Belastung durch Staubniederschlag und seine Inhaltsstoffe in Siegen – Nahrungspflanzenuntersuchungen 2014

Aufgrund erhöhter Nickel-Gehalte in der Deposition wurden im Jahr 2011 vom Kreis Siegen-Wittgenstein orientierende Untersuchungen an Nahrungspflanzen im Umfeld der in Siegen ansässigen Edelstahlwerke durchgeführt, die zu einer Nichtverzehrempfehlung führten. Das LANUV wurde daraufhin beauftragt in den Folgejahren standardisierte Untersuchungen an Nahrungspflanzen in Siegen durchzuführen.

Im Jahr 2012 wurden in der exponierten Endivie erhöhte Blei-Gehalte ermittelt, so dass die Nichtverzehrempfehlung im Umkreis der beiden Edelstahlwerke bestehen blieb (s. LANUV-Bericht vom 20.03.13). Die Untersuchungen wurden im Jahr 2013 wiederholt und zeigten in allen exponierten Nahrungspflanzen gesundheitlich unbedenkliche Gehalte von Blei, Cadmium, Chrom und Nickel (s. LANUV-Bericht vom 28.07.14). Deshalb wurden die Messpunkte im Jahr 2014 von 11 auf fünf reduziert.

Um einen möglichen Eintrag der untersuchten Schwermetalle aus dem Boden in die Pflanzen zu quantifizieren, wurden an den Messpunkten 7 und 10 Grünkohlpflanzen sowohl in ein Beet als auch in einen Container mit Einheitserde ausgebracht. Zusätzlich wurde dort aus den untersuchten Gartenbeeten repräsentativ Standortboden entnommen, in Container gefüllt und darin wurden am Referenzstandort in Essen (LANUV), der einen quellenfernen Standort mit typischer Hintergrundbelastung darstellt, ebenfalls Grünkohlpflanzen exponiert.

Im Folgenden werden kurz die Untersuchungsmethodik des LANUV und die untersuchten Messpunkte vorgestellt und anschließend wird detailliert auf die Ergebnisse der Boden- und Pflanzenuntersuchungen und deren Bewertung eingegangen.

Vorgehensweise/ Methodik

Am Referenzmesspunkt 4R in der Kleingartenanlage „Am Sender“, am MP 5 in der KGA „Am Steigerberg“ sowie an den Messpunkten 6, 7 und 10 in Privatgärten wurden in Beeten von etwa 2 – 3 m Ausdehnung vom 15.07. – 31.08.14 Endivien und vom 11.08. – 16.11.14 Grünkohlpflanzen exponiert. Bis auf den MP 4R befinden sich alle Messpunkte im Nahbereich der Deutschen Edelstahlwerke GmbH an der Oberen Kaiserstraße und westlich (MP 5, 6, 7) bzw. nördlich (MP 10) der Fa. BGH Edelstahl (s. Abbildung 1). Die Messpunkte 5 und 7 liegen im Bereich der nördlichen Anbau- und Verzehrempfehlung. Der MP 2, der im Bereich der südlichen Anbau- und Verzehrempfehlung lag, stand 2014 nicht mehr zur Verfügung.

Zusätzlich wurden an den Messpunkten 7 und 10 Grünkohlpflanzen in einem Container mit Einheitserde exponiert. Aus den untersuchten Gartenbeeten wurde an diesen Messpunkten Standortboden entnommen und in Container gefüllt. Darin wurden am Referenzstandort in Essen (LANUV) ebenfalls Grünkohlpflanzen exponiert (14.08. – 10.11.14). Von den Böden

der Beete an den Messpunkten 7 und 10 wurden außerdem Proben entnommen, die getrocknet, abgesiebt, gemahlen und auf ihre Gehalte an Blei, Cadmium, Chrom und Nickel im Königswasser- sowie im Ammoniumnitrataufschluss analysiert wurden. Die Beurteilung der Werte erfolgte auf der Basis der Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV sowie anhand von Hintergrundwerten für Gartenböden, die für NRW differenziert nach siedlungsstrukturellen Einheiten vorliegen (Hintergrundwerte für anorganische und organische Schadstoffe in Oberböden Nordrhein-Westfalens; Aktualisierung 2015, Veröffentlichung in Kürze).

Das Untersuchungsprogramm und die Analysen wurden 2014/ 2015 durch die Firma Eurofins GmbH Jena im Auftrag des LANUV durchgeführt. Die methodischen Grundlagen entsprechen den Ausführungen zum Untersuchungsjahr 2012 (s. Bericht des LANUV vom 20.03.13).

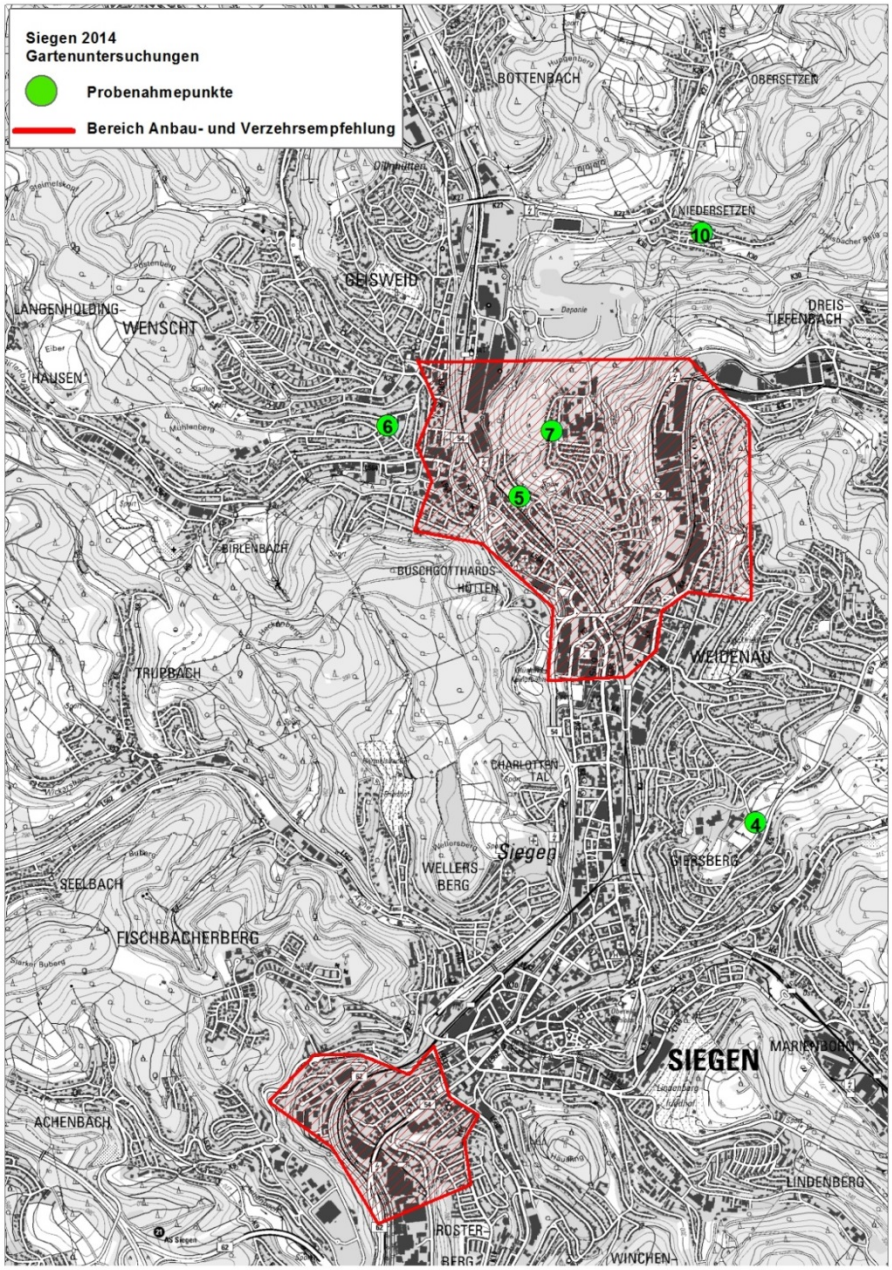

Abbildung 1: Untersuchungsgebiet mit den Messpunkten 2014 und der bestehenden Anbau- und Verzehrempfehlung für Endivie

Ergebnisse der Bodenuntersuchungen

In der Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen an den Messpunkten 7 und 10 dargestellt.

Tabelle 1: Blei-, Cadmium-, Chrom- und Nickel-Gehalte in Bodenproben der Gartenbeete

	MP 7		MP 10	
	Königswasser-Aufschluss [mg/kg TM]	Ammoniumnitrat-Aufschluss [µg/kg TM]	Königswasser-Aufschluss [mg/kg TM]	Ammoniumnitrat-Aufschluss [µg/kg TM]
Blei	150	1,5	88	5,7
Cadmium	2,4	3,5	1,2	2,2
Chrom	100	47	440	4,8
Nickel	60	30	290	30

Der für **Blei** in der BBodSchV für den Schadstoffübergang Boden-Pflanze festgelegte Prüfwert von 100 µg/kg TM für die mobile Fraktion (nach Ammoniumnitrat-Aufschluss) wird mit einem Maximalwert von 5,7 µg/kg Boden in den hier untersuchten Böden deutlich unterschritten. Im Hinblick auf die Blei-Gesamtgehalte in den Gartenböden mit 150 mg/kg und 88 mg/kg ist - wie schon bei den Untersuchungen in 2013 - festzustellen, dass im Vergleich mit nordrhein-westfälischen Hintergrundgehalten (Median: 55 mg/kg; 90. Perzentil: 186 mg/kg) mit erhöhten Gehalten im Stadtgebiet gerechnet werden muss. Die hohen Blei-Gesamtgehalte finden sich aber nicht im jeweiligen Ammoniumnitrat-Aufschluss wieder, so dass davon auszugehen ist, dass der pflanzenverfügbare Teil des Bleis im Boden eher gering ist.

