



# Untersuchungsbericht zur Immissionsbelastung von Nahrungspflanzen in Lünen

2017

## IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Fachbereich 31 Immissionswirkungen  Leibnizstraße 10 45659 Recklinghausen  Recklinghausen (28.05.18)
Autorin	Dr. Katja Hombrecher <a href="mailto:katja.hombrecher@lanuv.nrw.de">katja.hombrecher@lanuv.nrw.de</a> 0201/7995 – 1186
Mitwirkende	Dr. Ralf Both, Marcel Buss, Alexandra Müller-Uebachs, Mario Rendina, Jürgen Schmidt (alle FB 31), Udo van Hauten (FB 32), FB 33 (Gesundheitliche Bewertung)
Informationendienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • <a href="http://www.lanuv.nrw.de">www.lanuv.nrw.de</a> 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 .....	8
3.3	Chrom-Gehalte.....	10
3.4	Nickel-Gehalte.....	12
3.5	Arsen-Gehalte .....	14
3.6	Kupfer-Gehalte.....	16
3.7	Zink-Gehalte .....	18
4	Gesundheitliche Bewertung der Ergebnisse .....	20
4.1	Blei-Belastung .....	20
4.2	Cadmium-Belastung.....	20
4.3	Chrom-Belastung .....	21
4.4	Nickel-Belastung .....	21
4.5	Arsen-Belastung.....	22
4.6	Kupfer-Belastung .....	23
4.7	Zink-Belastung .....	23
4.8	Fazit der gesundheitlichen Bewertung.....	24
5	Zusammenfassung.....	25
6	Weitere Vorgehensweise:.....	26
7	Anlage.....	27
8	Literatur.....	30

## 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. Die bestehende Nichtverzehrempfehlung für Grünkohl und andere Blattgemüse, wie etwa Mangold und Spinat, wurde bisher vorsorglich weiter aufrecht erhalten, obwohl die Schadstoffbelastung im Jahr 2016 weiter zurück gegangen war und der EU-Höchstgehalt für Blei an keinem Messpunkt überschritten wurde (s. LANUV-Bericht vom 05.07.17).

Vor diesem Hintergrund wurden die Grünkohl-Untersuchungen (Exposition im Beet) im Jahr 2017 an den Messpunkten 3, 5, 6, 8 und 11 weiter fortgeführt, 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, wurden an allen Messpunkten zusätzlich Grünkohlpflanzen in Containern mit Einheitserde exponiert.

Eine erneute Untersuchung der drei Referenzmesspunkte 1R, 4R und 10R wurde 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.

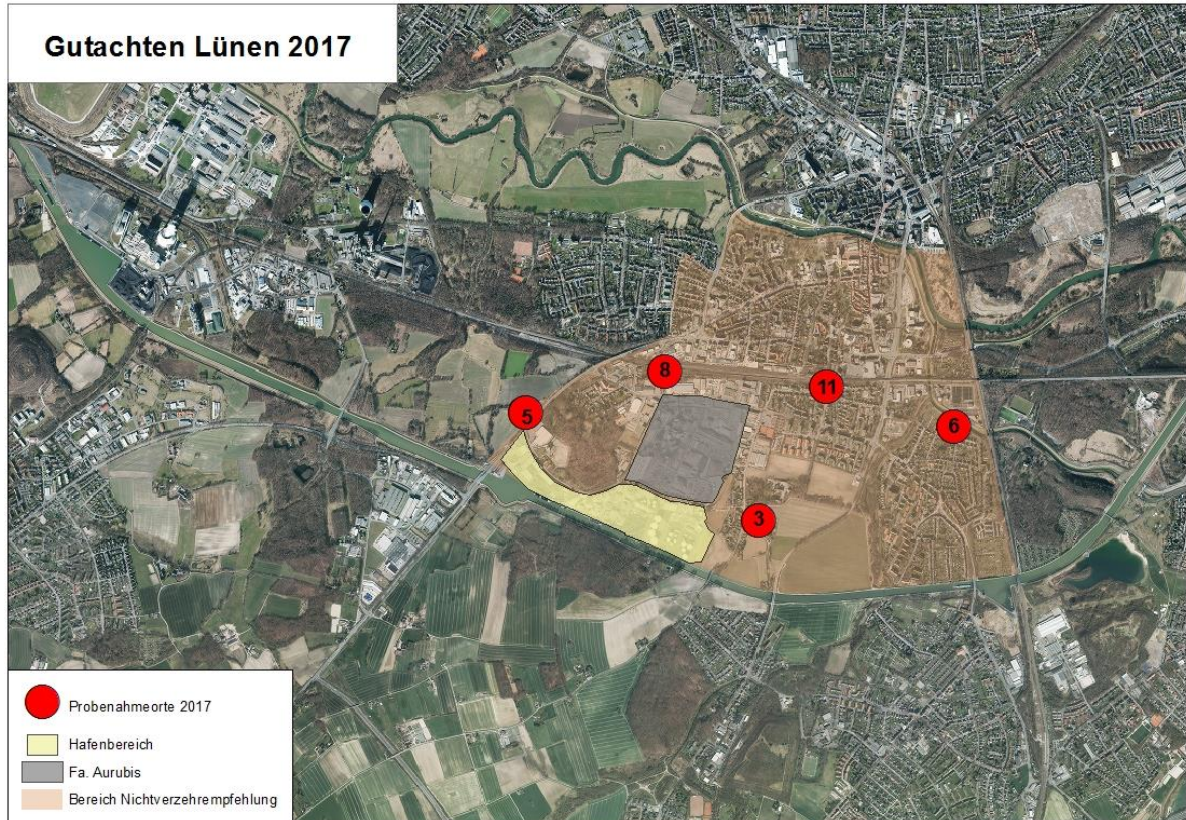
Im Folgenden werden die Vorgehensweise und die Ergebnisse zunächst detailliert betrachtet und abschließend zusammengefasst.

## 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) und der Messpunkt 3 liegt östlich des Stadthafens und der Fa. Aurubis.

An allen Messpunkten wurde Grünkohl vom 16.08. – 20.11.17 im Beet und in einem Container mit Einheitserde exponiert.

Die Aufarbeitung und die Analysen der Grünkohlproben wurden 2017 durch die Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUF) NRW im Auftrag des LANUV durchgeführt.



**Abbildung 1:** Untersuchungsgebiet mit den Messpunkten 2017, den Industriearalen des Stadthafens und der Fa. Aurubis sowie dem Bereich der bestehenden Nichtverzehrempfehlung

Pro Messpunkt wurde ein Beet angelegt, in das 10 Grünkohlpflanzen gesetzt wurden. Zusätzlich wurde an allen 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 96 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.

### 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 2008 bis 2017 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 am Messpunkt 5 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 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.

