

Schadstoffgehalte in Stadtböden ländlich geprägter Klein- und Mittelstädte im Kreis Lippe (Nordrhein-Westfalen)

Bernd Steinweg und Michael Kerth



Dr. Bernd Steinweg
Studium der Geographie (Hannover und Bochum), Promotion am gsf-Forschungszentrum, Institut für Bodenökologie (München), 2000–2007 Gutachter bei der Dr. Kerth+Lampe GmbH (Detmold), seit 2007 Mitarbeiter der Unteren Bodenschutzbehörde Stadt Mönchengladbach.



Dr. Michael Kerth
Studium der Geologie in Bonn. Postgraduate-Studium in Southampton, U. K.. Promotion an der Universität GHS Essen zu einem umweltgeologischen Thema. Seit 1988 als Gutachter im Umweltbereich tätig. Seit 1999 geschäftsführender Gesellschafter der Dr. Kerth+Lampe GmbH. In Nordrhein-Westfalen zugelassener Sachverständiger nach § 18 BBodSchG.

Zusammenfassung

Die vorliegenden Untersuchungen geben einen nutzungs- und altersdifferenzierten Einblick in (Schad-) Stoffbelastungen von Stadtböden in ländlich geprägten Klein- und Mittelstädten.

Einige Parameter wie Blei und PAK zeigen eine signifikante Zunahme der Stoffgehalte mit zunehmendem Nutzungsalter von Gartenböden. Grund hierfür ist aller Wahrscheinlichkeit nach der z. T. über Jahrhunderte erfolgte Eintrag dieser Schadstoffe durch die Aufbringung von Düngern und technogenen Substraten.

Der Anteil von Böden mit Vorsorgewertüberschreitungen nimmt deutlich mit zunehmendem Nutzungsalter von Gartenböden zu, woraus sich Konsequenzen für den Umgang mit diesem Bodenmaterial z. B. bei der Umlagerung ergeben. Nicht zuletzt ist in Betracht zu ziehen, solche Böden mit ihren intrinsischen Informationen auch als Archiv der Kulturgeschichte und damit als schützenswerte Böden gemäß § 2 BBodSchG anzusehen.

◆ **Schlüsselworte:** Stadtboden, Hortisol, ländlicher Raum, Schwermetalle, PAK, Vorsorgewerte, Archivboden.

Summary

The study carried out gives an insight into soil contamination related to land use and duration of use in small and medium sized towns of rural character.

Parameters as lead and PAH show a significant increase with duration of use as garden land. This is most likely related to an input of these substances with fertilizers and technogenic materials over time spans of up to some hundred years.

The percentage of soils which exceed the prevention values of the German soil ordinance increase with duration of use as garden land. This exceedance of prevention values leads to restrictions when such soils are to be relocated.

Additionally, soils with a long history of use contain intrinsic information and can be considered as an archive of cultural history. They should therefore be regarded as worthy of protection under the regulations of § 2 of the German soil protection law.

◆ **Keywords:** Urban soil, hortisol, rural area, heavy metals, PAH, prevention values, archive soil.

1. Einleitung

Untersuchungen zu Schadstoffgehalten in Stadtböden liegen vorrangig aus industriell oder bergbaulich geprägten Regionen vor. Dabei konnte gezeigt werden, dass – außerhalb von altlastverdächtigen Flächen und

Altlasten bzw. schädlichen Bodenveränderungen – die Belastungen in diesen Böden substrat- und/oder immisionsgeprägt sind [1–3]. Insbesondere durch die Bombardierungen im Zweiten Weltkrieg sind in einer Vielzahl deutscher Großstädte weitflächig trümmerschutthaltige Böden ausgebildet, die oftmals gegenüber natürlichen Substraten erhöhte Schadstoffgehalte aufweisen.

Bisher wenige Kenntnisse liegen dagegen zu Belastungen von Stadtböden in nicht bzw. kaum kriegszerstörten, nur in geringem Maße industriell geprägten Städten und Gemeinden vor. Solche Kommunen haben jedoch einen hohen Flächenanteil; selbst im industriell stark geprägten und bevölkerungsreichsten Bundesland Nordrhein-Westfalen machen Klein- und Mittelstädte (< 100.000 Einwohner) einen Flächenanteil von 87 % aus, auf dem über 50 % der Bevölkerung leben.