In Haus- und Kleingärten gilt nach BBodSchV für **Cadmium** beim Anbau stark anreichernder Gemüsearten ein Maßnahmenwert nach Ammoniumnitrat-Aufschluss von 40 µg/kg Boden, ansonsten ein Maßnahmenwert von 100 µg/kg Boden. Beide Werte werden bei maximal festgestellten Gehalten von 3,5 µg/kg unterschritten. Die ermittelten Cadmium-Gesamtgehalte von 2,4 mg/kg und 1,2 mg/kg liegen oberhalb der nordrhein-westfälischen Hintergrundgehalte (Median: 0,48 mg/kg; 90. Perzentil: 0,96 mg/kg). Auch für Cadmium muss daher mit erhöhten Gehalten im Stadtgebiet gerechnet werden.

Da für **Chrom** in der BBodSchV kein gefahrenbezogener Prüfwert festgelegt wurde, werden zur Bewertung der Gesamtgehalte die Hintergrundwerte herangezogen. Wie schon bei den Untersuchungen in 2012 und 2013 festgestellt wurde, ist mit den in 2014 ermittelten Gesamtgehalten von 100 mg/kg und 440 mg/kg im Vergleich mit den Hintergrundwerten (Median: 21 mg/kg; 90. Perzentil: 35 mg/kg) mit erhöhten Gehalten an Chrom über das gesamte Stadtgebiet verteilt zu rechnen. Als Ursachen für die erhöhten Gehalte sind hohe geogene Grundgehalte des bodenbildenden Ausgangssubstrates sowie auch industrielle und bergbauliche Einflüsse der Vergangenheit zu nennen. Die pflanzenverfügbare Menge an Chrom ist am MP 10 mit 4,8 µg/kg TM gering, am MP 7 allerdings mit 47 µg/kg TM verhältnismäßig hoch.

Erhöhte Gehalte von **Nickel** in Pflanzen führen eher zu Wachstums- und Ertragsbeeinträchtigungen als dass ihre Nutzung als Nahrungsmittel in Frage zu stellen ist. Daher wurde in der BBodSchV für Nickel ein Prüfwert für die pflanzenverfügbare Fraktion (nach Ammoniumnitrat-Aufschluss) in Höhe von 1,5 mg/kg Boden festgelegt. Dieser Wert wird an beiden Standorten deutlich unterschritten. Wie schon bei den Untersuchungen in 2012 und 2013 festgestellt wurde, ist mit den in 2014 ermittelten Gesamtgehalten von 60 mg/kg und 290 mg/kg im Vergleich mit den Hintergrundwerten (Median: 12 mg/kg; 90. Perzentil: 23 mg/kg) mit erhöhten Gehalten an Nickel im gesamten Stadtgebiet zu rechnen.

Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen

Blei-Gehalte:

Die im Jahr 2014 ermittelten Blei-Gehalte in Grünkohl befinden sich mit Werten von 0,091 (MP 10, Container-Exposition) bis 0,5 mg/kg FM (MP 6) teilweise deutlich über dem 95. Perzentil der Hintergrundbelastung in NRW (s. Abbildung 2 sowie Tabelle 2 im Anhang). Die Hintergrundbelastung wurde auf Grundlage von Messwerten des Wirkungsdauermessprogramms aus dem Zeitraum von 2004 bis 2013 an zehn nicht durch eine Quelle beeinflussten Messpunkten in NRW ermittelt (LANUV-Fachbericht 61). Das 50. Perzentil der Hintergrundbelastung beträgt in Grünkohl 0,026 mg/kg FM; das 95. Perzentil 0,13 mg/kg FM. Letzteres wurde in den im Beet exponierten Grünkohlpflanzen an allen Messpunkten überschritten, was auf einen aktuellen immissionsbedingten Eintrag von Blei hinweist, denn die systemische Aufnahme von Blei aus den belasteten Standortböden kann weitestgehend ausgeschlossen werden (s. u.).

Auch der in der EU zulässige Höchstgehalt für Blei in Blatt- und Kohlgemüse von 0,30 mg/kg FM (Verordnung EU Nr. 420/2011) wird an den Messpunkten 4R, 6 und 7 überschritten.

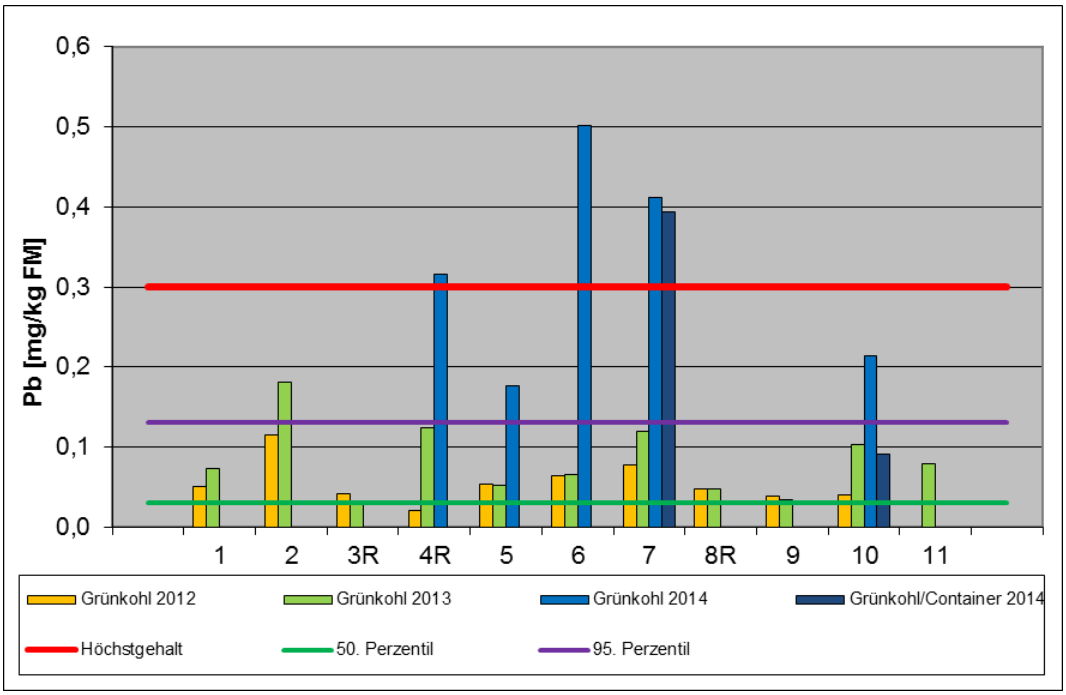

Abbildung 2: Blei-Gehalte in Grünkohl [mg/kg FM] an den Messpunkten in Siegen, Hintergrundbelastung in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 92; Daten von 2004 – 2013), EU-Höchstgehalt

Die Blei-Gehalte in Grünkohl waren in den vorangegangen Jahren deutlich niedriger. Während sich die Blei-Gehalte in den im Beet und im Container mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen am MP 7 kaum voneinander unterscheiden, gibt es am MP 10 einen relativ großen Unterschied zwischen den unterschiedlich exponierten Pflanzen. Das zeigt sich auch bei der Betrachtung der unterschiedlichen Eintragspfade (s. Abbildung 3). Es wird dabei dennoch sichtbar, dass die Blei-Gehalte in den vor Ort exponierten Grünkohlpflanzen deutlich höher sind als bei den in Standortboden am Referenzstandort in Essen exponierten Pflanzen. Daraus ist zu schließen, dass die Grünkohlpflanzen in Siegen Blei hauptsächlich über den Luftpfad aufgenommen haben und es keine relevanten Einträge von Blei durch systemische Aufnahme aus dem Boden gab. Dass die Grünkohlpflanzen am MP 10 im Beet noch einmal höhere Gehalte aufweisen als die parallel im Container exponierten, liegt möglicherweise daran, dass sie durch den an diesem MP relativ hoch belasteten Standortboden (s. Tabelle 1) verunreinigt wurden.

