



31.07.2013

Messprogramm zur Abschätzung der Schwermetallbelastung in Nahrungspflanzen im Umfeld der Firma Aurubis in Lünen

Nahrungspflanzenuntersuchungsergebnisse aus dem Jahre 2012

Die Durchführung von Nahrungspflanzenuntersuchungen in Haus- und Kleingärten im Einwirkungsbereich der Firma Aurubis in Lünen wurde im Jahre 2012 fortgesetzt. Ziel der Untersuchungen war festzustellen, ob die derzeit bestehende Anbau- und Verzehrsempfehlung ggfs. weiter aufrecht erhalten bleiben sollte.

Die erneute Überprüfung der Nahrungspflanzen erfolgte in den gleichen Gärten wie im Jahre 2011, die Lage der Gärten ist der beigelegten Karte zu entnehmen.

Methodik

Die landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt NRW (LUFA) führte das nachfolgend beschriebene Untersuchungsprogramm im Auftrag des LANUV durch. In 10 ausgewählten Gärten wurden Kopfsalat, Endivie und Grünkohl in angelegten Beeten durch die LUFA ausgepflanzt, während der Expositionszeit betreut und im erntereifen Zustand beprobt. Der Messpunkt 5 musste innerhalb der Kleingartenanlage (KGA) Buchenberg um rd. 50 m nach Westen (= 50 m weiter entfernt von der Straße) verlagert und wird jetzt als Messpunkt 5a bezeichnet. Ein Vergleich mit den Ergebnissen aus den Vorjahren ist daher nicht gegeben.

Die Pflanzen standen 2012 während folgender Zeiten in den Beeten:

| | Pflanzung | Ernte |
|-----------|------------------|--------------|
| Kopfsalat | 13./14.Juni | 02. August |
| Endivie | 08. August | 09. Oktober |
| Grünkohl | 08. August | 15. November |

Die weitere Methodikbeschreibung entspricht der Vorgehensweise, wie sie im Gutachten vom Mai 2012 aufgezeigt ist.

Ergebnisse

Zink

Die ermittelten Zinkgehalte in Kopfsalat, Endivie und Grünkohl sind in Tabelle 1 sowie Abbildung 1 aufgeführt. Die Gehalte in Kopfsalat und Endivie sind an allen Messpunkten im Vergleich zum Vorjahr zurückgegangen, häufig sogar um rd. die Hälfte und darüber hinaus. Die Auswertung der Grünkohluntersuchungen bestätigt jedoch insgesamt, im Rahmen üblicher Schwankungen, die Werte aus dem Vorjahr.

Kupfer

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 sowie Abbildung 2 aufgeführt. Die Kupfergehalte für Kopfsalat und Endivie haben allgemein an allen Messpunkten in Relation zum Vorjahr deutlich abgenommen.

Bei Grünkohl liegen die ermittelten Kupfergehalte überwiegend auf Vorjahresniveau.

Cadmium

Die Cadmiumgehalte für Kopfsalat bestätigen das insgesamt unauffällige Niveau des Vorjahres (Tabelle 3 und Abbildung 3). Dies gilt auch für Endivien, wobei insbesondere an den Messpunkten 2 und 10 deutlich niedrigere Gehalte gegenüber 2011 festzustellen sind. Die Cd-Gehalte in Grünkohl sind nahezu unverändert zum Vorjahr.

Blei

Die Auswertung der Bleikonzentrationen ergibt insbesondere für Kopfsalat gegenüber dem Messjahr 2011 deutliche Rückgänge an allen Erhebungspunkten, wie der Tabelle 4 sowie der entsprechenden Abbildung 4 zu entnehmen ist. Dies gilt auch für die Referenzmesspunkte.

Bei Endivie werden insgesamt mit dem Vorjahr vergleichbare Gehalte ermittelt.

Die Auswertung für Grünkohl zeigt einen Schwerpunkt der Belastungen an den Messpunkten 8 und 9 auf, wo in Relation zum Vorjahr eine deutliche Zunahme der Werte erkennbar ist. An den übrigen Messpunkten befinden sich die Gehalte insgesamt auf dem Niveau der Erhebungen aus 2011.

Nickel

Die Nickelgehalte in den exponierten Nahrungspflanzen sind in Tabelle 5 und Abbildung 5 aufgezeigt. Die Nickelgehalte im Kopfsalat, auf niedrigem Niveau liegend, gehen insgesamt noch weiter zurück; diese Tendenz zeichnet sich auch bei der Endivie ab. Besonders deutlich lässt sich dies am Messpunkt 10 aufzeigen, wo der Gehalt von 2,06 mg/kg FM auf 0,40 mg/kg FM zurückgeht.

Auch beim Grünkohl ist vielfach eine deutliche Abnahme der Ni-Gehalte zu erkennen.

Chrom

Die Chromgehalte der untersuchten Nahrungspflanzen sind der Tabelle 6 sowie der Abbildung 6 zu entnehmen. Während im Kopfsalat an allen vergleichbaren Messpunkten eine Abnahme gegenüber dem Vorjahr aufgezeigt werden kann, ist der Chromgehalt in den Endivien an mehreren Messpunkten gegenüber 2011 angestiegen.

Bei Grünkohl hingegen zeigt sich die gleiche Tendenz wie bei Kopfsalat, mit einem Rückgang der Gehalte an allen Messpunkten gegenüber dem letzten Erhebungsjahr. Wie bei Kopfsalat, so unterscheiden sich die Werte zwischen den Referenzmesspunkten und den immissionsbeeinflussten Messpunkten nur geringfügig.

Arsen

Die Gehalte von Arsen in den ausgebrachten Nahrungspflanzen sind in Tabelle 7 sowie Abbildung 7 dargestellt. Im Kopfsalat liegen alle Werte auf gleichem niedrigem Niveau, und weit überwiegend unterhalb der Werte von 2011.

Die As-Gehalte in Endivie befinden sich im Wesentlichen in dem Wertebereich des Vorjahres, wobei an den Messpunkten 7 und 10 eine deutliche Minderung gegenüber dem letzten Jahr vorliegt. Insbesondere die Abnahme in der Endivie am Messpunkt 10 ist auffällig. Dennoch wurde hier wieder, wie auch in den Vorjahren, die höchste Belastung in Endivie ermittelt. Parallel dazu liegt die gleiche Belastung auch am Messpunkt 8 vor. Weitergehende Sachverhaltsklärungen zur Ursachenfindung am Punkt 10, haben bisher zu keinem Erfolg geführt (siehe vorangegangenen Bericht des LANUV vom 11. Mai 2012). Im letzten Jahr war der Schotterweg (Lippkampstraße) im Einwirkungsbereich des Gartens im Hinblick auf Abwehungen überprüft worden. Die Überprüfung der Proben von feinem Staub aus dem Straßenkörper ergaben jedoch keine Hinweise auf erhöhte Arsengehalte.

Die Arsengehalte im Grünkohl liegen im aktuellen Jahr insgesamt auf dem Niveau des Vorjahres.

Zusammenfassend kann aufgezeigt werden, dass die ermittelten Gehalte in den verschiedenen Pflanzenarten zu keinen wesentlichen Unterschieden zwischen den Referenzwerten und den Werten im Einwirkungsbereich von Immissionsquellen führen. Ein zusätzlicher immissionsbedingter Einfluss durch die in Rede stehenden Quellen kann lediglich an den Messpunkten 8 und 9 nachgewiesen werden.

Auswirkung des verlagerten Messpunktes 5a

Die am neu eingerichteten Messpunkt 5a ermittelten Untersuchungsergebnisse liegen insgesamt auf einem typischen Niveau für Lünen (vergl. die Abb.1-7). Die Verlagerung des Messpunktes war notwendig geworden, weil der neue Gartenbesitzer am Messpunkt 5 sich nicht weiter an dem Untersuchungsprogramm beteiligen wollte. Die Verlegung des Messpunktes führte durchgängig zu deutlich niedrigeren Schwermetallgehalten in den untersuchten Gemüsearten -weg von unmittelbarer Nähe zur Straße- belegt, dass die Auswirkungen des Schwerlastverkehrs auf die Vegetation nur im Nahbereich festzustellen sind.

Grünkohl exponiert nach Standardverfahren

Der Vergleich von exponiertem Grünkohl nach Standardverfahren (Container) gegenüber Grünkohl aus dem Beet zeigt das unterschiedliche Aufnahmeverhalten. Wächst der Grünkohl in der Beeterde, so reichern sich in den Pflanzen sowohl Schadstoffe über den Luftpfad als auch über den Bodenpfad einschließlich der Verschmutzung von aufspritzenden Bodenpartikeln an. Die in den Containern exponierten Grünkohlpflanzen hingegen reichern nur Schadstoffe über den Luftpfad an. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 und Abbildung 8 dargestellt. Überschreitungen von Beurteilungswerten sind nur am neuen Messpunkt 5a bei Blei und Nickel festzustellen.

Aus der Gegenüberstellung der Bleigehalte im Grünkohl aus Beetanbau und Containerkultur in Abbildung 9 ist ersichtlich, dass an den Messpunkten 8 und 9, die am nächsten in der vorherrschenden Windrichtung von der Fa. Aurubis gelegen sind (vergl. Abb. 10), in den

Beetpflanzen ein deutlicher Anstieg gegenüber 2011 aufgetreten ist. Das zeigt sich auch beim Grünkohl aus den Containern. Dabei liegen die Bleigehalte der Beetpflanzen generell höher, weil bei diesen zusätzlich zum Immissionseinfluss auch ein Bodeneinfluss gegeben ist. Am neuen Messpunkt 5a wurde dagegen im Container ein erheblich höherer Bleigehalt im Grünkohl ermittelt als im Beet. Ähnliches gilt an diesem Messpunkt auch Kupfer, Nickel und Arsen. Diese Ergebnisse sind unplausibel und bedürfen daher der weiteren Klärung in 2013.

Am Referenzmesspunkt 4 liegen für die beiden ausgewiesenen Jahre keine relevanten Unterschiede zwischen den Bleigehalten in Beet und in Container exponiertem Grünkohl vor.

Die Untersuchungen der Exposition von Grünkohl nach Standardverfahren zeigen im Allgemeinen, dass der Pfad Boden/Pflanze zumindest bei Grünkohl eine nicht unerhebliche Relevanz hat.

Bewertung der Ergebnisse

Im vorliegenden Fall wird wie bisher als Konvention bei der Berechnung 250 g Grünkohl (Kopfsalat oder Endivie) 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.

Zink

Zink ist für den Menschen essentiell, die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE 2010) empfiehlt, dass männliche Erwachsene 10 mg und weibliche Erwachsene 7 mg Zink pro Tag aufnehmen. Zink ist aber nicht nur essentiell, sondern blockiert auch die Resorption von schädlichen Schwermetallen wie Cadmium oder Blei im Magen-Darm-Trakt.

