



Akkreditierte Konformitätsbewertungsstelle
Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH
Geschäftsfeld Lebensmittelsicherheit, Identifikationsnummer: 0371

INSPEKTIONSBERICHT

Nr. 1/2018

Dieser Inspektionsbericht gilt nur für den/die Untersuchungsauftrag/-aufträge der gegenständlichen Auftragsnummer. Dieser Inspektionsbericht darf grundsätzlich nur im Gesamten vervielfältigt und nur mit Zustimmung der AGES weitergegeben oder veröffentlicht werden, weiters darf nichts hinzugefügt werden. Es gelten die AGB der AGES.

Inspektionsstelle

gem. EN ISO/IEC 17020:

AGES GmbH, Institut für Lebensmittelsicherheit
Wieningerstraße 8, 4020 Linz

Kontakt (Biomonitoring):

Dr. Richard Öhlinger

Tel.: +43 (0)50 555-41500

Fax: +43 (0)50 555-41119

Mail: richard.oeHLinger@ages.at

Auftraggeber:

OÖ Umweltschutzanstalt

Dr. Martin Donat

Kärntnerstr. 10-12

A-4021 Linz

Gegenstand der Inspektion:

Immissionsmessungen mit der standardisierten
Graskultur bei Kleingartenanlagen im Stadtgebiet
von Linz

Datum der Inspektion:

Mai 2017 bis September 2017

Leiter der Inspektion

Dr. Richard Öhlinger



INSPEKTIONSBERICHT über

Immissionsmessungen mit der standardisierten Graskultur (aktives Biomonitoring) bei Kleingartenanlagen im Stadtgebiet von Linz *Beobachtungsjahr 2018*

Richard Öhlinger,
Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) GmbH –
Institut für Lebensmittelsicherheit Linz, Abt. Kontaminantenanalytik (KONA)

1. Auftrag

Die AGES GmbH (Abt. KONA) wurde am 13.3.2017 mit der Durchführung eines aktiven Biomonitorings mit der standardisierten Graskultur bei Kleingartenanlagen im Stadtgebiet von Linz von der OÖ Umweltschutzbehörde beauftragt (Geschäftszeichen: UAnw-010173/26-2017-Nö).

2. Gegenstand und Ziel der Inspektion

Ein an 7 Messorten durchgeführtes Biomonitoring mittels standardisierter Graskultur (gemäß VDI Richtlinie 3957, B1.2) sollte einen Überblick über die standortspezifische Immissionssituation (Luftqualität) bei sieben ausgewählten Kleingartenanlagen im Stadtgebiet von Linz geben. Dabei werden folgende Fragen in Hinblick auf das Schutzgut Pflanze behandelt:

- Elementeintrag (As, Cr, Hg, V, Sb, Bi, Al, Pb, Cd, Ni und F)
- Immissionen von polyzyklisch aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)
- Gibt es deutliche Überschreitungen des Hintergrundwertes („Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt)
- Mögliche Auswirkungen einer Richtwertüberschreitung

3. Inspektionsmethoden, inspizierte Stellen

Es sollten Wirkungen von ausgewählten städtischen Luftschadstoffen auf das Schutzgut Pflanze und deren etwaige weitere Verwendung bewertet werden. Dazu wurde das Verfahren mit der standardisierten Graskultur ausgewählt, welches die VDI Richtlinie 3957 Bl.10 u.a. empfiehlt.

3.1 Inspektionsmethode: Immissionskontrollen mit der standardisierten Graskultur (VDI Richtlinie 3957, Bl. 2)

Ende der 60er Jahre wurde die aktive Immissionserfassung mit Weidelgras zur Anreicherung von Luftschadstoffen in Nordrhein-Westfalen entwickelt. Das Verfahren geht auf Arbeiten von Scholl (1971) zurück. Es stellt das ausgereifteste Bioindikationsverfahren dar und wird in VDI-Richtlinien behandelt (VDI-Richtlinie 3957, Blatt 2, 2016, VDI 3957, Blatt 1, 2014, VDI 3957, Blatt 10, 2004, Wäber, 2008, Nobel et al., 2005, Zimmermann et al., 2000, Zimmermann et al., 1998, Öhlinger 2000, Erhardt et al., 1994, Arndt et al. 1987).

3.1.1 Durchführung:

nach SAA_2973 (Basisnorm: VDI-Richtlinie 3957, Blatt 2, 2016):

Die Indikatorpflanze Welsches Weidelgras (*Lolium multiflorum*, Sorte "Lema") wird in Gewächshäusern unter vollkommen standardisierten, einheitlichen Bedingungen ca. 7 Wochen angezogen. Standardisiert sind sämtliche Manipulationen bezüglich der Aussaat und Anzuchttechnik, sowie alle übrigen Maßnahmen z.B. die Wasser- und Nährstoffversorgung. Zu diesem Zwecke wird hochwertiges Saatgut in Kunststoffpflanzgefäße, die mit Einheitserde (z.B. Fruhstorfer Typ "O") gefüllt sind, ausgesät. Um eine ausreichende Bestandesdichte zu erreichen, werden die Kulturen in regelmäßigen Abständen auf Bestockungshöhe zurückgeschnitten.

Zur Exposition wird das Pflanzkulturgefäß in eine Trägervorrichtung gesetzt, welche eine einheitliche Höhe von 1,50 m aufweist, um eventuelle Verunreinigungen durch aufgewehten Erdstaub auszuschließen.

Pro Standort waren 3 Pflanzgefäße mit einer ungefähren Anbaufläche von je 280 cm² exponiert. Die Bewässerung und Nährstoffversorgung erfolgt kontinuierlich mittels Saugstreifen, die in einen darunter befindlichen Behälter eintauchen. Nach erfolgter Exposition am Messort (siehe Expositionsperioden) wird der Grastopf mit einer neu angezogenen Graskultur aus dem Glashaus ausgetauscht. Die entfernte Kultur wird unter Verschluss gebracht und dem Labor zur weiteren Bearbeitung zugeführt. Dort wird das Gras geschnitten, je nach beabsichtigter Analyse getrocknet und homogenisiert. Aus dieser Probe werden danach die (Schadstoff)gehalte ermittelt.

Die Anzucht der Weidelgräser, die Errichtung der Expositionseinrichtungen und der Austausch der Pflanzgefäße mit Probenahme wurden von der AGES GmbH Linz bewerkstelligt. Die Betreuung der Weidelgräser während der Exposition (Gießen) geschah ebenfalls durch einen Mitarbeiter der AGES GmbH Linz bzw. wurde von dieser organisiert.

3.1.2 Expositionsperioden (Inspektionszeiträume):

| Expositionsperiode | Inspektionszeitraum |
|--------------------|---------------------|
| 1. Periode (I) | 2.5. – 29.5.2017 |
| 2. Periode (II) | 29.5. – 26.6.2017 |
| 3. Periode (III) | 26.6. – 24.7.2017 |
| 4. Periode (IV) | 24.7. – 21.8.2017 |
| 5. Periode (V) | 21.8. – 18.9.2017 |

3.2 Inspizierte Stellen und Standortfestlegung vor Ort

Im Zuge einer Vorplanung mit dem Auftraggeber am 27.2.2017 und einer Begehung vor Ort am 27.2. und 21.4.2017 wurde die Vorgangsweise über die gegenständliche Untersuchung besprochen bzw. festgelegt.