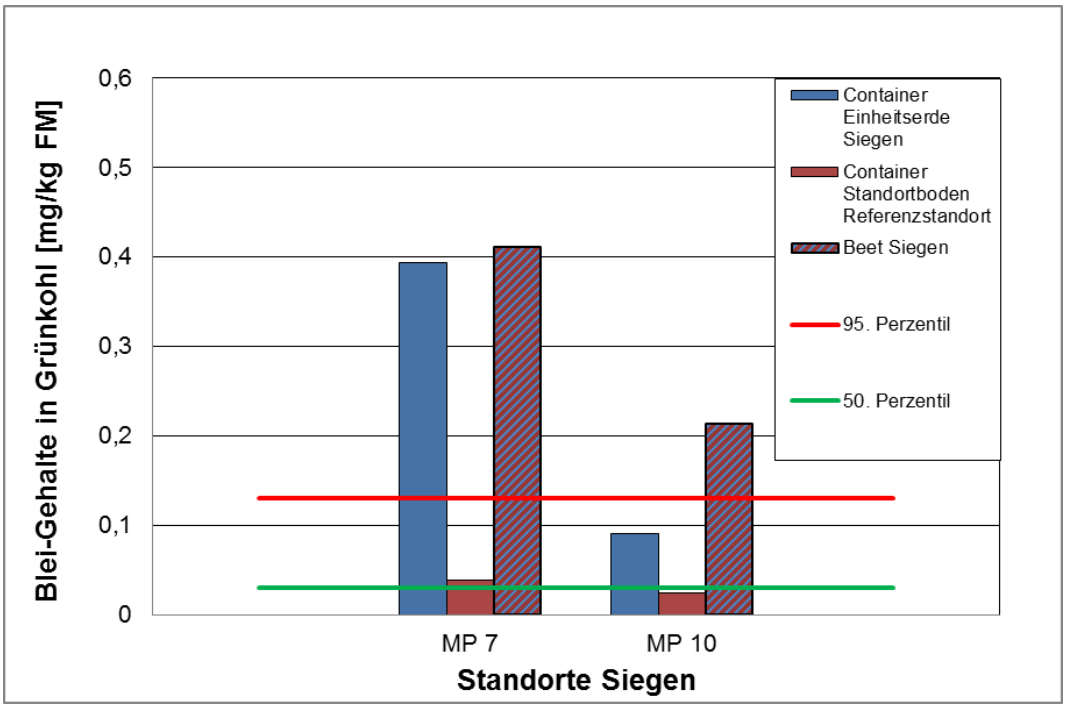

Abbildung 3: Blei-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten in Siegen im Container mit Einheitserde am Standort, im Container mit Standortboden am Referenzstandort Essen und im Beet in Siegen [mg/kg FM]; 50. und 95. Perzentil der Hintergrundbelastung NRW (Linien, Messwerte aus dem WDMP von 2004 – 2013, n = 92)

Aufgrund dieser Ergebnisse muss von einer immissionsbedingten Belastung des Grünkohls durch Blei im Jahr 2014 ausgegangen werden. Eine mögliche Quelle stellen die Firmen „Deutsche Edelstahlwerke“ und „BGH Edelstahl“ dar, wobei auch der vermeintliche Referenzmesspunkt 4R hohe Blei-Gehalte im Grünkohl aufweist (s. Abbildung 2).

Die im Jahr 2014 ermittelten Blei-Gehalte in der Endivie befinden sich mit Werten zwischen 0,011 (MP 10) und 0,14 (MP 5) auf dem vergleichbar niedrigen Niveau des Vorjahres (s. Abbildung 4 sowie Tabelle 2 im Anhang). Für die Endivie liegen derzeit keine Vergleichs-

werte für die Hintergrundbelastung in NRW vor. Der zulässige EU-Höchstgehalt wird von den 2014 untersuchten Pflanzen an allen Messpunkten unterschritten.

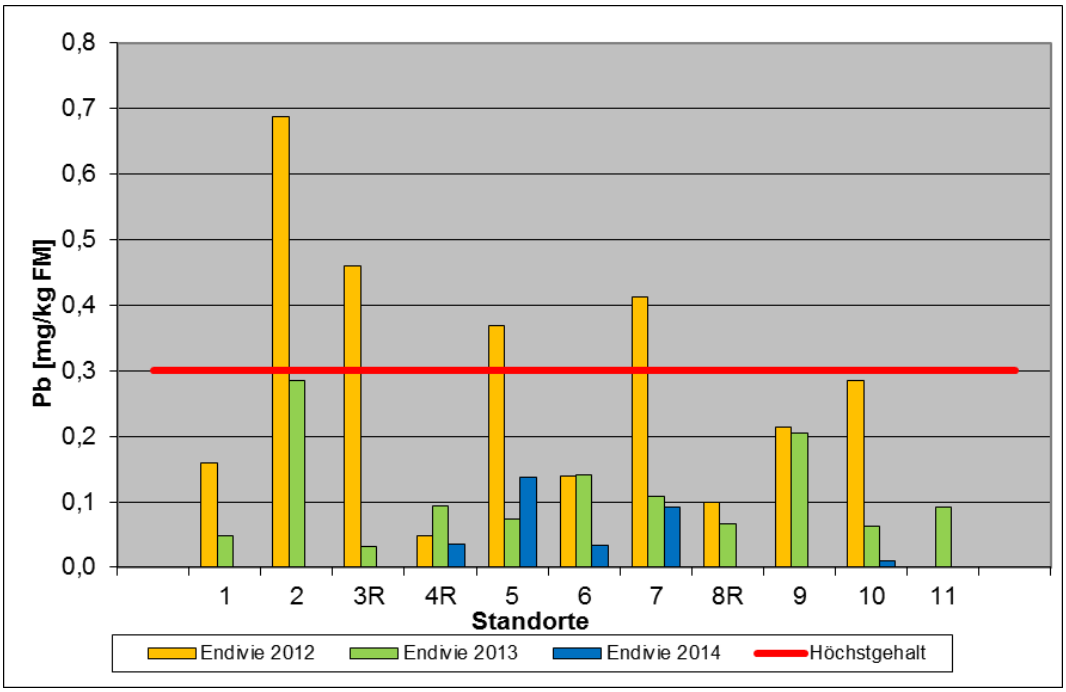

Abbildung 4: Blei-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Siegen, EU-Höchstgehalt

Anders als die Untersuchung der Grünkohlpflanzen liefert die Endivie im Jahr 2014 keinen Hinweis auf einen immissionsbedingten Eintrag von Blei. Da sich die Expositionszeiten von Endivie und Grünkohl unterscheiden, könnten Blei-Immissionen möglicherweise nur bzw. verstärkt im Zeitraum zwischen Mitte August und November 2014 aufgetreten sein.

Die vom LANUV an anderen Messpunkten in Siegen ermittelten Blei-Gehalte im Staubniederschlag (Jahresmittelwerte) waren 2014 niedriger als im Vorjahr: Im Jahr 2014 lagen die Blei-Gehalte im Staubniederschlag an den Messpunkten in Siegen bei 3,2 - 10,9 µg/m² *d; im Jahr 2013 bei 4,6 – 25,4 µg/m² *d. Monatswerte liegen dabei leider nicht vor (Quelle: www.lanuv.nrw.de/luft/immissionen/staub/messergeb.htm).

Cadmium-Gehalte:

Die im Jahr 2014 ermittelten Cadmium-Gehalte in Grünkohl, der in Containern mit Einheitserde vor Ort in Siegen exponiert wurde, befinden sich auf dem Niveau des 50. Perzentils der Hintergrundbelastung in NRW. Dagegen liegen die Cadmium-Gehalte in Grünkohl, der im Beet an den Messpunkten in Siegen exponiert wurde, mit Werten von 0,018 (MP 5) bis 0,045 mg/kg FM (MP 7) im Bereich des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung in NRW bzw. sogar deutlich darüber (s. Abbildung 5 sowie Tabelle 3 im Anhang). Der EU-Höchstgehalt für Cadmium in Blatt- und Kohlgemüse wird allerdings weit unterschritten.

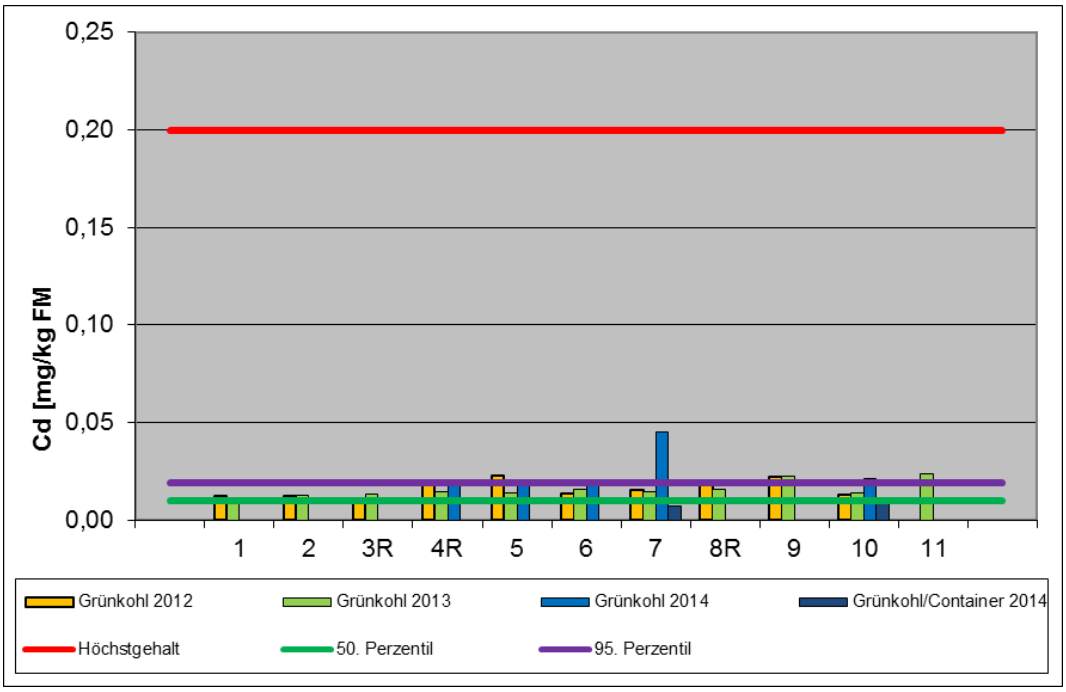

Abbildung 5: Cadmium-Gehalte in Grünkohl [mg/kg FM] an den Messpunkten in Siegen, Hintergrundbelastung in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 94; Daten von 2004 – 2013), EU-Höchstgehalt

Damit befinden sich die Cadmium-Gehalte in Grünkohl an vier von fünf Messpunkten auf dem Niveau des Vorjahres. Am MP 7 ist ein relevanter Anstieg gegenüber 2013 zu erkennen.