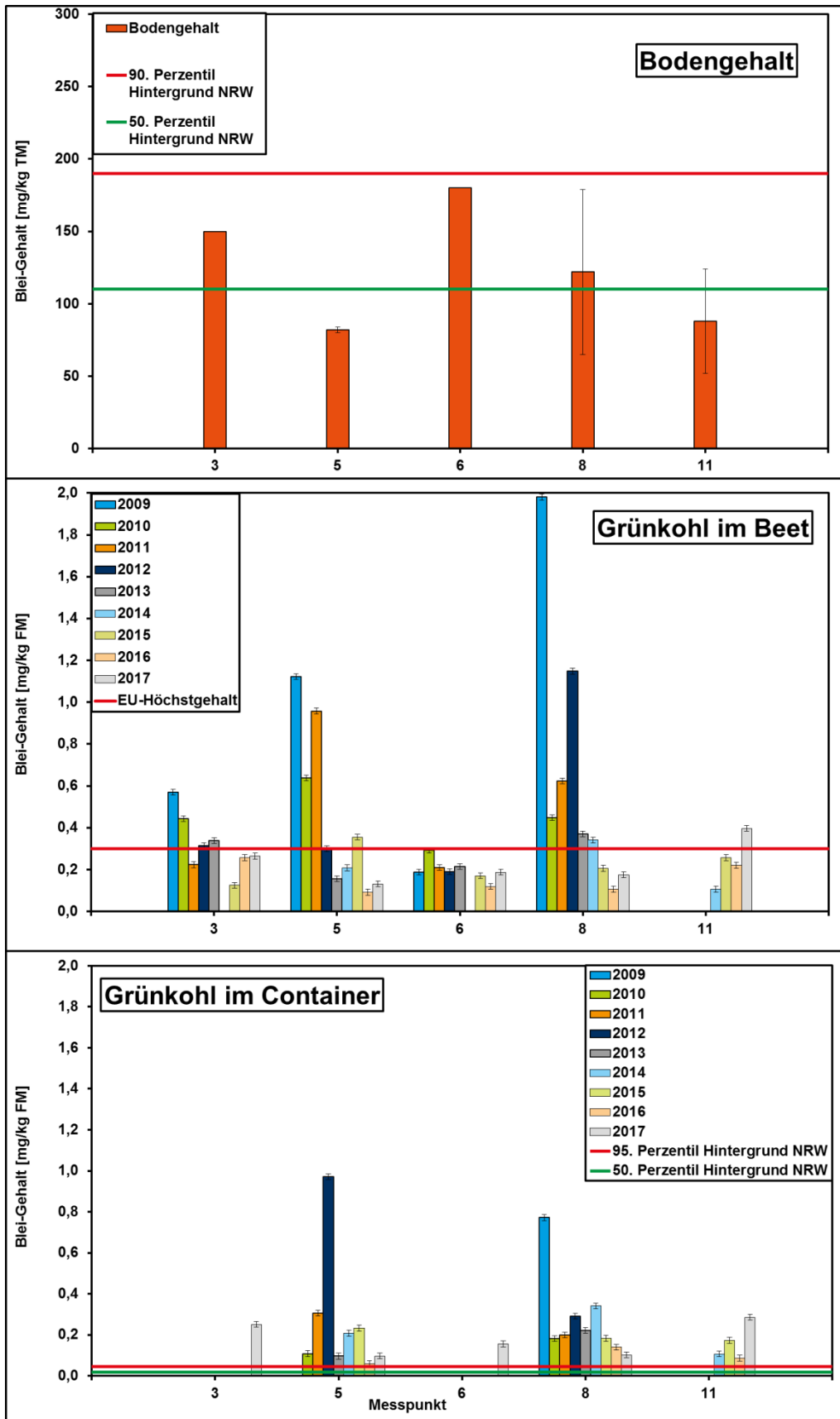
Die gesundheitliche Bewertung erfolgt anhand der ermittelten Schadstoff-Gehalte in den in den Gartenbeeten exponierten Grünkohlpflanzen, da diese sowohl einem Eintrag aus der Luft als auch aus dem Boden unterliegen können. Dazu wurden für Blei und Cadmium die in der EU nach der Verordnung Nr. 2015/1005 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 2017 ermittelten Blei-Gehalte in Grünkohl (Beet) betragen zwischen 0,13 (MP 5) bis 0,40 mg/kg FM (MP 11) und liegen damit an allen untersuchten Messpunkten etwas höher als im Vorjahr (s. Abbildung 2 sowie Tabelle 1 im Anhang). Am Messpunkt 11 wird im Jahr 2017 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) erstmalig wieder 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 2017 ermittelten Blei-Gehalte in Grünkohl aus dem Container mit Einheitserde betragen zwischen 0,097 (MP 5) bis 0,29 mg/kg FM (MP 11) und sind damit niedriger als die Blei-Gehalte der parallel im Beet exponierten Pflanzen (s. Abbildung 2, Tabelle 8 im Anhang). Die Blei-Gehalte an allen untersuchten Messpunkten in Lünen liegen damit oberhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung in NRW von 0,046 mg/kg FM, was auf einen immissionsbedingten Eintrag von Blei hindeutet.

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. Der Haupteintragspfad bleibt aber der Luftpfad.

Die Ergebnisse der Staubniederschlagsmessungen des LANUV liegen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vor.

**Zusammenfassend ist festzuhalten, dass im Jahr 2017 an allen untersuchten Messpunkten ein immissionsbedingter Eintrag von Blei in die Grünkohlpflanzen zu verzeichnen war. Der höchste Wert wurde dabei nordöstlich der Fa. Aurubis am MP 11 ermittelt. Im Vergleich zu 2016 ergaben sich an allen Messpunkten (Ausnahme MP 8) höhere Bleigehalte.**

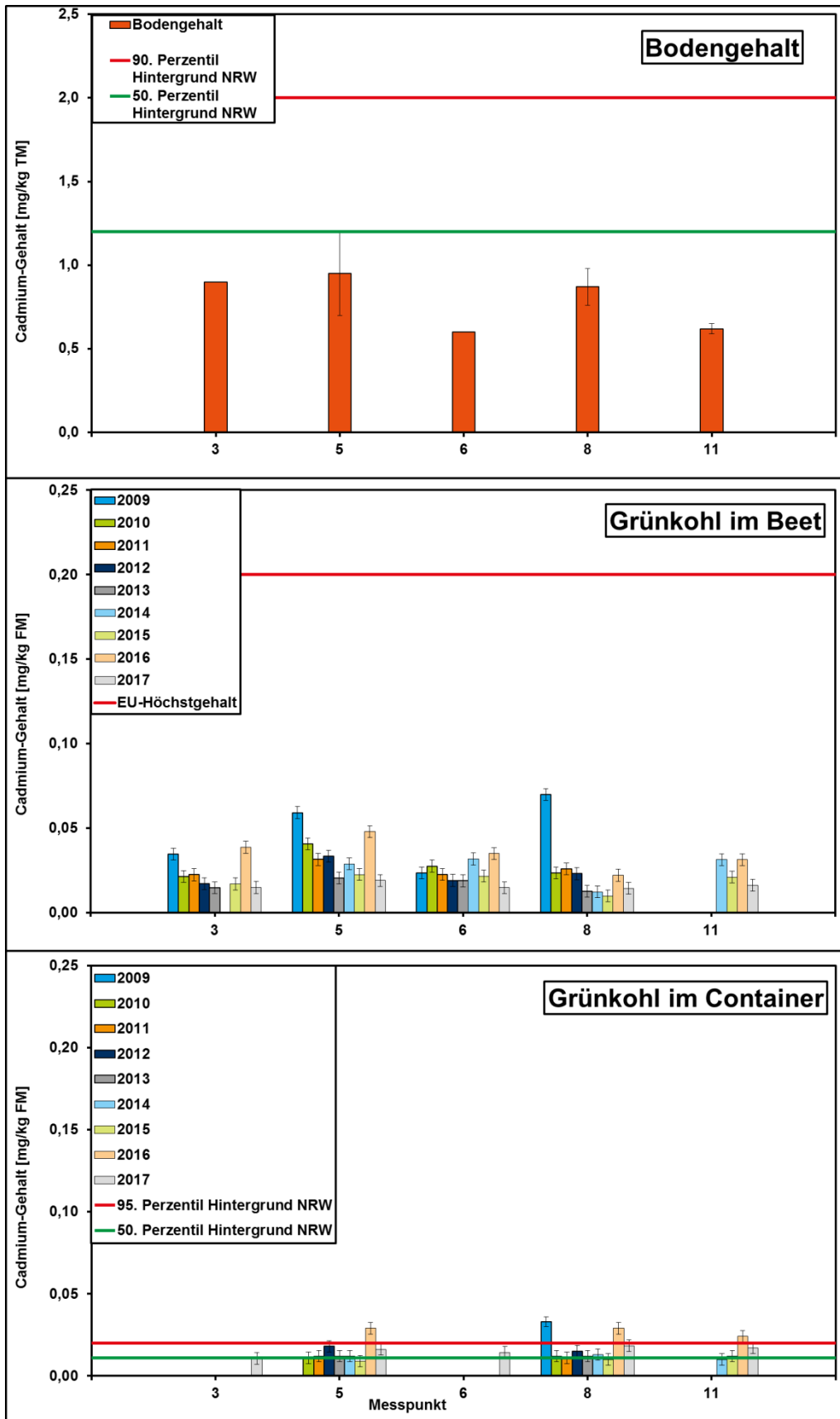
### 3.2 Cadmium-Gehalte

Die Cadmium-Gehalte im Gartenboden liegen an allen Messpunkten in Lünen unterhalb des 50. Perzentils der Hintergrundwerte der Ballungsrandzone für NRW (s. Abbildung 3).

Die im Jahr 2017 ermittelten Cadmium-Gehalte in Grünkohl (Beet) betragen zwischen 0,014 mg/kg FM (MP 8) und 0,019 mg/kg FM am Messpunkt 5 (s. Abbildung 3 sowie Tabelle 2 im Anhang). An allen Messpunkten wurden in 2017 niedrigere Cadmium-Gehalte im Grünkohl ermittelt als 2016. Der EU-Höchstgehalt für Cadmium in Blatt- und Kohlgemüse wird an allen Messpunkten deutlich unterschritten.

Die Cadmium-Gehalte der Grünkohlpflanzen, die 2017 in einem Container mit Einheitserde exponiert wurden, liegen mit Werten von 0,011 mg/kg FM (MP 3) und 0,018 mg/kg FM (MP 8) alle unterhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung von 0,02 mg/kg FM (s. Abbildung 3 sowie Tabelle 8 im Anhang). Sie sind auf vergleichbarem Niveau wie die der im Beet exponierten Pflanzen.





