



09.10.2014

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

- Untersuchungsergebnisse 2013 –

Die Untersuchungen mittels Exposition von Nahrungspflanzen in Beeten von Haus- und Kleingärten wurden 2013 fortgesetzt. Ziel der Untersuchungen war es festzustellen, ob die derzeit bestehende Anbau- und Verzehrsempfehlung ggfs. weiter aufrecht erhalten bleiben sollte.

Im vorliegenden Bericht wird zunächst die ermittelte Schwermetallbelastung in den Nahrungspflanzen dargestellt und anschließend umweltmedizinisch bewertet.

Besonders entschuldigen möchte ich mich für die Verzögerungen bei der Erstellung dieses Berichtes. Diese sind zurückzuführen auf Schwierigkeiten bei der Chromanalyse in den Nahrungspflanzen. Letztendlich war eine vollständige Neuanalyse aller Proben auf Chrom erforderlich, was zu erheblichen Zeitverzögerungen führte.

1. Schwermetallgehalte in Nahrungspflanzen

Messprogramm - Methodik

Die Untersuchung der Nahrungspflanzen in den Gärten wurde an den gleichen Stellen wie im Vorjahr durchgeführt. Allerdings wurden in 2013 anstatt 10 nur 9 Messpunkte untersucht, da am Messpunkt 7 in 2013 kein Garten mehr zur Verfügung stand. Die Messpunkte 1R, 4R, und 10R dienen als Referenzmesspunkte, die die typische Belastung außerhalb des Einwirkungsbereichs der Quellen repräsentieren sollen. Die Lage der Gärten ist der beigefügten Karte zu entnehmen.

Wie im Bericht zu den Untersuchungsergebnissen von 2012 angekündigt, wurde im Untersuchungsjahr 2013 versucht, den Unterschied zwischen dem Schwermetalleintragspfad Luft/Pflanze und der Kombinationswirkung der Eintragspfade Boden/Pflanze und Luft/Pflanze anhand zusätzlicher Untersuchungen zu ermitteln. Auf der Basis der schwachen Datengrundlage ist eine eindeutige Aussage zur Bedeutung der unterschiedlichen Eintragspfade zum jetzigen Zeitpunkt jedoch noch nicht möglich. Das LANUV hat u. a. aus diesem Grund in 2014 ein umfassenderes standortübergreifendes Untersuchungsprogramm aufgelegt, in dem der Einfluss der Eintragspfade ermittelt werden soll und in das die Untersuchungen aus Lünen einfließen werden.

Die im Folgenden dargestellten Untersuchungsergebnisse zur Schwermetallbelastung in Nahrungspflanzen aus dem Jahr 2013 beziehen sich daher auf das gleiche Messprogramm wie in den Vorjahren.

Das Messprogramm wurde erneut von der landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt NRW (LUF) durchgeführt. Exponiert wurden wie in den Vorjahren Kopfsalat, Endivie und Grünkohl in Gartenbeeten. Die weitere Methodik kann den Berichten vom Mai 2011 bzw. Mai 2012 entnommen werden.

Die Pflanzen standen in 2013 während folgender Zeiten in den Beeten:

	Pflanzung	Ernte
Kopfsalat	15.06.2013	18.07.2013
Endivie	18./19.07.2013	16.09.2013
Grünkohl	08./09.08.2013	22.11.2013

Die Angaben im Ergebnisteil beziehen sich auf Gehalte in mg pro kg Frischmasse (FM).

Ergebnisse

Zink

Die ermittelten Zinkgehalte sind in Tabelle 1 sowie in Abb. 1 aufgeführt. Die Zinkgehalte in den Kopfsalat-, Endivien- und Grünkohlproben befinden sich überwiegend im Wertebereich der Referenzmesspunkte (1R, 4R, 10R). Ausnahmen stellen die Kopfsalatprobe am Messpunkt 8, die Endivienprobe am Messpunkt 9 und die Grünkohlprobe am Messpunkt 9 dar, wo höhere Gehalte gemessen wurden. Insbesondere die Grünkohlprobe am Messpunkt 9 ist auffällig, da sie auch im Vergleich zu den Vorjahren deutlich höhere Zinkgehalte aufweist.

Kupfer

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 sowie Abb. 2 aufgeführt. Die Kupfergehalte in den Kopfsalat-, Endivien- und Grünkohlproben befinden sich überwiegend im Wertebereich der Referenzmesspunkte (1R, 4R, 10R) bzw. leicht darüber. Eine Ausnahme stellen die erhöhten Gehalte der Endivienprobe am Messpunkt 9 und insbesondere der Grünkohlprobe am Messpunkt 9 dar. Die Gehalte der Grünkohlprobe am Messpunkt 8 sind gegenüber den Referenzmesspunkten zwar nach wie vor erhöht, aber im Vergleich zum Messwert des Vorjahres deutlich geringer.

Cadmium

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 sowie Abb. 3 aufgeführt. Bei allen drei Gemüsearten werden die niedrigen Gehalte aus dem Vorjahr bestätigt. Zwischen den Gehalten an den Referenzmesspunkten (1R, 4R, 10R) und den übrigen Messpunkten besteht kein wesentlicher Unterschied. Auffällig ist allenfalls der Gehalt in der Grünkohlprobe am Messpunkt 9, der gegenüber dem Vorjahr angestiegen ist. Er liegt aber immer noch weit unterhalb des EU-Höchstgehaltes für Cadmium in Lebensmitteln.

Blei

Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 sowie Abb. 4 aufgeführt. Die Bleigehalte in den Kopfsalat-, Endivien- und Grünkohlproben befinden sich überwiegend im Wertebereich der Referenzmesspunkte (1R, 4R, 10R) bzw. leicht darüber. Eine Ausnahme stellen die Grünkohlproben an den Messpunkten 3, 8 und 9 dar. In diesen Fällen liegen die ermittelten Gehalte für 2013 sogar oberhalb des EU-Höchstgehaltes für Blei in Lebensmitteln. Im Vergleich zu den Vorjahren zeigen Bleigehalte in den Kopfsalat- und Endivienproben rückläufige Werte.

Nickel

Die Nickelgehalte sind in Tabelle 5 sowie in Abb. 5 aufgeführt. Die Nickelgehalte in den Kopfsalat-, Endivien- und Grünkohlproben befinden sich überwiegend im Wertebereich der Referenzmesspunkte (1R, 4R, 10R) oder leicht darüber, wobei die Gehalte in den Endivienproben gegenüber dem Vorjahr überwiegend zurückgegangen sind. Eine Ausnahme stellt der Nickelgehalt der Grünkohlprobe am Messpunkt 9 dar, der gegenüber den Gehalten an den Referenzmesspunkten erhöht ist.

Chrom

Wie bereits zu Beginn angeführt, gab es Schwierigkeiten bei der Chromanalyse der Nahrungspflanzen. Dies machte weitergehende Untersuchungen und letztendlich eine vollständige Neuanalyse aller Proben erforderlich. Leider war nicht in allen Fällen genug Probenmaterial für diese umfangreichen Nachuntersuchungen vorhanden, so dass die Anzahl der fehlenden Werte überproportional hoch ist.

Die Chromgehalte der untersuchten Nahrungspflanzen sind der Tabelle 6 sowie der Abb. 6 zu entnehmen. Die Chromgehalte in den Kopfsalat-, Endivien- und Grünkohlproben befinden sich überwiegend im Wertebereich der Referenzmesspunkte (4R, 10R) oder leicht darüber. Sie liegen in etwa auf Vorjahresniveau, mit Ausnahme der Endivienproben, bei denen ein Rückgang der Gehalte zu verzeichnen war. Eine Ausnahme stellt der Chromgehalt der Endivienprobe am Referenzmesspunkt 1R dar, der der höchste gemessene Wert aller Endivienproben in 2013 ist.

Arsen

Die Arsengehalte in den ausgebrachten Nahrungspflanzen sind in Tabelle 7 und Abb. 7 dargestellt. Die Arsengehalte in den Kopfsalat-, Endivien- und Grünkohlproben befinden sich überwiegend im Wertebereich der Referenzmesspunkte (4R, 10R) oder leicht darüber. Eine Ausnahme ist zum einen der Arsengehalt der Endivienprobe am Referenzmesspunkt 1R, der den höchsten gemessenen Wert aller Endivienproben darstellt. Zum anderen ist der Arsengehalt der Grünkohlprobe am Messpunkt 9 gegenüber den Gehalten an den Referenzmesspunkten deutlich erhöht.

Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Nahrungspflanzenuntersuchungen

Auf der Basis der dargestellten Ergebnisse für 2013 zeigt sich, dass der Messpunkt 9 und etwas abgeschwächt auch der Messpunkt 8 insbesondere in Bezug auf die in den Grünkohlproben ermittelten Bleigehalte einen Schwerpunkt der Belastung darstellen. Auch die Ge-

halte von anderen Schwermetallen (z. B. Zink, Kupfer) sind an diesen beiden Messpunkten sowohl für Grünkohl als auch für Endivie leicht, zum Teil aber auch deutlich höher als an den anderen Messpunkten. Demgegenüber konnten in den Kopfsalatproben keine nennenswerten Belastungen festgestellt werden.

Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die vorgenommenen Betrachtungen auf Einzelwerten basieren, die aus einer Mischprobe aus 4 bis 8 Pflanzen je Messpunkt ermittelt wurden. Dies schränkt die Interpretierbarkeit der Messwerte deutlich ein. So ist z. B. der unverhältnismäßig hohe Chrom- und Arsengehalt der Endivienprobe am Referenzmesspunkt 1R nach heutigem Kenntnisstand nicht erklärbar.

Interessant ist ein Vergleich der Ergebnisse der Nahrungspflanzenuntersuchungen mit den Ergebnissen der Staubniederschlagsuntersuchungen des LANUV, die ebenfalls in 2013 durchgeführt wurden und deren Ergebnisse auf der Internetseite des LANUV sowohl als Jahres als auch als Monatswerte verfügbar sind:

http://www.lanuv.nrw.de/luft/immissionen/staub/Auswertung_2013_b.xlsx

http://www.lanuv.nrw.de/luft/immissionen/staub/pdf/Luenen_2013.pdf.

Dabei ist zu beachten, dass die Messpunkte in den Gartenbeeten und die des Staubniederschlagsmessprogrammes nur begrenzt übereinstimmen. Dennoch ist ersichtlich, dass die Bereiche um die Messpunkte 8 und 9 bzw. LÜNE006A und LÜNE007 mit Blei, Nickel und Arsen beaufschlagt werden.

Vor diesem Hintergrund erscheint es nach wie vor angebracht, von einer Belastung der Pflanzen über den Pfad Luft/Pflanze auszugehen. Aber, und hierauf wurde im letzten Jahr bereits hingewiesen, scheint auch der Pfad Boden/Pflanze eine gewisse Bedeutung für die Schwermetallgehalte in den Pflanzen zu haben. Dies ergibt sich aus den in Tabelle 8 und Abb. 8 exemplarisch gegenübergestellten Bleigehalten in Grünkohlproben, angepflanzt in Containern mit unbelasteter Einheitserde, und in Grünkohlproben, angepflanzt direkt in den Beeten. Die Bleigehalte in den Beetpflanzen sind fast ausnahmslos höher, was für einen zusätzlichen Eintragungspfad Boden/Pflanze spricht.

Leider ist, wie bereits ausgeführt, auf der schwachen Datengrundlage der speziellen Untersuchungen in Lünen in 2013 eine eindeutige Aussage zur Bedeutung der unterschiedlichen Eintragungspfade jedoch noch nicht möglich. Das LANUV hat u. a. aus diesem Grund in 2014 ein umfassenderes, standortübergreifendes Untersuchungsprogramm aufgelegt, in dem der Einfluss der Eintragungspfade ermittelt werden soll und in das die Untersuchungen aus Lünen einfließen werden. Auf eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse wird daher zum jetzigen Zeitpunkt verzichtet.

2. Umweltmedizinische Bewertung der Schwermetallgehalte in Nahrungspflanzen

Expositionsabschätzung

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 (Referenzstandorte ausgenommen) herangezogen.

Bewertung der Ergebnisse

Arsen

Maximale Arsengehalte finden sich mit 0,0066 mg/kg FM in Kopfsalat am Messpunkt 3 und mit 0,052 mg/kg FM in Grünkohl am Messpunkt 9. Der höchste Arsengehalt für Endivie findet sich mit 0,062 mg/kg FM am Messpunkt 1. Da es sich hier um einen Referenzstandort handelt, wird zur Bewertung der Arsengehalt für Endivie in Höhe von 0,048 mg/kg FM am Messpunkt 2 herangezogen.

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 genotoxische 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 Kopfsalat am Messpunkt 3 eine zusätzliche Arsenaufnahme von ca. 0,024 µg/kg KG/d. Der o. g. TRD-Wert in Höhe von 0,45 µg/kg KG/d wäre damit zu ca. 5,3 % und die untere BMDL1 in Höhe von 0,3 µg/kg KG/d zu ca. 8,0 % ausgeschöpft. Unter Einbezug der Aufnahme über den allgemeinen Warenkorb von maximal 0,56 µg/kg KG/d ergibt sich eine tägliche maximale Aufnahme von ca. 0,58 µg/kg KG/d. Der o. g. TRD-Wert von Hassauer und Kalberlah wäre da-

mit um den Faktor von ca. 1,3 und die untere BMDL 1 in Höhe von 0,3 µg/kg um den Faktor von ca. 1,9 überschritten.

Es ist jedoch zu beachten, dass der o. g. TRD-Wert schon aufgrund der hohen Arsenaufnahme über den allgemeinen Warenkorb überschritten wird und 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 vorkommende höchste Konzentration von Arsen in Kopfsalat liegt bei 0,0066 mg/kg FM am Messpunkt 3 und damit unterhalb der von der EFSA angegebenen unteren Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen in handelsüblichem Blattgemüse aus der EU. Somit ist davon auszugehen, dass der Verzehr des hier untersuchten Kopfsalates im Vergleich zum Verzehr von handelsüblichem Kopfsalat zu keinem zusätzlichen Gesundheitsrisiko führt.

Bei einer rechnerischen Annahme eines täglichen Verzehrs von 250 g Endivie vom Messpunkt 2 beträgt die maximale tägliche Zusatzbelastung 0,17 µg/kg KG/d. Der o. g. TRD-Wert wäre damit zu ca. 38 % und die untere BMDL1 in Höhe von 0,3 µg/kg KG/d zu ca. 57 % ausgeschöpft. Die maximale Gesamtaufnahme (unter Berücksichtigung der Belastung über den allgemeinen Warenkorb) beträgt ca. 0,73 µg/kg KG/d. Der o. g. TRD-Wert wird um einen Faktor von ca. 1,6 und die untere BMDL 1 um einen Faktor von ca. 2,4 überschritten.

Für Arsen liegt eine Überschreitung des TRD-Wertes vor, wobei zu beachten ist, dass der o. g. TRD-Wert schon aufgrund der hohen Arsenaufnahme über den allgemeinen Warenkorb überschritten wird (s.o.). Die im vorliegenden Fall vorkommende höchste Konzentration von Arsen in Endivie liegt bei 0,048 mg/kg FM und überschreitet die von der EFSA (2009) angegebene untere Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen in Blattgemüse aus der EU um ca. den Faktor 3.

Unter Verwendung der von der EFSA angegebenen oberen Grenze des mittleren Gehaltes von Arsen in handelsüblichem Blattgemüse aus der EU in Höhe von 0,0235 mg/kg FM bzw. der unteren Grenze in Höhe von 0,0162 mg/kg FM, ergäbe sich eine Ausschöpfung des o. g. TRD-Wertes zu ca. 13 bzw. 19 %, sodass beim Verzehr von handelsüblichem Endiviensalat eine um das 2 bis 3 fache geringere Arsenaufnahme erfolgen würde.

Auf der Grundlage der am stärksten belasteten Endivienprobe (Messpunkt 2) wird daher vorsorglich empfohlen, nicht mehr als 2 Portionen Endiviensalat (je 250 g) pro Woche zu verzehren.

Für Grünkohl beträgt die tägliche maximale Zusatzbelastung am Messpunkt 9 ca. 0,19 µg/kg KG/d. Der o. g. TRD-Wert wäre damit zu ca. 42 % und die untere BMDL1 in Höhe von 0,3 µg/kg KG/d zu ca. 63 % ausgeschöpft. Die maximale Gesamtaufnahme ca. 0,75 µg/kg KG/d. Der TRD-Wert wird um den Faktor von ca. 1,7 und die untere BMDL 1 um den Faktor von ca. 2,5 überschritten.

Blei

Die höchste Blei-Belastung wurde mit 0,039 mg/kg FM in Kopfsalat und 0,30 mg/kg FM in Endivie am Messpunkt 3 und mit 0,99 mg/kg FM in Grünkohl am Messpunkt 9 ermittelt.

Die Beurteilung der 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 Pb-Gehalt für Blattgemüse (Endivie und Kopfsalat) sowie für Kohlgemüse (Grünkohl) beträgt 0,30 mg/kg Frischgewicht. Am Messpunkt 3 wird der EU-Höchstgehalt in der Endivienprobe eingehalten und in der Kopfsalatprobe unterschritten. Am Messpunkt 9 wird der EU-Höchstgehalt in der Grünkohlprobe um den Faktor 3,3 überschritten. Da der EU-Höchstgehalt für Blei in Grünkohl um den Faktor 3,3 überschritten ist und nach nationalem und EU-Lebensmittelrecht solchermaßen belastetes Gemüse nicht in den Handel gebracht werden darf, sollte eine bestehende Nichtverzehrsempfehlung für Grünkohl von diesem Standort aufrechterhalten bleiben bzw. herausgegeben werden.