Mit dem Auftraggeber in Vertretung mit Herrn Ing. Nöhbauer wurden im Zuge der Messplanung für 2017 dabei folgende Messorte festgelegt (siehe auch Orthokarte im Anhang):

| Inspizierte Stellen 2017 Kleingartenanlage | Anmerkungen mögliche bzw. zu prüfende Immissionseinfüsse durch |
|---|--|
| KG Riesenhof | „Referenzstandort“ |
| KG Heilham | Verkehr (Nähe Autobahn (Voestbrücke)) |
| KG Linz Ost | Industrie (Nähe RHKW Linz) |
| Voestknoten | Industrie, Verkehr, Bahn (ÖBB Kleingartenanlage Nähe Voest und Autobahn) |
| Rosenbauerstraße | Bahn, Industrie |
| KG Schörgenhub | Verkehr (Autobahn) |
| KG Ebelsberg | Verkehr (Autobahn) |

3.3 Chemische Analyse - Untersuchungsparameter

Bei der Parameterauswahl wurde u.a. auf Ergebnisse sowie auf die Erfahrungen des Linzer-KfZ-Biomonitorings sowie der Stahlindustrie zurückgegriffen. Dort empfohlen sich folgende Parameter für den Nachweis von Immissionen:

As, Cr, Hg, Sb, V, Pb, Cd, Ni, Bi, F und Al sowie PAKs.

Probenvorbereitung:

| Analyse aus | Parameter |
|-------------------------------|-----------|
| getrocknetem Material (80 °C) | Elemente |
| Schonend getrocknet (<35°C) | Hg |
| naturfeuchtem Material | PAK |

Das getrocknete Pflanzenmaterial wurde < 1mm vermahlen und homogenisiert.

Einzelergebnisse sowie Hinweise zum Prüfverfahren siehe auch Prüfberichte im Anhang:
AGES-Prüfbericht mit Auftragsnummer 17053814 (Elemente, PAK)

Weitere Hinweise:

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) - Parameter

| | |
|-------------------------------|------------------------|
| Benzo(a)pyren (BaP) | Dibenz(a,h)anthracen |
| Benzo(b)fluoranthren (BbF) | Phenanthren |
| Benzo(k)fluoranthren (BkF) | Anthracen |
| Benzo(g,h,i)perylene (BPe) | Pyren |
| Fluoranthren (Flu) | Benz(a)anthracen (BaA) |
| Indeno-(1,2,3-c,d)pyren (IPy) | Chrysen (CHR) |
| Naphthalin | Acenaphthen |
| Fluoren | |

PAK 6 = Summe von BaP, Flu, BbF, BkF, BPe und Ipy

PAK 12 = Summe aus allen angeführten PAKs exclusive den leichtflüchtigen Naphthalin, Fluoren und Acenaphthen

3.4 Hinweise zur Beurteilung des Biomonitorings

Allgemeine Bemerkungen zu Bioindikatoren

Bioindikatoren dienen u.a. zur Messung der Luftqualität (Biomonitoring) und erschließen über technische Messverfahren hinausgehende Erkenntnisse über wirkungsrelevante Einflüsse von Schadstoffen. Während technische Luftmessnetze im strengen Sinne nur Aussagen über die Konzentration von Luftverunreinigungen im Medium Luft ermöglichen, kann mit der Bioindikation die tatsächliche akute oder chronische Schädigung im „Medium“ Organismus ermittelt werden. Mit der Bioindikation werden bestimmte Schutzgüter (z.B. Boden, Pflanze) selbst als „Überwachungsinstrumente“ genutzt (Zimmermann et al. 1998).

Es ist jedoch zu beachten, dass mittels Bioindikation keine exakte Abbildung der zeitlichen Immissionskonzentrationen von Luftverunreinigungen möglich ist. Aufgrund verschiedener Standortfaktoren (Niederschläge, Windverhältnisse, Temperatur,...) sowie bioindikator-spezifische Faktoren selbst (z.B. bei Pflanzen deren Physiologie und Wachstumsverhalten etc.) sind daher nur lose Zusammenhänge zwischen Immissionskonzentrationen /oder Deposition und Befunden an Bioindikatoren zu erwarten.

Zur Beurteilung

Für die Beurteilung von diversen Schadstoffgehalten in pflanzlichen Materialien sind sowohl **Orientierungswerte für maximale Hintergrundgehalte (OmH)** als auch Gehaltsangaben, bei deren Überschreitung etwaige negative Auswirkungen auf Pflanzenwuchs, Tier und/oder Mensch die Folge sein können, hilfreich.

Während die OmHs mittels Referenzstandorte ermittelt werden können, stützt sich der **toxikologisch relevante Bereich** hauptsächlich auf existierende Höchst- und Richtwerte verschiedener Regelwerke.

In den nachfolgenden Parameter-Tabellen werden die Ergebnisse der Messperioden 2017 mit den jeweiligen Standorts-Medianen des Beobachtungsjahres der standardisierten Graskultur angeführt, welche mit dem entsprechenden OmH verglichen werden können.

Orientierungswerte für maximale Hintergrundgehalte (OmH)

Die Ermittlung der OmHs erfolgte nach VDI 3857, Bl. 2 (2014). Dazu wurden für die standardisierte Graskultur (aktives Biomonitoring) Daten von Standorten aus ländlichen und industriiefernen Gebieten Oberösterreichs der Jahre 2003-2016 ausgewertet und daraus **OmHs** abgeleitet (Öhlinger, 2017). Die Kalkulation der OmHs basiert auf der Gleichung:

$$\text{OmH} = 75.\text{Perzentil} + 1,5 \cdot \text{Interquartilabstand} .$$

| Parameter | OmH | Signifikanter Immissionseinfluss ab $\geq 1,5 \times \text{OmH}$ |
|-----------|-------|--|
| Al | 81 | 121,5 |
| As | 0,26 | 0,39 |
| Bi | 0,03 | 0,045 |
| Cd | 0,16 | 0,24 |
| Cr | 0,7 | 1,05 |
| Hg | 0,025 | 0,038 |
| Ni | 3,0 | 4,5 |
| Sb | 0,04 | 0,06 |
| V | 0,16 | 0,24 |
| Pb | 0,7 | 1,05 |
| F | 4 | 6 |
| | | |
| BaP | 0,5 | 0,75 |
| PAK 6 | 4,6 | 6,9 |
| PAK12 | 9,9 | 14,85 |

Element-OmHs in mg/kg TM; PAK-OmHs in µg/kg FM

Für eine verbale Beurteilung des Immissionseinflusses wurden folgende Einstufungen gewählt:

„möglicher/geringer Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen OmH und $< 1,5 \times \text{OmH}$

„signifikanter Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen $\geq 1,5 \times \text{OmH}$ und $< 2 \times \text{OmH}$

„erhöhter Immissionseinfluss“: Werte liegen $\geq 2 \times \text{OmH}$

Die Einstufungen sollen Messunsicherheiten und Schwankungen des OmHs berücksichtigen.