**Abbildung 3:** 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

Im Rahmen des LANUV-Eintragspfadeversuchs (2014/2015) zeigte sich, dass Cadmium von den Grünkohlpflanzen über die Wurzel – also systemisch – aufgenommen wird. Da hier keine großen Unterschiede zwischen den Grünkohlpflanzen, die im Beet bzw. im Container mit Einheitserde exponiert wurden, gefunden wurden, ist davon auszugehen, dass die ermittelten Cadmium-Gehalte in den Pflanzen durch die verfügbaren Substratgehalte bestimmt wurden und kein immissionsbedingter Eintrag vorliegt.

**Zusammenfassend ist festzuhalten, dass es in Lünen im Jahr 2017 hauptsächlich bodenbedingte Einträge von Cadmium in die Grünkohlpflanzen gab.**

### 3.3 Chrom-Gehalte

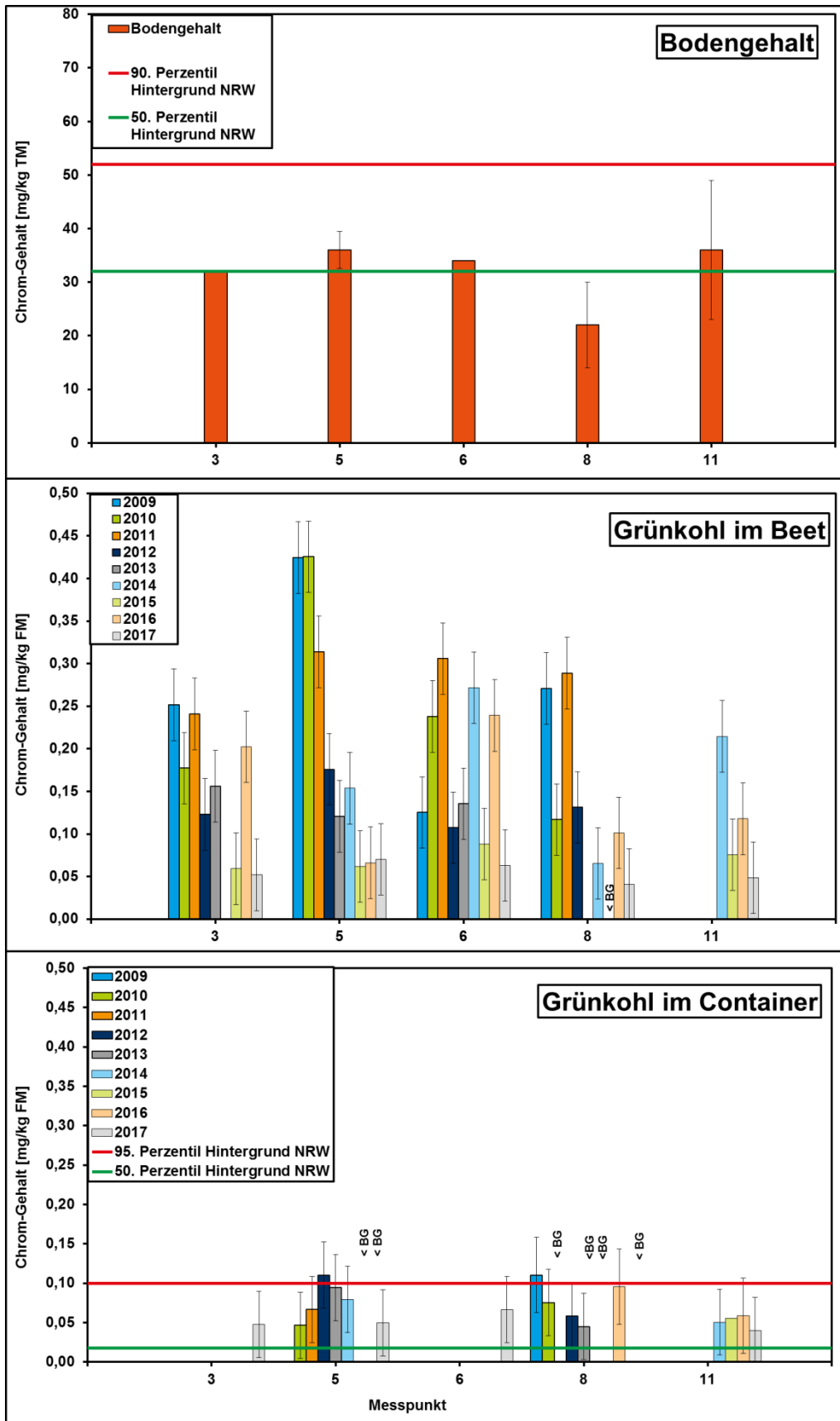
Die Chrom-Gehalte im Gartenboden liegen an allen Messpunkten in Lünen unterhalb des 90. Perzentils der Hintergrundwerte der Ballungsrandzone für NRW (s. Abbildung 4).

In den Pflanzenproben wurde der Chrom<sub>gesamt</sub>-Gehalt ermittelt, welcher in der Pflanze dem Gehalt an Chrom (III) entspricht.

Die im Jahr 2017 ermittelten Chrom-Gehalte in Grünkohl (Beet) betragen zwischen 0,041 mg/kg FM (MP 8) und 0,070 mg/kg FM am Messpunkt 5 (s. Abbildung 4 und Tabelle 3 im Anhang).

Bei den in Containern mit Einheitserde exponierten Pflanzen liegen die ermittelten Chrom-Gehalte im Jahr 2017 am Messpunkt 8 unterhalb der Bestimmungsgrenze (s. Abbildung 4), ansonsten betragen sie zwischen 0,040 mg/kg FM (MP 11) und 0,066 mg/kg FM (MP 6) (s. Tabelle 8 im Anhang). Alle Werte liegen unterhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung von 0,1 mg/kg FM, was einen immissionsbedingten Eintrag unwahrscheinlich macht. Möglicherweise wurde Chrom über den Boden in die Pflanzen eingetragen. Im Eintragspfadeversuch des LANUV (2014/2015) konnte gezeigt werden, dass Chrom in der Regel nicht systemisch, sondern über den Verschmutzungspfad eingetragen wird.

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



**Abbildung 4:** 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

### 3.4 Nickel-Gehalte

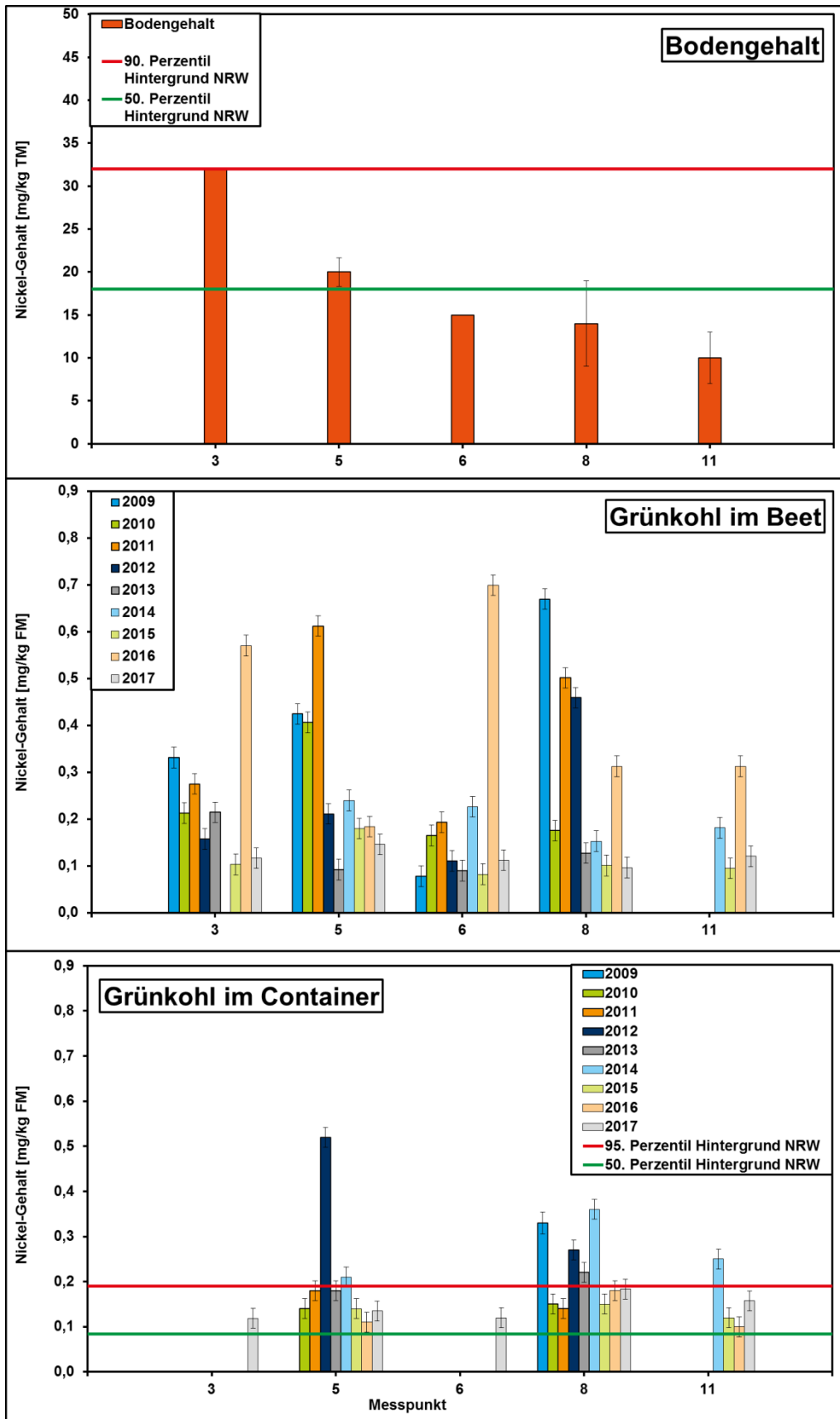
Die Nickel-Gehalte in den untersuchten Gartenböden liegen an allen Messpunkten in Lünen im Bereich der Hintergrundwerte der Ballungsrandzone für NRW (s. Abbildung 5). Lediglich am Messpunkt 3 wird das 90. Perzentil der Hintergrundwerte erreicht.