Cadmium

Die höchsten Cadmium-Belastungen wurden mit 0,037 mg/kg FM in Kopfsalat am Messpunkt 2 und am Messpunkt 9 mit 0,043 mg/kg Frischmasse (FM) in Endivie und 0,066 mg/kg FM in Grünkohl ermittelt.

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

Chrom

Für Chrom (III) wurde von der EFSA (2014) 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 insgesamt eine Hintergrundbelastung über den allgemeinen Warenkorb von 13,81 µg/kg KG/d bis maximal 23,10 µg/kg KG/d ergibt.

Die höchsten Chromgehalte finden sich mit 0,020 mg/kg FM in Kopfsalat und mit 0,22 mg/kg FM in Endivie am Messpunkt 3 und mit 0,19 mg/kg FM in Grünkohl am Messpunkt 9.

Unter der Annahme, dass es sich bei den in den Nahrungspflanzen enthaltenen Chrom-Gehalten ausschließlich um Chrom(III) handelt, einem täglichen Verzehr von 250 g Gemüse aus dem eigenen Garten und einem Körpergewicht von 70 kg ergeben sich rechnerisch maximale Zusatzbelastungen von ca. 0,07 µg/kg KG/d für Kopfsalat, von ca. 0,79 µg/kg KG/d für Endivie und von ca. 0,68 µg/kg KG/d für Grünkohl. Damit wird der TDI-Wert für Chrom(III) selbst unter Einbezug der maximalen Belastung über den allgemeinen Warenkorb in Höhe von 23,10 µg/kg KG/d in allen hier untersuchten Proben unterschritten.

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. Das SCF (Scientific Committee on Food) hat 2003 eine UL (tolerable upper intake level oder tägliche maximale Aufnahmemenge eines Nährstoffes (aus allen Quellen) von der als unwahrscheinlich angenommen wird, dass sie für den Menschen eine gesundheitliche Gefahr darstellt) für Erwachsene in Höhe von 5 mg/d abgeleitet (BfR, 2004). Nach der Nationalen 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 6,9 mg/kg FM ist der Grünkohl an Messpunkt 9 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. 1,73 mg/Tag oder ca. 24,6 µg/kg KG/d.

Unter Berücksichtigung der Zufuhr aus anderen Lebensmitteln ergibt sich für Männer eine Aufnahme von ca. 3,98 mg/Tag (ca. 57 µg/kg KG/d) und für Frauen von ca. 3,57 mg/Tag (ca. 51 µg/kg KG/d). Für Frauen liegt die Konzentration unterhalb der vom SCF angegebenen UL (s. o.) und die zugeführte tolerable resorbierbare Dosis von Schneider und Kalberlah wird eingehalten, für Männer wird die zugeführte tolerable resorbierbare Dosis von Schneider und Kalberlah minimal um den Faktor von ca. 1,14 überschritten und die UL unterschritten.

Rein rechnerisch wäre somit lediglich der Verzehr von 200 g eines solchermaßen belasteten Grünkohls pro Tag aus gesundheitlicher Sicht zulässig. Da die Annahme, eines täglichen Verzehrs von 250 g Grünkohl aus eigenem Garten über einen längeren Zeitraum von mehreren Wochen als sehr konservativ anzusehen ist und die hier rechnerisch ermittelte Kupferaufnahme die zugeführte tolerable resorbierbare Dosis nur um ca. den Faktor 1,14 überschreitet, kann in dem hier vorliegendem Fall auf eine Verzehrsempfehlung verzichtet werden.

In allen anderen hier untersuchten Proben wird die zugeführte tolerable resorbierbare Dosis von Schneider und Kalberlah für Kupfer, selbst unter Einbezug der maximalen Belastung in Höhe von 32,10 µg/kg KG/d über den allgemeinen Warenkorb, unterschritten.

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.

Im vorliegenden Fall wurde die höchste Nickel-Belastung mit 0,032 mg/kg FM in Kopfsalat am Messpunkt 8, mit 0,14 mg/kg FM in Endivie am Messpunkt 3 und 0,60 mg/kg FM in Grünkohl am 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 ergeben sich rechnerisch maximale Zusatzbelastungen für Nickel von ca. 0,11 µg/kg KG/d in Kopfsalat, von ca. 0,50 µg/kg KG/d in Endivie und von ca. 2,1 µg/kg KG/d in Grünkohl.

Selbst unter Berücksichtigung der Hintergrundbelastung über den allgemeinen Warenkorb von ca. 2,5 µg/kg KG/d (EFSA, 2006) wird die o. g. tolerable zugeführte Dosis für Nickel in Höhe von 4 µg/kg KG/d für Kopfsalat und Endivie an allen Messpunkten unterschritten. Für Grünkohl wird die o. g. tolerable zugeführte Dosis für Nickel in Höhe von 4 µg/kg KG/d am Messpunkt 9 unter Einbezug der Hintergrundbelastung über andere Nahrungsmittel um ca. den Faktor 1,2 überschritten.

Rein rechnerisch wäre somit lediglich der Verzehr von 200 g eines solchermaßen belasteten Grünkohls pro Tag aus gesundheitlicher Sicht zulässig. Da die Annahme eines täglichen Verzehrs von Grünkohl aus eigenem Garten über einen längeren Zeitraum von mehreren Wochen als sehr konservativ anzusehen ist und gleichzeitig der hier ermittelte Wert noch um ca. den Faktor 1,7 unterhalb der Schwelle von 8 µg/kg KG/d liegt, bei der nach EFSA 2005 bei gegen Nickel sensibilisierten Personen Verschlimmerungen von Handekzemen auftreten können, kann in dem hier vorliegendem Fall auf eine Verzehrsempfehlung verzichtet werden.

Zink

Zink ist für den Menschen essentiell. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE 2013) 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 37 mg/kg FM in Grünkohl an Messpunkt 9 ermittelt. Bei dem Verzehr von 250 g Grünkohl (Gemüseprobe mit der höchsten Zinkbelastung aller Gemüseproben) würde eine zusätzliche Zinkaufnahme von ca. 9,3 mg/d resultieren.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR, 2004) zieht zur Bewertung von Zink in Nahrungsergänzungsmitteln oder angereicherten Lebensmitteln eine UL (tolerable upper intake level oder tägliche maximale Aufnahmemenge eines Nährstoffes (aus allen Quellen), von der als unwahrscheinlich angenommen wird, dass sie für den Menschen eine gesundheitliche Gefahr darstellt) des SCF (Scientific Committee on Food) von 25 mg/Tag heran. Nach der „Nationalen Verzehrsstudie“ von 2008 (MRI, 2008) lag der Medianwert der täglichen Zinkaufnahme von Männern bei 11,6 mg/Tag und von Frauen bei 9,1 mg/Tag. Mit der zusätzlichen Aufnahme von Zink über den maximal belasteten Grünkohl ergäbe sich bei Männern rein rechnerisch eine maximale Zinkaufnahme von ca. 20,9 mg/d und bei Frauen von ca. 18,4 mg/d. Beide Werte liegen unterhalb der UL (s. o.).

3. Fazit

Die Untersuchung der Schwermetallgehalte in Nahrungspflanzen führt im Erhebungsjahr 2013 zu folgenden Ergebnissen:

- Die Schwermetallgehalte in den Nahrungspflanzen befinden sich in 2013 überwiegend im Wertebereich der Referenzmesspunkte.
- Die Schwermetallgehalte in den Nahrungspflanzen befinden sich überwiegend auf dem Vorjahresniveau oder gehen leicht zurück.
- Ein Ausnahme stellt der Messpunkt 9 und in abgeschwächter Form auch der Messpunkt 8 dar. Hier kann in mehreren Fällen eine im Vergleich zu den Referenzmesspunkten höhere Belastung und im Vergleich zu den Vorjahren eine Zunahme der Schwermetallgehalte in den Nahrungspflanzen festgestellt werden.
- Eine der Ursachen für die höhere Schwermetallbelastung am Messpunkt 9 und in abgeschwächter Form auch am Messpunkt 8 ist mit hoher Wahrscheinlichkeit der Eintrag über die Luft. Eine weitere Ursache ist vermutlich der Pfad Boden/Pflanze.
- Vollkommen unauffällig sind die Messergebnisse in den Kopfsalatproben.

