



29.10.2014

## **Belastung durch Staubniederschlag und seine Inhaltsstoffe an Nahrungspflanzen in Siegen im Untersuchungsjahr 2013**

Die Untersuchungen der Nahrungspflanzen Kopfsalat, Endivie und Grünkohl hatten bei der Exposition im Jahr 2012 wegen Überschreitung des EU-Wertes für Blei in Endivien an 4 von 10 Standorten zu einer Anbau- und Verzehrempfehlung in zwei festgelegten Gebieten von Siegen (Geisweid und Rosterberg) geführt: Es wurde vorsorglich empfohlen, auf den Anbau und Verzehr von Endivie aus dem eigenen Garten zu verzichten. Für die weiteren untersuchten Komponenten Cadmium, Nickel und Chrom zeigten sich keine gesundheitlich bedenklichen Gehalte in den Pflanzen.

Im Jahre 2013 hat das LANUV aus diesem Grunde erneut Endivien und Grünkohl in den Gärten ausgebracht. Wegen der unauffälligen Werte in Kopfsalat im Jahr 2012 wurde darauf verzichtet, dieses Gemüse erneut zu exponieren. Zusätzlich zu den Pflanzenuntersuchungen wurde während der Vegetationsperiode von Mai bis November der Staubniederschlag an den einzelnen Messpunkten gemessen und auf seinen Schwermetallgehalt analysiert.

Die Pflanzen wurden während folgender Zeiten in den Beeten exponiert:

|          | Pflanzdatum | Ernte         |
|----------|-------------|---------------|
| Endivie  | 18. Juli    | 16. September |
| Grünkohl | 8. August   | 16. November  |

Das LANUV wählte im Jahr 2013 11 Gärten aus, in denen jeweils Beete von 2 x 3 m Ausdehnung umgegraben und mit einer Grunddüngung versorgt wurden. Aufgrund der auffälligen Bodengehalte von Nickel und Chrom im Garten 10 in Niedersetzen (vergleiche Karte) wurde hier ein weiterer Garten (Nr. 11) in das Programm aufgenommen, um zu überprüfen, ob die Schwermetallbelastung durch Chrom und Nickel auch in einem weiteren Bereich angrenzend an diesen Messpunkt vorliegt. Da einige Gartenbesitzer die Parzellen für die weitere Untersuchung nicht zur Verfügung stellten, wurden an den Messpunkten 1, 3, 4, 7 und 8 neue Parzellen eingerichtet. Bis auf den Messpunkt 7 (Privatgarten) handelte es sich um Messpunkte in Kleingartenanlagen. Dies bedeutet, dass in der Regel in kurzer Entfernung zum alten Messpunkt eine neue Parzelle gefunden wurde, auf der die Untersuchungen dann durchgeführt wurden. Der Messpunkt 7 wurde auf der Straßenseite gegenüber dem alten Messpunkt 7 installiert, so dass auch hier nur eine geringe Verlagerung des Messpunktes vorliegt. Im Hinblick auf luftgetragene Schadstoffe ist somit eine Vergleichbarkeit zu den alten Messpunkten gegeben.

Die Messpunkte 1 und 2 liegen östlich und damit im Einwirkungsbereich der Fa. BGH Edelstahl. Die weiteren Messpunkte 5 – 7 sowie 9 – 11 liegen rund um die Deutschen

Edelstahlwerke und damit auch potentiell im Einwirkungsbereich dieses Werkes. Die übrigen Messpunkte 3, 4 und 8 dienen als Referenzmesspunkte.

Im Auftrag des LANUV führte die landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA NRW) das Pflanzenprogramm 2013 durch. Jeweils sechs Pflanzen aus den Beeten wurden zu einer Mischprobe je Garten zusammengeführt. Nach der küchenfertigen Aufarbeitung im LUFA-Labor Münster wurde vor der abschließenden Analyse auf Nickel, Chrom, Blei und Cadmium das Probenmaterial bei 80°C getrocknet.

An jeder neuen Versuchsparzelle (Messpunkte 1, 3, 4, 7 und 8) wurde eine Bodenbeprobung gemäß den Vorgaben der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodschV) vom LANUV selbst vorgenommen.

## **Ergebnisse**

### **Schwermetallgehalte in Nahrungspflanzen**

#### **Cadmium**

Die Cadmiumgehalte in Endivien bestätigen im Allgemeinen die Werte aus dem Vorjahr und liegen zwischen 0,0058 und 0,045 mg/kg FM (vergl. Tabelle 1 und Abb. 1). Die Messpunkte 5 und 8, die im Vorjahr vergleichsweise höhere Werte auswiesen, befinden sich im Jahr 2013 auf dem Niveau der anderen Messstellen. Die Cadmiumgehalte in Grünkohl sind an allen Messpunkten auf niedrigem Niveau und betragen zwischen 0,012 und 0,024 mg/kg FM. Im Wirkungsdauermessprogramm (WDMP) wurde im Jahr 2012 im industriellen Hintergrund (gemittelt über 5 Standorte im Ruhrgebiet) in Grünkohlpflanzen ein Wert von 0,01 mg/kg FM gemessen. Dementsprechend befinden sich die hier in Endivie ermittelten Werte teilweise deutlich oberhalb des industriellen Hintergrundwertes der Grünkohlpflanzen, wo hingegen die in Siegen exponierten Grünkohle den Hintergrundwert bestätigen. Der nach EU-Recht zulässige Höchstwert von 0,2 mg/kg FM wurde an keinem Messpunkt erreicht (vergl. Tabelle 1 und Abb. 2).

#### **Chrom**

Die Chromgehalte in den exponierten Nahrungspflanzen sind der Tabelle 2 zu entnehmen. Die Werte sind bei der Endivie an der Hälfte der Standorte gegenüber 2012 zurückgegangen und ansonsten leicht angestiegen. Sie liegen nun zwischen 0,073 und 0,47 mg/kg FM (vergl. auch Abb. 3). Anders verhält es sich bei Grünkohl. Hier ist an allen Messpunkten gegenüber dem Vorjahr ein deutlicher Anstieg der Gehalte festzustellen (vergl. Abb. 4 und Tabelle 2). Es wurden Werte zwischen 0,10 und 2,0 mg/kg FM ermittelt. Insbesondere an den Messpunkten 2, 5, 7, 9, 10 und 11 liegen die Gehalte damit deutlich oberhalb der Werte, die im Jahr 2012 im industriellen Hintergrund gemessen wurden (0,1 mg/kg FM). Der deutliche Anstieg an den vorgenannten Messpunkten könnte auf einen Emissionseinfluss der in Rede stehenden Quellen hinweisen. Dabei wäre der Eintrag am MP 2 durch Emissionen der Fa. BGH Edelstahl, der an den MP 5, 7 und 9 durch Emissionen der Deutschen Edelstahlwerke zu erklären. Möglicherweise war die Endivie im Jahr 2013 nicht so stark belastet, weil im

Expositionszeitraum (Juli – September) geringere Immissionen auftraten als im gleichen Zeitraum des Vorjahres.