Toxikologisch relevanter Bereich

Unter diesem Begriff werden, soweit verfügbar, für landwirtschaftliche Nutzpflanzen relevante Regelwerke mit den dort angegebenen **Höchst (HW)- oder Richtwert (RW)** (z.B. **Richtlinie 2002/32/EG i.d.j.g.F.** für Futtermittelhöchstwerte) zitiert. Werte, die nach **Sauerbeck (1985)** als „**kritisch für Pflanzenwuchs**“ bezeichnet werden, sind **Schwellenwerte (SW)**, bei denen die Wachstumshemmung von besonders sensitiven Pflanzenarten beginnt. Die Angaben zu „kritisch als Tierfutter“ beziehen sich auf verschiedene Haustiere (Sauerbeck 1985).

Die Ableitung von **Maximalen-Immissions-Dosen (MID)** nach den entsprechenden **VDI-Richtlinien 2310** erfolgt aus langfristigen Versuchen zur Ermittlung von Dosis-Zeit-Wirkungsbeziehungen bei Nutztieren. Bei den nachfolgenden MID-Angaben unter den „toxikologisch relevanten“ Gehalten wurden hauptsächlich die empfindlichsten landwirtschaftlichen Nutztiergruppen berücksichtigt und entsprechend zitiert.

Verwendete Abkürzungen

TM = Trockenmasse

TG = Trockengewicht mit 12% Wassergehalt (bei Futtermitteln)

FM = Frischmasse

NG = Nachweisgrenze

BG = Bestimmungsgrenze

4. Ergebnisse

(Anmerkung: Römische Ziffern in den Tabellen stellen die Expositionsperioden dar)

Aluminium (Al)

| Messort | I | II | III | IV | V | Median 17 |
|------------------|---------------|------|------|--------------|------|-----------|
| KG Riesenhof | 20,1 | 24 | 47 | 51,6 | 20,6 | 24 |
| KG Heilham | 35,5 | 47,3 | 44,9 | 68,6 | 43,6 | 44,9 |
| KG Linz Ost | 84,1* | 42,7 | 47,5 | 58,8 | 34 | 47,5 |
| Voestknoten | 60,4 | 45,8 | 44,8 | 60,2 | 25,9 | 45,8 |
| Rosenbauerstraße | 259*** | 42,6 | 46,2 | 73,6 | 41,6 | 46,2 |
| KG Schörgenhub | 28,1 | 51,5 | 61,5 | 71 | 23,9 | 51,5 |
| KG Ebelsberg | 56,1 | 35,7 | 42 | 83,6* | 25,1 | 42 |

Al in der standardisierten Graskultur in mg/kg TM (Gehalt gerundet >OmH in Fettdruck)

* „möglicher/geringer Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen OmH und < 1,5 x OmH

** „signifikanter Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen $\geq 1,5$ x OmH und < 2 x OmH

*** „erhöhter Immissionseinfluss“: Werte liegen ≥ 2 x OmH

Hinweise zur Beurteilung:

| Bereich | Höchstwert/MID | Richtwert | Quelle |
|-------------------------------|------------------|-----------|---|
| OmH | | 81 | Öhlinger (2017) |
| Toxikologisch relevant | 500 in TG | | MID für Rind, Schaf, Pferd, Schwein, Huhn, Gehegewiederkäuer (VDI 2310, 2006) |

Höchst- und Richtwerte für Al in mg/kg TM bzw. TG (OmH = Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt)

Anmerkung: Al-Immissionen weisen im Allgemeinen auf einen Verkehrseinfluss hin. Der erhöhte und kurzfristige Al-Eintrag am Standort Rosenbauerstraße ist ad hoc nicht erklärbar.

Arsen (As)

| Messort | I | II | III | IV | V | Median 17 |
|------------------|------|--------------|---------------|---------------|------|--------------|
| KG Riesenhof | 0,09 | 0,19 | 0,23 | 0,18 | 0,13 | 0,18 |
| KG Heilham | 0,11 | 0,19 | 0,24 | 0,19 | 0,11 | 0,19 |
| KG Linz Ost | 0,16 | 0,2 | 0,22 | 0,29* | 0,15 | 0,2 |
| Voestknoten | 0,16 | 0,29* | 0,25 | 0,29* | 0,13 | 0,25 |
| Rosenbauerstraße | 0,18 | 0,18 | 0,24 | 0,24 | 0,13 | 0,18 |
| KG Schörgenhub | 0,18 | 0,33* | 0,28* | 0,32* | 0,11 | 0,28* |
| KG Ebelsberg | 0,17 | 0,25 | 0,39** | 0,44** | 0,16 | 0,25 |

As-Messwerte in Welschem Weidelgras in mg/kg TM
 (Einzeldaten bzw. Mediane > OmH in Fettdruck)

* „möglicher/geringer Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen OmH und < 1,5 x OmH

** „signifikanter Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen $\geq 1,5$ x OmH und < 2 x OmH

*** „erhöhter Immissionseinfluss“: Werte liegen ≥ 2 x OmH

Hinweise zur Beurteilung

| Bereich | Höchstgehalt | Richtwert | Quelle |
|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--|
| OmH | | 0,26 0,29 | Öhlinger (2017) VDI 3857 Bl.2, 2014* |
| Toxikologisch relevant | 2 in TG 2 in TG | | Futtermittelausgangserzeugnisse, Alleinfuttermittel (Richtlinie 2002/32/EG) MID für Rinder, Schafe, Schweine, Ziegen, Geflügel (VDI 2310, 2009) |

Höchst- und Richtwerte für As in mg/kg TM bzw. TG (OmH = Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt); *überregionaler OmH

Anmerkung: Die As-Immissionen weisen im Allgemeinen auf einen Industrieinfluss hin. Die z.T. kurzfristigen und geringen Al-Einträge am Standort KG Schörgenhub und KG Ebelsberg sind ad hoc nicht erklärbar.

