

# Verwendung von Bodenaushub zur Sicherung schwermetallbelasteter, großflächiger Altlastenstandorte

C. Hoffmann<sup>1</sup>, R. Metz<sup>2</sup>, O. Zeuschner<sup>3</sup>, A. Jänicke<sup>4</sup> & M. Renger<sup>1</sup>

## Einleitung

Nach dem Brandenburger Landesabfallgesetz (§29.4) stellen die ehemaligen Rieselfeldstandorte um Berlin grossflächige Altlastenstandorte dar. Bei einer Orientierung an der Berliner Liste (SenStadtUm 1996) bzw. der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV 1999) geht von den Rieselfeldböden unter anderem eine Gefährdung der Schutzgüter Mensch und Grundwasser aus.

Im Rahmen von Baumassnahmen fallen in Berlin derzeit große Mengen von unbelastetem, lehmigen Geschiebemergel an, welche zu einer Verbesserung des Schadstoffbindungsvermögens, als Sicherungsmassnahme (im Sinne des § 5 Abs. 3 ff, BBodSchV 1999) auf Altlastenstandorten eingesetzt werden können. Damit wird gleichzeitig dem Verwertungsgebot des KrW-/Abfg § 4 Abs. 2 Rechnung getragen.

## Ziel der Massnahme

Durch das Einarbeiten des Mergels in den belasteten Rieselfeldboden sollen vorrangig die folgenden Ziele erreicht werden:

- Bildung von stabileren Bindungsformen der Schwermetalle im Boden und Reduzierung der Schwermetallverlagerung (Hoffmann & Renger 1998).
- Niedrigere Schadstoffkonzentrationen in der Bodenlösung führen zu einer Verringerung des ökotoxikologischen Potentials und einer Minderung von schädlichen Auswirkungen auf Pflanzen, deren Wurzeln sowie Mikroorganismen (Kandeler et al. 1998).
- Die Einbringung von Mergel in den Boden führt einerseits zu einer Düngung der Baumbestände und trägt andererseits zur langfristigen Erhöhung der Nährstoffspeicherfähigkeit bei.
- Der erhöhte Schluff- und Tongehalt im Boden verbessert die Wasserspeicherkapazität und führt damit zu besseren Erfolgen bei der Aufforstung, da Wasser auf diesen Standorten den limitierenden Faktor für das Pflanzenwachstum darstellt (Schlenther et al. 1996).
- Die schnelle Begründung gesunder Waldbestände führt, zum einen über die Reduzierung der Grundwasserneubildung, zum anderen über die Aufnahme von mobilen Schwermetalle aus der Bodenlösung, zu einer effektiven Verlangsamung der Schadstoffverlagerung.
- Durch die Überlehmung kann die Quecke zurückgedrängt werden und Platz für eine artenreichere Vegetation in der Krautschicht machen.

## Das Rieselfeld Buch

Fast 100 Jahre lang wurden in Berlin-Buch ungeklärte Abwasser verrieselt. In den letzten 20 Jahren bis zu 10.000 mm/a. Heute finden sich auf den tonarmen, sandigen Ausgangssedimenten Auftragsboden-Regosole mit 15-100 cm mächtigen humosen Horizonten und hohen Schwermetallbelastungen. Innerhalb

---

<sup>1</sup> TU-Berlin, Fachgebiet Bodenkunde, Inst. f. Ökologie & Biologie, Sekr. BK, Salzufer 12, 10587 Berlin  
e-mail: christian.hoffmann@tu-berlin.de, Tel.: 314-21722, FAX: 314-73548

<sup>2</sup> HU-Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, FG Ackerbausysteme, Dorfstr. 9, 13051 Berlin,  
Tel. 96 27 55 10, FAX: 96 27 55 50

<sup>3</sup> Berliner Forsten, Revierförsterei Buch, Hobrechtsfelder Chaussee 119, 13125 Berlin

<sup>4</sup> Berliner Forsten, Landesforstamt, Wannseebadweg 10, 14129 Berlin

von 10 Jahren ist der pH Wert von 7,5 auf 5,0 gesunken. Eine entscheidende Ursache für diese Versauerung ist die Mineralisation von Humus und Klärschlamm nach dem Ende der Verrieselung (Hoffmann & Renger 1998). Die pH-Absenkung hat zu einer Mobilisierung von Schwermetallen und deren Verlagerung in den ersten Grundwasserleiter geführt. Für Cd, Pb, Cu, Zn, SO<sub>4</sub> und NO<sub>3</sub> konnten kontinuierliche Überschreitungen der Schadenswerte der Berliner Liste (SenStadtUm 1996) im Kapillarsaum des oberflächennahen Grundwassers festgestellt werden (Hoffmann et al. 1998).