Die höchste Zink-Belastung wurde mit 10 mg/kg FM in Grünkohl an Messpunkt 8 ermittelt. Bei dem Verzehr von 250 g Grünkohl (Gemüseprobe mit der höchsten Zinkbelastung aller Gemüseproben) würde eine zusätzliche Zinkaufnahme von ca. 2,5 mg/d resultieren. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR, 2004) zieht zur Bewertung von Zink in Nahrungsergänzungsmitteln oder angereicherten Lebensmitteln eine UL (tolerable upper intake level oder tägliche maximale Aufnahmemenge eines Nährstoffes (aus allen Quellen), von der als unwahrscheinlich angenommen wird, dass sie für den Menschen eine gesundheitliche Gefahr darstellt) der SCF (Scientific Committee on Food) von 25 mg/Tag heran. Nach der „Nationalen Verzehrsstudie“ von 2008 (MRI, 2008) lag der Medianwert der täglichen Zinkaufnahme von Männern bei 11,6 mg/Tag und von Frauen bei 9,1 mg/Tag. Mit der zusätzlichen Aufnahme von Zink über den maximal belasteten Grünkohl ergäbe sich bei Männern rein rechnerisch eine maximale Zinkaufnahme von 14,1 mg/d und bei Frauen von 11,6 mg/d. Beide Werte liegen unterhalb der UL (s. o.).

Kupfer

Kupfer ist ein für den menschlichen Organismus essentielles Element. Nach Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE 2013) sollten Erwachsene bis zu 1,5 mg Kupfer pro Tag aufnehmen (entspricht ca. 21,4 µg/kg KG/d). Von Schneider und Kalberlah (1999) wurde für Kupfer ein vorläufiger TRD-Wert nach oraler Exposition in Höhe von 25 µg/kg KG/d abgeleitet. Die gastrointestinale Resorption beträgt ca. 50 %, so dass eine zugeführte tolerable resorbierbare Dosis von 50 µg/kg KG/d festgelegt wurde. Die SCF hat 2003 eine UL für Erwachsene in Höhe von 5 mg/d abgeleitet (BfR, 2004). Nach der Nationalen Verzehrsstudie von 1994 (BfR, 2004) betrug die tägliche Zufuhr von Kupfer bei Männern 2,25 mg (ca. 32,1 µg/kg KG/d) und bei Frauen 1,84 mg (ca. 26,3 µg/kg KG/d) (Median-Werte).

Mit 5,07 mg/kg FM ist der Grünkohl an Messpunkt 8 die Gemüseprobe mit der höchsten Kupferbelastung. Bei einem Verzehr von 250 g dieses Grünkohls pro Tag ergibt sich eine zusätzliche Kupferaufnahme von rechnerisch maximal ca. 1,27 mg/Tag oder ca. 18,1 µg/kg KG/d.

Unter Berücksichtigung der Zufuhr aus anderen Lebensmitteln ergibt sich für Männer eine Aufnahme von ca. 3,52 mg/Tag (50 µg/kg KG/d) und für Frauen von ca. 3,11 mg/Tag (44 µg/kg KG/d). Für Frauen liegt die Konzentration unterhalb der von der SCF angegebenen UL (s. o.) und unterhalb des TRD-Wertes von Schneider und Kalberlah, für Männer wird die UL unterschritten und der TRD-Wert eingehalten.

Cadmium

Die höchsten Cadmium-Belastungen wurden mit 0,06 mg/kg Frischmasse (FM) in Endivie an Messpunkt 10, mit 0,05 mg/kg FM in Kopfsalat an Messpunkt 10 und mit 0,03 mg/kg FM in Grünkohl an den Messpunkten 1, 2, 5, 9 und 10 ermittelt.

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

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

Die EU-Höchstgehalte werden bei den hier untersuchten Kopfsalat-, Endivien- und Grünkohlproben durchgängig unterschritten.

Blei

Die höchste Blei-Belastung wurde mit 1,15 mg/kg FM in Grünkohl an Messpunkt 8, mit 0,79 mg/kg FM in Endivie an Messpunkt 8 und mit 0,28 mg/kg FM in Kopfsalat an Messpunkt 9 ermittelt.

Die Beurteilung der Belastungen erfolgt ebenfalls auf Basis der EU-Verordnung Nr. 420/2011 der Kommission vom 29. April 2011 in der auch für Blei Höchstgehalte in Lebensmitteln festgelegt wurden. Der in der EU-Verordnung festgelegte Pb-Gehalt für Blattgemüse (Endivie und Kopfsalat) sowie für Kohlgemüse (Grünkohl) beträgt 0,30 mg/kg Frischgewicht und wird an den Messpunkten 3, 8 und 9 in Grünkohl sowie an den Messpunkten 3, 6, 8 und 9 in En-

divie überschritten. Solchermaßen belastetes Gemüse darf nach nationalem und EU-Lebensmittelrecht nicht in den Handel gebracht werden. Insofern sollte diese bestehende Nichtverzehrsempfehlung aufrechterhalten bleiben.

Nickel

Da bisher für Nickel weder auf nationaler noch auf EU-Ebene Höchstmengen in Lebensmitteln festgelegt worden sind, erfolgt eine Risikoabschätzung über die duldbare Dosis von Nickel unter Berücksichtigung des Verzehrs von Gemüse. Details zum aktuellen Stand der allgemeinen umweltmedizinischen Bewertung von Nickel in Lebensmitteln können der Stellungnahme des FB 33 vom 05.05.2010 entnommen werden.

Im vorliegenden Fall wurde die höchste Nickel-Belastung mit 0,40 mg/kg FM in Endivie an den Messpunkten 9 und 10, mit 0,46 mg/kg FM in Grünkohl an Messpunkt 8 und 0,09 mg/kg FM in Kopfsalat an Messpunkt 9 ermittelt.

Zur umweltmedizinischen Bewertung von Nickel kann der von Schneider und Kalberlah in 1999 abgeleitete und in 2005 von Gerdes et al. bestätigte TRD-Wert (Tolerierbare Resorbierbare Dosis) in Höhe von 0,08 µg/kg KG/d (Wirkendpunkt: Fetotoxizität) herangezogen werden. Da die gastrointestinale Resorption von Nickel aus der Nahrung max. 1 bis 2 % beträgt, ergibt sich eine tolerable zugeführte Dosis in Höhe von 4 bis 8 µg/kg KG/d. Nach EFSA (2005) traten bei gegen Nickel sensibilisierten Personen durch die orale Aufnahme von ca. 8 µg/kg KG/d Verschlimmerungen von Handekzemen auf, so dass für die weiteren Berechnungen eine tolerable höchste zugeführte Dosis in Höhe von 4 µg/kg KG/d zu Grunde gelegt wird.

Bei einem durchschnittlichen Körpergewicht von 70 kg und einem angenommenen täglichen Verzehr von 250 g Gemüse aus dem eigenen Garten ergibt sich eine rein rechnerisch maximale Zusatzbelastung von Nickel über Kopfsalat (Messpunkt 9) von ca. 0,32 µg/kg KG/d, über Endivie von 1,4 µg/kg KG/d und über Grünkohl von 1,6 µg/kg KG/d.

Selbst unter Berücksichtigung der Hintergrundbelastung über den allgemeinen Warenkorb von ca. 2,5 µg/kg KG/d (EFSA, 2006) wird der TRD-Wert in Höhe von 4 µg/kg KG/d für Kopfsalat, Endivie und Grünkohl an allen Messpunkten unterschritten bzw. eingehalten.

Chrom

Bei der allgemeinen umweltmedizinischen Bewertung von Chrom wird zwischen drei- und sechswertigen Chromverbindungen unterschieden, wobei das größere toxische Potential von Cr(VI) ausgeht. In Lebensmitteln liegt sechswertiges Chrom zu vergleichsweise geringen Anteilen vor. Dreiwertiges Chrom spielt im Organismus eine wichtige Rolle im Zucker-, Eiweiß- und Fettstoffwechsel. Die Essentialität von Chrom(III) für den menschlichen Organismus ist nach wie vor noch nicht eindeutig geklärt (EFSA 2010).

Von Kalberlah (1999) wurde für Chrom(VI) ein vorläufiger TRD-Wert nach oraler Aufnahme in Höhe von 5 µg/kg KG/d (zugeführt) abgeleitet. Nach Messungen des LANUV, in Krefeld, im Einwirkungsbereich eines Edelstahlwerkes, liegt der Anteil von Chrom (VI) an Gesamtchrom bei 3 - 4%. Für Pflanzen existiert kein Verfahren zur Bestimmung von Cr(VI) Anteil an Gesamtchrom in Pflanzen. Es wird daher von einem Anteil von rd. 4 % ausgegangen.

Die höchsten Chromgehalte finden sich mit 0,69 mg/kg FM in Endivie an Messpunkt 10, mit 0,18 mg/kg FM in Grünkohl an Messpunkt 5 sowie mit 0,07 mg/kg FM in Kopfsalat an Messpunkt 6. Für Endivie, Grünkohl und Kopfsalat ergeben sich Chrom (VI) – Gehalte von 0,028 mg/kg KG/d, 0,0072 mg/kg KG/d und 0,0028 mg/kg KG/d.

Bei einem durchschnittlichen Körpergewicht von 70 kg und einem angenommenen täglichen Verzehr von 250 g Endivie, Kopfsalat oder Grünkohl ergeben sich rechnerisch maximale Zusatzbelastungen von 0,1 µg/kg KG/d (Endivie), ca. 0,026 µg/kg KG/d (Grünkohl) und 0,01 µg/kg KG/d (Kopfsalat). Die o.g. tolerable zugeführte Dosis wäre rein rechnerisch für Endivie zu 2%, für Kopfsalat zu ca. 0,5% und für Grünkohl zu 0,2% ausgeschöpft.

Arsen

Maximale Arsengehalte finden sich mit 0,066 mg/kg FM in Endivie an Messpunkt 10, mit 0,049 mg/kg FM in Grünkohl an Messpunkt 8 sowie mit 0,02 mg/kg FM in Kopfsalat am Messpunkt 9. Bei der Beurteilung der Arsenkonzentrationen in den Nahrungspflanzen wird davon ausgegangen, dass es sich um anorganisches Arsen handelt und dass die mittlere Aufnahme von anorganischem Arsen über den allgemeinen Warenkorb zwischen 0,13 und 0,56 µg/kg KG/d liegt (EFSA, 2009).

Hassauer und Kalberlah (2008) leiteten für anorganisches Arsen einen TRD-Wert in Höhe von 0,45 µg/kg KG/d ab (Wirkendpunkt: dermale Effekte). Kanzerogene und/oder gentoxische Effekte wurden nicht in die Ableitung des Wertes einbezogen.

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit hat nach Auswertung zahlreicher epidemiologischer Studien Ende 2009 eine BMDL 1 (untere Grenze des Vertrauensbereiches der Benchmarkdosis für einen 1 %igen Anstieg) für die Wirkendpunkte dermale Läsionen, Hautkrebs, Lungenkrebs und Blasenkrebs in Höhe von 0,3 bis 8 µg/kg KG/d abgeleitet. Nach Ansicht der EFSA kann aufgrund der Unsicherheiten bei den Dosis-Wirkungsbeziehungen keine tolerable Aufnahmedosis in Form von TDI oder PTWI-Werten festgelegt werden (Stellungnahme Nr. 034/2012 des BfR vom 10. August 2012).

Bei einer rechnerischen Annahme eines täglichen Verzehrs von 250 g Gemüse aus dem eigenen Garten und einem angenommenen Körpergewicht von 70 kg resultiert für Endivie an Messpunkt 10 eine zusätzliche Arsenaufnahme von ca. 0,24 µg/kg KG/d. Unter Einbezug der Aufnahme über den allgemeinen Warenkorb von 0,56 µg/kg KG/d ergäbe sich unter ungünstigsten Bedingungen eine tägliche Aufnahme von 0,80 µg/kg KG/d. Der o.g. TRD-Wert von Hassauer und Kalberlah wäre damit um einen Faktor von 1,8 und die untere BMDL 1 in Höhe von 0,3 µg/kg um den Faktor 2,7 überschritten.