Im Einwirkungsbereich eines anderen Edelstahlbetrieb in NRW variieren die Gehalte auf ähnlichem Niveau zwischen 0,7 und 1,7 mg/kg FM im vergleichbaren Zeitraum (2013) in standardisiert exponiertem Grünkohl. In Beetkulturen wurden noch höhere Werte ermittelt.

### **Nickel**

Die Nickelgehalte sind in Endivie gegenüber dem Vorjahr zurückgegangen und weisen nun Werte von 0,025 bis 0,099 mg/kg FM auf (siehe Tabelle 3 und Abb. 5). Dieser Rückgang der Werte ist an den Messpunkten 5 und 10 besonders groß.

In den Grünkohlpflanzen bleiben die Gehalte mit 0,064 – 0,23 mg/kg FM auf vergleichbarem Niveau zum Vorjahr; ein weiterer Wert liegt zudem unterhalb der Bestimmungsgrenze (< 0,04 mg/kg FM). Leichte Anstiege sind an den Punkten 2, 4, 9 und 10 zu verzeichnen; lediglich am Messpunkt 7 hat sich der Wert von 0,12 auf 0,23 mg/kg FM deutlich erhöht (vergl. Tabelle 3 und Abb. 6).

Im WDMP wurden im Jahr 2012 Hintergrundwerte von 0,1 mg/kg FM im industriellen Hintergrund ermittelt. Die Nickelgehalte in Grünkohlpflanzen sind an den Messpunkten 2, 5, 7 sowie 9 – 11 gegenüber dem Hintergrund erhöht, was wiederum auf einen Eintrag von Nickel durch die entsprechenden Edelstahlwerke zurück zu führen sein könnte.

Werte im Einwirkungsbereich von Hot-Spots weisen teilweise höhere Werte auf: Im Nahbereich einer anderen Edelstahlquelle werden Gehalte von 0,15 bis 0,9 mg/kg FM im Grünkohl (2013) gemessen.

### **Blei**

Die Bleigehalte in den untersuchten Nahrungspflanzen sind in Tabelle 4 aufgezeigt. Im Vergleich zum vorangegangenen Untersuchungsjahr 2012 sind im Jahr 2013 die Bleigehalte in der Endivie in acht Fällen, an den in 2012 höchstbelasteten Messpunkten 2, 3, 5, 7 und 10 erheblich, zurückgegangen und betragen nur noch 0,032 – 0,29 mg/kg FM (vergl. Abb. 7). Am MP 4 steigt der Wert dagegen von 0,049 auf 0,093 mg/kg FM. Der zulässige Höchstgehalt von 0,3 mg/kg FM wird im Jahr 2013 an keinem Messpunkt mehr überschritten. Vermutlich hängt dies mit den unterschiedlichen klimatischen Verhältnissen während der beiden Jahre zusammen. Die Auswertung der Depositionsbelastung ergibt bezogen auf Blei keine auffälligen Werte für Zeitraum August bis November.

Die Auswertung der Bleigehalte im Grünkohl führt zu anderen Ergebnissen. Während der Expositionszeit kommt es an den Messstellen 1, 2, 4, 7 und 10 zu höheren Werten als im Vorjahr. Mit Werten von 0,028 – 0,18 mg/kg FM werden in Grünkohl in Siegen insgesamt höhere Werte erreicht als im industriellen Hintergrund (Durchschnitt 0,02 mg/kg FM). Der zulässige Höchstgehalt für Blei in Nahrungsmitteln wird jedoch deutlich unterschritten.

## Schwermetallgehalte im Boden

An fünf Messpunkten konnten die Wiederholungsuntersuchungen nicht in genau den gleichen Beeten wie in 2012, aber in unmittelbarer Nähe dazu, durchgeführt werden. Zusätzlich wurde ein weiterer Messpunkt (MP 11) in Niedersetzen in das Programm aufgenommen. An diesen insgesamt sechs neuen Untersuchungsstellen wurden daher in 2013 neue Bodenproben entnommen, zu denen nachfolgend Stellung genommen wird.

Die neuen Proben wurden nach den Vorgaben der BBodSchV entsprechend als Mischproben aus den Gemüsebeeten aus der Bearbeitungstiefe von 0 – 30 cm entnommen und auf ihre Gehalte an Cadmium, Chrom, Nickel und Blei nach Königswasser- und  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Extraktion und zusätzlich auf ihren pH-Wert analysiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 aufgeführt. Die Königswasserextraktion liefert den jeweiligen Gesamtgehalt des Elementes und die  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Extraktion hiervon den pflanzenverfügbaren Anteil.

Für den hier zu beurteilenden Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze werden in Anhang 2 Nr. 2 der BBodSchV Prüf- und Maßnahmenwerte genannt, die hinsichtlich der Schutzziele „Pflanzenqualität“ und „Wachstumsbeeinträchtigungen bei Kulturpflanzen“ unterschieden werden. Es werden dort allerdings nur Stoffe aufgeführt, die für die jeweilige Fallgestaltung als vorrangig relevant angesehen werden. Da Chrom gewöhnlich nicht in nennenswertem Umfang vom Boden in Pflanzen verlagert wird, wurde folglich für diesen Stoff auch kein gefahrenbezogener Prüfwert festgelegt. Erhöhte Gehalte an Nickel führen weit eher zu Wachstums- und Ertragsbeeinträchtigungen bei Kulturpflanzen, als dass Konzentrationen in Pflanzen auftreten, die ihre Nutzung und Verwertung als Nahrungsmittel in Frage stellen könnte. Aus diesem Grund wurde für Nickel lediglich ein Prüfwert für die pflanzenverfügbare Stofffraktion nach  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Extraktion in Höhe von 1,5 mg/kg Boden festgelegt.

Die in den Böden der Gemüsebeete in Siegen gemessenen Nickelgehalte liegen mit Gehalten zwischen 12,4 und 48,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Boden deutlich unterhalb dieses Wertes.

Zur Einordnung der Gesamtgehalte sowohl für Nickel wie auch Chrom im Vergleich zu typischerweise zu erwartenden Gehalten können für NRW abgeleitete Hintergrundwerte als Orientierung dienen. In den Bodenproben aus 2013 wurden Gesamtgehalte für Chrom zwischen 61 und 217 mg/kg Boden und für Nickel zwischen 48 und 90 mg/kg Boden gemessen. Damit bestätigt sich die bereits für die Untersuchungen in 2012 getroffene Feststellung, dass über das Stadtgebiet verteilt im Vergleich mit Hintergrundgehalten sowohl für Nickel (Median: 10 mg/kg; 90.Perzentil: 17 mg/kg) als auch für Chrom (Median: 14 mg/kg; 90.Perzentil: 33 mg/kg) mit erhöhten Bodengehalten gerechnet werden muss. Als Ursachen hierfür sind hohe geogene Grundgehalte des bodenbildenden Ausgangssubstrates aber auch industrielle und bergbauliche Einflüsse der Vergangenheit zu nennen.

Der für Blei in der BBodSchV für den hier zu betrachtenden Wirkungspfad Boden-Pflanze festgelegte Prüfwert für die mobile Fraktion (nach  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Extraktion) in Höhe von 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Boden wird in den untersuchten Proben bei einem Maximalwert von 2,6  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Boden weit unterschritten.

