Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen

Untersuchungsbericht zur Immissionsbelastung von Nahrungspflanzen in Lünen

2024

LANUV
Kompetenz für ein lebenswertes Land

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Fachbereich 31 Immissionswirkungen Leibnizstraße 10 45659 Recklinghausen Recklinghausen (26.03.2025)
Autorin	Dr. Katja Hombrecher, Astra Segelcke katja.hombrecher@lanuv.nrw.de; astramona.segelcke@lanuv.nrw.de 02361/305 – 1186; 02361/305 - 2690
Mitwirkende	Holger Buick, Marcel Buss, Alexandra Müller-Uebachs, Mario Rendina, Ute Richling (alle FB 31), FB 33 (Gesundheitliche Bewertung), FB 43 (Analytik)

Informationsdienste	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 5
3.1 Blei-Gehalte 6
3.2 Cadmium-Gehalte 7
3.3 Chrom-Gehalte 8
3.4 Nickel-Gehalte 10
3.5 Arsen-Gehalte 11
3.6 Kupfer-Gehalte 12
3.7 Zink-Gehalte 13
3.8 Weitere Elemente 14
4 Gesundheitliche Bewertung der Ergebnisse 14
4.1 Blei-Belastung 15
4.2 Cadmium-Belastung 15
4.3 Chrom-Belastung 15
4.4 Nickel-Belastung 16
4.5 Arsen-Belastung 16
4.6 Kupfer-Belastung 17
4.7 Zink-Belastung 17
4.8 Fazit der gesundheitlichen Bewertung 18
5 Zusammenfassung 18
6 Anlage 19
7 Literatur 23

1 Einleitung

Seit 2009 (Erlass MUNLV vom 12.03.2009) werden vom LANUV in Lünen im Umfeld der Firma Aurubis und des Stadthafens Untersuchungen von Nahrungspflanzen vorgenommen. Die Gehalte an Metallen in den untersuchten Grünkohlpflanzen sind seitdem zurückgegangen und bewegten sich in den Jahren 2018 – 2019 auf einem vergleichbaren Niveau. Aus diesem Grund wurden die Nahrungspflanzenuntersuchungen im Jahr 2020 ausgesetzt, um spätestens nach fünf Jahren eine erneute Überprüfung der Gehalte durchzuführen (s. LANUV-Bericht vom 14.07.2020). Die Gehalte an Blei, Cadmium, Chrom, Nickel, Kupfer und Zink in den untersuchten Nahrungspflanzen führten im Jahr 2019 zu keiner Verzehrempfehlung. Trotzdem wurde vorsorglich die bestehende Nichtverzehrempfehlung für Grünkohl und andere Blattgemüse, wie etwa Mangold und Spinat, weiter aufrechterhalten.

Im Jahr 2023 wurden absprachegemäß die Grünkohl-Untersuchungen (Exposition im Beet) erneut an den vier zuvor untersuchten Messpunkten wiederaufgenommen, um zu prüfen, ob die Nichtverzehrempfehlung weiterhin aufrechterhalten werden muss. Aufgrund des am Messpunkt 8 ermittelten, deutlich erhöhten Blei-Gehaltes sollte die geltende Nichtverzehrempfehlung weiter aufrechterhalten werden und die Untersuchungen wurden auch im Jahr 2024 durchgeführt.

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 Pflanzbehältern mit Einheitserde exponiert.

Im Folgenden werden die Vorgehensweise und die Ergebnisse der Untersuchungen aus dem Jahr 2024 zunächst detailliert betrachtet und abschließend zusammengefasst.

2 Methodik

Die Messpunkte in Lünen 2024 sind in der Abbildung 1 dargestellt und entsprechen den vier Messpunkten des letzten Jahres. Folgende Messpunkte wurden beprobt (s. Abbildung 1):

MP 5: KGA Buchenberg an der Dortmunder Straße, ca. 800 m westlich der Fa. Aurubis und ca. 150 m nördlich des Stadthafens

MP 6: Privatgarten an der Horstmarer Straße, ca. 1400 m östlich der Fa. Aurubis und ca. 1600 m nordwestlich des Stadthafens

MP 8: KGA Grüne Aue, nördlich der Kupferstraße, ca. 200 m nördlich der Firma Aurubis und ca. 750 m nördlich des Stadthafens

MP 11: Privatgarten an der Kantstraße, ca. 500 m nordöstlich der Firma Aurubis und ca. 1000 m nordöstlich des Stadthafens

An allen Messpunkten wurde vom 19.08. – 14.11.2024 Grünkohl sowohl im Beet als auch in einem Pflanzbehälter mit Einheitserde exponiert.

Die Aufarbeitung und die Analysen der Grünkohlproben wurden durch das LANUV-Labor durchgeführt.

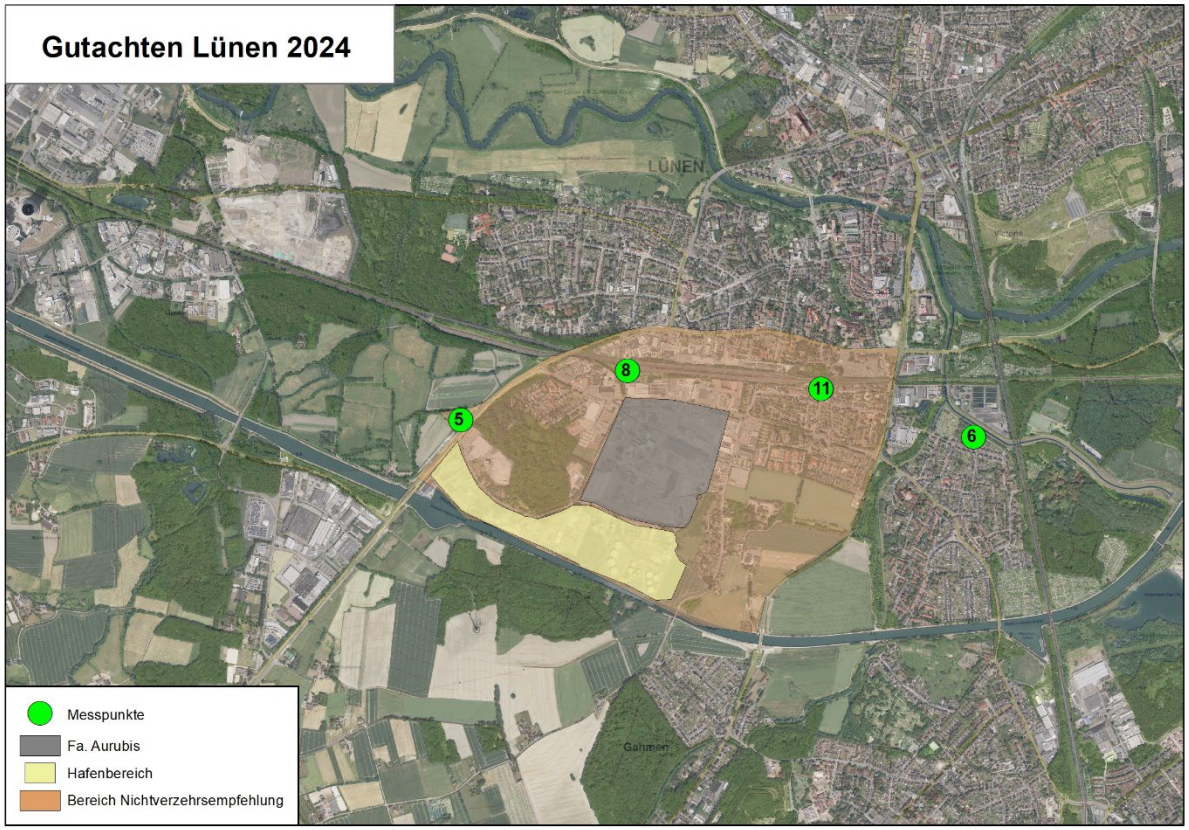

Abbildung 1: Untersuchungsgebiet in Lünen mit den Messpunkten 2024, den Industriearealen des Stadthafens und der Fa. Aurubis sowie dem Bereich der bestehenden Nichtverzehrempfehlung

Pro Messpunkt wurde ein Beet angelegt, in das 10 Grünkohlpflanzen gesetzt wurden. Zusätzlich wurde an allen Messpunkten ein Pflanzbehälter aufgestellt, der mit einem Gemisch aus Einheitserde (ED 73) und Sand gefüllt und durch Textildochte mit einer automatischen Wasserversorgung verbunden war. Bei der Grünkohlexposition wurden pro Pflanzbehälter 5 Pflanzen ausgebracht und nach einem Monat wurde die schwächste Pflanze entfernt. Die Pflanzen wurden nach 87 Tagen Expositionszeit geerntet. Bei der Ernte wurden nur verzehrfähige Blätter entnommen. Anschließend erfolgte die küchenfertige Aufarbeitung der Proben zu einer homogenen Mischprobe je Messpunkt. Das Pflanzenmaterial wurde gründlich gewaschen und anschließend getrocknet. Nach dem Vermahlen wurde das Pflanzenmaterial auf die Gehalte an Blei, Cadmium, Chrom, Nickel, Arsen, Kupfer und Zink untersucht. Diesjährig wurden erstmalig in den Proben zusätzlich auch die Gehalte von Aluminium, Antimon, Barium, Cobalt, Eisen, Mangan, Molybdän und Vanadium bestimmt.

