

Bodenwissenschaften & Sciences of Soils (SoS)



Im Bereich „Bodenwissenschaften“ wird eine Zusammenarbeit aufgebaut mit „Sciences of Soils“ (SoS) (<http://www.hintze-online.com/sos/>). „The very first Online Journal for the Soil Sciences and related topics, in the Internet: Free of charge • Peer review • Quick publishing • Unlimited worldwide success • Scientific discussions • Interactivity • Color • and much more ...“ The „SoS Mailing List“ provides with regular e-mail information about recently published articles and news about the journal. Subscribe by sending an e-mail to: (sos@hintze-online.com). SoS was last updated: April 15th, 1997. ISSN 1432-9492. © 1996–1997 by Hintze Online (webmaster@hintze-online.com). Die UWSF-Autoren haben die Möglichkeit, ihre Beiträge aus dem Bereich „Bodenwissenschaften“ zusätzlich in „Sciences of Soils“ zu veröffentlichen. Diese Zusammenarbeit wird koordiniert von Dr. Thomas HINTZE, Fachbereich VI – Abt. Bodenkunde, Universität Trier (E-mail: hintzet@uni.trier.de) sowie von Dr. Jürgen NIEMEYER (a.a.O., E-mail: niemeyer@uni-trier.de) und Dr. Werner KÖRDEL (Mitglied des UWSF-Herausgebergremiums), Fraunhofer Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie (IUCT) Schmallenberg (E-mail: koerdel@iuct.fhg.de).

Originalarbeiten

Rieselfelder

Schwermetalle in Böden der Rieselfelder Berlin-Süd

¹Matthias Burhenne, ²Ingo Schneider, ³Heinz Bukowsky

¹ Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Mikrobiologie, Königin-Luise-Str. 19, D-14195 Berlin

² Universität Potsdam, Institut für Ökologie und Naturschutz, Maulbeerallee 2, D-14469 Potsdam

³ Universität Potsdam, Institut für Anorganische Chemie, Am Neuen Palais 10, D-14469 Potsdam

Korrespondenzautor: Dr. Ingo Schneider

Zusammenfassung

Böden der Rieselfelder Berlin-Süd sind teilweise erheblich mit den Schwermetallen Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Nickel, Blei und Zink kontaminiert. In Bodenproben aus den Rieselfeldern im Süden Berlins wurden sowohl die Gesamtgehalte als auch die bioverfügbaren Anteile der Schwermetalle Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb und Zn bestimmt. Die maximalen Konzentrationen lagen bei 1360 mg/kg TS für Blei, 29,7 mg/kg TS für Cadmium, 817 mg/kg TS für Kupfer und 40,8 mg/kg TS für Quecksilber. Die bioverfügbaren Anteile waren besonders in der Acetat- und EDTA-Fraktion aber weniger im Wasserextrakt vorhanden. Mit Anteilen bis zu 50 % (Pb, Ni), 70 % (Cd) oder 90 % (Zn) am jeweiligen Gesamtgehalt stellen sie ein nicht vernachlässigbares Gefährdungspotential dar.

Schlagwörter: Abwasserbehandlung in Rieselfeldern; Analyse von Schwermetallen; Bioverfügbarkeit von Schwermetallen; Bodenbelastungen mit Schwermetallen; Rieselfelder; Sequentielle Extraktion von Bodenproben

Abstract

Heavy Metal Pollution in Selected Sewage Farm Soils in the South of Berlin

Soils of the large sewage farm area south of Berlin are contaminated with heavy metals such as Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn. Based on earlier studies the total amount and the bioavailable proportions of heavy metals in soil samples were analysed. In some samples very high levels of total heavy metal concentrations were detected. For Pb, Cd, Cu and Hg the maximum values were 1360, 29.7, 817 and 40.8 mg/kg soil dry matter, respectively. The bioavailable fractions of heavy metals which were found primarily in the acetate and EDTA fractions and to a lesser degree in the water extract account for about 50 % (Pb, Ni), 70 % (Cd) or 90 % (Zn) of their total amount and may therefore pose a considerable environmental risk.

