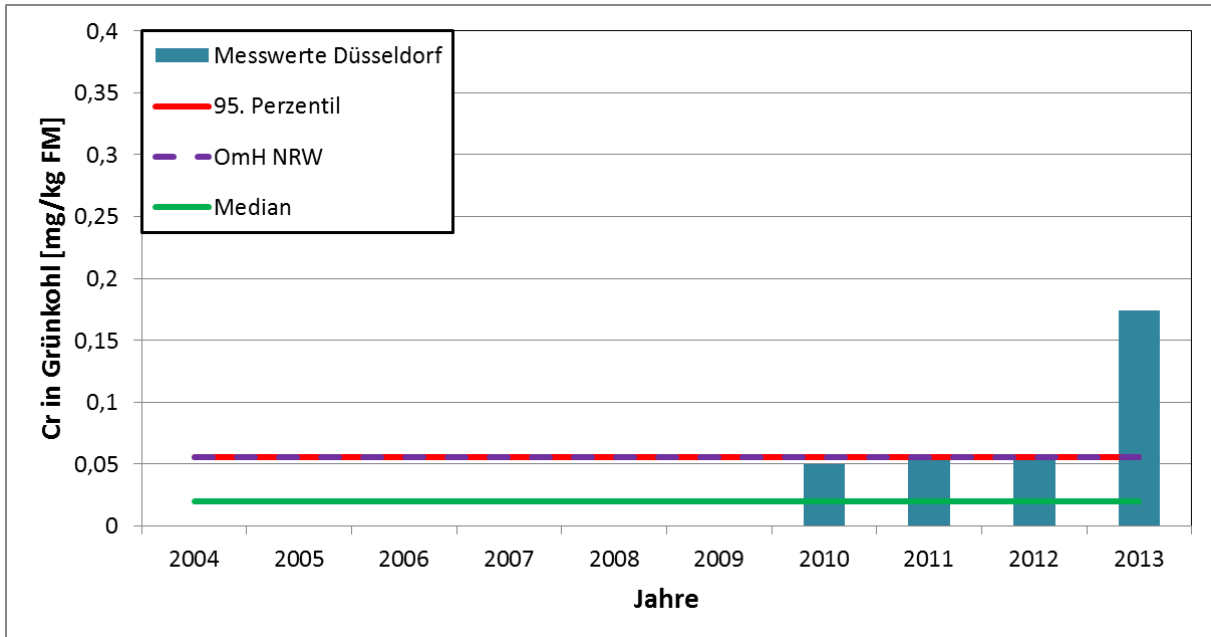


Abbildung 36: Chrom-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 44, keine Ausreißer) sowie Chrom-Gehalte am quellennahen Standort in Düsseldorf (Einzelwerte der Jahre 2010 – 2013)

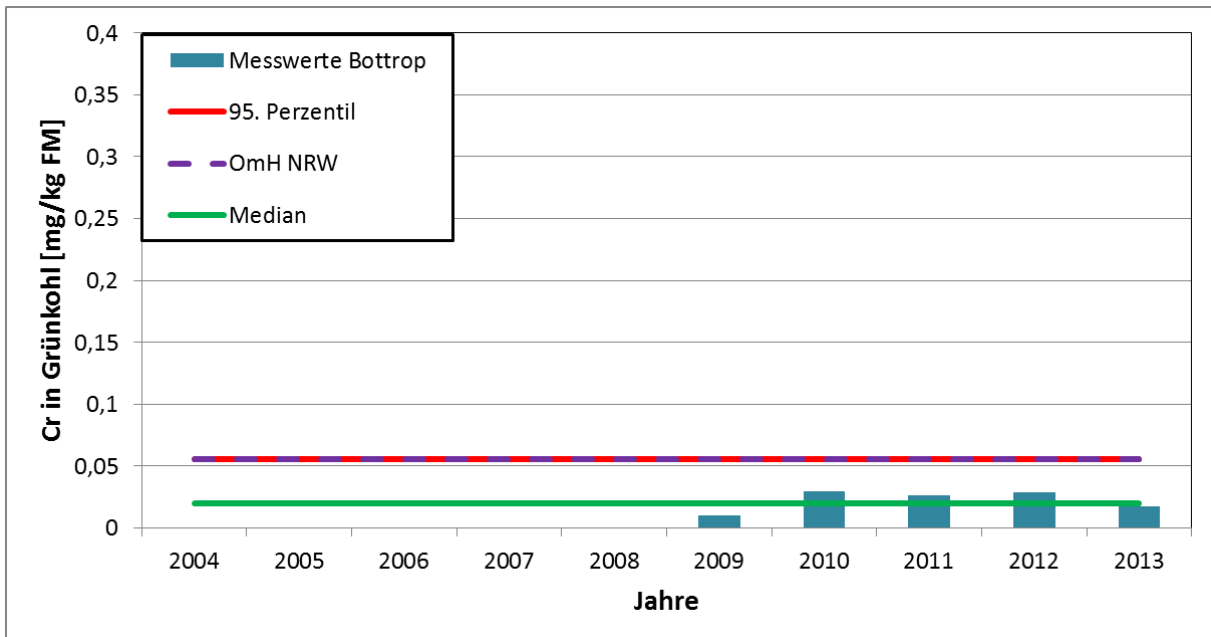


Abbildung 37: Chrom-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 44, keine Ausreißer) sowie Chrom-Gehalte am quellennahen Standort in Bottrop (Einzelwerte der Jahre 2009 – 2013)

3.2.7. Hintergrundbelastung PCB

Graskultur:

Bei den Graskulturen konnten für die Hintergrundbelastung nur Werte von drei Standorten herangezogen werden (Hilchenbach, Eifel und ab 2010 Köln). Da 44 % dieser Werte (21 von 48 Werten) unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, wurde keine Berechnung der Perzentile und des OmH durchgeführt, da die Aussagekraft der ermittelten Werte unzureichend wäre. Deshalb sollten Einordnungen und Bewertungen von PCB_{gesamt}-Gehalten an Belastungsstandorten in erster Linie anhand der Grünkohlexposition erfolgen.

Grünkohl:

Für Grünkohl wurde der Wert für die Hintergrundbelastung aus den Daten des letzten 10-Jahreszeitraums (2004 – 2013) über neun Standorte ermittelt. Neben den bereits bekannten quellennahen Standorten Duisburg-Hafen, Düsseldorf und Bottrop wurde für die PCB-Belastung auch der Standort Dortmund als durch eine Quelle beeinflusster Standort definiert, da im Untersuchungszeitraum im Hafenbereich durch mehrere Recyclingbetriebe große Mengen an PCB freigesetzt wurden. Bei den Einzelwerten für die Hintergrundbelastung liegen bei Grünkohl 7 % der Werte (6 von 83 Werten) unter der Bestimmungs-, aber oberhalb der Nachweisgrenze. Diese gemessenen Werte wurden in die Berechnung einbezogen.

Die Einordnung und Bewertung der polychlorierten Biphenyle (PCB) in Nahrungspflanzen erfolgt über den Summenwert PCB_{gesamt} in µg/kg FM. Dabei wird die Summe der sechs Indikator-Kongeneren nach Ballschmiter mit fünf multipliziert.

Die Hintergrundbelastung an PCB_{gesamt} beträgt in Grünkohl in NRW 6,1 µg/kg FM (95. Perzentil). Der Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) liegt noch etwas höher und beträgt 6,5 µg/kg FM.

Tabelle 14: PCB_{gesamt}-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2013)

PCB_{gesamt}-Gehalte Grünkohl		
Anzahl		83
Median	[µg/kg FM]	2,3
95. Perzentil	[µg/kg FM]	6,1
OmH NRW	[µg/kg FM]	6,5

An den von einer Quelle beeinflussten Standorten liegen die PCB_{gesamt}-Gehalte im Grünkohl teilweise deutlich über der Hintergrundbelastung in NRW (s. Abbildungen 38 – 41). Besonders deutlich wird dies am Standort in Dortmund (s. Abbildung 38), an dem seit 2005 nachgewiesenermaßen große Mengen PCB freigesetzt wurden. Seit der Stilllegung einer Quelle im Jahr 2010 sind die Werte wieder deutlich gesunken.

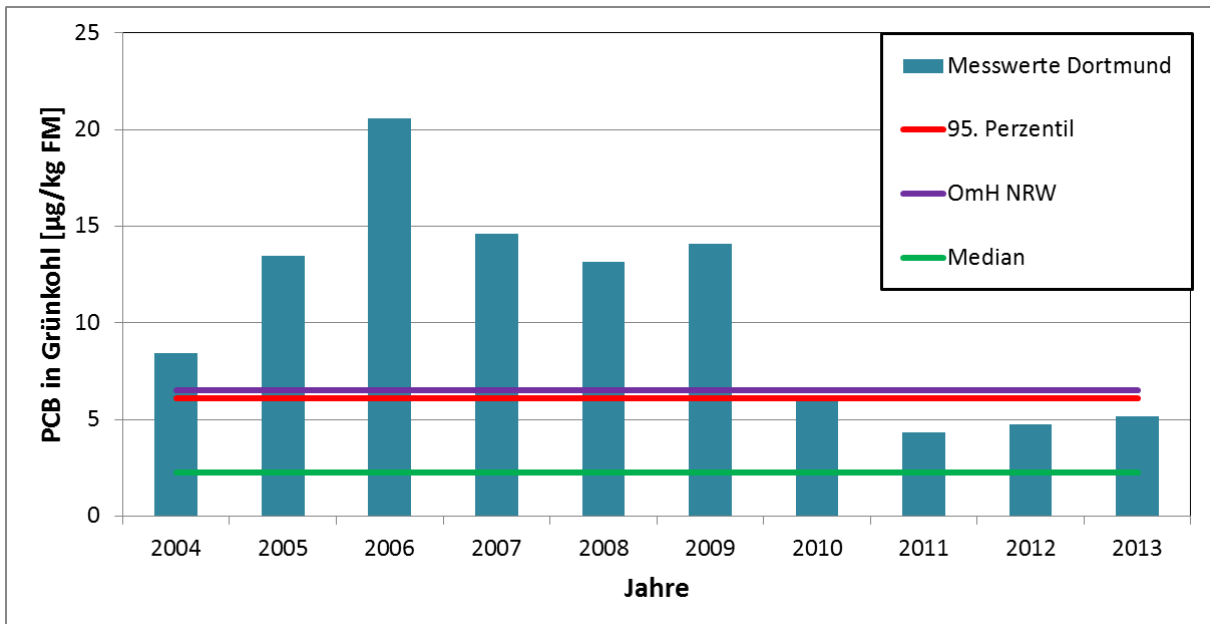


Abbildung 38: PCB_{gesamt}-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 83, keine Ausreißer) sowie PCB_{gesamt}-Gehalte am quellennahen Standort in Dortmund (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

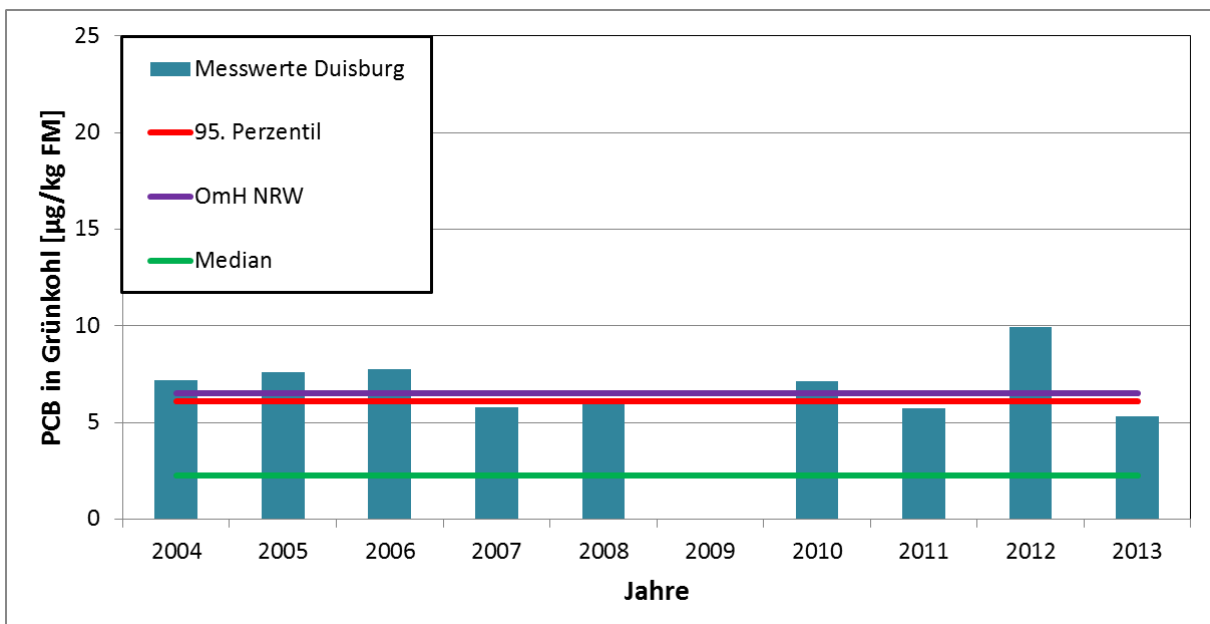


Abbildung 39: PCB_{gesamt}-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 83, keine Ausreißer) sowie PCB_{gesamt}-Gehalte am quellennahen Standort in Duisburg (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

In Duisburg (s. Abbildung 39) liegen die PCB_{gesamt}-Gehalte im Bereich bzw. etwas oberhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung. Im Jahr 2012 war der Wert deutlicher erhöht.

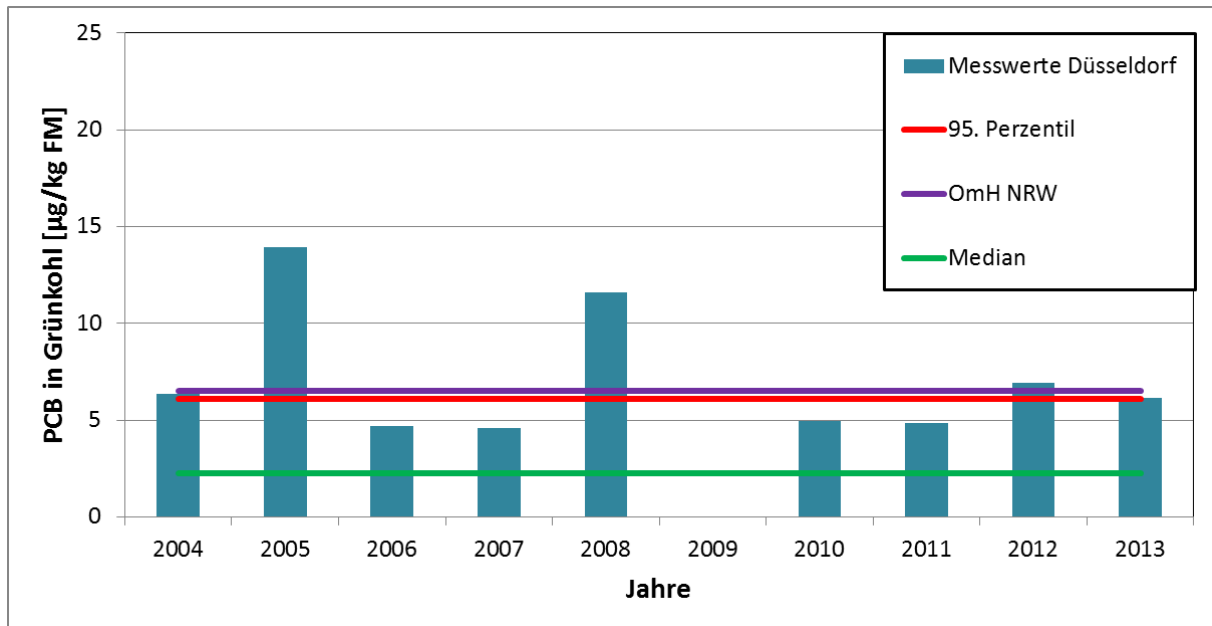


Abbildung 40: PCB_{gesamt}-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 83, keine Ausreißer) sowie PCB_{gesamt}-Gehalte am quellennahen Standort in Düsseldorf (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

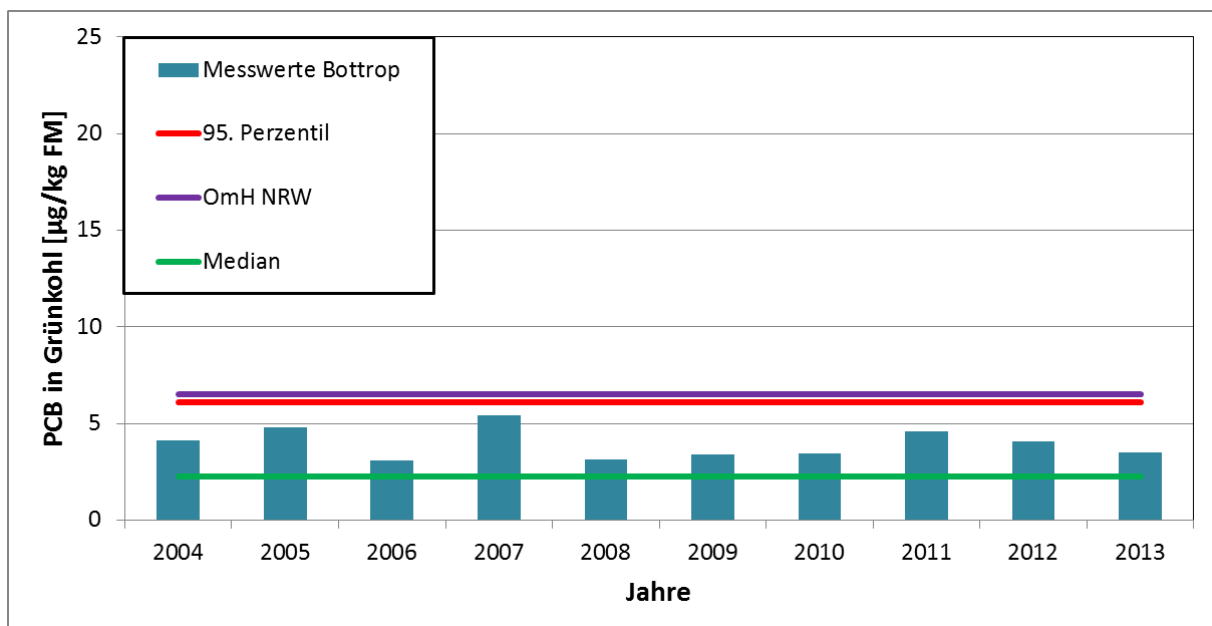


Abbildung 41: PCB_{gesamt}-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 83, keine Ausreißer) sowie PCB_{gesamt}-Gehalte am quellennahen Standort in Bottrop (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

Am Verkehrsstandort in Düsseldorf wurden in einzelnen Jahren gegenüber der Hintergrundbelastung deutlich erhöhte Gehalte an PCB detektiert (s. Abbildung 40). Ansonsten liegen die Werte ähnlich wie in Bottrop (s. Abbildung 41) über dem Median der Hintergrundbelastung.