In diesem Beitrag werden Untersuchungen zur Schadstoffbelastung von Stadtböden in drei Kommunen des Kreises Lippe (östliches Nordrhein-Westfalen) dargestellt. Der Kreis Lippe war bis in die 1950er Jahre ein ländlich geprägter Siedlungsraum ohne nennenswerte Kriegszerstörungen, der bis heute frei von Schwer- und Montanindustrie geblieben ist.

2. Methodisches Vorgehen

Das Vorgehen der Untersuchungen orientiert sich an den vom Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz (LANUV) NRW herausgegebenen Grundlagen und Empfehlungen zur Erstellung Digitaler Bodenbelastungskarten im Siedlungsbereich [2] und wurde gebietsspezifisch angepasst.

Als Untersuchungsgebiete wurden die Kernstädte und kernstadtnahe Bereiche der beiden Mittelstädte Detmold und Lemgo sowie der Kleinstadt Bösingfeld (Teil der Gemeinde Extertal) ausgewählt. Alle drei Betrachtungsräume besitzen einen mittelalterlichen Siedlungskern; nach [4] ist hier weder von geogenen noch von großflächig immisionsbedingten Schadstoffbelastungen in den Böden auszugehen.

Zur Abgrenzung von Raumeinheiten mit ähnlich zu erwartenden Stoffbelastungen wurde eine Konzeptkarte erstellt. Hierzu wurden repräsentative Zeitschnitte historischer Karten und Pläne ausgewertet und in einem Geographischen Informationssystem (GIS) zusammen geführt. Dabei konnten für die vorliegende Arbeit drei generalisierte Siedlungsentwicklungsphasen ausgewiesen werden: a) mittelalterliche und neuzeitliche Stadterweiterungen bis 1885, b) Gründerzeit und zwischenkriegszeitliche Stadterweiterungen (1885–1950; kartenzeitschnittbedingt) sowie c) Stadterweiterungen und Stadtrandsiedlungen von 1950 bis heute.

Die aktuelle Flächennutzung wurde den ATKIS-Daten entnommen. Ein Vergleich der aktuellen mit der aus den Karten entnommenen historischen Nutzung zeigte, dass in den Untersuchungsgebieten keine typischen Nutzungsabfolgen in der Bodennutzung erkennbar sind: Zum größten Teil entspricht die heutige Nutzung jener, die zum Zeitpunkt der „Insiedlungnahme“ einer naturnah genutzten Fläche vorlag.

Die Nutzungsarten wurden nach Validierung mit den generalisierten Siedlungsentwicklungsphasen im

GIS verschnitten, so dass eine differenzierte Karte der Raumeinheiten ausgewiesen werden konnte, die aus den jeweiligen Nutzungsalterklassen (NAK = Kombination aus Nutzungsart und Dauer der Nutzung) bestehen. Da Garten- und Parkflächen die häufigste (Stadt-) Bodennutzung im Betrachtungsraum waren, wurden diese Nutzungen NAK-spezifisch stichprobenartig kartiert und beprobt.

Zur statistischen Auswertung der Datenkollektive wurde eine Varianzanalyse (Kruskal-Wallis-Test) bei einem Signifikanzniveau von 5 % durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.1 Charakterisierung und Stoffgehalte der Oberböden

Die Medianwerte und Spannweiten ausgewählter Untersuchungsparameter der untersuchten Oberböden sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die Mächtigkeit der Oberbodenhorizonte liegt in den Stadtböden NAK-unabhängig mit 41–58 cm über der von naturnah genutzten Ackerböden (mittlere Pflugtiefe 30 cm). Ursache hierfür ist zum Einen die tiefgreifende und z. T. über Jahrhunderte andauernde Bodenbearbeitung mit einhergehendem Materialeintrag (Entstehung eines Hortisols). Zum Anderen ist, insbesondere bei jüngeren Gartenböden, der anthropogene Auftrag von Oberbodenmaterial nach Beendigung der (Haus-) Baumaßnahmen verantwortlich. Diese Böden können dann nach [6] als Kolluvisole angesprochen werden.

Der mittlere Anteil technogener Substrate liegt in den untersuchten Stadtböden mit Gehalten zwischen <5 und 10 % deutlich über denen der Ackerböden im Untersuchungsgebiet. Hauptanteile sind dabei Bauschuttanteile (Ziegelbruch, Beton-, Mörtelreste), Kunststoff, Glas-, Keramik-, Aschen- und Holzkohlenreste sowie sehr vereinzelt auftretende Schlacken.

