

Immobilisierung von Schadstoffen – ein neuer Weg der Gefahrenabwehr bei flächenhaften schädlichen Bodenveränderungen für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze?

Norbert Feldwisch, Ingo Müller und Bernd Marschner

Literatur

- [1] Müller, I. (2003): Entwicklung von Maßnahmenkonzepten zur Gefahrenabwehr bei schädlichen Bodenveränderungen – Lösungsansätze für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Pflanze. In: König, W. (Hrsg.): Praxiserfahrungen zur Anwendung des Bodenschutzrechts II – Vollzugserfahrungen und Regelungen. BVB-Materialien Bd. 11. Erich Schmidt Verlag, Berlin, S. 121-131.
- [2] Delschen, Th., Müller, I. (2000): Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei schädlichen Bodenveränderungen; Wirkungspfade Boden-Mensch (Direktpfad) und Boden-Nutzpflanze; unveröffentl. Sachstandsbericht des Landesumweltamtes NRW an das Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW. Bericht wird auf Anfrage zugesendet.
- [3] Marschner, B., Jannusch, B. (2002): Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Gefahrenabwehr bei schädlichen Bodenveränderungen. Literaturauswertung im Auftrag des Landesumweltamtes NRW, Essen. Unveröffentlicht. Bericht wird auf Anfrage zugesendet.
- [4] AAV (2003): Dokumentation des Fachgespräches „Maßnahmen bei großflächigen schädlichen Bodenveränderungen – Wirkungspfad Boden-Pflanze und Direktpfad Boden-Mensch“ am 30. September und 1. Oktober 2003 beim BEW Essen. Veranstalter AAV NRW, MUNLV NRW und LUA NRW. http://www.aav-nrw.de/aav/dokumente/Doku_AAV_MUNLV_LUA_Fachgespraech.pdf
- [5] Brümmer, G., Herms, U. (1983): Influence of soil reaction and organic matter on the solubility of heavy metals in soils. In: Ulrich, B., Pankrath, J. (ed.): Effects of air pollutants in forest ecosystems, S. 233-243.
- [6] Kuntze, H., Herms, U., Pluquet, E. (1984): Schwermetalle in Böden – Bewertung und Gegenmaßnahmen. Geol. Jb. A 75, S. 715-736.
- [7] Pluquet, E. (1983): Die Bedeutung des Tongehaltes und des pH-Wertes für die Schwermetallaufnahme einiger Kulturpflanzen aus kontaminierten Böden. Forschungsbericht 103 01 210, UBA FB 82-035, UBA Texte 40/83.
- [8] Ritz, E., Sauerbeck, D., Timmermann, F., Lüders, A. (1983): Pflanzenverfügbarkeit und Mobilität von Cadmium, Blei, Zink und Kupfer in Abhängigkeit von der Kalkung eines schwermetallverseuchten Bodens. Landw. Forsch. 36, 295-306.
- [9] Styperek, P., Sauerbeck, D., Timmermann, F. (1983): Cd-Verfügbarkeit in verschieden behandelten Böden in Abhängigkeit von Menge und Bindungsform. Landw. Forsch. Sh. 39, 183-195.
- [10] Vetter, H., Kowalensky, K., Säle, M. (1983): Cadmiumbelastung von Böden und Pflanzen in der BRD. VDLUFA-Schriftenreihe 9, Darmstadt.
- [11] Herms, U., Brümmer, G. (1984): Einflussgrößen der Schwermetalllöslichkeit und -bindung in Böden. Z. Pflanzenernähr. Bodenkde. 147, 400-424.
- [12] Birke, Ch. (1991): Der Schwermetalltransfer aus langjährig mit Siedlungsabfällen gedüngten Böden in Kulturpflanzen und dessen Prognose durch chemische Extraktionsverfahren. Dissertation an der Universität Bonn.
- [13] Dorn, J. (1999): Untersuchungen zu Einzel- und Kombinationswirkungen von anorganischen und organischen Schadstoffen beim Anbau verschiedener Pflanzenarten auf Rieselfeldböden. Dissertation an der landwirtschaftlich-gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin.
- [14] Müller, I. (2000): Einfluss eisenoxidhaltiger Bodenzusätze auf die Mobilität von Schwermetallen in kontaminierten Böden. Boden und Landschaft – Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landschaftsökologie, Band 27. Justus-Liebig-Universität Gießen.