Für Cadmium gilt nach BBodSchV beim Anbau stark cadmiumanreichernder Gemüsearten ein Maßnahmenwert nach  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Extraktion von 40  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Boden; ansonsten ein

Maßnahmenwert von 100 µg/kg. Beide Werte werden bei maximal festgestellten Gehalten von 7,9 µg/kg Boden ebenfalls deutlich unterschritten.

Mit Blick auf gemessene Konzentrationen der Gesamtgehalte für Blei zwischen 117 und 383 mg/kg sowie für Cadmium zwischen 0,6 und 2,3 mg/kg bleibt aber festzustellen, dass im Vergleich mit nordrhein-westfälischen Hintergrundgehalten auch bei Cadmium (Median: 0,50 mg/kg; 90.Perzentil: 0,93 mg/kg) und Blei (Median: 49 mg/kg; 90.Perzentil: 112 mg/kg) mit erhöhten Konzentrationen verteilt über das Stadtgebiet gerechnet werden muss.

Der pH-Wert im Boden nimmt Einfluss auf die Mobilität von Schwermetallen in Böden und damit auf deren Pflanzenverfügbarkeit. Da die pH-Werte in allen untersuchten Gärten zwischen 6,7 und 7,3 nahezu im Neutralbereich liegen, sind pH-regulierende Maßnahmen, wie z.B. Kalkung, zurzeit nicht generell erforderlich.

Insgesamt ist aus Bodenschutzsicht festzustellen, dass im Stadtgebiet von Siegen Schwermetallgehalte in Böden auftreten können, die im Vergleich mit nordrhein-westfälischen Hintergrundwerten als erhöht zu bezeichnen sind. Wie in vergleichbaren Regionen Nordrhein-Westfalens (z.B. Stolberg, Eschweiler, Mechernich, Brilon) sind auch in Siegen Überlagerungen von geogenen erhöhten Schwermetallgehalten (insbesondere durch oberflächennahe Erzgänge) und durch die Bergbautätigkeit bedingten anthropogenen Belastungen (z. B. Stollenmundlöcher, Flotationsteiche, Absetzbecken, Abraumhalden ) zu erwarten. Im Einzelfall ist daher damit zu rechnen, dass Prüfwerte für Kinderspielflächen oder der integrative Prüfwert (Boden-Mensch / Boden-Pflanze) für Cadmium von 2,0 mg/kg Boden überschritten werden. Um die Bereiche mit geogen / anthropogen bedingt erhöhten Schwermetallgehalten zu erfassen und die Höhe der dort vorkommenden Schwermetallkonzentrationen zu ermitteln, wird die Erstellung einer digitalen Bodenbelastungskarte empfohlen.

Im Hinblick auf den hier betrachteten Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze ergeben sich aus den Bodenuntersuchungen aber keine Hinweise darauf, dass Einschränkungen der Gartennutzung für den Obst- und Gemüseanbau notwendig sind.

### **Schwermetallgehalte im Staubniederschlag**

Parallel zu der Grünkohlexposition erfolgte im Jahr 2013 von August bis November auch eine Messung des Staubniederschlags einschließlich Bestimmung der Inhaltsstoffe Blei, Cadmium, Nickel, Arsen und Chrom an allen Messpunkten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt. Die Messungen dienen der Orientierung für die Eintragsbelastung während der Expositionszeit der Pflanzen.

Die nach der technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) zulässige Höchstmenge an Staubniederschlag von 0,35 g/m<sup>2</sup>\*d wurde im Untersuchungszeitraum an keinem der Messpunkte überschritten. Die erfassten Werte liegen zwischen 0,030 und 0,091 g/m<sup>2</sup>\*d.

Auch die ermittelten Werte für Blei, Cadmium und Arsen liegen deutlich unter den zulässigen Höchstmengen. An den Messpunkten wurde ein Eintrag von Blei im Staubbiederschlag von 3,2 bis 17,5  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  ermittelt. Dabei wurde der höchste Wert am MP 7 erreicht. Dieser ist mehr als doppelt so hoch wie die Werte an den anderen Messpunkten. Im industriellen Hintergrund an Standorten im Ruhrgebiet wurden im Jahr 2012 zwischen 5  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  (Essen) und 42  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  (Duisburg-Hafen) Blei im Staubbiederschlag während der Vegetationszeit gemessen; im Mittel waren es 22  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ . Damit sind die in Siegen ermittelten Werte für Blei eher als gering einzustufen.

Für Cadmium werden die höchsten Werte am MP 3 und am MP 4 mit 0,4 und 0,2  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  festgestellt; an allen übrigen Messpunkten wurde jeweils ein Wert von 0,1  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  ermittelt. Die hier genannten Werte liegen auf dem Niveau industrieller Standorte im Jahr 2012 (ohne Beachtung des hochbelasteten Industriestandortes Duisburg-Hafen – 2,2  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ).

Auch bei Arsen zeigt der MP 7 mit 0,9  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  einen höheren Wert als die anderen Standorte (0,2 – 0,3  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ). Auch dieser Wert ist im Vergleich zu den industriellen Hintergrundstandorten im Ruhrgebiet mit durchschnittlich 1  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  Arsen im Staubbiederschlag eher als unauffällig einzustufen.

Die nach TA Luft zulässige Höchstmenge von Nickel im Staubbiederschlag von 15  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  wurde im Untersuchungszeitraum an vier Messpunkten (MP 2, 5, 6 und 7) überschritten; am MP 5 mit einem Wert von 47  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  sogar sehr deutlich. Bei der Messung der industriellen Hintergrundbelastung wurden im Jahr 2013 Werte für Nickel von durchschnittlich 14  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  ermittelt, wobei der Messwert im Duisburger Hafen mit 26  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  den höchsten Wert aufwies. Im Vergleich zeigt sich also, dass die meisten Messpunkte in Siegen einen im Vergleich zur Hintergrundbelastung eher niedrigen bis leicht erhöhten Nickelgehalt im Staubbiederschlag aufweisen. Der Gehalt am Messpunkt 5 ist aber als erhöht (3-facher Immissionswert) zu bewerten.

Der Eintrag von Chrom im Staubbiederschlag war an einigen Standorten deutlich höher als an anderen. Der höchste Wert mit 125,7  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  wurde am MP 7 erreicht. An den Referenzmesspunkten 3, 4 und 8 wurden nur Werte zwischen 8,8 und 15,5  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  ermittelt. Ein Immissionswert nach TA Luft existiert für Chrom nicht. Im industriellen Hintergrund wurden Werte zwischen 9  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  (Essen) und 114  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$  (Duisburg-Hafen) Chrom im Staubbiederschlag gemessen; im Mittel waren es 40  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ . Daraus kann abgelesen werden, dass der Eintrag von Chrom an mehreren Messpunkten in Siegen tatsächlich gegenüber der Hintergrundbelastung erhöht ist. So ist der Eintrag am MP 7 sogar höher als der im Duisburger Hafen. Aber auch an den Messpunkten 2, 5, 6, 9, 10 und 11 werden vergleichsweise zur mittleren Belastung in industriell geprägten städtischen Bereichen erhöhte Einträge gemessen.