Keywords: Bioavailability of heavy metals; contamination of soil with heavy metals; heavy metals, analysis; sequential extraction of soil samples; sewage farm soils; waste water treatment

1 Einleitung

Ende des vergangenen Jahrhunderts begann Berlin, wie viele große Städte, zur Beseitigung flüssiger kommunaler und industrieller Abfälle im Umland Flächen zu schaffen, auf die die anfallenden Abwässer aufgeleitet und verrieselt werden konnten. Die Flächen erreichten in ihrer größten Ausdehnung ca. 5 000 ha, wobei etwa 4 000 ha im Süden von Berlin etabliert wurden. Die eingeleiteten Abwassermengen betragen in Spitzenzeiten 5 000–7 000 mm/Jahr (entspricht 5 000–7 000 l pro m² Rieselfeld und Jahr) [1]. Obwohl bereits in den 30er Jahren die zugeführten Abwassermengen reduziert wurden, konnte erst mit der deutlichen Verbesserung der Abwasserreinigung durch Kläranlagen und der damit möglichen Direkteinleitung in Vorfluter über eine Einstellung der Verrieselung nachgedacht werden. Heute ist diese Art der Abwasserbehandlung weitgehend eingestellt, und es wird intensiv über eine Nutzungsänderung des großflächigen Areals nachgedacht. Anstoß dazu waren nicht zuletzt die deutsche Einheit und die geplante Länderfusion zwischen Berlin und Brandenburg.

Ungefähr 100 Jahre Abwassereinleitung haben aber auch zu einem Eintrag an Schadstoffen auf diese Flächen geführt. Wie großräumige Untersuchungen zeigten [2–5], bilden Schwermetalle den Hauptanteil der Schadstoffbelastung. Wichtiger als der Gesamtgehalt eines Schwermetalls, sind für eine ökologische Bewertung die bioverfügbaren Anteile. Dazu zählen nach PETRUZZELLI [6] die wasserlöslichen, die adsorptiv und die komplex gebundenen Formen. Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung der Schwermetallbelastung von Rieselfeldern ausgewählter Standorte in Berlin-Süd und die Bestimmung ihres bioverfügbaren Anteils. Auf dieser Grundlage kann das Gefährdungspotential dieser Flächen beurteilt werden.

2 Probenahme, Extraktion und Schwermetallanalytik

Ausgehend von den Untersuchungen von GRUNEWALD [4] wurden fünf unterschiedlich belastete Rieselfeldtafeln im Gebiet der Genshagener Heide untersucht. Aus den Tafeln 58e, 59a, 112d, 179m und Becken wurden aus 0–10 cm Tiefe auf einer Fläche von 1 m² jeweils vier Bodenproben entnommen und zu Mischproben von ca. 1 kg vereinigt.

Zur Bestimmung der Gesamtschwermetallgehalte erfolgte die weitere Aufarbeitung des Bodens nach DIN 38414-S7 (Königswasseraufschluß). Zur Ermittlung des bioverfügbaren Anteils [6] wurden die Proben mit Wasser, 1 M Acetatlösung (pH 4,5) und 0,01 M EDTA-Lösung ausgeschüttelt. Die Metalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink wurden in den Extrakten mit Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) und Plasmaemissionspektroskopie (ICP-AES) quantitativ bestimmt [5]. Als Bodenparameter wurden die organische Bodensubstanz, der Wassergehalt und der pH-Wert des Bodens nach DIN 38414-S3, -S2 bzw. -S5 bestimmt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Werte der Tabelle 1 verdeutlichen, daß die Böden der untersuchten Rieselfeldtafeln stark mit Schwermetallen kontaminiert sind. Sehr hohe Belastungen treten in den Tafeln 112d, 179m und im Becken auf, wobei verschiedene Richt- und Grenzwerte zur Schwermetallbelastung von Böden (→ Tabelle 2) teilweise um ein vielfaches überschritten werden. Besonders die Tafel 179m weist Extremwerte auf. Die Blei-, Cadmium- und Kupferwerte (1361,3 mg Pb/kg TS, 29,7 mg Cd/kg TS und 817,0 mg Cu/kg TS) erreichen das 8- bis 10fache, der Quecksilbergehalt (40,8 mg/kg TS) das 20fache der Grenzwerte der deutschen Klärschlammverordnung (→ Tabelle 2).

Im Falle der hier beprobten Standorte besteht neben dieser potentiellen Gefährdung durch hohe Gesamtgehalte an Schwermetallen, besonders durch die bioverfügbaren Fraktionen ein zusätzliches, akutes Gefährdungspotential.