Bismut (Bi)

| Messort | I | II | III | IV | V | Median 17 |
|------------------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------|
| KG Riesenhof | 0,005 | 0,004 | 0,006 | 0,117*** | 0,058** | 0,006 |
| KG Heilham | 0,008 | 0,012 | 0,013 | 0,078*** | 0,109*** | 0,013 |
| KG Linz Ost | 0,005 | 0,006 | 0,008 | 0,086*** | 0,101*** | 0,008 |
| Voestknoten | 0,007 | 0,008 | 0,007 | 0,036* | 0,058** | 0,008 |
| Rosenbauerstraße | 0,006 | 0,006 | 0,011 | 0,172*** | 0,045** | 0,011 |
| KG Schörghenhub | 0,005 | 0,007 | 0,012 | 0,069*** | 0,126*** | 0,012 |
| KG Ebelsberg | 0,004 | 0,006 | 0,019 | 0,086*** | 0,086*** | 0,019 |

Bi in der standardisierten Graskultur in mg/kg TM (Gehalt > OmH in Fettdruck)

- * „möglicher/geringer Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen OmH und $< 1,5 \times \text{OmH}$
 ** „signifikanter Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen $\geq 1,5 \times \text{OmH}$ und $< 2 \times \text{OmH}$
 *** „erhöhter Immissionseinfluss“: Werte liegen $\geq 2 \times \text{OmH}$

Hinweise zur Beurteilung:

| Bereich | Höchstwert/MID | Richtwert | Quelle |
|------------|----------------|-------------|-----------------|
| OmH | | 0,03 | Öhlinger (2017) |

Höchst- und Richtwerte für Bi in mg/kg TM (OmH = Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt)

Anmerkung: Die signifikanten Einflüsse bei Bismut (Bi) sind vermutlich nicht durch Immissionen (allein) erklärbar, da sie an allen Standorten (auch am sog. Referenzstandort KG Riesenhof) und nur in der 4. und 5. Messperiode auftraten.

Im Allgemeinen weisen Bi-Immissionen auf einen Verkehrseinfluss hin.

Cadmium (Cd)

| Messort | I | II | III | IV | V | Median 17 |
|------------------|-------|--------------|-----------------|-------|-------|-----------|
| KG Riesenhof | 0,067 | 0,131 | 0,208* | 0,101 | 0,054 | 0,101 |
| KG Heilham | 0,061 | 0,19* | 0,173* | 0,107 | 0,161 | 0,161 |
| KG Linz Ost | 0,076 | 0,134 | 0,219* | 0,092 | 0,094 | 0,094 |
| Voestknoten | 0,081 | 0,143 | 0,232* | 0,108 | 0,091 | 0,108 |
| Rosenbauerstraße | 0,104 | 0,145 | 0,208* | 0,104 | 0,086 | 0,104 |
| KG Schörghenhub | 0,08 | 0,132 | 0,355*** | 0,127 | 0,115 | 0,127 |
| KG Ebelsberg | 0,077 | 0,085 | 0,188* | 0,095 | 0,069 | 0,085 |

Cd-Messwerte in Welschem Weidelgras in mg/kg TM
 Daten > OmH in Fettdruck

- * „möglicher/geringer Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen OmH und $< 1,5 \times \text{OmH}$
- ** „signifikanter Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen $\geq 1,5 \times \text{OmH}$ und $< 2 \times \text{OmH}$
- *** „erhöhter Immissionseinfluss“: Werte liegen $\geq 2 \times \text{OmH}$

Hinweise zur Beurteilung

| Bereich | Höchstwert/MID | Richtwert | Quelle |
|-------------------------------|--|-------------|--|
| OmH | | 0,16 | Öhlinger (2017) |
| Toxikologisch relevant | >0,4 in TG 1 in TG | | MID für Pferd (VDI 2310, 2008) Futtermittel-Ausgangserzeugnisse pflanzl. Ursprungs, Alleinfuttermittel f. Rinder, Schafe, Ziegen und Fische (Richtlinie 2002/32/EG) |

Höchst- und Richtwerte für Cd in mg/kg TM bzw. TG (OmH = Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt)

Anmerkung: Die signifikanten Einflüsse bei Cd in der 3. Messperiode sind vermutlich nicht durch Immissionen (allein) erklärbar, da sie an allen Standorten (auch am sog. Referenzstandort KG Riesenhof) auftraten. Ein Einfluss durch das Substrat ist nicht auszuschließen.



Chrom (Cr)

| Messort | I | II | III | IV | V | Median 17 |
|------------------|----------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| KG Riesenhof | 0,25 | 0,40 | 0,32 | 0,28 | 0,50 | 0,32 |
| KG Heilham | 0,59 | 0,74* | 0,44 | 0,55 | 0,86* | 0,59 |
| KG Linz Ost | 0,79* | 0,84* | 0,97* | 1,21** | 0,79* | 0,84* |
| Voestknoten | 1,68*** | 0,95* | 0,82* | 0,88* | 0,62 | 0,88* |
| Rosenbauerstraße | 1,18** | 0,74* | 0,52 | 0,78* | 0,66 | 0,74* |
| KG Schörgenhub | 0,42 | 0,57 | 0,53 | 0,49 | 0,49 | 0,49 |
| KG Ebelsberg | 0,66 | 0,41 | 0,36 | 0,45 | 0,37 | 0,41 |

Cr in der standardisierten Graskultur in mg/kg TM (Gehalt gerundet > OmH in Fettdruck)

- * „möglicher/geringer Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen OmH und < 1,5 x OmH
 ** „signifikanter Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen $\geq 1,5$ x OmH und < 2 x OmH
 *** „erhöhter Immissionseinfluss“: Werte liegen ≥ 2 x OmH

Hinweise zur Beurteilung:

| Bereich | Höchstwert/MID | Richtwert | Quelle |
|-------------------------------|----------------|-----------------------------|--|
| OmH | | 0,7 0,9 | Öhlinger (2017) VDI 3857 Bl.2, 2014* |
| Toxikologisch relevant | 50 | 1-2 >50 | Für Pflanzen (Sauerbeck, 1985) Für Tiere (Sauerbeck, 1985) MID für Rind, Schaf, Huhn, Schwein (VDI 2310, 2011) |

Höchst-/Richtwerte für Cr in mg/kg TM (OmH = Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt); *überregionaler OmH

Anmerkung: Mögliche/wahrscheinliche Ursachen für die Immissionen: Industrie und Verkehr.

Quecksilber (Hg)

| Messort | I | II | III | IV | V | Median 17 |
|------------------|-----------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|----------------|
| KG Riesenhof | 0,008 | 0,019 | 0,01 | 0,01 | 0,006 | 0,01 |
| KG Heilham | 0,006 | 0,022 | 0,012 | 0,01 | 0,008 | 0,01 |
| KG Linz Ost | 0,008 | 0,023 | 0,014 | 0,015 | 0,009 | 0,014 |
| Voestknoten | 0,064*** | 0,045** | 0,036* | 0,071*** | 0,018 | 0,045** |
| Rosenbauerstraße | 0,032* | 0,04** | 0,022 | 0,041** | 0,026* | 0,032* |
| KG Schörghub | 0,008 | 0,03* | 0,014 | 0,014 | 0,009 | 0,014 |
| KG Ebelsberg | 0,008 | 0,03* | 0,011 | 0,009 | 0,01 | 0,01 |

Hg-Messwerte in Welschem Weidelgras in mg/kg TM;
 BG=0,012 mg/kg TM; Werte < BG in *Kursivschrift*
 Daten > OmH in Fettdruck

- * „möglicher/geringer Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen OmH und < 1,5 x OmH
 ** „signifikanter Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen ≥ 1,5 x OmH und < 2 x OmH
 *** „erhöhter Immissionseinfluss“: Werte liegen ≥ 2 x OmH

Hinweise zur Beurteilung

| Bereich | Grenzwert/MID | Richtwert | Quelle |
|-------------------------------|--|--------------|--|
| OmH | | 0,025 | Öhlinger (2017) |
| Toxikologisch relevant | 0,050 in TG 0,1 in TG | | MID für Schafe (VDI 2310, 1996) Mischfuttermittel, FM-Ausgangserzeugnisse (Richtlinie 2002/32/EG) |

Grenz- und Richtwerte für Hg in mg/kg TM bzw. TG

Anmerkung: Mögliche/wahrscheinliche Ursachen für die Immissionen: Industrie.