Für Kopfsalat beträgt die maximale tägliche Zusatzbelastung 0,071 µg/kg KG/d und die Gesamtaufnahme (unter Berücksichtigung der Belastung über den allgemeinen Warenkorb) ca. 0,63 µg/kg KG/d. Der o. g. TRD-Wert wird um einen Faktor 1,4 und die untere BMDL 1 um einen Faktor von 2,1 überschritten. Für Grünkohl würde die tägliche Zusatzbelastung 0,18 µg/kg KG/d und die Gesamtaufnahme ca. 0,74 mg/kg KG/d betragen. Der TRD-Wert wäre um den Faktor 1,6, die untere BMDL 1 um den Faktor 2,5 überschritten. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die allgemeine Belastung von Arsen in Lebensmitteln insgesamt relativ hoch ist.

Nach EFSA (2009) liegt die obere Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen in Blattgemüse aus der EU bei 0,0235 mg/kg FM und die untere Grenze bei 0,0162 mg/kg FM. Die im vorliegenden Fall vorkommenden Konzentrationen von Arsen im Kopfsalat liegen zwischen 0,003 bzw. 0,02 mg/kg FM und damit innerhalb bzw. unterhalb der von der EFSA angegebenen mittleren Konzentration für Blattgemüse. Am Referenzstandort (Messpunkt 10) beträgt die Konzentration in Kopfsalat 0,016 mg/kg und liegt damit höher als an allen anderen Messpunkten (Ausnahme Messpunkt 9, hier ist die Konzentration im Kopfsalat etwas höher). Die hier ermittelten Konzentrationen von Arsen in Kopfsalat liegen dementsprechend in dem Bereich von handelsüblichem Blattgemüse. Infolge dessen ist davon auszugehen, dass der Verzehr des hier untersuchten Kopfsalates im Vergleich zum Verzehr von handelsüblichem Kopfsalat zu keinem zusätzlichen Gesundheitsrisiko führt.

Fazit

Die erneuten Pflanzenuntersuchungen in 10 Gärten in Lünen im Umfeld der Firma Aurubis in 2012 ergaben folgende wesentliche Ergebnisse:

- Die ermittelten Gehalte für Kupfer und Zink im Gemüse sind gesundheitlich unbedenklich.
- Die Cadmiumgehalte in den Nahrungspflanzen bestätigen die relativ niedrigen Werte aus dem Vorjahr. Die EU-Höchstgehalte werden an allen Messpunkten unterschritten.
- Die Bleigehalte im Kopfsalat halten in 2012 an allen Messpunkten den zulässigen Höchstgehalt der EU ein. Bei Endivie und Grünkohl kommt es weiter zu Überschreitungen des EU-Wertes gemäß der Verordnung Nr. 420/2011. Insbesondere der Anstieg in Grünkohl an den Messpunkten 8 und 9 gegenüber dem Vorjahr ist ausgeprägt.
- Die Nickelgehalte sind insgesamt deutlich gegenüber dem Vorjahr zurückgegangen und befinden sich derzeit wieder auf vergleichbarem Niveau von 2009.
- Bei Chrom ist im Wesentlichen ein relevanter Rückgang gegenüber dem Vorjahr bei allen exponierten Gemüsearten zu verzeichnen. Die Belastung durch Cr (VI) ist gesundheitlich unbedenklich im Hinblick auf den Verzehr.
- Die Arsengehalte sind bei Kopfsalat leicht rückgängig. Für Endivie zeichnet sich kein einheitliches Bild ab und bei Grünkohl liegen die Werte insgesamt auf Vorjahresniveau. Die ermittelten Werte für Kopfsalat befinden sich auf dem Niveau von handelsüblichem Blattgemüse. In Endivie und auch in Grünkohl liegen teilweise erhöhte Gehalte vor.

Wegen der nach wie vor hohen Bleigehalte in Endivie und Grünkohl, aber auch wegen teilweise erhöhter Arsenwerte in diesen Gemüsearten, sollte die bestehende Anbau- und Verzehrsempfehlung weiterhin aufrechterhalten bleiben. Die Untersuchungen werden 2013 fortgesetzt.

Um den Unterschied zwischen dem Pfad Luft/Pflanze und der Kombinationswirkung Boden/Luft/Pflanze besser vergleichbar zu machen, wird im Untersuchungsjahr 2013 an den vier Messpunkten, an denen Grünkohl in Containern mit Einheitserdesubstrat bislang bereits exponiert wurde, in diesem Jahr parallel Grünkohl in Containern mit der ortsüblichen Gartenerde aufgestellt.