Die geringen Mengen an pflanzenverfügbarem Wasser und die starke Wasser Konkurrenz der Quecke am Standort haben zu erheblichen Problemen bei den Aufforstungsmassnahmen geführt. Zwischen 30 und 100 % der gepflanzten Bäume sind in den letzten Jahren abgestorben (Schlenther et al. 1996).

## Material und Methoden

Ab April 1998 wurden 44.000 m<sup>3</sup> Geschiebemergel (S: 69-79%, U: 14-18%, T: 7-14%; pH: 7,3; KAK: 140 mmol/kg; Karbonat: 11 %) auf einer Gesamtfläche von 12 ha ausgebracht, das entspricht einer Schichtdicke von etwa 35 cm. Mit einer Verzögerung von etwa 4-6 Monaten wurden die Teilflächen bis in eine maximale Tiefe von 80-90 cm gefräst. Um Schadverdichtungen zu vermeiden, wurden die anschließenden Pflanzmassnahmen ausschließlich in Handarbeit, durchgeführt. Es wurden verschiedene Bäume (Stieleiche, Winterlinde, Rot- und Hainbuche) gepflanzt und eine Gründüngung eingesät (Lupine, Phacelia, Senf, Sonnenblume). Es wurden zwei Beprobungen entlang eines 180 m langen Transektes vor der Mergelaufbringung 1998 und nach dem Fräsen im Frühjahr 1999 durchgeführt. Die Probenahme erfolgte in 10 m Abständen, welche im Bereich eines ehemaligen Einleiterbeckens (=hohe Belastung) bis auf 1 m verdichtet wurden

Parallel zu den Freilanduntersuchungen wurden Gefässversuche durchgeführt. Dazu wurde Mergel mit Ah-Material des Rieselfeldes in den Verhältnissen 1:1 und 1:2 gemischt. Als Testpflanze für die Schwermetallaufnahme wurde Senf (*Sinapis arvensis*) eingesetzt.

Die Bestimmung des pH-Wertes erfolgte in 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-Lsg. Die Gesamt-Schwermetalle in Pflanzen und Boden wurden über einen HNO<sub>3</sub>-Druckaufschluß (0,5 g Boden, 10 ml HNO<sub>3</sub>, 6 h bei 185°C im Teflontiegel) ermittelt. Die mobilen Schwermetalle wurden durch vierstündiges Schütteln mit 0.1 M CaNO<sub>3</sub>-Lsg (1:2.5) bestimmt.

## Ergebnisse & Diskussion

Die Mischung mit Mergel führte zu einer deutlichen Verbesserung der Wasserspeichereigenschaften der untersuchten Böden. Die nFK stieg für 10 dm Profiltiefe, von durchschnittlich 130 l/m<sup>2</sup>, auf ca. 200 l/m<sup>2</sup> an. Die Humusgehalte wurden entsprechend des Mischungsverhältnisses nachvollziehbar verdünnt. Sie betragen 1999 im Schnitt 4 %. Mit dem Mergel wurden ca. 830 to Kalk/ha ausgebracht. Das führte zu einer Erhöhung des pH-Wertes um etwa 2.5 Stufen auf 7,00 bis 7,50 (Abb. 1) und wird für langfristig stabile pH-Werte sorgen.