3 Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen

Die Beurteilung der ermittelten Schadstoff-Gehalte der in Lünen in Pflanzbehältern exponierten Grünkohlpflanzen erfolgt anhand der Hintergrundbelastung in Grünkohl, die auf Grundlage von Messwerten des Wirkungsdauermessprogramms aus dem Zeitraum von 2014 bis 2023 an zehn nicht durch eine Quelle beeinflussten Messpunkten in NRW ermittelt wurde

(s. LANUV-Fachberichte 61, 2015 und 114, 2021). Bei Schadstoffgehalten oberhalb des Orientierungswertes für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) wird definitionsgemäß davon ausgegangen, dass eine durch eine Quelle verursachte Immissionsbelastung vorliegt (vgl. VDI 3987 Blatt 2).

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. 2023/915 der Kommission vom 25. April 2023 über Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln und zur Aufhebung 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 im Jahr 2024 ermittelten Blei-Gehalte in Grünkohlpflanzen (Beet) betragen zwischen 0,16 +/- 0,011 (MP 6) und 0,47 +/- 0,011 mg/kg FM (MP 5) (s. Abbildung 2 sowie Tabelle 1 im Anhang). Damit liegen die Blei-Gehalte der Beetpflanzen an den Messpunkten 6 und 8 unterhalb des in der EU zulässigen Höchstgehaltes für Blei in Blatt- und Kohlgemüse von 0,30 mg/kg FM (EU-Verordnung Nr. 2023/915 der Kommission vom 25. April 2023 zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006). Die ermittelten Bleigehalte an den Messpunkten 5 und 11 liegen mit 0,47 mg/kg FM und 0,43 mg/kg FM oberhalb des EU-Höchstgehaltes. Im vergangenen Jahr wurde mit einem Gehalt von 0,97 mg/kg FM an Messpunkt 8 eine deutliche Überschreitung des EU zulässigen Höchstgehaltes für Blei festgestellt.

Die im Jahr 2024 ermittelten Blei-Gehalte in Grünkohl aus dem Pflanzbehälter mit Einheitserde betragen zwischen 0,10 +/- 0,011 (MP 6) bis 0,27 +/- 0,011 mg/kg FM (MP 5). Damit liegen die Blei-Gehalte an allen vier untersuchten Messpunkten in Lünen oberhalb des Orientierungswertes für den maximalen Hintergrundgehalt in NRW von 0,042 mg/kg FM, was auf einen immissionsbedingten Eintrag von Blei hindeutet.

Der jeweils höchste Blei-Gehalt bei Exposition im Boden und im Pflanzbehälter mit Einheitserde wurde am MP 5 ermittelt. Die im Jahr 2023 deutlich erhöhten Werte an Messpunkt 8 konnten in 2024 nicht erneut festgestellt werden (s. Abbildung 2, Tabelle 2 im Anhang). An allen vier Messpunkten waren die Blei-Gehalte der Grünkohlpflanzen, die im Beet exponiert wurden, höher als die, die in den Pflanzbehältern exponiert wurden. Möglicherweise reicherten die Beetpflanzen 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.

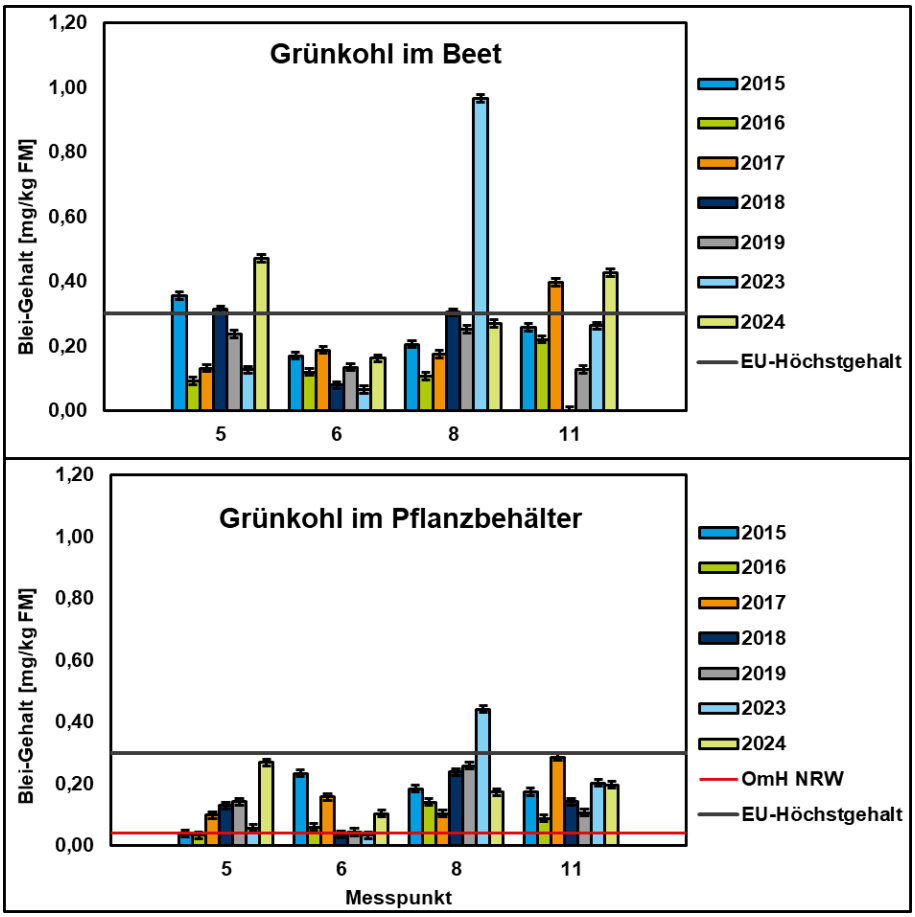

Abbildung 2: Blei-Gehalte in Grünkohl (Beet/ Pflanzbehälter) an den Messpunkten in Lünen [mg/kg FM; inkl. Standardunsicherheit], EU-Höchstgehalt für Blei, Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH NRW)

Die vorläufigen Ergebnisse der Staubniederschlagsmessungen des LANUV 2023 zeigen ebenfalls immissionsbedingte Einträge von Blei und an einigen Messpunkten auch Überschreitungen des Immissionswertes der TA Luft von 100 µg/m^2*d.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass im Jahr 2024 an allen vier untersuchten Messpunkten ein immissionsbedingter Eintrag von Blei in die Grünkohlpflanzen zu verzeichnen war. Der höchste Wert wurde dabei, anders als im Vorjahr, westlich der Fa. Aurubis am Messpunkt 5 ermittelt.

3.2 Cadmium-Gehalte

Die im Jahr 2024 ermittelten Cadmium-Gehalte in Grünkohlpflanzen (Beet) betragen zwischen 0,011 +/- 0,0023 mg/kg FM (MP 8) und 0,018 +/- 0,0023 mg/kg FM am Messpunkt 5 (s. Abbildung 3 sowie Tabelle 3 im Anhang). Der EU-Höchstgehalt für Cadmium in Blatt- und Kohlgemüse von 0,10 mg/kg FM wird an allen Messpunkten deutlich unterschritten.

Die Cadmium-Gehalte der Grünkohlpflanzen, die 2024 in einem Pflanzbehälter mit Einheitserde exponiert wurden, liegen mit Werten von 0,008 +/- 0,0023 mg/kg FM (MP6) bis 0,010 +/- 0,0023 mg/kg FM (MP 8 und 11) alle unterhalb des OmH von 0,02 mg/kg FM (s.

Abbildung 3 sowie Tabelle 4 im Anhang). Sie sind auf etwas niedrigerem Niveau als die der im Beet exponierten Pflanzen.