3.2.8. Hintergrundbelastung dioxinähnlicher PCB

Neben der Summe PCB_{gesamt} wurden auch die dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) bestimmt. Diese PCB-Kongenere wirken ähnlich wie Dioxine und Furane. Die WHO hat den einzelnen Kongenere aus diesem Grund ebenfalls Äquivalenzfaktoren zugeordnet (ng TEQ_{WHO2005}/kg TM bzw. FM). Angegeben wird der Summenwert der 12 dl-PCB-Kongenere. Da bei den dl-PCB alle Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze lagen, konnte hier die Hintergrundbelastung sowohl für die Graskultur als auch für Grünkohl berechnet werden.

Graskultur:

Die Hintergrundbelastung an dl-PCB (95. Perzentil) sowie der OmH in der Graskultur in NRW beträgt 0,6 ng TEQ_{WHO2005}/kg TM (s. Tabelle 15).

Tabelle 15: dl-PCB-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2013)

dl-PCB-Gehalte Graskultur		
Anzahl		48
Median	[ng TEQ _{WHO2005} /kg TM]	0,19
95. Perzentil	[ng TEQ _{WHO2005} /kg TM]	0,60
OmH NRW	[ng TEQ _{WHO2005} /kg TM]	0,60

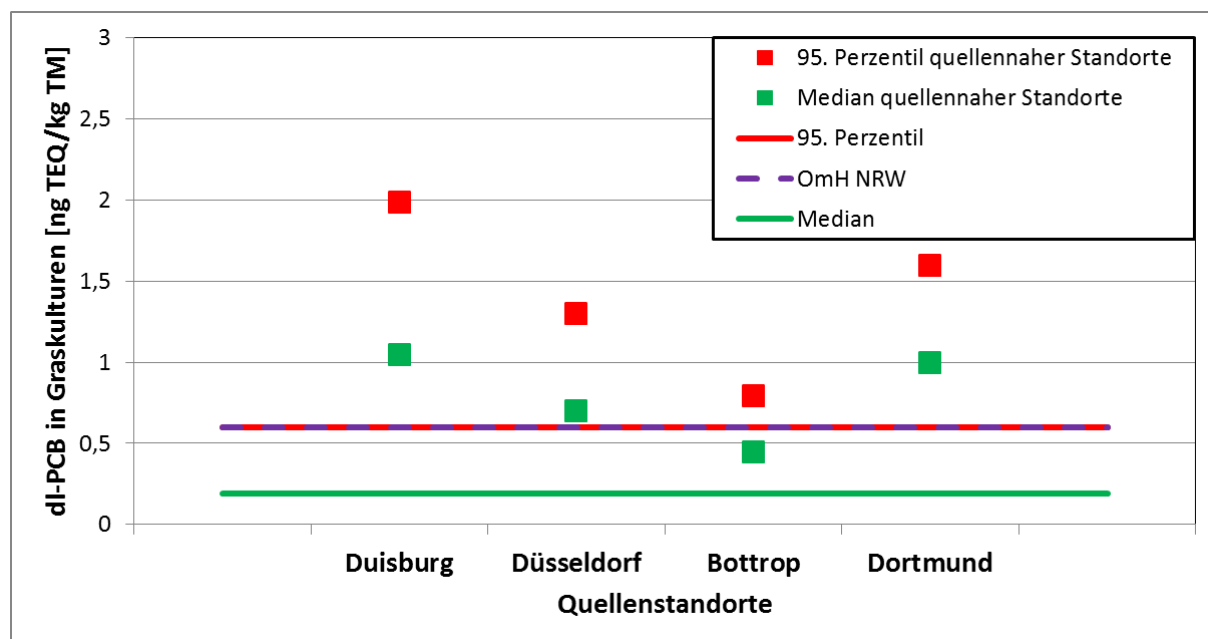


Abbildung 42: dl-PCB-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 48, keine Ausreißer) sowie dl-PCB-Gehalte an den quellennahen Standorten (Median, 95. Perzentil, Zeitraum 2004 – 2013, n = 22)

Die dl-PCB-Gehalte an den von Quellen beeinflussten Standorten sind gegenüber der Hintergrundbelastung erhöht (s. Abbildung 42). Die höchsten Gehalte wurden in Duisburg gemessen. Der Median und das 95. Perzentil sind dort noch höher als in Dortmund. Auch der Verkehrsstandort in Düsseldorf zeigt gegenüber dem Hintergrund deutlich erhöhte dl-PCB-Gehalte. In Bottrop liegen die Werte nur leicht über der Hintergrundbelastung.

Grünkohl:

In Tabelle 16 ist zu erkennen, dass der Median der dl-PCB-Gehalte in Grünkohl im allgemeinen Hintergrund in NRW bei 0,05 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM liegt. Der in der Europäischen Union festgelegte Auslösewert für dl-PCB beträgt 0,1 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM (Empfehlung 2013/711/EU). Das hier für den Hintergrund in NRW ermittelte 95. Perzentil des dl-PCB-Gehaltes in Grünkohl beträgt 0,17 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM und übersteigt den EU-Auslösewert. Nach der Empfehlung 2013/711/EU sollen bei Überschreitung der Auslösewerte in Lebensmitteln Untersuchungen zur Ermittlung der Kontaminationsquelle eingeleitet und Maßnahmen zur Beschränkung oder Beseitigung der Kontaminationsquelle getroffen werden. In NRW treten erhöhte Gehalte unregelmäßig an verschiedenen Hintergrundstandorten als einzelne Spitzenwerte und in unterschiedlichen Jahren auf, so dass weder eine witterungsbedingte Beeinflussung noch eine zusätzliche Emissionquelle als Ursache in Frage kommen. Es ist davon auszugehen, dass PCB nur zu einem sehr geringen Teil abgebaut wird und deshalb nach wie vor – beispielsweise an Staubpartikel gebunden – vorliegt. Ein Überschreiten des EU-Auslösewertes für dl-PCB an einem Messpunkt in einem Gutachtenfall ist demnach in NRW noch nicht zwingend ein Indiz für das Vorhandensein einer Quelle.

Tabelle 16: dl-PCB-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2013); EU-Auslösewert

dl-PCB-Gehalte Grünkohl		
Anzahl		79
Median	[ng TEQ _{WHO2005} /kg FM]	0,048
95. Perzentil	[ng TEQ _{WHO2005} /kg FM]	0,17
OmH NRW	[ng TEQ _{WHO2005} /kg FM]	0,16
EU-Auslösewert	[ng TEQ _{WHO2005} /kg FM]	0,1

Ein anderes Bild ergibt sich an den Standorten, die von einer Quelle beeinflusst werden oder wurden. Die dl-PCB-Gehalte, die am Standort in Dortmund ermittelt wurden, lagen bis einschließlich 2010 – teilweise deutlich – über dem EU-Auslösewert und auch deutlich oberhalb der NRW-Hintergrundbelastung (s. Abbildung 43). Die Werte im Duisburger Hafen sind nicht ganz so hoch, übersteigen aber auch in acht von neun untersuchten Jahren den EU-Auslösewert und liegen teilweise deutlich höher als das 95. Perzentil des allgemeinen Hintergrunds (s. Abbildung 44). Am Quellenstandort Düsseldorf gab es zwei Überschreitungen des EU-Auslösewertes (2005 und 2006), ansonsten liegen die Werte im Bereich der Hintergrundbelastung in NRW (s. Abbildung 45). Ein ähnliches Bild ergibt sich für den Standort Bottrop (s. Abbildung 46).

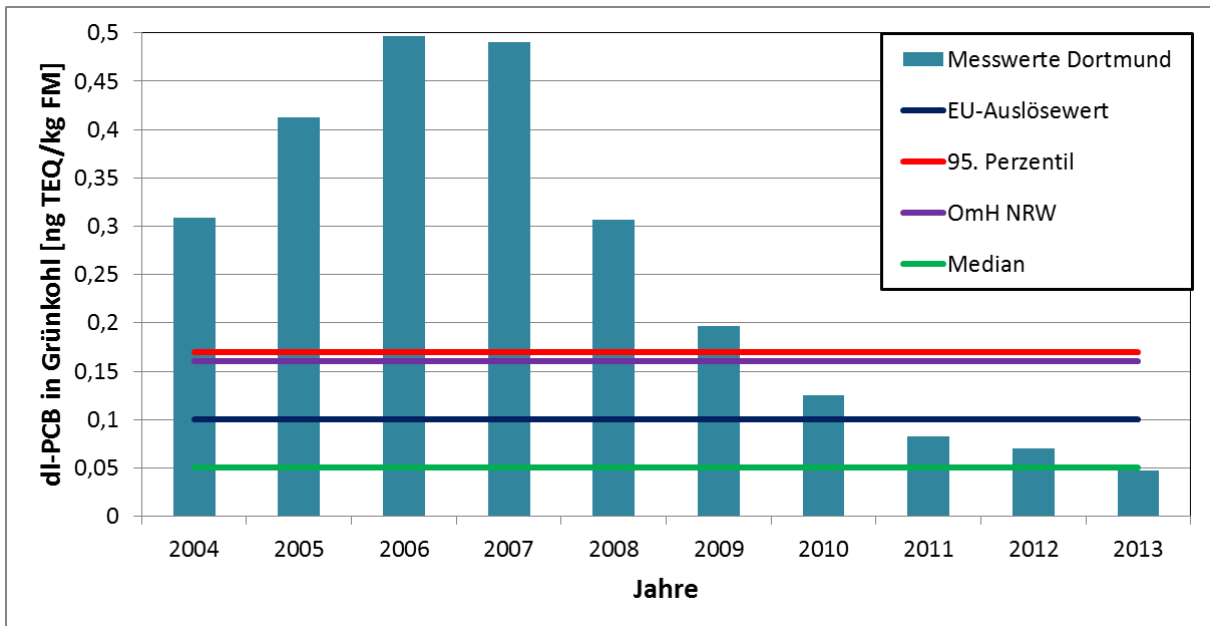


Abbildung 43: dl-PCB-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 79, 3,7 % Ausreißer) sowie dl-PCB-Gehalte am quellennahen Standort in Dortmund (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

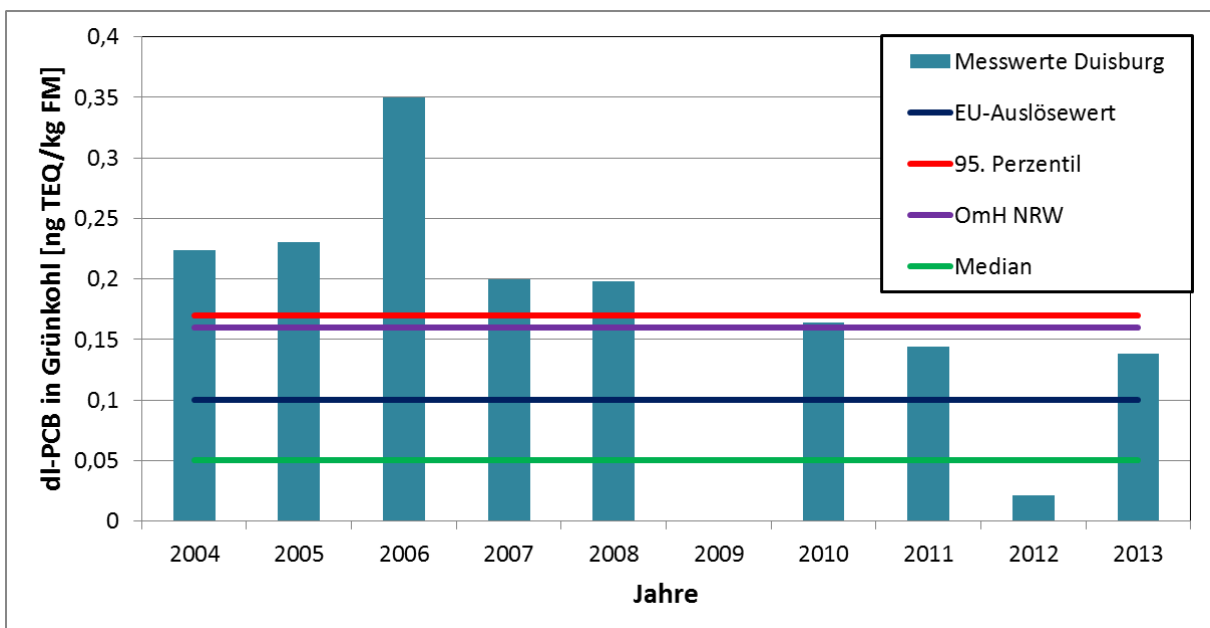


Abbildung 44: dl-PCB-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 79, 3,7 % Ausreißer) sowie dl-PCB-Gehalte am quellennahen Standort in Duisburg (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

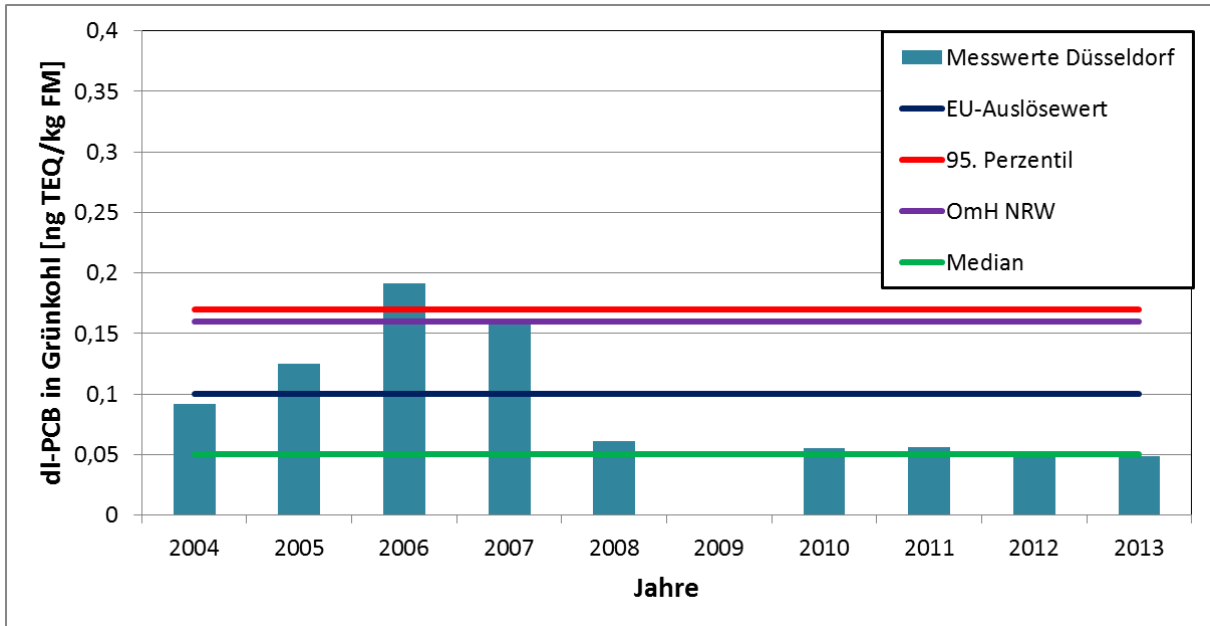


Abbildung 45: dl-PCB-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 79, 3,7 % Ausreißer) sowie dl-PCB-Gehalte am quellennahen Standort in Düsseldorf (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