Die umweltmedizinische Bewertung kann folgendermaßen zusammenfasst werden:

- Aufgrund der vorliegenden Arsenbelastung in der am stärksten belasteten Endivienprobe wird vorsorglich empfohlen, nicht mehr als 2 Portionen Endiviensalat (je 250 g) pro Woche zu verzehren.
- Da der EU-Höchstgehalt für Blei in Grünkohl in der am stärksten belasteten Probe um den Faktor 3,3 überschritten ist und nach nationalem und EU-Lebensmittelrecht solchermaßen belastetes Gemüse nicht in den Handel gebracht werden darf, sollte die bestehende Nichtverzehrsempfehlung für Grünkohl aufrechterhalten bleiben werden.
- Alle anderen Schwermetallbelastungen in den untersuchten Nahrungspflanzen sind aus umweltmedizinischer Sicht nicht mit einer gesundheitlichen Besorgnis in Zusammenhang zu bringen.

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 (2013): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr

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

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

Gerdes, 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): Verzehrstudie in Kleingärten im Rhein-Ruhrgebiet. Im Auftrag des Landesumweltamtes.

LANUV-Arbeitsblatt 22

Weitere Sachverhaltsermittlung bei Überschreitung von Prüfwerten nach BBodSchV für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2014)

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

Novotnik et al. (2013): Chromate in food samples: an artefact of wrongly applied analytical methodology, Journal of Analytical Atomic Spectrometry 2013, 28, 558-566

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

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.

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

Tabellen

Tabelle 1

Zink [mg/kg FM]															
Mess-	Kopfsalat					Endivie					Grünkohl				
punkt	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013
1 R	2,4	3,7	5,2	2,4	3,4	4,4	6,7	8,6	4,8	3,1	5,9	6,6	7,3	9,5	3,5
2	2,6	4,5	3,5	1,7	3,4	6,3	8,7	6,6	2,6	4,0	3,1	5,3	4,1	4,4	3,5
3	3,1	3,9	4,6	2,5	4,4	6,1	14	13	5,3	4,5	7,9	9,9	7,7	8,4	6,1
4 R	3,1	3,4	4,7	1,6	3,0	6,2	7,9	8,9	3,0	2,3	3,8	5,2	4,6	5,9	4,8
5	3,0	4,0	4,3	2,2	2,5	6,4	7,3	13	2,0	2,0	7,5	9,1	8,4	7,1	3,7
6	2,7	6,4	4,0	3,3	3,0	5,8	9,6	8,0	3,1	2,1	5,2	8,8	5,4	5,7	5,1
7	2,2	4,5	4,2	2,1	Ausfall	5,3	9,8	8,6	3,3	Ausfall	4,2	9,3	5,7	6,9	Ausfall
8	3,2	3,9	4,7	2,4	5,3	8,7	9,2	12	4,4	1,9	10	8,6	11	10	5,6
9	4,4	6,6	11	4,8	2,3	18	21	22	8,5	8,6	6,5	12	12	9,5	37
10 R	4,9	6,3	7,6	3,5	Ausfall	6,7	14	14	4,6	4,5	4,2	7,7	7,1	6,0	6,1

Tabelle 2

Kupfer [mg/kg FM]															
Mess-	Kopfsalat					Endivie					Grünkohl				
punkt	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013
1 R	0,29	0,53	0,58	0,31	0,26	0,52	0,66	0,67	0,64	0,54	0,54	0,88	0,65	0,78	0,42
2	0,39	0,94	0,55	0,31	0,37	0,96	1,0	0,82	0,63	1,0	0,75	0,92	0,85	0,78	0,60
3	0,40	0,86	0,72	0,43	0,39	1,3	1,5	1,9	1,3	1,0	2,7	1,8	1,5	1,5	1,3
4 R	0,32	0,37	0,70	0,22	0,21	0,60	0,66	1,1	0,45	0,37	0,44	0,80	0,74	0,77	0,61
5	0,61	0,78	0,97	0,58	0,43	2,5	1,7	6,8	1,10	0,80	5,6	4,3	6,9	2,3	1,1
6	0,41	1,5	0,84	0,77	0,28	1,3	1,5	1,8	0,94	0,61	0,88	1,5	1,4	1,1	0,84
7	0,33	0,91	0,78	0,38	Ausfall	0,84	1,3	1,9	0,82	Ausfall	0,83	1,4	1,9	0,97	Ausfall
8	1,0	1,3	1,8	0,69	0,58	1,7	2,2	6,0	4,1	0,83	9,5	3,3	6,2	5,1	2,2
9	0,98	2,5	6,2	1,5	0,42	6,1	4,6	6,7	3,9	2,0	6,4	4,6	3,5	3,3	6,9
10 R	0,71	0,78	0,95	0,32	Ausfall	1,0	1,1	1,7	0,76	0,59	1,2	0,99	1,2	1,0	0,84

Tabelle 3

Cadmium [mg/kg FM]															
Mess-	Kopfsalat					Endivie					Grünkohl				
punkt	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013
1 R	0,012	0,021	0,043	0,015	0,012	0,033	0,066	0,079	0,038	0,015	0,026	0,024	0,026	0,027	0,012
2	0,022	0,057	0,051	0,021	0,037	0,10	0,14	0,096	0,034	0,042	0,040	0,037	0,035	0,033	0,023
3	0,010	0,025	0,023	0,009	0,014	0,044	0,099	0,086	0,033	0,028	0,034	0,021	0,022	0,017	0,015
4 R	0,021	0,021	0,031	0,009	0,011	0,056	0,064	0,074	0,022	0,014	0,024	0,018	0,023	0,023	0,015
5	0,017	0,029	0,030	0,023	0,016	0,063	0,092	0,11	0,017	0,011	0,059	0,041	0,031	0,033	0,020
6	0,012	0,031	0,027	0,023	0,015	0,043	0,083	0,075	0,026	0,014	0,023	0,027	0,023	0,019	0,019
7	0,010	0,035	0,028	0,012	Ausfall	0,052	0,10	0,086	0,040	Ausfall	0,027	0,028	0,019	0,024	Ausfall
8	0,010	0,020	0,019	0,008	0,018	0,057	0,057	0,062	0,018	0,018	0,070	0,023	0,026	0,023	0,013
9	0,024	0,051	0,051	0,030	0,0048	0,11	0,11	0,099	0,044	0,043	0,045	0,036	0,030	0,027	0,066
10 R	0,030	0,073	0,073	0,046	Ausfall	0,035	0,17	0,17	0,062	0,048	0,029	0,028	0,035	0,030	0,028

Tabelle 4

Blei [mg/kg FM]															
Mess-	Kopfsalat					Endivie					Grünkohl				
punkt	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013
1 R	0,019	0,23	0,13	0,058	0,016	0,14	0,17	0,17	0,21	0,25	0,14	0,13	0,089	0,15	0,029
2	0,0074	0,25	0,11	0,040	0,032	0,26	0,18	0,10	0,20	0,28	0,15	0,09	0,11	0,10	0,055
3	0,026	0,41	0,21	0,075	0,039	0,55	0,31	0,35	0,49	0,30	0,57	0,44	0,22	0,31	0,34
4 R	0,015	0,20	0,19	0,022	0,011	0,21	0,20	0,17	0,21	0,033	0,07	0,20	0,15	0,090	0,061
5	0,035	0,36	0,085	0,059	0,018	0,50	0,24	0,88	0,22	0,062	1,1	0,64	0,96	0,30	0,16
6	0,016	0,68	0,25	0,14	0,017	0,50	0,29	0,44	0,45	0,073	0,19	0,29	0,21	0,19	0,21
7	0,0093	0,50	0,15	0,027	Ausfall	0,30	0,29	0,29	0,24	Ausfall	0,22	0,24	0,18	0,16	Ausfall
8	0,11	0,22	0,28	0,078	0,021	0,53	0,29	0,66	0,79	0,078	2,0	0,45	0,62	1,1	0,37
9	0,081	0,49	0,79	0,28	0,010	1,8	0,60	0,77	0,65	0,22	1,3	0,84	0,33	0,65	0,99
10 R	0,069	0,64	0,38	0,07	Ausfall	0,45	0,25	0,38	0,22	0,06	0,31	0,14	0,15	0,20	0,19

