



Untersuchungsbericht zur Immissionsbelastung von Nahrungspflanzen in Lünen

2015

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Fachbereich 31 Immissionswirkungen Wallneyer Straße 6 45133 Essen Recklinghausen (April 2016)
Autorin	Dr. Katja Hombrecher katja.hombrecher@lanuv.nrw.de
Mitwirkende	Dr. Ralf Both, Marcel Buss, Alexandra Müller-Uebachs, Jürgen Schmidt, Ludwig Radermacher (alle FB 31), Udo van Hauten (FB 32), FB 33 (Gesundheitliche Bewertung)
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

Inhalt

1	Einleitung.....	3
2	Methodik.....	3
3	Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen	5
3.1	Blei-Gehalte	5
3.2	Cadmium-Gehalte	8
3.3	Chrom-Gehalte.....	10
3.4	Nickel-Gehalte.....	12
3.5	Arsen-Gehalte	14
3.6	Kupfer-Gehalte.....	17
3.7	Zink-Gehalte	19
4	Gesundheitliche Bewertung der Ergebnisse	21
4.1	Blei-Belastung	21
4.2	Cadmium-Belastung.....	21
4.3	Chrom-Belastung	22
4.4	Nickel-Belastung	23
4.5	Arsen-Belastung.....	25
4.6	Kupfer-Belastung	27
4.7	Zink-Belastung	28
4.8	Fazit der gesundheitlichen Bewertung.....	29
5	Zusammenfassung	30
6	Weitere Vorgehensweise:.....	31
7	Anlage	32
8	Literatur	34

1 Einleitung

Seit 2009 (Erlass MUNLV vom 12.03.2009) werden in Lünen im Umfeld der Firma Aurubis und des Stadthafens Untersuchungen von Nahrungspflanzen vorgenommen. Aufgrund der Überschreitung des EU-Höchstgehaltes für Blei besteht eine Nichtverzehrempfehlung für Grünkohl und andere Blattgemüse, wie etwa Mangold und Spinat. Im Jahr 2015 wurde außerdem empfohlen am Messpunkt 1R aufgrund der Arsenbelastung auf den Verzehr von Endivie und anderen der mittleren Anreicherungsklasse angehörenden Blattgemüse, wie etwa Spinat, Pflücksalat, Feldsalat und Mangold, zu verzichten (s. LANUV-Bericht vom 12.11.15). Der Verzehr von Endivie am Messpunkt 3 sollte wegen der Nickelbelastung auf bis zu fünfmal pro Woche beschränkt werden.

Vor diesem Hintergrund wurden die Untersuchungen im Jahr 2015 durch die Exposition von Nahrungspflanzen (Grünkohl und Endivie) in Haus- und Kleingärten fortgeführt. Ziel der Untersuchungen sollte es zum einen sein die angebauten Nahrungspflanzen gesundheitlich zu bewerten und damit die Notwendigkeit zu prüfen, ob die Nichtverzehrempfehlung aufrecht erhalten werden muss. Zum anderen sollten die Ursachen für ggfls. gegenüber der Hintergrundbelastung erhöhte Schwermetallgehalte in den Nahrungspflanzen näher beleuchtet werden. Im Folgenden werden die Vorgehensweise und die Ergebnisse zunächst detailliert betrachtet und abschließend zusammengefasst.

2 Methodik

Die Messpunkte in Lünen 2015 sind in der Abbildung 1 dargestellt: Die Messpunkte 8, 11, und 6 liegen nördlich bis nordöstlich und damit in Hauptwindrichtung der Fa. Aurubis; der MP 5 liegt nördlich bzw. nordwestlich des Stadthafens (westlich der Fa. Aurubis); der MP 3 liegt östlich des Stadthafens und der Fa. Aurubis und die MP 1R, 4R und 10R dienen als Referenzmesspunkte. Die Messpunkte 2, 7 und 9 standen im Jahr 2015 nicht mehr zur Verfügung.

An allen Messpunkten wurde Endivie (07.07. – 02.09.15) und Grünkohl (03.08. – 09.11.15) im Beet exponiert. Zusätzlich wurde Grünkohl an den MP 4, 5, 8 und 11 in einem Container mit Einheitserde exponiert (03.08. – 09.11.15).

Das Untersuchungsprogramm und die Analysen wurden 2015 durch die Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) NRW im Auftrag des LANUV durchgeführt.

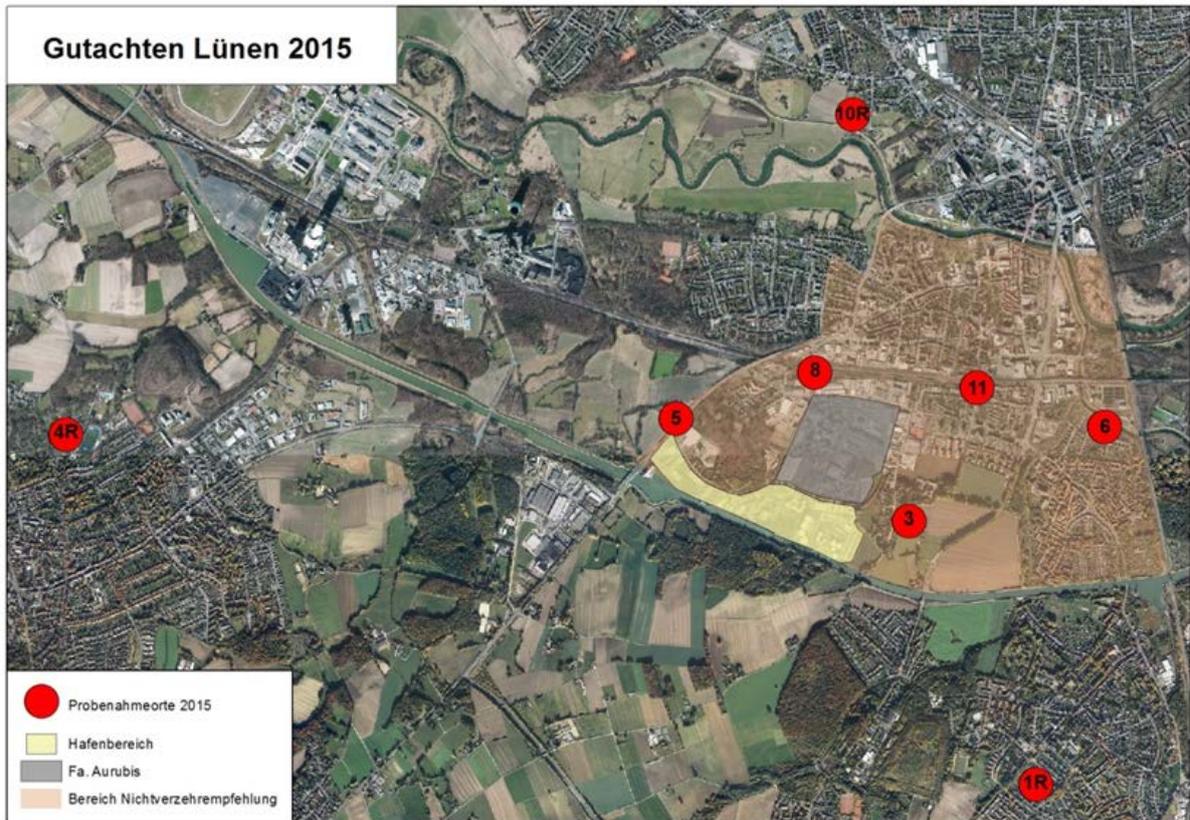


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet mit den Messpunkten 2015, den Industriearalen des Stadthafens und der Fa. Aurubis sowie dem Bereich der bestehenden Nichtverzehrsempfehlung

Pro Messpunkt wurde ein Beet von etwa 2 x 3 m Größe angelegt, in das 10 Grünkohlpflanzen gesetzt wurden. Zusätzlich wurde an vier Messpunkten ein Container aufgestellt, der mit Einheitserde (ED 73) gefüllt und durch Textildochte mit einer automatischen Wasserversorgung verbunden war. Bei der Grünkohlexposition wurden pro Container 5 Pflanzen ausgebracht und nach einem Monat wurde die schwächste Pflanze entfernt. Die Pflanzen wurden nach 57 Tagen (Endivie) bzw. 98 Tagen Expositionszeit (Grünkohl) geerntet. Bei der Ernte wurden jeweils alle verzehrfähigen Blätter entnommen. Bei der Landwirtschaftskammer NRW erfolgte die küchenfertige Aufarbeitung der Proben zu einer homogenen Mischprobe je Messpunkt. Es gelangten nur die Teile der Pflanzen zur weiteren Aufarbeitung, die üblicherweise verzehrt werden. Das Pflanzenmaterial wurde gründlich gewaschen, schockgefroren und anschließend getrocknet. Nach dem Vermahlen wurde das Pflanzenmaterial auf die Gehalte an Blei, Cadmium, Chrom, Nickel, Arsen, Kupfer und Zink untersucht.

3 Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen

Die Beurteilung der ermittelten Schadstoff-Gehalte der in Lünen exponierten Grünkohlpflanzen erfolgt anhand der Hintergrundbelastung in Grünkohl, die auf Grundlage von Messwerten des Wirkungsdauermessprogramms aus dem Zeitraum von 2005 bis 2014 an zehn nicht durch eine Quelle beeinflussten Messpunkten in NRW ermittelt wurde (s. LANUV-Fachbericht 61 2015). Zusätzlich wurden für Blei und Cadmium die in der EU nach der Verordnung EU/420/2011 zulässigen Höchstgehalte in Blatt- und Kohlgemüse als Beurteilungsmaßstab heran gezogen.

3.1 Blei-Gehalte

Die im Jahr 2015 ermittelten Blei-Gehalte in Grünkohl befinden sich mit Werten von 0,04 (MP 1R) bis 0,36 mg/kg FM (MP 5) teilweise deutlich über dem 95. Perzentil der Hintergrundbelastung in NRW (s. Abbildung 2 sowie Tabelle 1 im Anhang). Das 50. Perzentil der Hintergrundbelastung beträgt in Grünkohl 0,02 mg/kg FM; das 95. Perzentil 0,11 mg/kg FM.

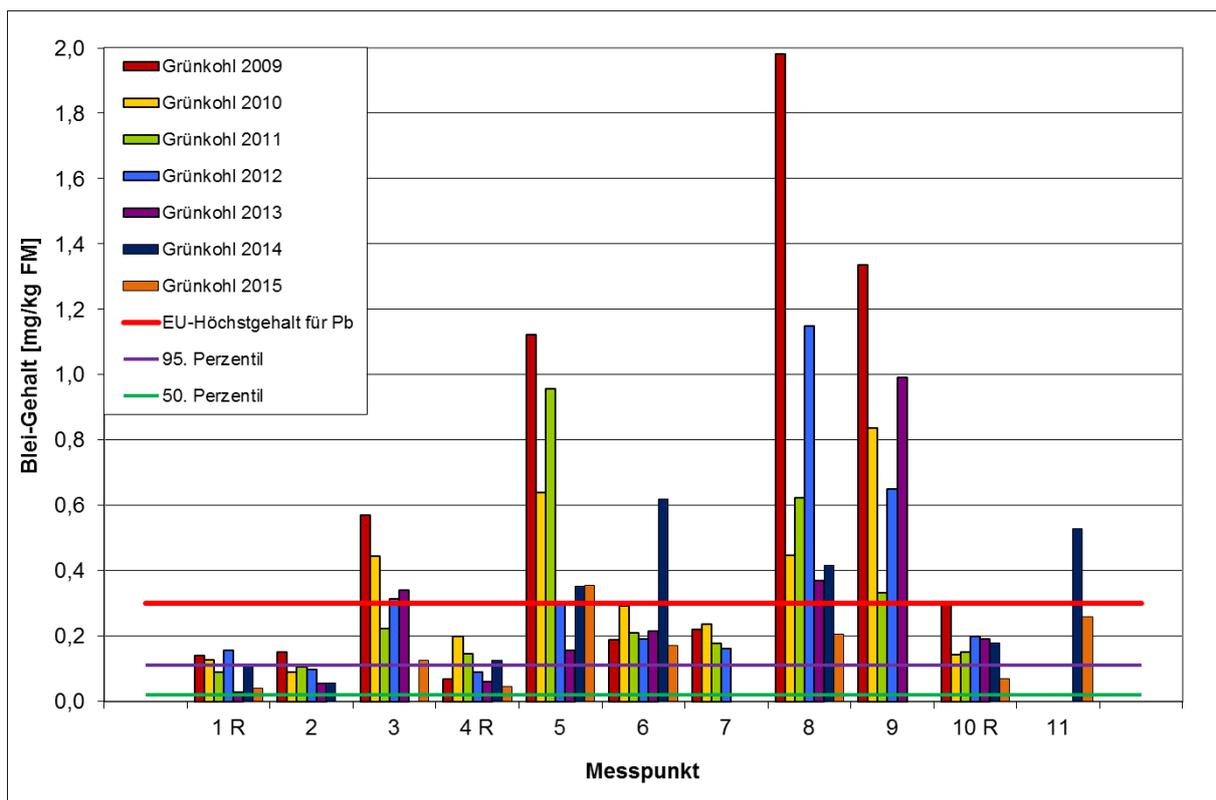


Abbildung 2: Blei-Gehalte in Grünkohl [mg/kg FM] im Beet an allen Messpunkten in Lünen, Hintergrundgehalte in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 95; Daten von 2005 – 2014), EU-Höchstgehalt für Blei

Das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung wurde 2015 in den im Beet exponierten Grünkohlpflanzen an den Messpunkten 3, 5, 6, 8 und 11 überschritten. Das war auch bei dem im Container exponierten Grünkohl an den Messpunkten 5, 8 und 11 der Fall (s. Abbildung 3, Tabelle 8 im Anhang). Dies weist auf einen aktuellen immissionsbedingten Eintrag von Blei hin, der aber – außer am MP 5 - deutlich geringer ist als in den Vorjahren.

Der in der EU zulässige Höchstgehalt für Blei in Blatt- und Kohlgemüse von 0,30 mg/kg FM (Verordnung EU Nr. 420/2011) wird im Jahr 2015 nur am MP 5 in den im Beet exponierten Grünkohlpflanzen (s. Abbildung 2 und 3) überschritten.

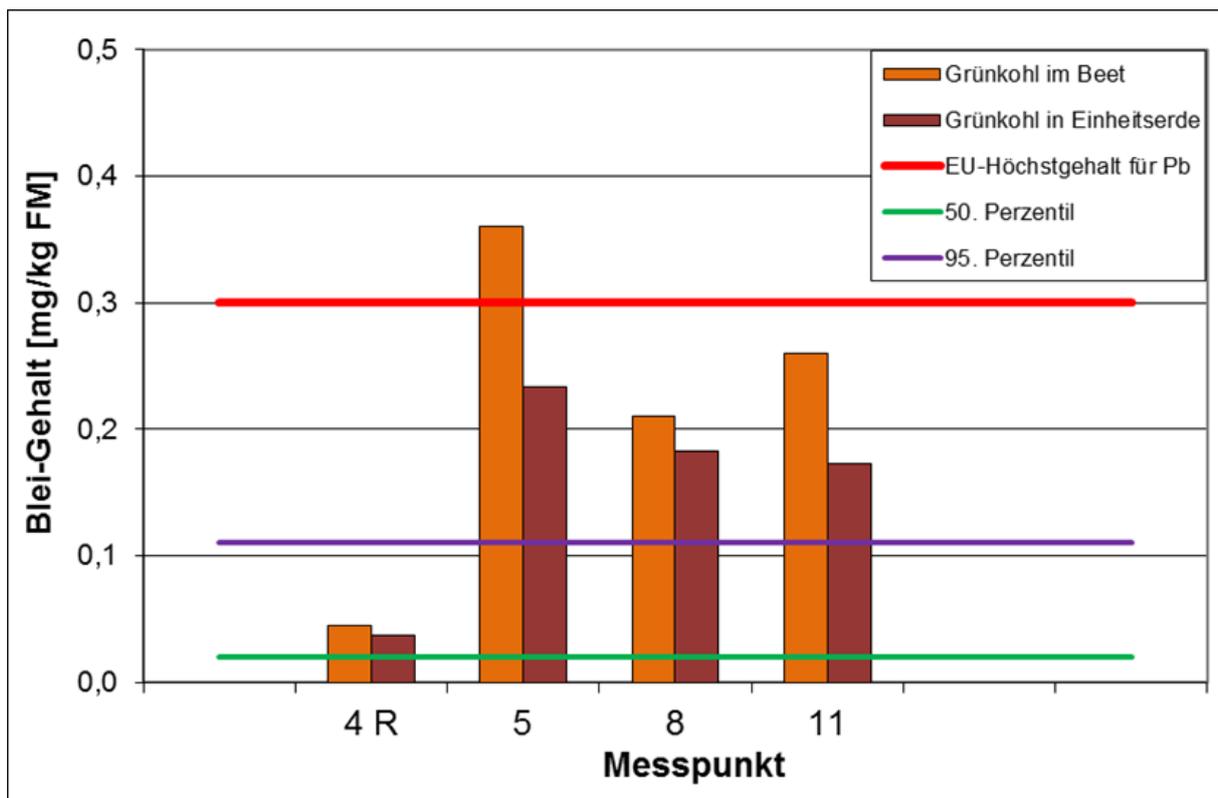


Abbildung 3: Blei-Gehalte 2015 in Grünkohl [mg/kg FM] im Beet und im Container an den Messpunkten in Lünen, Hintergrundbelastung in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 95; Daten von 2005 – 2014), EU-Höchstgehalt für Blei

In Abbildung 3 sind zur besseren Übersicht die Messpunkte dargestellt, an denen sowohl Grünkohl in den Beeten als auch in Containern exponiert war. Es zeigt sich, dass die Blei-Gehalte der Grünkohlpflanzen im Beet an allen vier untersuchten Messpunkten etwas höher als die Blei-Gehalte in den Grünkohlpflanzen liegen, die in Containern mit Einheitserde exponiert wurden (s. Abbildung 3). Möglicherweise reicherten die Beetpflanzen zusätzlich zu der vorliegenden Immissionsbelastung auch durch den Boden (z. B. über den Verschmutzungspfad) Blei an. Eine systemische Aufnahme von Blei aus dem Boden (über den Wurzel-pfad) ist nach den Untersuchungen aus dem Eintragspfadeversuch des LANUV von 2014 eher auszuschließen.