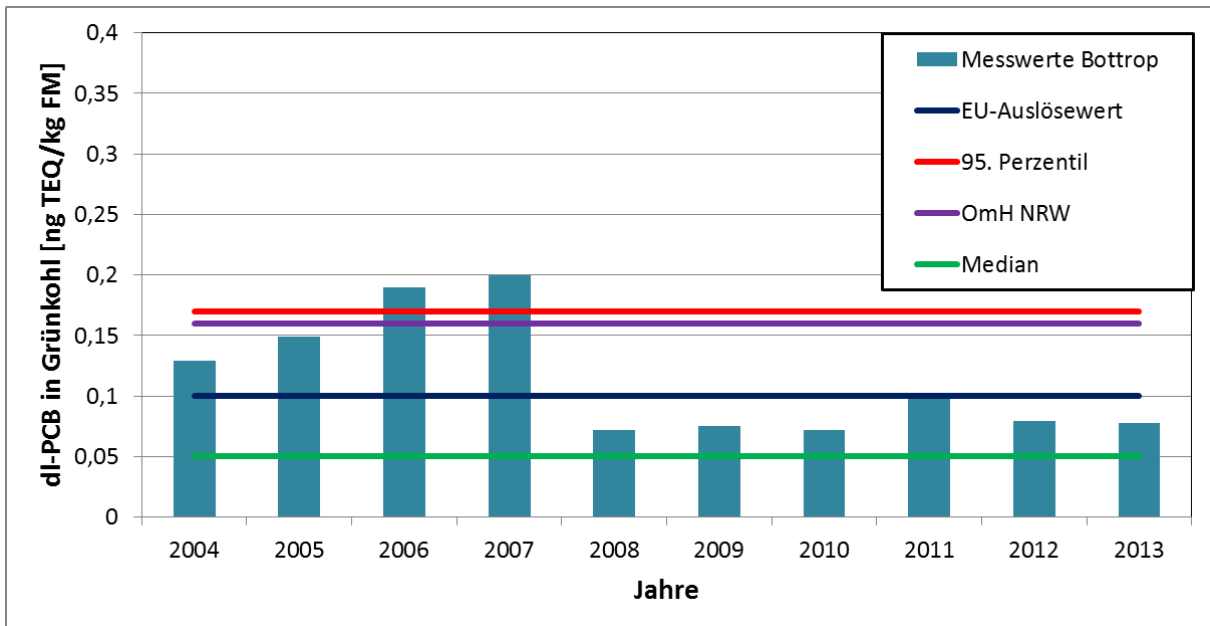


Abbildung 46: dl-PCB-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 79, 3,7 % Ausreißer) sowie dl-PCB-Gehalte am quellennahen Standort in Bottrop (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

3.2.9. Hintergrundbelastung Dioxine und Furane

Graskultur:

Der Median der PCDD/F-Gehalte in der Graskultur liegt bei 0,16 ng TEQ_{WHO2005}/kg TM, das 95. Perzentil bei 0,3 und der OmH bei 0,37 ng TEQ_{WHO2005}/kg TM (s. Tabelle 17). Die Orientierungswerte für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) für organische Schadstoffe im ländlichen Raum umfassen einen ähnlichen Wertebereich von 0,15 – 0,53 ng TEQ_{WHO2005}/kg TM (BayLfU 2014).

Tabelle 17: PCDD/F-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2013), OmH ländlicher Raum (BAYLFU 2014)

PCDD/F-Gehalte Graskultur		
Anzahl		47
Median	[ng TEQ _{WHO2005} /kg TM]	0,16
95. Perzentil	[ng TEQ _{WHO2005} /kg TM]	0,30
OmH NRW	[ng TEQ _{WHO2005} /kg TM]	0,37
OmH ländlicher Raum	[ng TEQ _{WHO2005} /kg TM]	0,15 – 0,53

Die Werte an den von Quellen beeinflussten Standorten weisen gegenüber dem Hintergrund erhöhte Gehalte auf (s. Abbildung 78). Diese Erhöhungen sind an den Standorten im Duisburger Hafen und in Bottrop besonders deutlich.

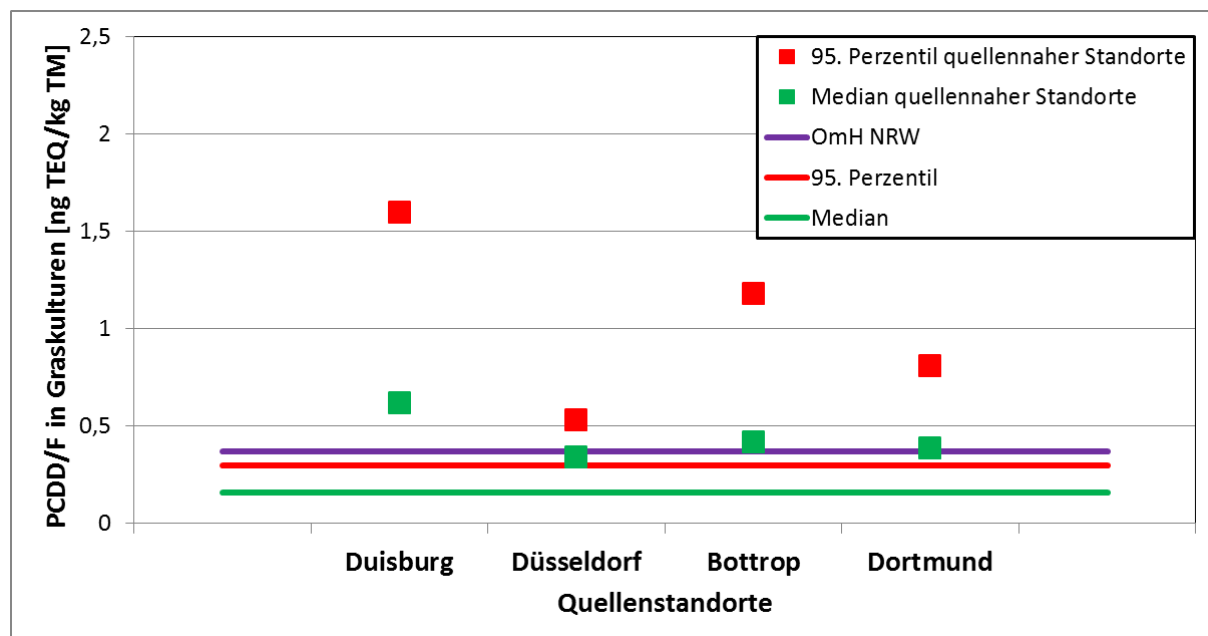


Abbildung 47: PCDD/F-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 45, 4,3 % Ausreißer) sowie PCDD/F-Gehalte an den quellennahen Standorten (2004 – 2013, n = 22)

Grünkohl:

In der Tabelle 18 ist die Hintergrundbelastung an Dioxinen und Furanen (PCDD/F) in Grünkohl in NRW mit einem Median von 0,05 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM und einem 95. Perzentil von 0,13 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM sowie der Orientierungswert für die maximale Hintergrundbelastung (OmH) bei 0,15 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM aufgeführt. Der in der Europäischen Union festgelegte Auslösewert für PCDD/F beträgt 0,3 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM (Empfehlung 2014/663/EU). Die Hintergrundbelastung in Grünkohl in NRW liegt deutlich unterhalb des Auslösewertes.

Tabelle 18: PCDD/F-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2013); EU-Auslösewert

PCDD/F-Gehalte Grünkohl		
Anzahl		75
Median	[ng TEQ _{WHO2005} /kg FM]	0,05
95. Perzentil	[ng TEQ _{WHO2005} /kg FM]	0,13
OmH NRW	[ng TEQ _{WHO2005} /kg FM]	0,15
EU-Auslösewert	[ng TEQ _{WHO2005} /kg FM]	0,3

Am Standort in Dortmund, der von einer Quelle beeinflusst wurde, konnten in den Jahren von 2004 – 2007 Erhöhungen der PCDD/F-Immissionen gegenüber der Hintergrundbelastung festgestellt werden (s. Abbildung 48). Allerdings wurden das 95. Perzentil und der OmH nur im Jahr 2007 überschritten.

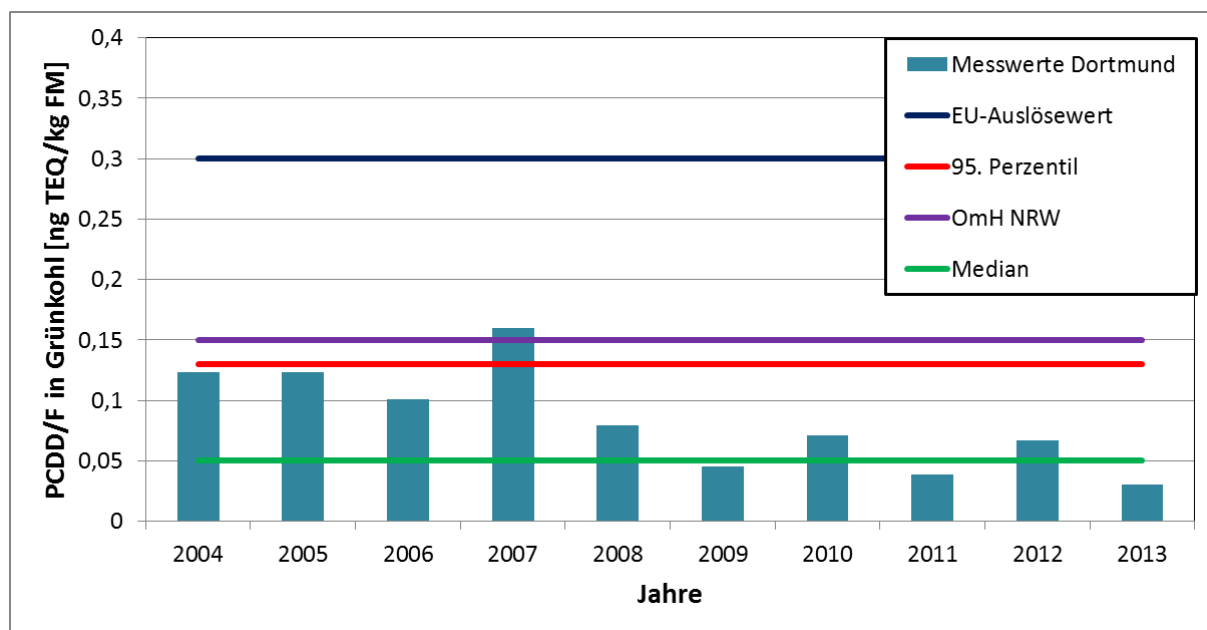


Abbildung 48: PCDD/F-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 75, 2,6 % Ausreißer) sowie PCDD/F-Gehalte am quellennahen Standort in Dortmund (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

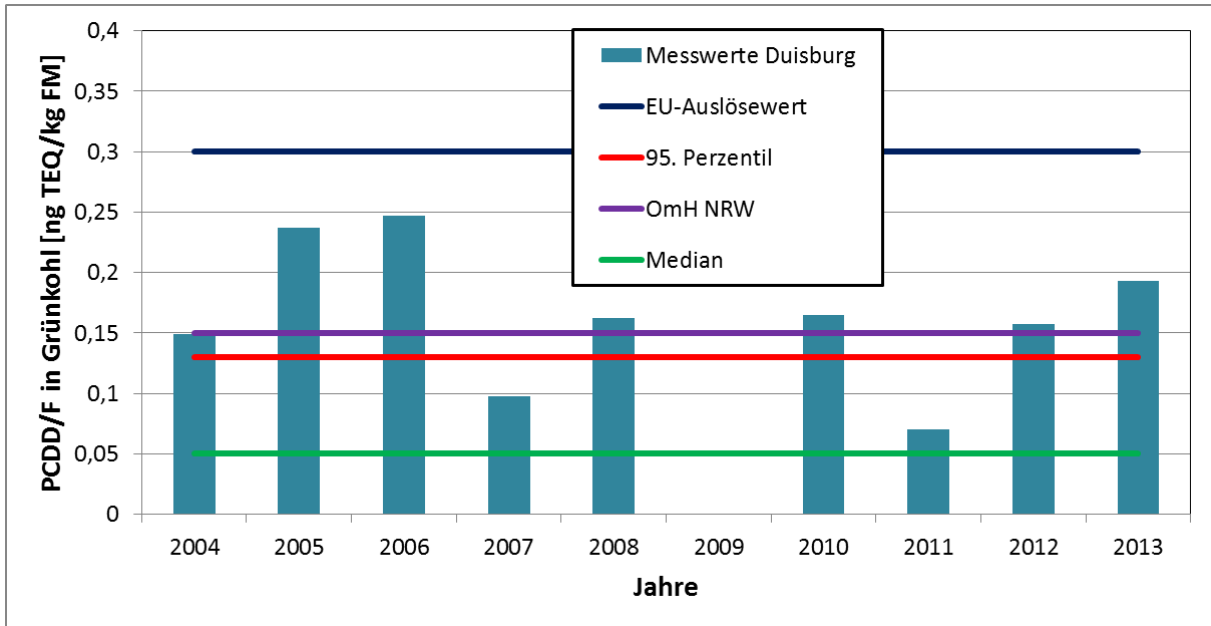


Abbildung 49: PCDD/F-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 75, 2,6 % Ausreißer) sowie PCDD/F-Gehalte am quellennahen Standort in Duisburg (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

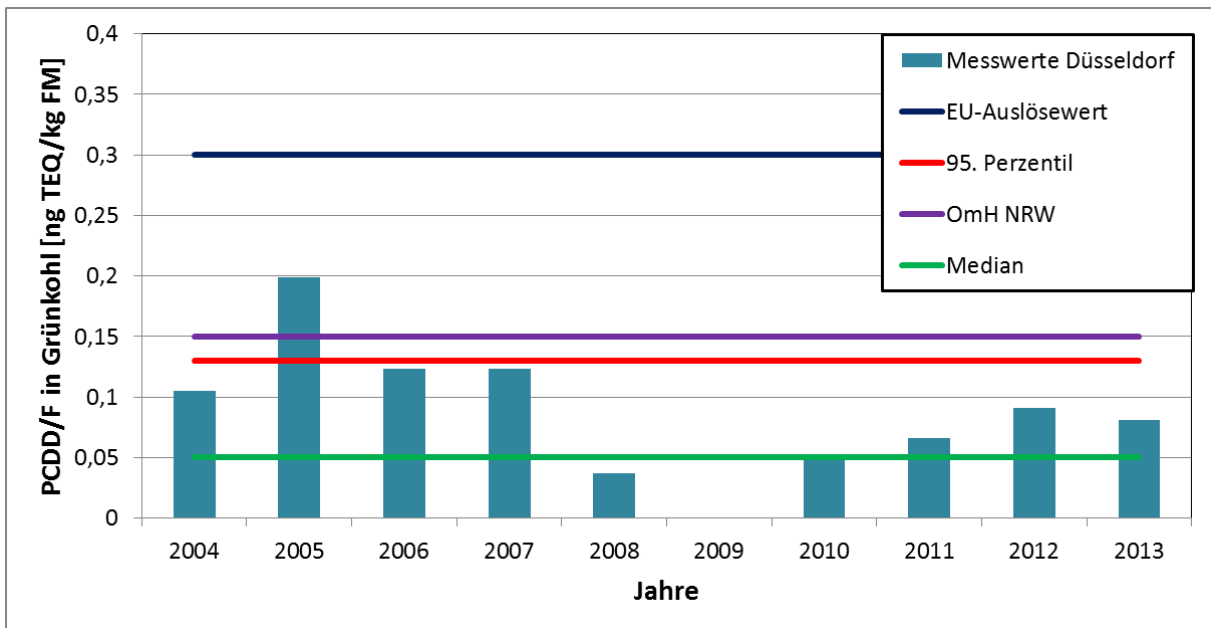


Abbildung 50: PCDD/F-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 75, 2,6 % Ausreißer) sowie PCDD/F-Gehalte am quellennahen Standort in Düsseldorf (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