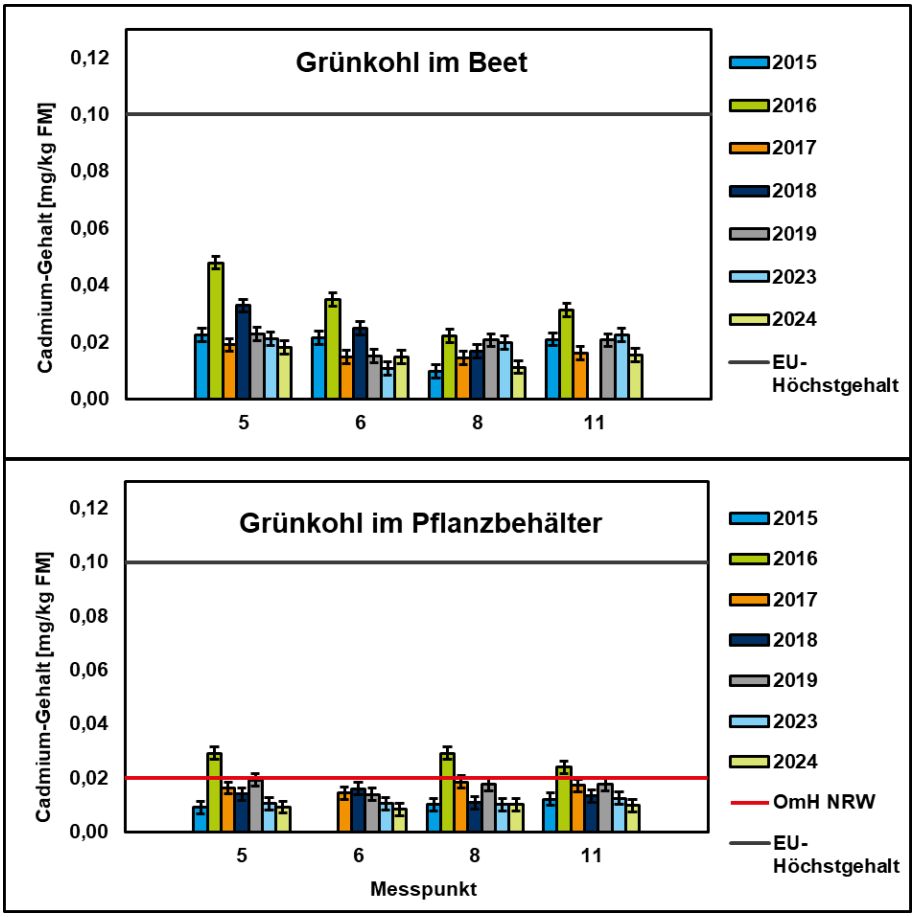

Abbildung 3: Cadmium-Gehalte in Grünkohl (Beet/ Pflanzbehälter) an den Messpunkten in Lünen [mg/kg FM; inkl. Standardunsicherheit], EU-Höchstgehalt für Cadmium, Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH NRW)

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 Pflanzbehälter mit Einheitsrede 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 2024 wie auch in den vorangegangenen Untersuchungen hauptsächlich bodenbedingte Einträge von Cadmium in die Grünkohlpflanzen gab.

3.3 Chrom-Gehalte

In den Pflanzenproben wurde der $Chrom_{gesamt}$-Gehalt ermittelt, welcher in der Pflanze dem Gehalt an Chrom (III) entspricht.

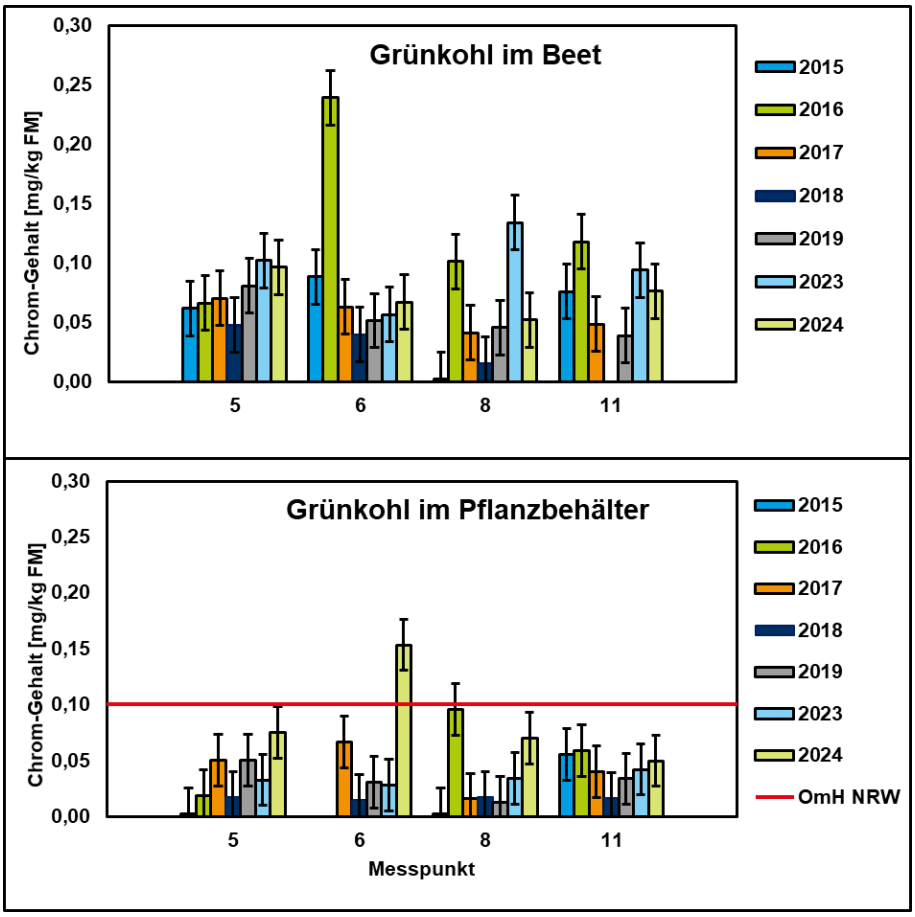

Abbildung 4: Chrom-Gehalte in Grünkohl (Beet/ Pflanzbehälter) an den Messpunkten in Lünen [mg/kg FM; inkl. Standardunsicherheit], Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH NRW)

Die im Jahr 2024 ermittelten Chrom-Gehalte in Grünkohl (Beet) liegen zwischen 0,05 +/- 0,023 (MP 8) und 0,1 +/- 0,023 mg/kg FM (MP 5) (s. Abbildung 4 und Tabelle 5 im Anhang).

Bei den in Pflanzbehältern mit Einheitserde exponierten Pflanzen liegen die ermittelten Chrom-Gehalte im Jahr 2024 zwischen 0,05 +/- 0,023 (MP 11) und 0,15 +/- 0,023 mg/kg FM (MP 6) und damit an Messpunkt 6 oberhalb des OmH von 0,10 mg/kg FM (s. Abbildung 4 und Tabelle 6 im Anhang). An diesem Messpunkt liegt anscheinend ein immissionsbedingter Eintrag von Chrom vor, der sich allerdings in den Beetpflanzen nicht wiederfindet.
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 2024 am Messpunkt 6, östlich der Firma Aurubis, immissionsbedingte Einträge von Chrom in die untersuchten Nahrungspflanzen gab.

3.4 Nickel-Gehalte

Die im Jahr 2024 ermittelten Nickel-Gehalte in den Grünkohlpflanzen (Beet) in Lünen betragen zwischen 0,082 +/- 0,019 mg/kg FM (MP 6) und 0,28 +/- 0,019 mg/kg FM am Messpunkt 5 (s. Abbildung 5 sowie Tabelle 7 im Anhang).

Bei den Grünkohlpflanzen, die in Pflanzbehältern mit Einheitserde exponiert wurden, liegen die Nickel-Gehalte mit Werten zwischen 0,09 +/- 0,019 mg/kg FM (MP 8) und 0,13 +/- 0,019 mg/kg FM (MP 5) an allen Messpunkten unterhalb des OmH von 0,16 mg/kg FM (s. Abbildung 5 und Tabelle 8 im Anhang). Demnach liegt aktuell keine Immissionsbelastung durch Nickel vor.

Die Nickel-Gehalte der im Beet exponierten Pflanzen liegen auf einem etwas höheren Niveau, als die der in Pflanzbehältern exponierten Pflanzen. Es ist davon auszugehen, dass Nickel hauptsächlich über den Boden 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.