Da die vor Ort in Siegen in einem Container mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen deutlich geringere Cadmium-Gehalte ausweisen als die Pflanzen, die im Beet exponiert wurden, ist davon auszugehen, dass die Aufnahme von Cadmium in die Pflanze hauptsächlich systemisch über die Wurzel bzw. durch Verschmutzung der Blätter mit Boden (Verschmutzungspfad) erfolgte. Ein immissionsbedingter Eintrag über die Luft kann nicht nachgewiesen werden.

Das zeigt sich auch bei der Betrachtung der Eintragspfade (s. Abbildung 6). Selbst am quellenfernen Referenzstandort in Essen werden in Grünkohlpflanzen, die in belastetem Standortboden aus Siegen exponiert wurden (MP 7) gegenüber der Hintergrundbelastung erhöhte Cadmium-Gehalte ermittelt. Der pflanzenverfügbare Anteil an Cadmium im Standortboden war am MP 7 größer als am MP 10.

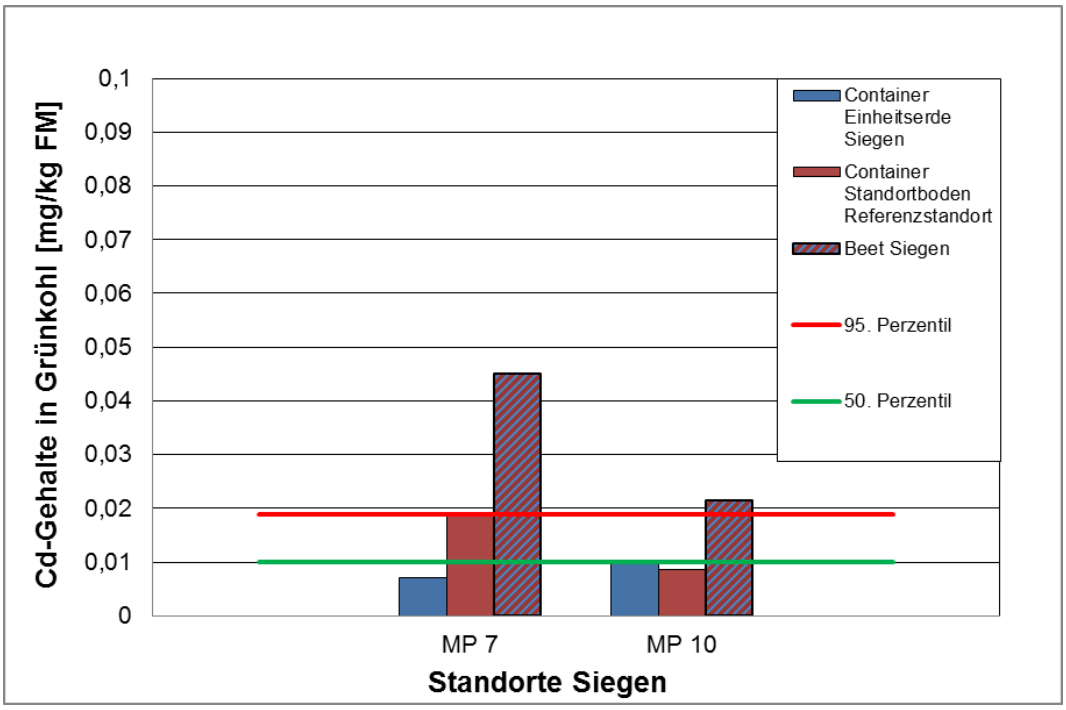

Abbildung 6: Cadmium-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten in Siegen im Container mit Einheitserde am Standort, im Container mit Standortboden am Referenzstandort in Essen und im Beet in Siegen [mg/kg FM]; 50. und 95. Perzentil der Hintergrundbelastung NRW (Linien, Messwerte aus dem WDMP von 2004 – 2013, n = 94)

Die Cadmium-Gehalte in Endivien bestätigen an den erneut überprüften Messpunkten mit Werten zwischen 0,014 – 0,019 mg/kg FM das niedrige Niveau aus dem Vorjahr (s. Abbildung 7 sowie Tabelle 3 im Anhang). Der EU-Höchstgehalt von 0,2 mg/kg FM wird weit unterschritten.

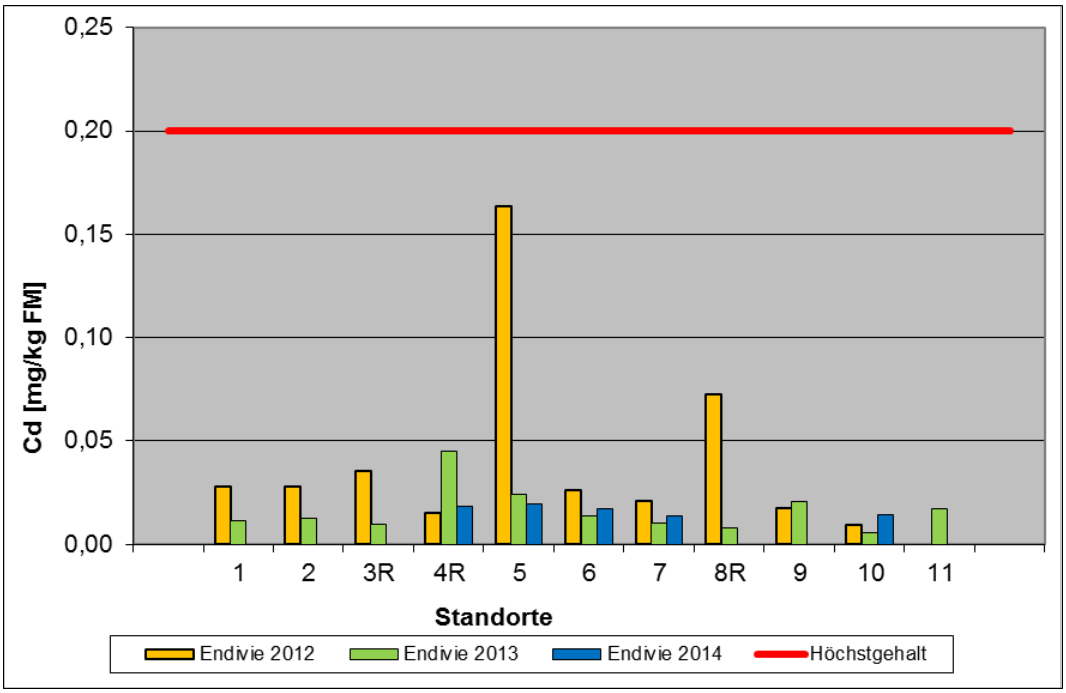

Abbildung 7: Cadmium-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Siegen, EU-Höchstgehalt

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass keine immissionsbedingte Belastung der Nahrungspflanzen durch Cadmium vorliegt.

Chrom-Gehalte:

Die im Jahr 2014 ermittelten Chrom-Gehalte in Grünkohl befinden sich an allen Messpunkten in Siegen deutlich über dem 95. Perzentil der Hintergrundbelastung in NRW (s. Abbildung 8 sowie Tabelle 4 im Anhang). Dabei sind die Chrom-Gehalte am Referenzmesspunkt und in den Grünkohlpflanzen, die in einem Container mit Einheitserde vor Ort exponiert wurden, mit 0,24 (MP 4R) bis 0,29 mg/kg FM etwa 5fach gegenüber dem 95. Perzentil der Hintergrundbelastung erhöht; an den anderen Messpunkten sind sie dagegen 7fach (MP 10) bis 13fach erhöht (MP 7). Gegenüber dem Vorjahr sind die Chrom-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten 4R und 6 erhöht; an den MP 5, 7 und 10 niedriger als 2013.

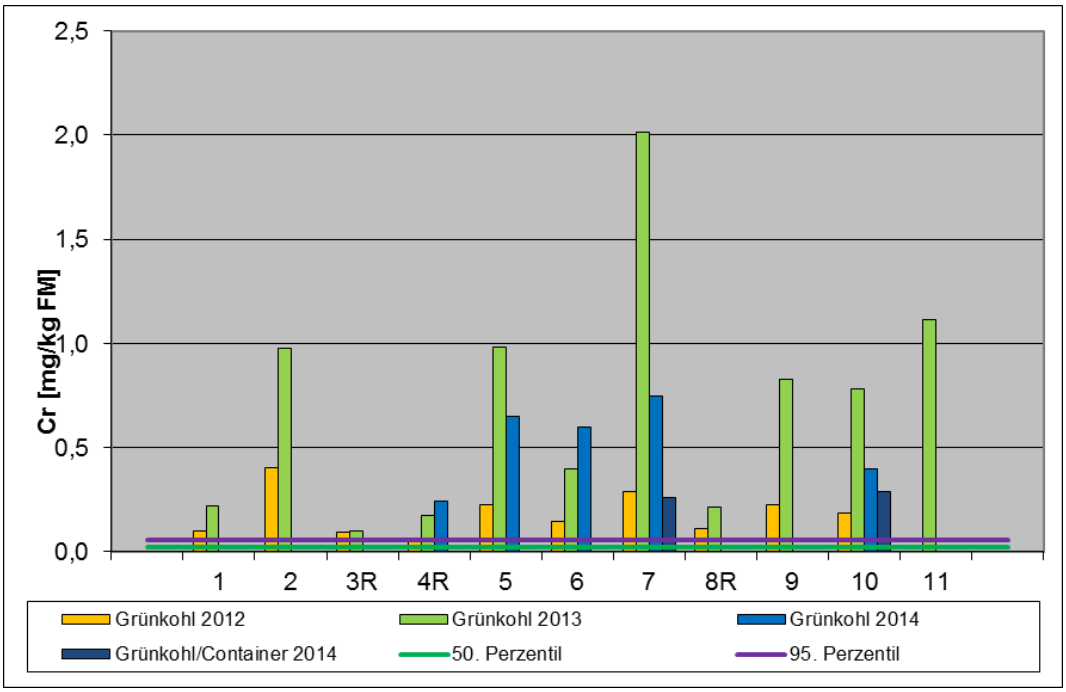

Abbildung 8: Chrom-Gehalte in Grünkohl [mg/kg FM] an den Messpunkten in Siegen, Hintergrundbelastung in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 50; Daten von 2004 – 2013)

Damit ist von einem immissionsbedingten Eintrag von Chrom in die Grünkohlpflanzen auszugehen, wobei die Gehalte in den im Beet exponierten Pflanzen noch einmal deutlich höher sind, so dass darüber hinaus auch ein **Eintrag von Chrom aus dem Boden** möglich ist.