Tabelle 5

Nickel [mg/kg FM]															
Mess- punkt	Kopfsalat					Endivie					Grünkohl				
	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013
1 R	0,016	0,077	0,055	0,032	0,011	0,062	0,76	0,41	0,13	0,10	0,077	0,11	0,32	0,078	0,037
2	0,079	0,073	0,044	0,030	0,020	0,12	1,2	0,30	0,17	0,11	0,083	0,089	0,22	0,052	0,044
3	0,035	0,10	0,060	0,035	0,029	0,14	0,84	0,67	0,27	0,14	0,33	0,21	0,28	0,16	0,21
4 R	0,015	0,066	0,060	0,019	<0,009	0,077	1,0	0,50	0,23	0,019	0,051	0,099	0,18	0,044	0,049
5	0,036	0,092	0,062	0,050	0,023	0,23	0,60	0,84	0,30	0,043	0,42	0,41	0,61	0,21	0,092
6	0,020	0,20	0,062	0,081	0,012	0,13	0,78	1,2	0,24	0,036	0,078	0,16	0,19	0,11	0,090
7	0,015	0,14	0,050	0,021	Ausfall	0,11	0,96	0,68	0,13	Ausfall	0,11	0,14	0,15	0,12	Ausfall
8	0,068	0,071	0,073	0,034	0,032	0,25	0,50	0,97	0,39	0,070	0,67	0,18	0,50	0,46	0,13
9	0,063	0,15	0,32	0,086	0,017	0,38	0,78	1,3	0,40	0,10	0,38	0,34	0,30	0,31	0,60
10 R	0,030	0,13	0,11	0,036	Ausfall	0,096	0,92	2,1	0,40	0,057	0,10	0,10	0,23	0,11	0,10

Tabelle 6

Chrom [mg/kg FM]															
Mess- punkt	Kopfsalat					Endivie					Grünkohl				
	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013
1 R	0,012	0,14	0,094	0,035	0,0074	0,085	0,55	0,29	0,23	0,29	0,11	0,18	0,26	0,12	Ausfall
2	0,0063	0,12	0,078	0,018	0,015	0,13	0,80	0,20	0,31	Ausfall	0,066	0,089	0,16	0,074	0,056
3	0,013	0,23	0,060	0,028	0,020	0,22	0,51	0,47	0,39	0,22	0,25	0,18	0,24	0,12	0,16
4 R	0,0077	0,11	0,14	0,021	0,010	0,15	0,66	0,33	0,52	0,039	0,07	0,16	0,17	0,13	0,083
5	0,014	0,24	0,050	0,046	0,012	0,19	0,46	0,46	0,51	0,028	0,42	0,43	0,31	0,18	0,12
6	0,0080	0,39	0,11	0,074	0,0093	0,22	0,50	0,90	0,43	0,037	0,13	0,24	0,31	0,11	0,14
7	0,0073	0,37	0,14	0,019	Ausfall	0,19	0,64	0,61	0,24	Ausfall	0,14	0,18	0,30	0,12	Ausfall
8	0,016	0,076	0,11	0,021	0,0092	0,20	0,28	0,56	0,42	0,11	0,27	0,12	0,29	0,13	Ausfall
9	0,017	0,13	0,23	0,043	0,0076	0,28	0,44	0,77	0,31	0,072	0,16	0,19	0,17	0,089	0,19
10 R	0,031	0,33	0,22	0,036	Ausfall	0,21	0,56	1,4	0,69	Ausfall	0,10	0,081	0,15	0,10	0,14

Tabelle 7

Arsen [mg/kg FMr]															
Mess- punkt	Kopfsalat					Endivie					Grünkohl				
	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013
1 R	0,0039	0,040	0,026	0,014	0,0058	0,033	0,049	0,060	0,057	0,062	0,022	0,018	0,023	0,024	0,0058
2	0,0013	0,030	0,018	0,0047	0,0058	0,045	0,029	0,019	0,031	0,048	0,010	0,0089	0,011	0,0080	0,0052
3	0,0038	0,033	0,018	0,0064	0,0066	0,043	0,028	0,039	0,050	0,035	0,029	0,025	0,017	0,025	0,019
4 R	0,0018	0,025	0,030	0,0035	0,0024	0,032	0,029	0,023	0,036	0,009	<0,009	0,022	0,010	0,0053	0,0064
5	0,0033	0,034	<0,002	0,0069	0,0022	0,053	0,025	0,081	0,034	0,018	0,047	0,031	0,052	0,015	0,010
6	0,0023	0,050	0,025	0,014	0,0040	0,043	0,028	0,039	0,039	0,011	0,011	0,016	0,016	0,011	0,013
7	0,0031	0,042	0,017	0,0029	Ausfall	0,033	0,027	0,057	0,028	Ausfall	0,014	0,014	0,014	0,011	Ausfall
8	0,012	0,022	0,023	0,0092	0,0059	0,051	0,030	0,076	0,065	0,021	0,083	0,027	0,056	0,049	0,025
9	0,0093	0,031	0,054	0,020	0,0023	0,092	0,042	0,071	0,046	0,031	0,049	0,040	0,033	0,043	0,052
10 R	0,011	0,12	0,085	0,016	Ausfall	0,063	0,044	0,15	0,066	0,021	0,017	0,020	0,020	0,025	0,022

Tabelle 8

MP	Blei in Grünkohl (mg/kg FM)									
	2009		2010		2011		2012		2013	
	Beet	Container	Beet	Container	Beet	Container	Beet	Container	Beet	Container
4R	0,068	0,030	0,20	0,030	0,15	0,090	0,090	0,040	0,061	0,032
5	1,1		0,64	0,11	0,96	0,31	0,30	0,97	0,16	0,10
8	2,0	0,58	0,45	0,18	0,62	0,20	1,1	0,29	0,37	0,22
9	1,3	0,78	0,84	0,12	0,33	0,08	0,65	0,16	0,99	0,62