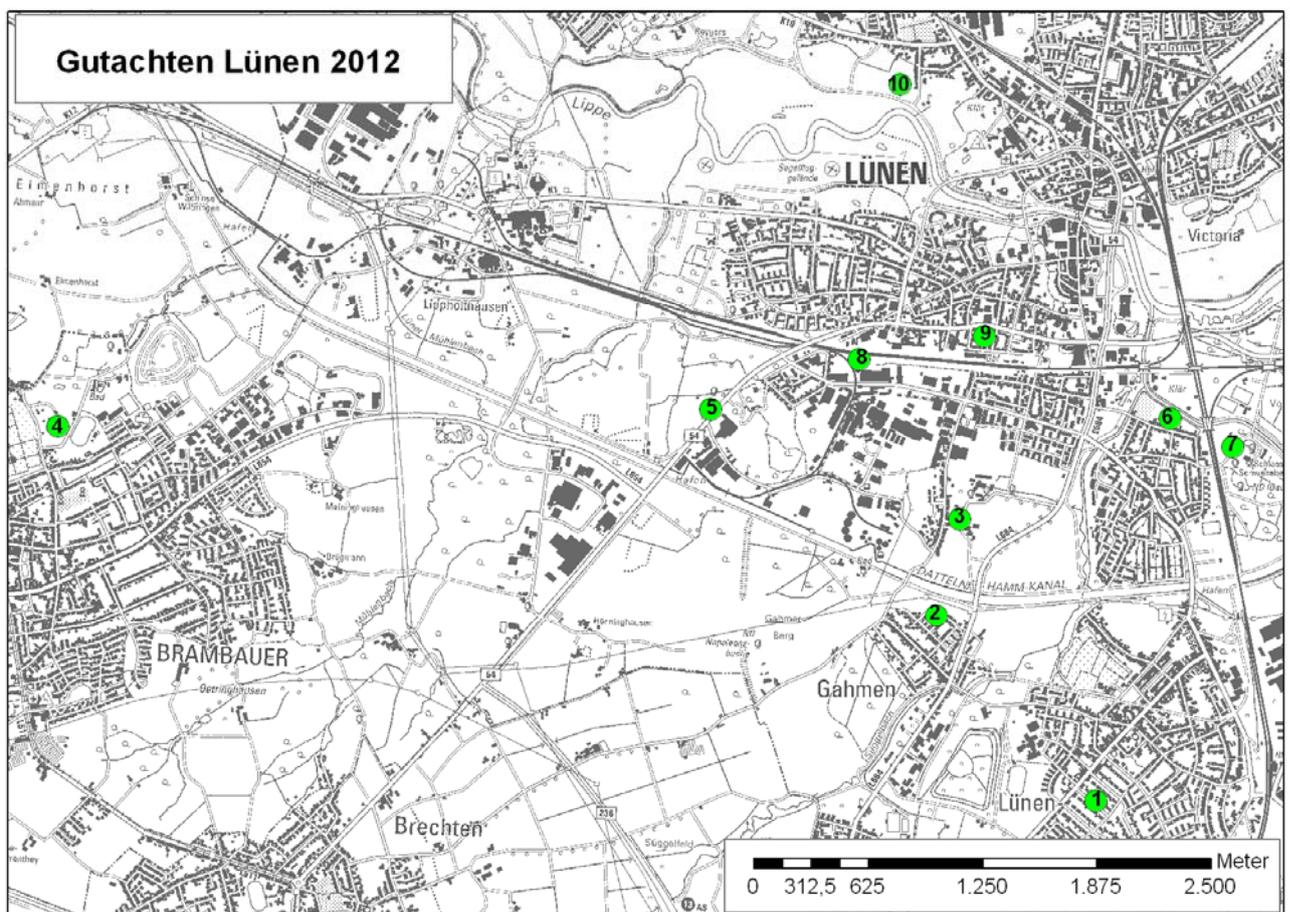


Abbildung 1

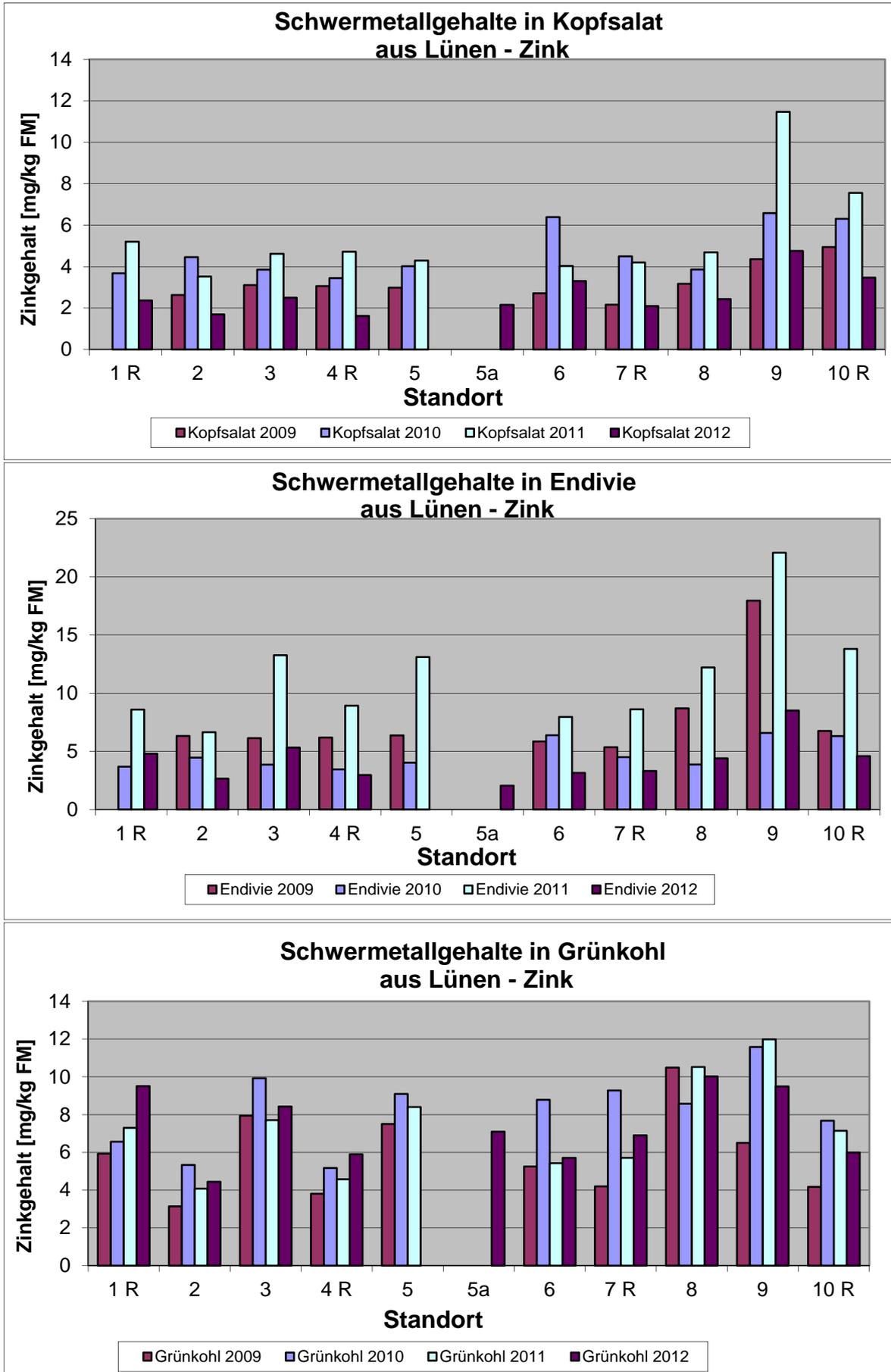


Abbildung 2

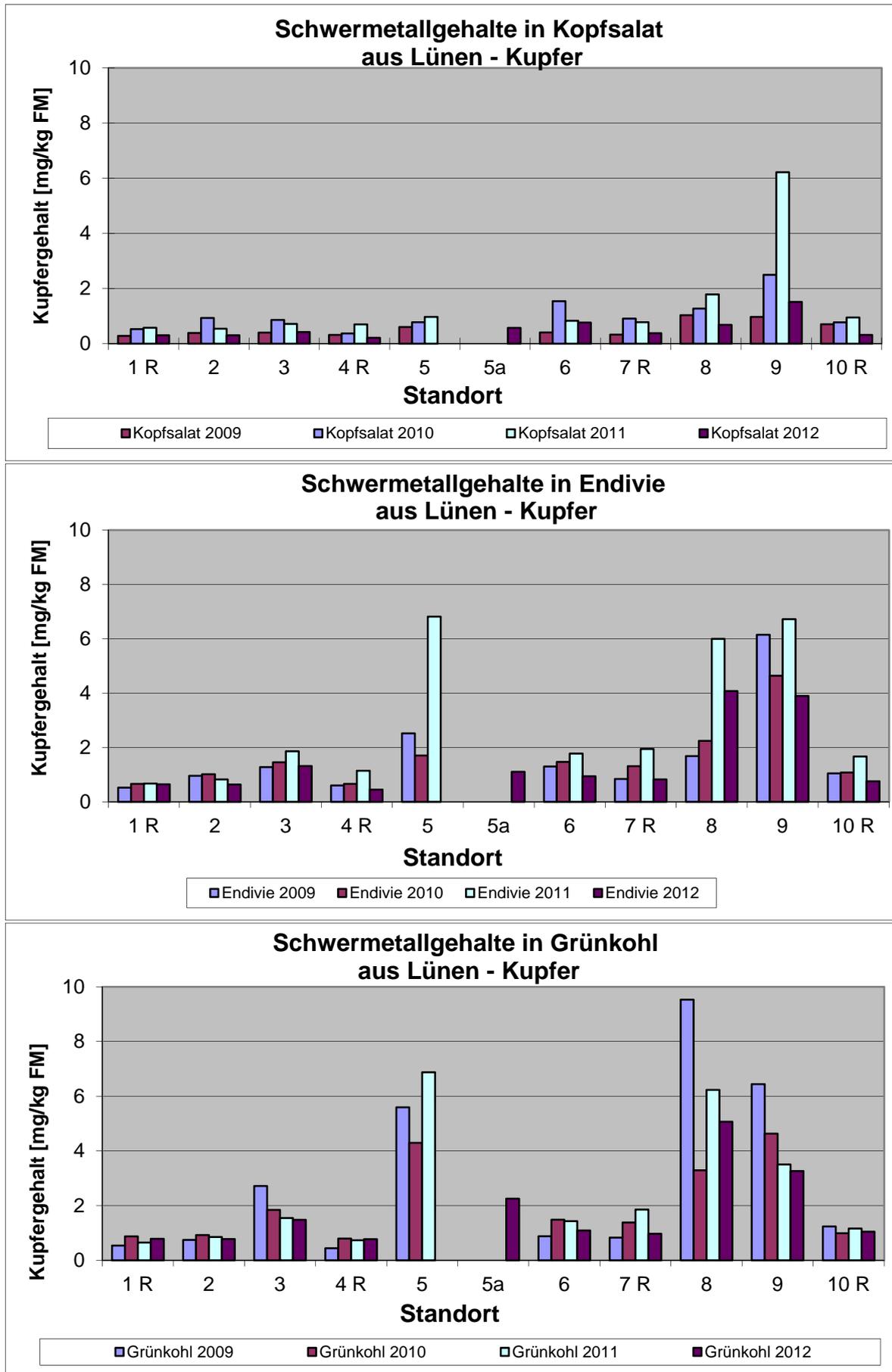


Abbildung 3

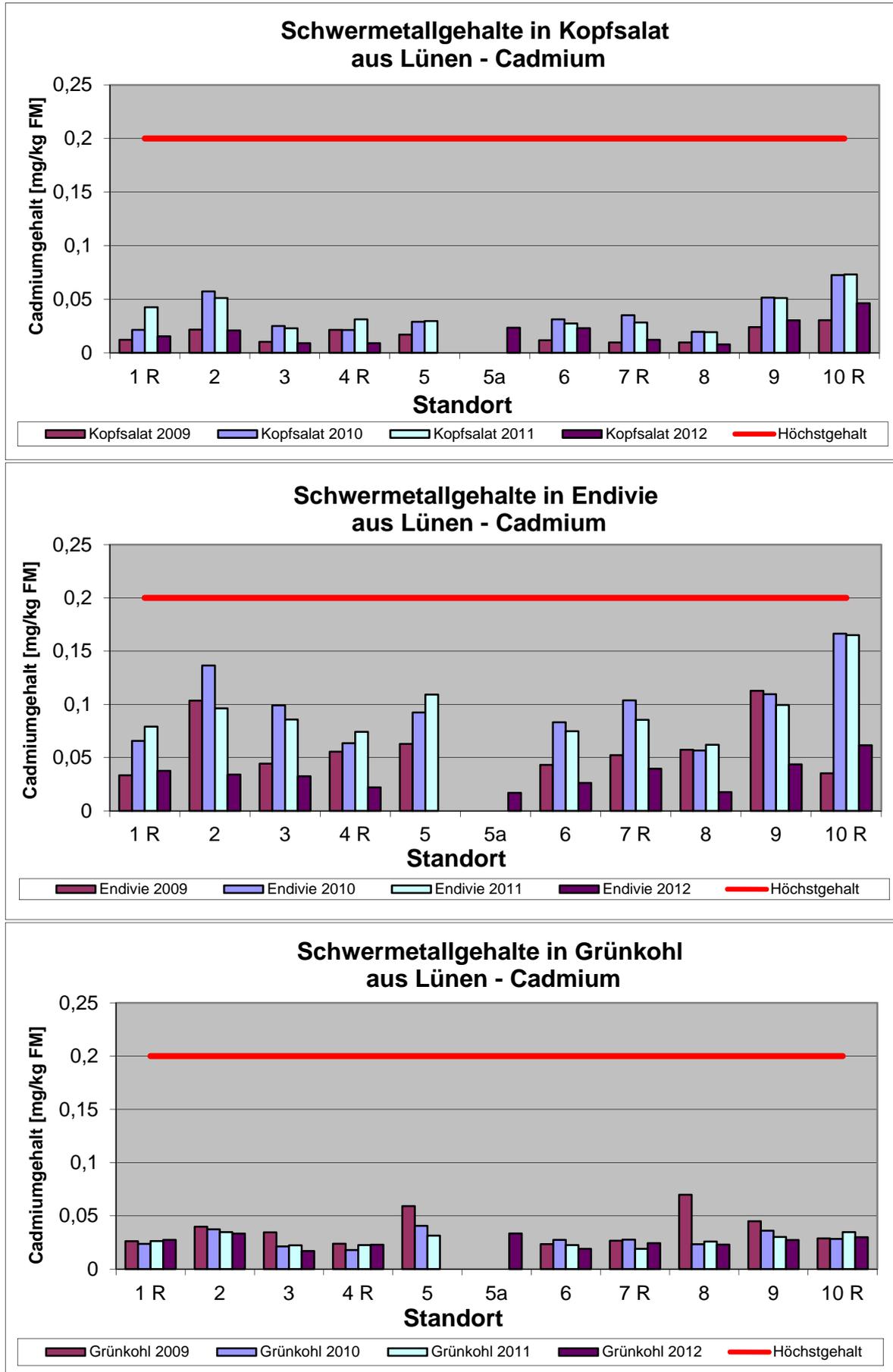