Das bestätigt auch die Betrachtung der Eintragspfade (s. Abbildung 9). Dabei liegt gerade am MP 10, dessen Standortboden mit 440 mg/kg TM (Königswasser-Aufschluss) die höchsten Chrom-Gehalte aufweist, der Chrom-Gehalt der in Standortboden exponierten Pflanzen am Referenzstandort in Essen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Allerdings wurde hier auch mit 4,8 µg/kg TM ein verhältnismäßig niedriger pflanzenverfügbarer Chromanteil ermit-

telt. Am MP 7 liegt der Chrom-Gehalt der Pflanzen im Container am Referenzstandort Essen im Bereich des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung, was auf einen **systemischen Eintrag über den Boden** hinweist. An diesem Messpunkt wurde mit 47 µg/kg TM ein sehr hoher Wert für die pflanzenverfügbare Menge an Chrom im Boden ermittelt.

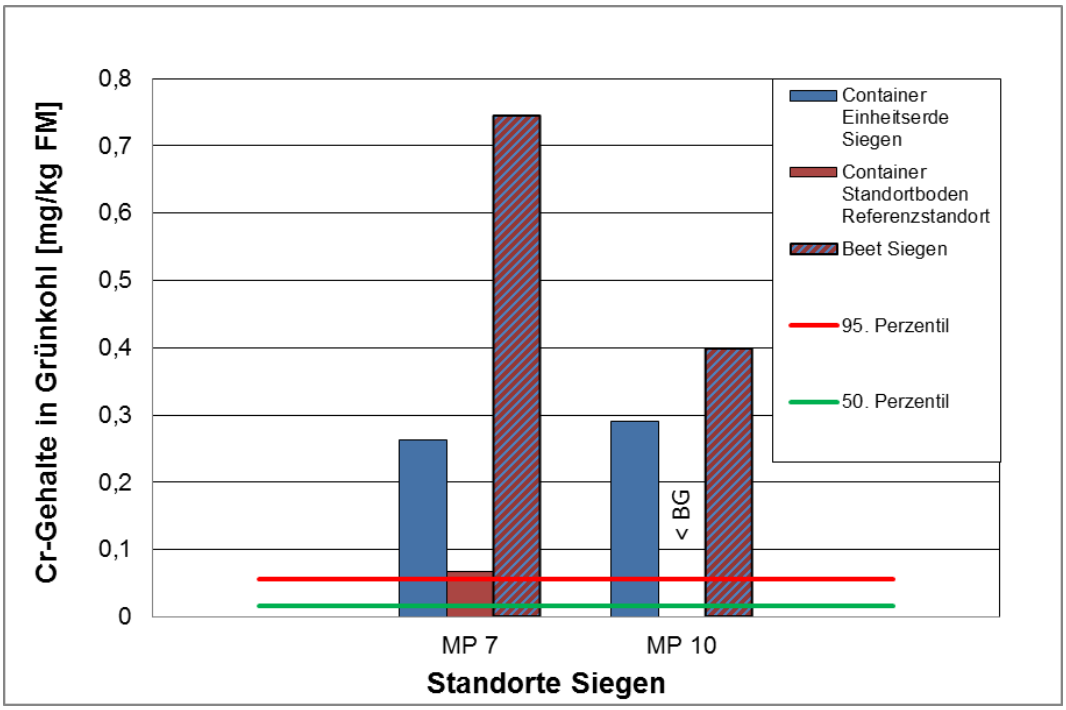

Abbildung 9: Chrom-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten in Siegen im Container mit Einheitserde am Standort, im Container mit Standortboden am Referenzstandort in Essen und im Beet in Siegen [mg/kg FM]; 50. und 95. Perzentil der Hintergrundbelastung NRW (Linien, Messwerte aus dem WDMP von 2004 – 2013, n = 50)

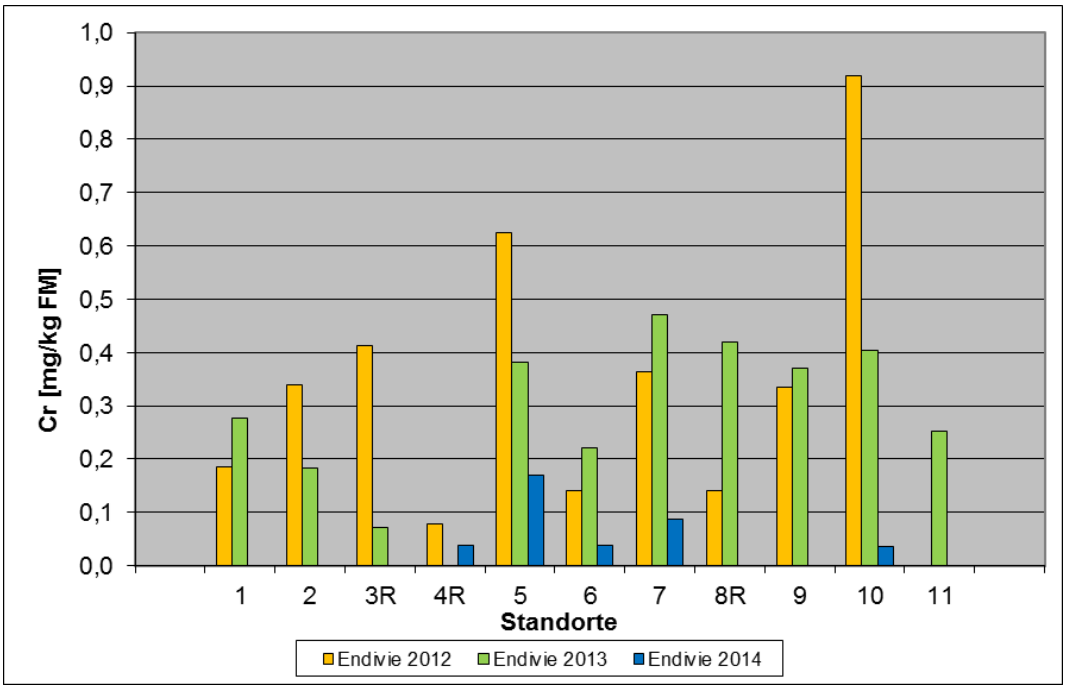

Abbildung 10: Chrom-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Siegen

Die Chrom-Gehalte in Endivien sind gegenüber dem Vorjahr mit Werten zwischen 0,036 und 0,17 mg/kg FM an den vier Messpunkten deutlich zurückgegangen (s. Abbildung 10 sowie Tabelle 4 im Anhang).

Nickel-Gehalte:

Die im Jahr 2014 ermittelten Nickel-Gehalte in Grünkohl befinden sich mit Werten von 0,2 (MP 10) bis 0,57 (MP 7) an allen Messpunkten mit Ausnahme des Referenzmesspunktes 4R oberhalb des 95. Perzentils der Hintergrundbelastung in NRW (s. Abbildung 11 sowie Tabelle 5 im Anhang). Die Nickel-Gehalte sind gegenüber den Vorjahren deutlich angestiegen. In den in Containern mit Einheitserde exponierten Grünkohlpflanzen (MP 7, MP 10) sind die Gehalte noch höher als in den im Beet exponierten Pflanzen, was möglicherweise aber durch einen sehr hohen pflanzenverfügbaren Anteil an Nickel in der verwendeten Einheitserde bedingt ist. **Generell ist aus den Ergebnissen auf einen immissionsbedingten Eintrag von Nickel zu schließen.**