## **Bewertung von Schwermetallgehalten in Nahrungspflanzen aus Siegen**

### **Expositionsabschätzung**

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

### **Bewertung der Ergebnisse**

#### **Cadmium**

Die höchsten Cadmium-Belastungen wurden mit 0,024 mg/kg Frischmasse (FM) in Endivie in Garten 5 und mit 0,045 mg/kg FM in Referenzgarten 4 ermittelt. Für Grünkohl lag die höchste Konzentration bei 0,024 mg/kg FM in Garten 11.

Die Beurteilung der Belastungen erfolgt auf Basis der EU-Verordnung Nr. 488/2014 der Kommission vom 14. Mai 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten 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.

#### **Blei**

Die höchsten Blei-Belastungen wurden mit 0,29 mg/kg FM in Endivie und mit 0,18 mg/kg FM in Grünkohl jeweils aus Garten 2 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 er in den hier untersuchten Nahrungspflanzen in allen Gärten unterschritten.

#### **Nickel**

Da für Nickel bisher weder auf nationaler noch auf EU-Ebene Höchstmengen in Lebensmitteln festgelegt wurden, erfolgt eine Risikoabschätzung über die duldbare Dosis von Nickel unter Berücksichtigung des Verzehrs von Gemüse.

Im vorliegenden Fall lag die höchste Nickel-Belastung aller Endivienproben bei 0,099 mg/kg FM (Garten 9) und aller Grünkohlproben bei 0,23 mg/kg FM (Garten 7).

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.

Unter den Annahmen eines durchschnittlichen Körpergewichtes von 70 kg und eines täglichen Verzehrs von 250 g des selbstangebauten Gemüses ergibt sich für Endivie rechnerisch eine maximale Zusatzbelastung von 0,35 µg/kg KG/d und entsprechend für Grünkohl von 0,82 µg/kg KG/d. Nach EFSA

(2006) beträgt die durchschnittliche Hintergrundbelastung über den allgemeinen Warenkorb 2,5 µg/kg KG x d.

Damit wird die tolerierbare zugeführte Dosis von Nickel über den Verzehr des hier untersuchten Gemüses selbst unter Einbezug der Aufnahme von Nickel über den allgemeinen Warenkorb für alle Proben 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 0,81µg/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 23,1 µg/kg KG/d ergibt.

Die höchsten Chromgehalte finden sich mit 0,47 mg/kg FM in Endivie und mit 2,0 mg/kg FM in Grünkohl am Messpunkt 7.

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 ergibt sich für Endivie rechnerisch eine maximale Zusatzbelastung von 1,7 µg/kg KG/d und für Grünkohl von 7,1 µg/kg KG/d. Damit wird der TDI-Wert für Chrom(III) selbst unter Einbezug der Belastung über den allgemeinen Warenkorb in allen hier untersuchten Proben unterschritten.

### **Fazit**

Zur Überprüfung verschiedener Schwermetalle in selbstangebautem Gartengemüse im Umfeld von zwei Edelstahlwerken wurden in Siegen in 11 Gärten (einschl. Referenzgärten) Endivie und Grünkohl in Gartenbeeten exponiert und auf ihre Gehalte an Blei, Cadmium, Nickel und Chrom untersucht. Des Weiteren wurden in den Versuchspartellen Bodenproben entnommen und auf die gleichen Komponenten untersucht. Parallel dazu wurde an den Messpunkten von August bis November der Staubniederschlag erfasst und auf seine Inhaltsstoffe untersucht.



Die Pflanzenanalysen führten zu folgenden Ergebnissen:

- Die Cadmiumgehalte befinden sich teilweise oberhalb typischer Werte industrieller Hintergrundbelastung; wie im Vorjahr unterschreiten sie jedoch in allen Fällen den zulässigen EU-Wert für Cadmium in Lebensmitteln.
- Die Auswertung der Chromgehalte in Grünkohlpflanzen ergibt im Vergleich zur industriellen Hintergrundbelastung deutlich höhere Werte, was auf einen Eintrag von Chrom an einigen, den beiden Edelstahlproduzenten nahe gelegenen Messpunkten, schließen lässt. Der Verzehr des hier untersuchten Gemüses ist jedoch mit Bezug auf Chrom (III) als unbedenklich zu beurteilen.
- Die Nickelgehalte im Gemüse sind ebenfalls an einigen Messpunkten gegenüber dem industriellen Hintergrund erhöht. Die tolerierbar zugeführte Dosis von Nickel über den Verzehr des hier untersuchten Gemüses, selbst unter Einbezug der Aufnahme von Nickel über den allgemeinen Warenkorb, wird aber an allen Messpunkten unterschritten.
- Die Bleiwerte in Endivien sind im Gegensatz zum Vorjahr, insbesondere an den höher belasteten Messpunkten, deutlich zurückgegangen. Die Auswertung der Bleigehalte in Grünkohl führt hingegen zu teilweise höheren Werten im Vergleich zum Vorjahr. Es bleibt jedoch festzustellen, dass der in der EU-Verordnung festgelegte Höchstgehalt in allen Proben unterschritten wurde.

Dementsprechend ist der Verzehr der hier untersuchten Nahrungspflanzen Endivie und Grünkohl im Hinblick auf die bewerteten Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom und Nickel gesundheitlich unbedenklich. Dennoch wird empfohlen, im Rahmen einer Wiederholungsmessung diese Ergebnisse zu überprüfen und die bestehende Anbau- und Verzehrempfehlung vorsorglich weiter aufrecht zu halten, bis die neuen Ergebnisse vorliegen. Die Untersuchung soll sich lediglich auf ein kleineres Programm im Kernbereich der beiden Stahlwerke konzentrieren. Folgende fünf Messpunkte sind in das Überprüfungsprogramm einbezogen: 4 (= Referenz), 5, 6, 7 und 10. Leider konnte im Bereich der BGH kein Ersatzgarten für Messpunkt 2 ermittelt werden, der Nutzgarten wird aufgegeben.

Die Untersuchungen der Böden in den neuen Gartenbeeten von Kleingartenanlagen bzw. einem neuen Hausgarten bestätigen, dass im Stadtgebiet von Siegen Schwermetallgehalte in Böden auftreten können, die im Vergleich mit nordrhein-westfälischen Hintergrundwerten als erhöht zu bezeichnen sind. Als Ursachen hierfür sind hohe geogene Grundgehalte des bodenbildenden Ausgangssubstrates aber auch industrielle und bergbauliche Einflüsse der Vergangenheit zu nennen.

Im Hinblick auf den hier betrachteten Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze ergeben sich aus den Bodenuntersuchungen aber keine Hinweise darauf, dass Einschränkungen der Gartennutzung für den Obst- und Gemüseanbau notwendig sind.

Die orientierenden Staubniederschlagsmessungen haben ergeben, dass die zulässigen Immissionswerte nach TA Luft im Untersuchungszeitraum an keinem Messpunkt überschritten wurden. Die ermittelten Werte für Blei, Cadmium und Arsen liegen insgesamt deutlich unter den Immissionswerten und auch unterhalb der im industriellen Hintergrund ermittelten Werte. Der Nickelgehalt im Staubniederschlag ist am MP 5 gegenüber dem Hintergrund erhöht und übersteigt dort auch den zulässigen Immissionswert. Der Eintrag von Chrom im Staubniederschlag war an einigen Messpunkten im Einwirkungsbereich der beiden Edelstahlwerke (MP 2, 5, 7 und 9) deutlich gegenüber dem üblichen industriellen Hintergrund erhöht.