Infolgedessen muss von einer immissionsbedingten Belastung des Grünkohls durch Blei im Jahr 2015 ausgegangen werden, die allerdings geringer war als in den Vorjahren.

Die im Jahr 2015 ermittelten Blei-Gehalte in der Endivie betragen zwischen 0,025 (MP 10R) und 0,19 mg/kg FM (MP 4R) (s. Abbildung 4 sowie Tabelle 1 im Anhang). Für die Endivie liegen derzeit keine Vergleichswerte für die Hintergrundbelastung in NRW vor. Der zulässige EU-Höchstgehalt wird 2015 an allen Messpunkten unterschritten.

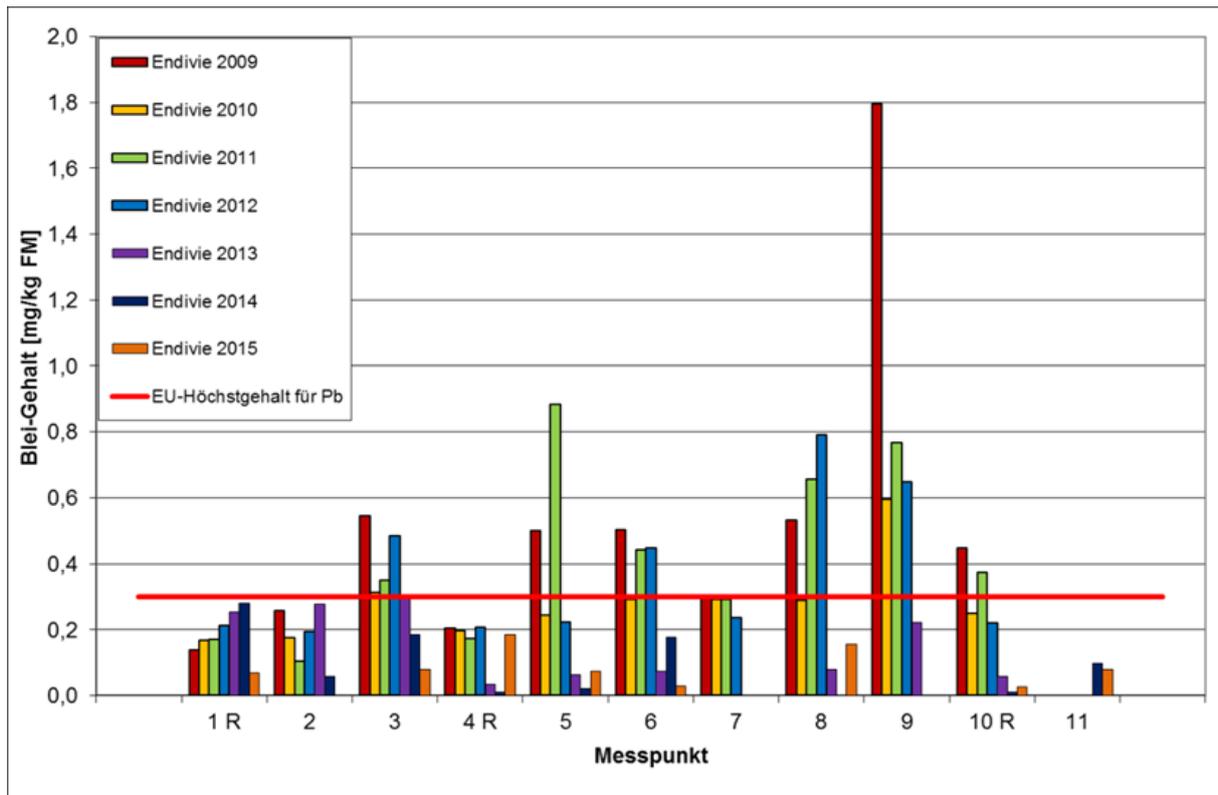


Abbildung 4: Blei-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Lünen, EU-Höchstgehalt

Anders als bei Grünkohl führt der Eintrag von Blei bei Endivie im Jahr 2015 wie auch in den Vorjahren 2013 und 2014 nicht zu Überschreitung des EU-Höchstgehaltes.

Da sich die Expositionszeiten von Endivie und Grünkohl unterscheiden, könnten Blei-Immissionen möglicherweise nur bzw. verstärkt im Zeitraum zwischen Mitte August und November 2015 aufgetreten sein. Auch ist es wahrscheinlich, dass die Endivie aufgrund der geringen Standzeit und der schlechteren Anströmbarkeit geringere Mengen an Blei aus der Luft aufnimmt als der Grünkohl.

3.2 Cadmium-Gehalte

Die im Jahr 2015 ermittelten Cadmium-Gehalte in Grünkohl betragen zwischen 0,01 mg/kg FM (MP 8) und 0,022 mg/kg FM an den Messpunkten MP 5 und 6 (s. Abbildung 5 sowie Tabelle 2 im Anhang). Das 50. Perzentil der Hintergrundbelastung beträgt in Grünkohl 0,01 mg/kg FM; das 95. Perzentil 0,018 mg/kg FM. An den Messpunkten 5, 6 und 11 wird damit in dem im Beet exponierten Grünkohl das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung in NRW überschritten. Der EU-Höchstgehalt für Cadmium in Blatt- und Kohlgemüse wird allerdings weit unterschritten.

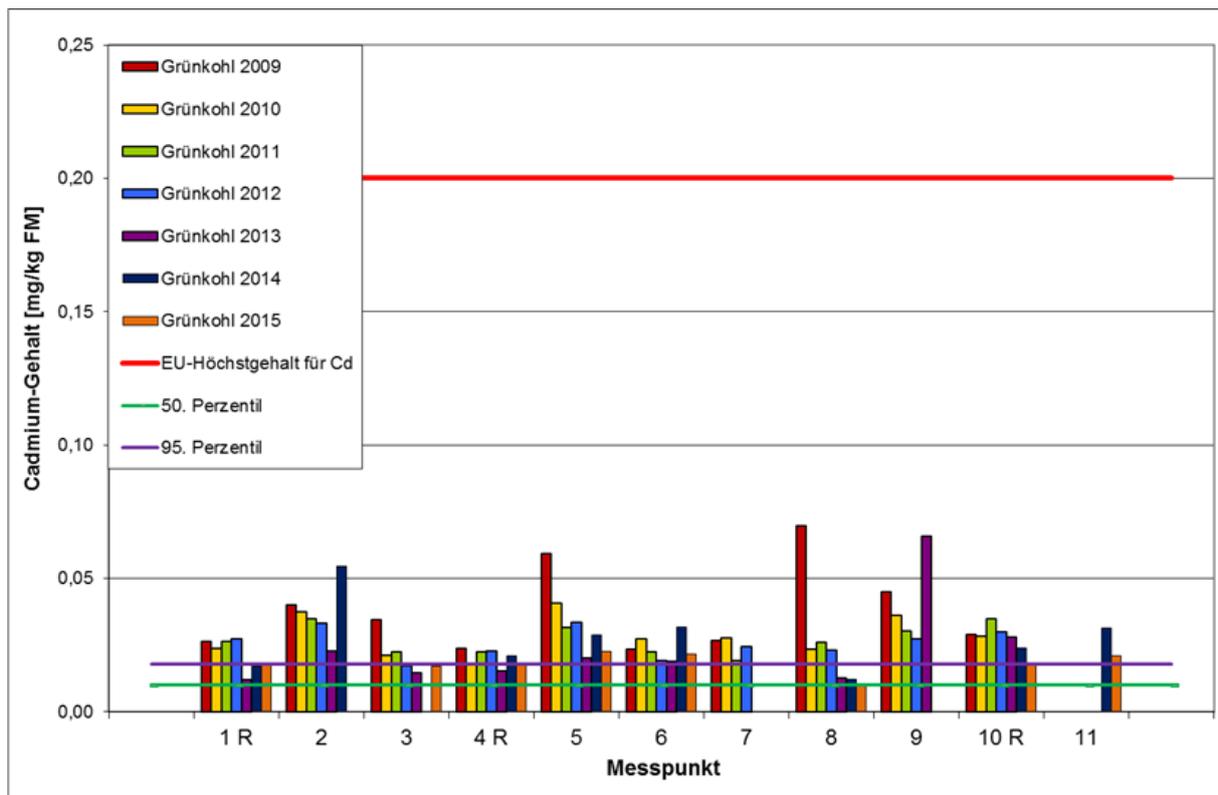


Abbildung 5: Cadmium-Gehalte in Grünkohl [mg/kg FM] im Beet an allen Messpunkten in Lünen, Hintergrundbelastung in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 98; Daten von 2005 – 2015), EU-Höchstgehalt für Cadmium

Auch die Cadmium-Gehalte der Grünkohlpflanzen, die 2015 in einem Container mit Einheitserde exponiert wurden, liegen alle unterhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung (s. Abbildung 6 sowie Tabelle 8 im Anhang) und damit (bis auf den MP 8) deutlich niedriger als die der im Beet exponierten Pflanzen, was auf einen Eintrag von Cadmium über den Bodendpfad hindeutet. Im Rahmen des LANUV-Eintragspfadversuchs aus dem Jahr 2014 zeigte sich das gleiche Ergebnis. Es konnte in diesem Rahmen gezeigt werden, dass Cadmium von den Grünkohlpflanzen über die Wurzel – also systemisch – aufgenommen wird. Hohe pflan-

zenverfügbare Cadmium-Gehalte in den Böden können dementsprechend eine Cadmium-Belastung der Nahrungspflanzen bewirken.

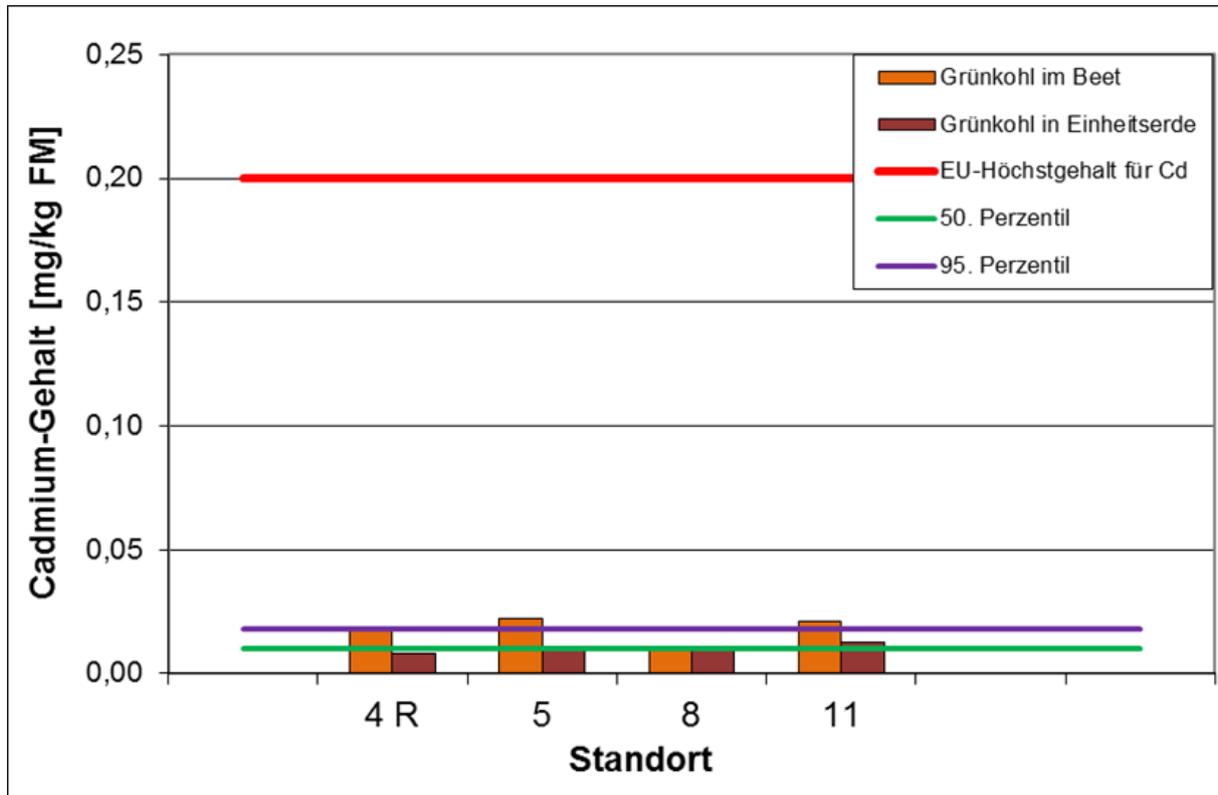


Abbildung 6: Cadmium-Gehalte 2015 in Grünkohl [mg/kg FM] im Beet und im Container an den Messpunkten in Lünen, Hintergrundbelastung in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 98; Daten von 2005 – 2014), EU-Höchstgehalt

Demzufolge gab es in Lünen im Jahr 2015 keinen immissionsbedingten Eintrag von Cadmium in die Grünkohlpflanzen. Allerdings verursachen die Cadmium-Bodengehalte gegenüber der Hintergrundbelastung leicht erhöhte Gehalte an Cadmium in den im Beet exponierten Grünkohlpflanzen.

Die im Jahr 2015 ermittelten Cadmium-Gehalte in Endivie betragen zwischen 0,014 mg/kg FM am MP 8 und 0,04 mg/kg FM am MP 11 (s. Abbildung 7 sowie Tabelle 2 im Anhang) und sind damit deutlich geringer als im Jahr 2014. Der EU-Höchstgehalt wird an keinem Messpunkt überschritten.

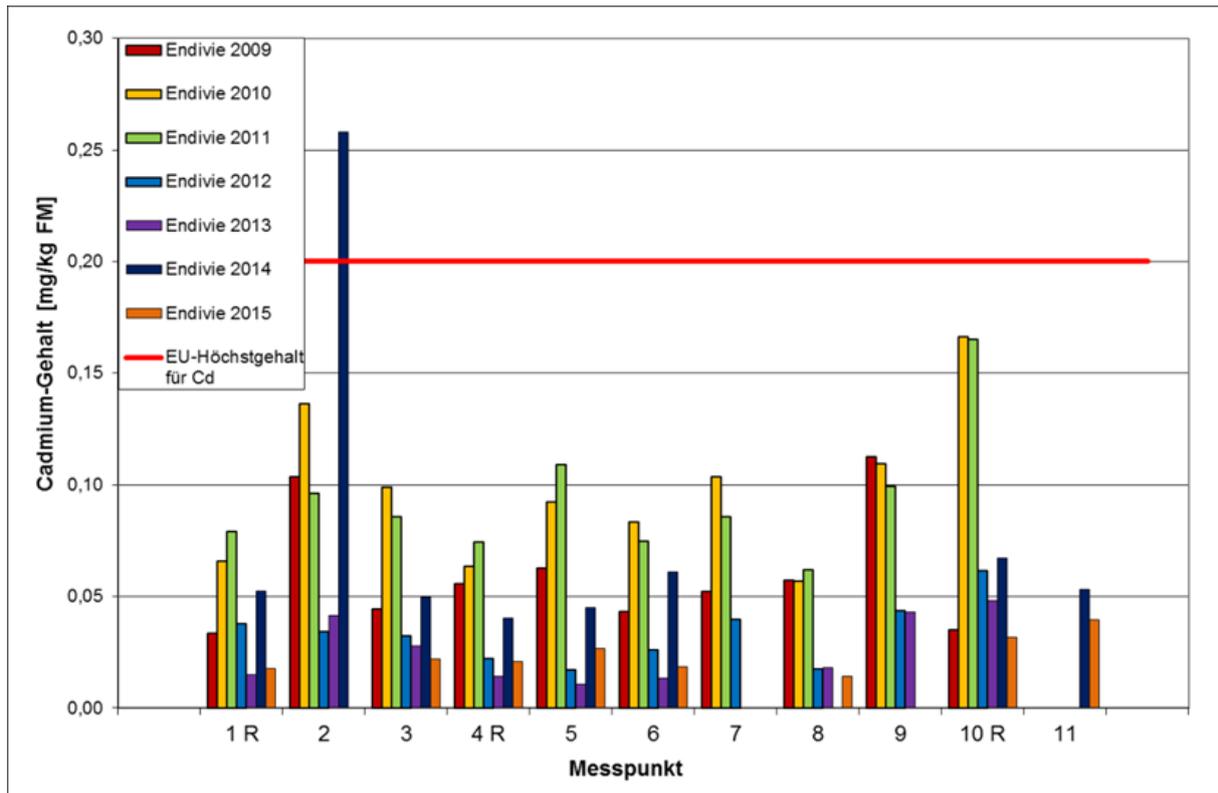


Abbildung 7: Cadmium-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Lünen, EU-Höchstgehalt

3.3 Chrom-Gehalte

Die im Jahr 2015 ermittelten Chrom-Gehalte in Grünkohl reichen von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze (<0,0035 mg/kg FM) an den Messpunkten 8 und 10R bis zu einem Wert von 0,088 mg/kg FM am MP 6 (s. Abbildung 8 sowie Tabelle 3 im Anhang). Das 50. Perzentil der Hintergrundbelastung in NRW für Chrom beträgt in Grünkohl 0,02 mg/kg FM, das 95. Perzentil 0,083 mg/kg FM. Im Jahr 2015 wird das 95. Perzentil lediglich am Messpunkt 6 leicht überschritten.