- [15] Geebelen, W., Vangronsveld, J., Adriano, D.C., Carleer, R., Clijsters, H. (2002): Amendment-induced immobilization of lead in a lead spiked soil: evidence from phytotoxicity studies. *Water, Air and Soil Poll. Bd.* 140, S. 261-277.
- [16] Scheffer, F., Schachtschabel, P. (2002): *Lehrbuch der Bodenkunde*. 15. Aufl., Spektrum Akademischer Verlag, Stuttgart, 491 S.
- [17] Fränzle, O., Krinitz, J., Schmotz, W., Delschen, Th., Leisner-Saab, J. (1995). Harmonisierung der Untersuchungsverfahren und Bewertungsmaßstäbe für den Bodenschutz mit der Russischen Föderation. Abschlussbericht des UBA-F+E-Vorhabens 107 05 001/06, UBA-Texte 60/95, Berlin.
- [18] Liebe, F., Welp, G. Brümmer, G.W. (1997). Mobilität anorganischer Schadstoffe in Böden Nordrhein-Westfalens. In: Landesamt für Wasser und Abfall (Hrsg.): *Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz*, Band 2, Essen.
- [19] Utermann, J. B., Raber, O., Melzer, H.-E., Gäbler, R. & Hindel (2003). Freisetzung von anorganischen Spurenstoffen aus Böden mit erhöhten Hintergrundgehalten. *DBG-Mitteilungen* 102/2003, 805-806.
- [20] Lothenbach, B., Krebs, R., Furrer, G., Gupta, K., Schulin, R. (1998): Immobilization of cadmium and zinc in soil by Al-montmorillonite and gravel sludge. *European Journal of Soil Science*, 1998, 49, 141-148.
- [21] Krebs, R., Gupta, S. K., Furrer, G., Schulin, R. (1999): Gravel Sludge as an Immobilizing Agent in Soils Contaminated by Heavy Metals: A Field Study. *Water air and soil pollution* Vol 115, No. 1/4, 465-479
- [22] Alvarez-Ayuso, E., Garcia-Sanchez, A. (2003): Sepiolite as a feasible soil additive for immobilization of cadmium and zinc. *The Science of the Total Environment* 305, 1-12.
- [23] Alvarez-Ayuso, E., Garcia-Sanchez, A. (2003): Palygorskite as a feasible amendment to stabilize heavy metal polluted soils. *J. Environ. Poll. Bd.* 125, S. 337-344.
- [24] Metz, R., Böken, H., Hoffmann, C. (1999): Verwendung von unbelastetem Bodenaushub zur Sicherung großflächig schadstoffkontaminierter Flächen. *Beitr. z. 19. Arbeitstagung Mengen- und Spurenelemente*, Jena, 03.-04.12.1999, Verl. H. Schubert, Leipzig, S. 541-546.
- [25] Metz, R., Böken, H., Hoffmann, C., Renger, M. (2000): Einsatz von unbelastetem Bodenaushub zur Sicherung von flachgründig kontaminierten Altlasten in Berlin und Brandenburg. *Ökol. Hefte d. Humboldt-Univ. Berlin*, Bd. 12, S. 129-134.
- [26] Hoffmann, C., Böken, H., Metz, R., Renger, M. (2000a): Verwendung von Geschiebemergel-Aushub zur Sicherung schwermetallbelasteter, großflächiger Altlastenstandorte. *Studien- und Tagungsberichte d. LUA Brandenburg*, Bd. 24, S. 45-50.
- [27] Hoffmann, C., Böken, H., Metz, R., Renger, M. (2000b): Schadstoffimmobilisierung mit Bodenaushub auf schwermetallbelasteten ehemaligen Rieselfeldern in Berlin. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* Bd. 93(2), S. 327-330.
- [28] Philips, I.R. (1998): Use of soil amendments to reduce nitrogen, phosphorus and heavy metal availability. *J. Soil Contam.* 7 (2), S. 191-212.
- [29] Hamon, R.E., McLaughlin, M.J., Cozens, G. (2002): Mechanisms of attenuation of metal availability in in situ remediation treatments. *J. Environ. Sci. Technol.* Bd. 36, S. 3991-3996.
- [30] Friesl, W., Lombi, E., Horak, O., Wenzel, W.W. (2003): Immobilization of heavy metals in soils using inorganic amendmets in greenhouse study. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 166, 191-196.
- [31] Friesl, W., Horak, O., Wenzel, W.W. (2004): Immobilization of heavy metals in soils by application of bauxite residues: pot experiments under field conditions. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167, 54-59.
- [32] Pluquet, E., Müller, I. (1999): Einfluss von Eisenoxid auf die pflanzliche Aufnahme und die Mobilität von Cadmium auf einem kontaminierten Auenboden. In: *Umweltbundesamt (Hrsg.): Pflanzenbelastung auf kontaminierten Standorten*, UBA Berichte 1/99, S. 251-262.

