



Untersuchungsbericht zur Immissionsbelastung von Nahrungspflanzen in Lünen

2016

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Fachbereich 31 Immissionswirkungen Leibnizstraße 10 45659 Recklinghausen Recklinghausen (Datum 05.07.2017)
Autorin	Dr. Katja Hombrecher katja.hombrecher@lanuv.nrw.de 0201/7995 – 1186
Mitwirkende	Dr. Ralf Both, Marcel Buss, Alexandra Müller-Uebachs, Mario Rendina, Jürgen Schmidt, Ludwig Radermacher (alle FB 31), Udo van Hauten (FB 32), FB 33 (Gesundheitliche Bewertung), FB 43 (Gehalte im Staubbiederschlag)
Informationendienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext

Inhalt

1	Einleitung	4
2	Methodik	4
3	Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen	6
3.1	Blei-Gehalte	6
3.2	Cadmium-Gehalte	9
3.3	Chrom-Gehalte.....	11
3.4	Nickel-Gehalte.....	14
3.5	Arsen-Gehalte	16
3.6	Kupfer-Gehalte.....	18
3.7	Zink-Gehalte	21
4	Gesundheitliche Bewertung der Ergebnisse	23
4.1	Blei-Belastung	24
4.2	Cadmium-Belastung.....	24
4.3	Chrom-Belastung	24
4.4	Nickel-Belastung	25
4.5	Arsen-Belastung.....	26
4.6	Kupfer-Belastung	27
4.7	Zink-Belastung	28
4.8	Fazit der gesundheitlichen Bewertung.....	28
5	Zusammenfassung.....	31
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 an einem Messpunkt wurde im Jahr 2015 die bestehende Nichtverzehrempfehlung für Grünkohl und andere Blattgemüse, wie etwa Mangold und Spinat, vorsorglich weiter aufrecht erhalten (s. LANUV-Bericht vom 18.04.16).

Vor diesem Hintergrund wurden die Untersuchungen im Jahr 2016 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 aufrechterhalten 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 2016 sind in der Abbildung 1 dargestellt: Die Messpunkte 8, 11, und 6 liegen nördlich bis nordöstlich und damit in Hauptwindrichtung der Fa. Aurubis; der Messpunkt 5 liegt nördlich bzw. nordwestlich des Stadthafens (westlich der Fa. Aurubis); der Messpunkt 3 liegt östlich des Stadthafens und der Fa. Aurubis und die Messpunkte 1R, 4R und 10R dienen als Referenzmesspunkte.

An allen Messpunkten wurde Endivie (06.07. – 31.08.16) und Grünkohl (09.08. – 09.11.16) im Beet exponiert. Zusätzlich wurde Grünkohl an den Messpunkten 4R, 5, 8 und 11 in einem Container mit Einheitserde exponiert (09.08. – 09.11.16).

Die Aufarbeitung der Grünkohlproben und die Analysen der Endivien- und Grünkohlproben wurden 2016 durch die Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUF) NRW im Auftrag des LANUV durchgeführt.

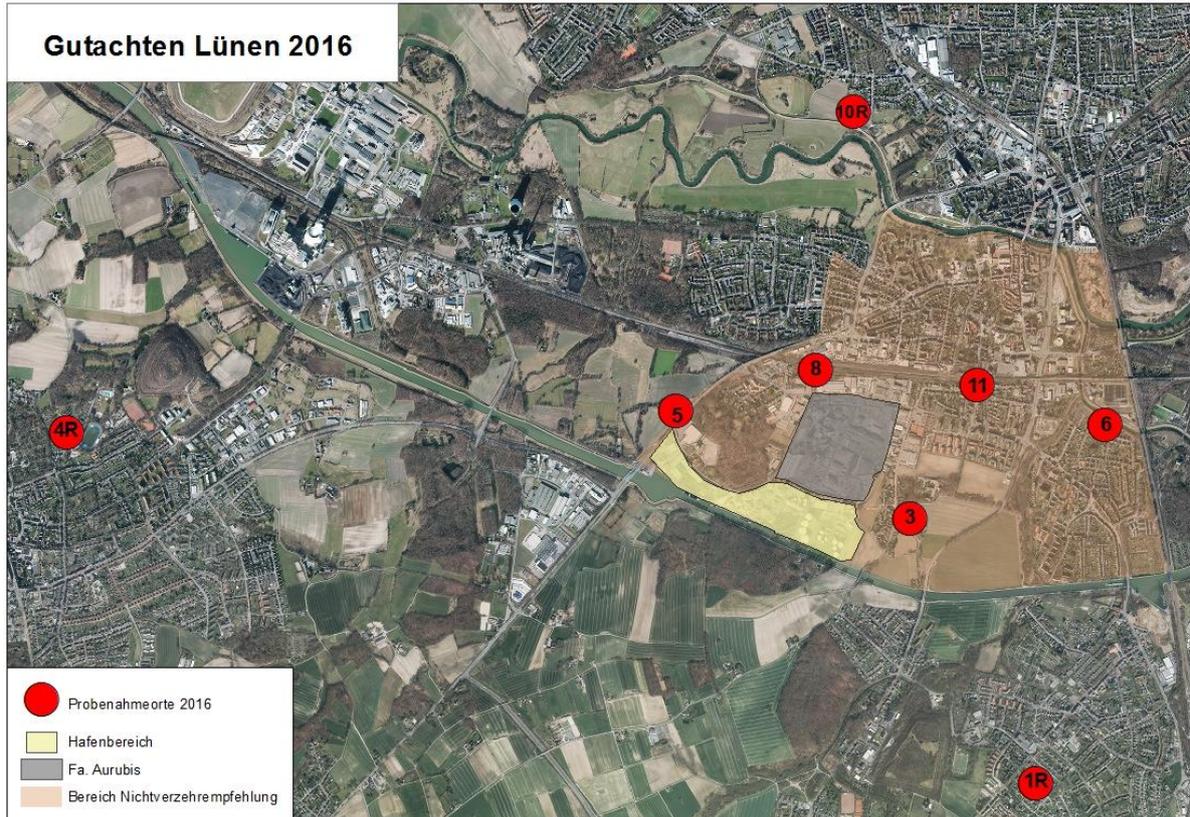


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet mit den Messpunkten 2016, den Industriearrealen des Stadthafens und der Fa. Aurubis sowie dem Bereich der bestehenden Nichtverzehrempfehlung

Pro Messpunkt wurde ein Beet angelegt, in das zunächst 10 Endivien- und später 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 56 Tagen (Endivie) bzw. 92 Tagen Expositionszeit (Grünkohl) geerntet. Bei der Ernte wurden jeweils alle verzehrfähigen Blätter entnommen. Anschließend erfolgte die küchenfertige Aufarbeitung der Proben zu einer homogenen Mischprobe je Messpunkt. 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. Die Umrechnung der Gehalte in der Trockenmasse in die Frischmasse erfolgte für Grünkohl mit einem standardisierten Trockensubstanzgehalt von 18,4 %, für Endivie mit realen Trockensubstanzgehalten.

3 Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen

Die Beurteilung der ermittelten Schadstoff-Gehalte der in Lünen in Containern exponierten Grünkohlpflanzen erfolgt anhand der Hintergrundbelastung in Grünkohl, die auf Grundlage von Messwerten des Wirkungsdauermessprogramms aus dem Zeitraum von 2007 bis 2016 an zehn nicht durch eine Quelle beeinflussten Messpunkten in NRW ermittelt wurde (s. LANUV-Fachbericht 61, 2015). Bei Schadstoffgehalten oberhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung wird definitionsgemäß davon ausgegangen, dass eine durch eine Quelle verursachte Immissionsbelastung vorliegt.

Um einen möglichen Eintrag von Schadstoffen über den belasteten Boden in die Nahrungspflanzen abzuschätzen, werden im Folgenden auch die Bodenbelastungen, die im Jahr 2009 (und an den Messpunkten 5 und 10 zusätzlich auch 2010 bzw. an den Messpunkten 8 und 11 zusätzlich bzw. ausschließlich 2014 und 2015) ermittelt wurden, grafisch dargestellt und mit den Pflanzengehalten der im Beet exponierten Pflanzen verglichen. Bei den Messpunkten 5, 8, 10 und 11 wurden dabei die Mittelwerte der verschiedenen Proben ($n = 2 - 3$) und die Standardabweichung aufgetragen. Die in den Gartenbeeten ermittelten Bodenbelastungen werden zusätzlich mit den Hintergrundwerten für NRW (LANUV-Fachbericht 66) verglichen.

Die gesundheitliche Bewertung erfolgt anhand der ermittelten Schadstoff-Gehalte in den in den Gartenbeeten exponierten Nahrungspflanzen, da diese sowohl einem Eintrag aus der Luft als auch aus dem Boden unterliegen können. Dazu wurden für Blei und Cadmium die in der EU nach der Verordnung Nr. 2015/1005 der Kommission vom 25. Juni 2015 sowie der EU-Verordnung Nr. 488/2014 der Kommission vom 12. Mai 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zulässigen Höchstgehalte in Blatt- und Kohlgemüse als Beurteilungsmaßstab herangezogen und in die Abbildungen eingetragen.

Die Messwerte der Pflanzenproben werden jeweils inklusive der Standardunsicherheit aufgetragen, die ein Maß für die Verfahrensstreuung darstellt.

3.1 Blei-Gehalte

Die Blei-Gehalte in den Gartenböden wurden bereits in den Vorjahren ermittelt und liegen an allen Messpunkten in Lünen im Bereich der Hintergrundwerte für die Ballungsrandzone von NRW (LANUV-Fachbericht 66; s. Abbildung 2).

Die im Jahr 2016 ermittelten Blei-Gehalte in Grünkohl (Beet) betragen zwischen 0,042 (MP 4R) bis 0,26 mg/kg FM (MP 3) und bestätigen damit an allen quellennahen Messpunkten – außer am Messpunkt 3 – wie in den Vorjahren den Trend zu einem Rückgang der Blei-Belastung (s. Abbildung 2 sowie Tabelle 1 im Anhang). Der in der EU zulässige Höchstgehalt für Blei in Blatt- und Kohlgemüse von 0,30 mg/kg FM (EU-Verordnung Nr. 2015/1005 der Kommission vom 25. Juni 2015 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006) wird im Jahr 2016 an keinem Messpunkt überschritten.

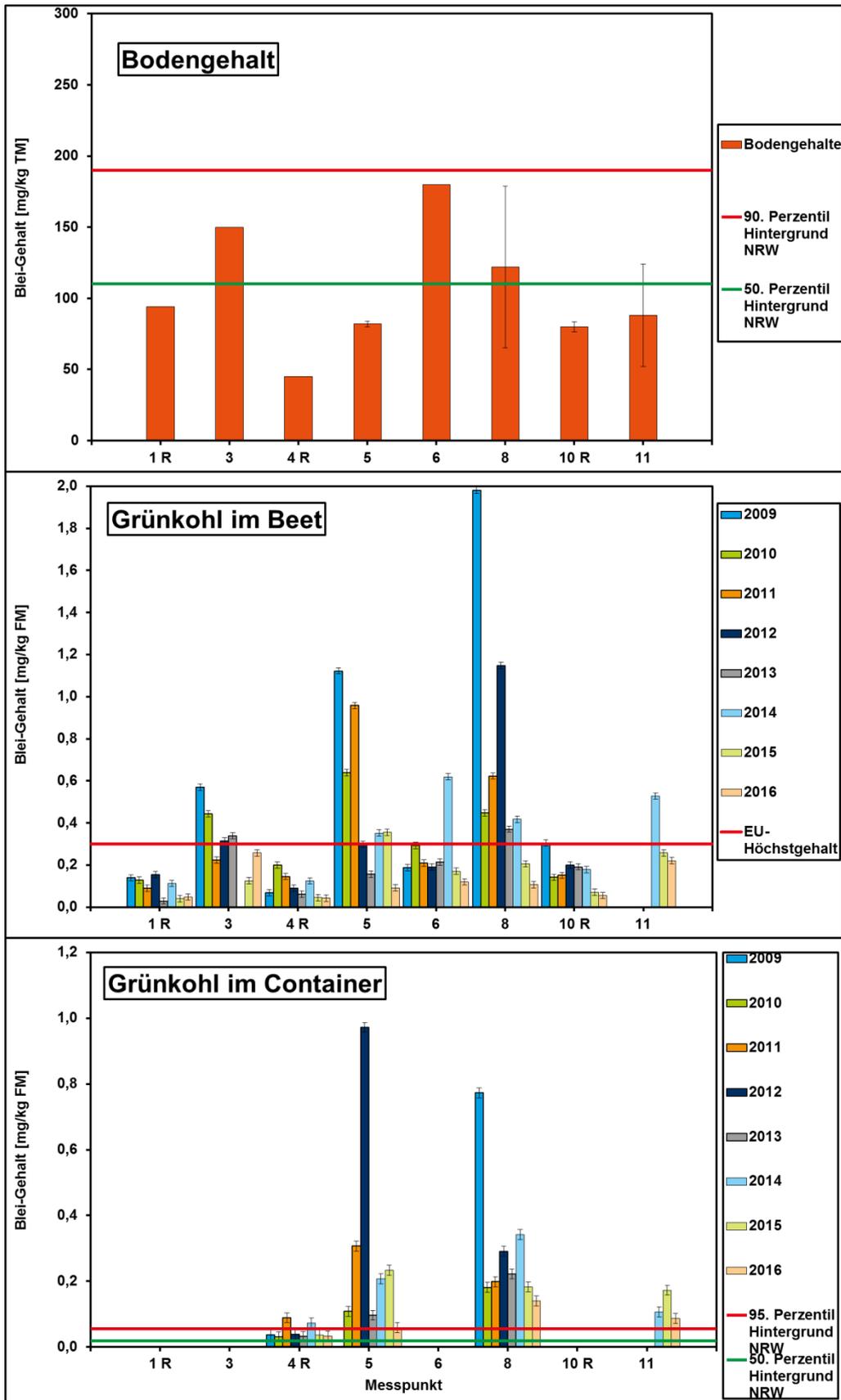


Abbildung 2: Blei-Gehalte im Boden [mg/kg TM], Grünkohl im Beet und Grünkohl im Container [mg/kg FM; inkl. Standardunsicherheit] an den Messpunkten in Lünen, Hintergrundgehalte in NRW für Boden und Grünkohl, EU-Höchstgehalt für Blei

Die im Jahr 2016 ermittelten Blei-Gehalte in Grünkohl aus dem Container mit Einheitserde betragen zwischen 0,033 (MP 4R) bis 0,14 mg/kg FM (MP 8) und sind damit niedriger als die Blei-Gehalte der im Beet exponierten Pflanzen (s. Abbildung 2, Tabelle 8 im Anhang). Die Blei-Gehalte an allen vier mit Containern bestückten Messpunkten in Lünen liegen dabei oberhalb des 50. Perzentils der Hintergrundbelastung in NRW von 0,018 mg/kg FM und an den Messpunkten 8 und 11 deutlich über dem 95. Perzentil von 0,056 mg/kg FM, was auf einen immissionsbedingten Eintrag von Blei an diesen Messpunkten hindeutet.