Bei den in Containern mit Einheitserde exponierten Pflanzen liegen die ermittelten Chrom-Gehalte im Jahr 2015 an vier von fünf Messpunkten unterhalb der Bestimmungsgrenze, weshalb sie hier nicht abgebildet werden. Am MP 11 wurde ein Wert von 0,055 mg/kg FM detektiert, der damit unterhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung liegt (s. Tabelle 8 im Anhang). Da die Chrom-Gehalte in den Grünkohlpflanzen, die in Einheitserde exponiert wurden, deutlich geringer sind als die der Beetpflanzen, ist von einem Eintrag von Chrom über den Boden (z. B. Verschmutzungspfad) auszugehen.

Aufgrund der hier ermittelten Gehalte ist nicht bzw. von einem sehr geringen immissionsbedingten Eintrag von Chrom im Jahr 2015 in die Grünkohlpflanzen auszugehen.

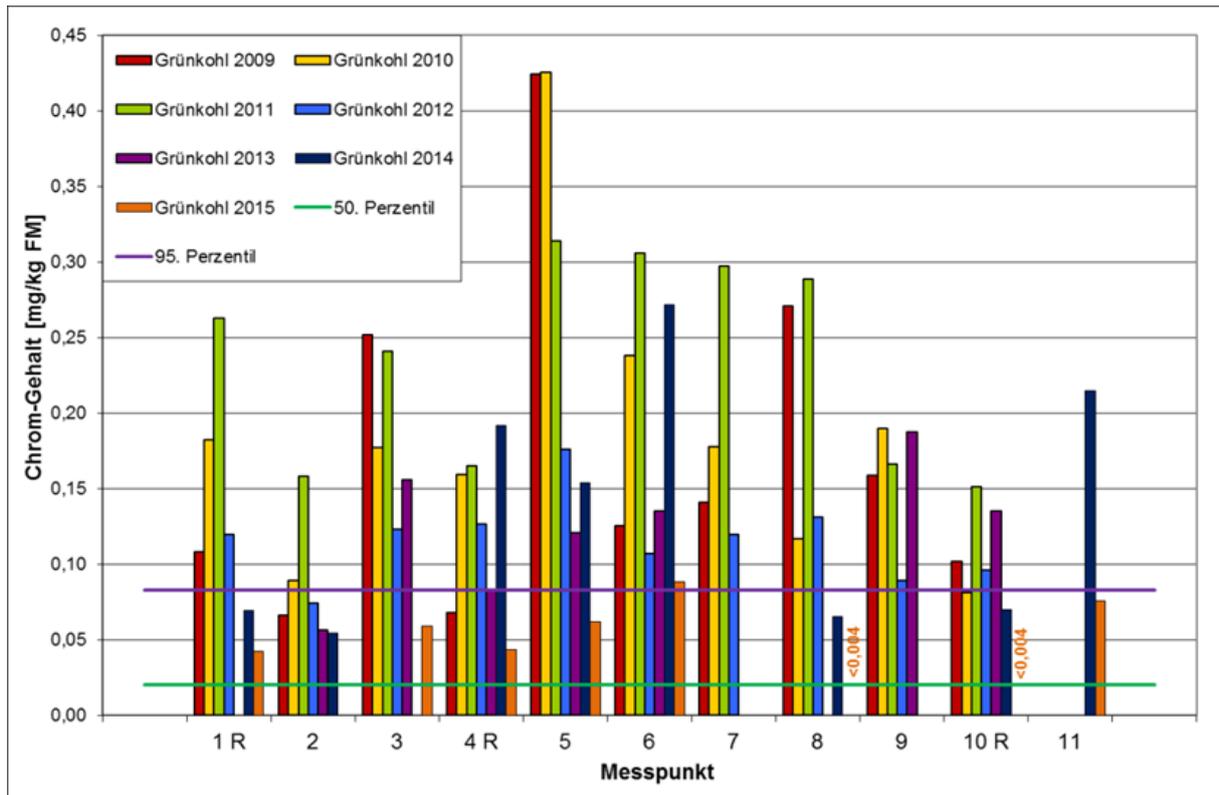


Abbildung 8: Chrom-Gehalte in Grünkohl [mg/kg FM] im Beet an den Messpunkten in Lünen, Hintergrundgehalte in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 60; Daten von 2005 – 2014)

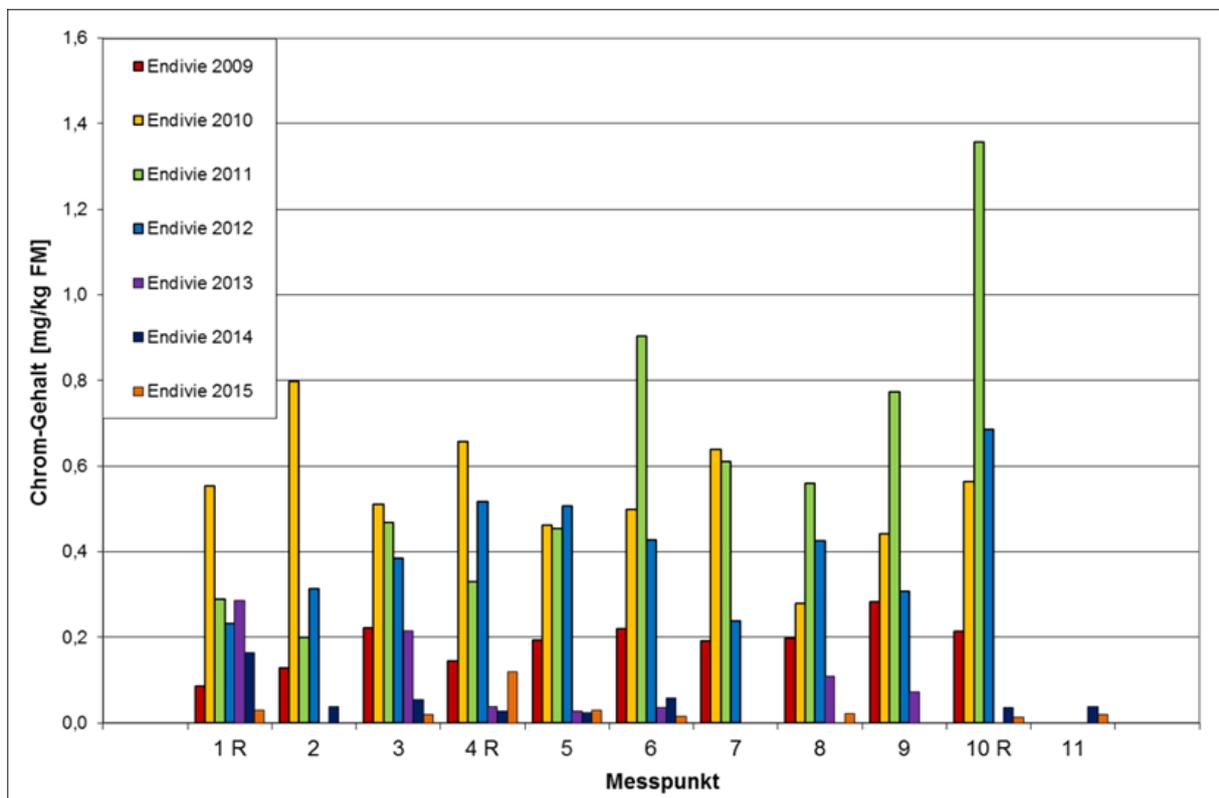


Abbildung 9: Chrom-Gehalte in Endive [mg/kg FM] an den Messpunkten in Lünen

Die im Jahr 2015 in Lünen ermittelten Chrom-Gehalte in Endivie liegen mit Werten zwischen 0,014 mg/kg FM (MP 10R) und 0,12 mg/kg FM (MP 4R) auf dem vergleichsweise niedrigen Niveau des Vorjahres (s. Abbildung 9 sowie Tabelle 3 im Anhang).

3.4 Nickel-Gehalte

Die im Jahr 2015 ermittelten Nickel-Gehalte in den Grünkohlpflanzen in Lünen betragen zwischen 0,04 mg/kg FM (MP 4R) und 0,18 mg/kg FM am MP 5 (s. Abbildung 10 sowie Tabelle 4 im Anhang). Das 50. Perzentil der Hintergrundbelastung in NRW für Nickel liegt bei 0,09 mg/kg FM; das 95. Perzentil bei 0,2 mg/kg FM, so dass alle in Lünen in 2015 ermittelten Werte im Gegensatz zu den Vorjahren im Bereich der Hintergrundbelastung liegen.

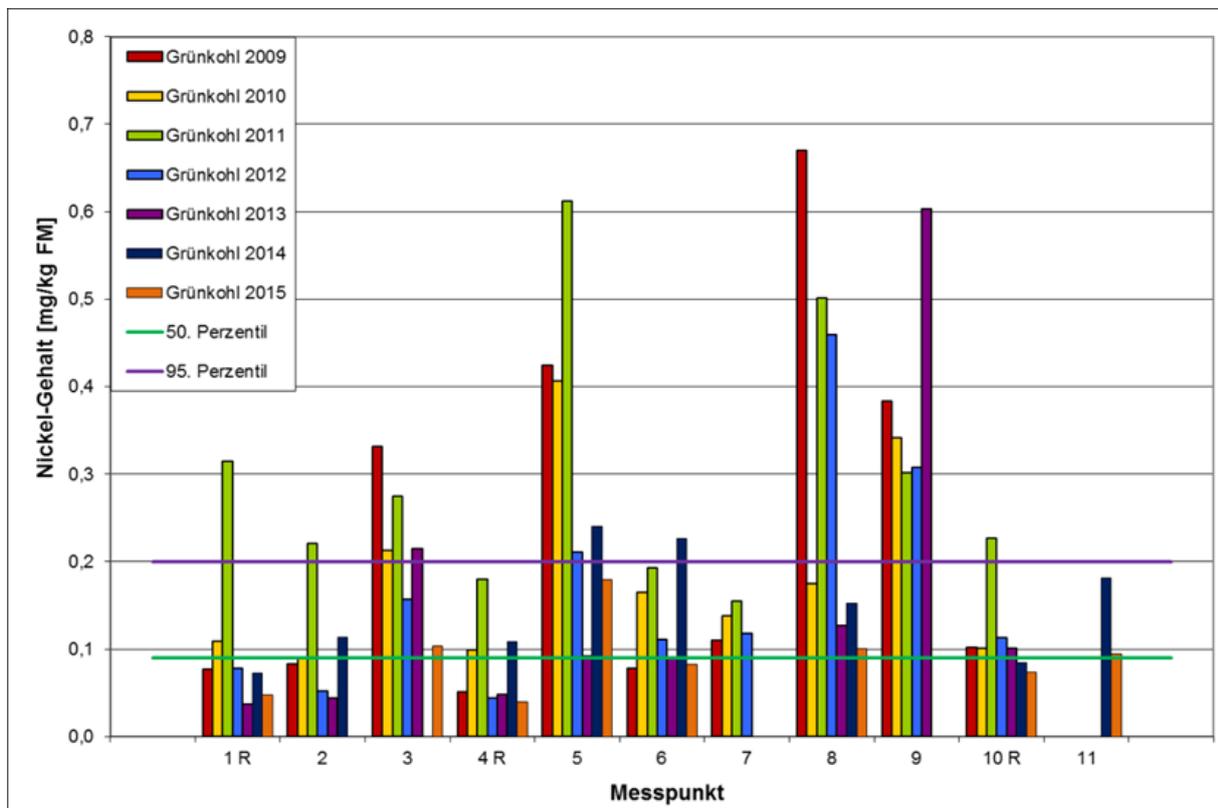


Abbildung 10: Nickel-Gehalte in Grünkohl [mg/kg FM] an allen Messpunkten in Lünen, Hintergrundgehalte in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 89; Daten von 2005 – 2014)

Bei den Grünkohlpflanzen, die in Containern mit Einheitserde exponiert wurden, liegen die Nickel-Gehalte ebenfalls an allen Messpunkten unterhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung (s. Abbildung 11 und Tabelle 8 im Anhang). An drei von vier Messpunkten waren die Nickel-Gehalte der im Container exponierten Pflanzen höher als bei den im Beet exponierten, was auf einen Eintrag von Nickel über die Einheitserde zurückgeführt werden kann. Diese enthält höhere pflanzenverfügbare Anteile an Nickel als die Gartenböden in Lünen.

Deshalb ist im Jahr 2015 nicht von einem immissionsbedingten Eintrag von Nickel in die Grünkohlpflanzen auszugehen.

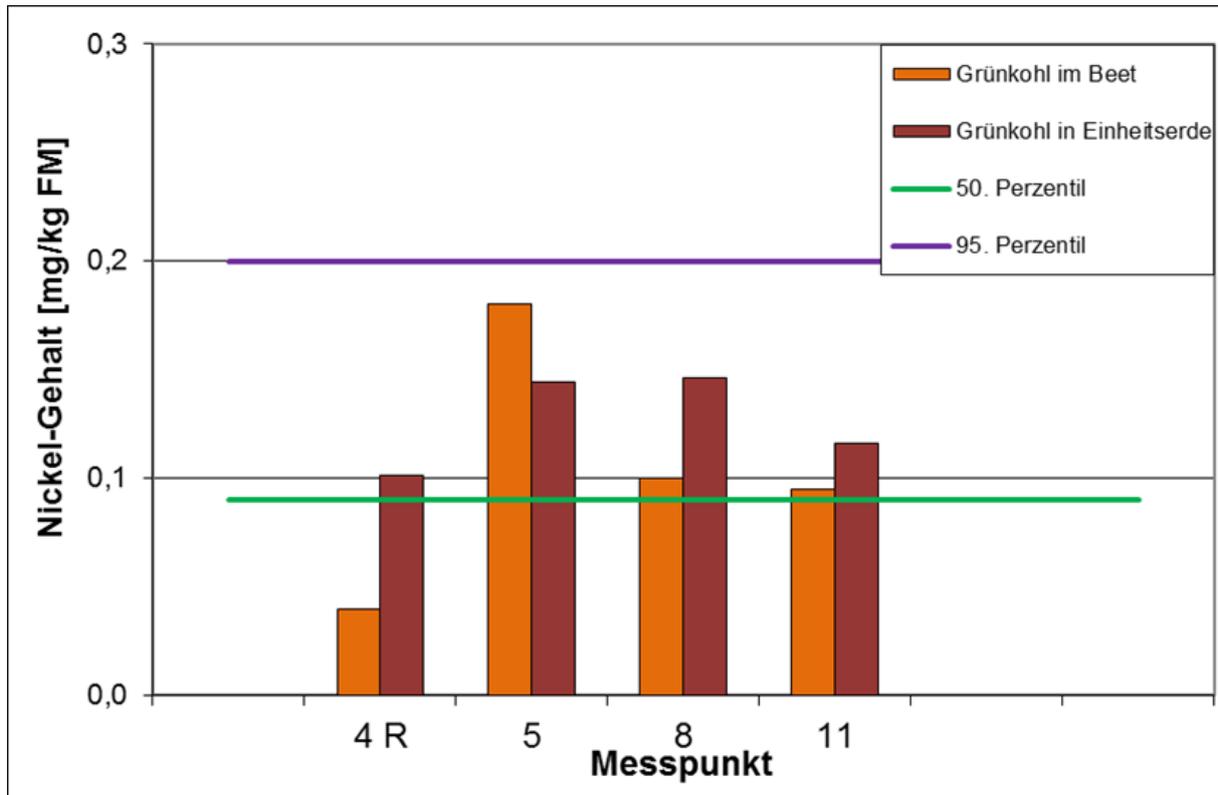


Abbildung 11: Nickel-Gehalte 2015 in Grünkohl [mg/kg FM] im Beet und im Container an den Messpunkten im Container in Lünen, Hintergrundgehalte in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 89; Daten von 2005 – 2014)

Die im Jahr 2015 in den Endivien ermittelten Nickel-Gehalte befinden sich mit Werten von 0,032 mg/kg FM (MP 6) bis zu 0,068 mg/kg FM (MP 11) weitgehend auf dem sehr geringen Niveau der Vorjahre (s. Abbildung 12 sowie Tabelle 4 im Anhang).