Nickel (Ni)

| Messort | I | II | III | IV | V | Median 17 |
|------------------|---------------|--------------|--------------|------|------|-----------|
| KG Riesenhof | 1,44 | 3,19* | 2,86 | 1,39 | 1,61 | 1,61 |
| KG Heilham | 1,61 | 3,14* | 2,33 | 2,05 | 2,15 | 2,15 |
| KG Linz Ost | 1,83 | 3,06* | 3,19* | 2,46 | 2,23 | 2,46 |
| Voestknoten | 1,47 | 2,35 | 2,78 | 2,31 | 1,74 | 2,31 |
| Rosenbauerstraße | 5,31** | 2,49 | 2,77 | 1,95 | 1,44 | 2,49 |
| KG Schörghenhub | 1,28 | 2,31 | 2,36 | 2,18 | 1,82 | 2,18 |
| KG Ebelsberg | 1,47 | 1,83 | 2,28 | 1,92 | 1,39 | 1,83 |

Ni-Messwerte in Welschem Weidelgras in mg/kg TM
 Daten > OmH in Fettdruck

* „möglicher/geringer Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen OmH und < 1,5 x OmH

** „signifikanter Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen $\geq 1,5$ x OmH und < 2 x OmH

*** „erhöhter Immissionseinfluss“: Werte liegen ≥ 2 x OmH

Hinweise zur Beurteilung

| Bereich | Höchstwert/MID | Richtwert | Quelle |
|-------------------------------|-----------------|------------|--|
| OmH | | 3,0 | Öhlinger (2017) |
| Toxikologisch relevant | 50 in TG | | MID für Rinder, Schafe, Schweine und Hühner (VDI 2310, 2005) |

Höchst- und Richtwerte für Ni in mg/kg TM bzw. TG (OmH = Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt)

Anmerkung: Mögliche/wahrscheinliche Ursachen für die Immissionen: Industrie. Ein Substrateinfluss ist jedoch auch nicht auszuschließen.

Antimon (Sb)

| Messort | I | II | III | IV | V | Median 17 |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| KG Riesenhof | 0,028 | 0,015 | 0,021 | 0,011 | 0,017 | 0,017 |
| KG Heilham | 0,058* | 0,082*** | 0,043* | 0,049* | 0,1*** | 0,058* |
| KG Linz Ost | 0,036 | 0,047* | 0,039 | 0,035 | 0,052* | 0,039 |
| Voestknoten | 0,113*** | 0,074** | 0,06** | 0,071** | 0,064** | 0,071** |
| Rosenbauerstraße | 0,043* | 0,035 | 0,028 | 0,038 | 0,041* | 0,038 |
| KG Schörgenhub | 0,057* | 0,076** | 0,091*** | 0,05* | 0,081*** | 0,076** |
| KG Ebelsberg | 0,033 | 0,039 | 0,03 | 0,034 | 0,051* | 0,034 |

Sb in der standardisierten Graskultur in mg/kg TM (Gehalt > OmH in Fettdruck)

- * „möglicher/geringer Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen OmH und < 1,5 x OmH
 ** „signifikanter Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen ≥ 1,5 x OmH und < 2 x OmH
 *** „erhöhter Immissionseinfluss“: Werte liegen ≥ 2 x OmH

Hinweise zur Beurteilung:

| Bereich | Höchstwert/MID | Richtwert | Quelle |
|------------|----------------|-------------|-----------------|
| OmH | | 0,04 | Öhlinger (2017) |

Höchst- und Richtwerte für Sb in mg/kg TM bzw. TG (OmH = Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt)

Anmerkung: Mögliche/wahrscheinliche Ursachen für die Immissionen: Verkehr

Vanadium (V)

| Messort | I | II | III | IV | V | Median 17 |
|------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| KG Riesenhof | 0,1 | 0,057 | 0,122 | 0,098 | 0,051 | 0,098 |
| KG Heilham | 0,187* | 0,176* | 0,134 | 0,161* | 0,165* | 0,165* |
| KG Linz Ost | 0,293** | 0,141 | 0,138 | 0,136 | 0,12 | 0,138 |
| Voestknoten | 0,339*** | 0,183* | 0,166* | 0,179* | 0,117 | 0,179* |
| Rosenbauerstraße | 0,694*** | 0,147 | 0,143 | 0,204* | 0,155 | 0,155 |
| KG Schörgenhub | 0,157 | 0,163* | 0,171* | 0,155 | 0,078 | 0,157 |
| KG Ebelsberg | 0,219* | 0,105 | 0,117 | 0,158 | 0,079 | 0,117 |

V-Messwerte in Welschem Weidelgras in mg/kg TM Daten > OmH in Fettdruck

* „möglicher/geringer Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen OmH und < 1,5 x OmH

** „signifikanter Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen $\geq 1,5$ x OmH und < 2 x OmH

*** „erhöhter Immissionseinfluss“: Werte liegen ≥ 2 x OmH

Hinweise zur Beurteilung:

| Bereich | Höchstwert/MID | Richtwert | Quelle |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--|
| OmH | | 0,16 0,16 | Öhlinger (2017) VDI 3857 Bl.2, 2014* |
| Toxikologisch relevant | 10 in TG 5 in TG | | MID für Schafe (VDI 2310, 1996) MID für Legehühner (VDI 2310, 1996) |

Höchst- und Richtwerte für V in mg/kg TM bzw. TG (OmH = Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt); *überregionaler OmH

Anmerkung: Mögliche/wahrscheinliche Ursachen für die Immissionen: Verkehr und Industrie

Blei (Pb)

| Messort | I | II | III | IV | V | Median 17 |
|------------------|------|------|------|------|------|-----------|
| KG Riesenhof | 0,21 | 0,27 | 0,27 | 0,15 | 0,14 | 0,21 |
| KG Heilham | 0,20 | 0,49 | 0,27 | 0,17 | 0,25 | 0,25 |
| KG Linz Ost | 0,36 | 0,60 | 0,41 | 0,29 | 0,61 | 0,41 |
| Voestknoten | 0,51 | 0,54 | 0,36 | 0,35 | 0,29 | 0,36 |
| Rosenbauerstraße | 0,49 | 0,46 | 0,35 | 0,30 | 0,30 | 0,35 |
| KG Schörgenhub | 0,25 | 0,58 | 0,72 | 0,34 | 0,30 | 0,34 |
| KG Ebelsberg | 0,26 | 0,29 | 0,32 | 0,17 | 0,25 | 0,26 |