Abbildung 4

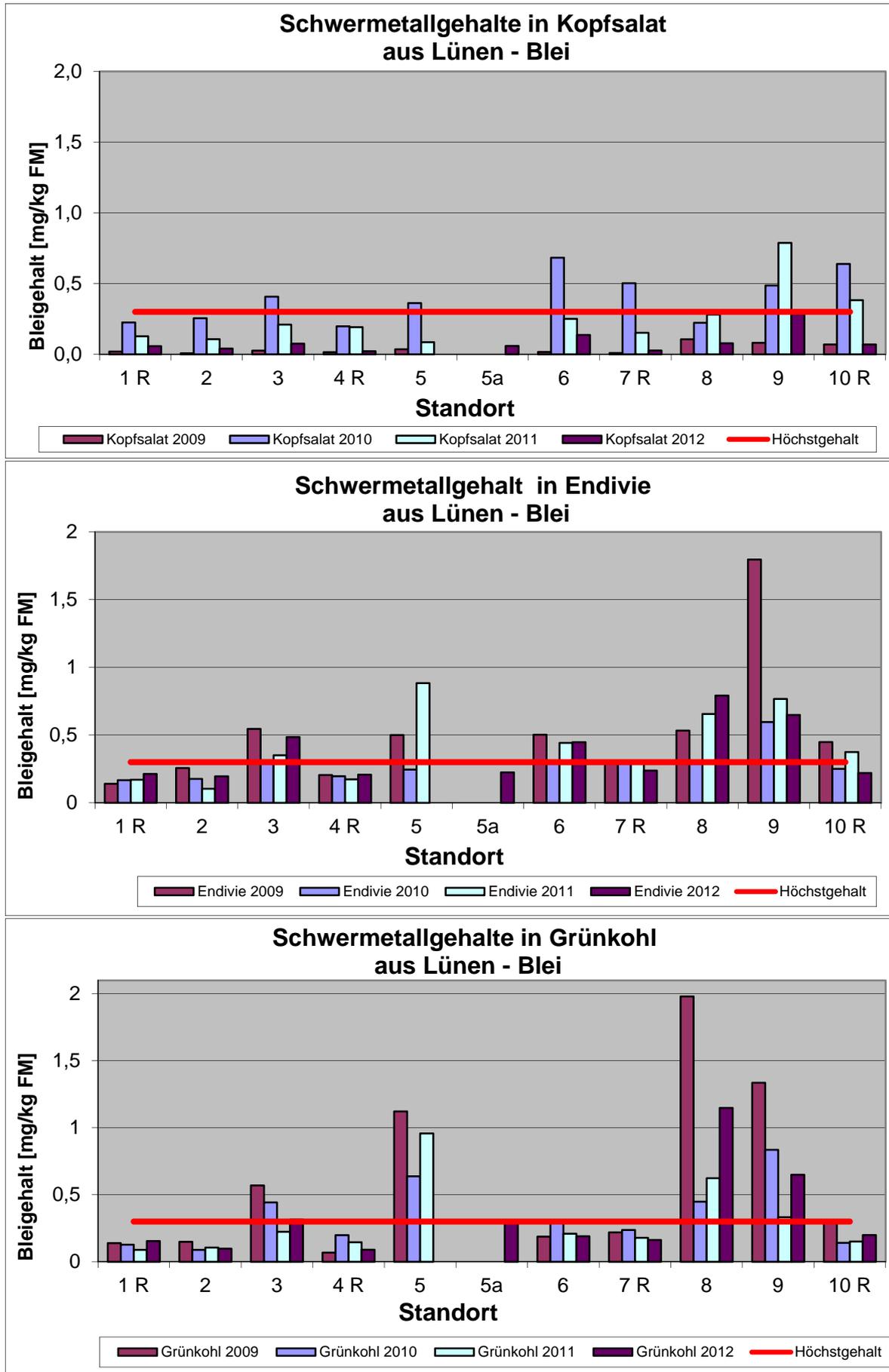


Abbildung 5

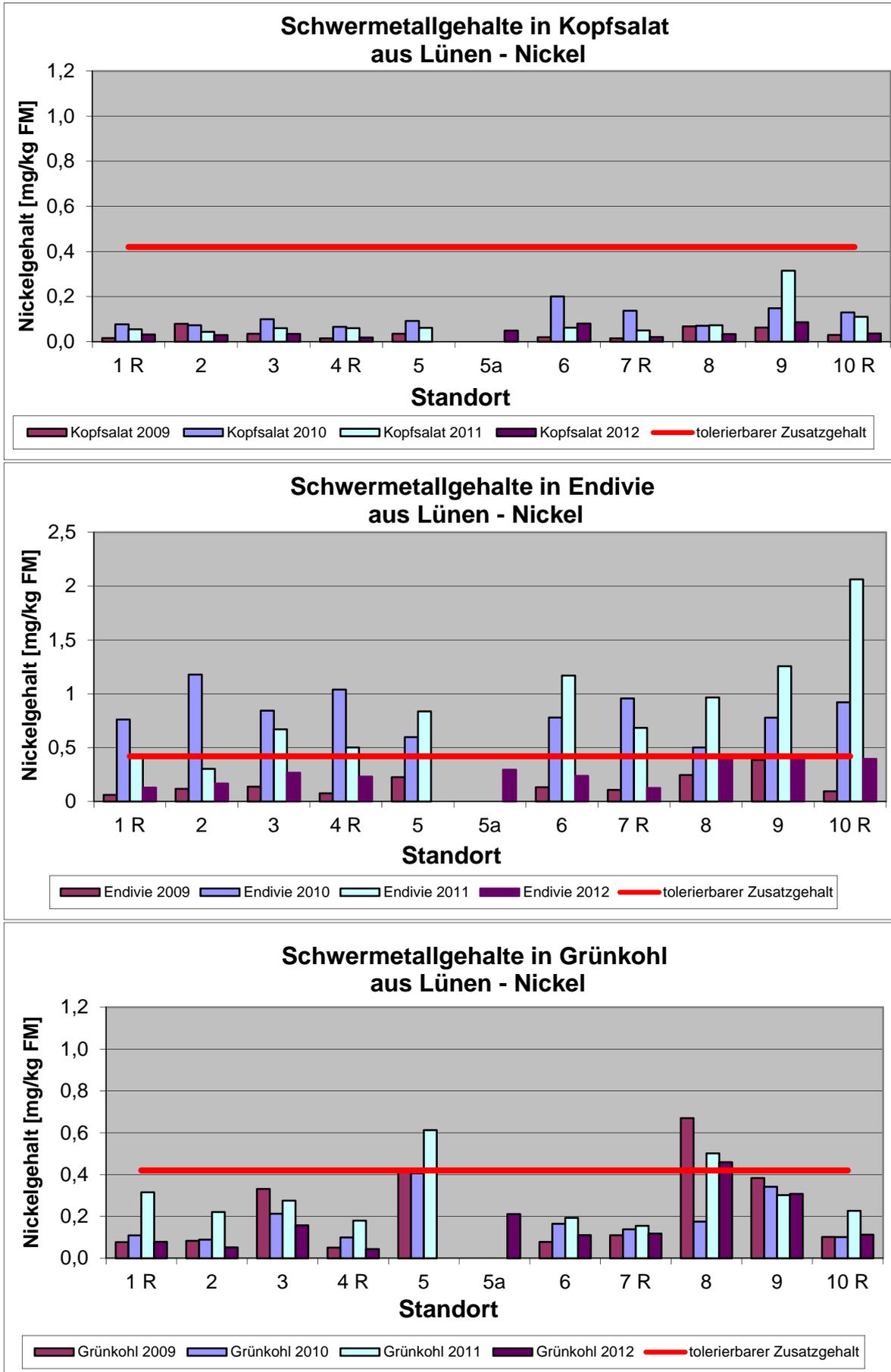


Abbildung 6

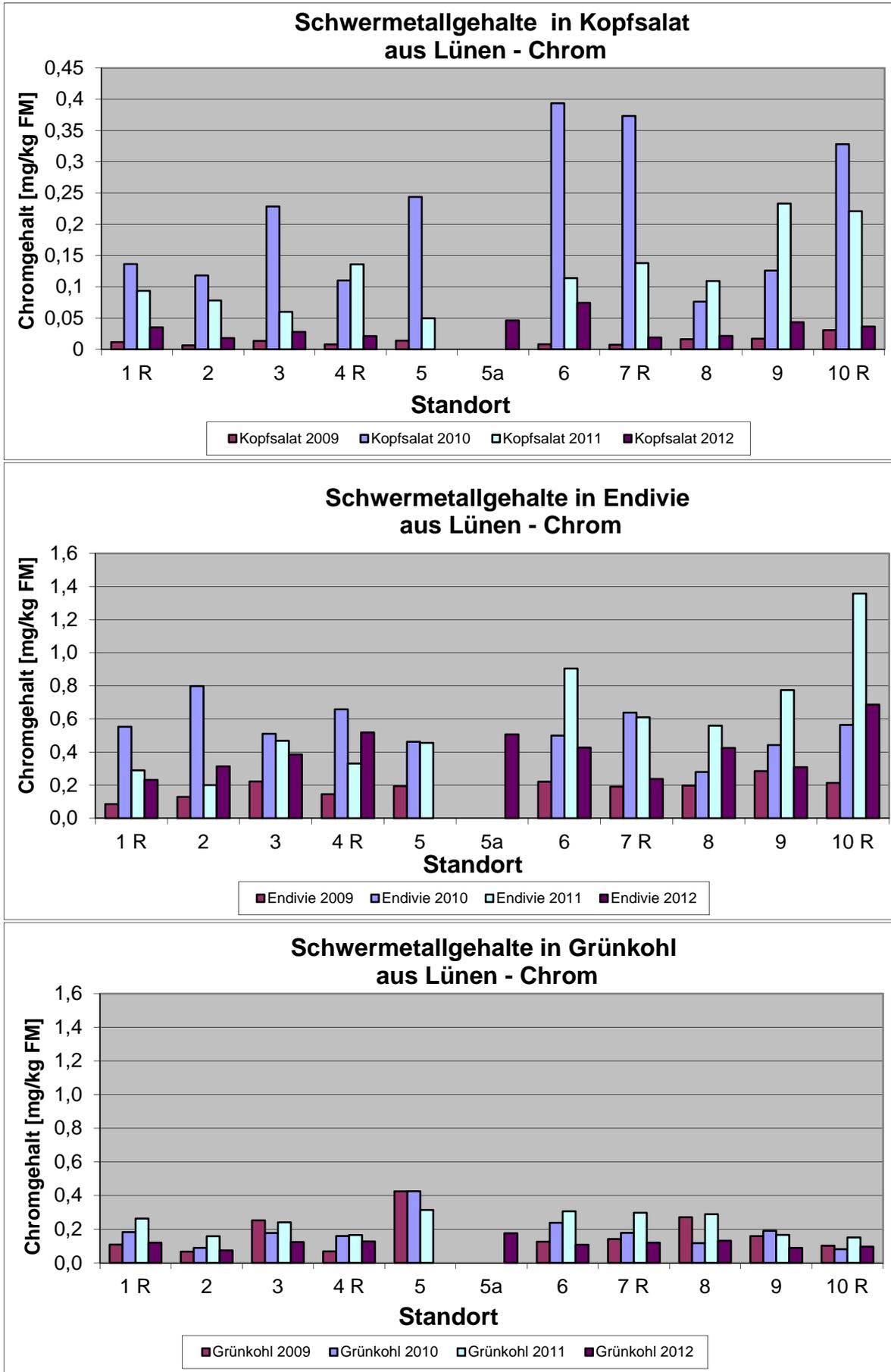


Abbildung 7