- [33] Geebelen, W., Adriano, D.C., van der Lelie, D., Mench, M., Carleer, R., Clijsters, H., Vangronsveld, J. (2003): Selected bioavailability assays to test the efficacy of amendment-induced immobilization of lead in soil. *Plant and Soil* 249, 217-228.
- [34] Schmidt, U. (2002): Festlegung von Schwermetallen in Böden. Endbericht im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg, 19. August 2002. Unveröffentlicht. Bericht wird auf Anfrage zugesendet.
- [35] Boisson, J., Mench, M., Sappin-Didier, V., Solda, P., Vangronsveld, J. (1998): Short-term in-situ immobilization of Cd and Ni by berringtonite and steel shots application to long-term sludged plots. *Agronomie* 18, 347-359.
- [36] Kukier, U., Channey, R.L. (2000): Remediating Ni-phytotoxicity of contaminated Quarry muck soil using limestone and hydrous iron oxide. *Canadian Journal of Soil Science* 80, 581-593.
- [37] Aten, C.F., Gupta, S.K. (1996): On heavy metals in soil; rationalization of extractions by dilute salt solutions, comparison of the extracted concentrations with uptake by ryegrass and lettuce, and the possible influence of pyrophosphate on plant uptake. *The Science of the Total Environment*, 178, 45-53.
- [38] Mavropoulos, E., Rossi, A.M., Costa, A.M., Perez, C.A.C., Moreira, J.C., Saldanha, M. (2002): Studies on the mechanisms of lead immobilization by hydroxyapatite. *J. Environ. Sci. Technol. Bd.* 36, S. 1625-1629.
- [39] Arnich, N., Lanhers, M.-C., Laurensot, F., Podor, R., Montiel, A., Burnel, D. (2003): In vitro and in vivo studies of lead immobilization by synthetic hydroxyapatite. *Environmental Pollution*, 124, 139-149
- [40] Smiciklas, I.D. (2003): Cadmium Immobilization by Hydroxyapatite. *Chem. Ind.*, 57 (3), 101-106.
- [41] Bolan, N.S., Adriano, D.C., Naidu, R. (2003): Role of Phosphorus in (Im)mobilization and Bioavailability of Heavy Metals in the Soil-Plant System. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 177, 1-44.
- [42] Brown, S., Chaney, R., Hallfrisch, J., Ryan, J.A., Berti, W.R. (2004): In situ soil treatments to reduce the phyto- and bioavailability of lead, zinc and cadmium. *J. Environ. Qual. Bd.* 33, S. 522-531.
- [43] Bolan, N.S., Adriano, D.C., Duraisamy, P., Mani, A., Arulmozhiselvan, K. (2003): Immobilization and phytoavailability of cadmium in variable charge soils. I. Effect of phosphate addition. *Plant and Soil* 250, 83-94.
- [44] Cao, X., Ma, L.Q., Rhue, D.R., Appel, C.S. (2004): Mechanisms of lead, copper and zinc retention by phosphate rock. *Environ. Poll. Bd.* 131, S. 435-444.
- [45] Melamed, R., Cao, X., Chen, M., Ma, L.Q. (2003): Field assessment of lead immobilization in a contaminated soil after phosphate application. *Sci. Total Environ. Bd.* 305, S. 117-127.
- [46] Zwonitzer, J. C., Pierzynski, G.M., Hettiarachchi, G.M. (2003): Effects of phosphorus additions on lead, cadmium and zinc bioavailabilities in a metal-contaminated soil. *Water, Air and Soil Poll. Bd.* 143, S. 193-209.
- [47] Basta, N.T., McGowen, S.L. (2004): Evaluation of chemical immobilization treatments for reducing heavy metal transport in a smelter-contaminated soil. *J. Environ. Poll. Bd.* 127, S. 73-82.
- [48] Hyun, H., Chang, A.C., Parker, D.R., Page, A.L. (1998): Cadmium solubility and phytoavailability in sludge-treated soil: Effects of soil organic carbon. *Journal of Environmental Quality* 27, 329-334.
- [49] Basta, N.T., Sloan, J.J. (1999): Heavy Metals in the Environmental – Bioavailability of heavy metals in strongly acidic soils treated with exceptional quality biosolids. *Journal of Environmental Quality* 28, 633-638.
- [50] McGrath, S.P., Zhao, F.J., Dunham, S.J., Crosland, A.R., Coleman, K. (2000): Long-term changes in the extractability and bioavailability of zinc and cadmium after sludge application. *Journal of Environmental Quality* 29, 875-883.