Pb-Messwerte in Welschem Weidelgras in mg/kg TM

* „möglicher/geringer Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen OmH und $< 1,5 \times \text{OmH}$

** „signifikanter Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen $\geq 1,5 \times \text{OmH}$ und $< 2 \times \text{OmH}$

*** „erhöhter Immissionseinfluss“: Werte liegen $\geq 2 \times \text{OmH}$

Hinweise zur Beurteilung:

| Bereich | Höchstwert/MID | Richtwert | Quelle |
|-------------------------------|---|-------------------|--|
| OmH | | 0,7 0,9 | Öhlinger (2017) VDI 3857, Bl.2, 2014* |
| Toxikologisch relevant | 10-15 in TG 30 in TG 5 in TG | | MID für Schafe, Ziegen >6 Monate (VDI 2310, 1998) Grünfutter (Richtlinie 2002/32/EG) Alleinfuttermittel (Richtlinie 2002/32/EG) |

Höchst- und Richtwerte für Pb in mg/kg TM bzw. TG (OmH = Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt)

Fluor (F)

| Messort | I | II | III | IV | V | Median 17 |
|------------------|----------------|---------------|-----|-----|-----|-----------|
| KG Riesenhof | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 1,1 | 0 | 0,5 |
| KG Heilham | 0,5 | 1,4 | 1,6 | 0,8 | 0,5 | 0,8 |
| KG Linz Ost | 2,2 | 2,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| Voestknoten | 10,1*** | 8,2*** | 1,6 | 2,7 | 0,8 | 2,7 |
| Rosenbauerstraße | 7,3** | 3,2 | 1,9 | 3,2 | 1,1 | 3,2 |
| KG Schörghenhub | 1,1 | 1,9 | 1,1 | 0,8 | 0 | 1,1 |
| KG Ebelsberg | 1,1 | 2,4 | 0,8 | 0,8 | 0 | 0,8 |

F-Messwerte in Welschem Weidelgras in mg/kg TM

Werte <BG *kursiv* (BG=4 mg/kg TM)

* „möglicher/geringer Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen OmH und < 1,5 x OmH

** „signifikanter Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen $\geq 1,5$ x OmH und < 2 x OmH

*** „erhöhter Immissionseinfluss“: Werte liegen ≥ 2 x OmH

Hinweise zur Beurteilung:

| Bereich | Höchstwert/MID | Richtwert | Quelle |
|-------------------------------|---|-----------|--|
| OmH | | 4 | Öhlinger (2017) |
| Toxikologisch relevant | 30 in TG 30-50 in TG | | Alleinfuttermittel für laktierende Rinder, Schafe und Ziegen (Richtlinie 2002/32/EG) MID Wert für Rinder (VDI 2310, 2001) |

Höchst- und Richtwerte für F in mg/kg TM bzw. TG (OmH = Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt)

Anmerkung: Mögliche/wahrscheinliche Ursachen für die Immissionen: Industrie

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

PAK 6: Summe aus den polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen Fluoranthen, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(g,h,i)perylen und Indeno(1,2,3-cd)pyren

PAK 12: Summe aus den polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen Fluoranthen, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(g,h,i)perylen, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Chrysen, Benz(a)anthracen, Pyren, Anthracen, Phenanthren und Dibenz(a,h)anthracen

Anmerkung: Jeweils Mischproben der 1.-3. und 4.-5. Messperiode

| Messort | I-III | IV-V | Mittel 17 |
|------------------|--------------|------|-----------|
| KG Riesenhof | 0,14 | 0,11 | 0,12 |
| KG Heilham | 0,17 | 0,18 | 0,17 |
| KG Linz Ost | 0,18 | 0,12 | 0,15 |
| Voestknoten | 0,51* | 0,27 | 0,39 |
| Rosenbauerstraße | 0,19 | 0,15 | 0,17 |
| KG Schörgenhub | 0,14 | 0,10 | 0,12 |
| KG Ebelsberg | 0,14 | 0,11 | 0,13 |

Benzo(a)pyren-Gehalte in der standardisierten Graskultur in µg/kg FM

| Messort | I-III | IV-V | Mittel 17 |
|------------------|----------------|----------------|----------------|
| KG Riesenhof | 1,1 | 2,4 | 1,7 |
| KG Heilham | 1,5 | 2,6 | 2,0 |
| KG Linz Ost | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| Voestknoten | 15,7*** | 13,7*** | 14,7*** |
| Rosenbauerstraße | 13,5*** | 15,2*** | 14,4*** |
| KG Schörgenhub | 1,4 | 2,5 | 2,0 |
| KG Ebelsberg | 1,2 | 1,8 | 1,5 |

PAK 6-Gehalte in der standardisierten Graskultur in µg/kg FM

| Messort | I-III | IV-V | Mittel 17 |
|------------------|----------------|----------------|----------------|
| KG Riesenhof | 2,6 | 5,4 | 4,0 |
| KG Heilham | 3,2 | 5,7 | 4,5 |
| KG Linz Ost | 4,8 | 3,1 | 4,0 |
| Voestknoten | 29,9*** | 24,1*** | 27,0*** |
| Rosenbauerstraße | 25,2*** | 26,1*** | 25,7*** |
| KG Schörgenhub | 3,3 | 5,4 | 4,3 |
| KG Ebelsberg | 2,8 | 4,3 | 3,6 |

PAK 12 in der standardisierten Graskultur in µg/kg FM (Gehalt > OmH in Fettdruck)

* „möglicher/geringer Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen OmH und < 1,5 x OmH

** „signifikanter Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen ≥ 1,5 x OmH und < 2 x OmH

*** „erhöhter Immissionseinfluss“: Werte liegen ≥ 2 x OmH

Anmerkung: Mögliche/wahrscheinliche Ursachen für die Immissionen: Verkehr und Industrie.

Hinweise zur Beurteilung:

| Bereich | Richtwert | Quelle |
|---------------------|------------|-----------------|
| OmH | | Öhlinger (2017) |
| Benzo(a)pyren (BaP) | 0,5 | |
| PAK 6 | 4,6 | |
| PAK 12 | 9,9 | |

Richtwerte für PAKs in Weidelgras in µg/kg FM (OmH = Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt)

5. Zusammenfassung

Im Stadtgebiet von Linz wurde bei 7 ausgewählten Kleingartenanlagen ein aktives Biomonitoring mittels standardisierter Graskultur (gemäß VDI Richtlinie 3957, B1.2) durchgeführt. Dies sollte einen Überblick über die standortsspezifische Immissionsituation (Luftqualität) geben. Dabei wurden folgende Parameter in den Graskulturen bei 5 Expositionsperioden untersucht: As, Cr, Hg, V, Sb, Bi, Al, Pb, Cd, F und Ni, sowie polyzyklisch aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK).