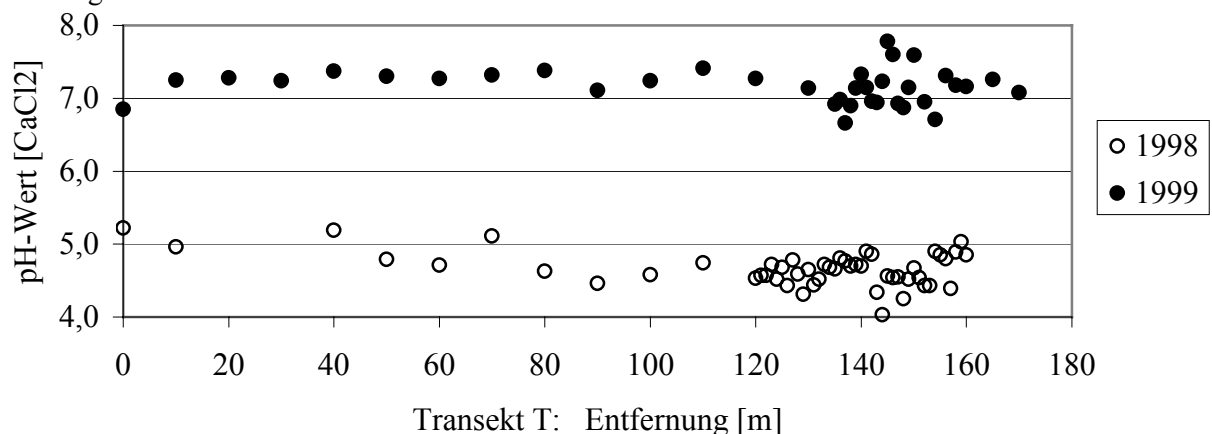
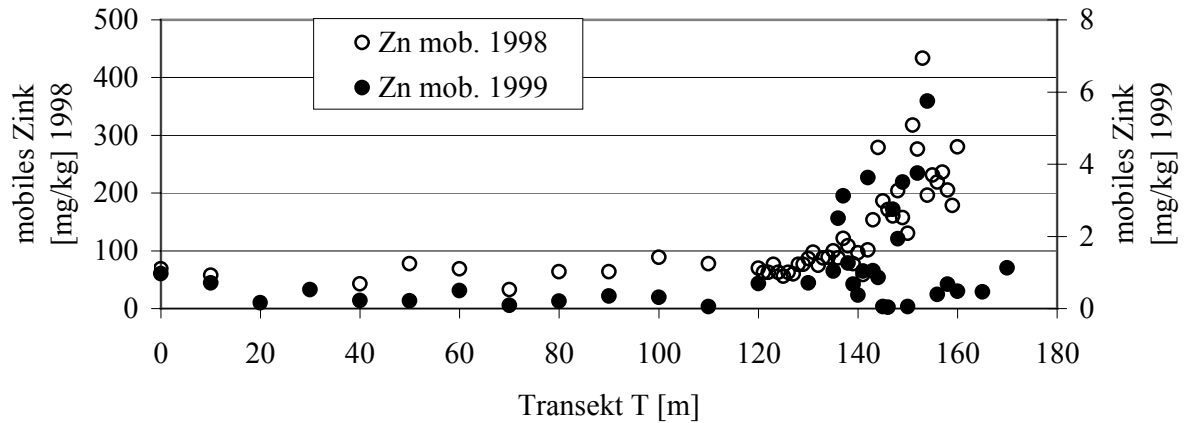


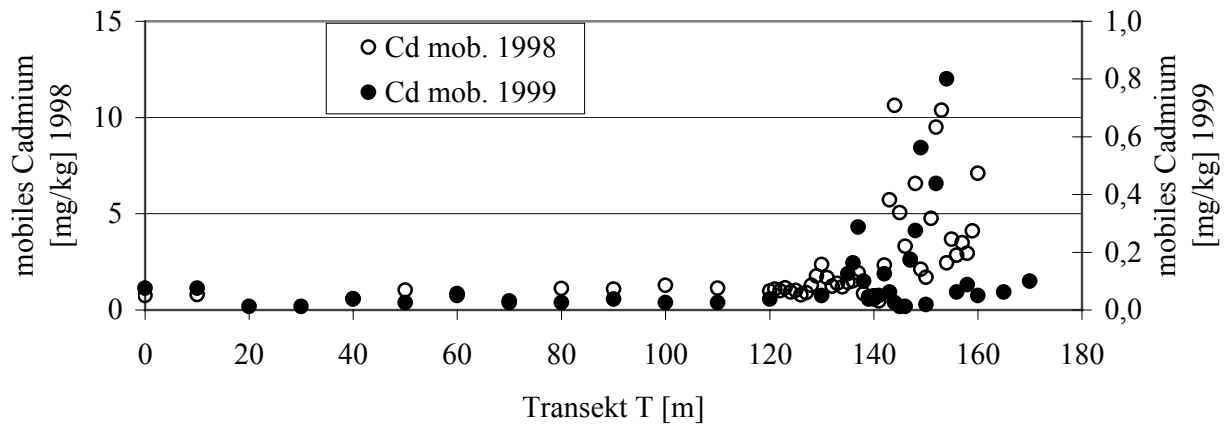
Abb. 1: pH-Werte in CaCl<sub>2</sub> auf dem Transekt T vor der Überlehmung (Sommer 1998) und nach dem Fräsen (Frühjahr 1999)