Abbildungen

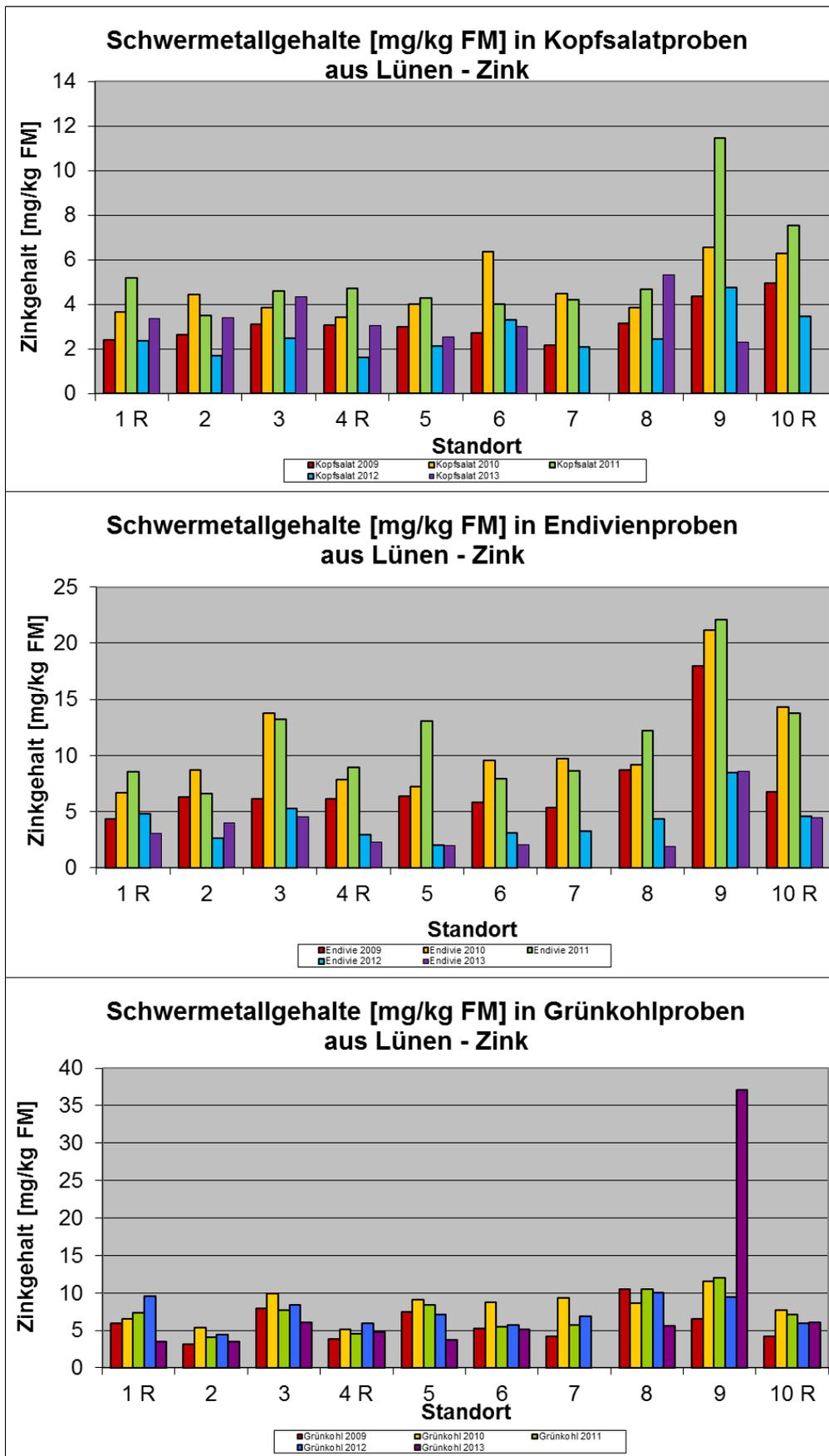


Abbildung 1: Zinkgehalte in mg/kg FM

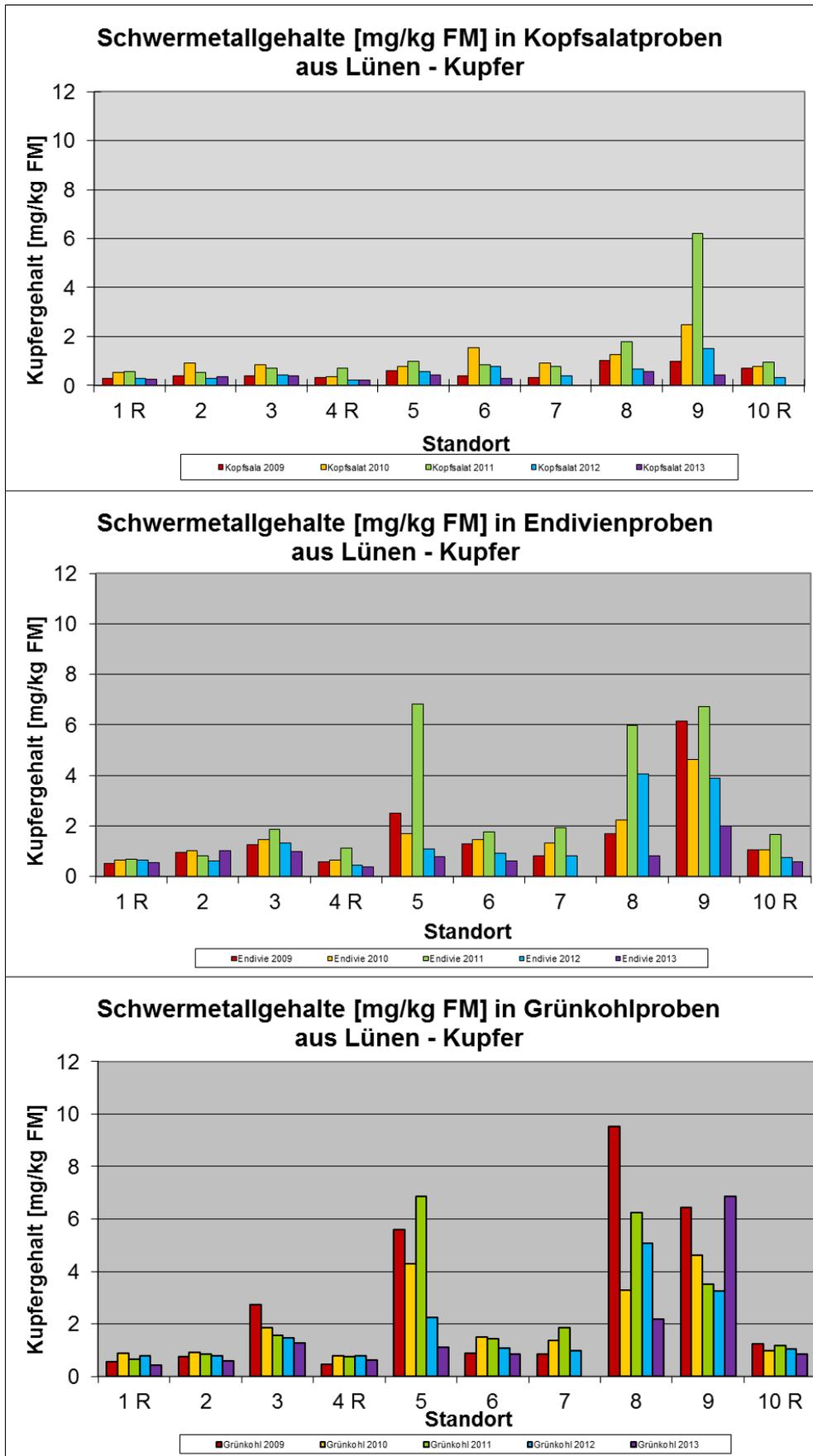


Abbildung 2: Kupfergehalte in mg/kg FM

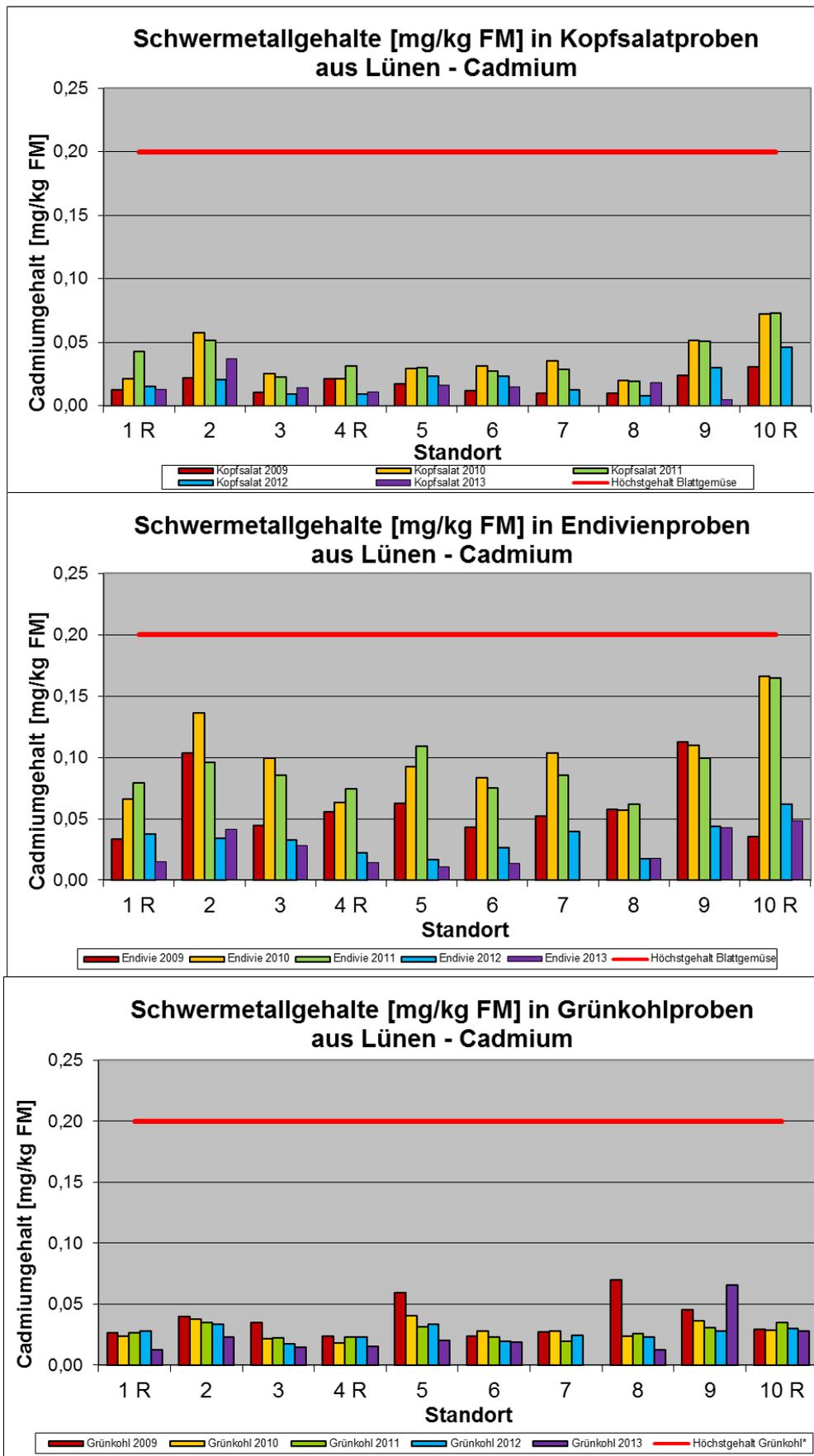