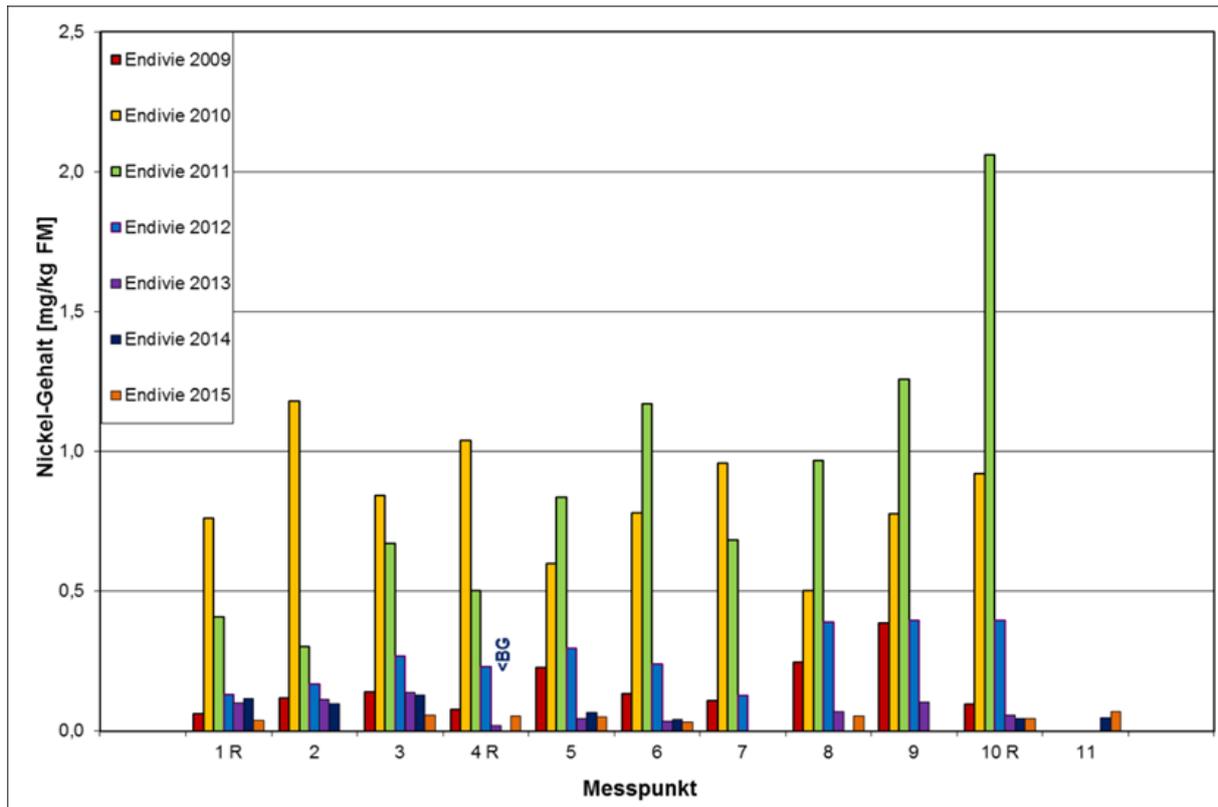


Abbildung 12: Nickel-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Lünen

3.5 Arsen-Gehalte

Die im Jahr 2015 ermittelten Arsen-Gehalte in Grünkohl liegen in einem Bereich von unterhalb der Bestimmungsgrenze ($< 0,0035$ mg/kg FM) am MP 4R bis zu $0,024$ mg/kg FM am MP 5 (s. Abbildung 13 sowie Tabelle 5 im Anhang). Für die Hintergrundgehalte mit Arsen konnte keine Berechnung des 50. und des 95. Perzentils erfolgen, da vielfach die Werte in NRW unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen. Hieraus folgt, dass bei Werten oberhalb der Bestimmungsgrenze, wie an sechs von sieben in Lünen untersuchten Messpunkten, eine Belastung oberhalb der Hintergrundbelastung in NRW vorliegt.

Die Gehalte in den in Containern mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen liegen am MP 4R unterhalb der Bestimmungsgrenze; an den Messpunkten 5, 8 und 11 sind sie im Jahr 2015 niedriger als die im Beet gemessenen Gehalte. Auch sind sie geringer als im Vorjahr (s. Abbildung 14 und Tabelle 8 im Anhang).

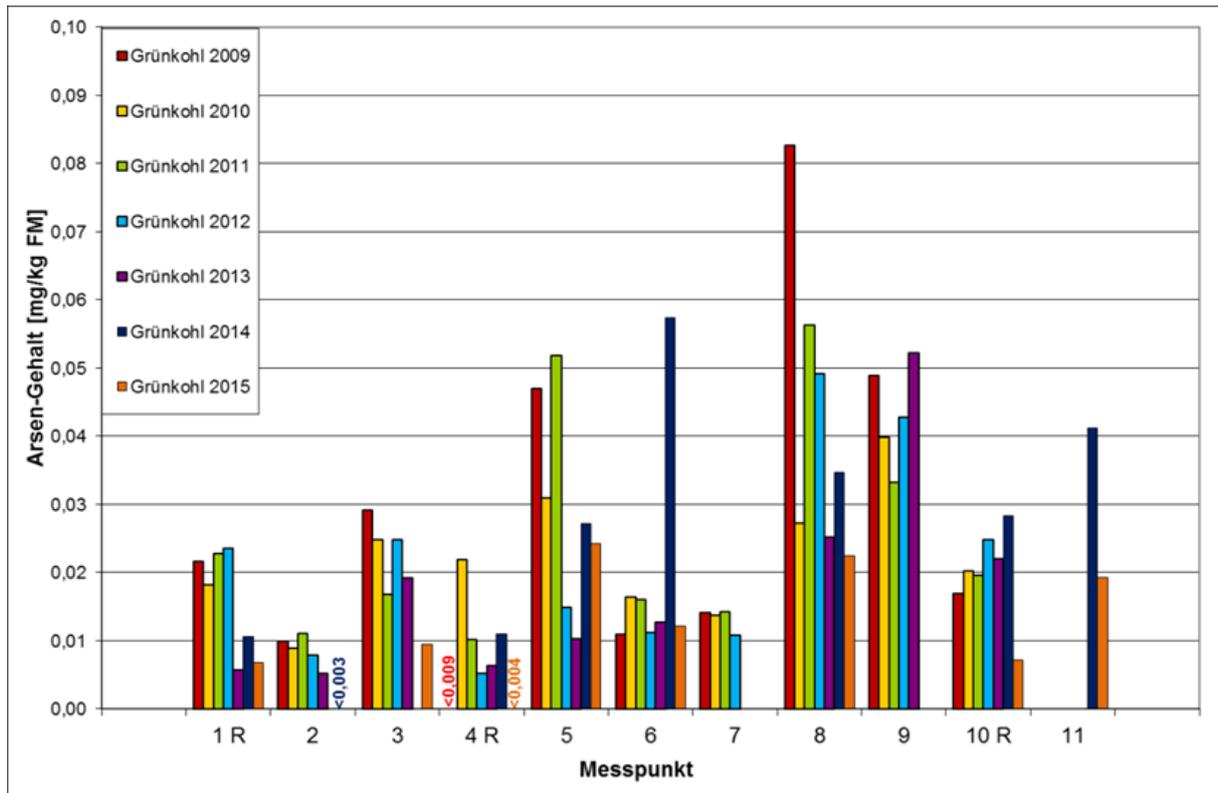


Abbildung 13: Arsen-Gehalte in Grünkohl [mg/kg FM] im Beet an den Messpunkten in Lünen

Es ist zu vermuten, dass ein Teil der Arsen-Belastung in den Grünkohlpflanzen über den Boden aufgenommen wurde, da die in Containern mit Einheitserde exponierten Pflanzen etwas geringere Gehalte aufweisen.

Es ist daher von einem geringen immissionsbedingten Eintrag von Arsen in die Grünkohlpflanzen im Jahr 2015 auszugehen.

Die im Jahr 2015 ermittelten Arsen-Gehalte in Endivie betragen zwischen 0,086 mg/kg FM (MP 10R) und 0,026 mg/kg FM (MP 4R) und liegen damit ungefähr auf dem Niveau des Vorjahres (s. Abbildung 15 sowie Tabelle 6 im Anhang). Der am Messpunkt 1R im Vorjahr ermittelte hohe Arsen-Gehalt in der Endivie konnte im Jahr 2015 nicht bestätigt werden.

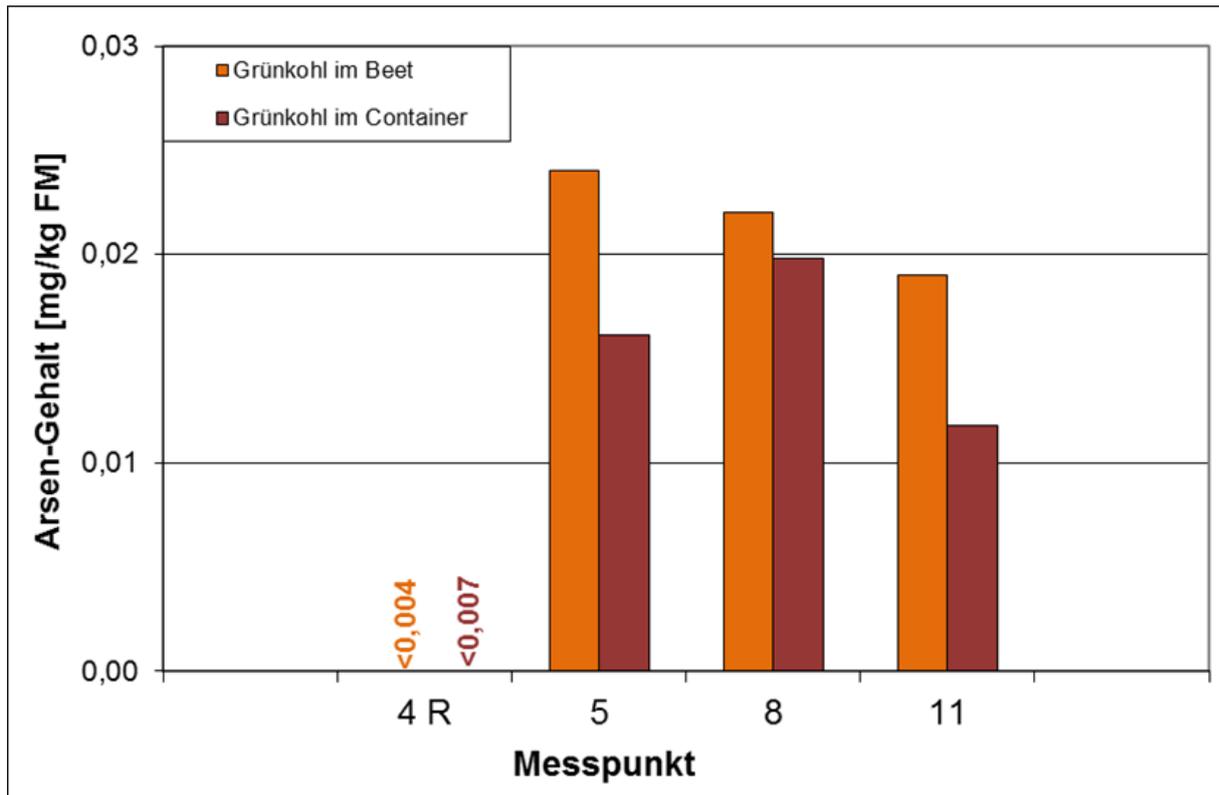


Abbildung 14: Arsen-Gehalte 2015 in Grünkohl [mg/kg FM] im Beet und im Container an den Messpunkten in Lünen (2009: Berechnung mit standardisierten FM)

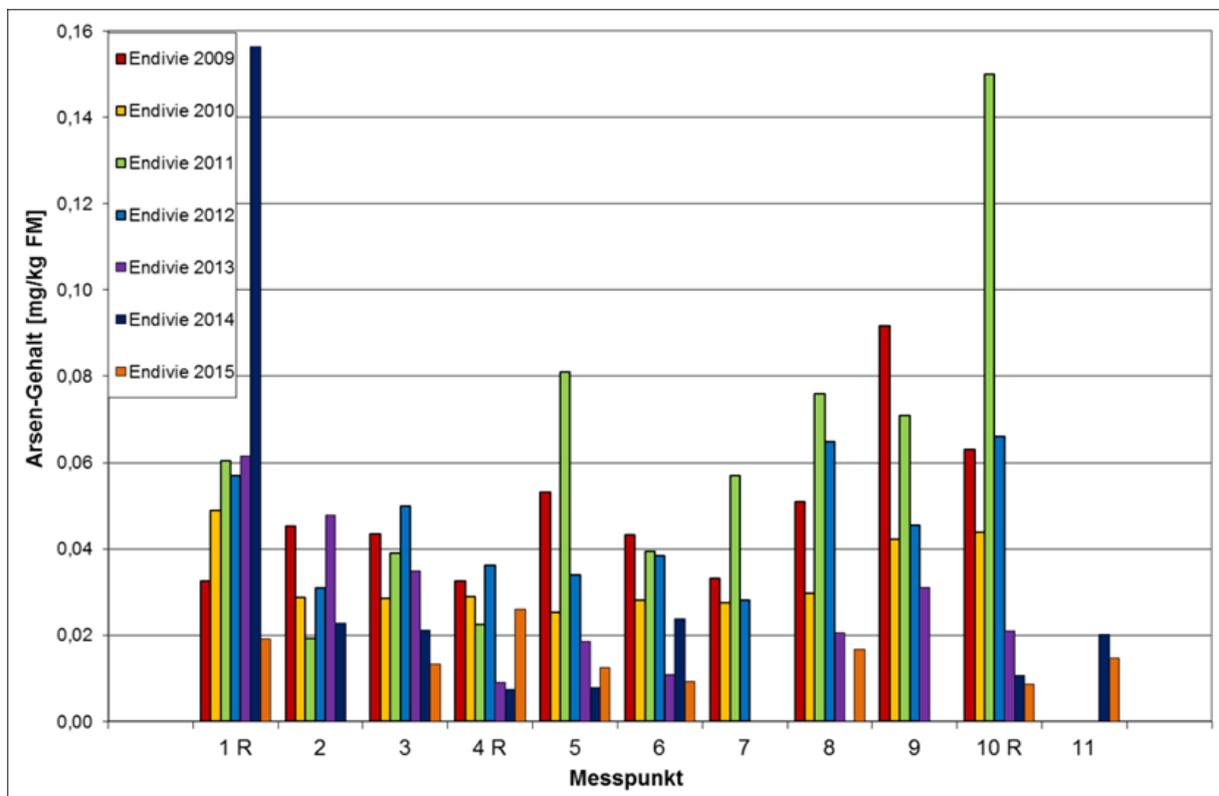


Abbildung 15: Arsen-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Lünen

3.6 Kupfer-Gehalte

Die im Jahr 2015 ermittelten Kupfer-Gehalte in Grünkohl betragen zwischen 0,7 mg/kg FM (Messpunkte 1R und 10R) und 2,7 mg/kg FM am MP 5 (s. Abbildung 16 sowie Tabelle 6 im Anhang). Das 50. Perzentil der Hintergrundbelastung in NRW beträgt 0,64 mg/kg FM; das 95. Perzentil 1,17 mg/kg FM. Demnach liegen die im Jahr 2015 ermittelten Kupfer-Gehalte an den Messpunkten 5, 6, 8 und 11 oberhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung.