Durch Verdünnungseffekte wurden die Gesamtgehalte an Schwermetallen um 60-70 % reduziert. Die mobilen Schwermetallanteile wurden, wahrscheinlich in erster Linie durch den pH-Einfluß, deutlich reduziert. Die Wirkung war bei Zn am deutlichsten ausgeprägt. Der mobile Anteil sank von durchschnittlich 35.4 % 1998, auf 0.5 % 1999 ab (Abb. 2). Bei Cd reduzierte sich der mobile Anteil von 21.6 % 1998, auf

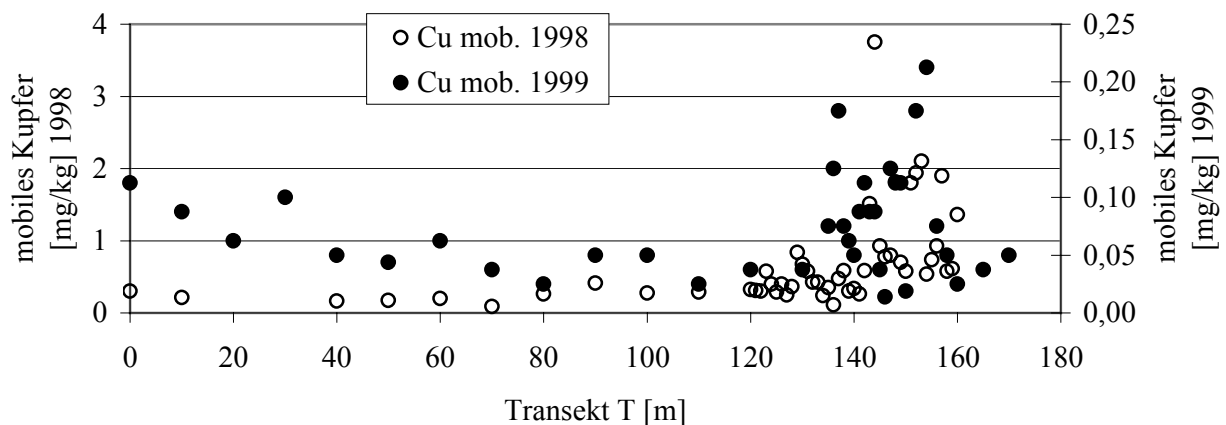
2.6 % 1999 (Abb. 3). Bei Cu (Abb. 4) trat nur eine geringe Reduzierung der mobilen Anteile auf (1998: 0.5 %, 1999: 0,2 %). Ursächlich kann hier die erhöhte Mobilität von Cu-organischen-Komplexen sein, welche mit steigendem pH-Wert zunimmt (Nederlof & Van Riemsdijk 1995). 0.7 % des Gesamt-Pb war 1998 noch in der mobilen Fraktion messbar. Die Konzentrationen lagen 1999 unterhalb der Nachweisgrenze.



**Abb. 2:** Mobiler Anteil Zink [mg/kg] auf dem Transekt T vor der Überlehmung (Sommer 1998) und nach dem Fräsen (Frühjahr 1999)



**Abb. 3:** Mobiler Anteil Cadmium [mg/kg] auf dem Transekt T vor der Überlehmung (Sommer 1998) und nach dem Fräsen (Frühjahr 1999)



**Abb. 4:** Mobiler Anteil Kupfer [mg/kg] auf dem Transekt T vor der Überlehmung (Sommer 1998) und nach dem Fräsen (Frühjahr 1999)

Die Gefäßversuche zeigten für die Schwermetallgesamtgehalte eine nachvollziehbare Verdünnung bei der 1:1-Variante, bei der 1:2-Variante war der Effekt nicht mehr eindeutig nachzuvollziehen. Die hohe Pflanzenverfügbarkeit von Zn und auch Cd im Rieselfeldboden konnte durch die Mischung mit Lehm deutlich gesenkt werden (Tab. 1). Die niedrigen Cu- und Zn-Sproßgehalte in der 1:2-Variante könnten auf

physiologische Störungen im Wurzelbereich durch Cu-Toxizität hindeuten. Diese Variante wies auch Wuchsdepressionen und einen geringeren Biomassertrag auf.