## Literatur

EFSA (2006): Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals, Scientific Committee on Food, Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies, European Food Safety Authority 2006, 347-359

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>

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.

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.

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 von 12. Mai zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bezüglich der Höchstgehalte für Cadmium in Lebensmitteln

Messpunkte Siegen 2013



Tab. 1

| <b>Cadmium [mg/kg FM]</b> |                |                |                 |                 |
|---------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Standorte</b>          | <b>Endivie</b> | <b>Endivie</b> | <b>Grünkohl</b> | <b>Grünkohl</b> |
|                           | <b>2012</b>    | <b>2013</b>    | <b>2012</b>     | <b>2013</b>     |
| 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          | 0,018           | 0,014           |
| 5                         | 0,16           | 0,024          | 0,023           | 0,014           |
| 6                         | 0,026          | 0,014          | 0,014           | 0,016           |
| 7                         | 0,021          | 0,010          | 0,016           | 0,014           |
| 8R                        | 0,073          | 0,0081         | 0,019           | 0,016           |
| 9                         | 0,018          | 0,020          | 0,022           | 0,023           |
| 10                        | 0,0095         | 0,0058         | 0,013           | 0,014           |
| 11                        |                | 0,017          |                 | 0,024           |

R= Referenzstandorte

Tab. 2

| <b>Chrom [mg/kg FM]</b> |                |                |                 |                 |
|-------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Standorte</b>        | <b>Endivie</b> | <b>Endivie</b> | <b>Grünkohl</b> | <b>Grünkohl</b> |
|                         | <b>2012</b>    | <b>2013</b>    | <b>2012</b>     | <b>2013</b>     |
| 1                       | 0,19           | 0,28           | 0,098           | 0,22            |
| 2                       | 0,34           | 0,18           | 0,40            | 0,98            |
| 3R                      | 0,41           | 0,073          | 0,096           | 0,10            |
| 4R                      | 0,078          | Ausfall        | 0,062           | 0,17            |
| 5                       | 0,62           | 0,38           | 0,23            | 0,98            |
| 6                       | 0,14           | 0,22           | 0,15            | 0,40            |
| 7                       | 0,36           | 0,47           | 0,29            | 2,0             |
| 8R                      | 0,14           | 0,42           | 0,11            | 0,21            |
| 9                       | 0,34           | 0,37           | 0,22            | 0,83            |
| 10                      | 0,92           | 0,40           | 0,19            | 0,78            |
| 11                      |                | 0,25           |                 | 1,11            |

R= Referenzstandorte

Tab. 3

| <b>Nickel [mg/kg FM]</b> |                |             |                 |             |
|--------------------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|
| <b>Standorte</b>         | <b>Endivie</b> |             | <b>Grünkohl</b> |             |
|                          | <b>2012</b>    | <b>2013</b> | <b>2012</b>     | <b>2013</b> |
| 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           | <BG         |
| 4R                       | 0,051          | 0,060       | 0,059           | 0,068       |
| 5                        | 0,45           | 0,073       | 0,18            | 0,15        |
| 6                        | 0,073          | 0,039       | 0,11            | 0,079       |
| 7                        | 0,17           | 0,048       | 0,12            | 0,23        |
| 8R                       | 0,093          | 0,053       | 0,092           | 0,065       |
| 9                        | 0,12           | 0,099       | 0,088           | 0,11        |
| 10                       | 0,36           | 0,084       | 0,088           | 0,12        |
| 11                       |                | 0,065       |                 | 0,13        |

R= Referenzstandorte

Tab. 4

| <b>Blei [mg/kg FM]</b> |                |             |                 |             |
|------------------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|
| <b>Standorte</b>       | <b>Endivie</b> |             | <b>Grünkohl</b> |             |
|                        | <b>2012</b>    | <b>2013</b> | <b>2012</b>     | <b>2013</b> |
| 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       | 0,021           | 0,12        |
| 5                      | 0,37           | 0,073       | 0,053           | 0,052       |
| 6                      | 0,14           | 0,14        | 0,064           | 0,065       |
| 7                      | 0,41           | 0,11        | 0,078           | 0,12        |
| 8R                     | 0,10           | 0,067       | 0,047           | 0,047       |
| 9                      | 0,21           | 0,20        | 0,038           | 0,034       |
| 10                     | 0,29           | 0,062       | 0,040           | 0,10        |
| 11                     |                | 0,091       |                 | 0,079       |

R= Referenzstandorte

Tab. 5

### Bodenuntersuchungen auf Schwermetalle in Gärten in Siegen, 2013

| Siegen | Messpunkt /MP | pH-Wert | Cadmium                  |                            | Chrom                    |                            | Nickel                   |                            | Blei                     |                            |
|--------|---------------|---------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
|        |               |         | Königs wasser [mg/kg TM] | Ammoniu mnitrat [µg/kg TM] | Königs wasser [mg/kg TM] | Ammoniu mnitrat [µg/kg TM] | Königs wasser [mg/kg TM] | Ammoniu mnitrat [µg/kg TM] | Königs wasser [mg/kg TM] | Ammoniu mnitrat [µg/kg TM] |
|        | Garten 1      | 6,7     | 1,0                      | 4,8                        | 61                       | 33,4                       | 48                       | 12,4                       | 165                      | 2,3                        |
|        | Garten 3      | 7,0     | 0,6                      | 1,7                        | 79                       | 10,3                       | 48                       | 17,2                       | 117                      | 1,8                        |
|        | Garten 4      | 6,9     | 1,0                      | 5,1                        | 77                       | 35,8                       | 55                       | 48,5                       | 255                      | 2,6                        |
|        | Garten 7      | 7,6     | 2,3                      | 6,5                        | 180                      | 17,4                       | 87                       | 16,8                       | 383                      | 2,6                        |
|        | Garten 8      | 7,2     | 2,0                      | 7,9                        | 217                      | 19,1                       | 90                       | 39,2                       | 195                      | 1,0                        |
|        | Garten 11     | 7,3     | 1,2                      | 4,7                        | 71                       | 21,2                       | 54                       | 12,5                       | 146                      | 1,5                        |