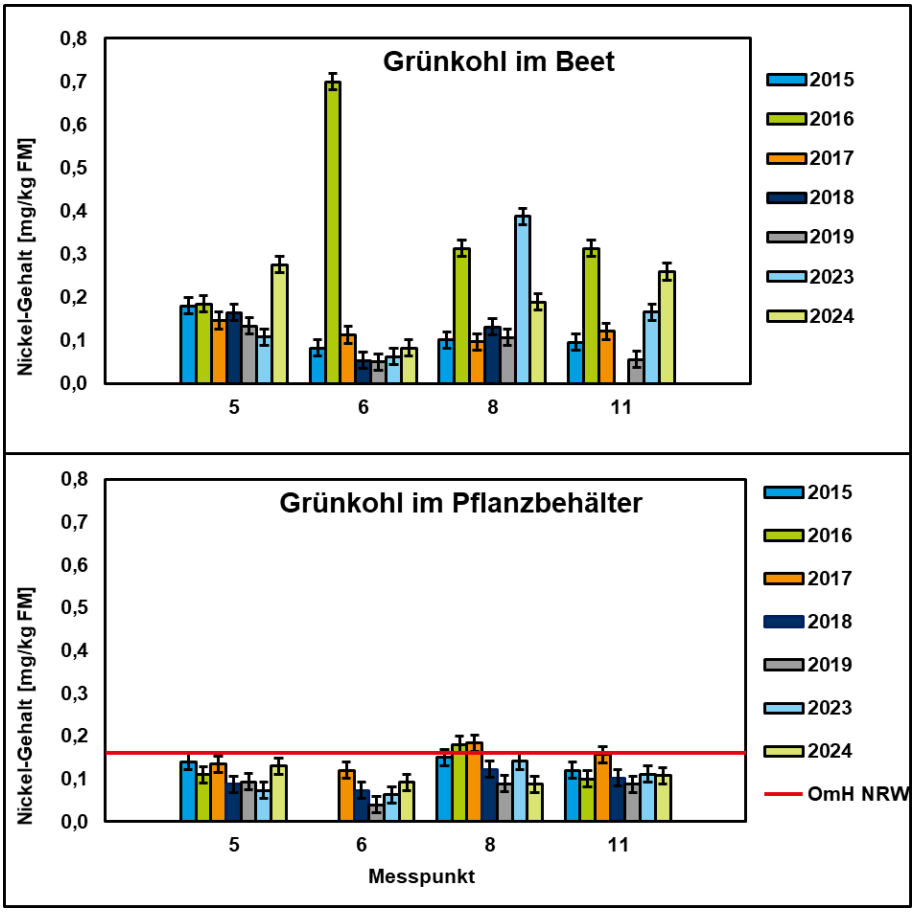

Abbildung 5: Nickel-Gehalte in Grünkohl (Beet/ Pflanzbehälter) an den Messpunkten in Lünen [mg/kg FM; inkl. Standardunsicherheit], Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH NRW)

3.5 Arsen-Gehalte

Die im Jahr 2024 ermittelten Arsen-Gehalte in Grünkohlpflanzen (Beet) liegen zwischen 0,011 +/- 0,00054 mg/kg FM am Messpunkt 6 und 0,029 +/- 0,00054 mg/kg FM am Messpunkt 5 (s. Abbildung 6 sowie Tabelle 9 im Anhang).

Die Arsen-Gehalte der in den Pflanzbehältern exponierten Grünkohlpflanzen betragen zwischen 0,0064 +/- 0,00054 mg/kg FM (MP 6) und 0,035 +/- 0,00054 mg/kg FM (MP 8). Die ermittelten Arsen-Gehalte liegen an allen vier Messpunkten in Lünen oberhalb des OmH in NRW von 0,0040 mg/kg FM (s. Abbildung 6 sowie Tabelle 10 im Anhang), was auf eine immissionsbedingte Belastung hindeutet.

Die Gehalte in den in Pflanzbehältern mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen sind meist (Ausnahme MP 8) etwas niedriger als die Gehalte der im Beet exponierten Pflanzen, was auf einen zusätzlichen Eintrag von Arsen über den Boden hindeutet.

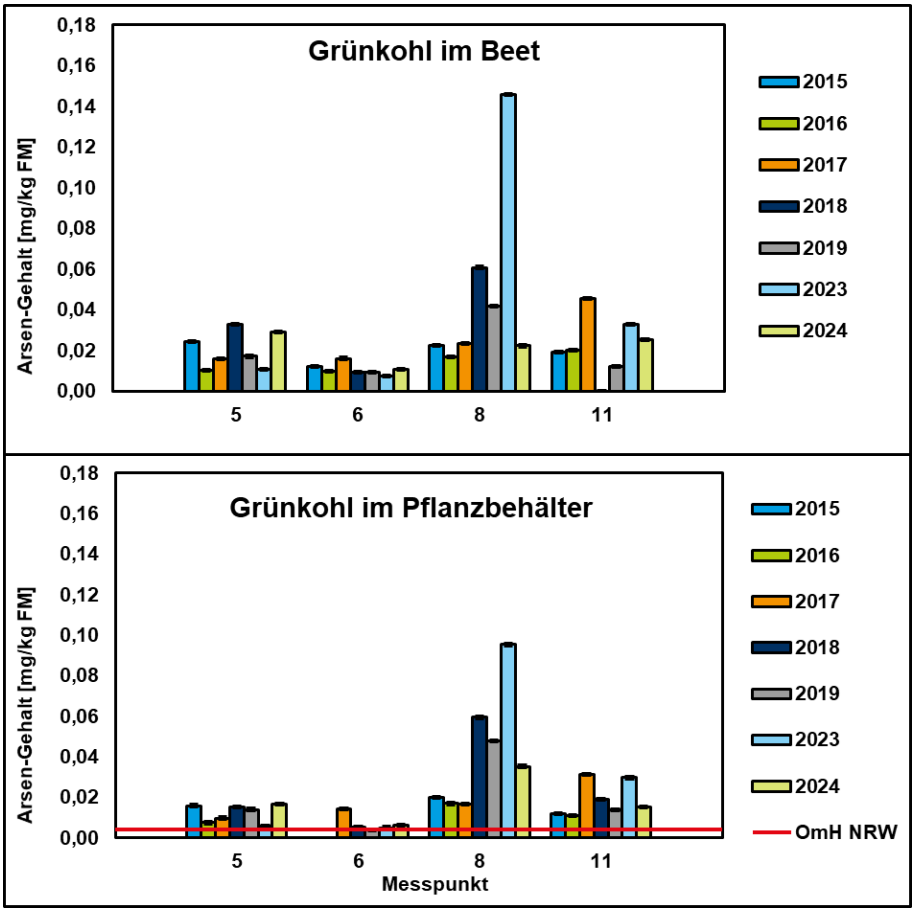

Abbildung 6: Arsen-Gehalte in Grünkohl (Beet/ Pflanzbehälter) an den Messpunkten in Lünen [mg/kg FM; inkl. Standardunsicherheit], Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH NRW)

Die vorläufigen Ergebnisse der Staubniederschlagsmessungen des LANUV 2024 zeigen ebenfalls immissionsbedingte Einträge von Arsen und an einigen Messpunkten eine Überschreitung des Immissionswertes der TA Luft.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass von einem immissionsbedingten Eintrag von Arsen in die Grünkohlpflanzen im Jahr 2024 an allen vier Messpunkten auszugehen ist.

3.6 Kupfer-Gehalte

Die im Jahr 2024 ermittelten Kupfer-Gehalte in Grünkohlpflanzen (Beet) betragen zwischen 1,1 +/- 0,12 mg/kg FM (MP 6) und 2,3 +/- 0,12 mg/kg FM (MP 11) (s. Abbildung 7 sowie Tabelle 11 im Anhang).

Die in Pflanzbehältern mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen weisen mit Werten von 0,69 +/- 0,12 mg/kg FM (MP 8) bis 0,93 +/- 0,12 mg/kg FM (MP 5) unter Berücksichtigung der Standardunsicherheit an keinem der untersuchten Messpunkte Kupfer-Gehalte oberhalb des OmH von 1,1 mg/kg FM auf (s. Abbildung 7 sowie Tabelle 12 im Anhang). Deshalb ist davon auszugehen, dass an den untersuchten Messpunkten keine nennenswerte Immissionsbelastung durch Kupfer vorliegt.

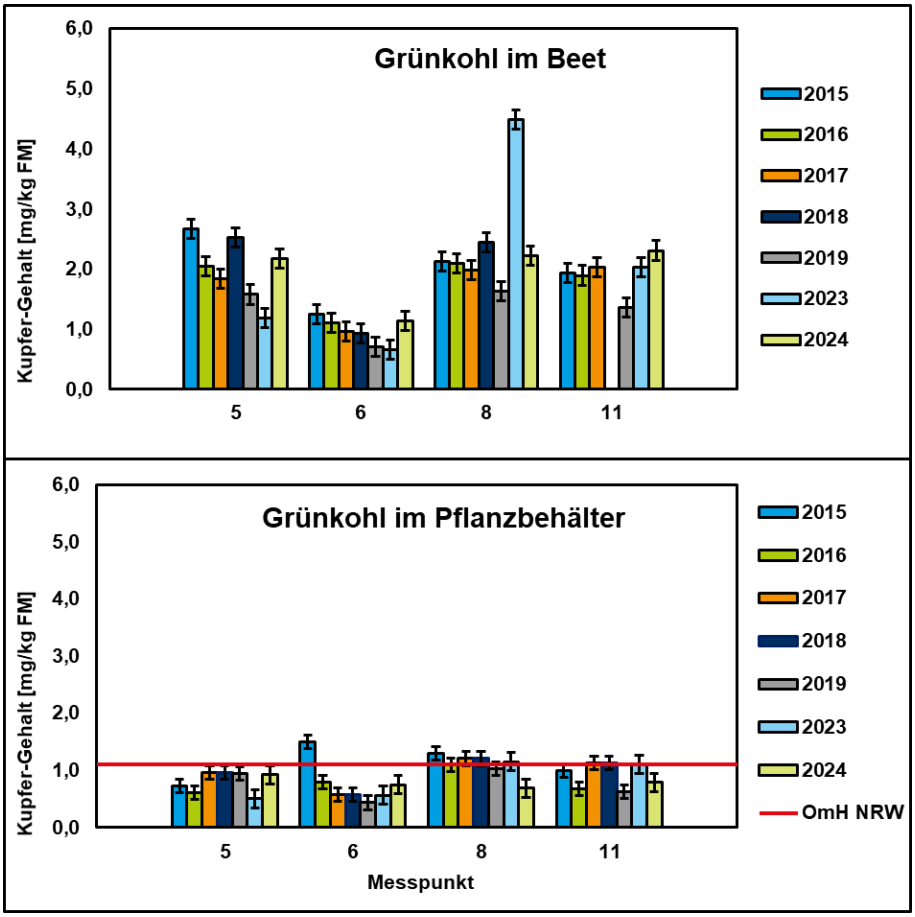

Abbildung 7: Kupfer-Gehalte in Grünkohl (Beet/ Pflanzbehälter) an den Messpunkten in Lünen [mg/kg FM; inkl. Standardunsicherheit], Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH NRW)