Die pH-Werte in den Stadtböden liegen NAK-unspezifisch im schwach sauren bis neutralen Bereich und damit geringfügig über den Werten der Ackerböden im Kreisgebiet. Die Oberböden werden gezielt durch Düngung/Kalkung in diesem für Anbau und Pflanzenwachstum günstigen Bereich gehalten.

Die TOC-Gehalte in den Gartenböden liegen auf Grund des größeren Auf- und Eintrages von organischem Material um etwa das Doppelte bis dreifache über den Gehalten von Ackerböden. Dabei enthalten

Parameter	Einheit	Garten			Park	Acker*
		vor 1885	1885–1950	nach 1950	vor 1885	
Anzahl	n	9	8	11	12	77
Mächtigkeit	cm	45 (32–84)	43 (26–70)	58 (28–70)	41 (8–58)	30
Technogene Substrate	%	5–10	5–10	< 5	5–10	< 1
pH (CaCl ₂)	–	6,9 (5,4–7,2)	6,7 (5,5–7,1)	6,9 (6,1–7,3)	7,1 (5,9–7,4)	6,6
TOC	mg/kg	3,9 (2,6–5,0)	3,0 (2,1–5,5)	2,2 (1,8–3,3)	2,7 (0,9–5,4)	1,2
Arsen	mg/kg	11 (7–15)	9 (4–14)	13 (7–16)	6 (4–19)	7
Blei	mg/kg	170 (56–300)	94 (43–350)	49 (39–150)	61 (17–180)	22
Cadmium	mg/kg	0,6 (0,5–0,9)	0,7 (0,3–1,0)	0,5 (0,4–1,1)	0,5 (0,3–0,9)	0,27
Chrom	mg/kg	25 (20–36)	25 (9–54)	36 (24–66)	20 (14–33)	31
Kupfer	mg/kg	44 (25–93)	26 (17–64)	22 (16–82)	22 (10–56)	12
Nickel	mg/kg	20 (12–22)	15 (7–26)	15 (12–21)	13 (9–28)	18
Quecksilber	mg/kg	1,0 (0,2–2,3)	0,5 (0,1–3,1)	0,2 (0,1–0,4)	0,3 (0,2–1,2)	0,09
Zink	mg/kg	180 (120–300)	145 (82–300)	150 (71–250)	88 (41–240)	57
EPA-PAK	mg/kg	4,7 (0,9–12,2)	4,5 (1,0–14,6)	1,5 (0,3–12,8)	1,9 (0,1–11,2)	0,2
B[a]P	mg/kg	0,6 (0,1–1,5)	0,4 (0,1–1,6)	0,2 (0,02–1,1)	0,2 (0,01–1,3)	0,02

*) Medianwerte der gemessenen Parameter aus [5]

alte Gartenböden auf Grund ihrer längeren Akkumulationszeit einen signifikant höheren Gehalt an organischem Kohlenstoff als jüngere. Die Humusgehalte der Parkböden liegen im mittel-humosen Bereich und unterscheiden sich nicht signifikant von den (hier nicht dargestellten) Hintergrundwerten in Grünlandböden [5] im Untersuchungsgebiet.

Arsen, Chrom und Nickel zeigen NAK-unabhängige Gehalte, die im Bereich der Hintergrundwerte für landwirtschaftlich genutzte Oberböden liegen. Das deutet darauf hin, dass der Stoffgehalt dieser Metalle in den Böden im Untersuchungsgebiet v. a. auf geogene Quellen und regionale Immissionen zurück zu führen ist.

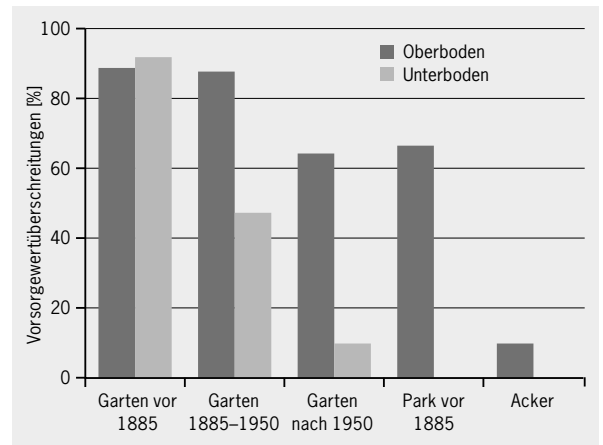
Deutliche nutzungsaltersabhängige Stoffgehalte in

Tab. 1
Kenngößen und Parameter in A-Horizonten von nutzungsaltersklassendifferenzierten Stadtböden und Ackerböden im Kreis Lippe (Mediane und Spannweiten).