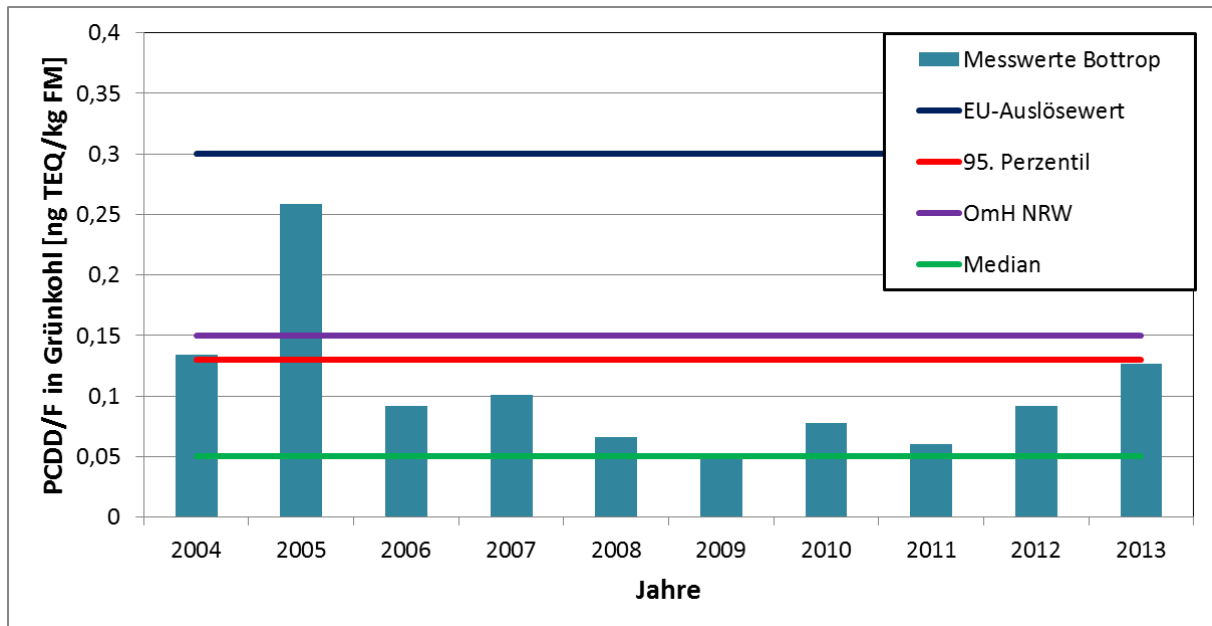


Abbildung 51: PCDD/F-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 75, 2,6 % Ausreißer) sowie PCDD/F-Gehalte am quellennahen Standort in Bottrop (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

Am Standort im Duisburger Hafen wurde in sieben der neun betrachteten Jahre das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung überschritten (s. Abbildung 49), was auf regelmäßige Einträge an Dioxinen und Furanen an diesem Standort hinweist. Während die Messwerte in Dortmund in den letzten Jahren kontinuierlich zurückgingen, stiegen die Messwerte in Duisburg in 2012 und 2013 wieder an. Sie erreichten aber in keinem Jahr den EU-Auslösewert. Am Verkehrsstandort in Düsseldorf wurden zwischen 2004 – 2007 ebenfalls gegenüber der Hintergrundbelastung erhöhte Werte ermittelt (s. Abbildung 50). Im Jahr 2005 überstieg der Wert dort das 95. Perzentil und den OmH, ebenso wie in Bottrop (s. Abbildung 51). Seit 2005 befanden sich die Messwerte ausnahmslos zwischen dem median und dem 95. Perzentil der Hintergrundbelastung.

3.2.10. Hintergrundbelastung PAK

Die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) bilden eine Stoffgruppe, die aus mindestens zwei miteinander verbundenen, aromatischen Ringsystemen bestehen. Dazu zählen mehrere hundert Verbindungen, wobei Benzo-(a)-Pyren (BaP) als Leitkomponente gewertet wird. Für Grünkohl und die Graskultur liegen Messwerte für BaP-Gehalte von 2004 bis 2011 vor, die hier ausgewertet wurden.

Graskultur:

Bei der Graskultur liegt der Median der Hintergrundbelastung an BaP bei 0,95 µg/kg TM, das 95. Perzentil bei 1,83 µg/kg TM und der OmH bei 2,11 µg/kg TM (s. Tabelle 19).

Tabelle 19: BaP-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2011)

BaP-Gehalte Graskultur		
Anzahl		36
Median	[µg/kg TM]	0,95
95. Perzentil	[µg/kg TM]	1,8
OmH NRW	[µg/kg TM]	2,1

Die BaP-Gehalte in der Graskultur waren an den quellennahen Standorten deutlich höher als die Hintergrundbelastung (s. Abbildung 52). Bei der Graskultur ist das 95. Perzentil im Duisburger Hafen und in Bottrop nahezu gleich hoch und liegt dabei jeweils fast neunmal so hoch wie die Hintergrundbelastung. Da PAKs hauptsächlich in Erdöl und Kohle vorliegen und bei der Verbrennung dieser fossilen Energieträger frei werden, ist der Eintrag sowohl in Duisburg in der Nähe verschiedener Stahlwerke als auch in Bottrop in der Nähe einer Kokerei erklärbar. Die erhöhten BaP-Gehalte in der Graskultur in Düsseldorf sind auf die Emissionen des Straßenverkehrs zurück zu führen. Demgegenüber lässt sich für Dortmund kein offensichtlicher Verursacher benennen.

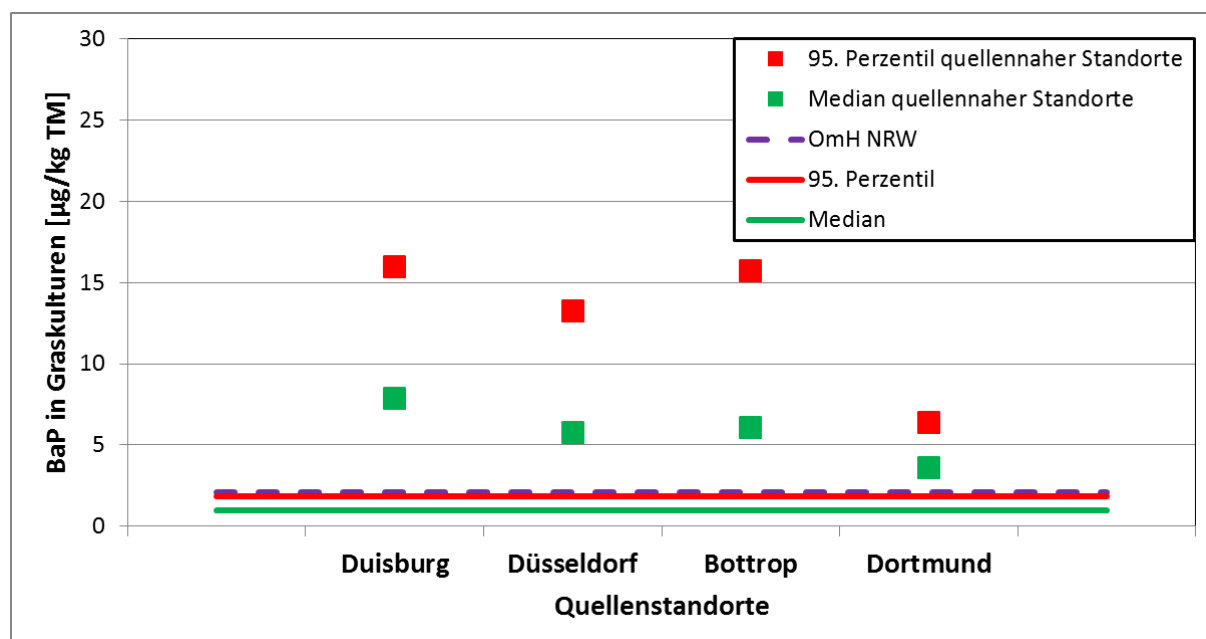


Abbildung 52: BaP-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 36, keine Ausreißer) sowie BaP-Gehalte an den quellennahen Standorten (2004 – 2011, n = 16/15)

Grünkohl:

Der Median der BaP-Gehalte in Grünkohl liegt bei 0,24 µg/kg FM, das 95. Perzentil bei 0,66 µg/kg FM und der OmH bei 0,65 µg/kg FM (s. Tabelle 20). Für das BaP gibt es keinen EU-Auslösewert.

Tabelle 20: BaP-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH; Zeitraum 2004 – 2011); EU-Auslösewert

BaP-Gehalte Grünkohl		
Anzahl		61
Median	[µg/kg FM]	0,24
95. Perzentil	[µg/kg FM]	0,66
OmH NRW	[µg/kg FM]	0,65

An dem durch eine Quelle beeinflussten Standort in Dortmund zeigt sich keine Erhöhung des BaP-Gehaltes gegenüber der Hintergrundbelastung (s. Abbildung 53). In Duisburg und in Düsseldorf wurden das 95. Perzentil und der OmH in einigen Untersuchungsjahren erreicht bzw. überschritten (s. Abbildungen 54 und 55). Am quellennahen Standort an der Kokerei in Bottrop allerdings lagen die Messwerte um ein vielfaches höher als die Hintergrundbelastung (s. Abbildung 56).

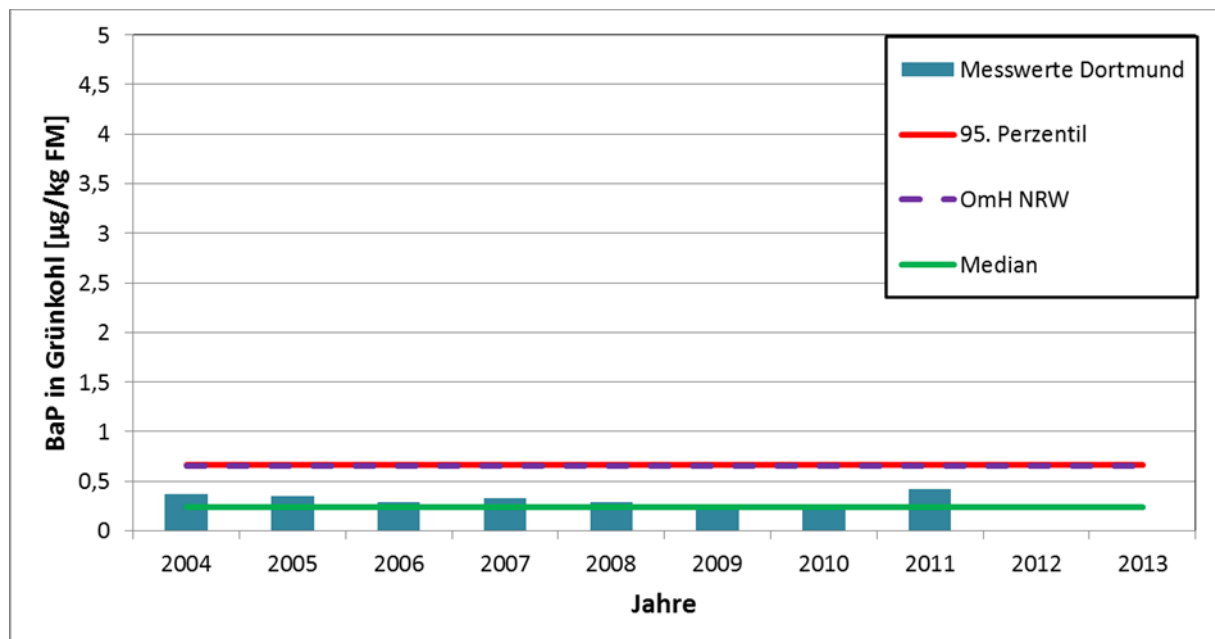


Abbildung 53: BaP-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2011, n = 61, 3,2 % Ausreißer) sowie BaP-Gehalte am quellennahen Standort in Dortmund (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

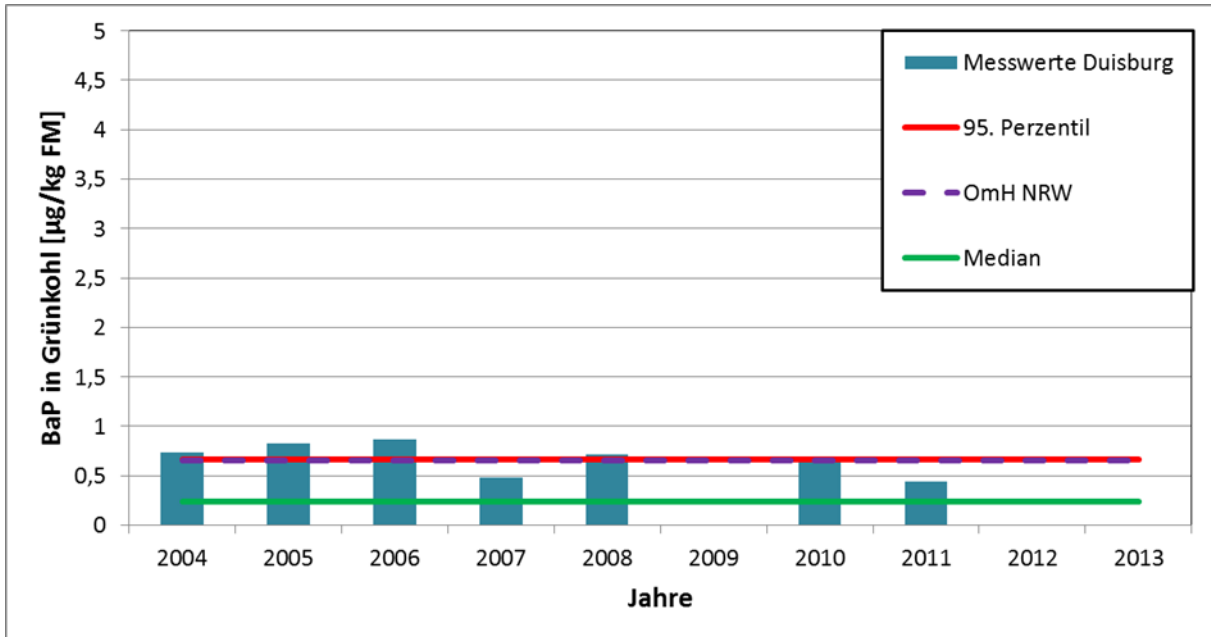


Abbildung 54: BaP-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2011, n = 61, 3,2 % Ausreißer) sowie BaP-Gehalte am quellennahen Standort in Duisburg (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

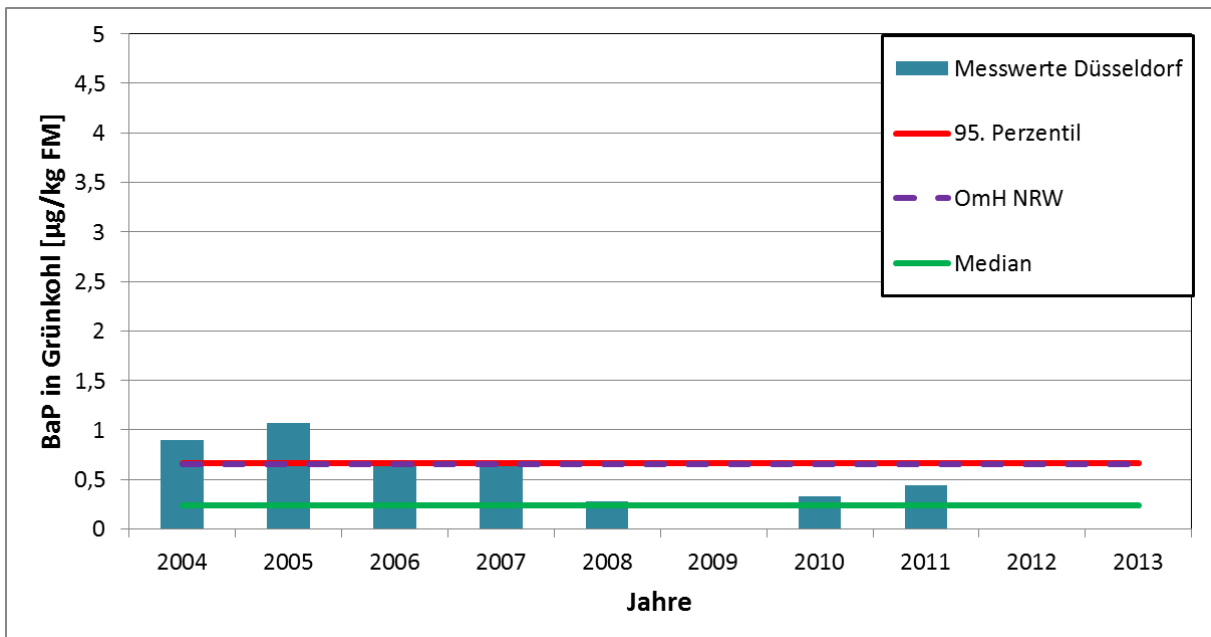


Abbildung 55: BaP-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2011, n = 61, 3,2 % Ausreißer) sowie BaP-Gehalte am quellennahen Standort in Düsseldorf (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