Tab. 6

### Messung von Metallen im Staubbiederschlag (Mittelwerte Aug. - Nov.) Gartenuntersuchungsprogramm Siegen 2013

| Messpunkte        | SN                    | Blei                   | Cadmium                | Arsen                  | Nickel                 | Chrom                  |
|-------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                   | g/(m <sup>2</sup> *d) | µg/(m <sup>2</sup> *d) | µg/(m <sup>2</sup> *d) | µg/(m <sup>2</sup> *d) | µg/(m <sup>2</sup> *d) | µg/(m <sup>2</sup> *d) |
| <b>IW TA Luft</b> | <b>0,35</b>           | <b>100</b>             | <b>2</b>               | <b>4</b>               | <b>15</b>              |                        |
| Messpunkt 1       | 0,063                 | 3,9                    | 0,1                    | 0,3                    | 5,3                    | 15,3                   |
| Messpunkt 2       | 0,066                 | 6,3                    | 0,1                    | 0,3                    | 17,2                   | 70,2                   |
| Messpunkt 3       | 0,041                 | 3,9                    | 0,4                    | 0,2                    | 7,6                    | 8,8                    |
| Messpunkt 4       | 0,045                 | 4,1                    | 0,2                    | 0,2                    | 4,6                    | 11,7                   |
| Messpunkt 5       | 0,093                 | 4,5                    | 0,1                    | 0,3                    | 47,0                   | 96,8                   |
| Messpunkt 6       | 0,059                 | 4,4                    | 0,1                    | 0,2                    | 16,6                   | 61,2                   |
| Messpunkt 7       | 0,091                 | 17,5                   | 0,1                    | 0,9                    | 16,6                   | 125,7                  |
| Messpunkt 8       | 0,030                 | 3,3                    | 0,1                    | 0,2                    | 10,5                   | 15,5                   |
| Messpunkt 9       | 0,050                 | 3,2                    | 0,1                    | 0,3                    | 12,6                   | 91,8                   |
| Messpunkt 10      | 0,047                 | 5,1                    | 0,1                    | 0,3                    | 14,1                   | 72,3                   |
| Messpunkt 11      | 0,062                 | 4,6                    | 0,1                    | 0,3                    | 9,8                    | 78,4                   |