Tab. 2 (links)
Metallgehalte (mg/kg) im Unterboden/ Untergrund von Gärten unterschiedlichen Nutzungsalters (Median und Spannweiten, n = 11–13).

Parameter	vor 1885	1885–1950	nach 1950
Arsen	15 (9–23)	13 (2–19)	13 (10–16)
Blei	123 (13–277)	40 (9–144)	18 (7–141)
Chrom	20 (10–65)	22 (8–33)	29 (18–46)
Kupfer	58 (11–152)	21 (2–54)	11 (8–20)
Nickel	20 (12–35)	17 (7–25)	15 (12–23)
Quecksilber	1,0 (0,1–2,2)	0,2 (0,1–3,2)	0,1 (0,1–0,1)
Zink	112 (38–267)	70 (16–148)	47 (25–108)

Abb. 2 (rechts)
Anteil (%) der untersuchten Böden, in denen mind. ein Parameter der Vorsorgewerte nach BBodSchV überschritten wird (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn, PAK-EPA, Unterböden: ohne PAK).



den Oberböden zeigen die Schwermetalle Blei, Quecksilber und Zink sowie die PAK. Diese liegen deutlich, z. T. um mehr als den Faktor 10 über den mittleren Gehalten von Ackerböden und steigen bei den Gartenböden mit zunehmendem Nutzungsalter hin an. Anzunehmen ist, dass der über Jahrhunderte andauernde anthropogene Eintrag über Kompost, Dünger, Aschen, Bauschuttreste usw. und die Akkumulation dieser Stoffe im Boden ursächlich hierfür ist.

Abgeschwächt sind nutzungsaltersabhängige Stoffgehalte auch für die Schwermetalle Kupfer und Cadmium zu erkennen; diese zeigen allerdings nur in den älteren Gartenböden signifikant höhere Gehalte als die Ackerböden im Untersuchungsgebiet.

3.2 Tiefenprofile der Gartenböden

In den Gartenböden wurden im Rahmen einer Diplomarbeit [7] die ebenfalls entnommenen Unterboden- und Untergrundproben bis in 1,0 m Tiefe auf ausgewählte Parameter untersucht.

Die Stoffgehalte der Metalle Arsen, Chrom, Nickel liegen in derselben Größenordnung wie die der untersuchten Oberböden und zeigen wie diese ebenfalls keine nutzungsaltersspezifischen Zu- oder Abnahme.

Wie die Oberböden zeigen die Schwermetalle Blei, Kupfer, Quecksilber und Zink in den Unterböden mit zunehmendem Nutzungsalter der Gärten eine Zunahme der Stoffgehalte. Während im Vergleich zu den Oberböden gleichen Nutzungsalters die Gehalte für

Kupfer und Quecksilber in ähnlicher Größenordnung liegen, zeigen Blei und Zink in den Unterböden signifikant geringere Gehalte.

Zwei typische Tiefenprofile von Schwermetallgehalten in Gartenböden unterschiedlichen Nutzungsalters sind in Abb. 1 dargestellt.

3.3 Vergleich mit überregionalen Hintergrundwerten und Vorsorgewerten

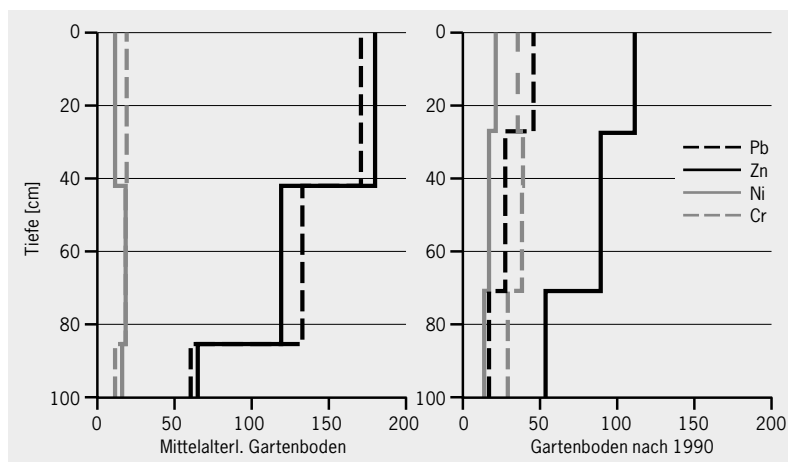
Beim Vergleich mit den Nordrhein-Westfalen-weiten Hintergrundwerten von Garten-Oberböden in Gebieten mit überwiegend ländlicher Raumstruktur nach [8] fällt auf, dass die mittleren NRW-weiten Gehalte für die Metalle Arsen und Chrom um den Faktor zwei bis drei unter den hier gemessenen mittleren Gehalten liegen. Dies ist vermutlich auf geogen erhöhte Stoffgehalte der anstehenden Löss- und mesozoischen Festgesteine im Untersuchungsgebiet zurückzuführen.