Folgende Tabelle gibt sowohl einen standortspezifischen Überblick über signifikante Überschreitungen ($\geq 1,5 \times \text{OmH}$) des jeweiligen OmHs (= Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt) bei den einzelnen Messperioden als auch eine Bewertung des Medians bzw. Mittelwertes.

| Standort | Messperiodenwert $\geq 1,5 \times \text{OmH}$ | Median bzw. Mittel $\geq \text{OmH}$ |
|------------------|---|--------------------------------------|
| KG Riesenhof | Bi (IV, V) | |
| KG Heilham | Bi (IV, V) | Sb*, V* |
| KG Linz Ost | Bi (IV, V), Cr (IV), V(I) | Cr* |
| Voestknoten | Bi (V), Cr (I), Hg (I, II, IV), Sb (I-V), V (I), F (I), PAK (I-V) | Cr*, Hg **, Sb**, V*, PAK*** |
| Rosenbauerstraße | Al (I), Bi (IV, V), Cr (I), Hg (II, IV), V (I), F (I), PAK (I-V) | Cr*, Hg*, PAK*** |
| KG Schörghenhub | Bi (IV, V), Cd (III), Sb (II, III, V) | Sb** |
| KG Ebelsberg | As (III, IV), Bi (IV, V) | As* |

PAK = Summe 12; römische Ziffern in Klammern sind Messperioden

* „möglicher/geringer Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen OmH und $< 1,5 \times \text{OmH}$

** „signifikanter Immissionseinfluss“: Werte liegen zwischen $\geq 1,5 \times \text{OmH}$ und $< 2 \times \text{OmH}$

*** „erhöhter Immissionseinfluss“: Werte liegen $\geq 2 \times \text{OmH}$

Messperiodenwert $\geq 1,5 \times \text{OmH}$:

An allen Standorten traten signifikante Immissionen auf. Sofern diese Immissionseinflüsse sich nicht auch in einem Median $\geq 1,5 \times \text{OmH}$ niederschlugen, kann man diese deutlichen Einträge als „kurzfristig“ bzw. „nicht häufig auftretend“ charakterisieren.

Anmerkung: Die signifikanten Einflüsse bei Bismut (Bi) in der 4. und 5. Messperiode und bei Cadmium (Cd) in der 3. Messperiode sind vermutlich nicht (allein) durch Immissionen erklärbar, da sie an allen Standorten (auch am sog. Referenzstandort KG Riesenhof) auftraten.

Median bzw. Mittel \geq OmH:

Die ausgewiesenen Parameter zeigten meistens einen häufig nachgewiesenen Immissionseinfluss mit \geq OmH (inkludiert alle geringen, signifikanten und erhöhten Einträge).

Als medianbezogenes Parameter- bzw. Standort-Ranking können folgende Reihenfolgen angegeben werden:

- Sb, Cr > PAK, V, Hg > As
- Voestknoten > Rosenbauerstraße > KG Heilham > KG Schörghub, KG Linz Ost, KG Ebelsberg

Wahrscheinliche/mögliche Ursachen für Immissionen mit Median bzw. Mittel \geq OmH

| Parameter | Messort | Wahrscheinliche/mögliche Ursache |
|-----------|---------------------|--|
| Sb | KG Heilham* | Verkehr |
| | Voestknoten** | Verkehr |
| | KG Schörghub** | Verkehr |
| V | KG Heilham* | Verkehr, (Industrie) |
| | Voestknoten* | Verkehr, Industrie |
| Cr | KG Linz Ost* | Industrie, (Verkehr) |
| | Voestknoten* | Verkehr, Industrie |
| | Rosenbauerstraße* | Industrie, Verkehr |
| Hg | Voestknoten** | Industrie |
| | Rosenbauerstraße* | Industrie |
| As | KG Ebelsberg* | ? |
| PAK | Voestknoten*** | Industrie, Verkehr, (Grilltätigkeiten) |
| | Rosenbauerstraße*** | Industrie, Grilltätigkeiten |

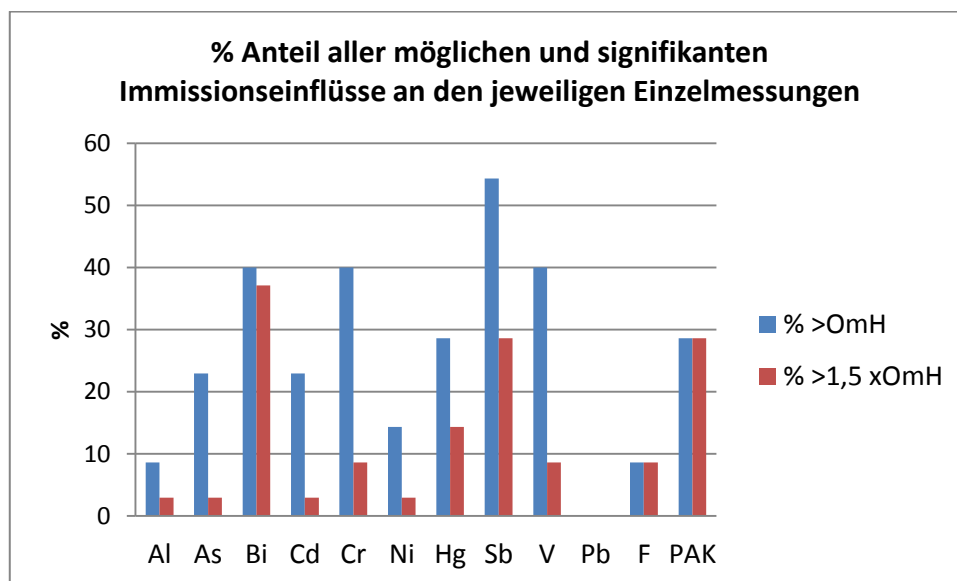
*möglicher/geringer Immissionseinfluss

**signifikanter Immissionseinfluss

***erhöhter Immissionseinfluss

Parameterranking

Nachfolgende Graphik gibt einen Überblick über alle parameterbezogenen beobachteten Überschreitungen des OmHs ($> \text{OmH}$ und $\geq 1,5 \times \text{OmH}$) berechnet als % Anteile an den jeweiligen Einzelmessungen pro Parameter (n=35 bei Elementen und n=14 bei den PAKs).