An den untersuchten Messpunkten sind die Kupfer-Gehalte bei den im Beet exponierten Grünkohlpflanzen allerdings höher als bei den im Pflanzbehälter exponierten Pflanzen. Das deutet auf einen Eintrag aus dem belasteten Boden hin.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es offensichtlich 2024 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 im Jahr 2024 ermittelten Zink-Gehalte in Grünkohlpflanzen (Beet) betragen zwischen 4,4 +/- 0,57 mg/kg FM (MP 6) und 9,5 +/- 0,57 mg/kg FM (MP 8) (s. Abbildung 8 sowie Tabelle 13 im Anhang).

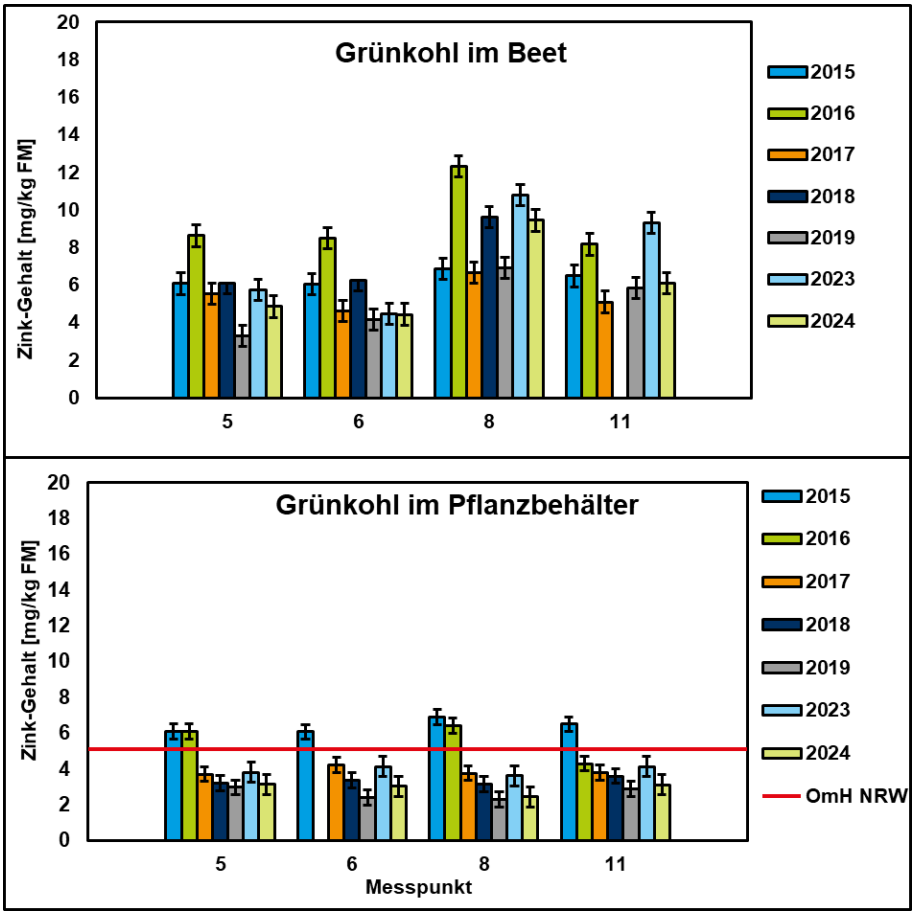

Abbildung 8: Zink-Gehalte in Grünkohl (Beet/ Pflanzbehälter) an den Messpunkten in Lünen [mg/kg FM; inkl. Standardunsicherheit], Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH NRW)

Die Zink-Gehalte der in Pflanzbehältern mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen liegen mit Werten zwischen 2,4 +/- 0,57 mg/kg FM (MP 8) und 3,1 +/- 0,57 mg/kg FM (Messpunkte 5 und 11) an allen Messpunkten unterhalb des OmH in NRW von 5,1 mg/kg FM (s. Abbildung 8 sowie Tabelle 14), was darauf hindeutet, dass es 2024 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 2024 keinen immissionsbedingten Eintrag von Zink in die Grünkohlpflanzen gegeben hat. Zink wurde möglicherweise über den belasteten Boden eingetragen.

3.8 Weitere Elemente

Diesjährig wurden erstmalig in den Proben zusätzlich auch die Gehalte von Aluminium, Antimon, Barium, Cobalt, Eisen, Mangan, Molybdän und Vanadium bestimmt.
Dabei wurden bei Antimon (Messpunkte 5, 6 und 11), Vanadium (Messpunkt 5), Barium (Messpunkt 5) und Aluminium (Messpunkt 5) Überschreitungen des OmH in NRW festgestellt (s. Abbildung 1 sowie Tabelle 15 und Tabelle 16 im Anhang). Eine gesundheitliche Bewertung der Gehalte erfolgte nicht.
Die Gehalte von Cobalt, Eisen, Mangan und Molybdän lagen an allen 4 Messpunkten unterhalb des jeweiligen OmH in NRW (ohne Abbildung, s. Tabelle 15 und Tabelle 16 im Anhang).

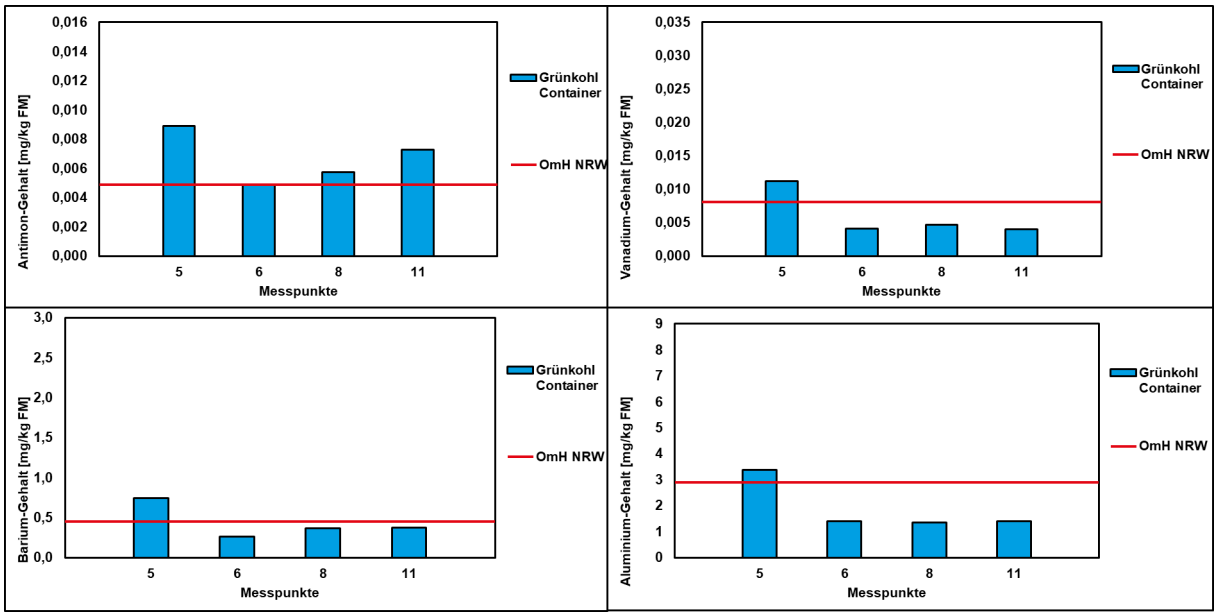

Abbildung 9: Gehalte von Antimon, Vanadium, Barium und Aluminium in Grünkohl (Pflanzbehälter) an den Messpunkten in Lünen, Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH NRW)

4 Gesundheitliche Bewertung der Ergebnisse

Im vorliegenden Fall wird, wie bisher als Konvention bei der Berechnung, ein Verzehr von 250 g Grünkohl pro Tag (stellvertretend für gesamtverzehrtes Gemüse) und ein Körpergewicht für einen erwachsenen Menschen 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 Beurteilung der Belastung von Blei in Nahrungspflanzen erfolgt auf Basis der Verordnung (EU) 2023/915 der Kommission vom 25. April 2023 über Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006.