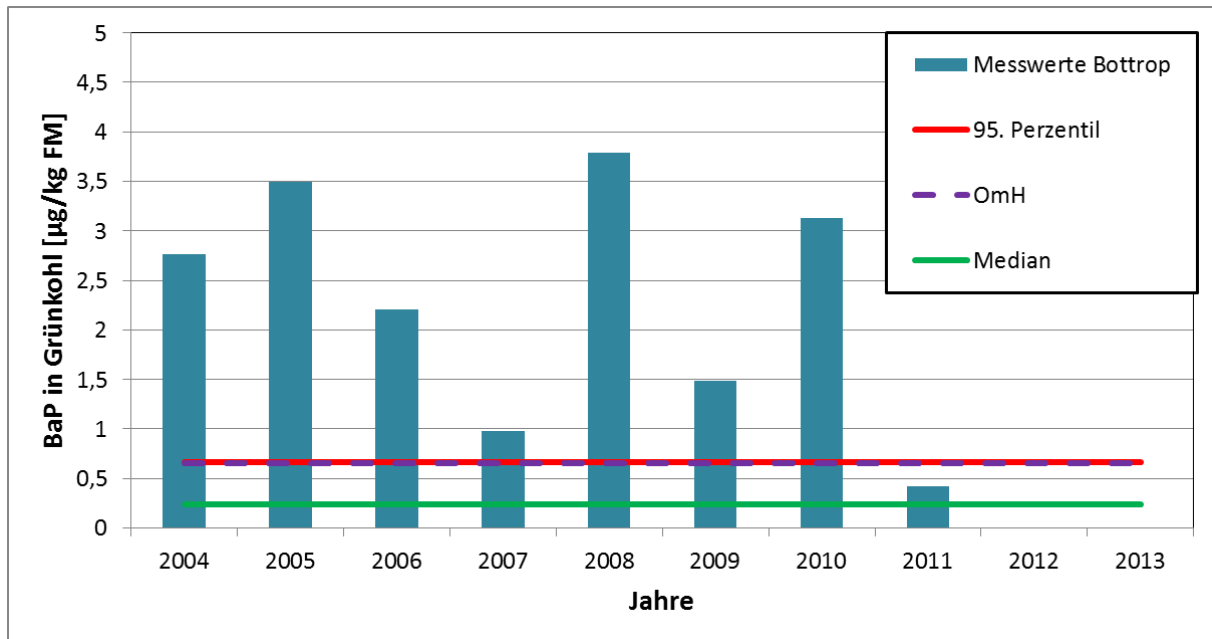


Abbildung 56: BaP-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2011, n = 61, 3,2 % Ausreißer) sowie BaP-Gehalte am quellennahen Standort in Bottrop (Einzelwerte der Jahre 2004 – 2013)

3.3 Anwendung der Hintergrundbelastung auf Gutachtenfälle

Die Erfassung der Hintergrundbelastung verschiedener Substanzen in der Graskultur und in Grünkohl in NRW ermöglicht es, Einzelmesswerte aus Gutachtenfällen zu beurteilen. Die an Belastungsstandorten gemessenen Gehalte, die das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung bzw. den Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) überschreiten, sind als Hinweis auf eine Immissionsbelastung durch die untersuchte Substanz zu werten. Zusätzlich können die Einzelwerte auch mit den an quellennahen Standorten ermittelten Gehalten verglichen werden. Die in Grünkohl ermittelten Gehalte können im Anschluss – beispielsweise durch den Vergleich mit lebensmittelrechtlich verankerten Höchstgehalten und Beurteilungsgrundlagen - gesundheitlich bewertet werden.

Als Beispiele für die Anwendung der ermittelten Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Gutachtenfälle Lünen (Schwermetallbelastung im Umfeld einer Sekundärkupferhütte), Essen-Kray (PCB-Belastung im Umfeld einer Recyclinganlage) und Kamp-Lintfort (PCB-Belastung in der Nähe einer Abfalldeponie) aufgeführt.

3.3.1. Gutachtenfall Lünen

Seit einigen Jahren wird in der Umgebung einer Sekundärkupferhütte und verschiedener Firmen im Bereich des Stadthafens in Lünen Grünkohl an zehn Messpunkten (rote nummerierte Punkte) in Gartenbeeten bzw. in Containern mit Einheitserde exponiert.

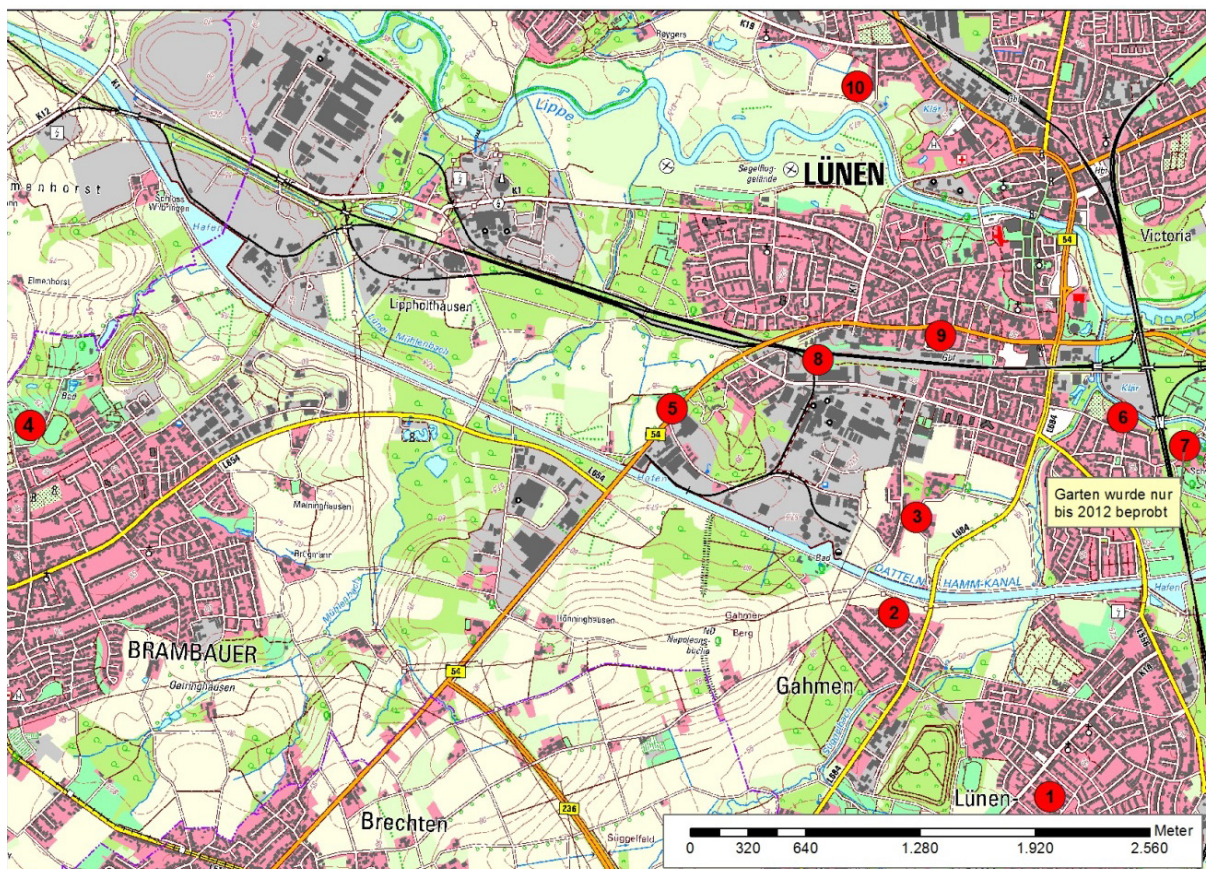


Abbildung 57: Lage der Messpunkte im Gutachtenfall Lünen 2013

Die Messpunkte 8 und 9 befinden sich in unmittelbarer Nähe und in Hauptwindrichtung zu der Sekundärkupferhütte. Drei der Messpunkte (1R, 4R, 10R) stellen Referenzmesspunkte dar, die die Hintergrundbelastung in Lünen widerspiegeln sollen (s. Abbildung 57).

In Abbildung 58 sind die Blei-Gehalte in Grünkohl aus dem Jahr 2013 als Einzelmesswerte gegen die Hintergrundbelastung in NRW aufgetragen. Während die Referenzmesspunkte 1R und 4R, genauso wie der Messpunkt 2, im Bereich der mittleren Hintergrundbelastung in NRW liegen, sind die Werte am vermeintlichen Referenzmesspunkt 10R deutlich erhöht. An den Messpunkten 3, 5, 6, 8, 9 und 10R in Lünen liegen Überschreitungen des 95. Perzentils und des OmHs für Blei vor. An drei Standorten wurde zudem der EU-Höchstgehalt für Blei in Blattgemüse und Blattkohl überschritten. Ganz offensichtlich liegt in Lünen an verschiedenen Messpunkten eine Immissionsbelastung durch Blei vor. Die höchsten Überschreitungen wurden an den Messpunkten 8 und 9 ermittelt, die in Hauptwindrichtung zu der Sekundärkupferhütte liegen, was einen Hinweis auf einen Verursacher dieser Belastungen liefert. Aufgrund der Überschreitung des EU-Höchstgehaltes wurde eine Nichtverzehrempfehlung ausgesprochen.

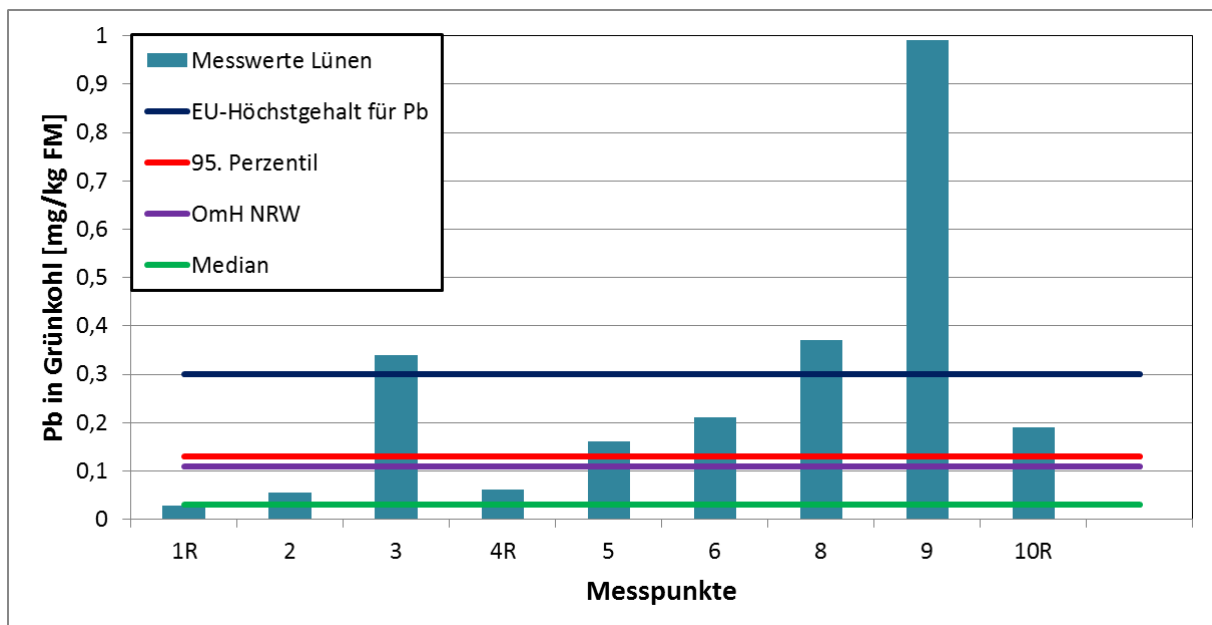


Abbildung 58: Blei-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 92, 1,1 % Ausreißer) sowie Blei-Gehalte am quellennahen Standort in Lünen (Einzelmesswerte der Messpunkte 2013; R = Referenzmesspunkte)

Für Cadmium wurde im Jahr 2013 dagegen in Grünkohl in Lünen keine Überschreitung des EU-Höchstgehaltes gefunden (s. Abbildung 59). Lediglich am Messpunkt 9 konnte eine deutliche, am MP 10R eine leichte Erhöhung gegenüber dem Hintergrund festgestellt werden.

Die Zink-Gehalte in Lünen in 2013 waren an den meisten Messpunkten nur leicht gegenüber der Hintergrundbelastung erhöht (s. Abbildung 60). Allerdings war der Eintrag am Messpunkt 9 auch hier – ähnlich wie bei Blei und Cadmium – deutlich erhöht: Es wurde mit 37 mg/kg FM ein Wert erreicht, der an den quellennahen Standorten des WDMP nicht auftrat.

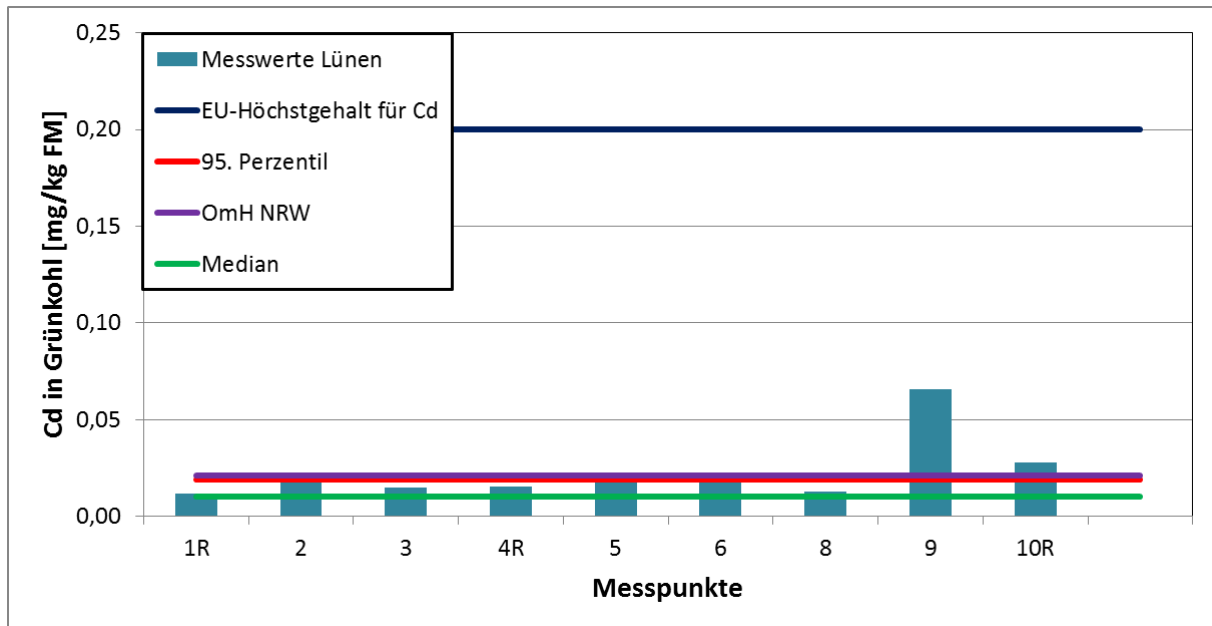


Abbildung 59: Cadmium-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 94, keine Ausreißer) sowie Cadmium-Gehalte am quellennahen Standort in Lünen (Einzelwerte der Messpunkte 2013; R = Referenzmesspunkte)

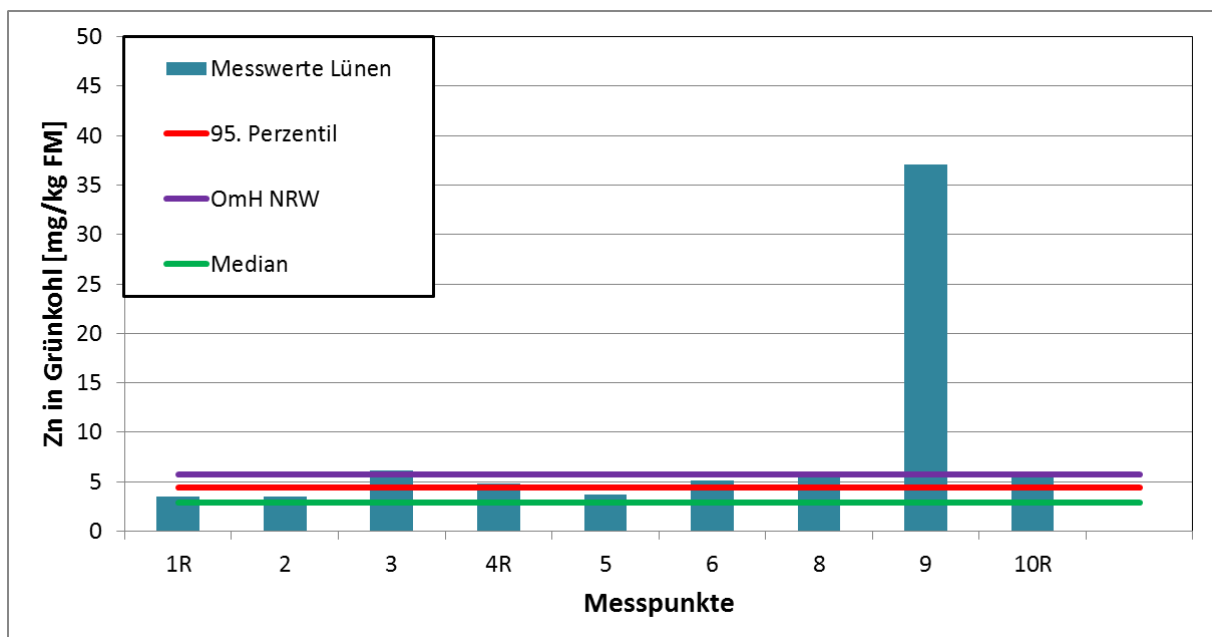


Abbildung 60: Zink-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 93, keine Ausreißer) sowie Zink-Gehalte am quellennahen Standort in Lünen (Einzelwerte der Messpunkte 2013; R = Referenzmesspunkte)

Der Messpunkt 9 in Lünen zeigte in 2013 auch einen gegenüber der Hintergrundbelastung stark erhöhten Gehalt an Nickel (s. Abbildung 61) sowie an Kupfer (s. Abbildung 62). Der Kupfer-Gehalt übertraf die am Verkehrsstandort in Düsseldorf (s. Abbildung 32) gemessenen Gehalte deutlich.