Die im Jahr 2017 ermittelten Nickel-Gehalte in den Grünkohlpflanzen (Beet) in Lünen betragen zwischen 0,10 mg/kg FM (MP 8) und 0,15 mg/kg FM am Messpunkt 5 und sind damit an allen Messpunkten wieder auf dem Niveau der Jahre 2013 – 2015 und nicht so hoch wie im Jahr 2016 (s. Abbildung 5 sowie Tabelle 4 im Anhang).

Bei den Grünkohlpflanzen, die in Containern mit Einheitserde exponiert wurden, liegen die Nickel-Gehalte mit Werten zwischen 0,12 mg/kg FM (MP 3) und 0,18 mg/kg FM (MP 8) an allen Messpunkten unterhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung von 0,19 mg/kg FM (s. Abbildung 5 und Tabelle 8 im Anhang). Demnach liegt also keine aktuelle Immissionsbelastung durch Nickel vor.

Die Nickel-Gehalte der im Beet bzw. Container exponierten Pflanzen liegen in etwa auf demselben Niveau. Es ist davon auszugehen, dass Nickel hauptsächlich über den Boden bzw. dem Substrat in die Pflanzen aufgenommen wurde.

**Zusammenfassend ist festzustellen, dass nicht von einem immissionsbedingten Eintrag von Nickel in die Nahrungspflanzen auszugehen ist. Die Grünkohlpflanzen haben Nickel möglicherweise über den belasteten Boden aufgenommen.**



**Abbildung 5:** 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

### 3.5 Arsen-Gehalte

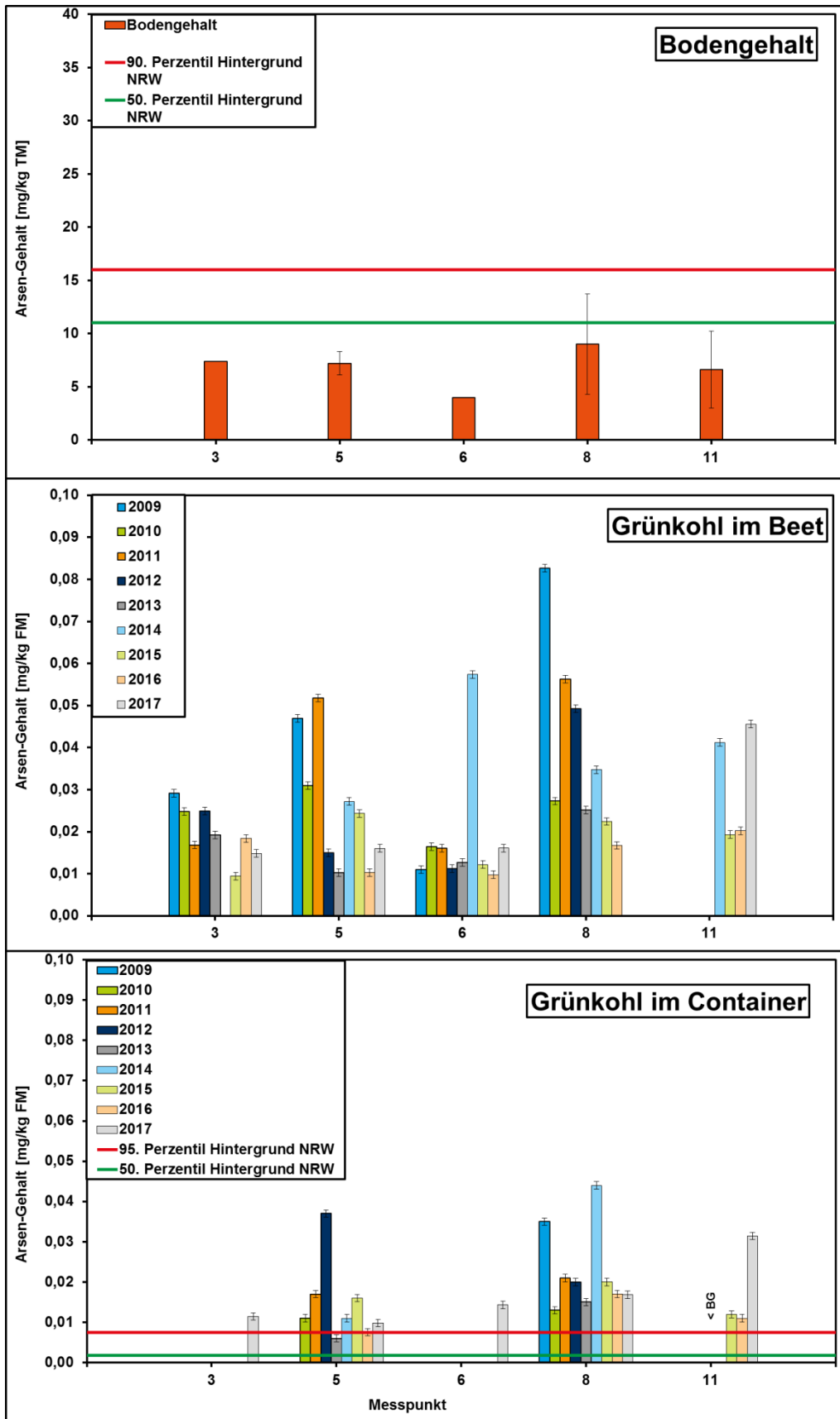
Die Arsen-Gehalte der untersuchten Gartenböden befinden sich alle im Bereich der Hintergrundwerte der Ballungsrandzone für NRW (s. Abbildung 6).

Die im Jahr 2017 ermittelten Arsen-Gehalte in Grünkohl (Beet) liegen zwischen 0,015 mg/kg FM am Messpunkt 3 bis zu 0,046 mg/kg FM am Messpunkt 11 (s. Abbildung 6 sowie Tabelle 5 im Anhang).

Die Arsen-Gehalte der in den Containern exponierten Grünkohl-Pflanzen betragen zwischen 0,010 mg/kg FM (MP 5) und 0,031 mg/kg FM (MP 11). Damit liegen alle in Lünen ermittelten Arsen-Gehalte oberhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung in NRW von 0,0075 mg/kg FM, was auf eine immissionsbedingte Belastung hindeutet.

Die Gehalte in den in Containern mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen sind an allen Messpunkten niedriger als die Gehalte im Beet. Daraus könnte geschlossen werden, dass es möglicherweise zusätzlich Einträge von Arsen über den Boden (Verschmutzungspfad) gegeben hat.

**Zusammenfassend ist festzustellen, dass von einem immissionsbedingten Eintrag von Arsen in die Grünkohlpflanzen im Jahr 2017 auszugehen ist. Zusätzlich könnte es Einträge in die Grünkohlpflanzen über den Verschmutzungspfad über den Boden gegeben haben.**



**Abbildung 6:** 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

### 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 7). Am höchsten belastet ist der Boden des Messpunktes 8, der unmittelbar nördlich der Fa. Aurubis angrenzt.