Abbildung 3: Cadmiumgehalte in mg/kg FM

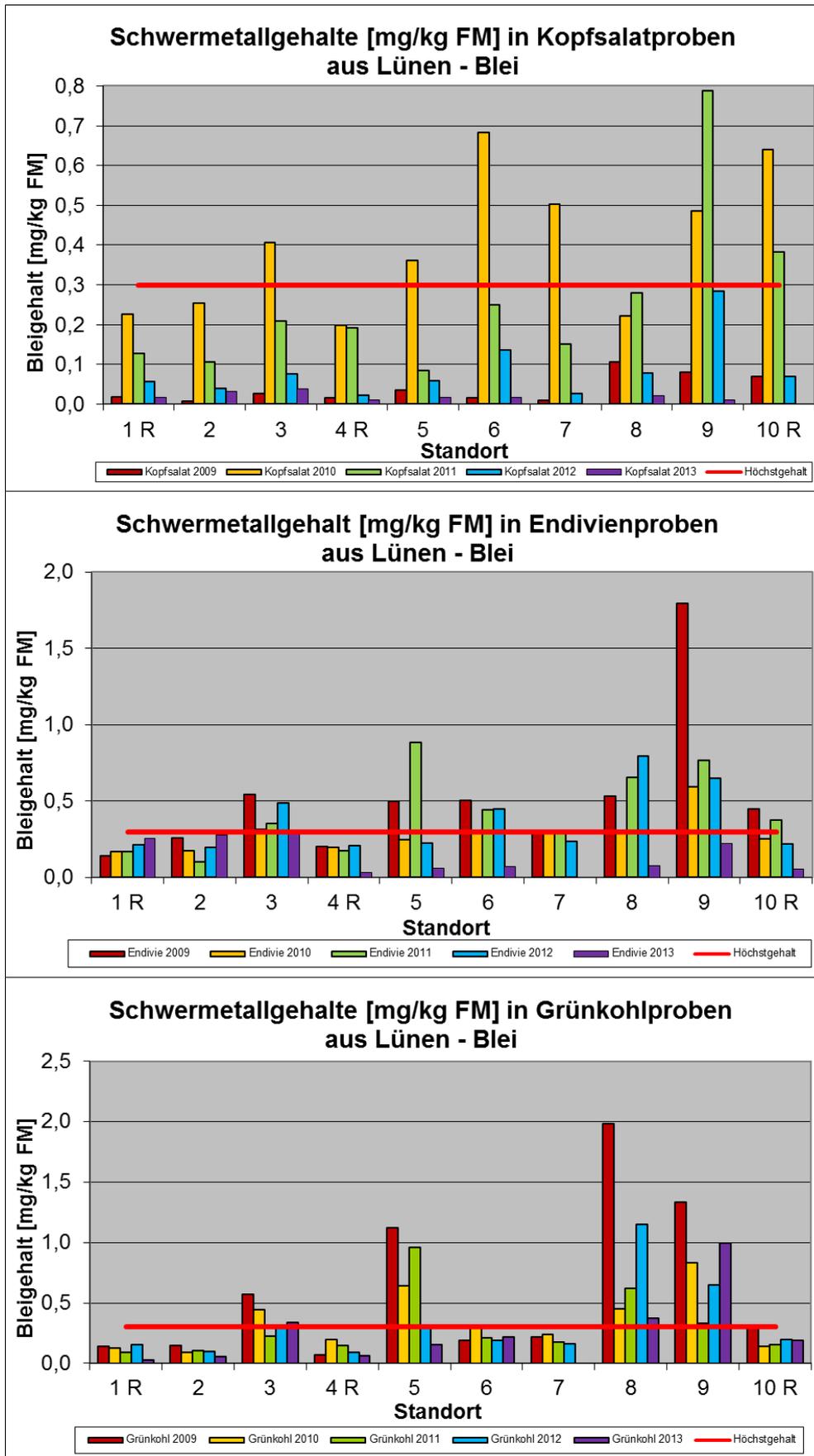


Abbildung 4: Bleigehalte im mg/kg FM

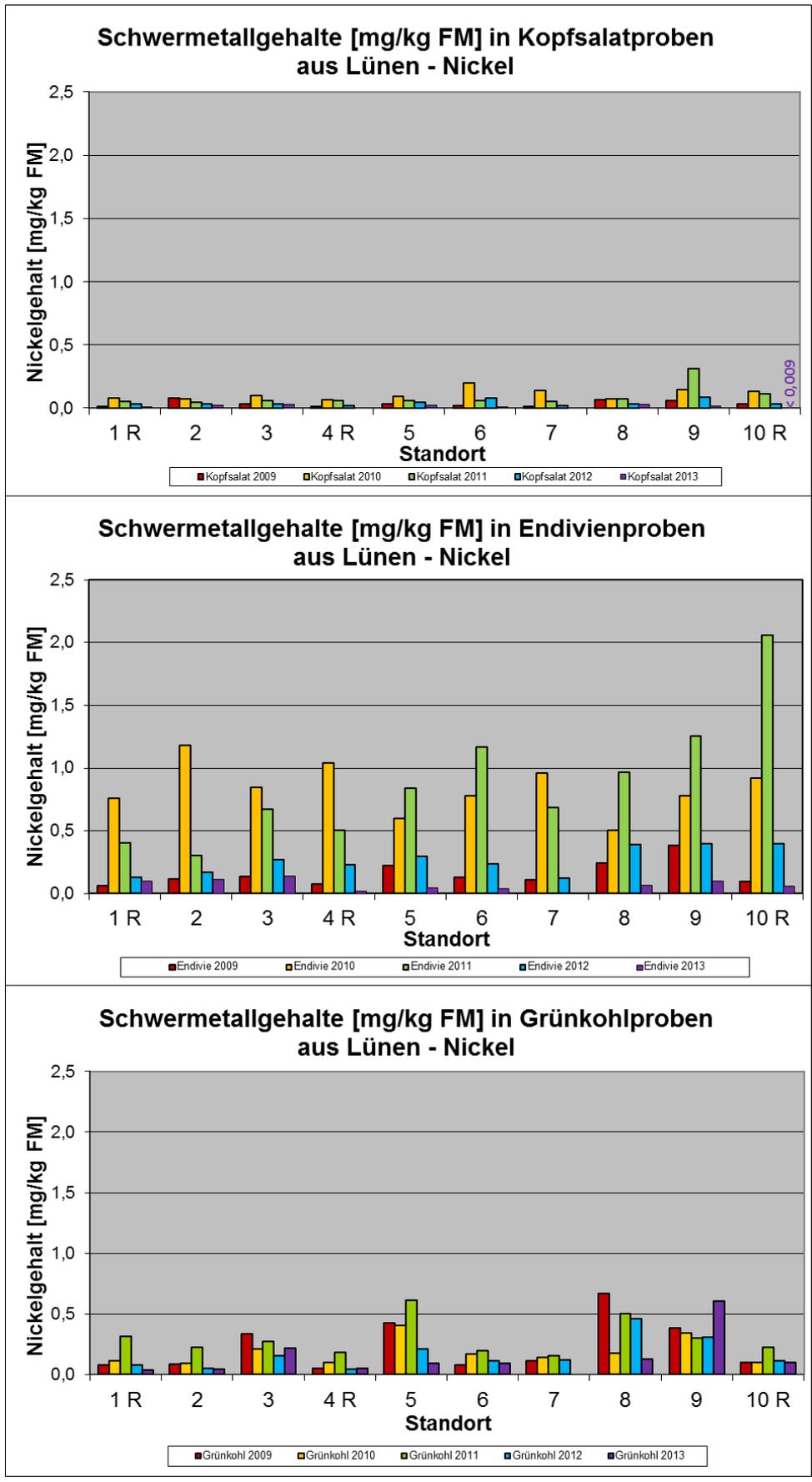


Abbildung 5: Nickelgehalte in mg/kg FM

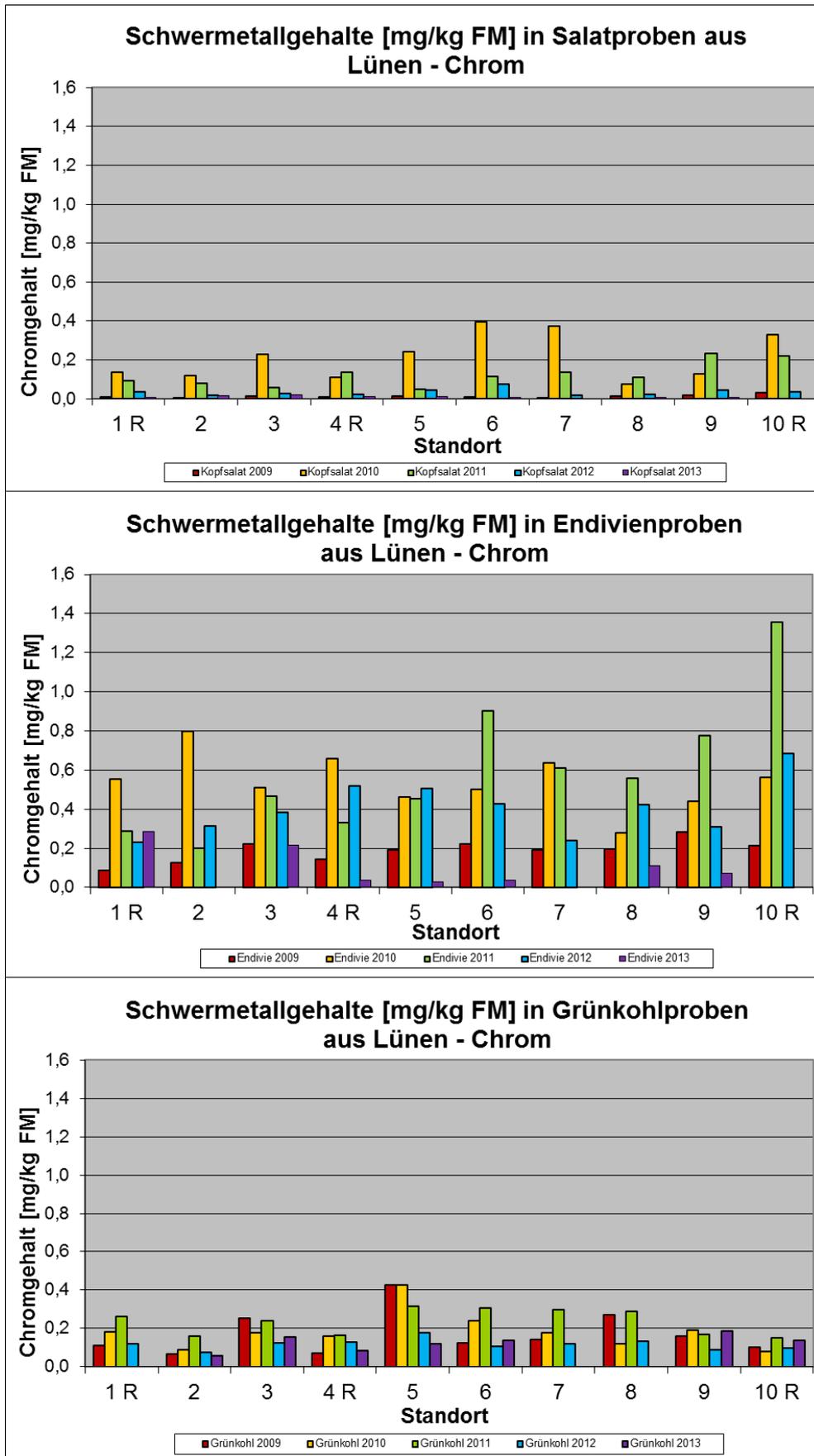