Abb. 1

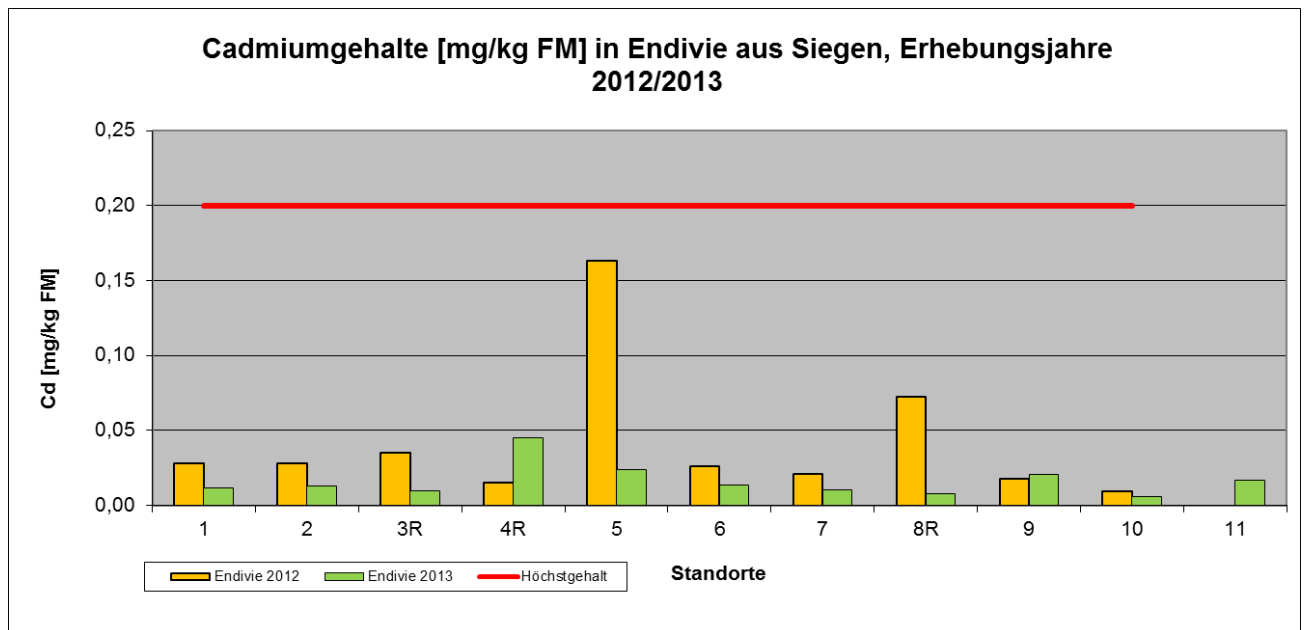


Abb. 2

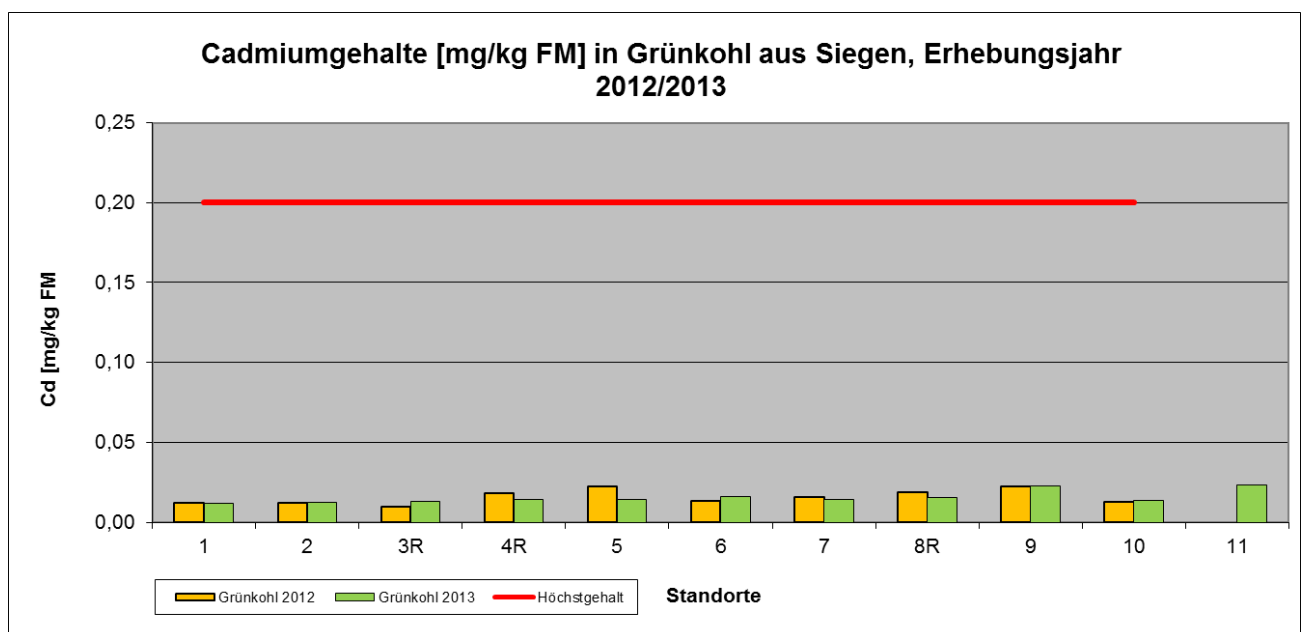


Abb. 3

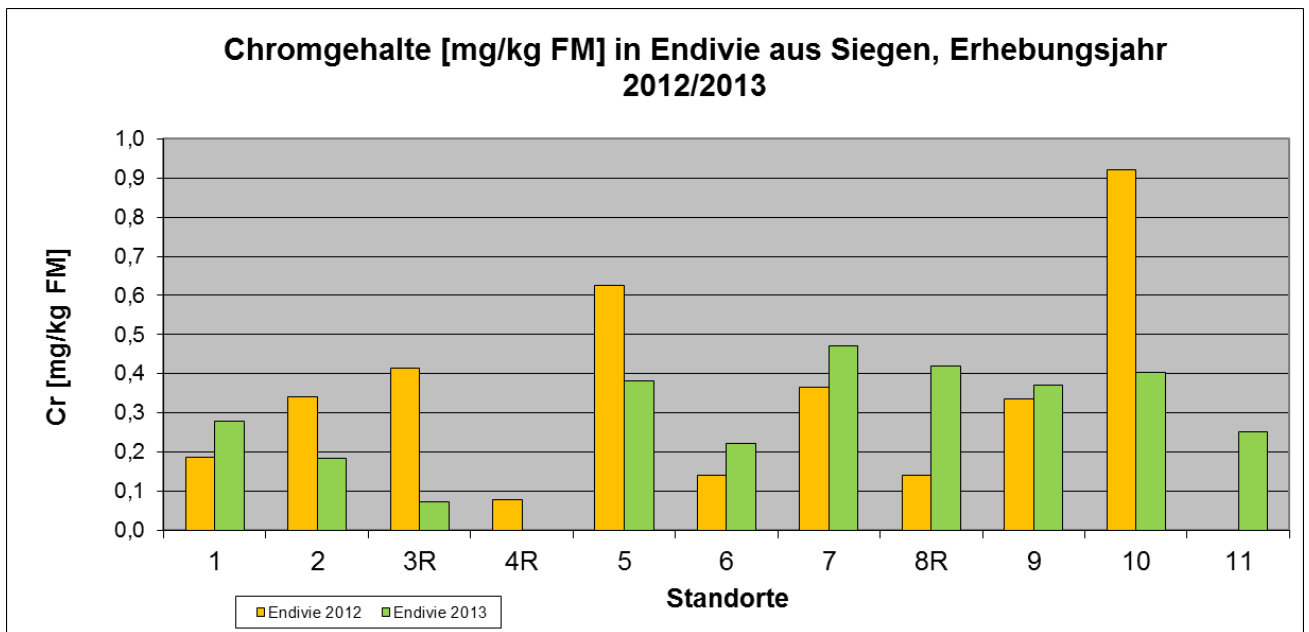


Abb. 4