Landesweite, bezüglich der Alterstruktur differenzierte Auswertungen der vorliegenden Daten sind nicht unmittelbar durchführbar¹. Die mittleren NRW-weiten Gehalte in den hier nicht alterklassendifferenzierten Oberböden für die Parameter Pb, Cd, Cu, Ni, Hg, Zn, B[a]P liegen in derselben Größenordnung wie die im Rahmen dieser Untersuchung festgestellten Gehalte der Nutzungsaltersklasse für nach 1950 angelegte Gärten. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass im Rahmen der NRW-weiten Untersuchungen (n = 131-273) überwiegend junge Gartenböden untersucht wurden.

Abbildung 2 zeigt eine Auswertung der gemessenen Stoffgehalte im Hinblick auf die Überschreitung von Vorsorgewerten nach BBodSchV (1999):

In den alten Gartenböden (vor 1950 angelegt) zeigen rd. 90 % aller untersuchten Horizonte/Schichten bis in 1 m Tiefe Vorsorgewertüberschreitungen für mindestens einen Parameter. Dies gilt ebenso für die Oberböden der zwischen 1885 und 1950 angelegten Gärten. Die Oberböden in nach 1950 angelegten Gärten und in alten Parkanlagen weisen in etwa 2/3 der Fälle Vorsorgewertüberschreitungen für mind. einen Parameter auf. Die häufigsten Parameter, die zu den festgestellten Überschreitungen beitragen, sind Blei, Quecksilber, Zink sowie PAK.

Abb. 1
Typische Tiefenprofile von Schwermetallgehalten [mg/kg] in zwei unterschiedlich alten Gartenböden des Untersuchungsgebietes.



¹ Pers. Mitteilung aus dem Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (März 2010)

Zum Vergleich: Die naturnah genutzten Oberböden von Äckern im Untersuchungsgebiet zeigen in 10 % der Fälle Vorsorgewertüberschreitungen; dies entspricht derselben Größenordnung wie sie auch in Unterböden von Gärten festgestellt wurden (hierbei ist allerdings zu beachten, dass in den Unterböden weder Cadmium noch PAK mit untersucht wurden, würde man diese Parameter mit einbeziehen, läge der Anteil der Vorsorgewertüberschreitungen in den Unterböden vermutlich höher).

4. Folgerungen und Ausblick

Die hier vorliegenden Untersuchungen geben einen nutzungs- und altersdifferenzierten Einblick in (Schad-) Stoffbelastungen von Stadtböden in ländlich geprägten Klein- und Mittelstädten.

Die Parameter Blei, Zink, Quecksilber und PAK zeigen eine signifikante Zunahme der Stoffgehalte mit zunehmendem Nutzungsalter von Gartenböden. Grund hierfür ist aller Wahrscheinlichkeit nach der z. T. über Jahrhunderte erfolgte Eintrag dieser Schadstoffe durch die Aufbringung von Hausbrandasche, organischen Abfällen, Dünger, Bauschuttresten und anderen Materialien. Für diese Stoffe bilden die ausgewiesenen Nutzungsalterklassen integrativ eine Stoffbelastung durch die Einflussfaktoren Zeit und Nutzung ab. Die ausgeprägte Abnahme der Blei- und Zinkgehalte mit der Tiefe zeigt besonders deutlich, dass die erhöhten Gehalte in den Oberböden auf einen anthropogenen Eintrag von der Erdoberfläche aus zurückzuführen sind.