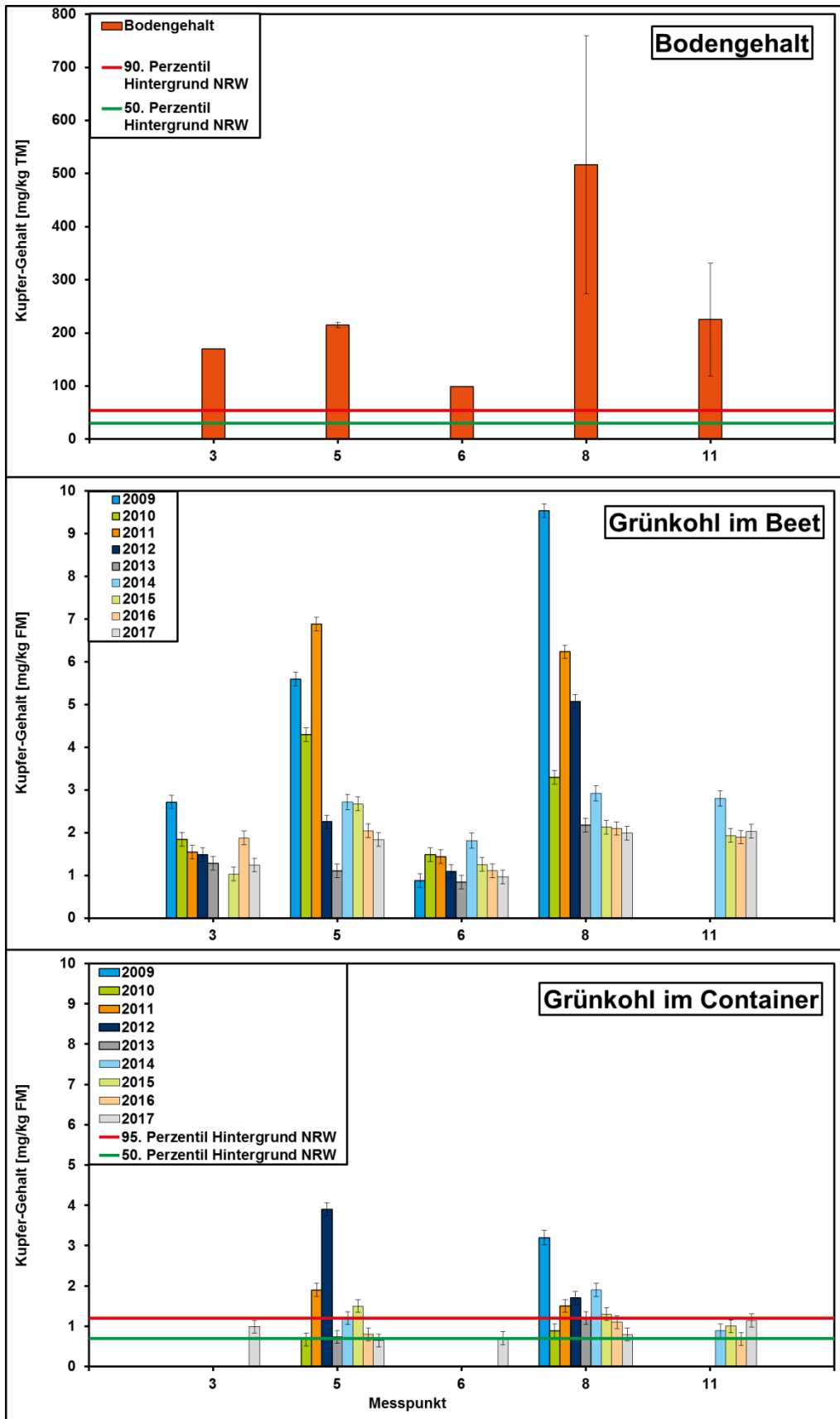
Die im Jahr 2017 ermittelten Kupfer-Gehalte in Grünkohl (Beet) betragen zwischen 1,0 mg/kg FM (MP 6) und 2,0 mg/kg FM an den Messpunkten 8 und 11 und sind damit ungefähr auf dem Niveau des Vorjahres (s. Abbildung 7 sowie Tabelle 6 im Anhang).

Die in Containern mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen weisen mit Werten von 0,65 mg/kg FM (MP 5) bis 1,1 mg/kg FM (MP 11) an keinem der untersuchten Messpunkte Kupfer-Gehalte oberhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung von 1,2 mg/kg FM auf (s. Abbildung 7 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 nennenswerte 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.

**Zusammenfassend ist festzustellen, dass es offensichtlich 2017 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.**





**Abbildung 7:** 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

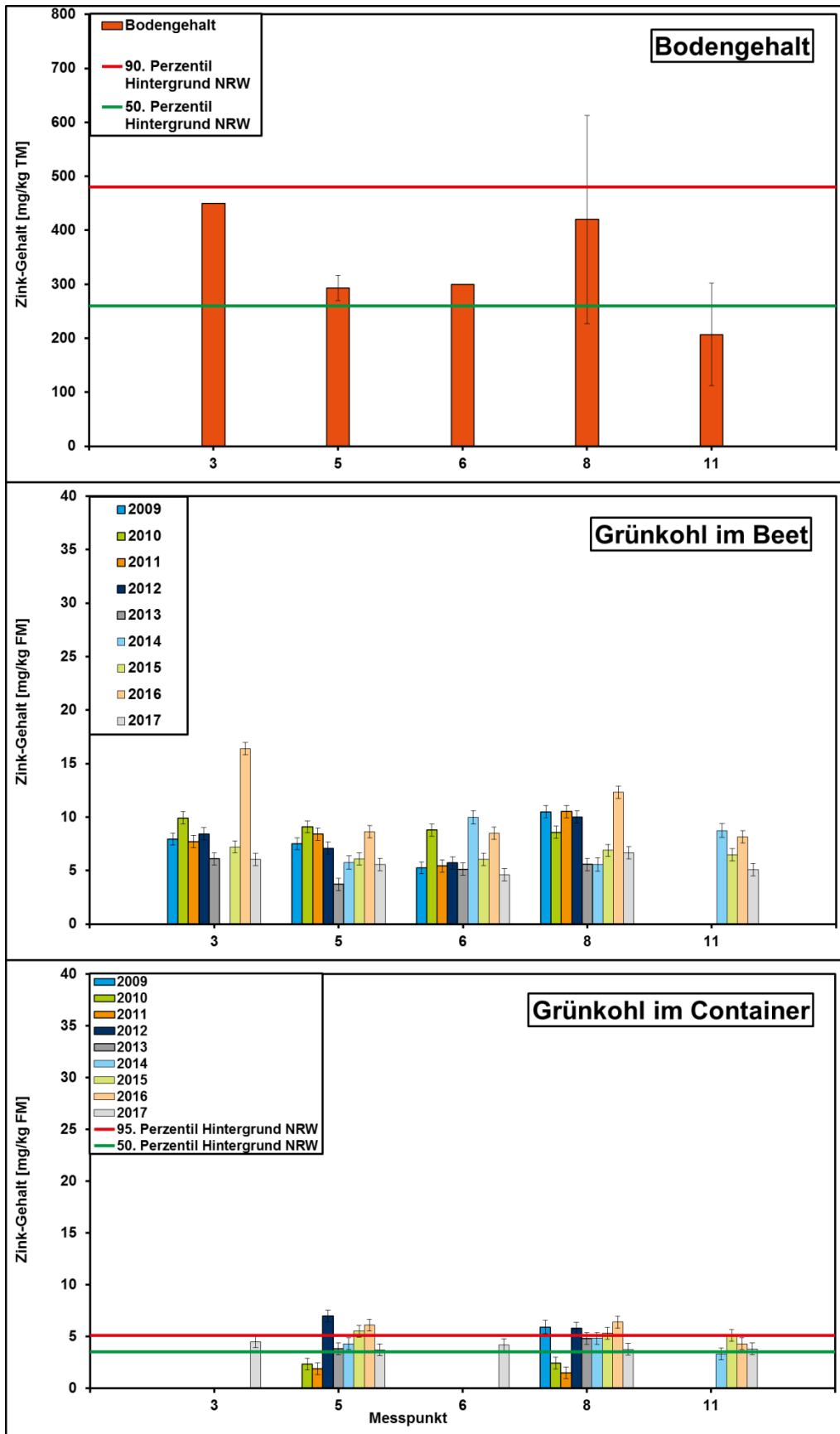
### 3.7 Zink-Gehalte

Die Zink-Gehalte der untersuchten Gartenböden in Lünen liegen im Bereich der Hintergrundwerte für die Ballungsrandzone in NRW (s. Abbildung 8).