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

Dieser Wert wird somit am MP 5 (0,47 mg/kg FM) um ca. den Faktor 1,6 und am MP 11 (0,43 mg/kg FM) um ca. den Faktor 1,4 überschritten. An den anderen Messpunkten unterschreiten die Bleigehalte den EU-Höchstgehalt für Blei in Blattkohl.

4.2 Cadmium-Belastung

Die Beurteilung der Belastung von Cadmium in Nahrungspflanzen erfolgt auf Basis der Verordnung (EU) 2023/915 (s.o.).

Der in der EU-Verordnung festgelegte Höchstgehalt für Cadmium in Blattkohl beträgt 0,10 mg/kg Frischgewicht und 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 (2014) ein TDI-Wert (Tolerable Daily Intake) in Höhe von 300 Mikrogramm pro Kilogramm (µg/kg) Körpergewicht (KG) und Tag (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, sodass sich insgesamt eine Hintergrundbelastung über den allgemeinen Warenkorb von 13,81 µg/kg KG/d bis maximal 23,10 µg/kg KG/d ergeben kann (EFSA 2014).

Unter Berücksichtigung der oben getroffenen Annahmen ergibt sich rein rechnerisch eine maximale Zusatzbelastung durch den Grünkohl am MP 5 in Höhe von 0,36

µg/kg KG/d. Damit würde der TDI-Wert für Chrom(III) in Höhe von 300 µg/kg KG/d, selbst unter Einbezug der maximalen Belastung über den allgemeinen Warenkorb in Höhe von 23,10 µg/kg KG/d, bei Verzehr aller hier untersuchten Proben erheblich unterschritten werden.

4.4 Nickel-Belastung

Die EFSA hat 2020 die gesundheitlichen Risiken für die chronische Aufnahme von Nickel erneut bewertet und eine tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (Tolerable Daily Intake, TDI) in Höhe von 13 µg/kg KG/d abgeleitet.

Die Schätzung der langfristigen Aufnahme von Nickel über Lebensmittel auf Grundlage der vom BfR durchgeführten MEAL-Studie (2022) ergab, dass die mediane Exposition gegenüber Nickel von Jugendlichen und Erwachsenen bei höchstens 1,4 µg/kg KG und Tag liegt. Bei Vielverzehrenden beträgt die Aufnahme von Nickel maximal 3,2 µg/kg KG und Tag.

Unter Berücksichtigung der oben getroffenen Annahmen ergibt sich rein rechnerisch eine maximale Zusatzbelastung durch den Grünkohl vom MP 5 von 1,0 µg/kg KG/d.

Damit würde der TDI-Wert für Nickel in Höhe von 13 µg/kg KG/d, selbst unter Einbezug der maximalen Belastung in Höhe von 3,2 µg/kg KG/d der Vielverzehrenden (P95) über den allgemeinen Warenkorb, bei Verzehr aller hier untersuchten Proben erheblich unterschritten werden.

4.5 Arsen-Belastung

Die EFSA (2024b) leitete auf der Grundlage einer Fall-Kontrollstudie[1] zu Hautkrebserkrankungen, die als relevanteste schädliche Auswirkung im Zusammenhang mit der Exposition gegenüber anorganischem Arsen ermittelt wurde, einen Referenzwert in Höhe von 0,06 µg/kg Körpergewicht pro Tag ab. Hierbei handelt es sich um eine konservative Schätzung der niedrigsten Dosis, die mit einer erhöhten Induktion von Hautkrebserkrankungen nach Exposition gegenüber anorganischem Arsen in Verbindung gebracht werden könnte.

Da es sich bei anorganischem Arsen um ein genotoxisches Karzinogen handelt, hat die EFSA (2024) eine Margin of Exposure (MOE: Sicherheitsmarge für die Exposition für Verbraucherinnen/Verbraucher) berechnet. Bei der MOE handelt es sich um das Verhältnis zwischen der Dosis, bei der eine kleine, aber messbare schädliche Wirkung beobachtet wird und der Höhe der Exposition einer bestimmten Bevölkerungsgruppe gegenüber dem Stoff. Laut EFSA (2024) liegt die mittlere Aufnahme von anorganischem Arsen für Erwachsene (50. Perzentil) zwischen 0,03 und 0,15 µg As/kg KG/d sowie für vielverzehrende (95. Perzentil) Erwachsene im Bereich von 0,07 und 0,33 µg As/kg KG/d in Europa. Die MOEs für Erwachsene liegen somit in Europa zwischen 2 und 0,4 für die durchschnittliche Aufnahme von Verbraucherinnen/Verbraucher und für Vielverzehrende zwischen 0,9 und 0,2. Das

[1] Das CONTAM-Gremium verwendete die BMDL auf der Grundlage einer BMR von 5 % (relativer Anstieg der Hintergrundinzidenz nach Adjustierung für Störfaktoren, $BMDL_{05}$) von 0,06 µg iAs/kg Körpergewicht pro Tag, die aus einer in den USA durchgeführten Fall-Kontroll-Studie zu Hautkrebs (Plattenepithelkarzinom) gewonnen wurde, als Referenzpunkt (RP), da die Studie als qualitativ hochwertig und mit einem geringen Risiko für Bias eingestuft wurde.

CONTAM-Gremium kam, selbst unter Berücksichtigung der Unsicherheiten bei der Risikobewertung, zu dem Schluss, dass diese Expositionsmargen Anlass zu gesundheitlichen Bedenken geben.

Allein unter Berücksichtigung der Belastung mit anorganischem Arsen aus dem allgemeinen Warenkorb wird ein Margin of Expsoure (MOE) von 1 unterschritten. Ein Risiko für einige Verbraucherinnen und Verbraucher durch die Aufnahme von anorganischem Arsen über den allgemeinen Warenkorb ist somit nicht auszuschließen. Daher ist die Ableitung einer Verzehrempfehlung auf Basis der Arsenbelastung der hier untersuchten Grünkohlproben nicht zielführend. Aus diesem Grund wurde eine statistische Einordnung der Belastungshöhe des Grünkohls aus Lünen anhand von Daten aus dem Wirkungsdauermessprogramm (OmH) durchgeführt (s. Kap. 3.5).

4.6 Kupfer-Belastung

Die EFSA (2023) leitete für Kupfer eine akzeptable tägliche Aufnahme (ADI) in Höhe von 70 µg/kg Körpergewicht und Tag ab.

Die Auswertung der MEAL-Studie des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR 2023) ergab, dass die Exposition von Erwachsenen gegenüber Kupfer in Deutschland zwischen 20 µg (Median) und 40 µg/kg Körpergewicht pro Tag (95. Perzentil) liegt. Im Median war die Kupferaufnahme etwa 10 % höher bei Verzehr überwiegend ökologisch produzierter Lebensmittel.

Die höchste Kupfer-Belastung findet sich im Grünkohl am MP11 mit einer Konzentration von 2,3 mg/kg FM. Bei einem Verzehr von 250 g Grünkohl pro Tag ergibt sich rein rechnerisch eine zusätzliche Kupferaufnahme über den Grünkohl aus Lünen von ca. 8,2 µg/kg KG/d.

Unter Berücksichtigung der Zufuhr aus anderen Lebensmitteln würde sich für Erwachsene eine Aufnahme von ca. 28 µg/kg KG/d (Median) bzw. 48 µg/kg KG/d (95. Perzentil) ergeben.

Der ADI-Wert für Kupfer in Höhe von 70 µg/kg KG/d wird unter Einbezug der maximalen Zufuhr über den allgemeinen Warenkorb in Höhe von 40 µg/kg KG/d für Vielverzehrende (P95) und auch für die Personen, die vornehmlich ökologisch produzierte Lebensmittel wählen, bei Verzehr aller hier untersuchten Proben unterschritten werden.

4.7 Zink-Belastung

Zink ist für den Menschen essentiell, die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE 2025) empfiehlt, dass männliche Erwachsene in Abhängigkeit der Phytatzufuhr 11 bis 16 mg und weibliche Erwachsene in Abhängigkeit der Phytatzufuhr 7 bis 10 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.

Nach EFSA (2024a) sollte die tägliche Zinkaufnahme die obere Grenze (tolerable upper intake level) in Höhe von 25 mg/d nicht überschreiten. Nach der „Nationalen Verzehrstudie“ 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.

Der höchste Zinkgehalt findet sich mit 9,5 mg/kg FM im Grünkohl am MP 8. Bei Verzehr von 250 g Grünkohl würde eine zusätzliche Zinkaufnahme von ca. 2,4 mg/d resultieren. Mit der zusätzlichen Aufnahme von Zink über die maximal belastete Grünkohlprobe ergäbe sich bei Männern rein rechnerisch eine maximale Zinkaufnahme von ca. 14 mg/d und bei Frauen von ca. 12 mg/d. Beide Werte liegen unterhalb der oben angegebenen oberen tolerierbaren Grenze für Zink in Höhe von 25 mg/d.

4.8 Fazit der gesundheitlichen Bewertung

In den untersuchten Grünkohlpflanzen aus Lünen wird am MP 5 und MP 11 der Höchstgehalt für Blei überschritten. Für diese Messpunkte sollte eine Nichtverzehrempfehlung ausgesprochen werden.