Abbildung 6: Chromgehalte in mg/kg FM

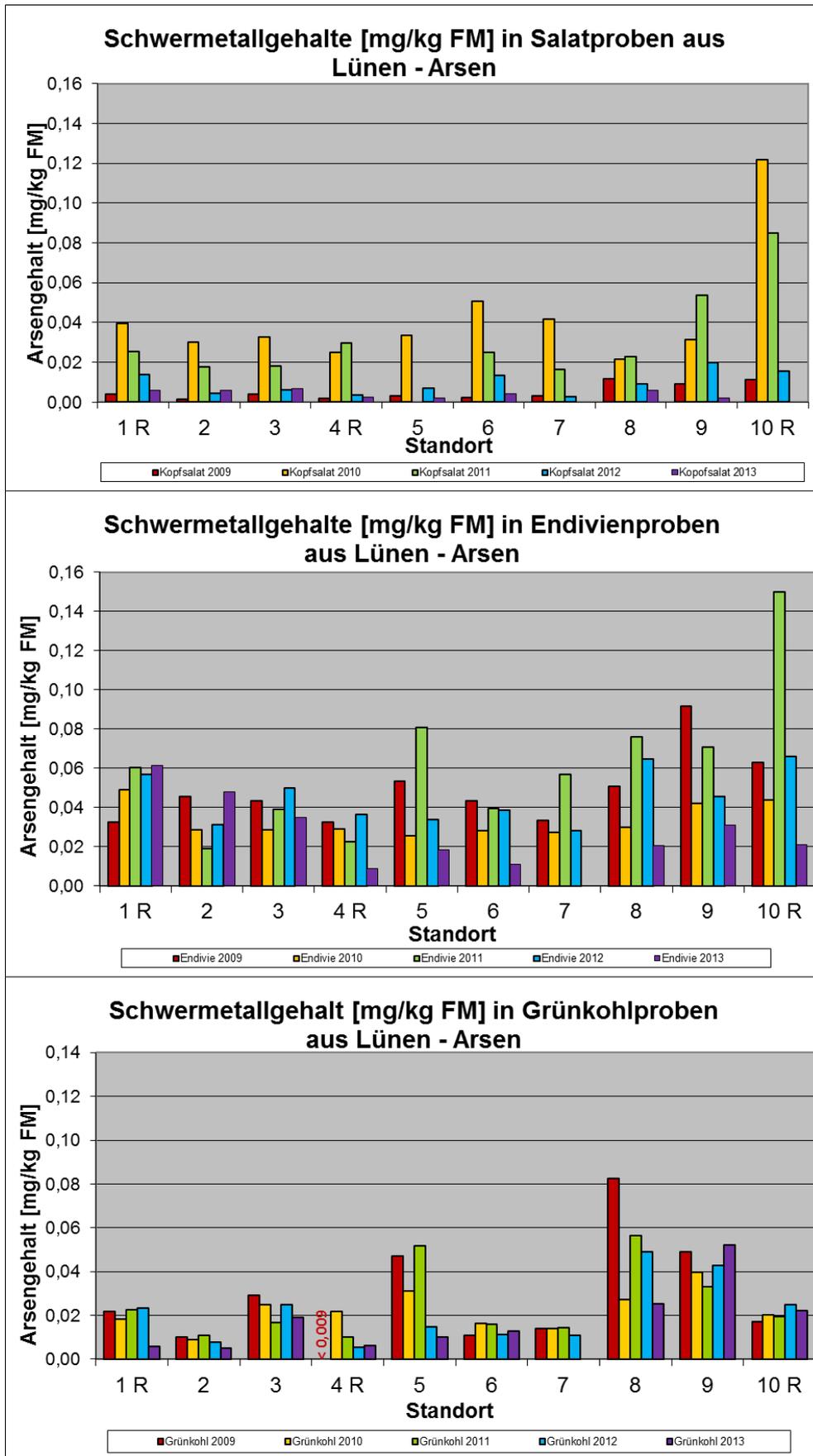


Abbildung 7: Arsengehalte in mg/kg FM

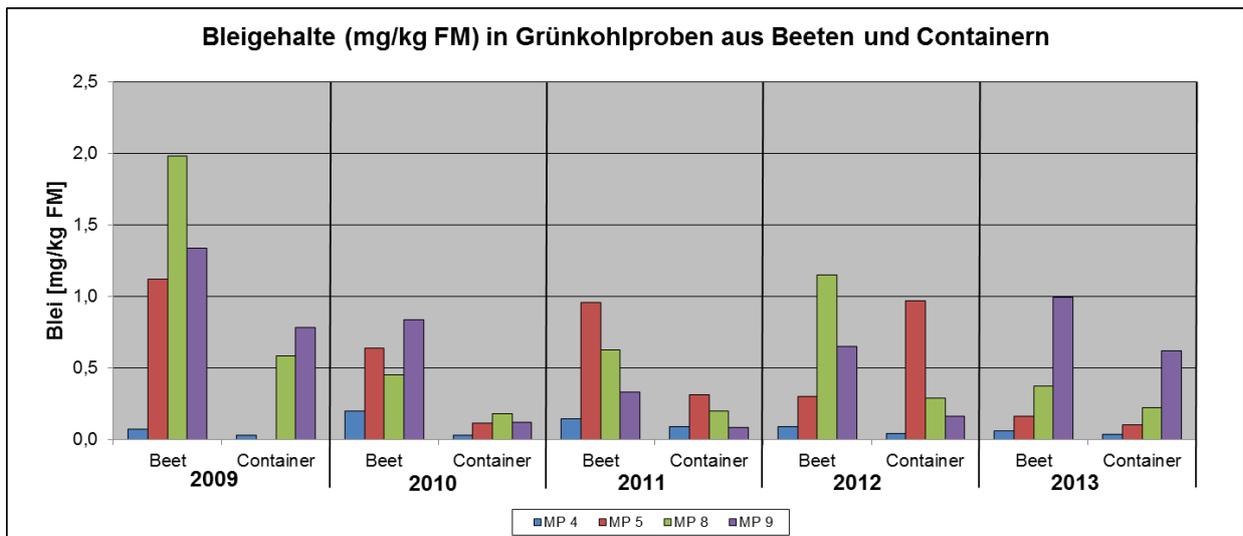


Abbildung 8: Bleigehalte in mg/kg FM