**Tab. 1:** Gesamtgehalte an Schwermetallen im Bauaushub (Lehm) und Rieselfeldboden sowie deren Mischungen (mit Gülle-/Strohzusatz als Dünger) und Schwermetallgehalt im Senfsproß auf diesen Böden

	Schwermetallgesamtgehalt im Boden [mg/kg TS]				Schwermetallgehalte im Senfsproß [mg/kg TS]			
	Cd	Cu	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn	Pb
<b>Lehm (L)</b>	0,4	13	23	13	0,2	6,5	110	0,4
<b>Rieself. (R)</b>	3,3	58	192	73	3,1	10,8	399	0,9
<b>L : R = 1 : 1</b>	1,9	30	138	44	1,4	9,8	138	0,8
<b>L : R = 1 : 2</b>	2,6	45	162	61	2,0	7,5	121	0,7

Biologische Aktivitätsparameter wie die CO<sub>2</sub>-Freisetzung und die Zellulosezersetzung zeigen mit dem Rieselfeldboden vergleichbare Werte. Das kann als Hinweis gedeutet werden, dass trotz der erheblichen Störung des Bodens bei der Mischung, aktives Bodenleben vorhanden ist.

## Ausblick

Bis ins Jahr 2000 werden weitere Felduntersuchungen zur Veränderung der Flora (Linienbonitur, Einfluß des Bodensamenpotentials) und zur Wiederbesiedelung der Flächen durch die Mesofauna (Barberfallen) durchgeführt. Der Schwermetalltransfer in krautige Pflanzen, die Frassaktivität der Mesofauna (Köderstreifen-Test), die biologische Aktivität (CO<sub>2</sub>-Freisetzung) sowie Toxizitätstest (Keimrollentest) und das kontinuierliche Monitoring des Grundwasser bilden weitere Untersuchungsschwerpunkte.

## Literatur

- BBodSchV (1999):** Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Bundesgesetzblatt, vom 16.07.99 Teil I, 36: 1554-1582.
- Hoffmann C., B. Marschner & M. Renger (1998):** Influence of DOM-Quality, DOM Quantity and Water Regime on the Transport of Selected Heavy Metals. Phys. Chem. Earth 23(2): 205-209.
- Hoffmann C. & M. Renger (1998):** Schwermetallmobilität in Rieselfeldböden. Bodenökologie u. Boden-genese 26: 30-39.
- Kandeler E., D. Tschirko & G. Wessolek (1998):** Reaktion von Bodenmikroorganismen auf Bodenkontamination. Bodenökologie u. Boden-genese 26: 100-107.
- KrW-/AbfG (1998):** Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen. Bundesgesetzblatt Teil 1, vom 22.6.98: 1485 ff.
- Nederlof, M.M. & W.H. Van Riemsdijk (1995):** Effect of natural organic matter and pH on the bioavailability of metal ions in soils. in: Huang, P.M. et al. Environmental impact of soil component interactions. Vol. 2 – Metals, other inorganics and microbial activities. Lewis Publ., S. 75-86.
- Schlenther, L., B. Marschner, C. Hoffmann & M. Renger (1996):** Ursachen mangelnder Anwuchserfolge bei der Aufforstung der Rieselfelder in Berlin-Buch - bodenkundliche Aspekte. Verh. Ges. Ökol. 25: 349-359.
- SenStadtUm (1996):** Bewertungskriterien für die Beurteilung stofflicher Belastungen von Böden und Grundwasser in Berlin - Berliner Liste 1996. Amtsblatt für Berlin, vom 20.03.96, 46(15): 957-984.

## Danksagung

Wir danken Holger Böken, Jana Dorn, Gerhard Einhorn, Wilfried Hübner, Ines Kolbe, Nadine Kurowski, Cordula Negelein, Sibylle Nöther, Inge Regenber, Henning Schäfer, Anke Schwolow und Karsten Täumer für ihre Mitarbeit. Den beteiligten Baufirmen Firmen Wiemer & Trachte (Berlin) sowie Berliner Tief- und Verkehrsbau sei an dieser Stelle für die grosszügige Unterstützung der Forschungsarbeiten gedankt.