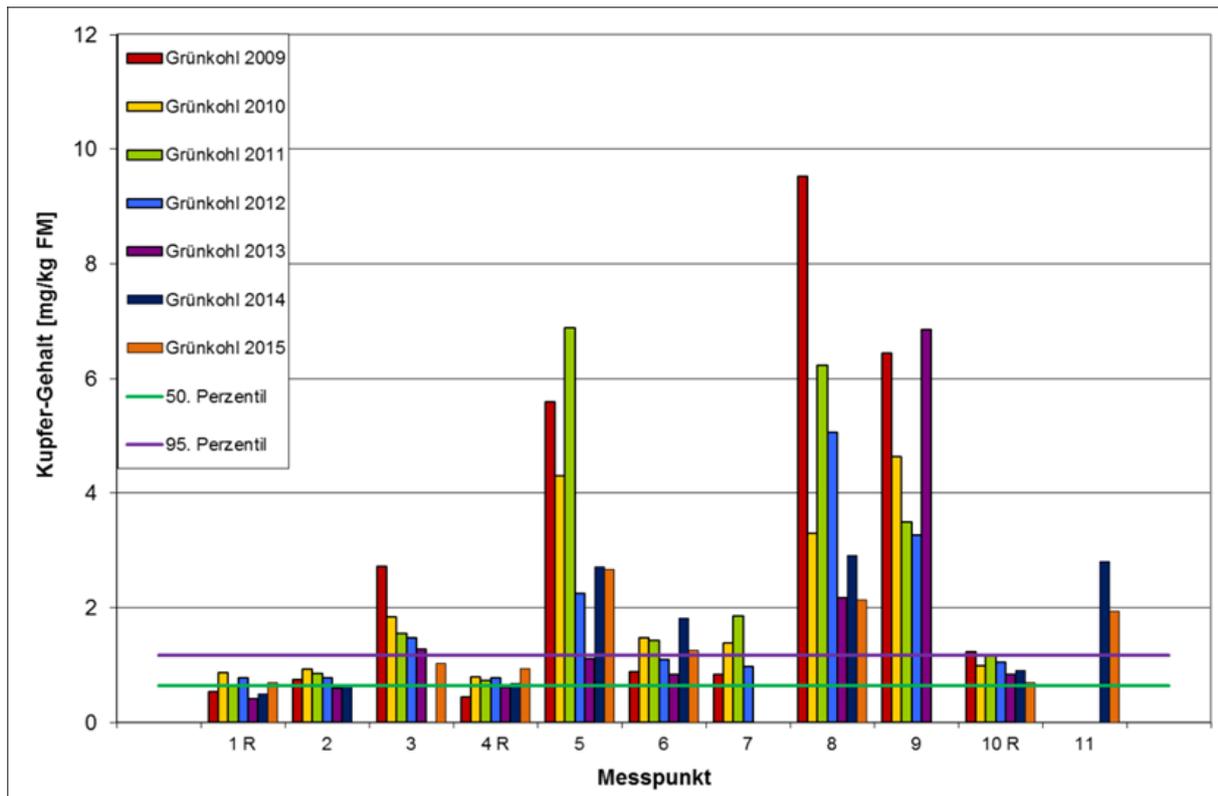


Abbildung 16: Kupfer-Gehalte in Grünkohl [mg/kg FM] im Beet an den Messpunkten in Lünen, Hintergrundbelastung in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 62; Daten von 2007 – 2014)

Auch die in Containern mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen weisen an den Messpunkten 5, 8 und 11 Kupfer-Gehalte oberhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung auf (s. Abbildung 17 sowie Tabelle 8 im Anhang), **was auf einen immissionsbedingten Eintrag von Kupfer an diesen Messpunkten hinweist. Da die im Beet exponierten Pflanzen allerdings an allen untersuchten Messpunkten noch einmal deutlich mehr Kupfer aufgenommen haben, könnte der Eintrag teilweise auch über belasteten Boden erfolgt sein.**

Die im Jahr 2015 ermittelten Kupfer-Gehalte in Endivie befinden sich mit Werten zwischen 0,53 mg/kg FM am MP 1R und 1,3 mg/kg FM am MP 8 auf vergleichbarem Niveau zum Vorjahr (s. Abbildung 18 sowie Tabelle 6 im Anhang).

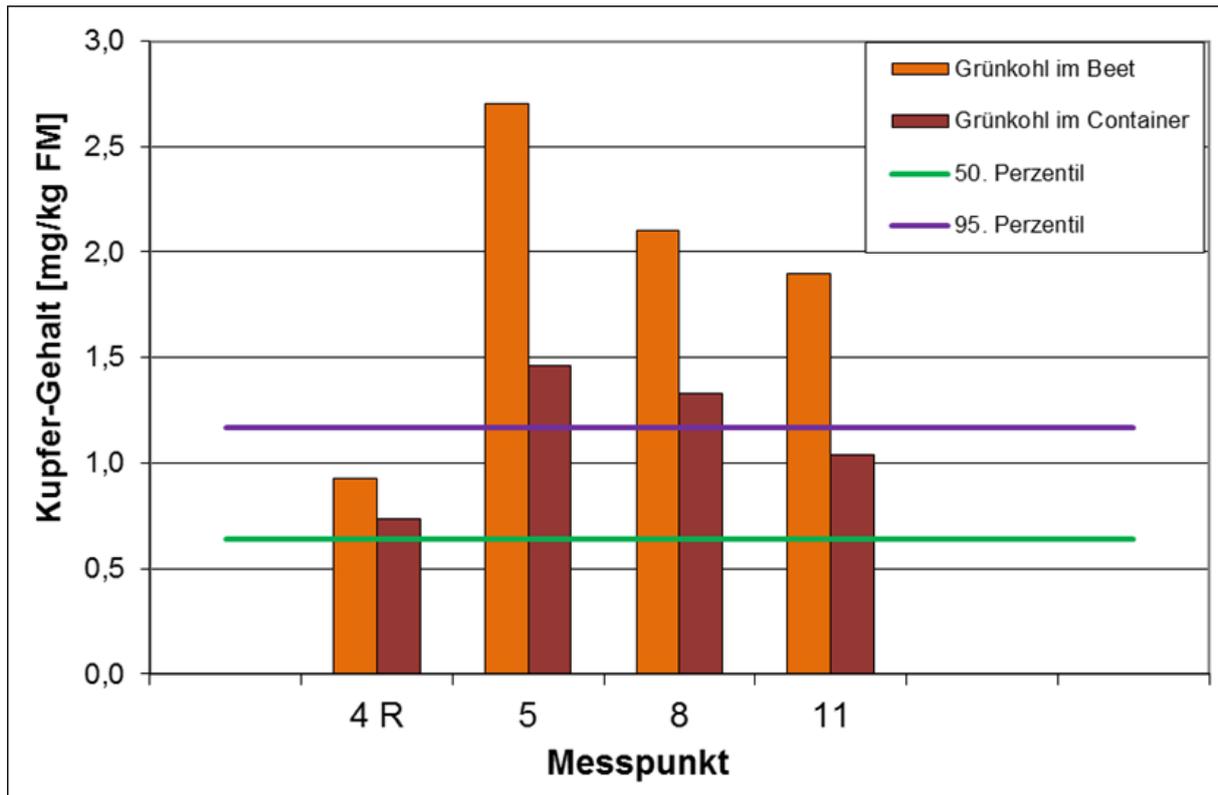


Abbildung 17: Kupfer-Gehalte 2015 in Grünkohl [mg/kg FM] im Beet und im Container an den Messpunkten in Lünen Hintergrundgehalte in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 62; Daten von 2007 – 2014)

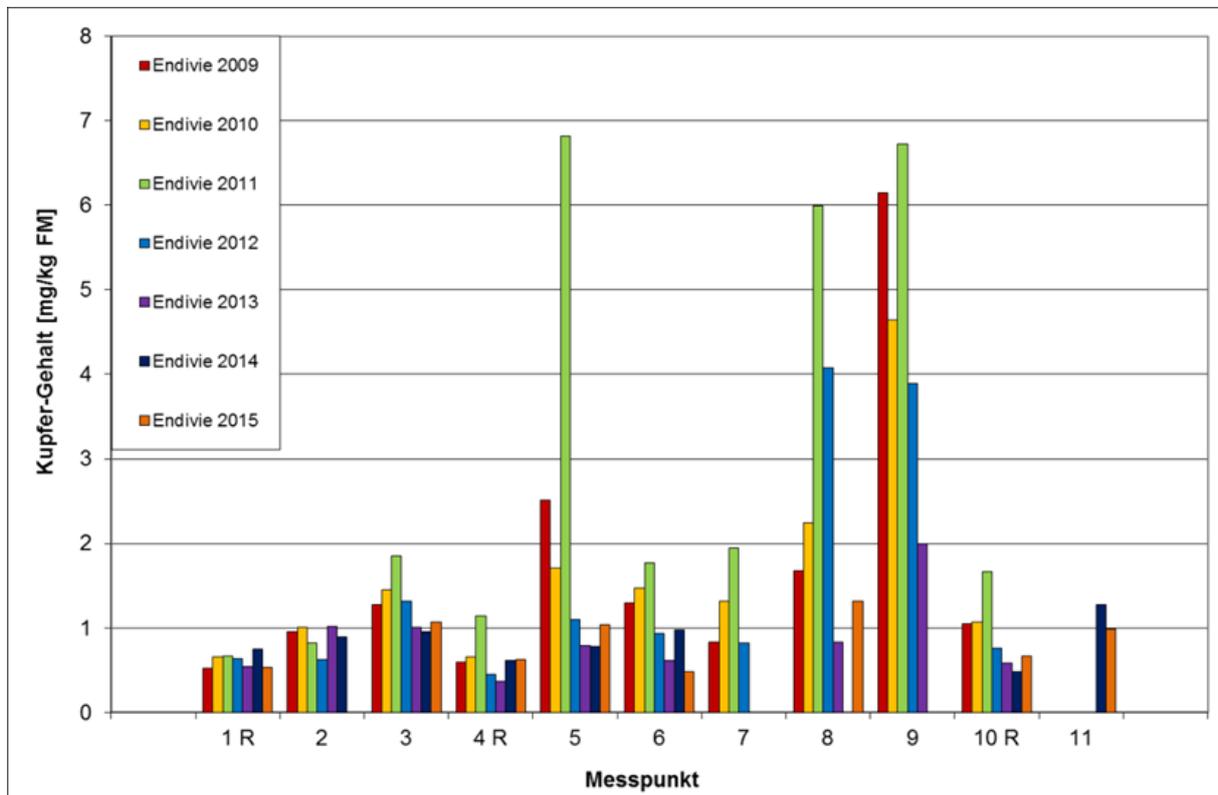


Abbildung 18: Kupfer-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Lünen

3.7 Zink-Gehalte

Die im Jahr 2015 ermittelten Zink-Gehalte in Grünkohl betragen zwischen 5,3 mg/kg FM (MP 1R) und 8,5 mg/kg FM (MP 4R) und liegen somit alle oberhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung in NRW von 4,4 mg/kg FM (s. Abbildung 19 sowie Tabelle 7 im Anhang).

Auch die Zink-Gehalte der in Containern mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen liegen oberhalb des 95. Perzentils (s. Abbildung 20), was auf einen immissionsbedingten Eintrag von Zink an diesen Messpunkten (4R, 5, 8, 11) hindeutet. Die höheren Gehalte in den im Beet exponierten Pflanzen deuten allerdings auch auf einen Eintrag über den Boden hin.

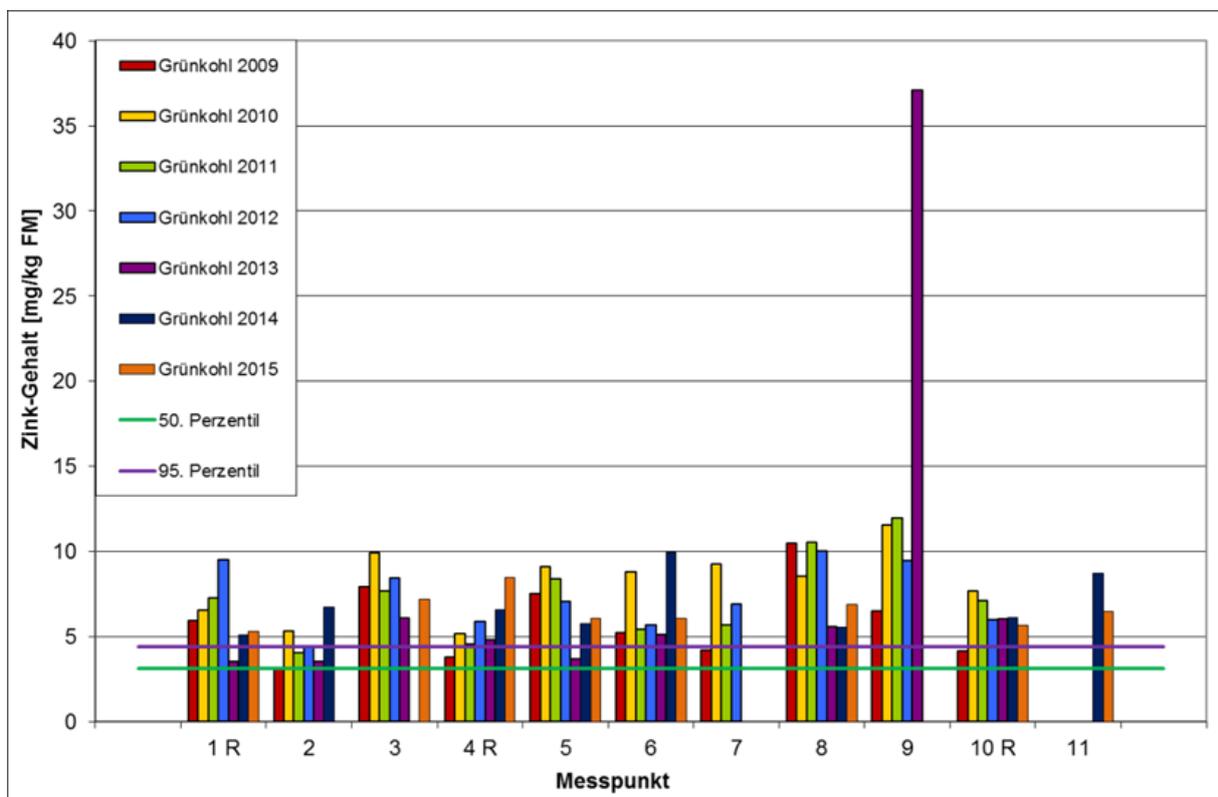


Abbildung 19: Zink-Gehalte in Grünkohl [mg/kg FM] im Beet an den Messpunkten in Lünen, Hintergrundbelastung in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 97; Daten von 2005 – 2014)

Die im Jahr 2015 in Endivie ermittelten Zink-Gehalte betragen zwischen 2,9 mg/kg FM an den Messpunkten 5/ 6 und 5,2 mg/kg FM am MP 11 und befinden sich damit weitgehend auf Vorjahresniveau (s. Abbildung 21 sowie Tabelle 7 im Anhang).

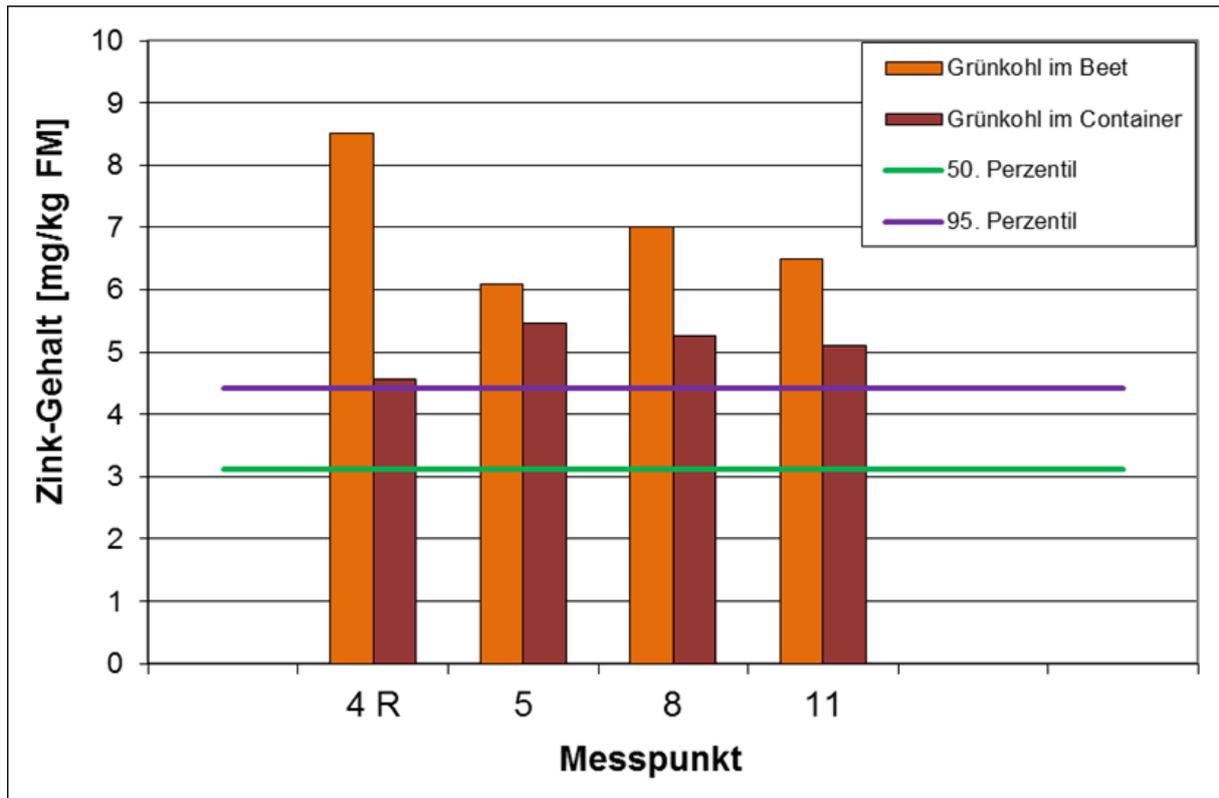


Abbildung 20: Zink-Gehalte 2015 in Grünkohl [mg/kg FM] im Beet und im Container an den Messpunkten in Lünen, Hintergrundgehalte in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 97; Daten von 2005 – 2014)