Dagegen zeigen andere Metalle wie Arsen, Chrom und Nickel weder einen nutzungsalterspezifischen noch einen tiefenspezifischen Trend in den untersuchten Böden; der Stoffgehalt für diese Parameter wird hauptsächlich durch seine geogene und ubiquitäre Verbreitung im Untersuchungsgebiet bestimmt.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden, anders als bei [9], keine Überschreitungen nutzungsbezogener Prüf- bzw. Maßnahmenwerte festgestellt, allerdings treten bei einer hohen Anzahl von Proben Überschreitungen der Vorsorgewerte auf. Der Anteil von Vorsorgewertüberschreitungen nimmt deutlich mit zunehmendem Nutzungsalter von Gartenböden zu: Er liegt bei den hier durchgeführten Untersuchungen in Oberböden von Gärten, die vor 1950 angelegt wurden, bei 90 %. Dies ist im praktischen Umgang relevant, wenn eine Umlagerung dieses Bodenmaterials ansteht, z. B. im Zuge von Baumaßnahmen (§ 12 BBodSchV). Vor diesem Hintergrund können gebietsbezogene Beurteilungswerte abgeleitet werden.

Nicht zuletzt zeigen die Untersuchungen, dass Stadtböden auch ein Abbild der (historischen) menschlichen Aktivitäten in einem Raum darstellen, die eine typische geochemische „Signatur“ im Boden hinterlassen. Diese geochemische „Signatur“ ist verbunden mit historischen Material- bzw. Stoffeinträgen. So wurden in einem deutlich schadstoffbelasteten mittelalterlichen Gartenboden mit 80 cm mächtigem R-Ah-Horizont Glas-, Keramik- und Aschen verschiedener Brennstoffe gefunden, die einen Einblick in die Lebensweise und Aktivitäten unserer Vorfahren geben. Solche Böden können demnach mit ihren intrinsischen Informationen auch als Archiv der Kultur-

geschichte und insbesondere der Kulturgeschichte der Bodennutzung und damit als schützenswerte Böden gemäß § 2 BBodSchG angesehen werden.

Literatur

- [1] Radtke, U., Thönnesen, M. & Gerlach, R. (1997): Die Schwermetallverteilung in Stadtböden. *Geographische Rundschau* 49, S. 556–561.
- [2] Barkowski, D., Bleier, M., Krüger, G., Meuser, H. & Stellmacher, G. (2002): Grundlagen und Empfehlungen zur Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten im Siedlungsbereich. 72 S. + Anhang, Essen.
- [3] Meuser, H. (2003): Datenaufbereitung von Stadtböden zur Kennzeichnung flächenhafter Bodenbelastungen. *Z. Bodenschutz* 4, S. 100–106.
- [4] Steinweg, B. & Kerth, M. (2004): Digitale Bodenbelastungskarten für emittentenferne Gebiete in Ostwestfalen-Lippe (Nordrhein-Westfalen). *Z. Bodensch.* 4.04, S. 118–123.
- [5] Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH (2002): Endbericht zur Erstellung der digitalen Bodenbelastungskarte für den Kreis Lippe, unveröffentlicht.
- [6] Lehmann, A. & Stahr, K. (2007): Nature and significance of anthropogenic urban soils. *J. Soils Sediments* 7 (4), S. 247–260.
- [7] Heinrich, I. (2005): Ermittlung von Schwermetallgehalten in Gartenböden verschiedener Nutzungsalterklassen im Rahmen der Bodenbelastungskarte (BBK-S) Lippe. Diplomarbeit an der Fachhochschule Osnabrück – Studiengang Bodenwissenschaften (Prof. Meuser), 63 S., unveröffentlicht.
- [8] Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (2002): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Oberböden Nordrhein-Westfalens – Auswertung aus dem Fachinformationssystem Stoffliche Bodenbelastung (FIS StoBo). 17 S., Essen.
- [9] Marschner, B., Müller, I., Stolz, R. & Stempelmann, I. (2010): Immobilisierung von Schwermetallen in Gartenböden – Ergebnisse eines 5-jährigen Praxisversuchs. *Z. Bodensch.* 2.10, S. 34–41.

Adressen

Dr. Bernd Steinweg
Stadt Mönchengladbach
Fachbereich Umweltschutz und Entsorgung, Abteilung Boden
41050 Mönchengladbach
bernd.steinweg@moenchengladbach.de

Dr. Michael Kerth
Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH
Walter-Bröker-Ring 17
32756 Detmold
m.kerth@dr-kerth-lampe.de