Die im Jahr 2017 ermittelten Zink-Gehalte in Grünkohl (Beet) betragen zwischen 4,6 mg/kg FM (MP 6) und 6,7 mg/kg FM (MP 8) und liegen damit wieder auf dem Niveau von vor 2016 (s. Abbildung 8 sowie Tabelle 7 im Anhang).

Die Zink-Gehalte der in Containern mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen liegen mit Werten zwischen 3,7 mg/kg FM an den Messpunkten 5 und 8 und 4,5 mg/kg FM (MP 3) an allen Messpunkten unterhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung in NRW von 5,1 mg/kg FM (s. Abbildung 8), was darauf hindeutet, dass es 2017 keinen immissionsbedingten Eintrag von Zink an diesen Messpunkten gegeben hat. Die höheren Gehalte in den im Beet exponierten Pflanzen deuten allerdings auch auf einen Eintrag über den Boden hin.

**Zusammenfassend ist festzustellen, dass es im Jahr 2017 keinen immissionsbedingten Eintrag von Zink in die Grünkohlpflanzen gegeben hat. Zink wurde möglicherweise über den belasteten Boden eingetragen.**



**Abbildung 8:** 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

## 4 Gesundheitliche Bewertung der Ergebnisse

Im vorliegenden Fall wird wie bisher als Konvention bei der Berechnung 250 g Grünkohl 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 Blei-Belastung von 0,40 mg/kg FM wurde am Messpunkt 11 bestimmt. Am Messpunkt 3 wurde mit 0,27 mg/kg FM der zweithöchste Gehalt ermittelt.

Die Beurteilung der Belastung erfolgt auf Basis der EU-Verordnung Nr. 2015/1005 der Kommission vom 25. Juni 2015 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006.

Der in der EU-Verordnung festgelegte Höchstgehalt beträgt 0,30 mg/kg Frischgewicht Kohlgemüse.

**Der EU-Höchstgehalt wird an Messpunkt 11 überschritten. Nach nationalem und EU-Lebensmittelrecht darf derartig belasteter Grünkohl nicht in den Handel gebracht werden. Folglich sollte für den Standort eine Nichtverzehrempfehlung herausgegeben werden.**

**An allen anderen Standorten wird der EU-Höchstgehalt unterschritten.**

### 4.2 Cadmium-Belastung

Am Messpunkt 5 wurde der höchste Cadmiumgehalt 0,019 mg/kg FM im Grünkohl ermittelt.

Die Beurteilung erfolgt auf Basis der EU-Verordnung Nr. 448/2014 (12. Mai 2014) zur Änderung der Verordnung EG Nr. 1881/2006.

Der in der EU-Verordnung festgelegte Höchstwert für Kohlgemüse liegt bei 0,20 mg/kg Frischgewicht.

**Der EU-Höchstgehalt wird an allen Messpunkten unterschritten.**

### 4.3 Chrom-Belastung

Die Beurteilung der Chromwerte in den Nahrungspflanzen erfolgt gemäß Europäischer Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA (2014) insgesamt als Chrom (III).

Für Chrom (III) wurde von der EFSA (2014a) 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 2014a).

Der höchste Chromgehalt von 0,070 mg/kg FM wurde im Grünkohl an Messpunkt 5 bestimmt.

Unter Berücksichtigung der oben getroffenen Annahmen ergeben sich rein rechnerisch maximale Zusatzbelastungen durch Grünkohl von 0,25 µg/kg KG/d am Messpunkt 5.

**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

Für die chronische orale Aufnahme von Nickel wurde von der EFSA (2015) ein TDI-Wert in Höhe von 2,8 µg/kg KG/d abgeleitet. Die Hintergrundbelastung über den allgemeinen Warenkorb wird von der EFSA zwischen 2,7 (Minimum untere Grenze<sup>1</sup>) und 3,4 µg/kg KG/d (Maximum obere Grenze<sup>2</sup>) abgeschätzt.

**Eine gesundheitliche Bewertung der Nickelbelastung in der Nahrungspflanze „Grünkohl“ 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.**

Die höchste Nickelkonzentration im Grünkohl wurde an Messpunkt 5 mit 0,15 mg/kg FM bestimmt. Die niedrigste Nickelkonzentration an MP 8 beträgt 0,10 mg/kg FM. Da der TDI-Wert bereits aufgrund der Hintergrundbelastung nahezu ausgeschöpft bzw. überschritten wird, kann eine gesundheitliche Beeinträchtigung durch zusätzlich verzehrten Grünkohl nicht ausgeschlossen werden. Die alleinige Zufuhr von Nickel aus dem mit 0,15 mg/kg FM am höchsten belasteten Grünkohl würde ohne Berücksichtigung des Hintergrundes zu einer Nickel-Aufnahme von 0,54 µg /kg KG/d führen.

---

<sup>1</sup> Lower bound-Ansatz: für Proben, deren Nickel-Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, wird der Wert der vollen Bestimmungsgrenze eingerechnet

<sup>2</sup> Upper bound- Ansatz: für Proben, deren Nickel-Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, wird der Wert „null“ eingerechnet

Um trotzdem eine Einschätzung der Nickelbelastung des hier vorliegenden Grünkohls vorzunehmen, wird der Grünkohl aus Lünen im Hinblick auf die Nickelgehalte mit anderem Grünkohl aus NRW 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, ohne einschränkende Empfehlung verzehrt werden kann. Die statistische Einordnung der Belastungshöhe des Grünkohls aus Lünen erfolgt für lokal angebauten Grünkohl anhand der Daten aus dem Wirkungsdauermessprogramm.

Im Rahmen des Wirkungsdauermessprogramms (WDMP) wurden zwischen 2007 und 2018 108 Grünkohlproben an für NRW eher wenig belasteten Standorten untersucht. Das 50. Perzentil für die Nickelkonzentration aus dem WDMP beträgt 0,084 mg/kg FM, das 95. Perzentil beträgt 0,19 mg/kg FM.

**Da die Nickel-Gehalte an allen Messpunkte in Lünen unter dem 95. Perzentil des WDMP liegen, kann davon ausgegangen werden, dass der Verzehr des Grünkohls zu keiner anderen gesundheitlichen Bewertung führt, als der Verzehr von Grünkohl von weniger belasteten Standorten.**

## 4.5 Arsen-Belastung

Die EFSA (2009) leitete nach Auswertung zahlreicher epidemiologischer Studien für Arsen verschiedene Benchmark Dosen (BMDL<sub>01</sub>-Werte; untere Grenze des Vertrauensbereiches der Benchmarkdosis für einen 1%-igen Anstieg) für die Wirkpunkte 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 BMDL<sup>3</sup>) und der Exposition der Verbraucher/innen. 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/d 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 (BfR 2012).

Die mittlere Aufnahme von anorganischem Arsen über den allgemeinen Warenkorb liegt laut EFSA (2014b) für erwachsene Personen in Deutschland zwischen 0,11 (untere Grenze) und 0,31 µg/kg KG/d (obere Grenze)<sup>4</sup> und damit im Bereich der BMDL<sub>01</sub>-Werte von 0,3 bis 8,0 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 und

---

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

<sup>4</sup> 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)) (EFSA 2014)

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 Grünkohlproben nicht zielführend.**

Die statistische Einordnung der Belastungshöhe des Grünkohls aus Lünen erfolgt für lokal angebauten Grünkohl anhand von Daten aus dem Wirkungsdauermessprogramm (WDMP).

Die zu bewertenden Arsengehalte im Grünkohl liegen zwischen 0,015 mg/kg FM am Messpunkt 3 und 0,046 mg/kg FM am Messpunkt 11.

Im Rahmen des WDMP wurden an eher wenig belasteten Standorten zwischen 2008 und 2017 107 Grünkohlproben auf ihren Arsengehalt untersucht. Das 50. Perzentil liegt bei 0,0018 mg/kg FM und das 95. Perzentil bei 0,0075 mg/kg FM. Der Arsengehalt der Grünkohlproben in Lünen liegt an allen Messpunkten um die Faktoren 2,0 bis 6,1 über dem 95. Perzentil des WDMP.

## 4.6 Kupfer-Belastung

Kupfer ist ein für den menschlichen Organismus essentielles Element. Nach Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE 2018a) 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 obere Grenze (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). Die EFSA hat 2008 einen ADI von 0,15 mg/kg KG/d abgeleitet<sup>5</sup>, welcher 2017 bestätigt wurde (EFSA 2017). Dies entspricht einer akzeptablen Aufnahme von 10,5 mg/d. 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 den Messpunkten 8 und 11 mit 2,0 mg/kg FM. Bei einem Verzehr von 250 g dieses Grünkohls pro Tag ergibt sich eine zusätzliche Kupferaufnahme von rein rechnerisch maximal ca. 0,5 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. 2,3 mg/Tag. Für Frauen und Männer liegt die Konzentration unterhalb der vom SCF angegebenen unteren Grenze in Höhe von 5 mg/d, sowie unterhalb des ADI von 10,5 mg/d.