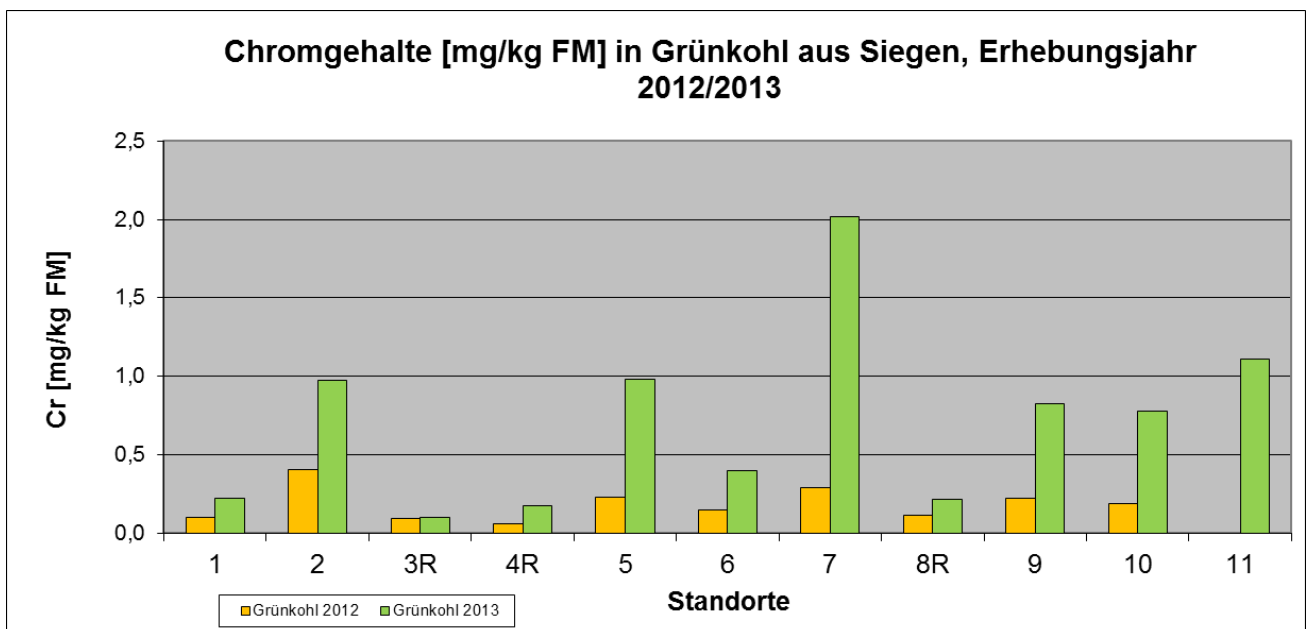




Abb. 5

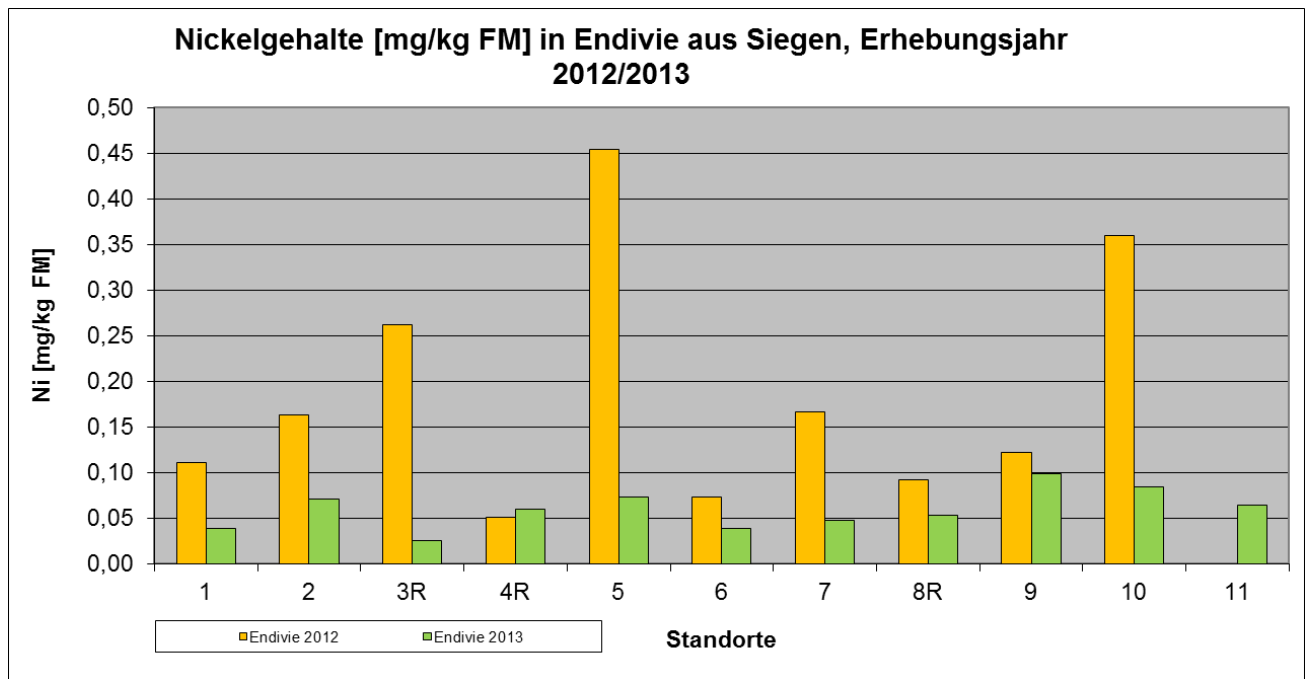


Abb. 6

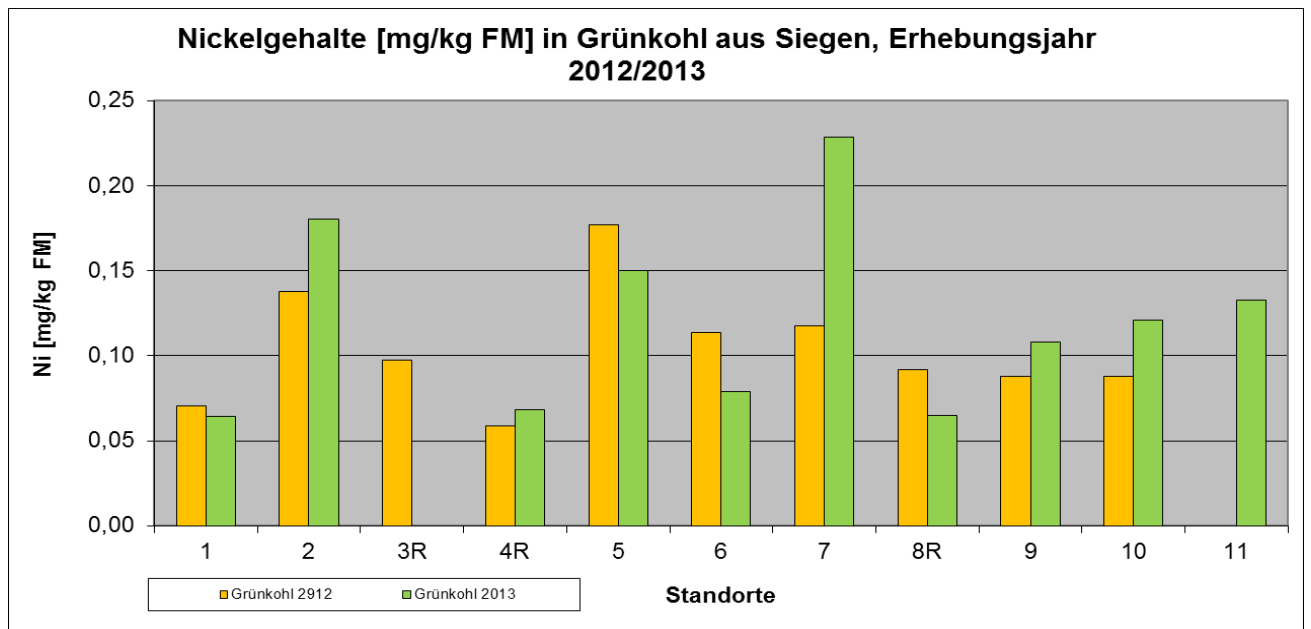


Abb. 7

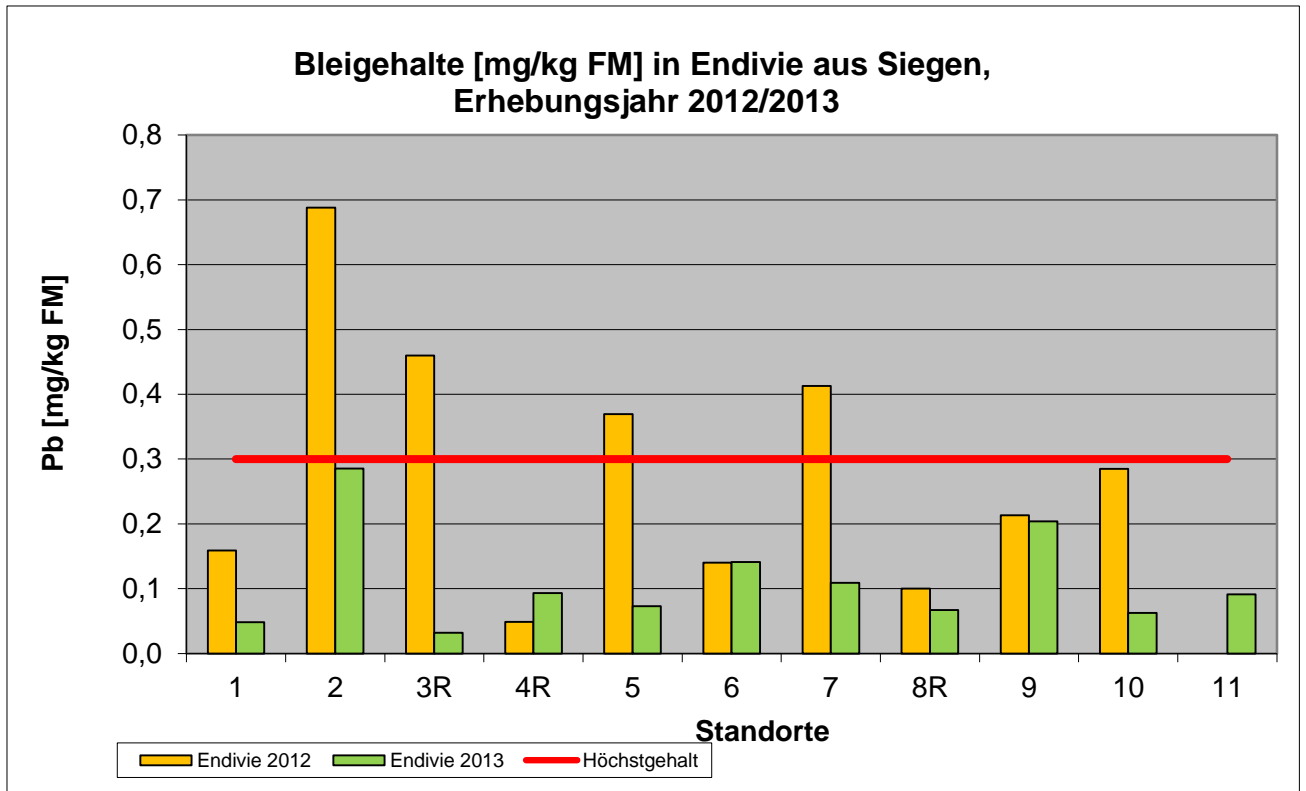


Abb. 8