Bei der Messung des LANUV von Metallen im Staubniederschlag wurden im Jahr 2016 ebenfalls an verschiedenen Messpunkten in Lünen erhöhte Einträge von Blei ermittelt. Dabei zeigten sich am Depositionsmesspunkt LÜNE 006a, der dem Messpunkt 8 am nächsten liegt, während der Exposition des Grünkohls im August, Oktober und November 2016 erhöhte Einträge an Blei von $> 100 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$. Eine Überschreitung des TA Luft-Wertes bezogen auf den Jahresmittelwert wurde für Blei dort aber nicht festgestellt. Auch am Depositionsmesspunkt LÜNE 007, der dem Messpunkt 11 am nächsten liegt, wurde im Oktober 2016 ein Blei-Gehalt von $> 100 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ermittelt. Noch deutlich höher waren die Blei-Einträge am Depositionsmesspunkt LÜNE 003, der dem Messpunkt 3 am nächsten liegt, und am Messpunkt LÜNE 001, der direkt nördlich des Stadthafens liegt. Dort wurde auch der Jahresmittelwert der TA Luft überschritten. Diese Ergebnisse zeigen, dass auch im Jahr 2016 weiterhin Blei-Immissionen vorlagen und stützen damit die Erkenntnisse, die aus der Grünkohlexposition erhalten wurden.

Da die Blei-Gehalte bei den im Beet exponierten Grünkohlpflanzen höher sind als die der im Container exponierten Pflanzen, reicherten die Beetpflanzen möglicherweise zusätzlich zu der vorliegenden Immissionsbelastung auch durch den Boden über den Verschmutzungspfad Blei an. Eine systemische Aufnahme von Blei aus dem Boden (über den Wurzelpfad) ist nach den Untersuchungen aus dem Eintragspfadeversuch des LANUV (2014/2015) eher auszuschließen.

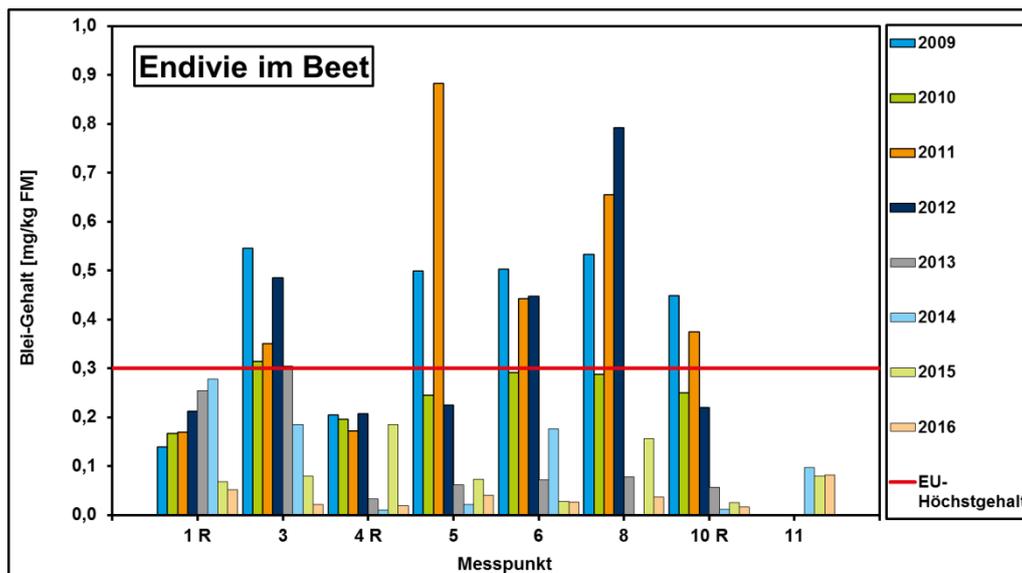


Abbildung 3: Blei-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Lünen, EU-Höchstgehalt

Die im Jahr 2016 ermittelten Blei-Gehalte in der Endivie betragen zwischen 0,017 (MP 10R) und 0,083 mg/kg FM (MP 11) (s. Abbildung 4 sowie Tabelle 1 im Anhang). Damit sind die Blei-Gehalte in der Endivie 2016 noch einmal an allen Messpunkten – außer am Messpunkt 11 - zurückgegangen. Für die Endivie liegen derzeit keine Vergleichswerte für die Hintergrundbelastung in NRW vor. Der zulässige EU-Höchstgehalt wird 2016 an allen Messpunkten unterschritten.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass dem Trend der letzten Jahre folgend, die immissionsbedingte Blei-Belastung in Grünkohl und in Endivie in Lünen auch 2016 weiter zurückgegangen ist. Allerdings war auch im Jahr 2016 – zumindest an den Messpunkten 8 und 11 – ein immissionsbedingter Eintrag von Blei in die Grünkohlpflanzen zu verzeichnen.

3.2 Cadmium-Gehalte

Die Cadmium-Gehalte im Gartenboden liegen an allen Messpunkten in Lünen unterhalb des 50. Perzentils der Hintergrundwerte der Ballungsrandzone für NRW (s. Abbildung 4).

Die im Jahr 2016 ermittelten Cadmium-Gehalte in Grünkohl (Beet) betragen zwischen 0,022 mg/kg FM (MP 8) und 0,048 mg/kg FM am Messpunkt 5 (s. Abbildung 4 sowie Tabelle 2 im Anhang). An allen Messpunkten wurden in 2016 höhere Cadmium-Gehalte im Grünkohl ermittelt als 2015. Der EU-Höchstgehalt für Cadmium in Blatt- und Kohlgemüse wird allerdings deutlich unterschritten.

Die Cadmium-Gehalte der Grünkohlpflanzen, die 2016 in einem Container mit Einheitserde exponiert wurden, liegen mit Werten von 0,024 mg/kg FM (MP 4R, MP 11) und 0,029 mg/kg FM (MP 5, MP 8) alle oberhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung von 0,019 mg/kg FM (s. Abbildung 4 sowie Tabelle 8 im Anhang). Sie sind - bis auf den Messpunkt 8 - niedriger als die der im Beet exponierten Pflanzen, was auf einen Eintrag von Cadmium über den Bodenpfad hindeutet.

Im Rahmen des LANUV-Eintragspfadeversuchs (2014/2015) zeigte sich, dass Cadmium von den Grünkohlpflanzen über die Wurzel – also systemisch – aufgenommen wird. Hohe pflanzenverfügbare Cadmium-Gehalte in den Böden können dementsprechend eine Cadmium-Belastung der Nahrungspflanzen bewirken. Es bleibt allerdings anzumerken, dass die pflanzenverfügbaren Anteile von Cadmium in der Einheitserde ebenfalls höher waren als in den Vorjahren, wodurch es auch bei den Containerpflanzen zu einer systemischen Aufnahme von Cadmium gekommen sein kann, die die gegenüber den Vorjahren erhöhten Gehalte erklären könnte.

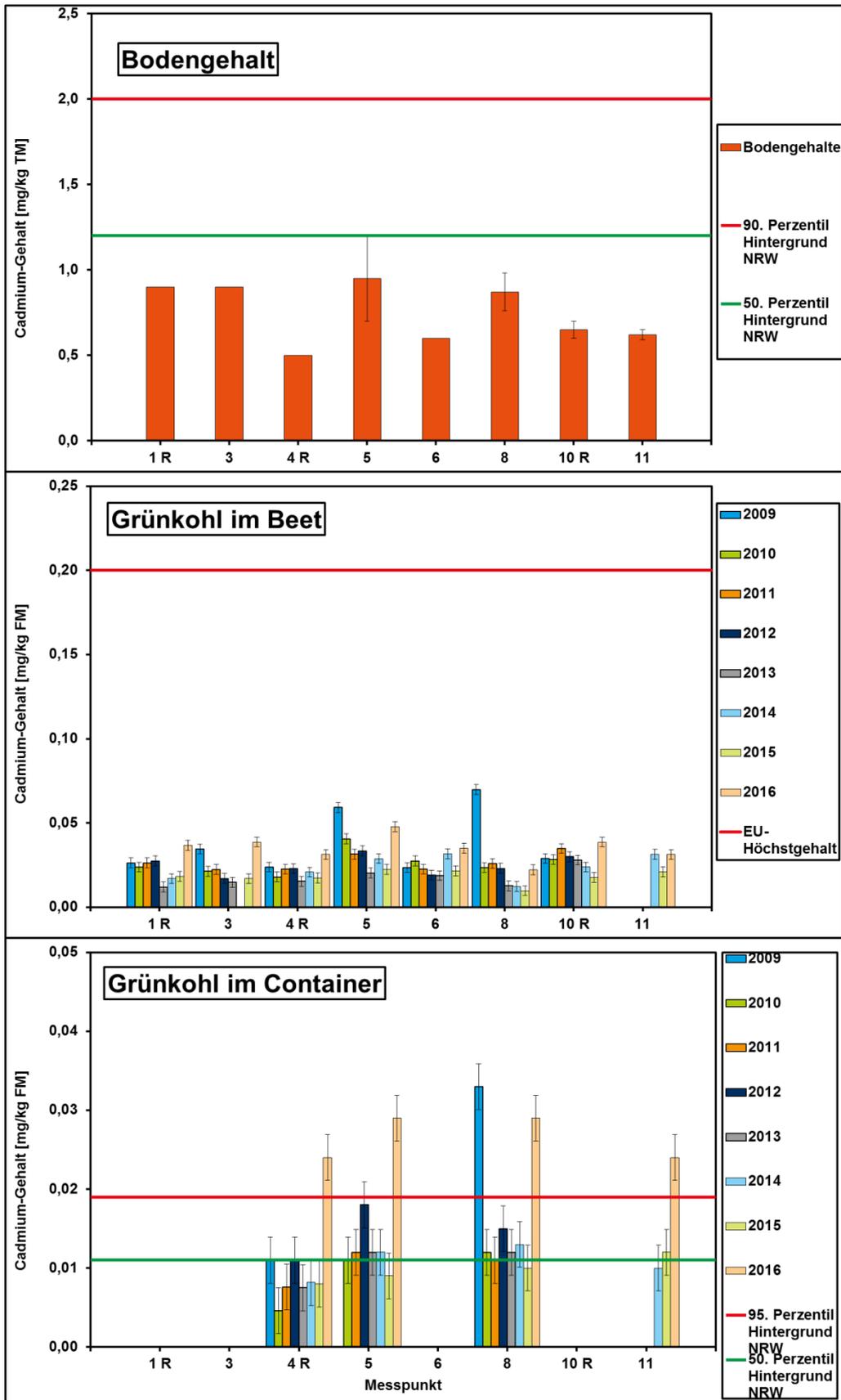


Abbildung 4: Cadmium-Gehalte im Boden [mg/kg TM], Grünkohl im Beet und Grünkohl im Container [mg/kg FM; inkl. Standardunsicherheit] an den Messpunkten in Lünen, Hintergrundgehalte in NRW für Boden und Grünkohl, EU-Höchstgehalt für Cadmium

Bei der Messung von Metallen im Staubbiederschlag wurden im Jahr 2016 an verschiedenen Messpunkten in Lünen Einträge von Cadmium ermittelt. Dabei zeigten sich aber nur an den Depositionsmesspunkten LÜNE 003, der dem Messpunkt 3 am nächsten liegt, und LÜNE 001, der direkt nördlich des Stadthafens liegt, erhöhte Gehalte. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass die hohen Pflanzengehalte weitestgehend durch systemische Aufnahme über den Boden bzw. die Einheitserde bedingt waren und nicht durch Cadmium-Immissionen verursacht wurden.