## 4.7 Zink-Belastung

---

<sup>5</sup> Die EFSA (2017) merkt an, dass in diesem Fall der ADI äquivalent zur oberen Grenze anzusehen ist. Da es sich bei Kupfer um einen essentiellen Mikronährstoff handelt ist es nicht ideal, Kupfer mit einem ADI zu versehen. Die EFSA findet den Begriff „upper limit“ (obere Grenze) aus der Nährstoffterminologie angemessener.

Zink ist für den Menschen essentiell, die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE 2018b) 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 höchsten Zinkgehalte finden sich mit 6,7 mg/kg FM Grünkohl am Messpunkt 8. Bei dem Verzehr von 250 g Grünkohl würde eine zusätzliche Zinkaufnahme von ca. 1,7 mg/d resultieren.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR 2004) zieht zur Bewertung von Zink in Nahrungsergänzungsmitteln oder angereicherten Lebensmitteln eine obere Grenze (tolerable upper intake level) des SCF (Scientific Committee on Food) von 25 mg/d heran. Nach der „Nationalen Verzehrsstudie“ von 2008 (MRI 2008) lag der Medianwert der täglichen Zinkaufnahme von Männern bei 11,6 mg/d und von Frauen bei 9,1 mg/d. Mit der zusätzlichen Aufnahme von Zink über die maximal belastete Grünkohlprobe ergäbe sich bei Männern rein rechnerisch eine maximale Zinkaufnahme von ca. 13 mg/d und bei Frauen von ca. 11 mg/d. Beide Werte liegen unterhalb der oben angegebenen unteren Grenze in Höhe von 25 mg/d.

#### 4.8 Fazit der gesundheitlichen Bewertung

Für Grünkohl wird der EU-Höchstgehalt für **Blei** nur am Messpunkt 11 überschritten. Nach nationalem und EU-Lebensmittelrecht darf solchermaßen belastetes Gemüse nicht in den Handel gebracht werden. Es sollte daher eine bestehende Nichtverzehrempfehlung für Grünkohl von diesem Standort aufrechterhalten bleiben bzw. herausgegeben werden. An den anderen Messpunkten wird der EU-Höchstgehalt für Blei unterschritten.

Die gesundheitliche Bewertung der Schadstoffgehalte in den Grünkohlproben aus Lünen ergab eine Unterschreitung der Höchstmengengehalte beim Schadstoff **Cadmium** und eine Unterschreitung der TDI-Werte für **Chrom (III)**. Der Verzehr des hier untersuchten Grünkohls ist im Hinblick auf die beiden Schwermetalle Cadmium und Chrom gesundheitlich unbedenklich.

Bei den für den Menschen essentiellen Elementen **Kupfer** und **Zink** wurden die vom BfR empfohlene unteren Grenzen 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 Grünkohlpflanzen 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.

Zur Einordnung der Arsen- und Nickelbelastung der Nahrungspflanzen aus Lünen ergeben sich folgende Hinweise:

##### **Arsen:**



Das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung aus dem WDMP wird am MP11 um einen Faktor von 6,1 überschritten. Der Grünkohl an den Messpunkten 3, 5, 6 und 9 überschreitet das 95. Perzentil um den Faktor 2,0, 2,1, 2,1 und 3,1. Demnach liegen im Vergleich zur allgemeinen Hintergrundbelastung erhöhte Arsen-Gehalte in den hier untersuchten Grünkohlproben vor.

Aufgrund der hohen Aufnahme an Arsen über den allgemeinen Warenkorb ist es nicht sinnvoll, zur Minderung der Arsenaufnahme ausschließlich bei den im eigenen Garten angebaute 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 (BfR 2014, AGES 2015).

Auf Grundlage der vorliegenden statistischen Daten wird empfohlen, den Grünkohl an Messpunkt 11 maximal einmal pro Woche zu verzehren. Je nach Standort wird empfohlen den Grünkohl an den Messpunkten 3, 5, 6 und 9 nicht öfter als zwei- bis dreimal pro Woche zu verzehren.

#### **Nickel:**

Die Nickelbelastung des untersuchten Grünkohls aus Lünen überschreitet das 95. Perzentil des WDMP an keinem der Messpunkte. Folglich führt der Verzehr des Grünkohls aus Lünen zu keiner anderen gesundheitlichen Bewertung als an anderen für NRW eher gering belasteten Standorten.

Personen, die sich bewusst nickelarm ernähren möchten, wird empfohlen, nicht den Verzehr des Gemüses aus dem eigenen Garten zu verringern, sondern auf Lebensmittelprodukte mit 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.

## **5 Zusammenfassung**

Im Jahr 2017 wurden in Lünen im Umfeld der Fa. Aurubis und des Stadthafens Grünkohluntersuchungen durchgeführt. Dazu wurden Grünkohlpflanzen an fünf Messpunkten in Gartenbeeten und zusätzlich auch in Containern mit Einheitserde exponiert und auf ihre Gehalte an Schwermetallen analysiert.

Im Jahr 2017 wurden an den Messpunkten in Lünen in den untersuchten Grünkohlpflanzen immissionsbedingte Einträge von **Blei** und **Arsen** ermittelt. Zusätzlich dazu wurden Einträge von diesen und den weiteren Elementen **Cadmium**, **Nickel**, **Kupfer**, **Chrom** und **Zink** über den belasteten Boden gefunden.

Die Gehalte an **Cadmium**, **Chrom**, **Kupfer** und **Zink** in den untersuchten Nahrungspflanzen würden im Jahr 2017 zu keiner Verzehrempfehlung führen. An einem Messpunkt (MP 11) wurde allerdings der EU-Höchstgehalt für **Blei** überschritten, was zur Folge hat, dass die bestehende Verzehrempfehlung weiter aufrechterhalten bleiben sollte. Zur Einordnung der **Arsen**- und **Nickel**-Belastung sollten die Hinweise aus Kapitel 4.8 beachtet werden.

## **6 Weitere Vorgehensweise:**

Die Grünkohl-Untersuchungen (Exposition im Beet und im Container mit Einheitserde) sollen im Jahr 2018 an den Messpunkten 3, 5, 6, 8 und 11 weiter fortgeführt werden, um zu prüfen, ob die bestehende Nichtverzehrempfehlung weiter aufrechterhalten werden muss.

## 7 Anlage

Tabelle 1: Blei-Gehalte in Grünkohl (Beet)

<b>Blei [mg/kg FM]</b>									
<b>Grünkohl</b>									
Messpunkt	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 R	0,14	0,13	0,089	0,15	0,029	0,11	0,040	0,048	
2	0,15	0,089	0,11	0,10	0,055	0,056			
3	0,57	0,44	0,22	0,31	0,34	Ausfall	0,13	0,26	0,27
4 R	0,068	0,20	0,15	0,090	0,061	0,12	0,045	0,042	
5	1,1	0,64	0,96	0,30	0,16	0,35	0,36	0,092	0,13
6	0,19	0,29	0,21	0,19	0,21	0,62	0,17	0,12	0,19
7	0,22	0,24	0,18	0,16	Ausfall				
8	2,0	0,45	0,62	1,1	0,37	0,42	0,21	0,11	0,18
9	1,3	0,84	0,33	0,65	0,99				
10 R	0,31	0,14	0,15	0,20	0,19	0,18	0,070	0,055	
11						0,53	0,26	0,22	0,40

Tabelle 2: Cadmium-Gehalte in Grünkohl (Beet)

<b>Cadmium [mg/kg FM]</b>									
<b>Grünkohl</b>									
Messpunkt	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 R	0,026	0,024	0,026	0,027	0,012	0,017	0,018	0,037	
2	0,040	0,037	0,035	0,033	0,023	0,055			
3	0,034	0,021	0,022	0,017	0,015	Ausfall	0,017	0,039	0,015
4 R	0,024	0,018	0,023	0,023	0,015	0,021	0,017	0,031	
5	0,059	0,041	0,031	0,033	0,020	0,029	0,022	0,048	0,019
6	0,023	0,027	0,023	0,019	0,019	0,032	0,022	0,035	0,015
7	0,027	0,028	0,019	0,024	Ausfall				
8	0,070	0,023	0,026	0,023	0,013	0,012	0,010	0,022	0,014
9	0,045	0,036	0,030	0,027	0,066				
10 R	0,029	0,028	0,035	0,030	0,028	0,024	0,018	0,039	
11						0,031	0,021	0,031	0,016

Tabelle 3: Chrom-Gehalte in Grünkohl (Beet)