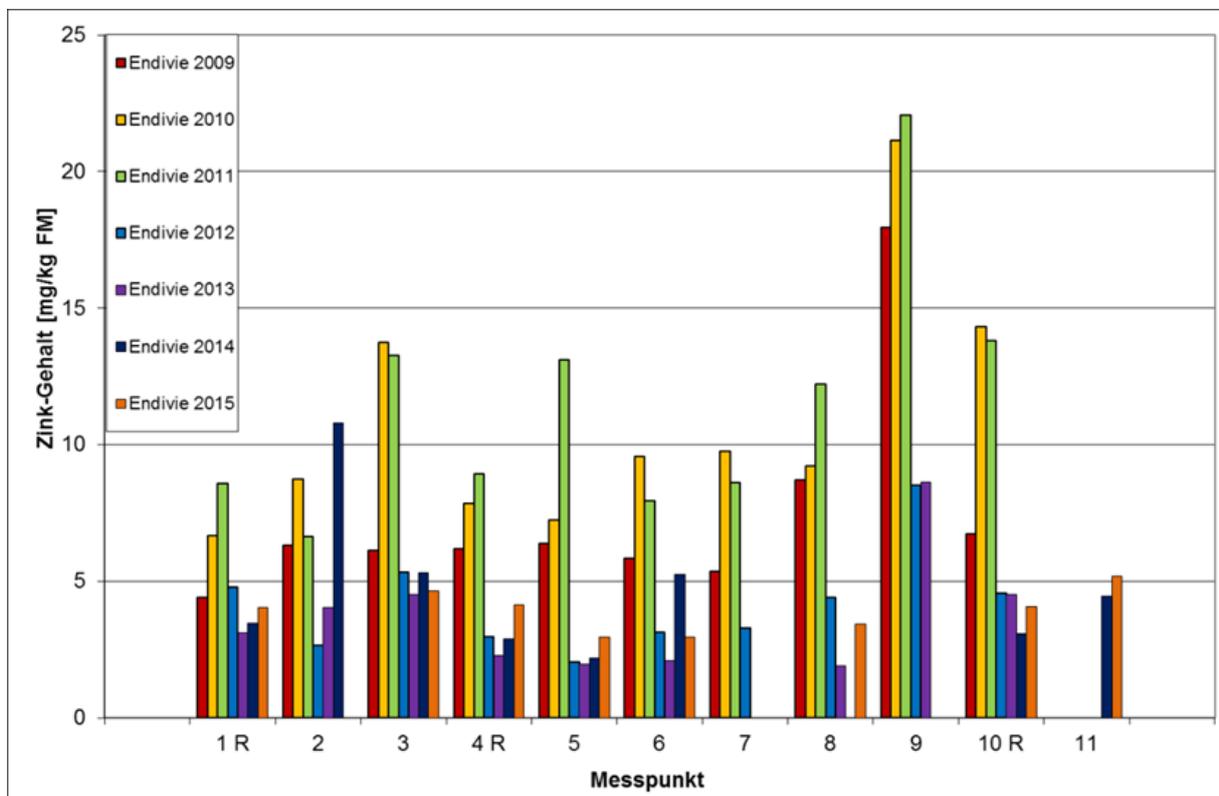


Abbildung 21: Zink-Gehalte in Endive [mg/kg FM] an den Messpunkten in Lünen

4 Gesundheitliche Bewertung der Ergebnisse

Im vorliegenden Fall wird wie bisher als Konvention bei der Berechnung 250 g Grünkohl oder Endivie pro Tag - stellvertretend für gesamtverzehrtes Gemüse - aus den hier beprobten Gärten und ein angenommenes Körpergewicht von 70 kg zu Grunde gelegt.

4.1 Blei-Belastung

Die höchste Blei-Belastung in Endivie wurde mit 0,19 mg/kg FM am Referenzstandort Messpunkt 4R ermittelt. Für Grünkohl wurde die höchste Blei-Belastung mit 0,36 mg/kg FM am Messpunkt 5 ermittelt und die zweithöchste Blei-Belastung am Messpunkt 11 mit 0,26 mg/kg FM.

Die Beurteilung der Belastungen erfolgt auf Basis der EU-Verordnung Nr. 420/2011 der Kommission vom 29. April 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln vom 19. Dezember 2006, ergänzt durch die EG-Verordnung Nr. 629/2008 (zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln) vom 2. Juli 2008.

Der in der EU-Verordnung festgelegte Blei-Gehalt für Blattgemüse (Endivie) sowie für Kohlgemüse (Grünkohl) beträgt 0,30 mg/kg Frischgewicht.

Für Endivie unterschreiten alle ermittelten Blei-Belastungen den EU-Höchstgehalt für Blei.

Für Grünkohl wird der EU-Höchstgehalt für Blei am Messpunkt 5 überschritten. Nach nationalem und EU-Lebensmittelrecht darf solchermaßen belastetes Gemüse nicht in den Handel gebracht werden.

Es sollte daher die bestehende Nichtverzehrempfehlung für Grünkohl von diesem Standort (MP 5) aufrechterhalten bleiben. Alle anderen ermittelten Blei-Belastungen in Grünkohl unterschreiten den EU-Höchstgehalt für Blei.

4.2 Cadmium-Belastung

Die höchsten Cadmium-Belastungen in Endivie wurden mit 0,040 mg/kg FM am Messpunkt 11 und in Grünkohl mit 0,022 mg/kg FM an den Messpunkten 5 und 6 ermittelt.

Die Beurteilung der Belastungen erfolgt auf Basis der EU-Verordnung Nr. 488/2014 der Kommission vom 12. Mai 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bezüglich

der Höchstgehalte für Cadmium in Lebensmitteln. Der in der EU-Verordnung festgelegte Cd-Gehalt für Blattgemüse (Endivie) und Blattkohl (Grünkohl) beträgt 0,20 mg/kg FM.

Der EU-Höchstgehalt für Cadmium wird von allen ermittelten Cadmiumbelastungen in den Endivien- und Grünkohlproben unterschritten.

4.3 Chrom-Belastung

Die höchsten Chrom-Gehalte finden sich in Endivie mit 0,12 mg/kg FM am Messpunkt 4R und in Grünkohl mit 0,088 mg/kg FM am Messpunkt 6.

Für Chrom(III) in Lebensmitteln sind bisher weder auf nationaler noch auf EU-Ebene Höchstmengen in Lebensmitteln festgelegt worden, daher erfolgt eine Risikoabschätzung über die tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (TDI) von Chrom(III) unter Berücksichtigung des Verzehrs des Gemüses.

Für Chrom (III) wurde von der Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA 2014) ein TDI-Wert in Höhe von 300 µg/kg KG/d abgeleitet. Weiterhin wird für Deutschland eine mittlere Aufnahme von Chrom (III) für Erwachsene von 0,81 µg/kg KG/d (untere Grenze) bis 1,10 µg/kg KG/d (obere Grenze) angegeben. Über die Aufnahme von Nahrungsergänzungsmitteln und/oder dem Verzehr von Paranüssen kann es zu einer zusätzlichen Chrom (III)-Aufnahme von 13 µg/kg KG/d (typische Aufnahme) bis 22 µg/kg KG/d (höhere Aufnahme) kommen, so dass sich insgesamt eine Hintergrundbelastung über den allgemeinen Warenkorb von 13,81 µg/kg KG/d bis maximal 23,10 µg/kg KG/d ergibt.

Unter der Annahme, dass es sich bei den in den Nahrungspflanzen enthaltenen Chrom-Gehalten ausschließlich um Chrom(III) handelt, einem täglichen Verzehr von 250 g Gemüse aus dem eigenen Garten und einem Körpergewicht von 70 kg ergeben sich rein rechnerisch maximale Zusatzbelastungen von ca. 0,43 µg/kg KG/d für Endivie am Messpunkt 4R und von ca. 0,31 µg/kg KG/d für Grünkohl am Messpunkt 6. Damit würde der TDI-Wert für Chrom(III), selbst unter Einbezug der maximalen Belastung über den allgemeinen Warenkorb in Höhe von 23,10 µg/kg KG/d, bei Verzehr aller hier untersuchten Proben unterschritten.

4.4 Nickel-Belastung

Die höchste Nickel-Belastung in Endivie beträgt 0,068 mg/kg FM am Messpunkt 11 und in Grünkohl 0,18 mg/kg FM am Messpunkt 5.

Da auch für Nickel bisher weder auf nationaler noch auf EU-Ebene Höchstmengen in Lebensmitteln festgelegt worden sind, erfolgt eine Risikoabschätzung über die tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (TDI) von Nickel unter Berücksichtigung des Verzehrs des Gemüses.

Im Februar 2015 hat die EFSA für die chronische orale Aufnahme von Nickel eine tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (tolerable Daily Intake -TDI) in Höhe von 2,8 µg/kg KG/d abgeleitet. Laut EFSA (2015) liegt die mittlere Hintergrundbelastung durch die abgeschätzte Nickelaufnahme über den allgemeinen Warenkorb in Deutschland für Erwachsene zwischen 2,7 µg/kg KG/d und 3,4 µg/kg KG/d (Minimum untere Grenze (LB) und Maximum obere Grenze UB)¹.

Eine gesundheitliche Bewertung der Nickel-Belastung in den Nahrungspflanzen „Grünkohl“ und „Endivie“ auf Grundlage des TDI-Wertes ist allerdings nicht zielführend, da der TDI-Wert selbst bei einer Einschränkung des Verzehrs der Nahrungspflanzen aus Lünen allein über die Hintergrundbelastung aus dem allgemeinen Warenkorb jeden Tag nahezu ausgeschöpft bzw. überschritten wird.

Um trotzdem eine gesundheitliche Einschätzung der Nahrungspflanzen vorzunehmen, wurden die Nickel-Gehalte der aus Lünen stammenden Nahrungspflanzen Nickel-Gehalten vergleichbarer zum Verzehr bestimmter Nahrungspflanzen unterschiedlicher Herkunft gegenübergestellt.

Ausführungen zur Nahrungspflanze „Grünkohl“

Bei einem durchschnittlichen Körpergewicht von 70 kg und einem angenommenen täglichen Verzehr von 250 g Gemüse aus dem eigenen Garten ergeben sich rein rechnerisch Zusatzbelastungen für Nickel über Grünkohl von ca. 0,14 µg/kg KG/d (Messpunkt 4R), 0,17 µg/kg KG/d (Messpunkt 1R), 0,26 µg/kg KG/d (Messpunkt 10R), 0,29 µg/kg KG/d (Messpunkt 6), 0,34 µg/kg KG/d (Messpunkt 11), 0,36 µg/kg KG/d (Messpunkt 3 und 8) und ca. 0,64 µg/kg KG/d (Messpunkt 5).

Bei einem Vergleich der Nickelkonzentration in den Grünkohlpflanzen aus Lünen mit den Nickelkonzentrationen (50. bzw. 95. Perzentil) in Grünkohl aus dem Wirkungsdauermessprogramm (WDMP) des LANUV NRW (vgl. Nr. 3.4) ergibt sich, dass der Wert für das 50. Perzentil in Höhe von 0,09 mg/kg FM an den Messpunkten 1R, 4R, 6 und 10R unterschritten

¹ EFSA 2015: Table 10: Comparison of the dietary exposure to nickel (µg/kg b.w. per day) between adult vegetarians and total adult population., Seite 51

und der Wert für das 95. Perzentil in Höhe von 0,20 mg/kg FM an allen Messpunkten unterschritten wird. Folglich liegt bei der Nickel-Belastung in Grünkohlpflanzen aus Lünen verglichen mit den Nickel-Belastungen anderer Grünkohlpflanzen aus NRW keine auffällige Erhöhung vor.

Des Weiteren liegt laut EFSA (2015) üblicherweise der mittlere Nickel-Gehalt bezogen auf die Trockenmasse für Gemüse und Gemüseprodukte (einschl. Pilze) zwischen 742 µg/kg (Lower Bound oder LB) und 753 µg/kg (Upper Bound oder UB). Das 95. Perzentil liegt bei 9.250 µg/kg (LB u. UB). Im Vergleich dazu liegen die Nickel-Belastungen in der Trockensubstanz des Grünkohls an Messpunkt 5 bei 960 µg/kg, am Messpunkt 3 bei 610 µg/kg, an Messpunkt 11 bei 590 µg/kg, an Messpunkt 8 bei 540 µg/kg, an Messpunkt 6 und 10R bei 420 µg/kg, an Messpunkt 1R bei 260 µg/kg und an Messpunkt 4R bei 230 µg/kg. Entsprechend liegen fast alle Nickel-Konzentrationen im Grünkohl aus Lünen zwischen der von der EFSA angegebenen LB und UB der mittleren Belastungen für Gemüse und Gemüseprodukte (einschl. Pilze) oder darunter. Lediglich der Wert für den Messpunkt 5 überschreitet die UB in Höhe von 753 µg/kg um einen Faktor von 1,3. Das 95. Perzentil in Höhe von 9.250 µg/kg (LB u. UB) wird ca. um den Faktor 9,6 unterschritten.

Zur Bestimmung der Exposition von Nickel über den Verzehr von Kohlgemüse gibt die EFSA (EFSA, 2015) eine mittlere Nickelkonzentration von 59 µg/kg (LB) bis 79 µg/kg (UB) an (Ergebnisse einer Untersuchung von 373 Kohlgemüseproben). An den Messpunkten 3, 5, 6, 8 und 11 wird die UB der mittleren Nickel-Konzentration im Grünkohl jeweils um ca. den Faktor 1,3; 2,3; 1,0; 1,3 und 1,2 überschritten.

Ausführungen zur Nahrungspflanze „Endivie“

Bei Betrachtung der Nahrungspflanze „Endivie“ ergeben sich aufgrund der Nickel-Belastungen der in Lünen untersuchten Proben an den Messpunkten 1R, 3, 4R, 5, 6, 8, 10R und 11 (unter Berücksichtigung der o. g. Annahmen) Zusatzbelastungen in Höhe von 0,14 µg/kg KG/d (MP 1R), 0,20 µg/kg KG/d (MP 3, 4R, 8), 0,18 µg/kg KG/d (MP 5), 0,11 µg/kg KG/d (MP 6), 0,15 µg/kg KG/d (MP 10) und 0,24 µg/kg KG/d (MP 11R).

Vergleichsdaten aus dem WDMP liegen für Endivie nicht vor.

Zur Einordnung der Nickel-Konzentrationen in den Nahrungspflanzen „Endivie“ in Lünen wird der von der EFSA angegebene Bereich für Nickel in „Blattgemüse“ herangezogen, der über die Nickel-Konzentrationen von 827 aus verschiedenen Ländern stammenden Blattgemüseproben ermittelt wurde. Die mittlere Konzentration liegt demnach zwischen 0,11 mg/kg (LB) und 0,12 mg/kg (UB) (EFSA, 2015). Die in Lünen gemessene Konzentration an Messpunkt 6 liegt im von der EFSA angegebenen Bereich. Alle anderen gemessenen Nickel-Konzentrationen überschreiten die „UB“ um maximal einen Faktor von ca. 2.

Die Nickel-Konzentrationen für Endivie aus Lünen in der Trockensubstanz betragen 800 µg/kg (MP1), 1100 µg/kg (MP3 und MP4), 860 µg/kg (MP5), 1400 µg/kg (MP8), 1200 µg/kg (MP 10R) und 1900 µg/kg (MP 11). Verglichen mit dem mittleren Gehalt (bezogen auf die

Trockenmasse) für Gemüse und Gemüseprodukte (einschl. Pilze) (s. o. 742 µg/kg (LB) und 753 µg/kg (UB), EFSA, 2015) ergibt sich für alle Endivienproben eine Überschreitung der UB in Höhe von 753 µg/kg um ca. den Faktor 1,1 bis maximal 2,5. Das 95. Perzentil in Höhe 9.250 µg/kg (LB u. UB) wird um mindestens den Faktor 4,9 unterschritten.

Weiterhin ist zu beachten, dass nach EFSA auch im Handel erhältliche Nahrungsmittel höhere Nickelbelastungen aufweisen können, die über der Nickelbelastung der hier beprobten Endivienpflanze/Grünkohlpflanzen liegen.

Für Personen, die sich bewusst nickelarm ernähren möchten, ist es aufgrund der hohen Belastung durch die tägliche Nickelaufnahme über die allgemeine Nahrung sinnvoll, nicht ausschließlich bei den im eigenen Garten angebauten Pflanzen anzusetzen. Zur Minderung der Nickelbelastung ist vor allem die Reduzierung des Verzehrs folgender Produkte geeignet: Pecan-, Cashewnüsse, Kakaopulver schwach entölt, Tee schwarz, Sojabohnen, Sojamehl vollfett, Schokolade milchfrei.

4.5 Arsen-Belastung

Der zu bewertende Arsen-Gehalt in Endivie liegt zwischen 0,0086 mg/kg FM am Messpunkt 10R und 0,026 mg/kg FM am Messpunkt 4R. In Grünkohl liegt der Arsengehalt zwischen 0,0068 mg/kg FM am Messpunkt 1R und 0,024 mg/kg FM am Messpunkt 5.

Für Arsen in Lebensmitteln sind bisher weder auf nationaler noch auf EU-Ebene Höchst-mengen in Lebensmitteln festgelegt worden, daher erfolgt eine Risikoabschätzung mit Hilfe des Margin of Exposure-Ansatzes. Bei der Beurteilung der Arsen-Konzentrationen in den Nahrungspflanzen wird davon ausgegangen, dass es sich um anorganisches Arsen handelt.