Die im Jahr 2016 ermittelten Cadmium-Gehalte in Endivie betragen zwischen 0,017 mg/kg FM am Messpunkt 8 und 0,11 mg/kg FM am Messpunkt 10R (s. Abbildung 5 sowie Tabelle 2 im Anhang) und sind damit deutlich höher als im Jahr 2015. Der EU-Höchstgehalt wird 2016 allerdings an keinem Messpunkt überschritten. Auch hier ist davon auszugehen, dass die Endivienpflanzen Cadmium aus dem Boden aufgenommen haben.

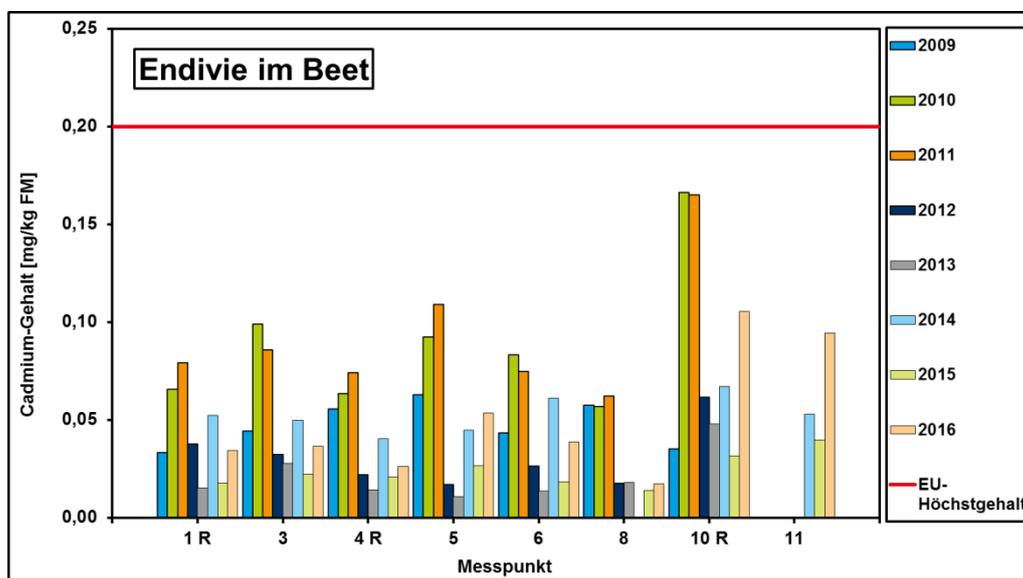


Abbildung 5: Cadmium-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Lünen, EU-Höchstgehalt

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass es in Lünen im Jahr 2016 hauptsächlich bodenbedingte Einträge von Cadmium in die Grünkohl- und Endivienpflanzen gab. Dabei waren die Cadmium-Gehalte in Grünkohl deutlich höher als in den Vorjahren.

3.3 Chrom-Gehalte

Die Chrom-Gehalte im Gartenboden liegen an allen Messpunkten in Lünen unterhalb des 90. Perzentils der Hintergrundwerte der Ballungsrandzone für NRW (s. Abbildung 6).

In den Pflanzenproben wurde der $Chrom_{gesamt}$ -Gehalt ermittelt, welcher in der Pflanze dem Gehalt an Chrom (III) entspricht. Die im Jahr 2016 ermittelten Chrom-Gehalte in Grünkohl (Beet) betragen zwischen 0,046 mg/kg FM (MP 10R) und 0,24 mg/kg FM am Messpunkt 6 und damit wurden an allen Messpunkten in 2016 höhere Chrom-Gehalte im Grünkohl ermittelt als 2015 (s. Abbildung 6 und Tabelle 3 im Anhang).

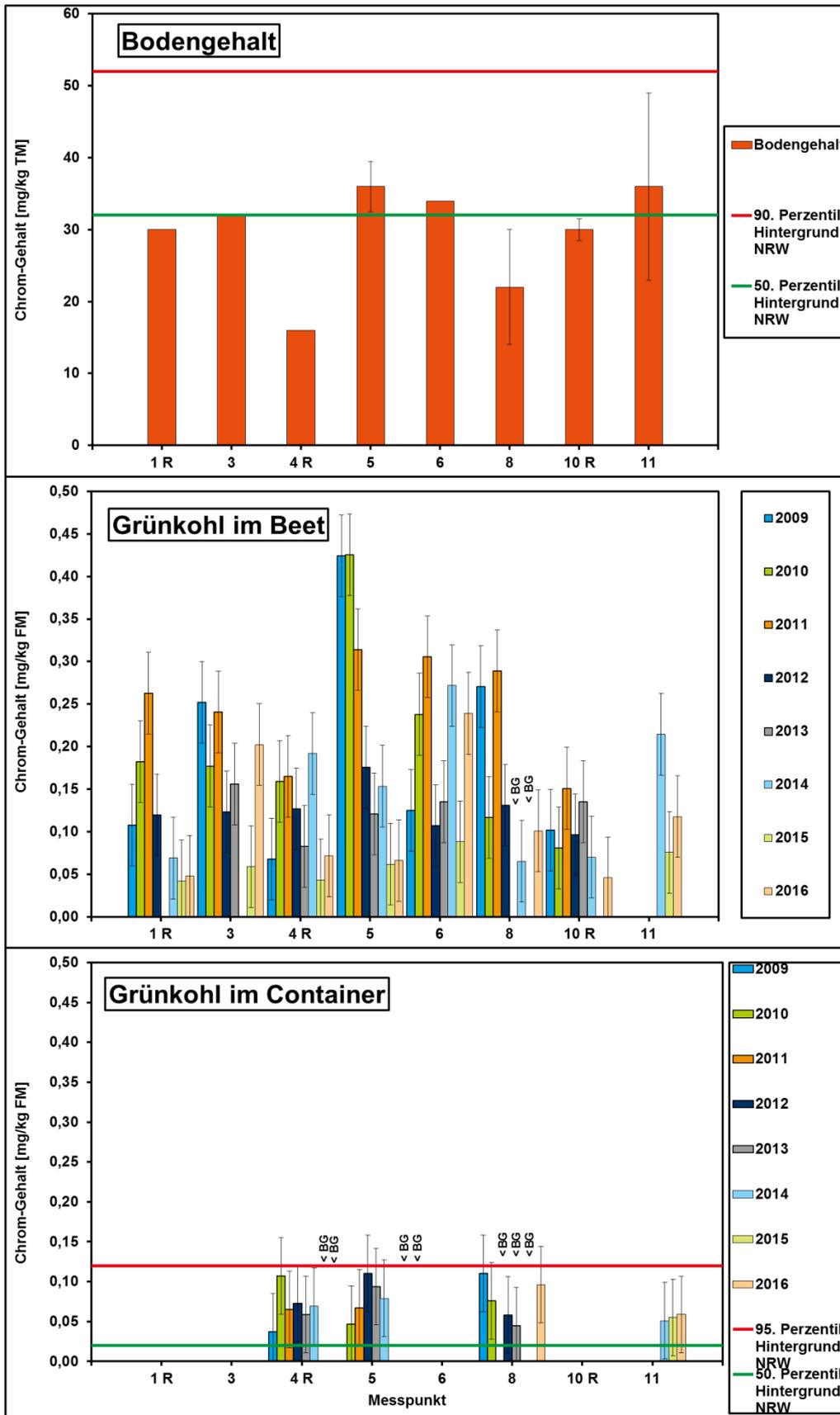


Abbildung 6: Chrom-Gehalte im Boden [mg/kg TM], Grünkohl im Beet und Grünkohl im Container [mg/kg FM; inkl. Standardunsicherheit] an den Messpunkten in Lünen, Hintergrundgehalte in NRW für Boden und Grünkohl

Bei den in Containern mit Einheitserde exponierten Pflanzen liegen die ermittelten Chrom-Gehalte im Jahr 2016 an zwei von vier Messpunkten unterhalb der Bestimmungsgrenze (s. Abbildung 6). Am Messpunkt 8 wurde ein Wert von 0,096 mg/kg FM, am Messpunkt 11 ein Wert von 0,059 mg/kg FM ermittelt (s. Tabelle 8 im Anhang). Beide Werte liegen unterhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung von 0,12 mg/kg FM, was einen immissionsbedingten Eintrag unwahrscheinlich macht. Möglicherweise wurde Chrom über den Boden in die Pflanzen eingetragen. Im Eintragspfadeversuch des LANUV konnte gezeigt werden, dass Chrom in der Regel nicht systemisch, sondern über den Verschmutzungspfad eingetragen wird.

Bei der Messung von Metallen im Staubbiederschlag wurde im Jahr 2016 lediglich am Depositionsmesspunkt LÜNE 001, der direkt nördlich des Stadthafens liegt, ein erhöhter Gehalt an Chrom ermittelt. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass die im Jahr 2016 ermittelten Pflanzengehalte weitestgehend durch Aufnahme über den Boden bzw. über den Verschmutzungspfad bedingt waren.

Die im Jahr 2016 in Lünen ermittelten Chrom-Gehalte in Endivie zeigen Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze von <0,012 mg/kg FM (MP 10R) bis zu 0,028 mg/kg FM (MP 1R) und liegen damit auf dem vergleichsweise niedrigen Niveau der Vorjahre (s. Abbildung 7 sowie Tabelle 3 im Anhang).

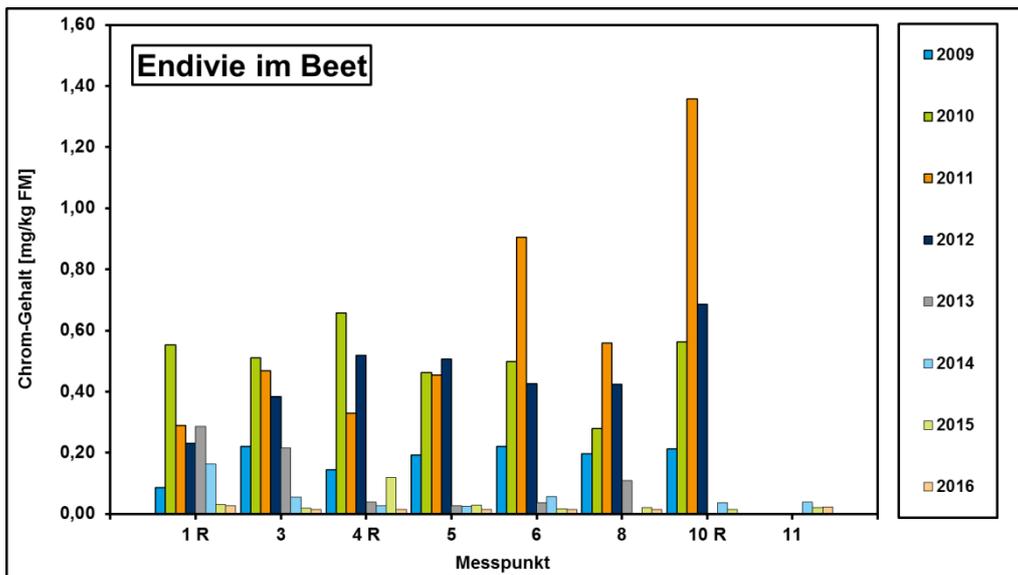


Abbildung 7: Chrom-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Lünen

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es in Lünen im Jahr 2016 boden- bzw. verschmutzungsbedingte Einträge von Chrom in die Grünkohlpflanzen gab, die höher waren als 2015. Immissionsbedingte Einträge in die untersuchten Nahrungspflanzen können eher ausgeschlossen werden.

3.4 Nickel-Gehalte

Die Nickel-Gehalte in den untersuchten Gartenböden liegen an allen Messpunkten in Lünen im Bereich der Hintergrundwerte der Ballungsrandzone für NRW (s. Abbildung 8). Lediglich am Messpunkt 3 wird das 90. Perzentils der Hintergrundwerte erreicht.

Die im Jahr 2016 ermittelten Nickel-Gehalte in den Grünkohlpflanzen in Lünen betragen zwischen 0,10 mg/kg FM (MP 4R) und 0,70 mg/kg FM am Messpunkt 6 und sind damit an allen Messpunkten – außer am Messpunkt 5 – deutlich höher als im Vorjahr (s. Abbildung 8 sowie Tabelle 4 im Anhang). An den Messpunkten 3 und 6 wurden zudem die höchsten Nickel-Gehalte in Grünkohl ermittelt, die jemals in diesem Messprogramm in Lünen festgestellt worden waren.

Bei den Grünkohlpflanzen, die in Containern mit Einheitserde exponiert wurden, liegen die Nickel-Gehalte an allen Messpunkten unterhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung von 0,19 mg/kg FM (s. Abbildung 8 und Tabelle 8 im Anhang). Demnach läge also keine aktuelle Immissionsbelastung durch Nickel vor. Allerdings wurden an den hoch belasteten Messpunkten 3 und 6 keine Grünkohlpflanzen im Container exponiert, so dass über den Eintragspfad an diesen Messpunkten keine Aussage getroffen werden kann (zu treffen ist).