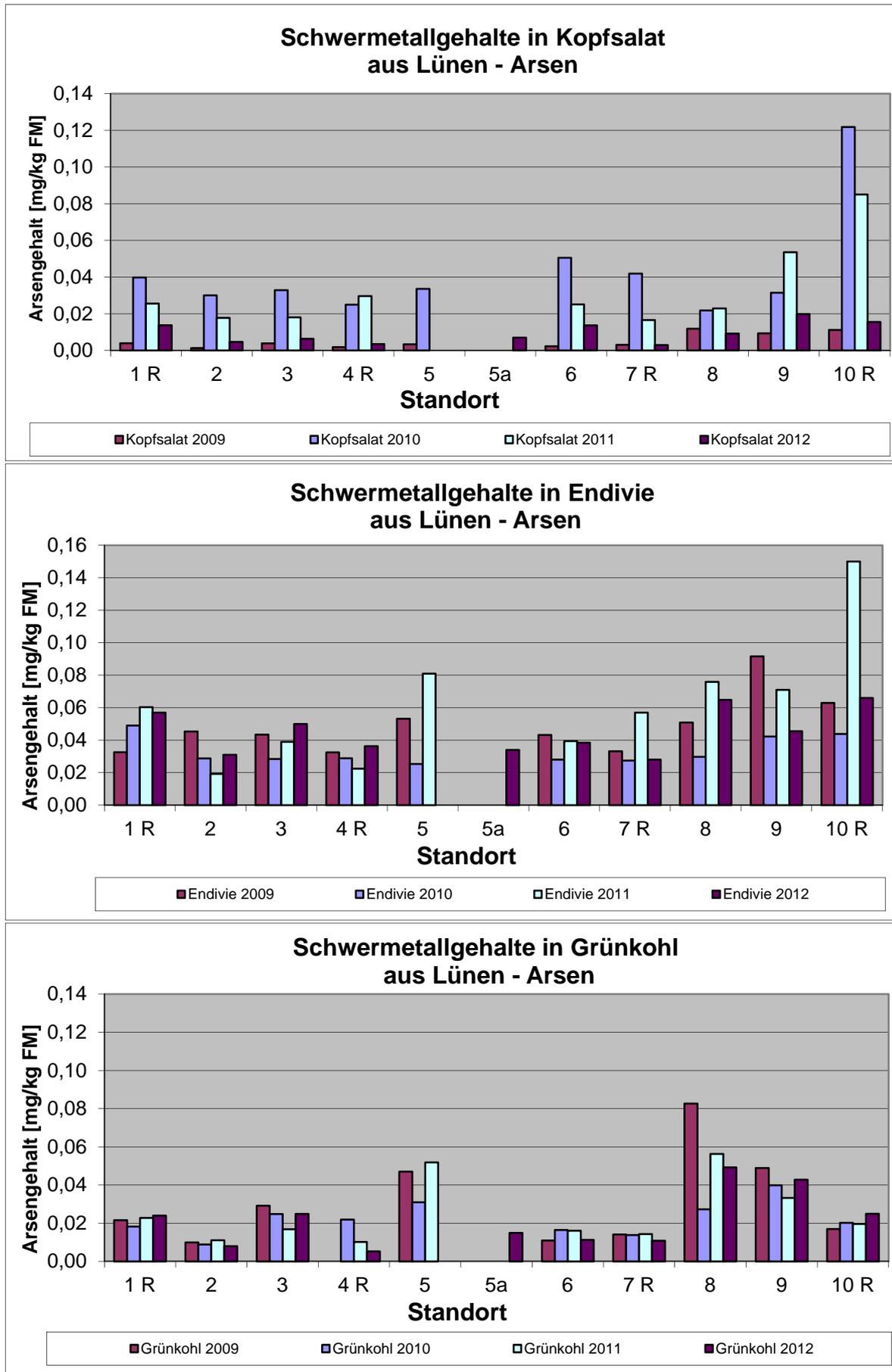


Abbildung 8

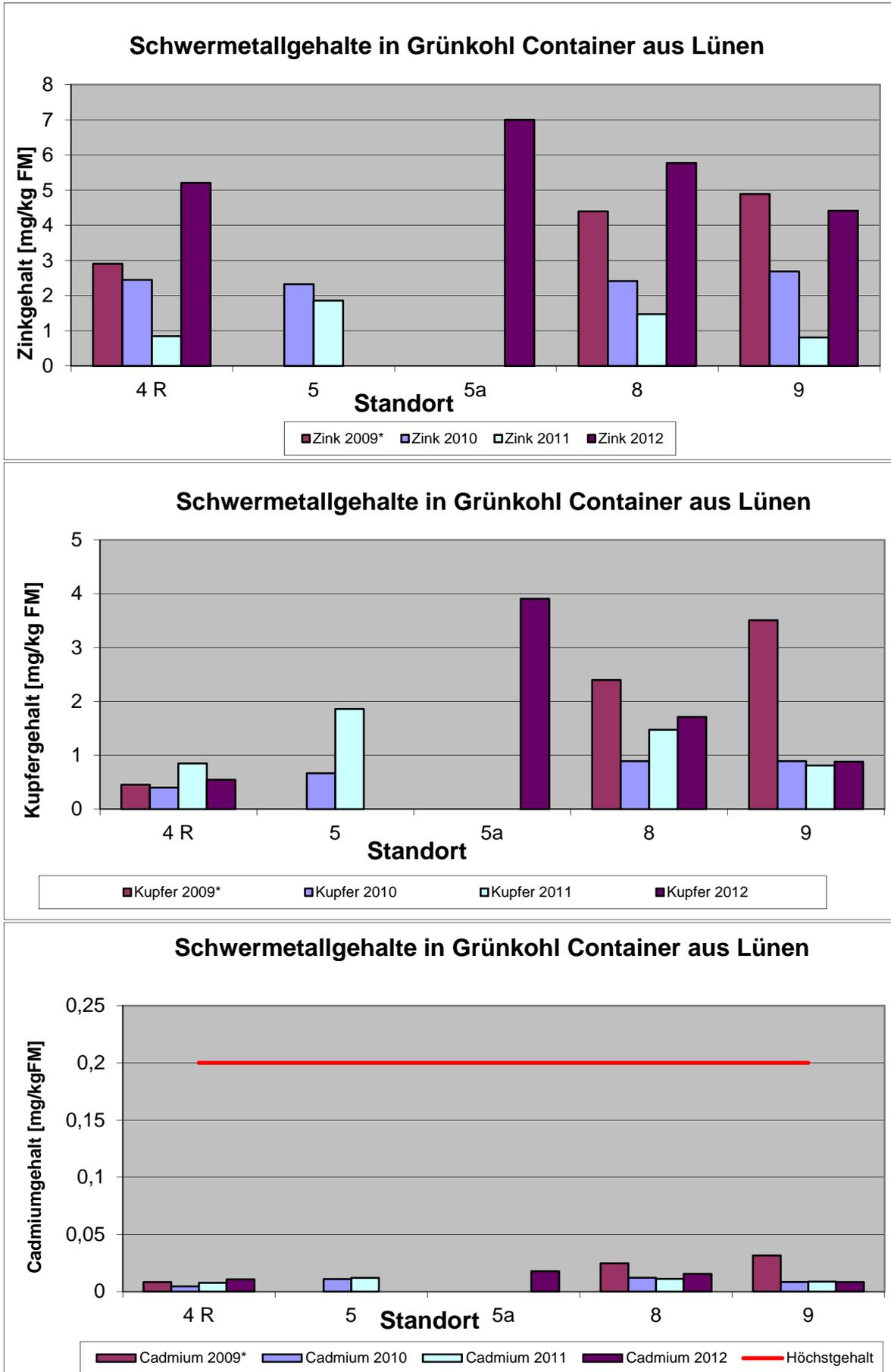


Abbildung 8 (Fortsetzung)

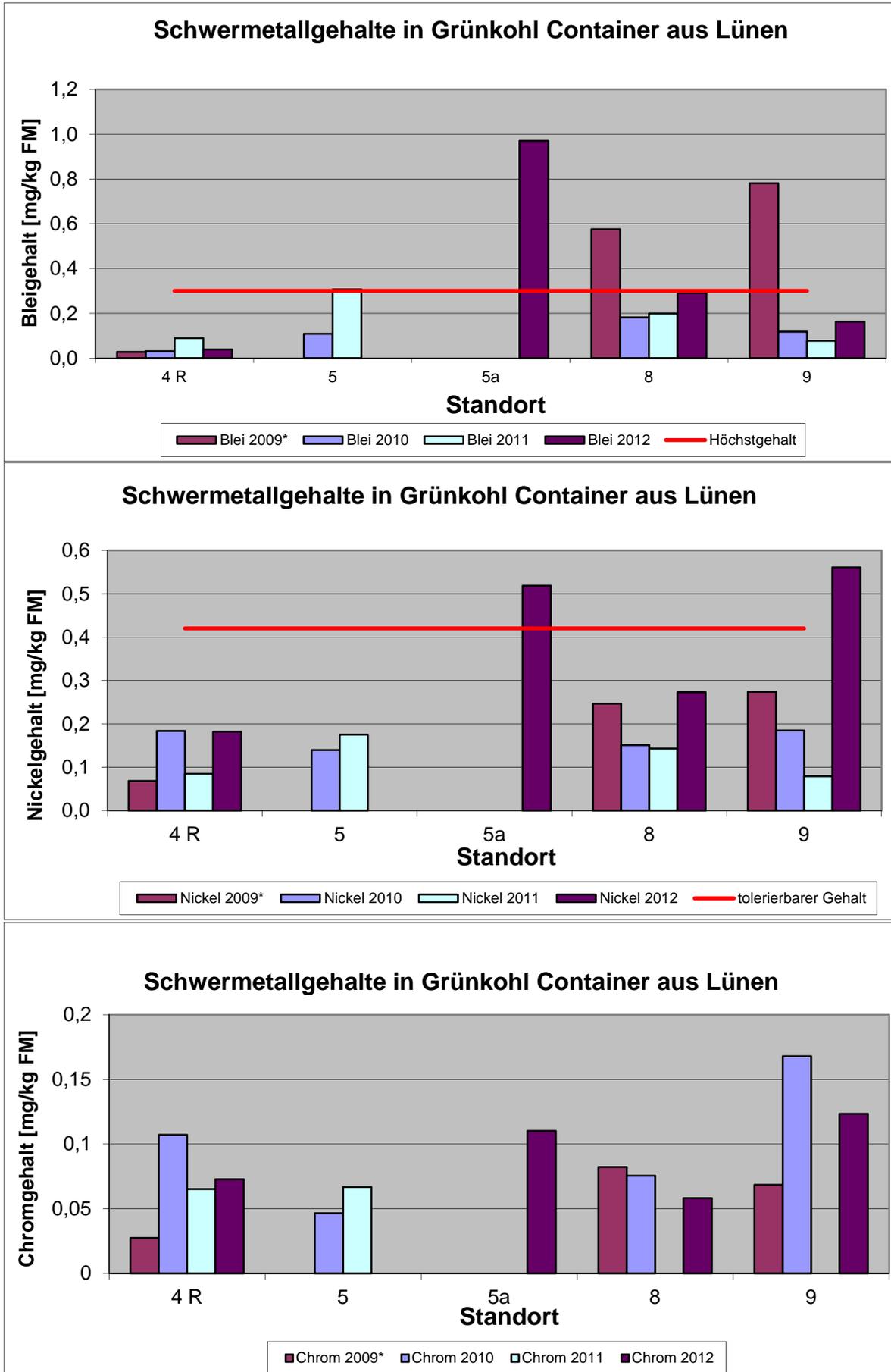
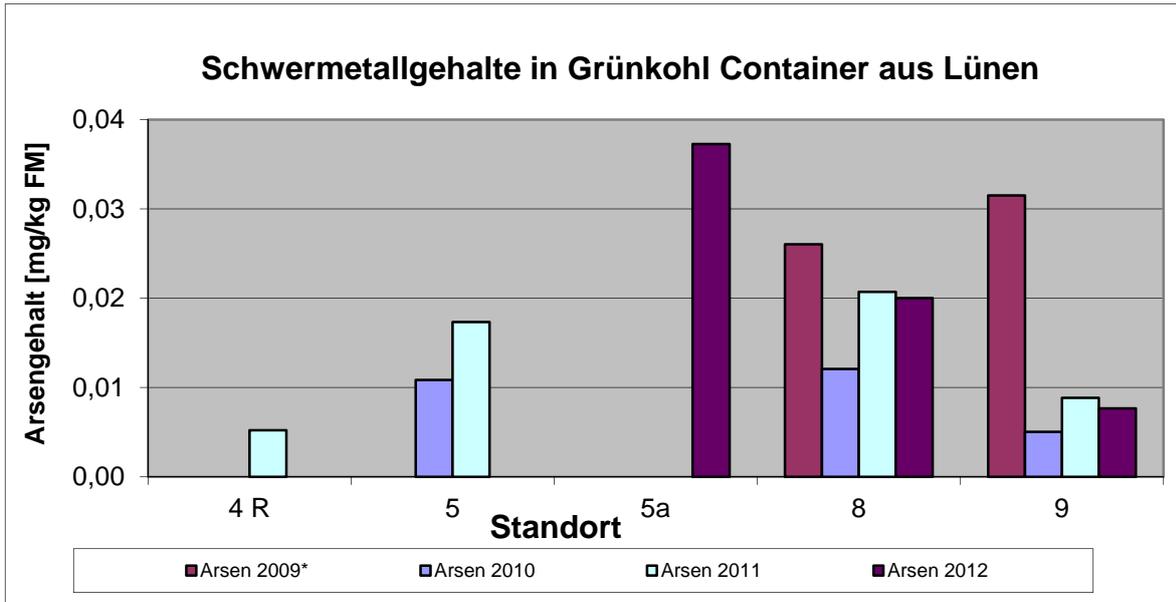