$> \text{OmH}$:

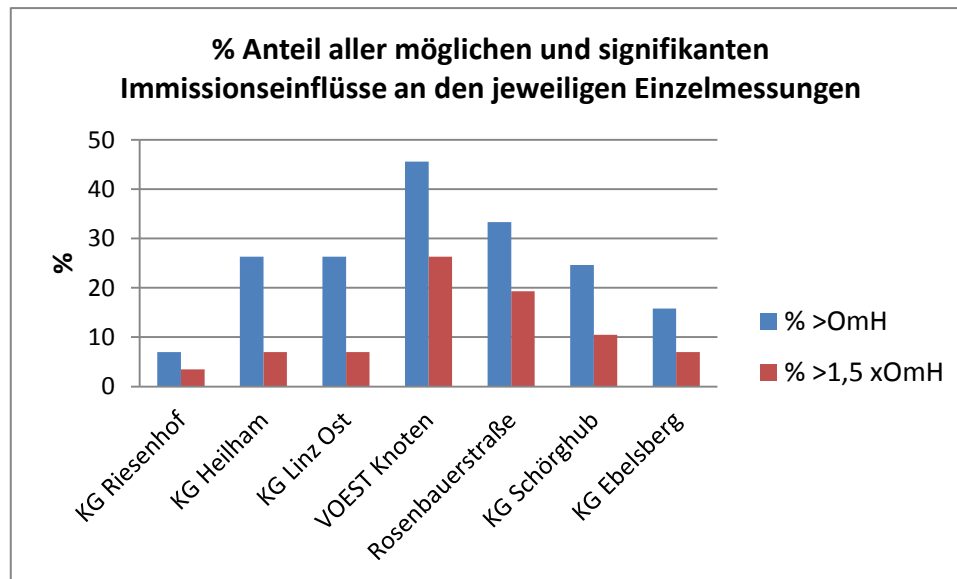
Sb $>$ Bi, Cr, V $>$ PAK, Hg $>$ As, Cd $>$ Ni $>$ Al, F

$\geq 1,5 \times \text{OmH}$:

Bi $>$ PAK, Sb $>$ Hg $>$ V, Cr, F $>$ Al, As, Cd, Ni

Standortranking

Nachstehende Graphik gibt einen Überblick über alle standortbezogenen beobachteten Überschreitungen des OmHs ($> \text{OmH}$ und $\geq 1,5 \times \text{OmH}$) berechnet als % Anteile an den jeweiligen Einzelmessungen pro Standort (n=57).



$> \text{OmH}$:

VOEST Knoten $>$ Rosenbauerstraße $>$ KG Heilham, KG Linz Ost $>$ KG Schörghub $>$ g $>$ KG Riesenhof

$\geq 1,5 \times \text{OmH}$:

VOEST Knoten $>$ Rosenbauerstraße $>$ KG Schörghub $>$ KG Heilham, KG Linz Ost, KG Ebelsber $>$ KG Riesenhof

Toxikologisch relevante Gehalte:

Es wurden keine Überschreitungen von Futtermittelhöchstgehalten (sofern vorhanden) beobachtet.

Empfehlung: Zur näheren Abklärung einer möglichen Beeinträchtigung von zum Verzehr vorgesehenen Gemüsepflanzen am Standort Voestknoten wird eine stichprobenartige Prüfung auf die ausgewiesenen Schadstoffe (vor allem Hg und PAKs) empfohlen.

6. Literatur

- Arndt U, Nobel W und Schweizer B (1987):* Bioindikatoren: Möglichkeiten, Grenzen u. neue Erkenntnisse. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.
- Erhardt W, Fischer I und Wildenmann K (1994):* Bioindikationsmethoden - Standardisierte Graskultur. UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox. 6, 219-222
- Nobel, W., Beismann, H., Franzaring, J., Kostka-Rick, R., Wagner, G. und Erhardt, W. (2005):* Standardisierte biologische Messverfahren zur Ermittlung und Bewertung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) in Deutschland. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft 65, 478-484.
- Öhlinger R (2000):* Biomonitoring von Luftschadstoffen und deren Bewertung aus landwirtschaftlicher Sicht. Veröff. Bundesamt für Agrarbiologie Linz/Donau 22, 13-52
- Öhlinger R. (2017):* Aktives und passives Biomonitoring: Orientierungswerte für maximale Hintergrundgehalte (OmH) gemäß VDI Richtlinie 3857, Bl. 2. Stand 1.4.2017.
- Sauerbeck D. (1985):* Funktionen, Güte und Belastbarkeit des Bodens aus agrikulturchemischer Sicht. Verlag Kohlhammer, Stuttgart und Mainz
- Scholl G (1971):* Ein biologisches Verfahren zur Bestimmung der Herkunft und Verbreitung von Fluorverbindungen in der Luft. Landw. Forschung, Sonderheft 26, 29-55.
- Wäber M. (2008):* Erfolgsgeschichte Biomonitoring. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft 68, 223-226.
- Zimmermann R.-D., Wagner G. und Finck M. (2000):* Guidelines for the use of biological monitors in air pollution control (plants). Part I. Report 12, WHO collaborating centre for air quality management and air pollution control
- Zimmermann R.-D., Debus R., Franzaring J., Höpker K.A., Maier W., Reiml D. und Finck M. (1998):* Empfehlungen zum Einsatz von Bioindikationsverfahren im Rahmen des Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetzes. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft 58, 479-486

RICHLINIE 2002/32/EG über unerwünschte Stoffe und Erzeugnisse in der Tierernährung, Anhang I (diverse Änderungen)

VDI-RICHTLINIE 2310 BLATT 44 (2006): Maximale Immissionswerte für Aluminium zum Schutz der landw. Nutztiere.

VDI-RICHTLINIE 2310 BLATT 35 (2009): Maximale Immissionswerte für Arsen zum Schutz der landw. Nutztiere und der von ihnen stammenden Lebensmittel

VDI-RICHTLINIE 2310 BLATT 27 (1998): Maximale Immissionswerte für Blei zum Schutz der landw. Nutztiere.

VDI-RICHTLINIE 2310 BLATT 28 (2008) Maximale Immissionswerte für Cadmium zum Schutz der landw. Nutztiere

VDI-RICHTLINIE 2310 BLATT 39 (2011) Maximale Immissionswerte für Chrom zum Schutz der landw. Nutztiere und der von ihnen stammenden Lebensmittel.

VDI-RICHTLINIE 2310 BLATT 26 (2001): Maximale- Immissionswerte für Fluoride zum Schutz der landw. Nutztiere. VDI Verlag Düsseldorf

VDI-RICHTLINIE 2310 BLATT 30 (2005) Maximale Immissionswerte für Nickel zum Schutz der landw. Nutztiere

VDI-RICHTLINIE 2310 BLATT 33 (1996) Maximale Immissionswerte für Quecksilber zum Schutz der landw. Nutztiere

VDI-RICHTLINIE 2310 BLATT 34 (1996) Maximale Immissionswerte für Vanadium zum Schutz der landw. Nutztiere

VDI-RICHTLINIE 2310 BLATT 31 (2005) Maximale Immissionswerte für Zink zum Schutz der landw. Nutztiere

VDI-RICHTLINIE 3857, BLATT 2 (2014): Beurteilungswerte für immissionsbedingte Stoffanreicherungen in standardisierten Graskulturen. Orientierungswerte für maximale Hintergrundgehalte ausgewählter anorganischer Luftverunreinigungen.

VDI-RICHTLINIE 3957, BLATT 1 (2014): Bioindikation – Grundlagen und Zielsetzung.

VDI-RICHTLINIE 3957, BLATT 2 (2016): Verfahren der standardisierten Graskultur.

VDI-RICHTLINIE 3957, BLATT 10 (2004): Emittenten bezogener Einsatz pflanzlicher Bioindikatoren.

7. Anhang

Orthokarten mit eingezeichneten Messorten

AGES-Prüfbericht mit Auftragsnummer 17053814

Orthokarten