An drei von vier Messpunkten waren die Nickel-Gehalte der im Container exponierten Pflanzen niedriger als die der Beetpflanzen, was auf einen bodenbedingten Eintrag hinweisen könnte.

Allerdings zeigten sich 2016 bei der Messung von Metallen im Staubniederschlag an allen in Lünen untersuchten Depositionsmesspunkten deutliche Überschreitungen des TA Luft-Wertes für Nickel. Dabei zeigte der Depositionsmesspunkt LÜNE 001, der direkt nördlich des Stadthafens liegt, den höchsten Jahresmittelwert für Nickel, wie dies auch schon für Blei, Cadmium und Chrom festgestellt werden konnte.

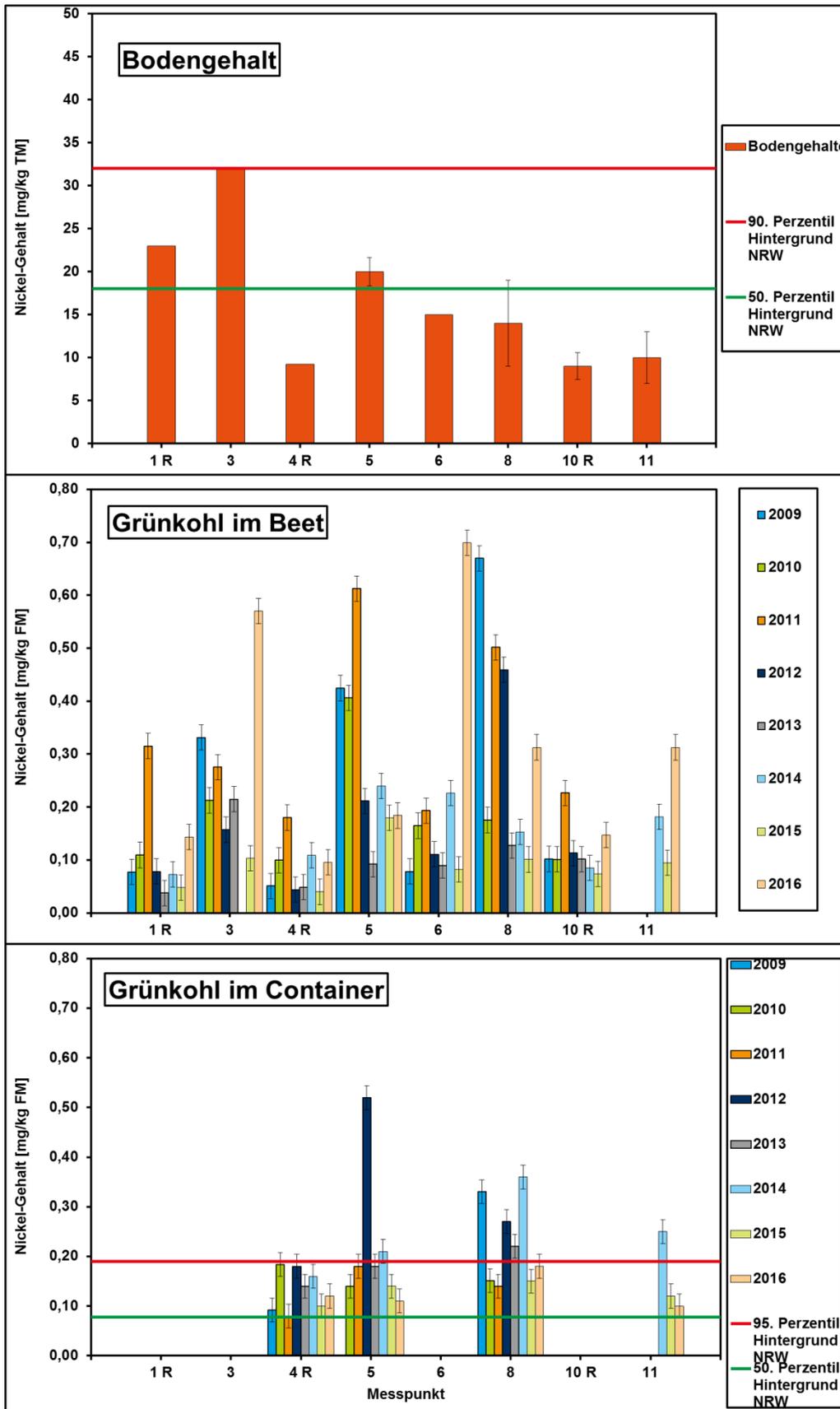


Abbildung 8: Nickel-Gehalte im Boden [mg/kg TM], Grünkohl im Beet und Grünkohl im Container [mg/kg FM; inkl. Standardunsicherheit] an den Messpunkten in Lünen, Hintergrundgehalte in NRW für Boden und Grünkohl

Die im Jahr 2016 in Endivie ermittelten Nickel-Gehalte befinden sich mit Werten von 0,023 mg/kg FM (MP 4R) bis zu 0,15 mg/kg FM (MP 3) weitgehend auf dem sehr geringen Niveau der Vorjahre (s. Abbildung 9 sowie Tabelle 4 im Anhang).

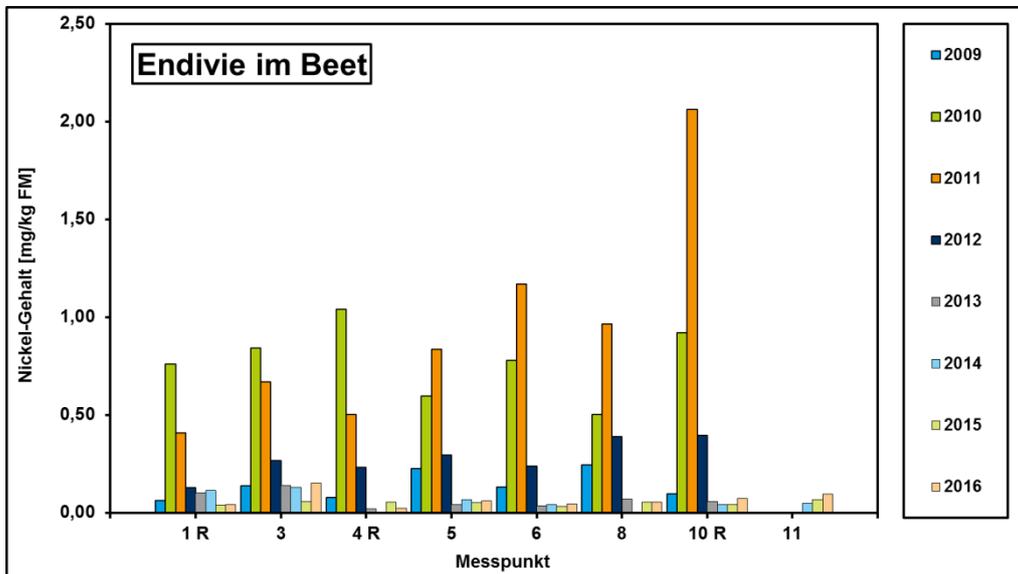


Abbildung 9: Nickel-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Lünen

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Nickel-Gehalte in den im Beet exponierten Grünkohlpflanzen sehr hoch waren. Offensichtlich ist – zumindest an den vier Messpunkten, an denen auch Grünkohl im Container exponiert wurde - nicht von einem immissionsbedingten Eintrag von Nickel in die Nahrungspflanzen auszugehen. Die Grünkohlpflanzen haben Nickel möglicherweise über den belasteten Boden aufgenommen.

3.5 Arsen-Gehalte

Die Arsen-Gehalte der untersuchten Gartenböden befinden sich alle im Bereich der Hintergrundwerte der Ballungsrandzone für NRW.

Die im Jahr 2016 ermittelten Arsen-Gehalte in Grünkohl liegen zwischen 0,0040 mg/kg FM am Messpunkt 4R bis zu 0,020 mg/kg FM am Messpunkt 11 (s. Abbildung 10 sowie Tabelle 5 im Anhang).

Die Arsen-Gehalte der in den Containern exponierten Grünkohl-Pflanzen betragen zwischen 0,0048 mg/kg FM (MP 4R) und 0,017 mg/kg FM (MP 8). Damit liegen alle in Lünen ermittelten Arsen-Gehalte oberhalb des 50. Perzentils der Hintergrundbelastung in NRW von 0,0036 mg/kg FM und an den Messpunkten 8 und 11 auch oberhalb des 95. Perzentils von 0,0092 mg/kg FM, was auf eine immissionsbedingte Belastung hindeutet.

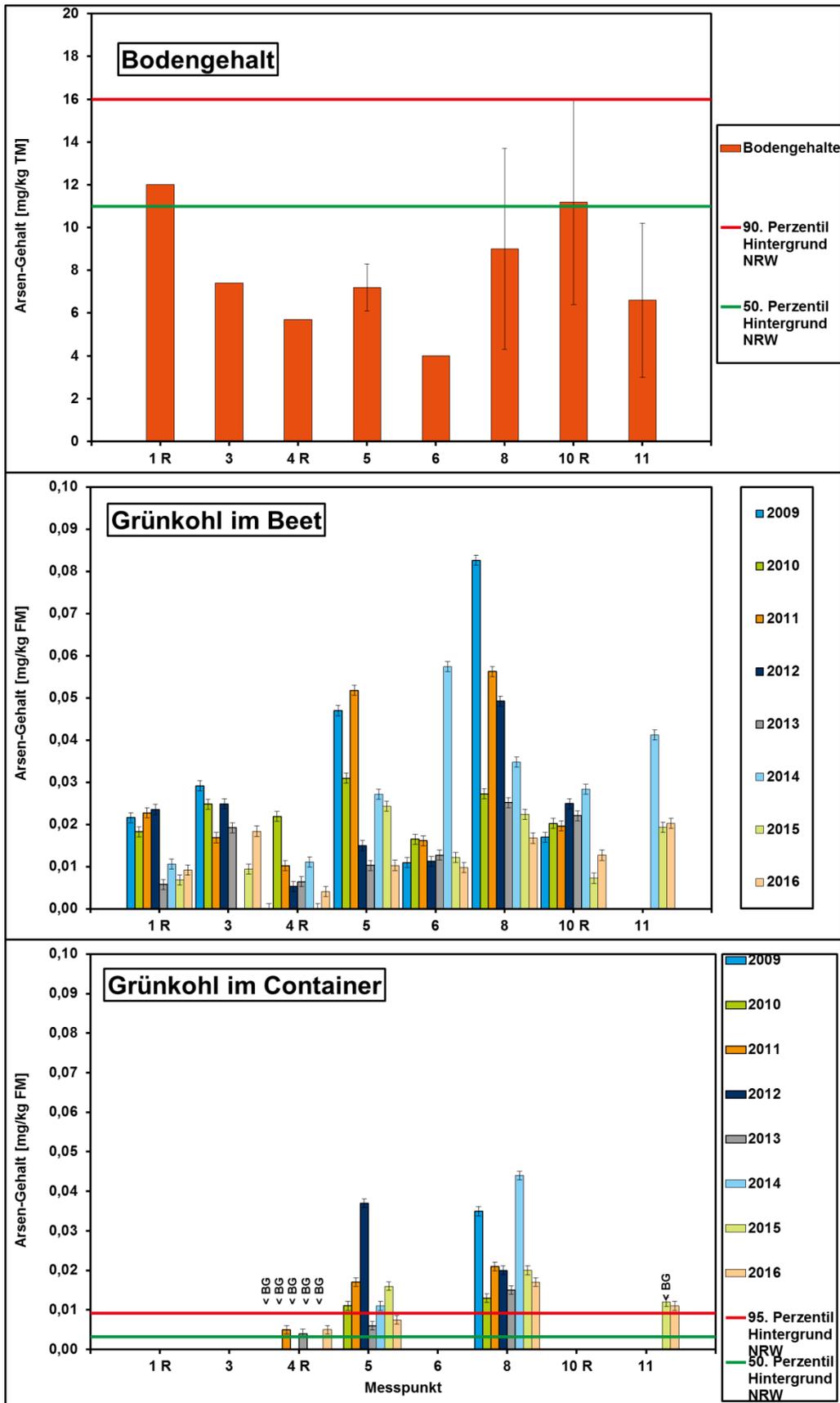


Abbildung 10: Arsen-Gehalte im Boden [mg/kg TM], Grünkohl im Beet und Grünkohl im Container [mg/kg FM; inkl. Standardunsicherheit] an den Messpunkten in Lünen, Hintergrundgehalte in NRW für Boden und Grünkohl

Die Gehalte in den in Containern mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen sind an den Messpunkten 5 und 11 niedriger als die Gehalte im Beet. An den anderen beiden Messpunkten sind sie ungefähr gleich. Daraus könnte geschlossen werden, dass es möglicherweise zusätzlich Einträge von Arsen über den Boden (Verschmutzungspfad) gegeben hat.

Bei der Messung von Metallen im Staubbiederschlag wurden im Jahr 2016 an den Depositionsmesspunkten LÜNE 003, LÜNE 006a und LÜNE 007, die jeweils den Messpunkten 3, 8 und 11 am nächsten liegen, sowie an zwei weiteren Depositionsmesspunkten deutliche Überschreitungen des Jahresmittelwertes nach TA Luft ermittelt. Diese Ergebnisse stützen die Erkenntnisse aus der Pflanzenexposition.