Abbildung 8 (Fortsetzung)



* bei den Ergebnissen von 2009 sind die Frischgehalte mittels standardisiertem Trockengewicht berechnet worden

Abbildung 9

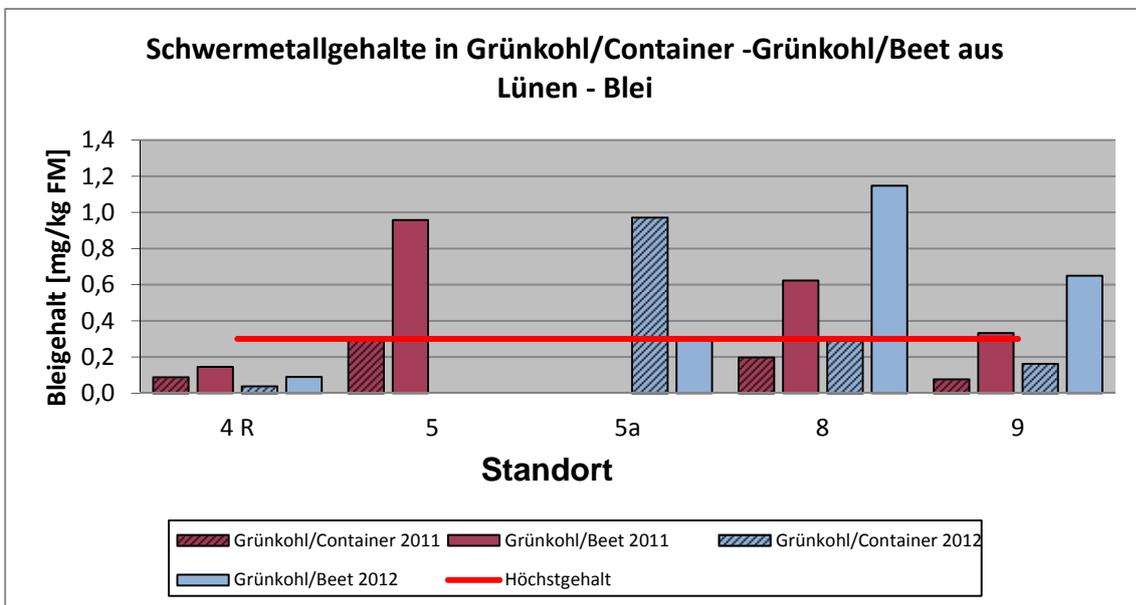
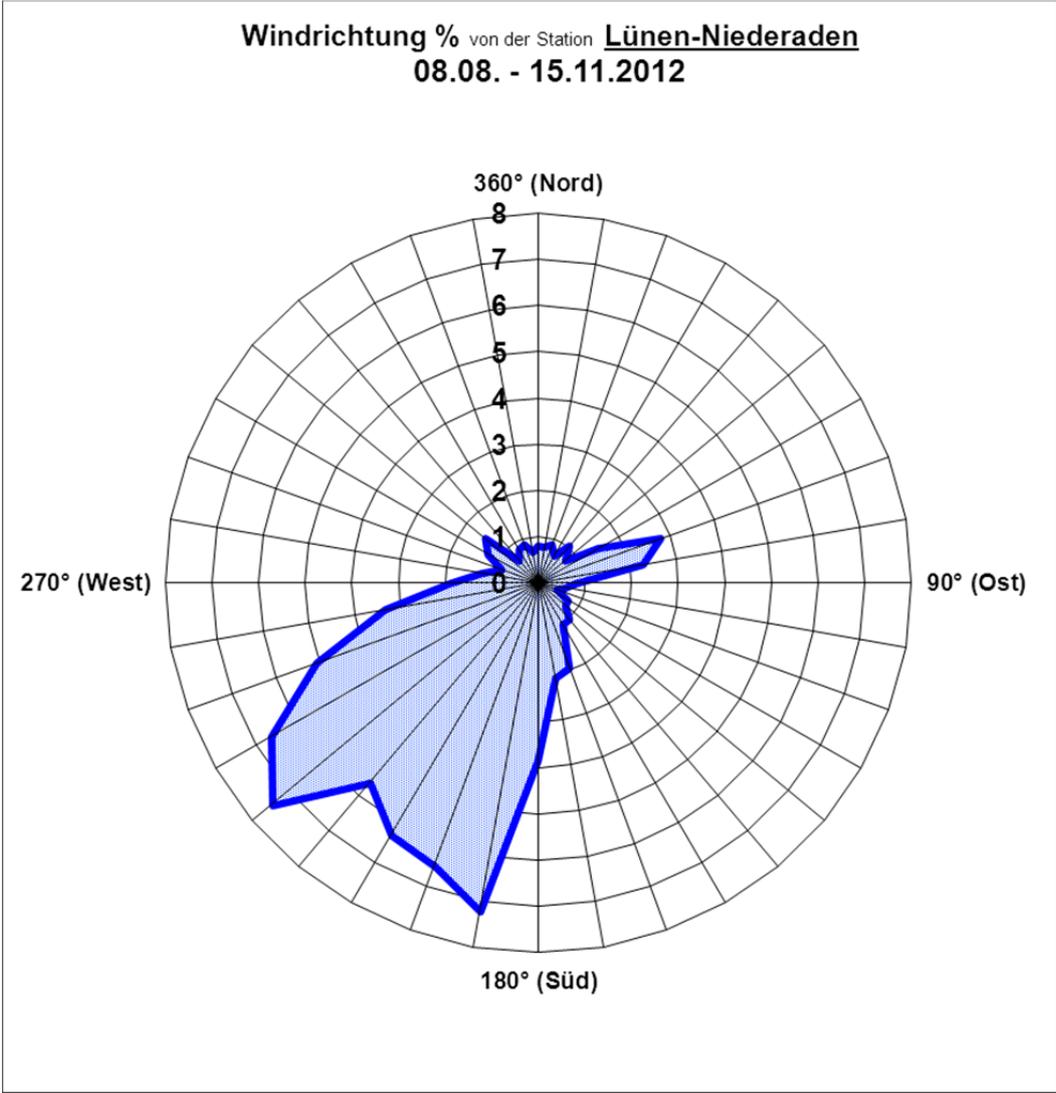


Abbildung 10



**Schwermetallgehalte in Gemüseproben aus Lünen,
Erhebungsjahre 2009 bis 2012**

Tabelle 1

| Zink [mg/kg FM] | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------------|------|------|------|----------------|------|------|------|-----------------|------|------|------|
| Mess- | Kopfsalat | | | | Endivie | | | | Grünkohl | | | |
| punkt | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| 1 R | 2,4 | 3,7 | 5,2 | 2,4 | 4,4 | 3,7 | 8,6 | 4,8 | 5,9 | 6,6 | 7,3 | 9,5 |
| 2 | 2,6 | 4,5 | 3,5 | 1,7 | 6,3 | 4,5 | 6,6 | 2,6 | 3,1 | 5,3 | 4,1 | 4,4 |
| 3 | 3,1 | 3,9 | 4,6 | 2,5 | 6,1 | 3,9 | 13,3 | 5,3 | 7,9 | 9,9 | 7,7 | 8,4 |
| 4 R | 3,1 | 3,4 | 4,7 | 1,6 | 6,2 | 3,4 | 8,9 | 3,0 | 3,8 | 5,2 | 4,6 | 5,9 |
| 5/5a* | 3,0 | 4,0 | 4,3 | 2,2 | 6,4 | 4,0 | 13,1 | 2,0 | 7,5 | 9,1 | 8,4 | 7,1 |
| 6 | 2,7 | 6,4 | 4,0 | 3,3 | 5,8 | 6,4 | 8,0 | 3,1 | 5,2 | 8,8 | 5,4 | 5,7 |
| 7 R | 2,2 | 4,5 | 4,2 | 2,1 | 5,3 | 4,5 | 8,6 | 3,3 | 4,2 | 9,3 | 5,7 | 6,9 |
| 8 | 3,2 | 3,9 | 4,7 | 2,4 | 8,7 | 3,9 | 12,2 | 4,4 | 10,5 | 8,6 | 10,5 | 10,0 |
| 9 | 4,4 | 6,6 | 11,5 | 4,8 | 18,0 | 6,6 | 22,1 | 8,5 | 6,5 | 11,6 | 12,0 | 9,5 |
| 10 R | 4,9 | 6,3 | 7,6 | 3,5 | 6,7 | 6,3 | 13,8 | 4,6 | 4,2 | 7,7 | 7,1 | 6,0 |

Tabelle 2

| Kupfer [mg/kg FM] | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------|------|------|------|----------------|------|------|------|-----------------|------|------|------|
| Mess- | Kopfsalat | | | | Endivie | | | | Grünkohl | | | |
| punkt | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| 1 R | 0,29 | 0,53 | 0,58 | 0,31 | 0,52 | 0,66 | 0,67 | 0,64 | 0,54 | 0,88 | 0,65 | 0,78 |
| 2 | 0,39 | 0,94 | 0,55 | 0,31 | 0,96 | 1,01 | 0,82 | 0,63 | 0,75 | 0,92 | 0,85 | 0,78 |
| 3 | 0,40 | 0,86 | 0,72 | 0,43 | 1,28 | 1,45 | 1,86 | 1,32 | 2,72 | 1,84 | 1,55 | 1,48 |
| 4 R | 0,32 | 0,37 | 0,70 | 0,22 | 0,60 | 0,66 | 1,14 | 0,45 | 0,44 | 0,80 | 0,74 | 0,77 |
| 5/5a* | 0,61 | 0,78 | 0,97 | 0,58 | 2,51 | 1,70 | 6,82 | 1,10 | 5,59 | 4,29 | 6,88 | 2,25 |
| 6 | 0,41 | 1,54 | 0,84 | 0,77 | 1,30 | 1,47 | 1,77 | 0,94 | 0,88 | 1,48 | 1,43 | 1,09 |
| 7 R | 0,33 | 0,91 | 0,78 | 0,38 | 0,84 | 1,31 | 1,94 | 0,82 | 0,83 | 1,38 | 1,86 | 0,97 |
| 8 | 1,04 | 1,28 | 1,79 | 0,69 | 1,68 | 2,24 | 6,00 | 4,07 | 9,53 | 3,29 | 6,23 | 5,07 |
| 9 | 0,98 | 2,50 | 6,22 | 1,52 | 6,15 | 4,64 | 6,72 | 3,90 | 6,44 | 4,63 | 3,50 | 3,27 |
| 10 R | 0,71 | 0,78 | 0,95 | 0,32 | 1,05 | 1,07 | 1,67 | 0,76 | 1,24 | 0,99 | 1,16 | 1,05 |

Tabelle 3

| Cadmium [mg/kg FM] | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------|------|------|------|----------------|------|------|------|-----------------|------|------|------|
| Mess- | Kopfsalat | | | | Endivie | | | | Grünkohl | | | |
| punkt | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| 1 R | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,07 | 0,08 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| 2 | 0,02 | 0,06 | 0,05 | 0,02 | 0,10 | 0,14 | 0,10 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 |
| 3 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,10 | 0,09 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 4 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 5/5a* | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,06 | 0,09 | 0,11 | 0,02 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,03 |
| 6 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,08 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| 7 | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,05 | 0,10 | 0,09 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| 8 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,02 | 0,07 | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| 9 | 0,02 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 |
| 10 | 0,03 | 0,07 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,17 | 0,17 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |

Tabelle 4

| Blei [mg/kg FM] | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------|------|------|------|---------|------|------|------|----------|------|------|------|
| Mess- punkt | Kopfsalat | | | | Endivie | | | | Grünkohl | | | |
| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| 1 R | 0,02 | 0,23 | 0,13 | 0,06 | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 0,21 | 0,14 | 0,13 | 0,09 | 0,15 |
| 2 | 0,01 | 0,25 | 0,11 | 0,04 | 0,26 | 0,18 | 0,10 | 0,20 | 0,15 | 0,09 | 0,11 | 0,10 |
| 3 | 0,03 | 0,41 | 0,21 | 0,08 | 0,55 | 0,31 | 0,35 | 0,49 | 0,57 | 0,44 | 0,22 | 0,31 |
| 4 R | 0,02 | 0,20 | 0,19 | 0,02 | 0,21 | 0,20 | 0,17 | 0,21 | 0,07 | 0,20 | 0,15 | 0,09 |
| 5/5a* | 0,04 | 0,36 | 0,09 | 0,06 | 0,50 | 0,24 | 0,88 | 0,22 | 1,12 | 0,64 | 0,96 | 0,30 |
| 6 | 0,02 | 0,68 | 0,25 | 0,14 | 0,50 | 0,29 | 0,44 | 0,45 | 0,19 | 0,29 | 0,21 | 0,19 |
| 7 R | 0,01 | 0,50 | 0,15 | 0,03 | 0,30 | 0,29 | 0,29 | 0,24 | 0,22 | 0,24 | 0,18 | 0,16 |
| 8 | 0,11 | 0,22 | 0,28 | 0,08 | 0,53 | 0,29 | 0,66 | 0,79 | 1,98 | 0,45 | 0,62 | 1,15 |
| 9 | 0,08 | 0,49 | 0,79 | 0,28 | 1,80 | 0,60 | 0,77 | 0,65 | 1,34 | 0,84 | 0,33 | 0,65 |
| 10 R | 0,07 | 0,64 | 0,38 | 0,07 | 0,45 | 0,25 | 0,38 | 0,22 | 0,31 | 0,14 | 0,15 | 0,20 |

Tabelle 5

| Nickel [mg/kg FM] | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|------|------|------|---------|------|------|------|----------|------|------|------|
| Mess- punkt | Kopfsalat | | | | Endivie | | | | Grünkohl | | | |
| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| 1 R | 0,02 | 0,08 | 0,06 | 0,03 | 0,06 | 0,76 | 0,41 | 0,13 | 0,08 | 0,11 | 0,32 | 0,08 |
| 2 | 0,08 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,12 | 1,18 | 0,30 | 0,17 | 0,08 | 0,09 | 0,22 | 0,05 |
| 3 | 0,04 | 0,10 | 0,06 | 0,03 | 0,14 | 0,84 | 0,67 | 0,27 | 0,33 | 0,21 | 0,28 | 0,16 |
| 4 R | 0,01 | 0,07 | 0,06 | 0,02 | 0,08 | 1,04 | 0,50 | 0,23 | 0,05 | 0,10 | 0,18 | 0,04 |
| 5/5a* | 0,04 | 0,09 | 0,06 | 0,05 | 0,23 | 0,60 | 0,84 | 0,30 | 0,42 | 0,41 | 0,61 | 0,21 |
| 6 | 0,02 | 0,20 | 0,06 | 0,08 | 0,13 | 0,78 | 1,17 | 0,24 | 0,08 | 0,16 | 0,19 | 0,11 |
| 7 R | 0,01 | 0,14 | 0,05 | 0,02 | 0,11 | 0,96 | 0,68 | 0,13 | 0,11 | 0,14 | 0,15 | 0,12 |
| 8 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,03 | 0,25 | 0,50 | 0,97 | 0,39 | 0,67 | 0,18 | 0,50 | 0,46 |
| 9 | 0,06 | 0,15 | 0,32 | 0,09 | 0,38 | 0,78 | 1,26 | 0,40 | 0,38 | 0,34 | 0,30 | 0,31 |
| 10 R | 0,03 | 0,13 | 0,11 | 0,04 | 0,10 | 0,92 | 2,06 | 0,40 | 0,10 | 0,10 | 0,23 | 0,11 |

Tabelle 6

| Chrom [mg/kg FM] | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|------|------|------|---------|------|------|------|----------|------|------|------|
| Mess- punkt | Kopfsalat | | | | Endivie | | | | Grünkohl | | | |
| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| 1 R | 0,01 | 0,14 | 0,09 | 0,04 | 0,09 | 0,55 | 0,29 | 0,23 | 0,11 | 0,18 | 0,26 | 0,12 |
| 2 | 0,01 | 0,12 | 0,08 | 0,02 | 0,13 | 0,80 | 0,20 | 0,31 | 0,07 | 0,09 | 0,16 | 0,07 |
| 3 | 0,01 | 0,23 | 0,06 | 0,03 | 0,22 | 0,51 | 0,47 | 0,39 | 0,25 | 0,18 | 0,24 | 0,12 |
| 4 R | 0,01 | 0,11 | 0,14 | 0,02 | 0,15 | 0,66 | 0,33 | 0,52 | 0,07 | 0,16 | 0,17 | 0,13 |
| 5/5a* | 0,01 | 0,24 | 0,05 | 0,05 | 0,19 | 0,46 | 0,46 | 0,51 | 0,42 | 0,43 | 0,31 | 0,18 |
| 6 | 0,01 | 0,39 | 0,11 | 0,07 | 0,22 | 0,50 | 0,90 | 0,43 | 0,13 | 0,24 | 0,31 | 0,11 |
| 7 R | 0,01 | 0,37 | 0,14 | 0,02 | 0,19 | 0,64 | 0,61 | 0,24 | 0,14 | 0,18 | 0,30 | 0,12 |
| 8 | 0,02 | 0,08 | 0,11 | 0,02 | 0,20 | 0,28 | 0,56 | 0,42 | 0,27 | 0,12 | 0,29 | 0,13 |
| 9 | 0,02 | 0,13 | 0,23 | 0,04 | 0,28 | 0,44 | 0,77 | 0,31 | 0,16 | 0,19 | 0,17 | 0,09 |
| 10 R | 0,03 | 0,33 | 0,22 | 0,04 | 0,21 | 0,56 | 1,36 | 0,69 | 0,10 | 0,08 | 0,15 | 0,10 |

Tabelle 7

| Arsen [mg/kg FM] | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-------|--------|-------|---------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| Mess- | Kopfsalat | | | | Endivie | | | | Grünkohl | | | |
| punkt | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| 1 R | 0,004 | 0,040 | 0,026 | 0,014 | 0,033 | 0,049 | 0,060 | 0,057 | 0,022 | 0,018 | 0,023 | 0,024 |
| 2 | 0,001 | 0,030 | 0,018 | 0,005 | 0,045 | 0,029 | 0,019 | 0,031 | 0,010 | 0,009 | 0,011 | 0,008 |
| 3 | 0,004 | 0,033 | 0,018 | 0,006 | 0,043 | 0,028 | 0,039 | 0,050 | 0,029 | 0,025 | 0,017 | 0,025 |
| 4 R | 0,002 | 0,025 | 0,030 | 0,003 | 0,032 | 0,029 | 0,023 | 0,036 | <0,001 | 0,022 | 0,010 | 0,005 |
| 5/5a* | 0,003 | 0,034 | <0,001 | 0,007 | 0,053 | 0,025 | 0,081 | 0,034 | 0,047 | 0,031 | 0,052 | 0,015 |
| 6 | 0,002 | 0,050 | 0,025 | 0,014 | 0,043 | 0,028 | 0,039 | 0,039 | 0,011 | 0,016 | 0,016 | 0,011 |
| 7 R | 0,003 | 0,042 | 0,017 | 0,003 | 0,033 | 0,027 | 0,057 | 0,028 | 0,014 | 0,014 | 0,014 | 0,011 |
| 8 | 0,012 | 0,022 | 0,023 | 0,009 | 0,051 | 0,030 | 0,076 | 0,065 | 0,083 | 0,027 | 0,056 | 0,049 |
| 9 | 0,009 | 0,031 | 0,054 | 0,020 | 0,092 | 0,042 | 0,071 | 0,046 | 0,049 | 0,040 | 0,033 | 0,043 |
| 10 R | 0,011 | 0,122 | 0,085 | 0,016 | 0,063 | 0,044 | 0,150 | 0,066 | 0,017 | 0,020 | 0,020 | 0,025 |

Tabelle 8

| Grünkohl Container [mg/kg FM] | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|------|------|------|--------|--------|-------|--------|-------|------|-------|------|--|
| Mess- | Kupfer | | | | Zink | | | | Blei | | | | |
| punkt | 2009* | 2010 | 2011 | 2012 | 2009* | 2010 | 2011 | 2012 | 2009* | 2010 | 2011 | 2012 | |
| 4 R | 0,45 | 0,40 | 0,85 | 0,55 | 2,90 | 2,45 | 2,76 | 5,21 | 0,03 | 0,03 | 0,09 | 0,04 | |
| 5/5a* | | 0,67 | 1,86 | 3,90 | | 2,33 | 4,13 | 7,00 | | 0,11 | 0,31 | 0,97 | |
| 8 | 2,40 | 0,89 | 1,47 | 1,71 | 4,40 | 2,42 | 3,76 | 5,77 | 0,58 | 0,18 | 0,20 | 0,29 | |
| 9 | 3,51 | 0,89 | 0,81 | 0,88 | 4,89 | 2,69 | 3,06 | 4,41 | 0,78 | 0,12 | 0,08 | 0,16 | |
| Mess- | Cadmium | | | | Arsen | | | | Chrom | | | | |
| punkt | 2009* | 2010 | 2011 | 2012 | 2009* | 2010 | 2011 | 2012 | 2009* | 2010 | 2011 | 2012 | |
| 4 R | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | <0,007 | <0,003 | 0,005 | <0,004 | 0,03 | 0,11 | 0,07 | 0,07 | |
| 5/5a* | | 0,01 | 0,01 | 0,02 | | 0,011 | 0,017 | 0,037 | | 0,05 | 0,07 | 0,11 | |
| 8 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,026 | 0,012 | 0,021 | 0,020 | 0,08 | 0,08 | <0,04 | 0,06 | |
| 9 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,032 | 0,005 | 0,009 | 0,008 | 0,07 | 0,17 | <0,04 | 0,12 | |
| Mess- | Nickel | | | | | | | | | | | | |
| punkt | 2009* | 2010 | 2011 | 2012 | | | | | | | | | |
| 4 R | 0,07 | 0,18 | 0,08 | 0,18 | | | | | | | | | |
| 5/5a* | | 0,14 | 0,18 | 0,52 | | | | | | | | | |
| 8 | 0,25 | 0,15 | 0,14 | 0,27 | | | | | | | | | |
| 9 | 0,27 | 0,18 | 0,08 | 0,56 | | | | | | | | | |

*in 2012 verlagertes Messpunkt innerhalb der Gartenanlage

Literatur

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

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

DGE Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2010): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. <http://www.dge.de/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=3>, aufgerufen am 19.06.2013

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>

Gerdas, H.; Schneider, K.; Schuhmacher-Wolz, U. (2005): Addendum Nickel und Verbindungen. In: Eikmann, Heinrich, Heinzow, Konietzka: Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen - Toxikologische Basisdaten und ihre Bewertung. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

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

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

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

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

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.

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

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