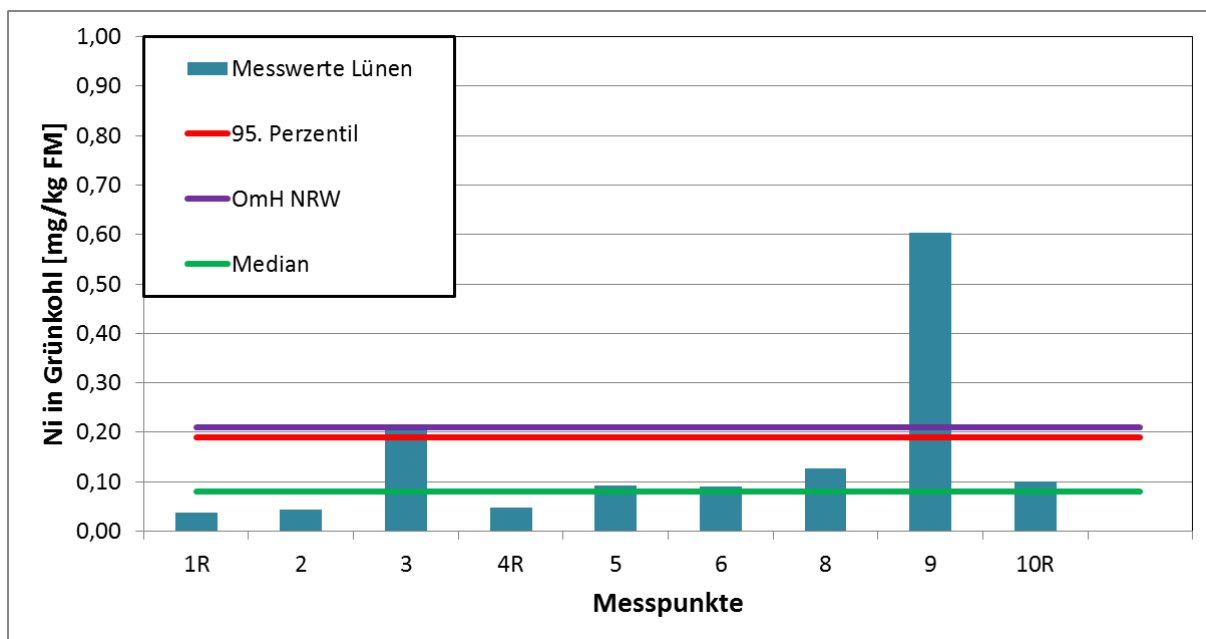


Abbildung 61: Nickel-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 85, keine Ausreißer) sowie Nickel-Gehalte am quellennahen Standort in Lünen (Einzelwerte der Messpunkte 2013; R = Referenzmesspunkte)

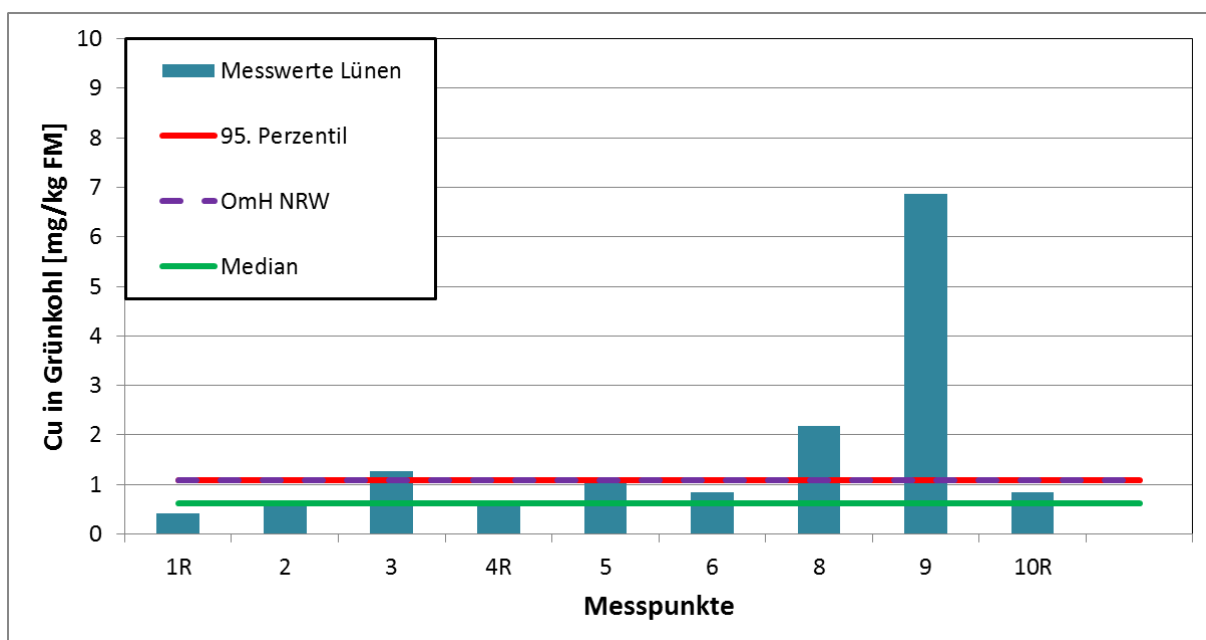


Abbildung 62: Kupfer-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 52, keine Ausreißer) sowie Kupfer-Gehalte am quellennahen Standort in Lünen (Einzelwerte der Messpunkte 2013; R = Referenzmesspunkte)

Die im Jahr 2013 in Lünen gemessenen Chrom-Gehalte in Grünkohl waren an mehreren Messpunkten gegenüber der Hintergrundbelastung erhöht (s. Abbildung 63), was auf einen Eintrag an Chrom an diesem Standort schließen lässt.

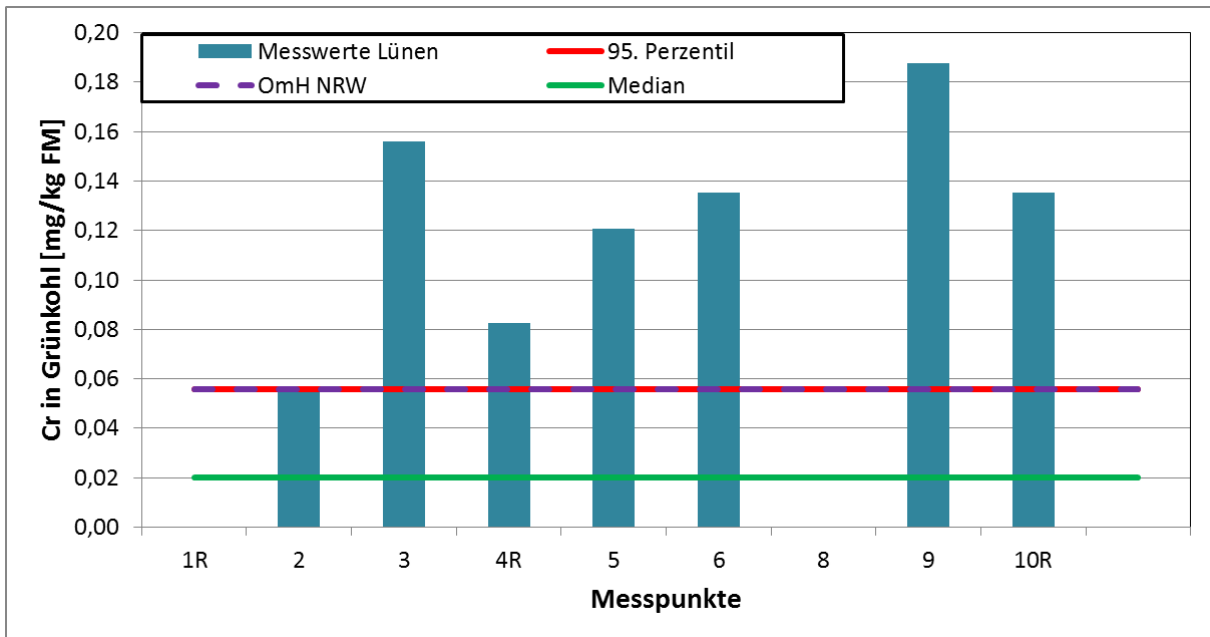


Abbildung 63: Chrom-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2009 – 2013, n = 44, keine Ausreißer) sowie Kupfer-Gehalte am quellennahen Standort in Lünen (Einzelwerte der Messpunkte 2013; R = Referenzmesspunkte)

3.3.2. Gutachtenfall Essen-Kray

Seit vielen Jahren wird die PCB-Belastung in Grünkohl in Essen-Kray im Umfeld eines Recyclingbetriebs, der zwei Betriebsgelände umfasst, ermittelt. Die Messpunkte 1, 2, 3 und 6 liegen in unmittelbarer Nähe zum Betriebsgelände A, der Messpunkt 8 liegt nördlich des Betriebsgeländes B (s. Abbildung 64). Der Messpunkt 12 dient als lokaler Referenzmesspunkt. Der Messpunkt 7 befindet sich außerhalb der Hauptwindrichtung.

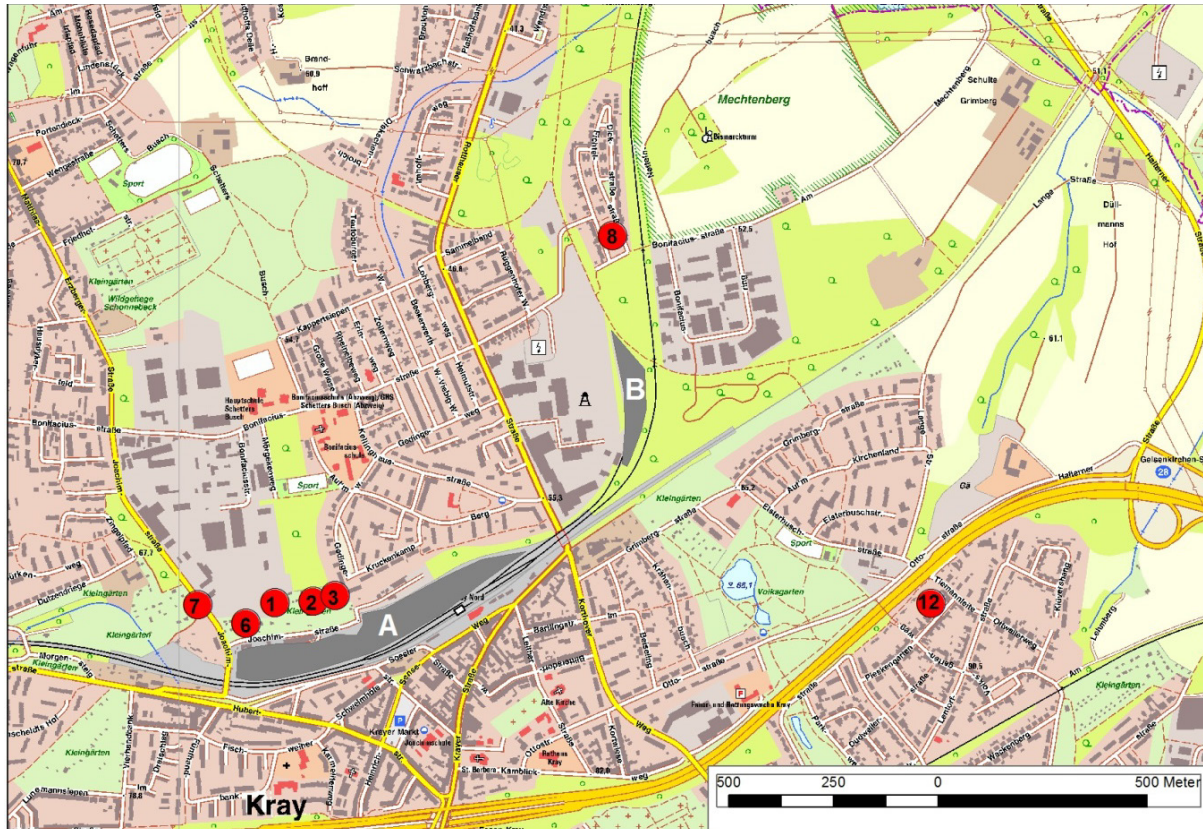


Abbildung 64: Lage der Messpunkte im Gutachtenfall Essen-Kray 2013

Bei Auftragung der PCB_{gesamt}-Gehalte in Grünkohl aus Essen-Kray aus dem Jahr 2013 gegen die Hintergrundbelastung ist zu erkennen, dass an allen Messpunkten erhöhte Werte auftraten (s. Abbildung 65). Das 95. Perzentil und der OmH wurden lediglich am Referenzmesspunkt 12 und am Messpunkt 7 nicht überschritten.

Bei den Gehalten an dl-PCB ergibt sich ein ähnliches Bild: An allen in Essen-Kray untersuchten Messpunkten wurde im Jahr 2013 der EU-Auslösewert für dl-PCB überschritten (s. Abbildung 66). An den Messpunkten, die sich in der Nähe des Recyclingbetriebs befinden, überschritten die ermittelten Werte auch das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung deutlich, was auf eine Immissionsbelastung durch dl-PCB an diesen Messpunkten hinweist.