Die im Jahr 2016 ermittelten Arsen-Gehalte in Endivie betragen zwischen 0,0073 mg/kg FM (MP 4R) und 0,031 mg/kg FM (MP 11) und liegen damit ungefähr auf dem Niveau des Vorjahres (s. Abbildung 11 sowie Tabelle 6 im Anhang).

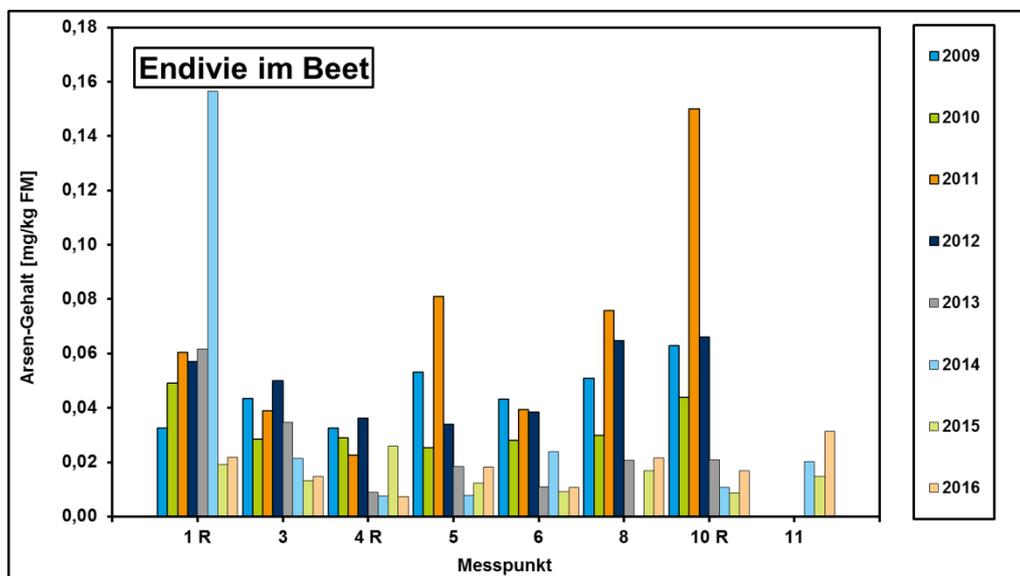


Abbildung 11: Arsen-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Lünen

Zusammenfassend ist festzustellen, dass von einem immissionsbedingten Eintrag von Arsen in die Endivien- und Grünkohlpflanzen im Jahr 2016 auszugehen ist. Zusätzlich könnte es Einträge in die Grünkohlpflanzen über den Verschmutzungspfad über den Boden gegeben haben.

3.6 Kupfer-Gehalte

Die Kupfer-Gehalte der untersuchten Gartenböden liegen an 7 von 11 Messpunkten z. T. deutlich höher als das 90. Perzentil der Hintergrundwerte für die Ballungsrandzone in NRW (s. Abbildung 12). Am höchsten belastet ist der Boden des Messpunktes 8, der unmittelbar nördlich der Fa. Aurubis angrenzt.

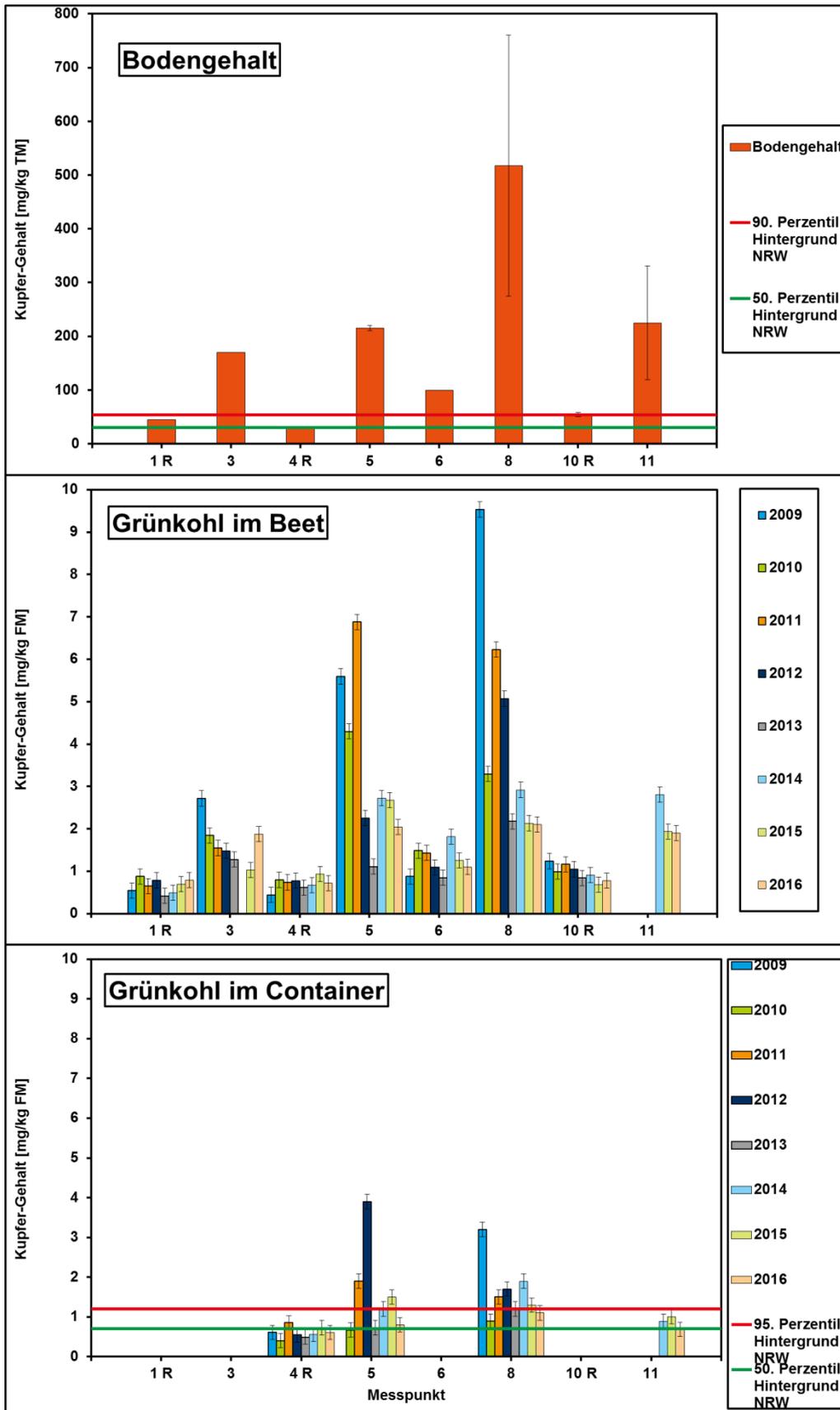


Abbildung 12: Kupfer-Gehalte im Boden [mg/kg TM], Grünkohl im Beet und Grünkohl im Container [mg/kg FM; inkl. Standardunsicherheit] an den Messpunkten in Lünen, Hintergrundgehalte in NRW für Boden und Grünkohl

Die im Jahr 2016 ermittelten Kupfer-Gehalte in Grünkohl betragen zwischen 0,72 mg/kg FM (MP 4R) und 2,1 mg/kg FM am Messpunkt 8 und sind damit ungefähr auf dem Niveau des Vorjahres (s. Abbildung 12 sowie Tabelle 6 im Anhang).

Die in Containern mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen weisen an keinem der untersuchten Messpunkte Kupfer-Gehalte oberhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung von 1,2 mg/kg FM auf (s. Abbildung 12 sowie Tabelle 8 im Anhang).

Da bei den in Containern exponierten Grünkohlpflanzen keine Kupfer-Gehalte oberhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung ermittelt wurden, ist davon auszugehen, dass an den untersuchten Messpunkten keine Immissionsbelastung vorliegt. An diesen Messpunkten sind die Kupfer-Gehalte bei den im Beet exponierten Grünkohlpflanzen allerdings höher als bei den im Container exponierten Pflanzen. Das deutet auf einen Eintrag aus dem belasteten Boden hin.

Bei der Messung von Metallen im Staubbiederschlag zeigen sich an den Depositionsmesspunkten LÜNE 001, der direkt nördlich des Stadthafens liegt, sowie LÜNE 003 und LÜNE 006a, die den Messpunkten 3 und 8 am nächsten liegen, höhere Kupfer-Gehalte als an den anderen untersuchten Messpunkten. Hier gibt es deutliche Parallelen zu den in den Gartenböden und Pflanzen ermittelten Werten.

Die im Jahr 2016 ermittelten Kupfer-Gehalte in Endivie befinden sich mit Werten zwischen 0,52 mg/kg FM am Messpunkt 4R und 1,1 mg/kg FM am Messpunkt 11 auf vergleichbarem Niveau zum Vorjahr (s. Abbildung 13 sowie Tabelle 6 im Anhang).

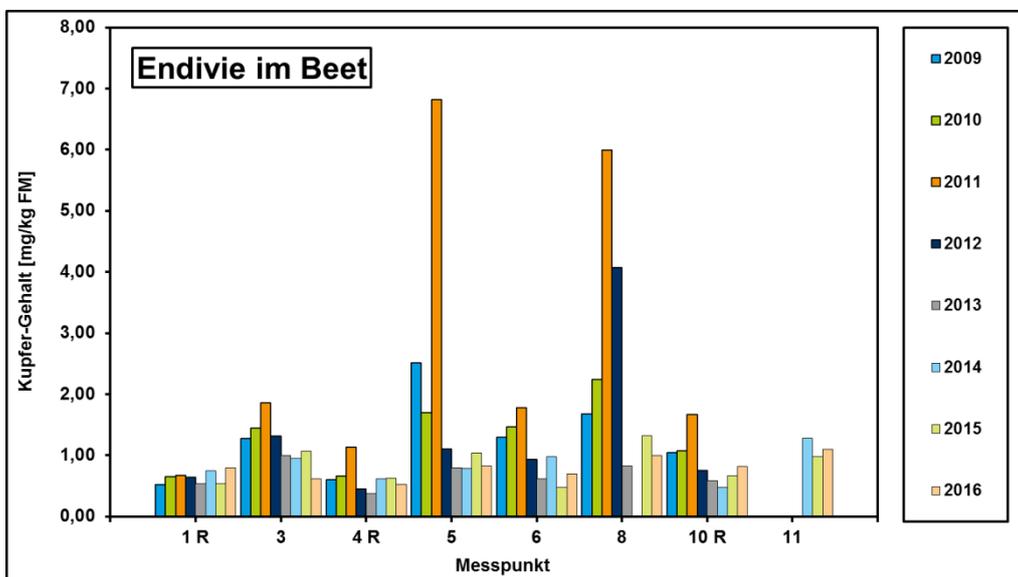


Abbildung 13: Kupfer-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Lünen

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es offensichtlich 2016 in Lünen keine nennenswerten immissionsbedingten Einträge von Kupfer in die untersuchten Nahrungspflanzen gab. Es ist bei den Grünkohlpflanzen von einem Eintrag von Kupfer aus dem belasteten Boden auszugehen.

3.7 Zink-Gehalte

Die Zink-Gehalte der untersuchten Gartenböden in Lünen liegen im Bereich der Hintergrundwerte für die Ballungsrandzone in NRW (s. Abbildung 14).

Die im Jahr 2016 ermittelten Zink-Gehalte in Grünkohl (Beet) betragen zwischen 7,2 mg/kg FM (MP 4R) und 16 mg/kg FM (MP 3) und sind somit z. T. deutlich höher als 2015 (s. Abbildung 14 sowie Tabelle 7 im Anhang).

Die Zink-Gehalte der in Containern mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen liegen an den Messpunkten 5 und 8 oberhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung in NRW von 5,2 mg/kg FM (s. Abbildung 14), was auf einen immissionsbedingten Eintrag von Zink an diesen Messpunkten hindeutet. Die höheren Gehalte in den im Beet exponierten Pflanzen deuten allerdings auch auf einen Eintrag über den Boden hin.

Bei der Messung der Metalle im Staubniederschlag wurden am Depositionsmesspunkt LÜNE 001, der direkt nördlich des Stadthafens liegt, sehr viel höhere Zink-Gehalte ermittelt als an den anderen Messpunkten. Auch am Depositionsmesspunkt LÜNE 003 gab es höhere Einträge an Zink, was den am Messpunkt 3 hohen Gehalt in Grünkohl erklären könnte.