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA- European Food Safety Authority) leitete nach Auswertung zahlreicher epidemiologischer Studien Ende 2009 verschiedene Benchmark Dosen (BMDL₀₁-Werte; untere Grenze des Vertrauensbereiches der Benchmarkdosis für einen 1 % igen Anstieg) für die Wirkendpunkte dermale Läsionen, Hautkrebs, Lungenkrebs und Blasenkrebs im Bereich von 0,3 bis 8 µg/kg KG/d ab. Nach EFSA (2009) werden, aufgrund von Unsicherheiten bei den Dosis-Wirkungsbeziehungen, die epidemiologischen Daten als nicht geeignet erachtet, um eine tolerable Aufnahmedosis in Form von TDI oder PTWI-Werten abzuleiten, die kein nennenswertes gesundheitliches Risiko bergen (Stellungnahme Nr. 034/2012 des BfR vom 10. August 2012). Für die Risikocharakterisierung empfiehlt die EFSA (2009) den MOE - Ansatz (Margin of Exposure). Es handelt sich hierbei um das Verhältnis zwischen der aus epidemiologischen Studien ermittelten Dosis (Referenzpunkt – BMDL²) und der Exposition der Verbraucherinnen und Verbraucher. Bei dieser Dosis wird ein vordefinierter geringfügiger, jedoch messbarer negativer gesundheitlicher Effekt in Tierversuchen oder auch beim Menschen ausgelöst. Für die Risikocharakterisierung und die

² Unter Berücksichtigung eines Konfidenzbereichs wird die Benchmark-Dosis der unteren Konfidenzgrenze (BMDL; benchmark dose lower confidence limit) als solcher Referenzpunkt herangezogen.

Kalkulation des MOE soll nach EFSA (2009) der Bereich von 0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag anstelle eines einzelnen Referenzpunktes verwendet werden.

Des Weiteren liegt laut EFSA (2014) die mittlere Aufnahme von anorganischem Arsen über den allgemeinen Warenkorb für erwachsene Personen in Deutschland zwischen 0,11 und 0,31 µg/kg KG/d (untere Grenze (LB) und obere Grenze UB)³. Diese berechnete Exposition liegt im Bereich der BMDL₀₁-Werte von 0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag. Die EFSA (2009) kommt daher zu dem Ergebnis, dass kein oder nur ein sehr geringer MOE vorhanden ist und „ein Risiko für einige Verbraucherinnen und Verbraucher durch die Aufnahme von anorganischem Arsen über alle Lebensmittel nicht auszuschließen ist“.

Für Endivie am höchstbelasteten Messpunkt (MP 4R, Arsengehalt 0,026 mg/kg FM) resultiert, bei einer rechnerischen Annahme eines täglichen Verzehrs von 250 g Gemüse aus dem eigenen Garten und einem angenommenen Körpergewicht von 70 kg, eine zusätzliche Arsenaufnahme von ca. 0,093 µg/kg KG/d. Unter Einbezug der Aufnahme über den allgemeinen Warenkorb von maximal 0,31 µg/kg KG/d ergibt sich eine tägliche maximale Aufnahme von ca. 0,40 µg/kg KG/d.

Für Grünkohl am höchstbelasteten Messpunkt 5 beträgt der Arsengehalt 0,024 mg/kg FM. Hieraus resultiert eine zusätzliche Arsenaufnahme von ca. 0,086 µg/kg KG/d. Unter Einbezug der Aufnahme über den allgemeinen Warenkorb von maximal 0,31 µg/kg KG/d ergibt sich ebenfalls eine tägliche maximale Aufnahme von ca. 0,40 µg/kg KG/d.

Bezüglich der Exposition gegenüber Arsen ist anzumerken, dass da der untere BMDL₀₁-Wert in Höhe von 0,3 µg/kg KG/d für Arsen schon allein über die mittlere Aufnahme (obere Grenze UB) über den allgemeinen Warenkorb in Höhe von 0,31 µg/kg KG/d bereits ausgeschöpft wird, die Ableitung einer Verzehrempfehlung auf Basis der Arsenbelastung der hier untersuchten Endivienproben/ Grünkohlproben nicht zielführend ist.

Im Folgenden erfolgt der Vergleich der hier untersuchten selbstangebauten Endivien- und Grünkohlproben mit im Handel erhältlichem Gemüse. Dieser Vergleich soll dazu dienen das mögliche zusätzliche Risiko, das sich durch den Verzehr der hier untersuchten Endivien- und Grünkohlproben im Vergleich zu im Handel erhältlicher Endivie und Kohlgemüse ergeben könnte, einzuordnen.

Laut EFSA (2014) liegt die obere Grenze des mittleren Arsengehaltes von Blattgemüse (un-spezifiziert) bei 0,0104 mg/kg FM und die untere Grenze bei 0,0056 mg/kg FM. Des Weiteren liegt laut EFSA (2014) die obere Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen in handelsüblicher Endivie aus der EU bei 0,0108 mg/kg FM und die untere Grenze bei 0,0018 mg/kg FM.

³ EFSA Journal 2014; 12(3):3597: Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population, European Food Safety Authority, 2014, S 46; für europäische Erwachsene liegt die mittlere Aufnahme von anorganischem Arsen über den allgemeinen Warenkorb zwischen 0,11 und 0,38 µg/kg KG/d (Minimum untere Grenze (LB) und Maximum obere Grenze UB), Appendix A4 S. 66 ; für Erwachsene in Deutschland liegt die mittlere Aufnahme von anorganischem Arsen über den allgemeinen Warenkorb zwischen 0,11 und 0,31 µg/kg KG/d (untere Grenze (LB) und obere Grenze UB).

Die Arsenkonzentrationen in Endivie an den Messpunkten 1R, 3, 4R, 5, 8 und 11 überschreiten die von der EFSA angegebene obere Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen in Endivie aus der EU um den Faktor 1,1 bis max. den Faktor 2,4. Die Arsenkonzentration in Endivie an Messpunkt 6 (0,0093 mg/kg FM) und Messpunkt 10R (0,0086 mg/kg FM) unterschreiten die von der EFSA angegebene obere Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen in Endivie aus der EU.

Für Kohlgemüse liegt die obere Grenze des mittleren Arsengehaltes laut EFSA (2014) bei 0,0078 mg/kg FM und die untere Grenze bei 0,0033 mg/kg FM. Explizit für Grünkohl liegen keine Angaben laut EFSA (2014) vor.

Die Arsenkonzentrationen in Grünkohl an den Messpunkten 3, 5, 6, 7 und 11 überschreiten die von der EFSA angegebene obere Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen in Kohlgemüse aus der EU um den Faktor 1,2 bis max. den Faktor 3,1. Die Arsenkonzentrationen in Grünkohl an den Messpunkten 1R (0,0068 mg/kg FM) und 10R (0,0072 mg/kg FM) unterschreiten die von der EFSA angegebene obere Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen in Kohlgemüse aus der EU.

Aufgrund der hohen Belastung durch die tägliche Arsenaufnahme über die allgemeine Nahrung ist es sinnvoll, nicht ausschließlich bei den im eigenen Garten angebauten Pflanzen anzusetzen. Zur Minderung der Arsenbelastung ist vor allem die Reduzierung des Verzehrs folgender höher belasteter Produkte geeignet, wie z.B. Reis, insbesondere brauner Reis und auf Reis basierende Produkte⁴.

4.6 Kupfer-Belastung

Die höchsten Kupfer-Gehalte finden sich mit 1,3 mg/kg FM in Endivie am Messpunkt 8 und mit 2,7 mg/kg FM in Grünkohl am Messpunkt 6.

Für Kupfer in Lebensmitteln sind bisher weder auf nationaler noch auf EU-Ebene Höchstmengen in Lebensmitteln festgelegt worden, daher erfolgt eine Risikoabschätzung über die tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (TDI) von Kupfer unter Berücksichtigung des Verzehrs des Gemüses.

Kupfer ist ein für den menschlichen Organismus essentielles Element. Nach Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE 2013) sollten Erwachsene bis zu 1,5 mg Kupfer pro Tag aufnehmen (entspricht ca. 21,4 µg/kg KG/d). Das SCF (Scientific Committee on Food) hat 2003 eine UL (tolerable upper intake level oder tägliche maximale Aufnahmemen-

⁴ Für Reis (total) liegt z.B. laut EFSA (2014, S. 17 Tabelle 3) die obere Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen aus der EU bei ca. 0,110 mg/kg FM und die untere Grenze bei ca. 0,093 mg/kg FM. Für braunen Reis liegt die obere Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen aus der EU sogar bei ca. 0,153 mg/kg FM und die untere Grenze bei ca. 0,151 mg/kg FM.

ge eines Nährstoffes (aus allen Quellen) von der als unwahrscheinlich angenommen wird, dass sie für den Menschen eine gesundheitliche Gefahr darstellt) für Erwachsene in Höhe von 5 mg/d abgeleitet (BfR 2004). Nach der Nationalen Verzehrstudie von 1994 (BfR 2004) betrug die tägliche Zufuhr von Kupfer bei Männern 2,25 mg und bei Frauen 1,84 mg (Median-Werte).

Die höchste Kupfer-Belastung findet sich in Grünkohl an Messpunkt 6 mit 2,7 mg/kg FM. Bei einem Verzehr von 250 g dieses Grünkohls pro Tag ergibt sich eine zusätzliche Kupfer-Aufnahme von rein rechnerisch maximal ca. 0,68 mg/Tag.

Unter Berücksichtigung der Zufuhr aus anderen Lebensmitteln ergibt sich für Männer eine Aufnahme von ca. 2,93 mg/Tag und für Frauen von ca. 2,52 mg/Tag. Für Frauen und Männer liegt die Konzentration unterhalb der vom SCF angegebenen UL (s. o.).

4.7 Zink-Belastung

Zink ist für den Menschen essentiell, die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE 2013) empfiehlt, dass männliche Erwachsene 10 mg und weibliche Erwachsene 7 mg Zink pro Tag aufnehmen. Zink ist aber nicht nur essentiell, sondern blockiert auch die Resorption von schädlichen Schwermetallen wie Cadmium oder Blei im Magen-Darm-Trakt.

Die höchste Zink-Belastung in Endivie wurde mit 5,2 mg/kg FM an Messpunkt 11 und in Grünkohl mit 8,5 mg/kg FM an Messpunkt 4R ermittelt. Bei dem Verzehr von 250 g Grünkohl (Gemüseprobe mit der höchsten Zink-Belastung aller Gemüseproben) würde eine zusätzliche Zink-Aufnahme von ca. 2,1 mg/d resultieren.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR 2004) zieht zur Bewertung von Zink in Nahrungsergänzungsmitteln oder angereicherten Lebensmitteln eine UL (tolerable upper intake level) oder tägliche maximale Aufnahmemenge eines Nährstoffes (aus allen Quellen), von der als unwahrscheinlich angenommen wird, dass sie für den Menschen eine gesundheitliche Gefahr darstellt) des SCF (Scientific Committee on Food) von 25 mg/Tag heran. Nach der „Nationalen Verzehrsstudie“ von 2008 (MRI 2008) lag der Medianwert der täglichen Zinkaufnahme von Männern bei 11,6 mg/Tag und von Frauen bei 9,1 mg/Tag. Mit der zusätzlichen Aufnahme von Zink über die maximal belastete Grünkohlprobe ergäbe sich bei Männern rein rechnerisch eine maximale Zink-Aufnahme von ca. 13,7 mg/d und bei Frauen von ca. 11,2 mg/d. Beide Werte liegen unterhalb der UL (s. o.).

4.8 Fazit der gesundheitlichen Bewertung

Aufgrund der Unterschreitung der herangezogenen Bewertungskriterien ist im Hinblick auf die bewerteten Schadstoffgehalte von **Cadmium, Chrom(III), Kupfer** und **Zink** der Verzehr der hier untersuchten Nahrungspflanzen „Grünkohl“ und „Endivie“ gesundheitlich unbedenklich.

Der EU-Höchstgehalt für **Blei** wird nur in Grünkohl am MP 5 überschritten. Nach nationalem und EU-Lebensmittelrecht darf solchermaßen belastetes Gemüse nicht in den Handel gebracht werden.

Es sollte daher die bestehende Nichtverzehrempfehlung für Grünkohl von diesem Standort aufrechterhalten werden.

An allen anderen Messpunkten wird der EU-Höchstgehalt für **Blei** in Grünkohl und Endivie unterschritten.

Bezüglich der zu bewertenden **Arsen-** und **Nickelgehalte** ist anzumerken, dass die Ableitung einer Verzehrempfehlung auf Basis der **Arsen-** und **Nickelbelastung** der hier untersuchten Grünkohl- und Endivienproben nicht zielführend ist (s. o.).

Im Sinne des vorsorgenden Gesundheitsschutzes und um zu vermeiden, dass es bei Verzehr des Gemüses aus dem eigenen Garten im Vergleich zu handelsüblichem Gemüse zu keinem zusätzlichen Gesundheitsrisiko kommt, ergeben sich folgende Hinweise zur Einordnung der **Arsen-** bzw. **Nickelbelastung**.

Bezüglich der **Arsenbelastung** ist anzumerken:

Für Endivie ergäbe sich rein rechnerisch auf Basis der am höchsten belasteten Endivienprobe, da diese im Vergleich zu im Handel erhältlicher Endivie (s.o.) um ca. den Faktor 2,4 höher belastet ist, dass diese nur bis zu dreimal in der Woche verzehrt werden sollte.

Für Grünkohl ergäbe sich rein rechnerisch auf Basis des am höchsten belasteten Grünkohls, da dieser um maximal ca. Faktor 3,1 höher belastet ist als im Handel erhältliches Kohlgemüse (s. o.), diesen nur zweimal in der Woche zu verzehren.

Bezüglich der **Nickelbelastung** lässt sich sagen, dass die Nickelbelastung des Grünkohls aus Lünen im Bereich der Nickelkonzentrationen in Grünkohl aus dem WDMP (2015) liegt. Daher ist davon auszugehen, dass der Verzehr des Grünkohls aus Lünen im Vergleich zum Verzehr von Grünkohl anderer für NRW gering belasteter Standorte, zu keinem zusätzlichen Gesundheitsrisiko führt.

Um zu vermeiden, dass es bei Verzehr des untersuchten Grünkohls zu einem zusätzlichem Gesundheitsrisiko in Bezug auf das Vergleichsgemüse kommt, wird aufgrund der o.g. Überschreitungen empfohlen, Grünkohl (250 g je Mahlzeit) von den MP 3, 6, 8 und 11 nur fünfmal pro Woche zu verzehren. Grünkohl von MP 5 sollte aufgrund der Überschreitung des EU-Höchstgehaltes für Blei nicht verzehrt werden (s.o.).

Für Endivie der MP 3 und 11 wird aufgrund der o. g. Überschreitungen entsprechend empfohlen, diese nur bis zu dreimal pro Woche und für die MP 4R, 5, 8 und 10R bis zu viermal pro Woche zu verzehren.

5 Zusammenfassung

Im Jahr 2015 wurden in Lünen im Umfeld der Fa. Aurubis und des Stadthafens Nahrungspflanzenuntersuchungen durchgeführt. Dazu wurden Endivie und Grünkohlpflanzen an acht Messpunkten in Gartenbeeten und zusätzlich an vier Messpunkten auch in Containern mit Einheitserde exponiert und auf ihre Gehalte an Schwermetallen analysiert.

Im Jahr 2015 wurden immissionsbedingte **Einträge von Blei** in den untersuchten Grünkohlpflanzen gefunden, die allerdings geringer ausfielen als in den Vorjahren. Außerdem wurden immissionsbedingte Einträge von **Kupfer** und **Zink** sowie geringere Einträge von **Chrom** und **Arsen** in den Grünkohlpflanzen ermittelt. Bei **Nickel** konnten keine gegenüber der Hintergrundbelastung erhöhten Einträge ermittelt werden. Am höchsten belastet war der **Messpunkt 5**. Alle anderen Messpunkte waren im Vergleich zum Vorjahr geringer belastet. In der untersuchten Endivie wurden keine erhöhten Belastungen ermittelt.

Für das Jahr 2015 führt die gesundheitliche Bewertung deshalb nur für den Messpunkt 5 für Grünkohl zu einer Nichtverzehrempfehlung wegen der Überschreitung des EU-Höchstgehaltes von Blei.

Die bestehende Nichtverzehrempfehlung sollte aber vorsorglich für den gesamten Bereich aufrechterhalten werden, da die hier bewerteten Untersuchungsergebnisse nur den Zeitraum von Juli bis November 2015 abdecken.

Im Sinne des vorsorgenden Gesundheitsschutzes sollten die Hinweise für die Verbraucher bezogen auf die Arsen- und Nickel-Belastung (s. Kapitel 4.8) beachtet werden.

Die im Jahr 2015 untersuchten Grünkohlpflanzen waren – insbesondere an den Messpunkten nordöstlich der Fa. Aurubis - deutlich geringer belastet als in den Vorjahren. Da die Windrichtungsverteilung im Expositionszeitraum des Grünkohls (August – November 2015) sich nicht vom langjährigen Mittel (Hauptwindrichtung: Südwest) unterschied, lässt das den Schluss zu, dass im Jahr 2015 zwischen August und November geringere Immissionen von der Fa. Aurubis verursacht wurden als in den Vorjahren. Der nach wie vor hoch belastete

Messpunkt 5 liegt nördlich des Stadthafens und westlich der Fa. Aurubis. Möglicherweise sind hierfür Emissionen des Stadthafens verantwortlich.