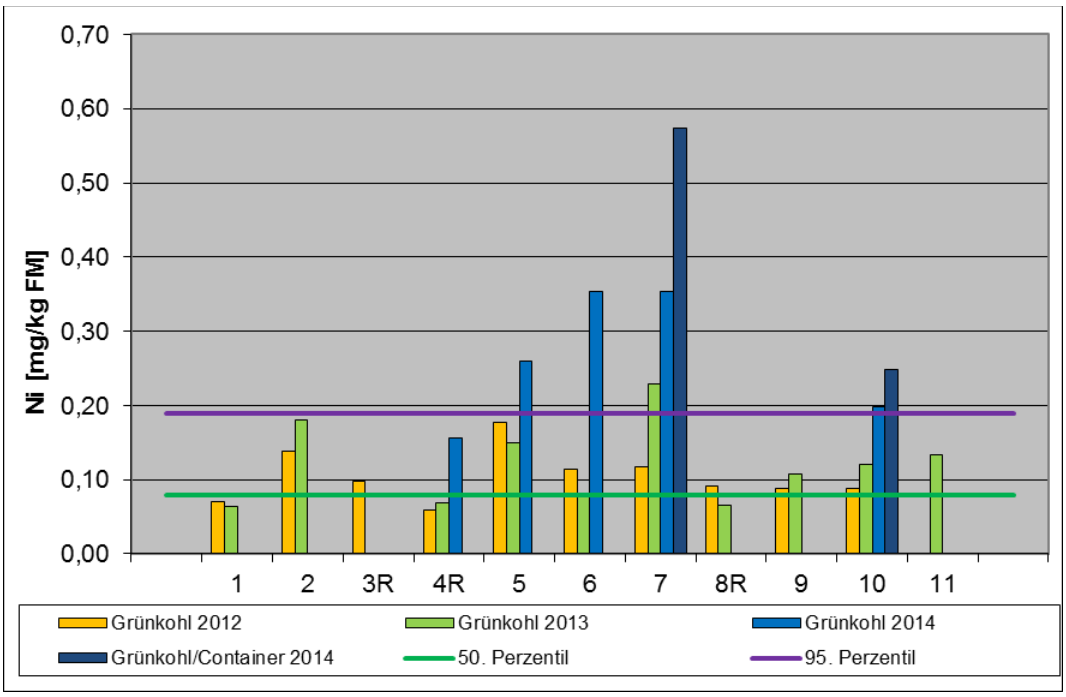

Abbildung 11: Nickel-Gehalte in Grünkohl [mg/kg FM] an den Messpunkten in Siegen, Hintergrundbelastung in NRW als Linien (50. und 95. Perzentil, n = 85; Daten von 2004 – 2013)

Bei der Betrachtung der Eintragspfade fällt auf, dass die Nickel-Gehalte der Grünkohlpflanzen, die am Referenzstandort in Essen in Standortboden exponiert wurden, unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen (s. Abbildung 12). Der Eintrag von Nickel über den Standortboden scheint also sehr gering zu sein. Dagegen zeigen sich in dieser Abbildung die Einträge über die Luft sehr deutlich.

Betrachtet man die Entwicklung von Nickel im Staubniederschlag in Siegen (Quelle: www.lanuv.nrw.de/luft/immissionen/staub/messergeb.htm), so stiegen die Werte im Jahr

2014 gegenüber 2013 an. Die Werte bewegten sich im Jahr 2014 als Jahresmittelwerte zwischen 9,1 µg/m²*d und maximal 75 µg/m²*d an den Messpunkten in Siegen. Im Jahr 2013 variierten die Einträge zwischen 7,9 und maximal 38 µg/m²*d. Diese Tendenz spiegelt sich auch bei den Grünkohlergebnissen wider.

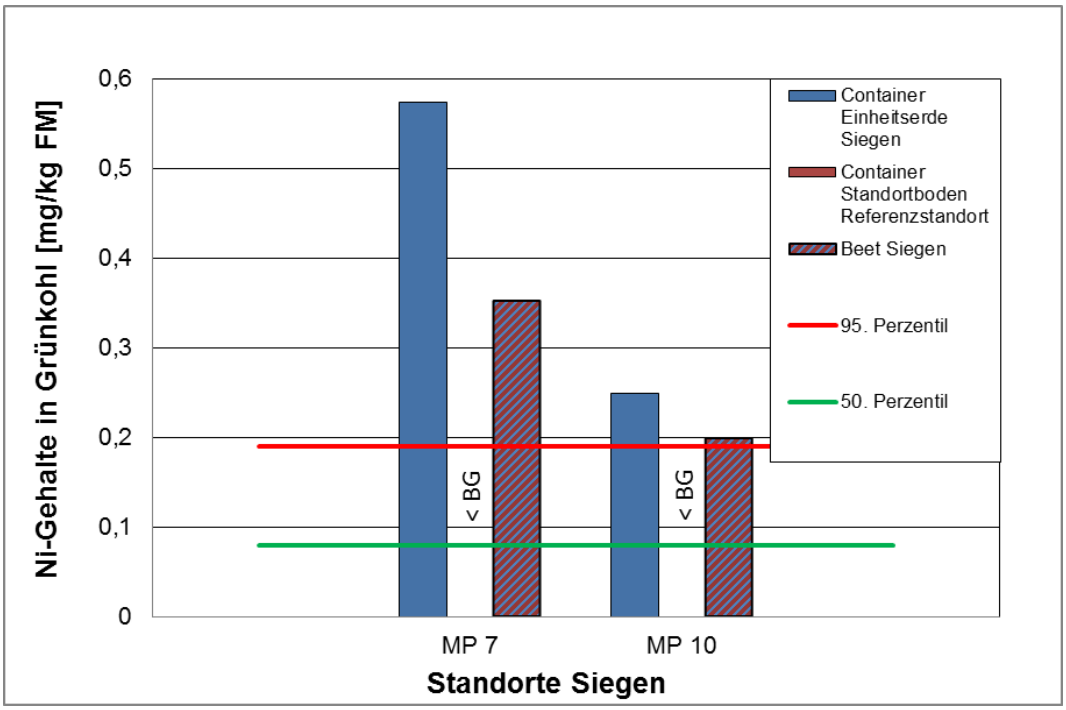

Abbildung 12: Nickel-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten in Siegen im Container mit Einheitserde am Standort, im Container mit Standortboden am Referenzstandort in Essen (< BG) und im Beet in Siegen [mg/kg FM]; 50. und 95. Perzentil der Hintergrundbelastung NRW (Linien, Messwerte aus dem WDMP von 2004 – 2013, n = 85)

Die Nickel-Gehalte in den Endivien zeigen mit Werten von 0,022 und 0,11 mg/kg FM im Jahr 2014 insgesamt eine leicht abnehmende Entwicklung; mit Ausnahme des MP 5, hier nimmt der Gehalt leicht zu (s. Abbildung 13 sowie Tabelle 5 im Anhang).

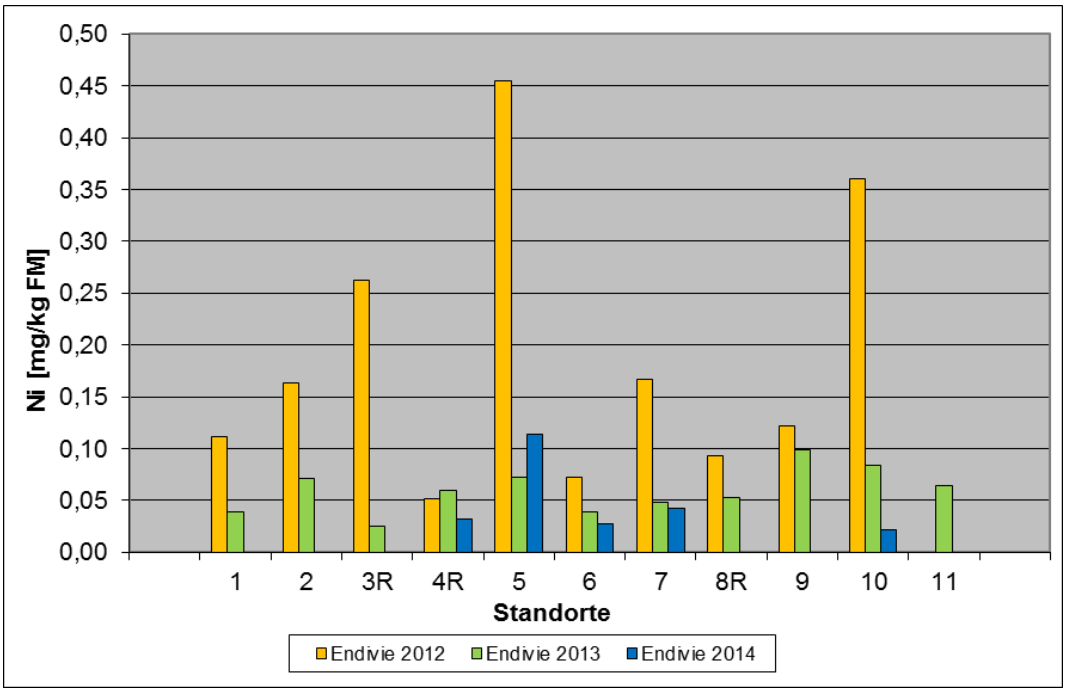

Abbildung 13: Nickel-Gehalte in Endivie [mg/kg FM] an den Messpunkten in Siegen

Gesundheitliche Bewertung der Ergebnisse

Im vorliegenden Fall wird wie bisher als Konvention bei der Berechnung 250 g Endivie oder Grünkohl pro Tag - stellvertretend für gesamtverzehrtes Gemüse aus den hier beprobten Gärten - zu Grunde gelegt. Des Weiteren wird analog zur bisherigen Vorgehensweise bei der Bewertung von Kontaminanten in Gemüseproben aus Kleingärten die maximal ermittelte Schadstoffkonzentration in der am höchsten belasteten Probe herangezogen.

Blei:

Die höchsten Blei-Belastungen wurden mit 0,14 mg/kg FM in Endivie aus Garten 5 und mit 0,50 mg/kg FM in Grünkohl aus Garten 6 ermittelt.

Die Beurteilung dieser Belastungen erfolgt auf Basis der EU-Verordnung Nr. 420/2011 der Kommission vom 29. April 2011, in der für Blei Höchstgehalte in Lebensmitteln festgelegt wurden. Der in der EU-Verordnung festgelegte Pb-Höchstgehalt für Blatt- und Kohlgemüse beträgt 0,30 mg/kg Frischmasse.