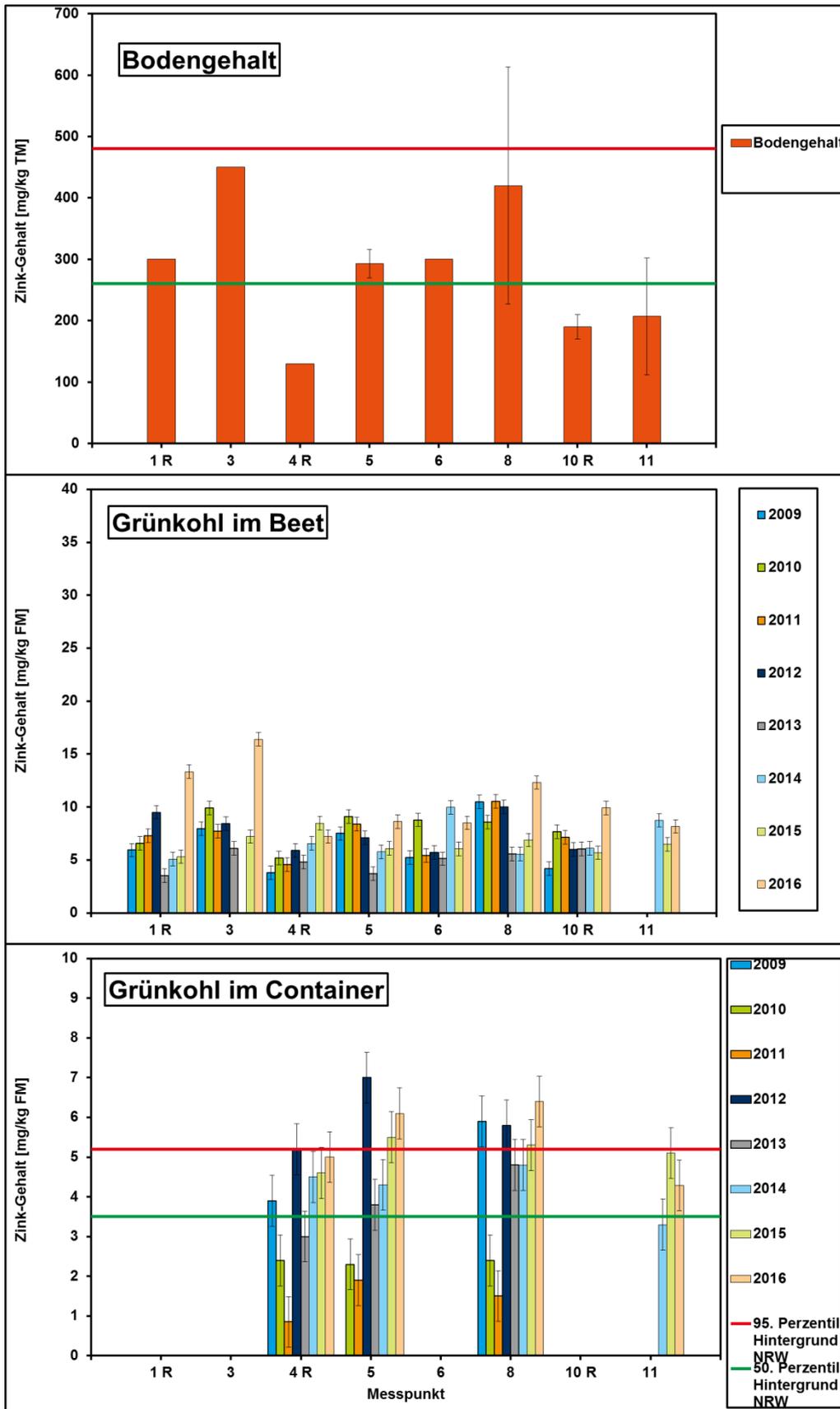


Abbildung 14: Zink-Gehalte im Boden [mg/kg TM], Grünkohl im Beet und Grünkohl im Container [mg/kg FM; inkl. Standardunsicherheit] an den Messpunkten in Lünen, Hintergrundgehalte in NRW für Boden und Grünkohl

Die im Jahr 2016 in Endivie ermittelten Zink-Gehalte betragen zwischen 3,1 mg/kg FM an den Messpunkten 4R und 5 und 7,1 mg/kg FM am Messpunkt 11 und befinden sich damit weitgehend auf Vorjahresniveau (s. Abbildung 15 sowie Tabelle 7 im Anhang).

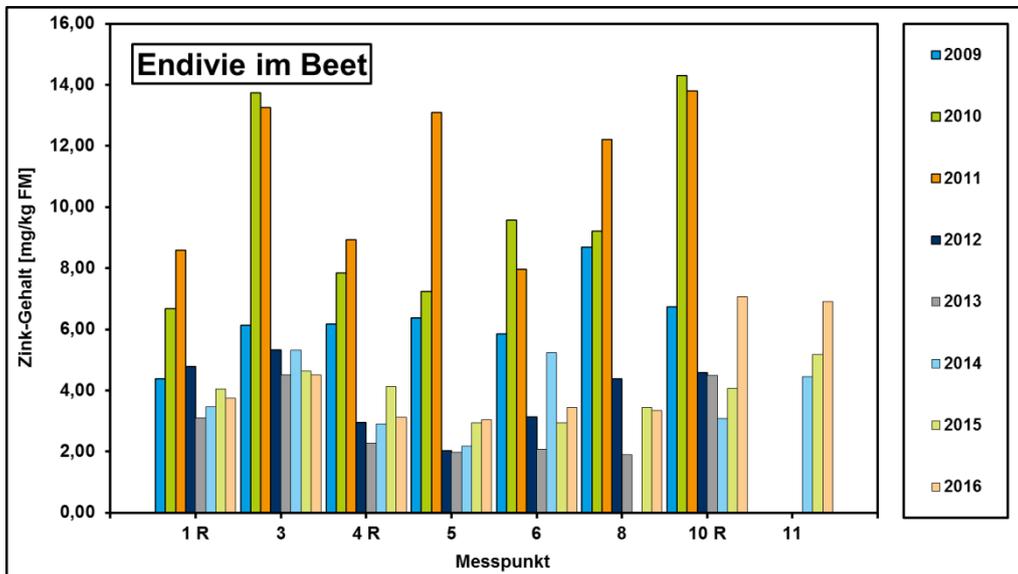


Abbildung 15: Zink-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Lünen

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es im Jahr 2016 einen immissionsbedingten Eintrag von Zink in die Grünkohlpflanzen gegeben hat. Zusätzlich wurde Zink möglicherweise auch über den belasteten Boden eingetragen.

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 untersuchten Gärten und ein angenommenes Körpergewicht von 70 kg zu Grunde gelegt.

Für die gesundheitliche Bewertung wurden nur die Gehalte der in den Beeten exponierten Grünkohlpflanzen herangezogen, da nur diese Pflanzen sämtliche Einflüsse, sei es über Boden- oder Luftpfad, widerspiegeln.

Das LANUV wählt für seine Untersuchungen standardmäßig Grünkohlpflanzen aus, da diese die hier interessierenden Schadstoffe im Vergleich zu anderen Gemüsepflanzen besonders stark anreichern. Somit kommt es bei der Berechnung der insgesamt aufgenommenen Schadstoffdosen über das Gemüse aus eigenem Anbau mit hoher Wahrscheinlichkeit eher zu einer Überschätzung der tatsächlichen Aufnahme.

4.1 Blei-Belastung

Die höchste Bleibelastung wurde mit 0,083 mg/kg FM in Endivie am Messpunkt 11 und in Grünkohl mit 0,26 mg/kg FM am Messpunkt 3 ermittelt.

Die Beurteilung der Belastungen erfolgt auf Basis der EU-Verordnung Nr. 2015/1005 der Kommission vom 25. Juni 2015 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bezüglich der Höchstgehalte für Blei in bestimmten Lebensmitteln.

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

Für alle untersuchten Endivien- und Grünkohlpflanzen aus Lünen unterschreiten die ermittelten Bleibelastungen den o. g. EU-Höchstgehalt.

4.2 Cadmium-Belastung

Die höchsten Cadmium-Belastungen wurden mit 0,11 mg/kg FM in Endivie am Messpunkt 10R und mit 0,048 mg/kg FM in Grünkohl am Messpunkt 5 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 Cadmium-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 aus Lünen unterschritten.

4.3 Chrom-Belastung

Für Chrom (III) wurde von der EFSA ein TDI-Wert in Höhe von 300 µg/kg KG/d abgeleitet. Für Deutschland wird 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. (EFSA 2014)

Die höchsten Chromgehalte in Lünen finden sich mit 0,028 mg/kg FM in Endivie am Messpunkt 1R und mit 0,24 mg/kg FM in Grünkohl am Messpunkt 6.

Unter Berücksichtigung der oben getroffenen Annahmen ergeben sich rein rechnerisch maximale Zusatzbelastungen von ca. 0,10 µg/kg KG/d für Endivie am Messpunkt 1R und von ca. 0,86 µg/kg KG/d für Grünkohl am Messpunkt 6.

Damit wird 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 in allen hier untersuchten Proben deutlich unterschritten.

4.4 Nickel-Belastung

2015 wurde von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA 2015) ein TDI-Wert für die chronische orale Aufnahme in Höhe von 2,8 µg/kg KG/d veröffentlicht. Die von der EFSA angegebene Hintergrundbelastung über den allgemeinen Warenkorb (für Erwachsene in Deutschland) beträgt 2,7 µg/kg KG/d bis 3,4 µg/kg KG/d ((Minimum untere Grenze (LB)¹ und Maximum obere Grenze (UB)²) (EFSA 2015).

Eine gesundheitliche Bewertung der Nickelbelastung in den Nahrungspflanzen Grünkohl und Endivie auf Grundlage des TDI-Wertes ist nicht zielführend, da der TDI-Wert allein über die Hintergrundbelastung aus dem allgemeinen Warenkorb jeden Tag nahezu ausgeschöpft bzw. überschritten wird.

Um trotzdem eine Einschätzung der Nickelbelastung des hier vorliegenden Grünkohls vorzunehmen, wird der Grünkohl aus Lünen im Hinblick auf die Nickelgehalte mit anderem Gemüse unterschiedlicher Herkunft verglichen. Dieser Vergleich wird angestellt, da es nicht als sinnvoll erachtet wird, den Verzehr des Grünkohls aus Lünen einzuschränken, wenn vergleichbar belastetes Gemüse, das an anderen Standorten in NRW angebaut wird bzw. Gemüse, das im Handel erhältlich ist, ohne einschränkende Empfehlung verzehrt werden kann. Die statistische Einordnung der Belastungshöhe des Grünkohls aus Lünen erfolgt zum einen für lokal angebauten Grünkohl anhand der Daten aus dem Wirkungsdauermessprogramm des LANUV, zum anderen anhand der Daten der EFSA für „Kohlgemüse“ (EFSA 2015).

Im Rahmen des Wirkungsdauermessprogramms (WDMP) wurden zwischen 2007 und 2016 114 Grünkohlproben an für NRW eher wenig belasteten Standorten untersucht. Das 50. Perzentil für die Nickelkonzentration aus dem WDMP beträgt 78 µg/kg FM, das 95. Perzentil beträgt 190 µg/kg FM. Die Nickelkonzentrationen der untersuchten Grünkohlproben an den Messpunkten 3, 6, 8 und 11 betragen 570 µg/kg FM, 700 µg/kg FM, 310 µg/kg FM und 310 µg/kg FM. Die Konzentrationen liegen um die Faktoren 3,0, 3,7, 1,6 und 1,6 über dem 95. Perzentil der Nickelkonzentration aus dem WDMP. An den Messpunkten 1, 4R, 5 und 10R liegen die Konzentrationen zwischen dem 50. und 95. Perzentil des WDMP und sind damit für NRW als unauffällig zu bezeichnen.

¹Lower bound-Ansatz: für Proben, deren Ni-Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, wird der Wert der vollen Bestimmungsgrenze eingerechnet

²Upper bound-Ansatz: für Proben, deren Ni-Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, wird der Wert „null“ eingerechnet

Als Exposition von Nickel über den Verzehr von „Kohlgemüse“ gibt die EFSA eine mittlere Nickelkonzentration von 59 µg/kg FM (LB) bis 79 µg/kg FM (UB) an (Ergebnisse einer Untersuchung von 373 Kohlgemüseproben). An allen Messpunkten in Lünen ist die obere Grenze der mittleren Nickelkonzentration für Kohlgemüse um Faktoren zwischen 1,3 und 8,9 überschritten.

Für die Nahrungspflanze Endivie liegen im Wirkungsdauermessprogramm keine Daten vor. Zur Einordnung der Nickelkonzentrationen wird daher nur der von der EFSA angegebene Bereich für Nickel in „Blattgemüse“ herangezogen, der über die Nickelkonzentrationen von 827 aus verschiedenen Ländern stammenden Blattgemüseproben ermittelt wurde. Die mittlere Konzentration in Blattgemüse liegt zwischen 0,11 mg/kg (LB) und 0,12 mg/kg (UB) (EFSA 2015). Die in Lünen gemessene Nickelkonzentration in Endivie an Messpunkt 3 überschreitet die obere Grenze der mittleren Nickelkonzentration in Blattgemüse um den Faktor 1,3. Die Nickelkonzentrationen in allen anderen Endivienpflanzen aus Lünen unterschreiten sowohl die von der EFSA für Blattgemüse angegebene UB als auch die LB.

4.5 Arsen-Belastung

2009 leitete die EFSA nach Auswertung zahlreicher epidemiologischer Studien für Arsen 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.

Für die Risikocharakterisierung empfiehlt die EFSA (2009) den MOE - Ansatz (Margin of Exposure). Bei dem MOE handelt es sich um das Verhältnis zwischen der aus epidemiologischen Studien ermittelten Dosis (Referenzpunkt – BMDL³) 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 Kalkulation des MOE für Arsen soll nach EFSA (2009) der Bereich von 0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag anstelle eines einzelnen Referenzpunktes verwendet werden. Die EFSA hält die epidemiologischen Daten für ungeeignet, 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).