6 Weitere Vorgehensweise:

Vor diesem Hintergrund sollen die Untersuchungen im Jahr 2016 wie bisher fortgeführt werden. Ziel der Untersuchungen soll es zum einen sein die angebauten Nahrungspflanzen gesundheitlich zu bewerten und damit die Notwendigkeit zu prüfen, ob die Nichtverzehrempfehlung aufrecht erhalten bleiben muss. Sollte die Belastung in den Nahrungspflanzen auch im Jahr 2016 so gering sein wie in 2015, könnte geprüft werden, inwieweit eine (teilweise) Aufhebung der bestehenden Nichtverzehrempfehlung empfohlen werden kann. Die Ursachen für ggfls. gegenüber der Hintergrundbelastung erhöhte Schwermetallgehalte in den Nahrungspflanzen sollten, sofern möglich, noch näher beleuchtet werden.

7 Anlage

Tabelle 2: Blei-Gehalte in Nahrungspflanzen

Messpunkt	Blei [mg/kg FM]													
	Endivie							Grünkohl						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1 R	0,14	0,17	0,17	0,21	0,25	0,28	0,069	0,14	0,13	0,089	0,15	0,029	0,11	0,040
2	0,26	0,18	0,10	0,20	0,28	0,059		0,15	0,089	0,11	0,10	0,055	0,056	
3	0,55	0,31	0,35	0,49	0,30	0,18	0,080	0,57	0,44	0,22	0,31	0,34	Ausfall	0,13
4 R	0,21	0,20	0,17	0,21	0,033	0,011	0,19	0,068	0,20	0,15	0,090	0,061	0,12	0,045
5	0,50	0,24	0,88	0,22	0,062	0,022	0,074	1,1	0,64	0,96	0,30	0,16	0,35	0,36
6	0,50	0,29	0,44	0,45	0,073	0,177	0,028	0,19	0,29	0,21	0,19	0,21	0,62	0,17
7	0,30	0,29	0,29	0,24	Ausfall			0,22	0,24	0,18	0,16	Ausfall		
8	0,53	0,29	0,66	0,79	0,078		0,16	2,0	0,45	0,62	1,1	0,37	0,42	0,21
9	1,8	0,60	0,77	0,65	0,22			1,3	0,84	0,33	0,65	0,99		
10 R	0,45	0,25	0,38	0,22	0,057	0,011	0,025	0,31	0,14	0,15	0,20	0,19	0,18	0,070
11						0,098	0,079						0,53	0,26

Tabelle 3: Cadmium-Gehalte in Nahrungspflanzen

Messpunkt	Cadmium [mg/kg FM]													
	Endivie							Grünkohl						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1 R	0,033	0,066	0,079	0,038	0,015	0,052	0,018	0,026	0,024	0,026	0,027	0,012	0,017	0,018
2	0,104	0,136	0,096	0,034	0,042	0,258		0,040	0,037	0,035	0,033	0,023	0,055	
3	0,044	0,099	0,086	0,033	0,028	0,050	0,022	0,034	0,021	0,022	0,017	0,015	Ausfall	0,017
4 R	0,056	0,064	0,074	0,022	0,014	0,040	0,021	0,024	0,018	0,023	0,023	0,015	0,021	0,017
5	0,063	0,092	0,11	0,017	0,011	0,045	0,027	0,059	0,041	0,031	0,033	0,020	0,029	0,022
6	0,043	0,083	0,075	0,026	0,014	0,061	0,019	0,023	0,027	0,023	0,019	0,019	0,032	0,022
7	0,052	0,104	0,086	0,040	Ausfall			0,027	0,028	0,019	0,024	Ausfall		
8	0,057	0,057	0,062	0,018	0,018		0,014	0,070	0,023	0,026	0,023	0,013	0,012	0,010
9	0,11	0,11	0,099	0,044	0,043			0,045	0,036	0,030	0,027	0,066		
10 R	0,035	0,166	0,165	0,062	0,048	0,067	0,032	0,029	0,028	0,035	0,030	0,028	0,024	0,018
11						0,053	0,040						0,031	0,021

Tabelle 4: Chrom-Gehalte in Nahrungspflanzen

Messpunkt	Chrom [mg/kg FM]													
	Endivie							Grünkohl						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1 R	0,085	0,55	0,29	0,23	0,29	0,16	0,031	0,11	0,18	0,26	0,12	Ausfall	0,069	0,042
2	0,13	0,80	0,20	0,31	Ausfall	0,037		0,066	0,089	0,16	0,074	0,056	0,055	
3	0,22	0,51	0,47	0,39	0,22	0,055	0,019	0,25	0,18	0,24	0,12	0,16	Ausfall	0,059
4 R	0,15	0,66	0,33	0,52	0,039	0,028	0,12	0,07	0,16	0,17	0,13	0,083	0,19	0,043
5	0,19	0,46	0,46	0,51	0,028	0,024	0,029	0,42	0,43	0,31	0,18	0,12	0,15	0,062
6	0,22	0,50	0,90	0,43	0,037	0,058	0,017	0,13	0,24	0,31	0,11	0,14	0,27	0,088
7	0,19	0,64	0,61	0,24	Ausfall			0,14	0,18	0,30	0,12	Ausfall		
8	0,20	0,28	0,56	0,42	0,11		0,021	0,27	0,12	0,29	0,13	Ausfall	0,065	<0,0037
9	0,28	0,44	0,77	0,31	0,072			0,16	0,19	0,17	0,089	0,19		
10 R	0,21	0,56	1,4	0,69	Ausfall	0,037	0,014	0,10	0,081	0,15	0,10	0,14	0,070	<0,0035
11						0,039	0,020						0,21	0,076

Tabelle 5: Nickel-Gehalte in Nahrungspflanzen

Messpunkt	Nickel [mg/kg FM]													
	Endivie							Grünkohl						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1 R	0,062	0,76	0,41	0,13	0,10	0,12	0,039	0,077	0,11	0,32	0,078	0,037	0,072	0,048
2	0,12	1,2	0,30	0,17	0,11	0,10		0,083	0,089	0,22	0,052	0,044	0,11	
3	0,14	0,84	0,67	0,27	0,14	0,13	0,057	0,33	0,21	0,28	0,16	0,21	Ausfall	0,10
4 R	0,077	1,0	0,50	0,23	0,019	<0,013	0,055	0,051	0,099	0,18	0,044	0,049	0,11	0,040
5	0,23	0,60	0,84	0,30	0,043	0,067	0,051	0,42	0,41	0,61	0,21	0,092	0,24	0,18
6	0,13	0,78	1,2	0,24	0,036	0,043	0,032	0,078	0,16	0,19	0,11	0,090	0,23	0,082
7	0,11	0,96	0,68	0,13	Ausfall			0,11	0,14	0,15	0,12	Ausfall		
8	0,25	0,50	0,97	0,39	0,070		0,055	0,67	0,18	0,50	0,46	0,13	0,15	0,10
9	0,38	0,78	1,3	0,40	0,10			0,38	0,34	0,30	0,31	0,60		
10 R	0,096	0,92	2,1	0,40	0,057	0,043	0,043	0,10	0,10	0,23	0,11	0,10	0,085	0,074
11						0,047	0,068						0,18	0,095

Tabelle 6: Arsen-Gehalte in Nahrungspflanzen

Messpunkt	Arsen [mg/kg FM]													
	Endivie							Grünkohl						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1 R	0,033	0,049	0,060	0,057	0,062	0,156	0,019	0,022	0,018	0,023	0,024	0,006	0,011	0,0068
2	0,045	0,029	0,019	0,031	0,048	0,023		0,010	0,009	0,011	0,008	0,005	<0,003	
3	0,043	0,028	0,039	0,050	0,035	0,021	0,013	0,029	0,025	0,017	0,025	0,019	Ausfall	0,0095
4 R	0,032	0,029	0,023	0,036	0,009	0,008	0,026	<0,0085	0,022	0,010	0,005	0,006	0,011	<0,0035
5	0,053	0,025	0,081	0,034	0,018	0,008	0,012	0,047	0,031	0,052	0,015	0,010	0,027	0,024
6	0,043	0,028	0,039	0,039	0,011	0,024	0,0093	0,011	0,016	0,016	0,011	0,013	0,057	0,012
7	0,033	0,027	0,057	0,028	Ausfall			0,014	0,014	0,014	0,011	Ausfall		
8	0,051	0,030	0,076	0,065	0,021		0,017	0,083	0,027	0,056	0,049	0,025	0,035	0,022
9	0,092	0,042	0,071	0,046	0,031			0,049	0,040	0,033	0,043	0,052		
10 R	0,063	0,044	0,15	0,066	0,021	0,011	0,0086	0,017	0,020	0,020	0,025	0,022	0,028	0,0072
11						0,020	0,015						0,041	0,019

Tabelle 7: Kupfer-Gehalte in Nahrungspflanzen

Messpunkt	Kupfer [mg/kg FM]													
	Endivie							Grünkohl						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1 R	0,52	0,66	0,67	0,64	0,54	0,75	0,53	0,54	0,88	0,65	0,78	0,42	0,49	0,70
2	0,96	1,0	0,82	0,63	1,0	0,9		0,75	0,92	0,85	0,78	0,60	0,66	
3	1,3	1,5	1,9	1,3	1,0	1,0	1,1	2,7	1,8	1,5	1,5	1,3	Ausfall	1,0
4 R	0,60	0,66	1,1	0,45	0,37	0,62	0,6	0,44	0,80	0,74	0,77	0,61	0,67	0,93
5	2,5	1,7	6,8	1,1	0,80	0,78	1,0	5,6	4,3	6,9	2,3	1,1	2,7	2,7
6	1,3	1,5	1,8	0,94	0,61	0,98	0,48	0,88	1,5	1,4	1,1	0,84	1,8	1,3
7	0,84	1,3	1,9	0,82	Ausfall			0,83	1,4	1,9	0,97	Ausfall		
8	1,7	2,2	6,0	4,1	0,83		1,3	9,5	3,3	6,2	5,1	2,2	2,9	2,1
9	6,1	4,6	6,7	3,9	2,0			6,4	4,6	3,5	3,3	6,9		
10 R	1,0	1,1	1,7	0,76	0,59	0,48	0,67	1,2	0,99	1,2	1,0	0,84	0,91	0,7
11						1,28	0,98						2,8	1,9

Tabelle 8: Zink-Gehalte in Nahrungspflanzen

Messpunkt	Zink [mg/kg FM]													
	Endivie							Grünkohl						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1 R	4,4	6,7	8,6	4,8	3,1	3,5	4,0	5,9	6,6	7,3	9,5	3,5	5,1	5,3
2	6,3	8,7	6,6	2,6	4,0	11		3,1	5,3	4,1	4,4	3,5	6,7	
3	6,1	14	13,3	5,3	4,5	5,3	4,6	7,9	9,9	7,7	8,4	6,1	Ausfall	7,2
4 R	6,2	7,9	8,9	3,0	2,3	2,9	4,1	3,8	5,2	4,6	5,9	4,8	6,6	8,5
5	6,4	7,3	13	2,0	2,0	2,2	2,9	7,5	9,1	8,4	7,1	3,7	5,8	6,1
6	5,8	9,6	8,0	3,1	2,1	5,2	2,9	5,2	8,8	5,4	5,7	5,1	10	6,1
7	5,3	9,8	8,6	3,3	Ausfall			4,2	9,3	5,7	6,9	Ausfall		
8	8,7	9,2	12	4,4	1,9			10	8,6	11	10	5,6	5,6	7
9	18	21	22	8,5	8,6			6,5	12	12	9,5	37		
10 R	6,7	14	14	4,6	4,5	3,1	4,1	4,2	7,7	7,1	6,0	6,1	6,1	5,7
11						4,5	5,2						8,7	6,5

Tabelle 9: Metall-Gehalte in Grünkohl, der im Container exponiert wurde
 (*bei den Ergebnissen von 2009 sind die Frischgehalte mit standardisierten Trockengehalten berechnet worden)

Messpunkt	Grünkohl Container (ED 73) [mg/kg FM]													
	Blei							Cadmium						
	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015
4 R	0,027	0,031	0,089	0,038	0,032	0,073	0,037	0,0082	0,0046	0,0076	0,011	0,0075	0,0082	0,0080
5		0,11	0,31	0,97	0,096	0,21	0,23		0,011	0,012	0,018	0,012	0,012	0,009
8	0,58	0,18	0,20	0,29	0,22	0,34	0,18	0,025	0,012	0,011	0,015	0,012	0,013	0,010
9	0,78	0,12	0,077	0,16	0,62	0,29		0,032	0,0084	0,0086	0,0082	0,013	0,017	
11						0,11	0,17						0,010	0,012
Messpunkt	Chrom							Nickel						
	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	4 R	0,027	0,107	0,065	0,073	0,059	0,069	<0,0043	0,069	0,184	0,08	0,18	0,14	0,16
5		0,047	0,067	0,11	0,094	0,079	<0,0042		0,140	0,18	0,52	0,18	0,21	0,14416
8	0,082	0,076	<0,043	0,058	0,045	<0,040	<0,0044	0,25	0,151	0,14	0,27	0,22	0,36	0,14606
9	0,069	0,168	<0,037	0,12	0,12	0,071		0,27	0,185	0,08	0,56	0,41	0,29	
11						0,051	0,055						0,25	0,11591
Messpunkt	Arsen							Kupfer						
	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	4 R	<0,007	<0,0031	0,005	<0,0036	0,004	<0,004	<0,0043	0,45	0,40	0,85	0,55	0,49	0,56
5		0,011	0,017	0,037	0,006	0,011	0,016		0,67	1,9	3,9	0,73	1,2	1,5
8	0,026	0,012	0,021	0,020	0,015	0,044	0,020	2,4	0,89	1,5	1,7	1,2	1,9	1,3
9	0,032	0,0050	0,0088	0,0077	0,030	0,013		3,5	0,89	0,81	0,88	3,1	1,6	
11						<0,004	0,012						0,89	1,0
Messpunkt	Zink													
	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015							
	4 R	2,9	2,4	0,85	5,2	3,0	4,5	4,6						
5		2,3	1,9	7,0	3,8	4,3	5,5							
8	4,4	2,4	1,5	5,8	4,8	4,8	5,3							
9	4,9	2,7	0,81	4,4	4,1	5,1								
11						3,3	5,1							

8 Literatur

BfR Bundesinstitut für Risikobewertung (2004): Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln, Toxikologische und ernährungsphysiologische Aspekte, Teil II.

BfR Bundesinstitut für Risikobewertung: Gesundheitliche Risiken durch Schwermetalle aus Spielzeug. Aktualisierte Stellungnahme Nr. 034/2012 des BfR vom 10. August 2012

DGE Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2013): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr <http://www.dge.de/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=3&page=1> aufgerufen am 26.06.2014

EFSA (2005): Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Nickel, The EFSA Journal (2005) 146, 1-21

EFSA (2009): SCIENTIFIC Opinion, Scientific Opinion on Arsenic in Food, EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), The EFSA Journal (2009) 7 (10): 1351

EFSA (2010): SCIENTIFIC REPORT submitted to EFSA - Long-term dietary exposure to chromium in young children living in different European countries, The EFSA Journal. <http://www.efsa.europa.eu/de/supporting/doc/54e.pdf>

EFSA (2014): Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of chromium in food and drinking water, EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy, EFSA Journal (2014); 12(3):3595

EFSA (2014): European Food Safety Authority, 2014. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. EFSA Journal 2014; 12(3):3597, 68 pp. doi: 10.2903/j.efsa.2014.3597

EFSA (2015): Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water. EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain), 2015. EFSA Journal 2015; 13(2): 4002, 202pp. doi: 10.2903/j.efsa.2015.4002

LANUV-Fachbericht 61 (2015): Immissionsbedingte Hintergrundbelastung von Pflanzen in NRW – Schwermetalle und organische Verbindungen, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Recklinghausen 2015

Hassauer, M. Kalberlah, F. (2008): Arsen und Verbindungen. In: Eikmann, Heinrich, Heinzow, Konietzka: Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen - Toxikologische Basisdaten und ihre Bewertung. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

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

MRI Max Rubner Institut (2008): Nationale Verzehrsstudie II, Ergebnisbericht, Teil 2, Die bundesweite Befragung zur Ernährung von Jugendlichen und Erwachsenen.

Novotnik et al. (2013): Chromate in food samples: an artefact of wrongly applied analytical methodology, Journal of Analytical Atomic Spectrometry 2013, 28, 558-566

Schneider, K.; Kalberlah, F. (1999): Kupfer und Verbindungen. In: Eikmann, Heinrich, Heinzow, Konietzka: Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen - Toxikologische Basisdaten und ihre Bewertung. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Verordnung (EU) Nr. 420/2011 der Kommission vom 29. April 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln.

Verordnung (EU) Nr. 1881/2014 der Kommission vom 12. Mai 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bezüglich der Höchstgehalte für Cadmium in Lebensmitteln