Für Blei wird der Pb-Höchstgehalt in den hier untersuchten Endivienpflanzen in allen Gärten unterschritten. In den Grünkohlpflanzen aus den Gärten 4R, 6, und 7 wird der Pb-Höchstgehalt überschritten (Referenzgarten 4 mit 0,32 mg/kg FM). Solchermaßen belastetes Gemüse darf nach nationalem und EU-Lebensmittelrecht nicht in den Handel gebracht werden. Insofern sollten die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zum Anlass genommen werden, eine entsprechende Nichtverzehrempfehlung für die o. g. Gärten herauszugeben. In den Grünkohlpflanzen aus den Gärten 5 und 10 wird der Pb-Höchstgehalt unterschritten.

Cadmium:

Die höchsten Cadmium-Belastungen wurden mit 0,019 mg/kg Frischmasse (FM) in Endivie im Garten 5 und im Referenzgarten 4 ermittelt. Für Grünkohl lag die höchste Konzentration bei 0,045 mg/kg FM im Garten 7.

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

Der in der EU-Verordnung festgelegte Cd-Höchstgehalt für Blattgemüse und Blattkohl beträgt 0,20 mg/kg Frischmasse und wird bei den hier untersuchten Endivien- und Grünkohlproben durchgängig unterschritten.

Chrom:

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

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

Die höchsten Chrom-Belastungen wurden mit 0,17 mg/kg FM in Endivie aus dem Garten 5 und mit 0,74 mg/kg FM in Grünkohl aus dem Garten 7 ermittelt.
Unter den Annahmen, dass es sich bei den in den Nahrungspflanzen enthaltenen Chrom-Gehalten ausschließlich um Chrom(III) handelt, sowie einem täglichen Verzehr von 250 g Gemüse aus dem eigenen Garten und einem Körpergewicht von 70 kg ergibt sich für Endivie rein rechnerisch eine Chrom(III)-Zusatzbelastung in Höhe von ca. 0,61 µg/kg KG/d und für Grünkohl von ca. 2,6 µg/kg KG/d. Damit wird der TDI-Wert für Chrom(III), auch unter Einbezug der Belastung über den allgemeinen Warenkorb, in den beiden hier untersuchten Proben unterschritten.

Nickel:

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

Aktuell hat die EFSA im Februar 2015 ein wissenschaftliches Gutachten zu den Risiken für die menschliche Gesundheit durch Nickel in Lebensmitteln, insbesondere Gemüse und im Trinkwasser veröffentlicht. Hieraus geht hervor, dass die EFSA für die chronische orale Aufnahme eine tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (tolerable Daily Intake-TDI) in Höhe von 2,8 µg/kg KG/d abgeleitet hat. Laut EFSA (2015) liegt die durchschnittliche Hintergrundbelastung durch die abgeschätzte Nickelaufnahme über den allgemeinen Warenkorb in Deutschland für Erwachsene zwischen 2,6 µg/kg KG/d und 3,4 µg/kg KG/d (Minimum untere Grenze (LB) und Maximum obere Grenze UB)[1].

Im vorliegenden Fall liegt die höchste Nickel-Belastung in Endivie bei 0,11 mg/kg FM (Garten 5) und in Grünkohl bei 0,35 mg/kg FM (Gärten 6 und 7).

Bei einem durchschnittlichen Körpergewicht von 70 kg und einem angenommenen täglichen Verzehr von 250 g Gemüse aus dem eigenen Garten ergibt sich rein rechnerisch eine Zusatzbelastung für Nickel über Endivie von ca. 0,08 µg/kg KG/d (Garten 10) bis maximal ca. 0,39 µg/kg KG/d (Garten 5) und für Grünkohl von ca. 0,57 (Garten 4R) bis maximal ca. 1,3 µg/kg KG/d (Gärten 6 und 7). Der TDI-Wert wird ohne Berücksichtigung der Hintergrundbelastung durch den Verzehr von Endivie aus Garten 6 und 10 zu ca. 3 %, von Endivie aus Garten 4R zu ca. 4 %, von Endivie aus Garten 7 zu ca. 6 % und von Endivie aus Garten 5 zu ca. 14 % ausgeschöpft.
Der TDI-Wert wird ohne Berücksichtigung der Hintergrundbelastung durch den Verzehr von Grünkohl aus Garten 4R zu ca. 20 %, von Grünkohl aus Garten 10 zu ca. 26 %, von Grünkohl Garten 5 zu ca. 33 % und von Grünkohl aus den Gärten 6 und 7 zu ca. 45 % ausgeschöpft.

Unter Berücksichtigung der Hintergrundbelastung über den allgemeinen Warenkorb von ca. 2,6 – 3,4 µg/kg KG/d wird der aktuell von der EFSA (2015) abgeleitete TDI-Wert in Höhe von 2,8 µg/kg KG/d für Endivie mit der höchsten Belastung (mit ca. 3,0 bis 3,8 µg/kg KG/d) um ca. maximal den Faktor 1,4 und für Grünkohl mit der höchsten Belastung (mit ca. 3,9 bis 4,7 µg/kg KG/d) um ca. maximal den Faktor 1,7 überschritten.

Für Grünkohl erfolgt die Bewertung der Exposition gegenüber Nickel mittels der am höchsten belasteten Grünkohlprobe aus den Gärten 6 und 7 in Höhe von 0,35 mg/kg FM.

Im Vergleich zum Nickelgehalt der o. g. Grünkohlprobe beträgt der Nickelgehalt in Grünkohlproben aus Untersuchungen im Rahmen des Wirkungsdauermessprogramm (WDMP) an 10 Standorten aus NRW aus den Jahren 2004 bis 2013 0,19 mg/kg FM (95. Perzentil). Somit ist die festgestellte Belastung als vergleichsweise erhöht zu betrachten.

Üblicherweise liegt laut EFSA (2015) der mittlere Nickelgehalt bezogen auf die Trockenmasse für Gemüse und Gemüseprodukte (einschl. Pilze) zwischen 742 µg/kg (LB) und 753 µg/kg (UB). Das 95. Perzentil liegt bei 9.250 µg/kg (LB u. UB). Für die Nahrungsmittelgruppe

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

Hülsenfrüchte, Nüsse und Ölsamen liegt laut EFSA (2015) der mittlere Nickelgehalt bezogen auf die Trockenmasse zwischen 1.862 µg/kg (LB) und 1.880 µg/kg (UB) und das 95. Perzentil bei 7.000 µg/kg (LB u. UB). Es ist ersichtlich, dass die Nickelgehalte in den untersuchten Nahrungsmittelgruppen größeren Schwankungen unterliegen.

Zum Vergleich hierzu beträgt der Nickelgehalt bezogen auf die Trockenmasse von Grünkohl aus den Gärten 6 und 7 ca. 1.800 µg/kg. Die hier untersuchten Grünkohlproben liegen somit auch im Vergleich zu anderen Lebensmitteln bzw. Lebensmittelgruppen mit Bezug auf die Nickelbelastung in einem vergleichsweise erhöhten Bereich. Es ist aber zu beachten, dass es zahlreiche im Handel erhältliche Nahrungsmittel gibt, die deutlich höhere Nickelbelastungen aufweisen können, die im Vergleich zu der Nickelbelastung des hier beprobten Grünkohls höher liegen. Der untersuchte Grünkohl aus den Gärten 6 und 7 ist im Vergleich zu dem Ergebnis aus den WDMP zwar um ca. den Faktor 2 höher nickelbelastet, gleichzeitig wird aber das 95. Perzentil der Nickelbelastung der Nahrungsmittelgruppe Gemüse und Gemüseprodukte (einschl. Pilze) in Höhe von 9.250 µg/kg TM um ca. den Faktor 5 unterschritten.

Aus diesem Grund und da der TDI-Wert für Nickel in Grünkohl und Endivie schon allein über die Hintergrundbelastung nahezu ausgeschöpft bzw. überschritten wird, ist die Ableitung einer Verzehrempfehlung auf Basis der Nickelbelastung der hier beprobten Nahrungspflanzen nicht zielführend. Für Personen, die sich bewusst nickelarm ernähren möchten, ist es aufgrund der hohen Belastung durch die tägliche Nickelaufnahme über die allgemeine Nahrung sinnvoll, nicht ausschließlich bei den im eigenen Garten angebauten Pflanzen anzusetzen. Zur Minderung der Nickelbelastung ist vor allem die Reduzierung des Verzehrs folgender Produkte geeignet: Pecan-, Cashewnüsse, Kakaopulver schwach entölt, Tee schwarz, Sojabohnen, Sojamehl vollfett, Schokolade milchfrei.

Bei Verzehr von Endivie (250 g) aus Garten 5 wird der TDI-Wert um ca. maximal den Faktor 1,4 überschritten, so dass Endivien aus diesem Garten bis zu fünfmal pro Woche verzehrt werden könnten.

Bei Verzehr von Grünkohl (250 g) aus den Gärten 6 und 7 wird der TDI-Wert um ca. maximal den Faktor 1,7 überschritten, so dass dieser jeden 2. Tag verzehrt werden könnte.

Fazit

Aufgrund erhöhter Nickel-Gehalte in der Deposition wurden in den Jahren 2012 bis 2014 Nahrungspflanzenuntersuchungen im Bereich zweier Edelstahlwerke in Siegen durchgeführt. Nachdem die Untersuchungen im Jahr 2013 in allen exponierten Nahrungspflanzen gesundheitlich unbedenkliche Gehalte von Blei, Cadmium, Chrom und Nickel zeigten, wurde die Anzahl der Messpunkte im Jahr 2014 reduziert. Zusätzlich wurden an den Messpunkten 7 und 10 im Rahmen eines Versuches die Eintragspfade für Schwermetalle untersucht.