<b>Chrom [mg/kg FM]</b>									
<b>Grünkohl</b>									
Messpunkt	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 R	0,11	0,18	0,26	0,12	Ausfall	0,069	0,042	0,048	
2	0,066	0,089	0,16	0,074	0,056	0,055			
3	0,25	0,18	0,24	0,12	0,16	Ausfall	0,059	0,20	0,052
4 R	0,07	0,16	0,17	0,13	0,083	0,19	0,043	0,072	
5	0,42	0,43	0,31	0,18	0,12	0,15	0,062	0,066	0,070
6	0,13	0,24	0,31	0,11	0,14	0,27	0,088	0,24	0,063
7	0,14	0,18	0,30	0,12	Ausfall				
8	0,27	0,12	0,29	0,13	Ausfall	0,065	<0,0037	0,10	0,041
9	0,16	0,19	0,17	0,089	0,19				
10 R	0,10	0,081	0,15	0,10	0,14	0,070	<0,0035	0,046	
11						0,21	0,076	0,12	0,049

**Tabelle 4: Nickel-Gehalte in Grünkohl (Beet)**

<b>Nickel [mg/kg FM]</b>									
<b>Grünkohl</b>									
Messpunkt	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 R	0,077	0,11	0,32	0,078	0,037	0,072	0,048	0,14	
2	0,083	0,089	0,22	0,052	0,044		0,11		
3	0,33	0,21	0,28	0,16	0,21	Ausfall	0,10	0,57	0,12
4 R	0,051	0,099	0,18	0,044	0,049	0,11	0,040	0,10	
5	0,42	0,41	0,61	0,21	0,092	0,24	0,18	0,18	0,15
6	0,078	0,16	0,19	0,11	0,090	0,23	0,082	0,70	0,11
7	0,11	0,14	0,15	0,12	Ausfall				
8	0,67	0,18	0,50	0,46	0,13	0,15	0,10	0,31	0,096
9	0,38	0,34	0,30	0,31	0,60				
10 R	0,10	0,10	0,23	0,11	0,10	0,085	0,074	0,15	
11						0,18	0,095	0,31	0,12

**Tabelle 5: Arsen-Gehalte in Grünkohl (Beet)**

<b>Arsen [mg/kg FM]</b>									
<b>Grünkohl</b>									
Messpunkt	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 R	0,022	0,018	0,023	0,024	0,006	0,011	0,0068	0,0092	
2	0,010	0,009	0,011	0,008	0,005	<0,003			
3	0,029	0,025	0,017	0,025	0,019	Ausfall	0,0095	0,018	0,015
4 R	<0,0085	0,022	0,010	0,005	0,006	0,011	<0,0035	0,0040	
5	0,047	0,031	0,052	0,015	0,010	0,027	0,024	0,010	0,016
6	0,011	0,016	0,016	0,011	0,013	0,057	0,012	0,010	0,016
7	0,014	0,014	0,014	0,011	Ausfall				
8	0,083	0,027	0,056	0,049	0,025	0,035	0,022	0,017	
9	0,049	0,040	0,033	0,043	0,052				0,023
10 R	0,017	0,020	0,020	0,025	0,022	0,028	0,0072	0,013	
11						0,041	0,019	0,020	0,046

**Tabelle 6: Kupfer-Gehalte in Grünkohl (Beet)**

<b>Kupfer [mg/kg FM]</b>									
<b>Grünkohl</b>									
Messpunkt	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 R	0,54	0,88	0,65	0,78	0,42	0,49	0,70	0,79	
2	0,75	0,92	0,85	0,78	0,60	0,66			
3	2,7	1,8	1,5	1,5	1,3	Ausfall	1,0	1,9	1,2
4 R	0,44	0,80	0,74	0,77	0,61	0,67	0,93	0,72	
5	5,6	4,3	6,9	2,3	1,1	2,7	2,7	2,0	1,8
6	0,88	1,5	1,4	1,1	0,84	1,8	1,3	1,1	0,96
7	0,83	1,4	1,9	0,97	Ausfall				
8	9,5	3,3	6,2	5,1	2,2	2,9	2,1	2,1	2,0
9	6,4	4,6	3,5	3,3	6,9				
10 R	1,2	0,99	1,2	1,0	0,84	0,91	0,69	0,77	
11						2,8	1,9	1,9	2,0

**Tabelle 7: Zink-Gehalte in Grünkohl (Beet)**

<b>Zink [mg/kg FM]</b>									
<b>Grünkohl</b>									
Messpunkt	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 R	5,9	6,6	7,3	9,5	3,5	5,1	5,3	13	
2	3,1	5,3	4,1	4,4	3,5	6,7			
3	7,9	9,9	7,7	8,4	6,1	Ausfall	7,2	16	6,0
4 R	3,8	5,2	4,6	5,9	4,8	6,6	8,5	7,2	
5	7,5	9,1	8,4	7,1	3,7	5,8	6,1	8,6	5,5
6	5,2	8,8	5,4	5,7	5,1	10	6,1	8,5	4,6
7	4,2	9,3	5,7	6,9	Ausfall				
8	10	8,6	11	10	5,6	5,6	6,9	12	6,7
9	6,5	12	12	9,5	37				
10 R	4,2	7,7	7,1	6,0	6,1	6,1	5,7	9,9	
11						8,7	6,5	8,2	5,1

**Tabelle 8: Metall-Gehalte in Grünkohl (Container)**

Grünkohl Container (ED 73) [mg/kg FM]									
<b>Blei</b>									
Messpunkt	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 R									
2									
3									0,25
4 R	0,037	0,031	0,089	0,038	0,032	0,073	0,037	0,033	
5		0,11	0,31	0,97	0,096	0,21	0,23	0,059	0,097
6									0,16
7									
8	0,77	0,18	0,20	0,29	0,22	0,34	0,18	0,14	0,10
9	1,0	0,12	0,08	0,16	0,62	0,29			
10 R									
11						0,11	0,17	0,086	0,29
<b>Cadmium</b>									
Messpunkt	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 R									
2									
3									0,011
4 R	0,011	0,0046	0,0076	0,011	0,0075	0,0082	0,0080	0,024	
5		0,011	0,012	0,018	0,012	0,012	0,0090	0,029	0,016
6									0,014
7									
8	0,033	0,012	0,011	0,015	0,012	0,013	0,010	0,029	0,018
9	0,042	0,0084	0,0086	0,0082	0,013	0,017			
10 R									
11						0,010	0,012	0,024	0,017
<b>Chrom</b>									
Messpunkt	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 R									
2									
3									0,05
4 R	0,037	0,107	0,065	0,073	0,059	0,069	<0,0043	<0,037	
5		0,05	0,07	0,11	0,094	0,08	<0,0042	<0,037	0,050
6									0,07
7									
8	0,11	0,08	<0,043	0,06	0,04	<0,040	<0,0044	0,10	<0,031
9	0,1	0,17	<0,037	0,12	0,12	0,07			
10 R									
11						0,05	0,06	0,059	0,04
<b>Nickel</b>									
Messpunkt	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 R									
2									
3									0,12
4 R	0,092	0,18	0,080	0,18	0,14	0,16	0,10	0,12	
5		0,14	0,18	0,52	0,18	0,21	0,14	0,11	0,14
6									0,12
7									
8	0,33	0,15	0,14	0,27	0,22	0,36	0,15	0,18	0,18
9	0,37	0,19	0,079	0,56	0,41	0,29			
10 R									
11						0,250	0,12	0,10	0,16
<b>Arsen</b>									
Messpunkt	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 R									
2									
3									0,01
4 R	<0,009	<0,0031	0,005	<0,0036	0,004	<0,004	<0,0043	0,005	
5		0,01	0,02	0,04	0,006	0,01	0,02	0,008	0,010
6									0,01
7									
8	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02
9	0,0	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01			
10 R									
11						<0,004	0,01	0,011	0,03
<b>Kupfer</b>									
Messpunkt	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 R									
2									
3									0,99
4 R	0,61	0,40	0,85	0,55	0,49	0,56	0,73	0,61	
5		0,67	1,9	3,9	0,73	1,2	1,5	0,80	0,65
6									0,70
7									
8	3,2	0,89	1,5	1,7	1,2	1,9	1,3	1,1	0,80
9	4,7	0,89	0,81	0,88	3,1	1,6			
10 R									
11						0,89	1,00	0,68	1,14
<b>Zink</b>									
Messpunkt	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1 R									
2									
3									4,5
4 R	3,9	2,4	0,9	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	3,7
6									4,2
7									
8	5,9	2,4	1,5	5,8	4,8	4,8	5,3	6,4	3,7
9	6,6	2,7	0,8	4,4	4,1	5,1			
10 R									
11						3,3	5,1	4,3	3,8

## 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