In allen untersuchten Grünkohlpflanzen aus Lünen wird der Höchstgehalt für Cadmium unterschritten. Auch der jeweilige TDI-Wert für Chrom(III) und Nickel sowie der ADI-Wert für Kupfer wird bei Verzehr der untersuchten Grünkohlpflanzen unterschritten.

Bei dem essentiellen Element Zink wurde die von der EFSA empfohlene obere tolerierbare Grenze für Zink bei Verzehr aller hier untersuchten Grünkohlpflanzen unterschritten.

5 Zusammenfassung

Im Jahr 2024 wurden in Lünen im Umfeld der Fa. Aurubis und des Stadthafens Grünkohluntersuchungen durchgeführt. Dazu wurden Grünkohlpflanzen an vier Messpunkten in Gartenbeeten und zusätzlich auch in Pflanzbehältern mit Einheitserde exponiert und auf ihre Gehalte an Schwermetallen analysiert.

Im Jahr 2024 wurden an allen vier untersuchten Messpunkten in den Grünkohlpflanzen immissionsbedingte Einträge von **Blei** und **Arsen** ermittelt. Auch für **Chrom** konnte an Messpunkt 6 ein immissionsbedingter Eintrag festgestellt werden.

Zusätzlich dazu wurden Einträge von diesen und den weiteren Elementen **Cadmium, Nickel**, **Kupfer**, **Chrom** und **Zink** über den belasteten Boden gefunden.

Diesjährig erstmalig wurden in den Proben zusätzlich auch die Gehalte von Aluminium, Antimon, Barium, Cobalt, Eisen, Mangan, Molybdän und Vanadium bestimmt.
Dabei wurden bei Antimon (Messpunkte 5, 6 und 11), Vanadium (Messpunkt 5), Barium (Messpunkt 5) und Aluminium (Messpunkt 5) Überschreitungen des OmH in NRW festgestellt.

Aufgrund der an den Messpunkten 5 und 11 ermittelten Blei-Gehalte sollte die geltende Nichtverzehrempfehlung weiter aufrechterhalten werden.

Das LANUV schlägt vor die Untersuchungen im Jahr 2025 zu wiederholen.

6 Anlage

Tabelle 1: Blei-Gehalte in Grünkohl (Beet)

Blei [mg/kg FM]													
Grünkohl Beet													
Messpunkt	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2023	2024
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	0,19			
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	0,31	0,24	0,13	0,47
6	0,19	0,29	0,21	0,19	0,21	0,62	0,17	0,12	0,19	0,08	0,13	0,066	0,16
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	0,30	0,25	0,97	0,27
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	Ausfall	0,13	0,26	0,43

Tabelle 2: Blei-Gehalte in Grünkohl (Container)

Blei [mg/kg FM]													
Grünkohl Container													
Messpunkt	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2023	2024
1 R													
2													
3									0,25	0,061			
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	0,128	0,141	0,056	0,27
6									0,16	0,035	0,043	0,033	0,10
7													
8	0,77	0,18	0,20	0,29	0,22	0,34	0,18	0,14	0,10	0,24	0,26	0,44	0,17
9	1,0	0,12	0,077	0,16	0,62	0,29							
10 R													
11						0,11	0,17	0,086	0,29	0,14	0,11	0,20	0,20

Tabelle 3: Cadmium-Gehalte in Grünkohl (Beet)

Cadmium [mg/kg FM]													
Grünkohl Beet													
Messpunkt	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2023	
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	0,017			
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	0,033	0,023	0,021	0,018
6	0,023	0,027	0,023	0,019	0,019	0,032	0,022	0,035	0,015	0,025	0,015	0,011	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	0,017	0,016	0,020	0,011
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	Ausfall	0,021	0,023	0,015

Tabelle 4: Cadmium-Gehalte in Grünkohl (Container)

Cadmium [mg/kg FM]													
Grünkohl Container													
Messpunkt	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2023	2024
1 R													
2													
3									0,011	0,061			
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	0,13	0,019	0,010	0,0091
6									0,014	0,035	0,014	0,010	0,0083
7													
8	0,033	0,012	0,011	0,015	0,012	0,013	0,010	0,029	0,018	0,24	0,0081	0,0100	0,010
9	0,042	0,0084	0,0086	0,0082	0,013	0,017							
10 R													
11						0,010	0,012	0,024	0,017	0,14	0,018	0,012	0,010

Tabelle 5: Chrom-Gehalte in Grünkohl (Beet)

Chrom [mg/kg FM]													
Grünkohl Beet													
Messpunkt	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2023	2024
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	0,055			
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	0,048	0,081	0,10	0,10
6	0,13	0,24	0,31	0,11	0,14	0,27	0,088	0,24	0,063	0,040	0,051	0,056	0,067
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	<0,030	0,046	0,13	0,05
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	Ausfall	0,039	0,094	0,076

Tabelle 6: Chrom-Gehalte in Grünkohl (Container)

Chrom [mg/kg FM]													
Grünkohl Container													
Messpunkt	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2023	2024
1 R													
2													
3									0,048	<0,028			
4 R	0,037	0,107	0,065	0,073	0,059	0,069	<0,0043	<0,037					
5		0,047	0,067	0,11	0,094	0,079	<0,0042	<0,037	0,050	<0,034	0,050	0,033	0,075
6									0,066	<0,029	0,031	0,028	0,15
7													
8	0,11	0,08	<0,043	0,058	0,045	<0,040	<0,0044	0,10	<0,031	<0,034	<0,0129	0,034	0,070
9	0,09	0,17	<0,037	0,12	0,12	0,071							
10 R													
11						0,051	0,055	0,059	0,040	<0,032	0,034	0,042	0,050

Tabelle 7: Nickel-Gehalte in Grünkohl (Beet)

Nickel [mg/kg FM]													
Grünkohl Beet													
Messpunkt	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2023	2024
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	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	0,16	0,13	0,11	0,28
6	0,078	0,16	0,19	0,11	0,090	0,23	0,082	0,70	0,11	0,05	0,050	0,062	0,082
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	0,131	0,107	0,39	0,19
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	Ausfall	0,055	0,17	0,26

Tabelle 8: Nickel-Gehalte in Grünkohl (Container)

Nickel [mg/kg FM]													
Grünkohl Container													
Messpunkt	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2023	2024
1 R													
2													
3									0,12	0,074			
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	0,088	0,093	0,073	0,13
6									0,12	0,073	0,040	0,063	0,092
7													
8	0,33	0,15	0,14	0,27	0,22	0,36	0,15	0,18	0,18	0,12	0,089	0,14	0,087
9	0,37	0,19	0,079	0,56	0,41	0,29							
10 R													
11						0,25	0,12	0,10	0,16	0,10	0,088	0,11	0,11

Tabelle 9: Arsen-Gehalte in Grünkohl (Beet)

Arsen [mg/kg FM]													
Grünkohl Beet													
Messpunkt	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2023**	**2024**
1 R	0,022	0,018	0,023	0,024	0,0058	0,011	0,0068	0,0092					
2	0,010	0,0089	0,011	0,0080	0,0052	<0,003							
3	0,029	0,025	0,017	0,025	0,019	Ausfall	0,0095	0,018	0,015	0,015			
4 R	<0,0085	0,022	0,010	0,0053	0,0064	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	0,033	0,017	0,011	0,029
6	0,011	0,016	0,016	0,011	0,013	0,057	0,012	0,010	0,016	0,0093	0,0095	0,0075	0,011
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			0,042	0,15	0,022
9	0,049	0,040	0,033	0,043	0,052				0,023	0,061			
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	Ausfall	0,012	0,033	0,025

Tabelle 10: Arsen-Gehalte in Grünkohl (Container)

Arsen [mg/kg FM]													
Grünkohl Container													
Messpunkt	**2009***	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2023**	**2024**
1 R													
2													
3									0,011	0,0068			
4 R	<0,009	<0,0031	0,005	<0,0036	0,0040	<0,004	<0,0043	0,0048					
5		0,011	0,017	0,037	0,0060	0,011	0,016	0,0075	0,010	0,015	0,014	0,0056	0,017
6									0,014	0,0052	0,0041	0,0051	0,0064
7													
8	0,035	0,013	0,021	0,020	0,015	0,044	0,020	0,017	0,017	0,0595	0,048	0,095	0,035
9	0,042	0,0050	0,0088	0,0077	0,030	0,013							
10 R													
11						<0,004	0,012	0,011	0,031	0,019	0,014	0,030	0,015

Tabelle 11: Kupfer-Gehalte in Grünkohl (Beet)

Kupfer [mg/kg FM]													
Grünkohl Beet													
Messpunkt	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2023**	**2024**
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	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	2,5	1,6	1,2	2,2
6	0,88	1,5	1,4	1,1	0,84	1,8	1,3	1,1	0,96	0,93	0,70	0,66	1,1
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	2,4	1,6	4,5	2,2
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	Ausfall	1,4	2,0	2,3