Die mittlere Aufnahme von anorganischem Arsen über den allgemeinen Warenkorb liegt laut EFSA (2014) für erwachsene Personen in Deutschland zwischen 0,11 und 0,31 µg/kg KG/d (untere Grenze (LB) und obere Grenze (UB))⁴ und damit im Bereich der BMDL₀₁-Werte von 0,3 bis 8 µg/kg KG/d. Infolge dessen kommt die EFSA (2009) zu dem Ergebnis, dass kein oder nur ein sehr geringer MOE vorhanden ist und „ein Risiko für einige Verbraucherinnen

³ Unter Berücksichtigung eines Konfidenzbereichs wird die Benchmark-Dosis der unteren Konfidenzgrenze (BMDL; benchmark dose lower confidence limit) als solcher Referenzpunkt herangezogen.

⁴ 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)).

und Verbraucher durch die Aufnahme von anorganischem Arsen über alle Lebensmittel nicht auszuschließen ist“.

Somit ist auch die Ableitung einer Verzehrempfehlung auf Basis der Arsenbelastung der hier untersuchten Endivienproben/Grünkohlproben nicht zielführend.

Um trotzdem eine gesundheitliche Einordnung bei Verzehr des Gemüses aus Lünen vorzunehmen, wird im Folgenden (analog zur Vorgehensweise bei der Nickelbelastung) ein Vergleich der hier untersuchten selbstangebauten Endivien- und Grünkohlproben mit im Handel erhältlichen Nahrungspflanzen angestellt.

Die zu bewertenden Arsengehalte in den Endivienpflanzen liegen zwischen 0,0073 mg/kg FM am Messpunkt 4R und 0,031 mg/kg FM am Messpunkt 11. In Grünkohl liegen die Arsengehalte zwischen 0,0040 mg/kg FM am Messpunkt 4R und 0,020 mg/kg FM am Messpunkt 11.

Laut EFSA (2014) liegt 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. Die Arsenkonzentration in Endivie an den Messpunkten 1R, 3, 5, 8, 10R und 11 überschreitet die von der EFSA angegebene obere Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen in Endivie aus der EU um den Faktor 1,4 bis max. den Faktor 2,8. Die Arsenkonzentration in Endivie an Messpunkt 6 (0,011 mg/kg FM) liegt im Bereich der oberen Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen in Endivien aus der EU und die Arsenkonzentration an Messpunkt 4R (0,0073 mg/kg FM) liegt im Bereich des von der EFSA angegebenen 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 vor. Die Arsenkonzentrationen in Grünkohl an den Messpunkten 1R, 3, 5, 6, 8, 10R 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 2,6. Die Arsenkonzentration in Grünkohl am Messpunkt 4R (0,0040 mg/kg FM) liegt in dem von der EFSA angegebenen Bereich zwischen der unteren Grenze und oberen Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen in Kohlgemüse aus der EU.

4.6 Kupfer-Belastung

Kupfer ist ein für den menschlichen Organismus essentielles Element. Nach Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE 2017) 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 für Kupfer 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) 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 8 mit 2,1 mg/kg FM. Bei einem Verzehr von 250 g dieses Grünkohls pro Tag ergibt sich eine zusätzliche Kupferaufnahme von rein rechnerisch maximal ca. 0,53 mg/Tag.

Unter Berücksichtigung der Zufuhr aus anderen Lebensmitteln ergibt sich für Männer eine Aufnahme von ca. 2,8 mg/Tag und für Frauen von ca. 2,4 mg/Tag. Für Frauen und Männer liegt die Konzentration unterhalb der vom SCF angegebenen UL in Höhe von 5 mg/d.

4.7 Zink-Belastung

Die höchsten Zinkgehalte finden sich mit 7,1 mg/kg FM in Endivie am Messpunkt 10R und mit 16 mg/kg FM in Grünkohl am Messpunkt 3.

Zink ist für den Menschen essentiell, die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE 2017) 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 wurde mit 7,1 mg/kg FM in Endivie an Messpunkt 10R und für Grünkohl mit 16 mg/kg FM an Messpunkt 3 ermittelt. Bei dem Verzehr von 250 g Grünkohl mit einem Zinkgehalt in Höhe von 16mg/kg FM (Gemüseprobe mit der höchsten Zinkbelastung aller Gemüseproben) würde eine zusätzliche Zinkaufnahme von ca. 4,0 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 Zinkaufnahme von ca. 16 mg/d und bei Frauen von ca. 13 mg/d. Beide Werte liegen unterhalb der oben angegebenen UL in Höhe von 25 mg/d.

4.8 Fazit der gesundheitlichen Bewertung

Aufgrund der Unterschreitung der Höchstmengengehalte für **Blei** und **Cadmium** und der Unterschreitung des TDI-Wertes für **Chrom (III)** wäre im Hinblick auf die zu bewertenden

Schwermetalle Cadmium, Chrom und Blei der Verzehr der hier untersuchten Nahrungspflanzen „Grünkohl“ und „Endivie“ gesundheitlich unbedenklich.

Für die für den Menschen essentiellen Elemente **Kupfer** und **Zink** wurden die vom BfR empfohlenen UL sowohl für Zink als auch für Kupfer in allen untersuchten Nahrungspflanzen durchgängig unterschritten. Auch im Hinblick auf diese beiden Elemente wäre der Verzehr aller Nahrungspflanzen aus Lünen gesundheitlich unbedenklich.

Bezüglich der zu bewertenden **Arsen- und Nickelkonzentration** ist anzumerken, dass die Ableitung einer Verzehrempfehlung auf Basis der Nickel- bzw. Arsenbelastung der hier untersuchten Grünkohl- und Endivienpflanzen nicht zielführend ist, da die aus den gesundheitlichen Bewertungskriterien abgeleitete gesundheitlich unbedenkliche tägliche Aufnahmemenge für Arsen oder Nickel schon allein über die Hintergrundbelastung aus dem allgemeinen Warenkorb nahezu ausgeschöpft bzw. überschritten wird.

Um zu vermeiden, dass es bei Verzehr des hier untersuchten Gemüses aus Lünen im Vergleich zu im Handel erhältlichen Gemüse bzw. im Hinblick auf Nickel auch im Vergleich zu Gemüse, das von anderen für NRW eher gering belasteten Standorten stammt, zu einer zusätzlichen Arsen- und Nickelzufuhr kommt, ergeben sich im Sinne des vorsorgenden Gesundheitsschutzes folgende Hinweise zur Einordnung der Arsen- bzw. Nickelbelastung der Nahrungspflanzen aus Lünen:

Arsen

Für selbstangebautes Gemüse aus den Gärten, in denen die von der EFSA angegebene obere Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen in Endivie und Grünkohl überschritten wird, ist Folgendes anzumerken:

Die Arsenkonzentration der höchstbelastete Endivienprobe (Messpunkt 11) liegt um einen Faktor von ca. 2,8 über der von der EFSA angegebenen oberen Grenze des mittleren Arsengehaltes in Endivienpflanzen. Auf der Basis dieser Konzentration ergäbe sich rein rechnerisch für die Endivie aus Lünen eine Empfehlung für den Verzehr von 250 g Endivie maximal zwei bis dreimal pro Woche.

Die Arsenbelastung im Grünkohl aus Lünen überschreitet die obere Grenze der mittleren Arsenbelastung in „Kohlgemüse“ maximal um einen Faktor von ca. 2,7. Auch der Grünkohl sollte nur zwei- bis dreimal pro Woche verzehrt werden.

Anmerkungen:

Bei dem von der EFSA angegebenen Kohlgemüse handelt es sich nicht ausschließlich um Grünkohl, sondern auch um andere Kohlarten, die in der Regel eine geringere Menge an Schadstoff anreichern als Grünkohl. Es ist somit davon auszugehen, dass die Konzentration von Arsen in handelsüblichem Grünkohl höher ist als in „Kohlgemüse“, so dass die Überschreitung des Arsengehaltes im Grünkohl aus Lünen hier unter Umständen überschätzt wird.

Aufgrund der hohen Aufnahme an Arsen über den allgemeinen Warenkorb ist es nicht sinnvoll, zur Minderung der Arsenaufnahme ausschließlich bei den im eigenen Garten angebauten Pflanzen anzusetzen, zumal der Verzehr von Gemüse aus dem eigenen Garten auch mit gesundheitlichem Nutzen verbunden ist. Zur Minderung der Arsenbelastung ist vor allem die Reduzierung des Verzehrs von z. B. Reis (insbesondere brauner Reis) und von auf Reis basierenden Produkten geeignet.

Nickel

Die Nickelbelastung des untersuchten Grünkohls aus Lünen überschreitet das 95. Perzentil des WDMP an den Messpunkten 3, 6, 8 und 11 zum Teil erheblich (bis nahezu Faktor 4). Der Verzehr des Grünkohls dieser Standorte würde im Vergleich zum Verzehr von Grünkohl anderer für NRW gering belasteter Standorte zu einer relevanten zusätzlichen Nickelaufnahme führen. Die von der EFSA ermittelte obere Grenze der mittleren Nickelkonzentration für „Kohlgemüse“ in Höhe von 0,079 mg/kg FM (EFSA 2015) wird von den Grünkohlpflanzen an allen Messpunkte aus Lünen überschritten (Faktor 1,3 bis Faktor 8,9): Für die Messpunkte 3, 6, 8 und 11 um die Faktoren 7,2, 8,9, 3,9 und 3,9.

Aufgrund der deutlich erhöhten Belastung des Grünkohls aus Lünen an den Messpunkten 3, 6, 8 und 11 im Vergleich zur allgemeinen Hintergrundbelastung von Grünkohl in NRW, sollte von Personen, die sich bewusst nickelarm ernähren möchten (z.B. Allergiker), Grünkohl von diesen Messpunkten vorsorglich nicht verzehrt werden.

Die Nickelkonzentration an den anderen Messpunkten führt zu keiner anderen gesundheitlichen Beeinträchtigung als an anderen für NRW eher gering belasteten Standorten.

Im Hinblick auf die Nahrungspflanze „Endivie“ ist im Vergleich zu handelsüblichem Blattgemüse außer an Messpunkt 3 keine erhöhte Belastung zu erkennen. Der von der EFSA angegebene LB (Lower Bound, s. o.) der mittleren Nickelbelastung für „Blattgemüse“ wird in allen untersuchten Endivienpflanzen aus Lünen (außer an Messpunkt 3) unterschritten. Es ist davon auszugehen, dass der Verzehr der untersuchten Endivien aus Lünen zu keiner anderen Nickelzufuhr im Vergleich zu anderem handelsüblichen „Blattgemüse“ führt. Die maximale Hintergrundbelastung für Nickel über den allgemeinen Warenkorb in Höhe von 3,4 µg/kg KG/d wird durch die Aufnahme von 250 g der hier maximal belasteten Endivie (Messpunkt 3) zu 16% ausgeschöpft.

Personen, die sich bewusst nickelarm ernähren möchten, wird grundsätzlich empfohlen, auf Lebensmittelprodukte mit bekannt hoher Nickelbelastung zu verzichten. Zur Minderung der Nickelbelastung sind vor allem die Reduzierung des Verzehrs folgender Produkte geeignet: Pecan-, Cashewnüsse, Kakaopulver schwach entölt, Tee schwarz, Sojabohnen, Sojamehl vollfett, Schokolade milchfrei.

Auch im Hinblick auf Nickel kann angemerkt werden, dass die Nickelbelastung in Kohlgemüse wahrscheinlich geringer ist als in Grünkohl und der Überschreitungsfaktor infolge dessen wahrscheinlich überschätzt wird.

5 Zusammenfassung

Im Jahr 2016 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 2016 wurden an den Messpunkten in Lünen in den untersuchten Grünkohlpflanzen deutliche immissionsbedingte Einträge von **Blei**, **Arsen** und **Zink** ermittelt. Zusätzlich dazu wurden Einträge von diesen und den weiteren Elementen **Cadmium**, **Nickel**, **Kupfer**, **Chrom** und **Zink** über den belasteten Boden gefunden. Dabei waren die Blei-Gehalte, die in den letzten Jahren eine Verzehrempfehlung zur Folge hatten, weiter zurück gegangen und noch einmal niedriger als 2015.

Die Gehalte an Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer und Zink in den untersuchten Nahrungspflanzen würden im Jahr 2016 zu keiner Verzehrempfehlung führen. Die bestehende Nichtverzehrempfehlung sollte trotzdem vorsorglich aufrechterhalten werden. Sollten die Gehalte dieser Schwermetalle im nächsten Jahr erneut auf einem niedrigen Niveau sein und keine Verzehrempfehlung zur Folge haben, wäre zu überlegen, die bestehende Nichtverzehrempfehlung aufzuheben. Der Nickelgehalt einzelner Grünkohlproben überschreitet die für NRW bekannte allgemeine Hintergrundbelastung zum Teil erheblich. Im Sinne des vorsorgenden Gesundheitsschutzes sollten die Hinweise für die Verbraucher bezogen auf die Arsen- und Nickel-Belastung (s. Kapitel 4.8) beachtet werden.