Die wasserlöslichen Schwermetallfraktionen sind zwar sehr gering, doch ergibt sich bei der Extraktion mit Acetat und EDTA ein anderes Bild (→ Tabelle 1). Zunächst zeigt sich, daß die einzelnen Metalle in unterschiedlichen Formen an die Bodenmatrix gebunden sind. Bei Blei und Kupfer, in geringem Maße auch bei Chrom und Quecksilber, überwiegen die komplex gebundenen, bei Zink die elektrostatisch und ionengebundenen Formen. Bei Cadmium und Nickel sind beide Bindungsformen in etwa gleich verteilt.

Die verfügbaren Anteile der einzelnen Schwermetalle sind bezogen auf die Gesamtgehalte unterschiedlich hoch. So beträgt der Anteil bei Chrom ca. 2–27 %, bei Cadmium 50–70 % und bei Zink 50–90 %. Das bedeutet, daß bei den hohen Gesamtgehalten (z.B. Tafel 179m) allein die bioverfügbaren Anteile einzelner Schwermetalle mit 11,3 mg/kg TS bei Cadmium, 230,1 mg/kg TS bei Blei und 2,7 mg/kg TS bei Quecksilber die Grenzwerte für die Gesamtgehalte überschreiten (→ Tabelle 2).

Beziehungen zwischen Schwermetallgehalten und pH-Wert sind nicht eindeutig erkennbar (→ Tabelle 1 und 3). Die pH-Werte der Tafeln bewegen sich mit 5,68–6,89 im leicht sauren Bereich, in denen noch keine wesentliche Mobilitäts-erhöhung zu erwarten ist. Es besteht allerdings die Gefahr, daß bei starker Mineralisierung und Versauerung die Mobilität und Verfügbarkeit der Schwermetalle erhöht wird.

Die Tatsache, daß mit geringem Gehalt an organischer Bodensubstanz weniger Sorptionsplätze für Schwermetalle zur Verfügung stehen, zeigt sich auch daran, daß die Tafeln 58e und 59a die geringsten Schwermetallgehalte aufweisen. Bei vergleichbaren Gehalten an organischer Bodensubstanz wird der Schwermetallvorrat in den Böden durch die Schwermetallgehalte und Abwassermengen, die während der letzten 100 Jahre aufgebracht wurde, bestimmt. Diese Mengen sind im einzelnen nicht mehr zu ermitteln.

Die Ergebnisse erhärten die bereits erhaltenen Befunde einer teilweise sehr hohen Schwermetallbelastung der Rieselfelder-Süd [4, 5]. Bisher unterschätzt wurde die Problematik hoher Gehalte an Quecksilber. Außerdem konnte durch die Bestimmung bioverfügbarer Anteile gezeigt werden,

Tabelle 1: Gesamtschwermetallgehalte und bioverfügbare Anteile in mg/kg TS Boden verschiedener Rieselfeldstandorte (Überschreitungen von Richt- bzw. Grenzwerten der *Tabelle 2* sind fettgedruckt)

Schwermetall	Extraktion	Rieselfeldtafel Nr.				
		59a	58e	179m	112d	Becken
Blei	Gesamt	101,5	250,5	1361,3	330,0	471,1
	H ₂ O	1,0	1,0	2,8	0,0	0,0
	Acetat	2,5	5,0	6,3	2,0	2,0
	EDTA	5,3	122,3	221,0	100,0	141,3
Cadmium	Gesamt	0,7	2,0	29,7	6,9	9,3
	H ₂ O	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0
	Acetat	0,3	0,7	5,8	2,4	2,5
	EDTA	0,2	0,5	5,4	2,3	2,6
Chrom	Gesamt	26,0	88,0	479,0	112,0	379,0
	H ₂ O	2,0	0,0	1,3	0,0	0,0
	Acetat	2,5	1,8	3,1	1,0	2,5
	EDTA	2,8	4,0	17,5	1,0	3,0
Kupfer	Gesamt	33,0	116,0	817,0	660,0	858,0
	H ₂ O	0,5	2,5	1,8	2,0	3,0
	Acetat	3,0	12,5	25,0	16,0	36,3
	EDTA	7,3	28,5	153,0	90,0	22,0
Nickel	Gesamt	6,6	10,7	61,1	75,9	148,5
	H ₂ O	0,0	1,3	0,3	1,0	2,0
	Acetat	1,8	1,3	10,0	21,0	30,0
	EDTA	0,8	1,0	7,8	15,0	26,0
Quecksilber	Gesamt	n.a.	n.a.	40,8	n.a.	11,6
	H ₂ O	n.a.	n.a.	0,0	n.a.	0,0
	Acetat	n.a.	n.a.	0,0	n.a.	0,0
	EDTA	n.a.	n.a.	2,7	n.a.	0,0
Zink	Gesamt	94,0	239,0	1156,0	1080,0	1498,0
	H ₂ O	0,3	25,0	5,6	3,0	1,0
	Acetat	33,8	65,0	380,0	596,0	600,6
	EDTA	11,5	57,5	264,5	349,0	453,9