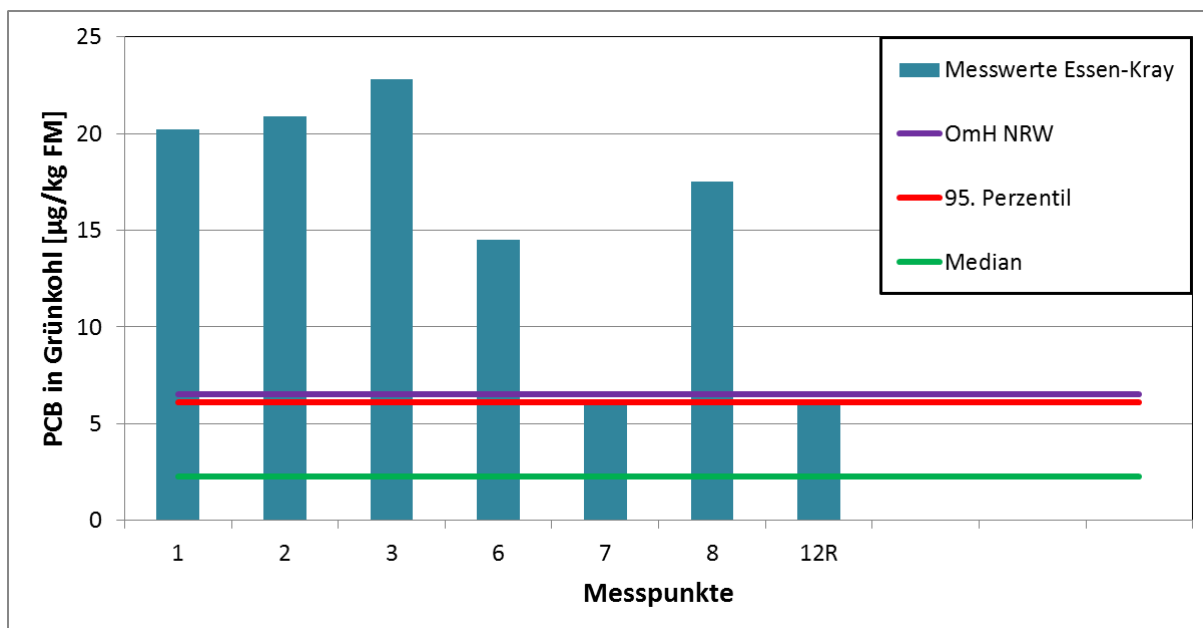


Abbildung 65: PCB_{gesamt}-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 83, keine Ausreißer) sowie PCB_{gesamt}-Gehalte am quellennahen Standort in Essen-Kray (Einzelwerte der Messpunkte 2013; R = Referenzmesspunkte)

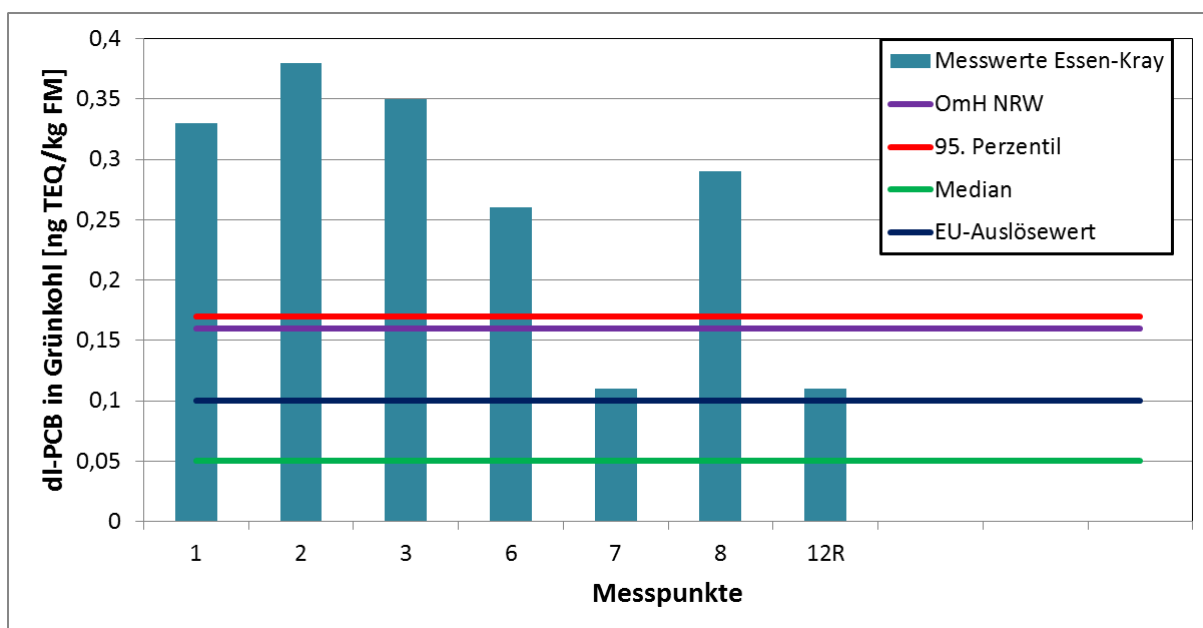


Abbildung 66: dl-PCB-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 79, 3,7 % Ausreißer) sowie dl-PCB-Gehalte am quellennahen Standort in Essen-Kray (Einzelwerte der Messpunkte 2013; R = Referenzmesspunkte)

Auch die PCDD/F-Gehalte waren in Grünkohl in Essen-Kray im Jahr 2013 gegenüber der Hintergrundbelastung erhöht (s. Abbildung 67). Den EU-Auslösewert für PCDD/F überschritten sie allerdings nicht.

Aufgrund der erhöhten PCB_{gesamt}- und dl-PCB-Werte wurde für die an die Betriebsgelände der Recyclingfirma angrenzenden Straßenzüge in Essen-Kray eine Nichtverzehrempfehlung für Blattgemüse und Grünkohl ausgesprochen.

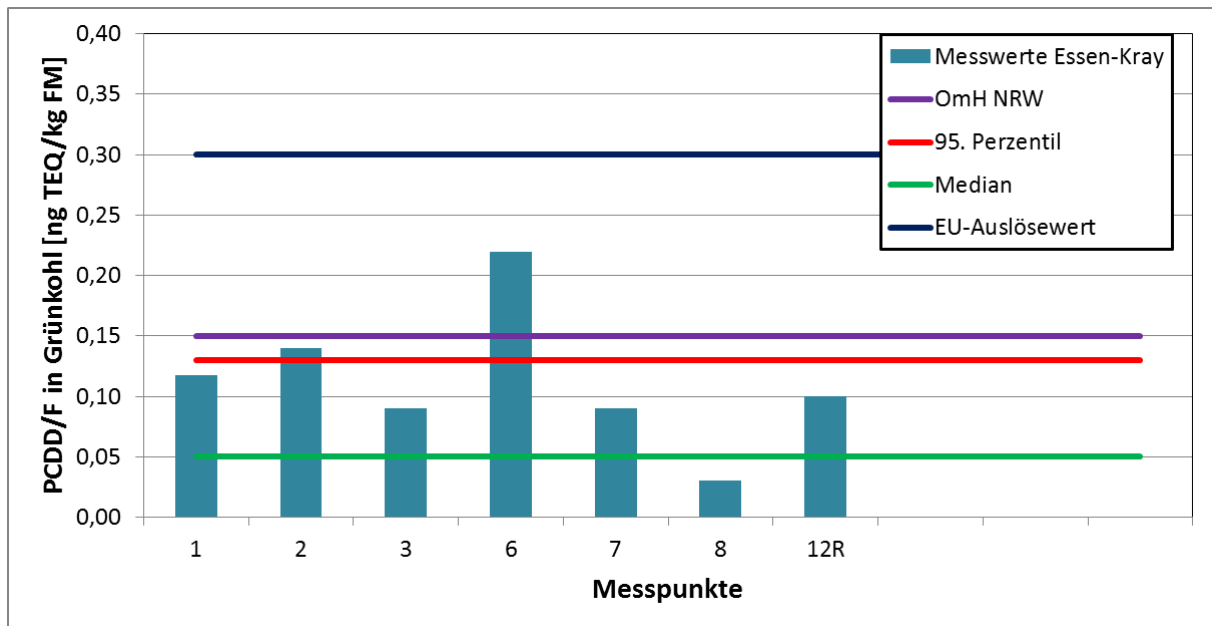


Abbildung 67: PCDD/F-Gehalte in Grünkohl/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 75, 2,6 % Ausreißer) sowie PCDD/F-Gehalte am quellennahen Standort in Essen-Kray (Einzelwerte der Messpunkte 2013; R = Referenzmesspunkte)

3.3.3. Gutachtenfall Kamp-Lintfort

Die Graskultur wird selten im Bereich der Analyse von organischen Schadstoffen in Gutachtenfällen eingesetzt. Im Jahr 2014 wurde allerdings in Kamp-Lintfort mittels der Graskultur ein Transekt von einer Abfalldeponie in ein Wohngebiet hinein untersucht, um kurzfristig einen möglichen Zusammenhang zwischen einem erhöhten PCB-Gehalt in Grünkohl am Messpunkt 4 und der Deponie auszuschließen. Dabei nahm die Entfernung von der Abfalldeponie mit der Reihenfolge der Messpunkte MP 19, MP 18, MP 4 und MP 17 zu (s. Abbildung 68). Es wurden jeweils zwei Messsätze untersucht.

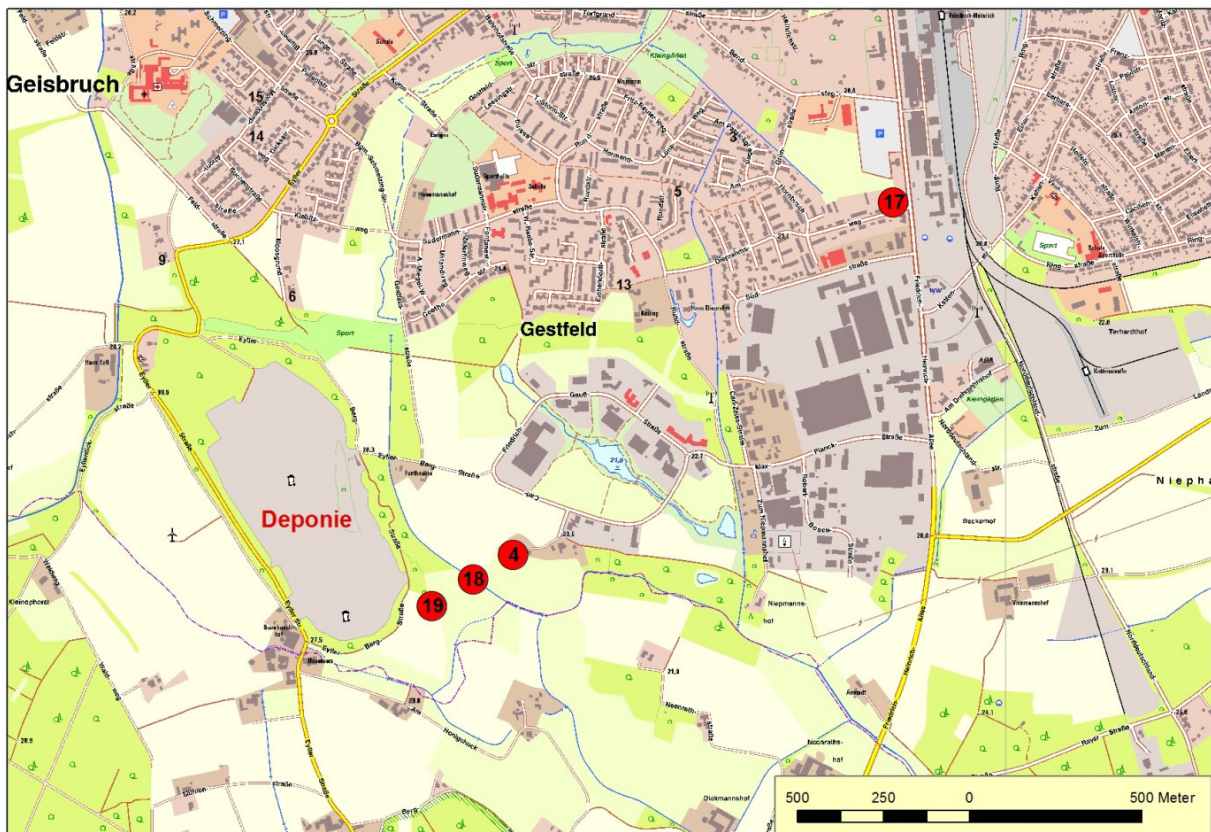


Abbildung 68: Lage der Messpunkte im Gutachtenfall Kamp-Lintfort 2013

Die dl-PCB-Gehalte an den Messpunkten lagen – mit Ausnahme des Messpunktes 4 - auf dem Niveau der Hintergrundbelastung (s. Abbildung 69).

Die PCDD/F-Gehalte in der Graskultur lagen im Bereich des Medians der Hintergrundbelastung in NRW (s. Abbildung 70).

Auf Grundlage dieser Messergebnisse ist von einer lokalen Quelle für dl-PCB am Messpunkt 4 auszugehen.

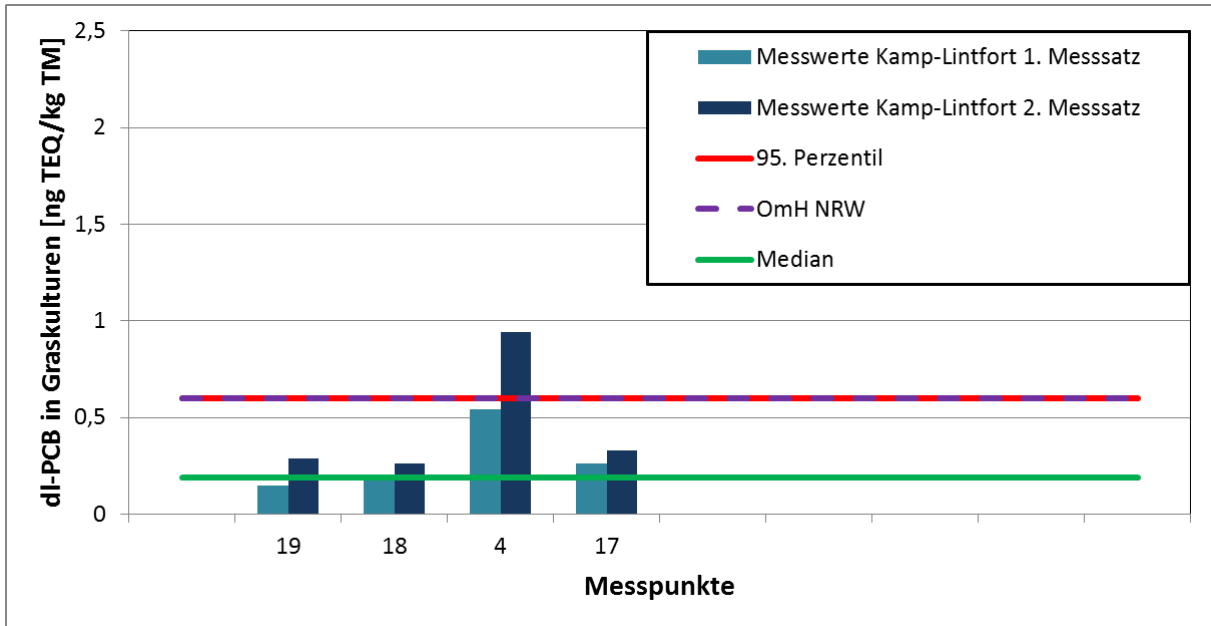


Abbildung 69: dl-PCB-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 48, keine Ausreißer) sowie dl-PCB-Gehalte in Kamp-Lintfort (Einzelwerte der Messpunkte 2014)

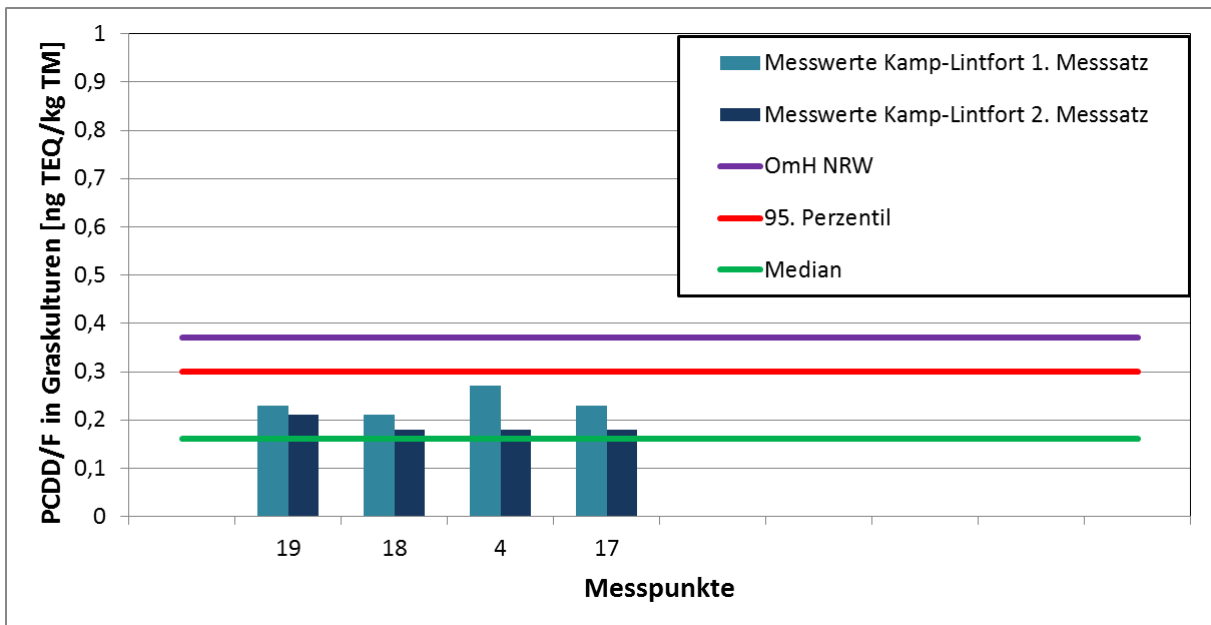


Abbildung 70: PCDD/F-Gehalte in der Graskultur/ Hintergrundbelastung in NRW (Median, 95. Perzentil und OmH als Linien dargestellt; Zeitraum 2004 – 2013, n = 47, 4,3 % Ausreißer) sowie PCDD/F-Gehalte in Kamp-Lintfort (Einzelwerte der Messpunkte 2014)

4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Aus den Daten der Langzeitbeobachtung immissionsbedingter Wirkungen, die in NRW bereits seit mehr als 25 Jahren im Rahmen des Wirkungsdauermessprogrammes (WDMP) durchgeführt wird, wurde die allgemeine Hintergrundbelastung an Schadstoffen unter Einbeziehung unterschiedlicher Standorttypen in NRW ermittelt. Dazu wurden alle gewonnenen Daten ausgewertet und insbesondere die Daten des letzten 10-Jahreszeitraums von 2004 bis 2013 betrachtet, in dem nur noch geringe Veränderungen der Hintergrundbelastung festgestellt werden konnten. Für diesen 10-Jahreszeitraum wurden die Gehalte verschiedener Metalle und Schwermetalle sowie organischer Schadstoffe in der Graskultur und in Grünkohl ermittelt. Daraus wurden der Median und das 95. Perzentil errechnet. Nach der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 wurde der Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) für die Graskultur und auch für Grünkohl bestimmt. Standorte in quellennahen Gebieten wurden einzeln betrachtet. Eine Zusammenstellung der ermittelten Werte für den 10-Jahreszeitraum in der Graskultur findet sich in Tabelle 21 bzw. für die Werte in Grünkohl in Tabelle 22.