6 Weitere Vorgehensweise:

Das LANUV beabsichtigt aufgrund der wiederholt sehr niedrigen Schwermetall-Gehalte in der Endivie die Exposition von Endivienpflanzen im Jahr 2017 nicht fortzuführen.

Die Grünkohl-Untersuchungen (Exposition im Beet) sollen im Jahr 2017 an den Messpunkten 3, 5, 6, 8 und 11 weiter fortgeführt werden, um zu prüfen, ob die Belastung der Nahrungspflanzen weiterhin auf einem Niveau verbleibt, welches keine generelle Nichtverzehrempfehlung mehr zur Folge hat.

Um unterscheiden zu können, ob es sich bei potentiellen Schwermetallbelastungen in den Pflanzen um einen immissionsbedingten Eintrag handelt, sollen an den MP 3, 5, 6, 8 und 11 zusätzlich Grünkohlpflanzen in Containern mit Einheitserde exponiert werden.

Eine erneute Untersuchung der drei Referenzmesspunkte 1R, 4R und 10R wird aufgrund der dort sehr geringen Gehalte nicht als notwendig angesehen. Zur grundsätzlichen Einschätzung der Belastungssituation werden die seit 2015 vorliegenden Hintergrundwerte aus dem Wirkungsdauermessprogramm des LANUV (LANUV-Fachbericht 61) herangezogen.

7 Anlage

Tabelle 1: Blei-Gehalte in Nahrungspflanzen (Beet)

Messpunkt	Blei [mg/kg FM]															
	Endivie								Grünkohl							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1 R	0,14	0,17	0,17	0,21	0,25	0,28	0,069	0,053	0,14	0,13	0,089	0,15	0,029	0,11	0,040	0,048
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	0,022	0,57	0,44	0,22	0,31	0,34	Ausfall	0,13	0,26
4 R	0,21	0,20	0,17	0,21	0,033	0,011	0,19	0,020	0,068	0,20	0,15	0,090	0,061	0,12	0,045	0,042
5	0,50	0,24	0,88	0,22	0,062	0,022	0,074	0,041	1,1	0,64	0,96	0,30	0,16	0,35	0,36	0,092
6	0,50	0,29	0,44	0,45	0,073	0,177	0,028	0,027	0,19	0,29	0,21	0,19	0,21	0,62	0,17	0,12
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	0,037	2,0	0,45	0,62	1,1	0,37	0,42	0,21	0,11
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	0,017	0,31	0,14	0,15	0,20	0,19	0,18	0,070	0,055
11						0,098	0,079	0,083						0,53	0,26	0,22

Tabelle 2: Cadmium-Gehalte in Nahrungspflanzen (Beet)

Messpunkt	Cadmium [mg/kg FM]															
	Endivie								Grünkohl							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1 R	0,033	0,066	0,079	0,038	0,015	0,052	0,018	0,034	0,026	0,024	0,026	0,027	0,012	0,017	0,018	0,037
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	0,037	0,034	0,021	0,022	0,017	0,015	Ausfall	0,017	0,039
4 R	0,056	0,064	0,074	0,022	0,014	0,040	0,021	0,026	0,024	0,018	0,023	0,023	0,015	0,021	0,017	0,031
5	0,063	0,092	0,11	0,017	0,011	0,045	0,027	0,054	0,059	0,041	0,031	0,033	0,020	0,029	0,022	0,048
6	0,043	0,083	0,075	0,026	0,014	0,061	0,019	0,039	0,023	0,027	0,023	0,019	0,019	0,032	0,022	0,035
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	0,017	0,070	0,023	0,026	0,023	0,013	0,012	0,010	0,022
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	0,185	0,062	0,048	0,067	0,032	0,11	0,029	0,028	0,035	0,030	0,028	0,024	0,018	0,039
11						0,053	0,040	0,094						0,031	0,021	0,031

Tabelle 3: Chrom-Gehalte in Nahrungspflanzen (Beet)

Messpunkt	Chrom [mg/kg FM]															
	Endivie								Grünkohl							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1 R	0,085	0,55	0,29	0,23	0,29	0,16	0,031	0,028	0,11	0,18	0,26	0,12	Ausfall	0,069	0,042	0,048
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	0,016	0,25	0,18	0,24	0,12	0,16	Ausfall	0,059	0,20
4 R	0,15	0,66	0,33	0,52	0,039	0,028	0,12	0,015	0,07	0,16	0,17	0,13	0,083	0,19	0,043	0,072
5	0,19	0,46	0,46	0,51	0,028	0,024	0,029	0,015	0,42	0,43	0,31	0,18	0,12	0,15	0,062	0,066
6	0,22	0,50	0,90	0,43	0,037	0,058	0,017	0,015	0,13	0,24	0,30	0,11	0,14	0,27	0,088	0,24
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	0,015	0,27	0,12	0,29	0,13	Ausfall	0,065	<0,0037	0,10
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	<0,012	0,10	0,081	0,15	0,10	0,14	0,070	<0,0035	0,046
11						0,039	0,020	0,022						0,21	0,076	0,12

Tabelle 4: Nickel-Gehalte in Nahrungspflanzen (Beet)

Messpunkt	Nickel [mg/kg FM]															
	Endivie								Grünkohl							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1 R	0,062	0,76	0,41	0,13	0,10	0,12	0,039	0,042	0,077	0,11	0,32	0,078	0,037	0,072	0,048	0,14
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	0,15	0,33	0,21	0,28	0,16	0,21	Ausfall	0,10	0,57
4 R	0,077	1,0	0,50	0,23	0,019	<0,013	0,055	0,023	0,051	0,099	0,18	0,044	0,049	0,11	0,040	0,10
5	0,23	0,60	0,84	0,30	0,043	0,067	0,051	0,061	0,42	0,41	0,61	0,21	0,092	0,24	0,18	0,18
6	0,13	0,78	1,2	0,24	0,036	0,043	0,032	0,045	0,078	0,16	0,19	0,11	0,090	0,23	0,082	0,70
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	0,055	0,67	0,18	0,50	0,46	0,13	0,15	0,10	0,31
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	0,074	0,10	0,10	0,23	0,11	0,10	0,085	0,074	0,15
11						0,047	0,068	0,094						0,18	0,095	0,31

Tabelle 5: Arsen-Gehalte in Nahrungspflanzen (Beet)

Messpunkt	Arsen [mg/kg FM]																
	Endivie								Grünkohl								
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
1 R	0,033	0,049	0,060	0,057	0,062	0,156	0,019	0,022	0,022	0,018	0,023	0,024	0,006	0,011	0,0068	0,0092	
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	0,015	0,029	0,025	0,017	0,025	0,019	Ausfall	0,0095	0,018	
4 R	0,032	0,029	0,023	0,036	0,009	0,008	0,026	0,0073	<0,0085	0,022	0,010	0,005	0,006	0,011	<0,0035	0,0040	
5	0,053	0,025	0,081	0,034	0,018	0,008	0,012	0,018	0,047	0,031	0,052	0,015	0,010	0,027	0,024	0,010	
6	0,043	0,028	0,039	0,039	0,011	0,024	0,0093	0,011	0,011	0,016	0,016	0,011	0,013	0,057	0,012	0,010	
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	0,022	0,083	0,027	0,056	0,049	0,025	0,035	0,022	0,017
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	0,017	0,020	0,020	0,025	0,022	0,028	0,0072	0,013	
11						0,020	0,015	0,031						0,041	0,019	0,020	

Tabelle 6: Kupfer-Gehalte in Nahrungspflanzen (Beet)

Messpunkt	Kupfer [mg/kg FM]															
	Endivie								Grünkohl							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1 R	0,52	0,66	0,67	0,64	0,54	0,75	0,53	0,80	0,54	0,88	0,65	0,78	0,42	0,49	0,70	0,79
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	0,62	2,7	1,8	1,5	1,5	1,3	Ausfall	1,0	1,9
4 R	0,60	0,66	1,1	0,45	0,37	0,62	0,63	0,52	0,44	0,80	0,74	0,77	0,61	0,67	0,93	0,72
5	2,5	1,7	6,8	1,1	0,80	0,78	1,0	0,83	5,6	4,3	6,9	2,3	1,1	2,7	2,7	2,0
6	1,3	1,5	1,8	0,94	0,61	0,98	0,48	0,70	0,88	1,5	1,4	1,1	0,84	1,8	1,3	1,1
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	1,0	9,5	3,3	6,2	5,1	2,2	2,9	2,1	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	0,82	1,2	0,99	1,2	1,0	0,84	0,91	0,69	0,77
11						1,3	0,98	1,1						2,8	1,9	1,9

Tabelle 7: Zink-Gehalte in Nahrungspflanzen (Beet)

Messpunkt	Zink [mg/kg FM]															
	Endivie								Grünkohl							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1 R	4,4	6,7	8,6	4,8	3,1	3,5	4,0	3,8	5,9	6,6	7,3	9,5	3,5	5,1	5,3	13
2	6,3	8,7	6,6	2,6	4,0	1,1			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	4,5	7,9	9,9	7,7	8,4	6,1	Ausfall	7,2	16
4 R	6,2	7,9	8,9	3,0	2,3	2,9	4,1	3,1	3,8	5,2	4,6	5,9	4,8	6,6	8,5	7,2
5	6,4	7,3	13	2,0	2,0	2,2	2,9	3,1	7,5	9,1	8,4	7,1	3,7	5,8	6,1	8,6
6	5,8	9,6	8,0	3,1	2,1	5,2	2,9	3,4	5,2	8,8	5,4	5,7	5,1	10	6,1	8,5
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		3,4	3,3	10	8,6	11	10	5,6	5,6	6,9	12
9	18	21	22	8,5	8,6				6,5	12	12	9,5	3,7			
10 R	6,7	14	14	4,6	4,5	3,1	4,1	7,1	4,2	7,7	7,1	6,0	6,1	6,1	5,7	9,9
11						4,5	5,2	6,9						8,7	6,5	8,2

Tabelle 8: Metall-Gehalte in Grünkohl, der im Container exponiert wurde
 (*bei den Ergebnissen von 2009 und 2016 sind die Frischgehalte mit standardisierten Trockengehalten berechnet worden, ansonsten mit realen Trockengehalten)

Messpunkt	Grünkohl Container (ED 73) [mg/kg FM]															
	Blei								Cadmium							
	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
4 R	0,037	0,031	0,089	0,038	0,032	0,073	0,037	0,033	0,0110	0,0046	0,0076	0,011	0,0075	0,0082	0,0080	0,024
5		0,11	0,31	0,97	0,096	0,21	0,23	0,059		0,011	0,012	0,018	0,012	0,012	0,0089	0,029
8	0,77	0,18	0,20	0,29	0,22	0,34	0,18	0,14	0,03312	0,012	0,011	0,015	0,012	0,013	0,010	0,029
9	1,0	0,12	0,077	0,16	0,62	0,29			0,042	0,0084	0,0086	0,0082	0,013	0,017		
11						0,11	0,17	0,086						0,010	0,012	0,024
Messpunkt	Chrom								Nickel							
	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
4 R	0,037	0,11	0,065	0,073	0,059	0,069	<0,0043	<0,037	0,092	0,18	0,08	0,18	0,14	0,16	0,10	0,12
5		0,047	0,067	0,11	0,094	0,079	<0,0042	<0,037		0,14	0,18	0,52	0,18	0,21	0,14	0,11
8	0,11	0,076	<0,043	0,058	0,045	<0,040	<0,0044	0,096	0,33	0,15	0,14	0,27	0,22	0,36	0,15	0,18
9	0,092	0,17	<0,037	0,12	0,12	0,071			0,37	0,18	0,079	0,56	0,41	0,29		
11						0,051	0,055	0,059						0,25	0,12	0,10
Messpunkt	Arsen								Kupfer							
	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
4 R	<0,009	<0,0031	0,005	<0,0036	0,004	<0,004	<0,0043	0,0048	0,61	0,40	0,85	0,55	0,49	0,56	0,73	0,61
5	0,011	0,017	0,037	0,037	0,006	0,011	0,016	0,0075		0,67	1,9	3,9	0,73	1,2	1,5	0,85
8	0,035	0,012	0,021	0,020	0,015	0,044	0,020	0,017	3,2	0,89	1,5	1,7	1,2	1,9	1,3	1,1
9	0,042	0,0050	0,0088	0,0077	0,030	0,013			4,7	0,89	0,81	0,88	3,1	1,6		
11						<0,004	0,012	0,011						0,89	1,0	0,68
Messpunkt	Zink															
	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016								
4 R	3,9	2,4	0,85	5,2	3,0	4,5	4,6	5,0								
5		2,3	1,9	7,0	3,8	4,3	5,5	6,1								
8	5,9	2,4	1,5	5,8	4,8	4,8	5,3	6,4								
9	6,6	2,7	0,81	4,4	4,1	5,1										
11						3,3	5,1	4,3								

8 Literatur

AGES (2015): Aufnahme von Arsen über Lebensmittel, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Juli 2015

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

Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/> aufgerufen am 09.01.2017

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): 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 (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 (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

LANUV-Fachbericht 66 (2015): Hintergrundwerte für Schadstoffgehalte in Böden – Aktualisierung der Werte und Karten für Nordrhein-Westfalen, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Recklinghausen 2015

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. 2015/1005 der Kommission vom 25. Juni 2015 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bezüglich der Höchstgehalte für Blei in bestimmten 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