n.a.: nicht analysiert

Tabelle 2: Verschiedene Richt- bzw. Grenzwerte für Schwermetalle in Böden, 0–20 cm Tiefe (Angaben in mg/kg Trockensubstanz; verändert nach ROSENKRANZ et al. [7])

Schwermetall	Schweiz		BRD ^b	EG ^c
	Gesamtgehalt	löslich ^a		
Blei	50	1,0	100	50–300
Cadmium	0,8	0,03	3	1–3
Chrom	75		100	
Kupfer	50	0,7	100	50–140
Nickel	50	0,2	50	30–75
Quecksilber	0,8		2	1,00–1,50
Zink	200	0,5	300	150–300

^a NaNO₃-Auszug

^b Grenzwerte der Klärschlammverordnung (AbfKlärV)

^c Grenzwerte gelten für pH 6–7, Überschreitung bei Futtermitteln zulässig, bei pH >7; z.T. Überschreitung bis 50 % zulässig

Tabelle 3: Bodenparameter der untersuchten Rieselfeldtafeln

Rieselfeldtafel	pH-Wert	org. Bodensubstanz (%)	Wassergehalt (%)
59a	5,90	2,6	13,5
58e	5,80	4,2	13,5
179m	5,68	7,8	18,2
112d	6,21	43,7	51,3
Becken	6,89	30,3	44,1

daß neben einem potentiellen, bereits ein hohes akutes Gefährdungspotential besteht. Minimierungsstrategien sind an anderer Stelle aufgezeigt [5]. Eine angestrebte Nutzungsänderung dieser Flächen (sog. „Berliner Speckgürtel“) setzt in jedem Fall eine umfassende und flächendeckende Schadstoffanalyse voraus. Darauf aufbauend ist eine raum- und zeitbezogene Gefährdungsabschätzung möglich. Erst dann können wissenschaftlich fundierte Entscheidungen über die zukünftige Flächennutzung getroffen werden.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden innerhalb der interdisziplinären Arbeitsgruppe „Stoffdynamik in Geosystemen“ im Rahmen eines vom Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung Brandenburg und des Landesumweltamtes Brandenburg geförderten Projektes durchgeführt.

4 Literatur

- [1] K. AURAND; H. DIZER; Z. FILIP; V. NEUMAYR, K. SEIDEL (1984): Vergleichende Untersuchungen an langfristig mit Abwässern behandelten Böden zur Beurteilung der Reinigungsvorgänge durch den Untergrund bei der künstlichen Grundwasseranreicherung. BMFT-Forschungsbericht T84–104, Bonn, 1984
- [2] H.-P. BLUME; R. HORN (1982): Belastungen und Belastbarkeit Berliner Rieselfelder nach einem Jahrhundert Abwasserberieselung. Z. Kulturtechn. Flurberein. 23, 236–248
- [3] C. SALT (1988): Schwermetalle in einem Rieselfeld-Ökosystem. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung Nr. 53, TU Berlin, 1988
- [4] K. GRUNEWALD (1994): Großräumige Bodenuntersuchungen auf Rieselfeldern südlich Berlins. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 157, 125–130
- [5] AG Stoffdynamik in Geosystemen (1994): Rieselfelder Berlin-Süd – Multivalente Beurteilung der ökologischen Relevanzen von Last- und Schadstoffen – Aufbau eines Bodeninformationssystems. Forschungsbericht im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung Brandenburg, Potsdam, 1994
- [6] G. PETRUZZELLI (1989): Recycling wastes in agriculture: Heavy metal bioavailability. Agricult. Ecosyst. Environm. 27, 493–503
- [7] D. ROSENKRANZ; G. EINSELE; H.-M. HARRIS (1990): Bodenschutz – Ergänzendes Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. E. Schmidt Verlag, Berlin, 1988. Zitiert aus: H.-P. BLUME (Hrsg.): Handbuch der Bodenschutzes, Bodenökologie und -belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. ecomed Verlag, Landsberg, 1994