Tabelle 21: Orientierungswerte für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) und 95. Perzentil der Hintergrundbelastung für die Graskultur in NRW (Berechnung aus Daten von 2004 – 2013; n = 36 - 619), Angaben für den überregionalen OmH und der Spannweite regionaler OmH nach der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 (*) sowie BAYLFU 2014 (**)

Stoff	Graskultur			
	OmH NRW	Überregionaler OmH (Spannweite regionaler OmH)	95. Perzentil NRW	Einheit
Blei	2,5	0,9 (0,6 – 1,2)*	2,4	mg/kg TM
Cadmium	0,11	0,1 (0,06 – 0,13)*	0,11	mg/kg TM
Zink	51	50 (40 – 71)*	43	mg/kg TM
Nickel	3,7	-	3,4	mg/kg TM
Kupfer	17	12 (9 – 13)*	15	mg/kg TM
Chrom	3,6	0,9 (0,8 – 0,9)*	3,2	mg/kg TM
PCB _{gesamt}	-	-	-	µg/kg TM
dl-PCB	0,60	-	0,60	ng TEQ/kg TM
PCDD/F	0,37	0,15 – 0,53**	0,30	ng TEQ/kg TM
BaP	2,1	-	1,8	µg/kg TM

Die für NRW in der Graskultur für Blei, Kupfer und Chrom bestimmten OmH sind höher als die in der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 angegebenen überregionalen OmH. Bei Zink, Cadmium und PCDD/F stimmen die für NRW ermittelten Werte mit den Literaturwerten überein. Der ermittelte OmH NRW liegt jeweils im Wertebereich des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung.

Tabelle 22: Orientierungswerte für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) und 95. Perzentil der Hintergrundbelastung für Grünkohl in NRW (Berechnung aus Daten von 2004 – 2013; n = 50 - 89)

Stoff	Grünkohl		
	OmH NRW	95. Perzentil NRW	Einheit
Blei	0,11	0,13	mg/kg FM
Cadmium	0,021	0,019	mg/kg FM
Zink	5,8	4,4	mg/kg FM
Nickel	0,21	0,19	mg/kg FM
Kupfer	1,1	1,1	mg/kg FM
Chrom	0,056	0,056	mg/kg FM
PCB _{gesamt}	6,5	6,1	µg/kg FM
dl-PCB	0,16	0,17	ng TEQ/kg FM
PCDD/F	0,15	0,13	ng TEQ/kg FM
BaP	0,65	0,66	µg/kg FM

Auch bei Grünkohl stimmen die ermittelten OmH-Werte gut mit dem 95. Perzentil der Hintergrundbelastung überein.

Die für die Graskultur in der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 dargestellten Werte des OmH aus verschiedenen Regionen (Bayern, Oberösterreich, NRW und Baden-Württemberg) weisen eine große Spannweite auf. Diese zeigt die unterschiedliche Belastung der verschiedenen Regionen auf. Die Ergebnisse der Graskultur in NRW liegen meist oberhalb des OmH in Bayern. Dies gilt insbesondere für Blei und Chrom, aber auch für Kupfer. Die Daten aus der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 sollen zur Orientierung heran gezogen werden, wenn für eine Region keine entsprechenden Daten vorliegen. Da für NRW jedoch ausreichend Daten vorliegen, um eigene Orientierungswerte zu bestimmen, die zeitlich gleitend aktualisiert werden, sollen Ergebnisse in Gutachtenfällen in NRW grundsätzlich anhand der Daten aus den Tabellen 21 und 22 eingeordnet und bewertet werden. Auch für Grünkohl wurden die OmH für NRW in Analogie zu den Vorgaben der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 für die Graskultur errechnet. Vergleichende OmH-Werte mit überregionalem Bezug liegen für Grünkohl allerdings nicht vor.

Gemäß der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 sind Werte oberhalb des überregionalen OmH ein Hinweis auf einen zusätzlichen quellenbedingten Eintrag. Die Anwendungsbeispiele (Kapitel 3.3) bestätigen diesen Ansatz und zeigen, dass dies auch für die Ergebnisse der Graskultur und des Grünkohls aus NRW anwendbar ist. Da bei beiden untersuchten Pflanzenarten das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung und der jeweils ermittelte OmH weitestgehend übereinstimmen, kann das 95. Perzentil analog zum OmH gemäß der Richtlinie VDI 3857 Blatt 2 eingesetzt werden. Demnach wäre auch eine Überschreitung des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung ein Hinweis auf einen zusätzlichen quellenbedingten Eintrag. Das 95. Perzentil und hierauf basierende Schlussfolgerungen sind einfacher zu vermitteln und zu

verstehen als der noch weitgehend unbekannte OmH, weshalb in Zukunft in Gutachtenfällen des LANUV anstelle des OmHs vorwiegend das 95. Perzentil als Berechnungsgröße zur Anwendung kommt.

In der Graskultur werden deutlich höhere Gehalte an **Schwermetallen** in der Trockenmasse ermittelt als in den Grünkohlpflanzen. Das liegt unter anderem daran, dass der Grünkohl bei der küchenfertigen Aufarbeitung gründlich gewaschen wird. Anhaftende Staubpartikel werden dadurch entfernt und nicht der Analyse zugeführt. Dementsprechend ist bei den Graskulturen auch eine bessere Korrelation der ermittelten Gehalte einer Substanz im Staubbiederschlag mit den Gehalten in den Pflanzen gegeben (z. B. Abbildung 4). Ob dennoch Schwermetalle in Grünkohlpflanzen detektiert werden, hängt u. a. auch von der Art der Beläge auf den Blättern ab. Sind diese z. B. schmierig oder ölig, können auch schwermetallhaltige Stäube ggf. nicht abgewaschen werden. Außerdem könnten metallorganische Verbindungen vorliegen, die fest in die Kutikula der Blätter aufgenommen werden können. Bei der Interpretation der Schwermetall-Gehalte sollte deshalb beachtet werden, dass bei Grünkohl ein erheblicher Teil der vorhandenen Immissionsbelastung in Form von nicht adsorbierten Stäuben abgewaschen und damit nicht detektiert werden kann. Das kann dazu führen, dass an einem Standort bei Grünkohl keine Erhöhung der Gehalte über den Hintergrundwerten ermittelt wird, obwohl tatsächlich ein quellenbedingter Eintrag vorliegt.

Bei der Ermittlung von Schwermetallen zur Ursachenfindung/ Identifizierung einer Quelle bietet sich aufgrund dieser Tatsache die Graskultur gegenüber dem Einsatz des Grünkohls an. Zudem ist die Graskultur über den gesamten Vegetationszeitraum von Mai bis Oktober einsetzbar und kann bereits nach vier Wochen geerntet und analysiert werden. Soll allerdings eine Bewertung der Belastung des Menschen durch den Verzehr von Nahrungspflanzen erfolgen, so sollte die Grünkohlexposition - ggf. zusätzlich zur Graskultur - zum Einsatz kommen.

Auch wenn die Immissionen der meisten **Schwermetalle** in den letzten 25 Jahren zurückgegangen sind, gibt es auch heute noch in NRW Bereiche, an denen deutlich höhere Gehalte in Pflanzen ermittelt werden als in der Hintergrundbelastung. Dazu zählen die untersuchten quellennahen Standorte:

- Im Bereich des **Duisburger Hafens** findet man in der Graskultur gegenüber der Hintergrundbelastung (95. Perzentil) und dem OmH deutlich erhöhte Blei-, Cadmium-, Zink-, Nickel- und Chrom-Gehalte. In Grünkohl zeigen sich dort ebenfalls in einigen Jahren Überschreitungen des 95. Perzentils/ OmHs für Blei, Zink und Chrom. Die erhöhten Einträge in Duisburg lassen sich durch die dort ansässigen Stahlwerke, die Umschläge im Hafen und die Aktivitäten auf der „Schrottinsel“ sowie zahlreicher kleiner Firmen erklären. Die höchsten Gehalte dieser Schwermetalle werden allerdings am Belastungsschwerpunkt in Lünen in der Umgebung einer Sekundärkupferhütte gemessen.
- Am Verkehrsstandort in **Düsseldorf** sind die Kupfergehalte in der Graskultur deutlich, die Blei-, Zink-, Cadmium-, Nickel- und Chrom-Gehalte leicht gegenüber der Hintergrundbelastung/ dem OmH erhöht. In Grünkohl zeigt sich diese Erhöhung ebenfalls deutlich bei Kupfer und in einigen Jahren auch bei Blei, Zink, Nickel und Chrom. Insbesondere Kupfer und Zink werden durch den Bremsabrieb von Kraftfahrzeugen frei und erklären die hier stark erhöhten Gehalte.

- In der Nähe der Kokerei in **Bottrop** sind dagegen die Blei-, Zink- und Nickel-Gehalte in der Graskultur und in Grünkohl nur geringfügig bzw. in einigen Jahren zumindest gegenüber der Hintergrundbelastung erhöht.

Bei den untersuchten **organischen Substanzen** sind die Gehalte im Grünkohl höher als in der Graskultur. Da der Grünkohl auf den Blattoberflächen über eine sehr starke, wachshaltige Kutikula verfügt, ist er in der Lage lipophile, organische Schadstoffe zu binden und zu akkumulieren. Zudem werden die Grünkohlpflanzen länger exponiert als die Graskulturen. Dies führte dazu, dass bei den Graskulturen 44 % der PCB_{gesamt}-Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen und demnach keine Auswertung erfolgen konnte. Vor diesem Hintergrund ist zur Ermittlung organischer Schadstoffe an einem Standort die Grünkohlexposition trotz der küchenfertigen Aufarbeitung das bessere Verfahren.

In Zusammenhang mit der Hintergrundbelastung an dl-PCB ist darauf hinzuweisen, dass der in der Europäischen Union festgelegte Auslösewert für dl-PCB (0,1 ng TEQ_{WHO2005}/kg FM (Empfehlung 2013/711/EU)), bei dessen Überschreitung Untersuchungen zur Ermittlung der Kontaminationsquelle eingeleitet und Maßnahmen zur Beschränkung oder Beseitigung der Kontaminationsquelle getroffen werden sollen, in NRW teilweise überschritten wird. Allerdings legt dies in NRW noch nicht, wie in Kapitel 3.2.8 beschrieben, das Vorhandensein einer Emissionsquelle nahe. Weitere Maßnahmen resultierten erst bei Überschreitung des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung in NRW.

Auch bei den **organischen Schadstoffen** gibt es Standorte, bei denen die Gehalte gegenüber der Hintergrundbelastung erhöht sind:

- Der quellennahe Standort im **Duisburger Hafen** weist in der Graskultur gegenüber der Hintergrundbelastung (95. Perzentil) und dem OmH deutlich erhöhte PCDD/F-, dl-PCB- und BaP-Gehalte auf. In Grünkohl treten an diesem Standort in 60 – 70 % der untersuchten Jahre erhöhte PCDD/F-, PCB_{gesamt}-, dl-PCB- und BaP-Gehalte auf.
- Am Standort **Dortmund** findet man unter dem Einfluss verschiedener Recyclingunternehmen in der Graskultur deutlich höhere PCDD/F-, dl-PCB- und BaP-Gehalte als die Hintergrundbelastung. In Grünkohl sind die PCB_{gesamt}- und dl-PCB-Gehalte in 60 – 70 % der Jahre deutlich gegenüber dem Hintergrund erhöht. Die in Dortmund ermittelten Gehalte werden bei den aktuellen Untersuchungen im Rahmen von Gutachtenfällen nur von den Werten in Essen-Kray in der Umgebung eines Recyclingbetriebes erreicht.
- Am Verkehrsstandort in **Düsseldorf** werden in der Graskultur gegenüber der Hintergrundbelastung (95. Perzentil) und dem OmH deutlich erhöhte PCDD/F-, dl-PCB- und BaP-Gehalte ermittelt. In Grünkohl waren die PCDD/F-Gehalte in 10 % der untersuchten Jahre, die dl-PCB-Gehalte in 20 %, die PCB_{gesamt}-Gehalte in 40 % und die BaP-Gehalte in 50 % der Jahre gegenüber dem 95. Perzentil der Hintergrundbelastung /dem OmH erhöht.
- In **Bottrop** sind in der Nähe einer Kokerei in der Graskultur die PCDD/F- und PAK-Gehalte (BaP) deutlich gegenüber der Hintergrundbelastung (95. Perzentil)/ dem OmH erhöht. In Grünkohl findet man in 20 % der untersuchten Jahre erhöhte dl-PCB-Gehalte und in 90 % der Jahre deutlich erhöhte BaP-Gehalte. Da BaP durch die Verbrennung von Kohle und Erdöl frei wird, liegen die Gründe für die ermittelten Immissionsbelastungen auf der Hand.

Es konnte gezeigt werden, dass die auf Basis der im WDMP ermittelten Daten berechneten 95. Perzentile der Hintergrundbelastung bzw. die Orientierungswerte für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) zur Bewertung von Einzelergebnissen, z. B. aus Gutachtenfällen, sowohl für die Graskultur als auch für Grünkohl herangezogen werden können. Dabei erfolgen die Berechnungen des 95. Perzentils und des OmH auf der Basis der aktuellen Messwerte des WDMP für den jeweils aktuellen 10-Jahreszeitraum. Da bei beiden untersuchten Pflanzenarten das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung und der jeweils ermittelte OmH gut übereinstimmen, wird zukünftig das 95. Perzentil als Maßstab für eine vorliegende Immissionsbelastung zur Anwendung kommen und damit die Grundlage einer einheitlichen Bewertung von Gutachtenfällen durch das LANUV sein.

5 Literatur

- ALTENBECK, P. & L. RADERMACHER 2004: Langzeitbeobachtung immissionsbedingter Wirkungen in NRW, Landesumweltamt NRW, 2004
- BALLSCHMITER, K. & M. ZELL 1980: Analysis of polychlorinated biphenyls (PCB) by glass capillary gas chromatography. Fresenius Z. Anal. Chem. 302, S. 20 – 31, 1980
- BAYLFU 2014: Orientierungswerte für die maximale Hintergrundbelastung (OmH) für organische Schadstoffe im ländlichen Raum, Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2014
- Empfehlung 2013/711/EU: Empfehlung der Kommission vom 03.12.2013 zur Reduzierung des Anteils von Dioxinen, Furanen und PCB in Futtermitteln und Lebensmitteln, Amtsblatt der Europäischen Union, L 323/37
- RADERMACHER, L. & H. RUDOLPH 1994: Grünkohl als Bioindikator – ein Verfahren zum Nachweis von organischen Substanzen in Nahrungsmitteln, UWSF-Z. Umweltche. Ökotox 6 (6), 1994
- Richtlinie VDI 4320 Blatt 2: Messung atmosphärischer Deposition nach der Bergerhoff-Methode, 2012
- Richtlinie VDI 3857 Blatt 2: Beurteilungswerte für immissionsbedingte Stoffanreicherungen in standardisierten Graskulturen – Orientierungswerte für maximale Hintergrundgehalte ausgewählter anorganischer Luftverunreinigungen, 2014
- Richtlinie VDI 3957 Blatt 2: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) – Verfahren der standardisierten Graskultur, 2003
- Richtlinie VDI 3957 Blatt 3: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) Verfahren der standardisierten Exposition von Grünkohl, 2000
- Verordnung 1881/2006/EG: Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19.12.2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln, Amtsblatt der Europäischen Union, L 364/5

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen
Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de