Die **Untersuchung der Böden** an den Messpunkten 7 und 10 ergab, dass der Prüfwert für die pflanzenverfügbaren **Blei-**Gehalte und der Maßnahmenwert für die pflanzenverfügbaren **Cadmium-Gehalte** nach BBodSchV unterschritten werden. Die Chrom- und Nickel-Gehalte

beider Messpunkte liegen oberhalb des 90. Perzentils der Hintergrundgehalte von Gartenböden in NRW. Insgesamt ist aus Bodenschutzsicht festzustellen, dass die Ergebnisse der Untersuchung an den beiden Standorten bestätigen, dass im Stadtgebiet von Siegen Schwermetallgehalte in Böden auftreten können, die im Vergleich mit nordrhein-westfälischen Hintergrundwerten als erhöht zu bezeichnen sind.

Die **Untersuchung der Nahrungspflanzen** führte zu folgenden Ergebnissen:

Die **Blei-Gehalte** in Grünkohl sind im Vergleich zu den Vorjahren angestiegen und übersteigen 2014 an allen Messpunkten das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung in NRW. Auch der in der EU zulässige Höchstgehalt für Blei in Blatt- und Kohlgemüse wird an den Messpunkten 4R, 6 und 7 (Beet und Container) überschritten. Es fand offensichtlich ein immissionsbedingter Eintrag von Blei in die Grünkohlpflanzen statt. Die Bleigehalte in Endivien bestätigen insgesamt die niedrigen Werte aus dem Vorjahr und unterschreiten an allen Messpunkten den EU-Höchstgehalt.

Die **Cadmium-Gehalte** in Endivie und Grünkohl befinden sich überwiegend auf Vorjahresniveau; sie unterschreiten in allen Fällen deutlich den zulässigen EU-Höchstgehalt in Lebensmitteln. Bei Grünkohl befinden sich die Werte im oberen Bereich üblicher Hintergrundwerte (zwischen dem 50. und 95. Perzentil) von NRW; am MP 7 übersteigt der Cadmiumgehalt das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Cadmium-Einträge hauptsächlich durch systemische Aufnahme aus dem Boden erfolgten, während ein immissionsbedingter Eintrag nicht nachgewiesen werden konnte.

Die **Chrom-Gehalte** in Grünkohl überschreiten das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung deutlich. Es ist davon auszugehen, dass Chrom sowohl durch Immissionen als auch über den Boden in die Pflanzen eingetragen wurde. In den Endivien sind die Werte im Vergleich zum Vorjahr zurückgegangen.

Die **Nickel-Gehalte** in Grünkohl sind in 2014 deutlich höher als in den Vorjahren und übersteigen an allen Messpunkten außer dem Referenzmesspunkt das 95. Perzentil der Hintergrundbelastung. Es ist davon auszugehen, dass Nickel immissionsbedingt eingetragen wurde. Die Nickel-Gehalte in den Endivien befinden sich dagegen weiter auf verhältnismäßig niedrigem Niveau.

Die **gesundheitliche Bewertung der Schadstoffgehalte in den Nahrungspflanzen** ergab:

Die untersuchte Nahrungspflanze Grünkohl zeigte an den Messpunkten 4R, 6 und 7 (Beet und Container) eine Überschreitung des EU-Höchstgehaltes für Blei. Da die Messpunkte 4R und 6 außerhalb des Bereichs der Anbau- und Verzehrempfehlung für Endivie liegen (s. LANUV-Bericht vom 20.03.13), wird empfohlen in diesen betroffenen Gärten auf den Anbau und Verzehr von Grünkohl zu verzichten. Da Grünkohl stellvertretend für gesamtverzehrtes Gemüse untersucht und bewertet wurde, **sollte für die betroffenen Messpunkte auch vor-**

sorglich eine Nichtverzehrempfehlung für andere Blattgemüse, wie etwa Mangold, Spinat oder Rucola heraus gegeben werden.

Der Verzehr der hier untersuchten Nahrungspflanze Endivie ist im Hinblick auf die bewerteten Schwermetalle Cadmium, Chrom und Blei gesundheitlich unbedenklich. **Dennoch sollte die bestehende Anbau- und Verzehrempfehlung vorsorglich auch für Endivie weiter aufrecht erhalten bleiben, da die Ursache für die in 2014 erstmalig wieder erhöhten Bleigehalte nicht geklärt ist.**

Bezüglich der Exposition gegenüber Nickel ist anzumerken, dass die Ableitung einer Verzehrempfehlung auf Basis der Nickelbelastung der hier untersuchten Grünkohl- und Endivienproben nicht zielführend ist, da der TDI-Wert für Nickel schon allein über die Hintergrundbelastung nahezu ausgeschöpft bzw. überschritten wird, (s. o.).

Weitere Vorgehensweise:

Auf Basis der Ergebnisse aus den Untersuchungen im Jahr 2014 werden diese in 2015 unverändert fortgeführt. An den Messpunkten 7 und 10 wird im Rahmen des Eintragspfadeversuchs zusätzlich Standortboden entnommen, in die erneut am Referenzstandort in Essen Grünkohlpflanzen exponiert werden. Ziel der Untersuchungen soll es zum einen sein, die angebauten Nahrungspflanzen gesundheitlich zu bewerten und damit die Notwendigkeit zu prüfen, ob die Nichtverzehrempfehlung aufrechterhalten bleiben muss. Zum anderen sollen die Ursachen für ggfls. gegenüber der Hintergrundbelastung in NRW erhöhte Schwermetallgehalte in den Nahrungspflanzen näher beleuchtet werden.

Anlage: Tabellen und Literatur

Tabelle 2: Blei-Gehalte in Nahrungspflanzen

Blei [mg/kg FM]							
Standorte	**Endivie 2012**	**Endivie 2013**	**Endivie 2014**	**Grünkohl 2012**	**Grünkohl 2013**	**Grünkohl 2014**	**Grünkohl/Container 2014**
1	0,16	0,048		0,050	0,073		
2	0,69	0,29		0,11	0,18		
3R	0,46	0,032		0,041	0,028		
4R	0,049	0,093	0,035	0,021	0,12	0,32	
5	0,37	0,073	0,140	0,053	0,052	0,18	
6	0,14	0,14	0,034	0,064	0,065	0,50	
7	0,41	0,11	0,092	0,078	0,12	0,41	0,39
8R	0,10	0,067		0,047	0,047		
9	0,21	0,20		0,038	0,034		
10	0,29	0,062	0,011	0,040	0,10	0,21	0,091
11		0,091			0,079		

Tabelle 3: Cadmium-Gehalte in Nahrungspflanzen

Cadmium [mg/kg FM]							
Standorte	**Endivie 2012**	**Endivie 2013**	**Endivie 2014**	**Grünkohl 2012**	**Grünkohl 2013**	**Grünkohl 2014**	**Grünkohl/Container 2014**
1	0,028	0,011		0,012	0,012		
2	0,028	0,013		0,012	0,012		
3R	0,035	0,0099		0,0097	0,013		
4R	0,015	0,045	0,019	0,018	0,014	0,020	
5	0,16	0,024	0,019	0,023	0,014	0,018	
6	0,026	0,014	0,017	0,014	0,016	0,020	
7	0,021	0,010	0,014	0,016	0,014	0,045	0,0072
8R	0,073	0,0081		0,019	0,016		
9	0,018	0,020		0,022	0,023		
10	0,0095	0,0058	0,014	0,013	0,014	0,021	0,0099
11		0,017			0,024		

Tabelle 4: Chrom-Gehalte in Nahrungspflanzen

Chrom [mg/kg FM]							
Standorte	**Endivie 2012**	**Endivie 2013**	**Endivie 2014**	**Grünkohl 2012**	**Grünkohl 2013**	**Grünkohl 2014**	**Grünkohl/Container 2014**
1	0,19	0,28		0,098	0,22		
2	0,34	0,18		0,40	0,98		
3R	0,41	0,07		0,096	0,10		
4R	0,078	Ausfall	0,039	0,062	0,17	0,24	
5	0,62	0,38	0,17	0,23	0,98	0,65	
6	0,14	0,22	0,039	0,15	0,40	0,60	
7	0,36	0,47	0,087	0,29	2,0	0,74	0,26
8R	0,14	0,42		0,11	0,21		
9	0,34	0,37		0,22	0,83		
10	0,92	0,40	0,036	0,19	0,78	0,40	0,29
11		0,25			1,11		

Tabelle 5: Nickel-Gehalte in Nahrungspflanzen

Nickel [mg/kg FM]							
Standorte	**Endivie 2012**	**Endivie 2013**	**Endivie 2014**	**Grünkohl 2012**	**Grünkohl 2013**	**Grünkohl 2014**	**Grünkohl/Container 2014**
1	0,11	0,039		0,070	0,064		
2	0,16	0,071		0,14	0,18		
3R	0,26	0,025		0,097	<0,035*		
4R	0,051	0,060	0,032	0,059	0,068	0,16	
5	0,45	0,073	0,114	0,18	0,15	0,26	
6	0,073	0,039	0,027	0,11	0,079	0,35	
7	0,17	0,048	0,043	0,12	0,23	0,35	0,57
8R	0,093	0,053		0,092	0,065		
9	0,12	0,099		0,088	0,11		
10	0,36	0,084	0,022	0,088	0,12	0,20	0,25
11		0,065			0,13		

Literatur

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

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

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

Verordnung (EU) Nr. 488/2014 der Kommission vom 12. Mai 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bezüglich der Höchstgehalte für Cadmium in Lebensmitteln.