Tabelle 12: Kupfer-Gehalte in Grünkohl (Container)

Kupfer [mg/kg FM]													
Grünkohl Container													
Messpunkt	**2009***	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2023**	**2024**
1 R													
2													
3									0,99	0,67			
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	0,96	0,95	0,51	0,93
6									0,70	0,58	0,44	0,56	0,75
7													
8	3,2	0,89	1,5	1,7	1,2	1,9	1,3	1,1	0,80	1,2	1,0	1,2	0,69
9	4,7	0,89	0,81	0,88	3,1	1,6							
10 R													
11						0,89	1,0	0,68	1,1	1,1	0,63	1,1	0,79

Tabelle 13: Zink-Gehalte in Grünkohl (Beet)

Zink [mg/kg FM]													
Grünkohl Beet													
Messpunkt	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2023	2024
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	7,1			
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	6,1	3,3	5,7	4,9
6	5,2	8,8	5,4	5,7	5,1	10	6,1	8,5	4,6	6,3	4,2	4,5	4,4
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	6,9	10,8	9,5
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	Ausfall	5,8	9,3	6,1

Tabelle 14: Zink-Gehalte in Grünkohl (Container)

Zink [mg/kg FM]													
Grünkohl Container													
Messpunkt	2009*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2023	2024
1 R													
2													
3									4,5	3,8			
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	3,7	3,2	3,0	3,8	3,1
6									4,2	3,3	2,4	4,1	3,0
7													
8	5,9	2,4	1,5	5,8	4,8	4,8	5,3	6,4	3,7	3,1	2,3	3,6	2,4
9	6,6	2,7	0,81	4,4	4,1	5,1							
10 R													
11						3,3	5,1	4,3	3,8	3,6	2,9	4,1	3,1

Tabelle 15: Gehalte von Cobalt, Antimon, Vanadium und Mangan in Grünkohl (Beet und Container), 2024

Grünkohl								
	Cobalt [mg/kg FM]		Antimon [mg/kg FM]		Vanadium [mg/kg FM]		Mangan [mg/kg FM]	
Messpunkt	Beet	Container	Beet	Container	Beet	Container	Beet	Container
5	0,024	0,013	0,014	0,0089	0,031	0,011	5,4	5,8
6	0,0080	0,011	0,0061	0,0048	0,032	0,0041	5,6	5,3
8	0,0068	0,011	0,0070	0,0057	0,0076	0,0046	2,2	6,5
11	0,015	0,012	0,014	0,0073	0,021	0,0040	4,3	6,9

Tabelle 16: Gehalte von Barium, Aluminium, Eisen und Molybdän in Grünkohl (Beet und Container), 2024

	Barium [mg/kg FM]		Aluminium [mg/kg FM]		Eisen [mg/kg FM]		Molybdän [mg/kg FM]	
Messpunkt	Beet	Container	Beet	Container	Beet	Container	Beet	Container
5	2,5	0,74	8,0	3,4	14	8,3	1,2	1,7
6	1,6	0,26	4,6	1,4	13	8,9	1,2	0,68
8	0,56	0,37	2,0	1,4	13	11	0,76	0,71
11	1,3	0,37	4,4	1,4	17	10	2,0	1,1

7 Literatur

BfR-MEAL-Studie (2022): Bundesinstitut für Risikobewertung: Nickel: Schätzung der langfristigen Aufnahme über Lebensmittel auf Grundlage der BfR-MEAL-Studie Mitteilung Nr. 033/2022 vom 22. November 2022
https://www.bfr.bund.de/cm/343/nickel-schaetzung-der-langfristigen-aufnahme-ueber-lebensmittel-auf-grundlage-der-bfr-meal-studie.pdf
(aufgerufen 06.03.2025)

BfR (2023) FAQ: Aufnahme von Kupfer: In Spuren lebensnotwendig, in größeren Mengen riskant, 1. November 2023
https://www.bfr.bund.de/cm/343/aufnahme-von-kupfer-in-spuren-lebensnotwendig-in-groesseren-mengen-riskant.pdf
(aufgerufen 06.03.2025)

BfR-Meal-Studie (2023): Hackethal C, Pabel U, Jung C, Schwerdtle T, Lindtner O. Chronic dietary exposure to total arsenic, inorganic arsenic and water-soluble organic arsenic species based on results of the first German total diet study. Sci Total Environ. 2023 Feb 10;859(Pt 1):160261. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722073612
(aufgerufen 06.03.2025)

BfR (2023): Arsen: Gehaltsdaten in Lebensmitteln
https://www.bfr.bund.de/en/a-z_index/arsenic-194344.html
(aufgerufen 06.03.2025)

DGE (2025): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Empfohlene Zufuhr: Zink, Stand Ableitung 2019, https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/zink/;
(aufgerufen 06.03.2025)

EFSA (2009): EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on Arsenic in Food. EFSA Journal 2009; 7(10):1351. [199 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2009.1351. Available online: www.efsa.europa.eu
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2009.1351/epdf
(aufgerufen 06.03.2025)

EFSA (2014): EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain), 2014. Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of chromium in food and drinking water. EFSA Journal 2014;12(3):3595, 261 pp. doi:10.2903/j.efsa.2014.3595
Available online: www.efsa.europa.eu/efsajournal
https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2014.3595
(aufgerufen 06.03.2025)

EFSA (2020): EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain), Schrenk D,Bignami M, Bodin L, Chipman JK, del Mazo J, Grasl-Kraupp B, Hogstrand C, Hoogenboom LR, Leblanc J-C,Nebbia CS, Ntzani E, Petersen A, Sand S, Schwerdtle T, Vleminckx C, Wallace H, Guerin T, Massanyi P,Van Loveren H, Baert K, Gergelova P and Nielsen E, 2020. Scientific Opinion on the update of the risk assessment of nickel in food and drinking water. EFSA Journal 2020;18(11):6268, 101 pp.
https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6268
(aufgerufen 06.03.2025)

EFSA (2021): EFSA (European Food Safety Authority), Arcella D, Cascio C and Gomez Ruiz JA, 2021. Scientific report on the chronic dietary exposure to inorganic arsenic. EFSA Journal 2021;19(1):6380, 50 pp. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6380
(aufgerufen 06.03.2025)

EFSA (2023): EFSA Scientific Committee, More SJ, Bampidis V, Benford D, Bragard C,Halldorsson TI, Hernandez-Jerez AF, Bennekou SH, Koutsoumanis K, Lambre C, Machera K, Mullins E,Nielsen SS, Schlatter JR, Schrenk D, Turck D, Younes M, Boon P, Ferns GAA, Lindtner O, Smolders E,Wilks M, Bastaki M, de Sesmaisons-Lecarre A, Ferreira L, Greco L, Kass GEN, Riolo F and Leblanc J-C,2023. Scientific Opinion on the re-evaluation of the existing health-based guidance values for copper and exposure assessment from all sources. EFSA Journal 2023;21(1):7728, 117 pp. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7728
(aufgerufen 06.03.2025)

EFSA (2024a): Overview on Tolerable Upper Intake Levels as derived by the Scientific Committee on Food (SCF) and the EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), Version 10 (June 2024)
https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/2024-05/ul-summary-report.pdf
(aufgerufen 06.03.2025)

EFSA (2024b): EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain), Schrenk, D., Bignami, M., Bodin, L., Chipman, J.K., del Mazo, J., Grasl-Kraupp, B., Hostrand, C., Hoogenboom, L.R., Leblanc, J.-C., Nebbia, C.S., Nielsen, E., Ntzani, E., Petersen, A., Sand, S., Vleminckx, C., Wallace, H., Barregård, L., Benford, D., Schwerdtle, T. (2024). Update of the risk assessment of inorganic arsenic in food. *EFSA Journal*, 22(1), e8488. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8488
(aufgerufen 06.03.2025)

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

LANUV-FACHBERICHT 114 (2021): Neue Bioindikationsverfahren zum anlagenbezogenen Monitoring, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Recklinghausen 2021

MRI (2008): Ergebnisbericht, Teil 2, Nationale Verzehrsstudie II, Die bundesweite Befragung zur Ernährung von Jugendlichen und Erwachsenen,
Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, 2008
BMEL - Publikationen - Nationale Verzehrsstudie II - Ergebnisbericht Teil 2
(aufgerufen 06.03.2025)

VDI 3857 Blatt 2 (2020): Beurteilungswerte für immissionsbedingte Stoffanreicherungen in standardisierten Graskulturen: Orientierungswerte für maximale Hintergrundgehalte ausgewählter anorganischer Luftverunreinigungen, Entwurf, KRdL 2020

VDI 3957 Blatt 4 (2023): Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Biomonitoring): Verfahren der standardisierten Exposition von Grünkohl Bewertung von Schadstoffgehaltenin Nahrungspflanzen für den menschlichen Verzehr, KRdL 2023

Verordnung (EU) 2023/915 der Kommission vom 25. April 2023 über Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0915
(aufgerufen 06.03.2025)