- [51] Li, Z.B., Ryan, J.A., Chen, J.L., Al-Abed, S.R. (2001): Adsorption of cadmium on biosolids-amended soils. *Journal of Environmental Quality* 30, 903-911.
- [52] Oudeh, M., Khan, M., Scullion, J. (2002): Plant accumulation of potentially toxic elements in sewage sludge as affected by soil organic matter level and mycorrhizal fungi. *Environ. Poll.* 116, 293-300.
- [53] Bolan, N.S., Duraisamy, V.P. (2003): Role of inorganic and organic soil amendments on immobilisation and phytoavailability of heavy metals: a review involving specific case studies. *Australian Journal of Soil Research*, 41, 533-555.
- [54] Zheljzkov, V.D., Warman, P.R. (2004): Phytoavailability and fractionation of copper, manganese and zinc in soil following application of two composts to four crops. *J. Environ. Poll. Bd.* 131, S. 187-195.
- [55] Brown, S., Chaney, R.L., Hallfrisch, J.G., Xue, Q. (2003): Effect of biosolids processing on lead bioavailability in an urban soil. *J. Environ. Qual. Bd.* 32, S. 100-108
- [56] Oste, L.A., Dolfing, J., Ma, W.C., Lexmond, T.M. (2001): Effect of beringite on cadmium and zinc uptake by plants and earthworms: More than a liming effect? *Environmental Toxicology and Chemistry* 20, 1339-1345.
- [57] Cheng, S.F., Hseu, Z.Y. (2002): In-situ immobilization of cadmium and lead by different amendments in two contaminated soils. *Water, Air and Soil Poll. Bd.* 140, S. 73-84.
- [58] Knox, A.S., Kaplan, D.I., Adriano, D.C, Hinton, T.G., Wilson, M.D. (2003): Apatite and phillipsite as sequestering agents for metals and radionuclides. *J. Environ. Qual. Bd.* 32, S. 515-525.
- [59] Soldatov, V.S., Pawlowski, L., Kloc, E., Szymanska, I. and Matushevich, V.V. (1997): Remediation of depleted soils by addition of ion exchange resins. *Ecological Engineering* 8, 337-345.
- [60] Tejowulan, R.S., Hendershot, W.H. (1998): Removal of trace metals from contaminated soils using EDTA incorporating resin trapping techniques. *Environmental Pollution* 103, 135-142.
- [61] Qian, P. and Schoenau, J.J. (2002): Practical applications of ion exchange resins in agricultural and environmental soil research. *Canadian Journal of Soil Science* 82, 9-21.
- [62] Czupyrna, G., Levy, R.D., MacLean, A.I., Gold, H. (1989): In situ immobilization of heavy-metal-contaminated soils. *Verl. Noyes Data Corp./Noyes Publ., Pollution technology review*, no. 173. Park Ridge, NJ, USA, 155 S.
- [63] Boisson, J., Mench, M., Vangronsveld, J., Ruttens, A., Kopponen, P. De Koe, T. (1999): Immobilization of Trace Metals and Arsenic by Different Soil Additives: Evaluation by Means of Chemical Extractions. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 30 (3&4), 365-387.
- [64] Mench, M.J., Didier, V.L., Löffler, M., Gomez, A., Masson, P. (1994): A mimicked In-Situ remediation study of metal-contaminated soils with emphasis on cadmium and lead. *J. Environ. Qual.* 23, S. 58-63.
- [65] König, V., Krause, O. (1997): Untersuchungen zur Immobilisierung von Cadmium durch die Aufkalkung kontaminierter Böden. *VDLUFA-Schriftenreihe, Kongressbd.* 46, S. 575-578.
- [66] Schmidt, U. (2003): Festlegung von Schwermetallen in Böden durch Eisenoxide. In: *AAV (2003): siehe oben.*
- [67] EU-Kommission (2001): Verordnung (EG) Nr. 466/2001 vom 8. März zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. *ABl. EG Nr. L 77 S. 1.*
- [68] Herms, U. (1982): Untersuchungen zur Schwermetalllöslichkeit in kontaminierten Böden und kompostierten Siedlungsabfällen in Abhängigkeit von Bodenreaktion, Redoxbedingungen und Stoffbestand. *Dissertation an der Universität Kiel.*
- [69] Herms, U. (1989): Löslichkeit von Schwermetallen in Böden unter variierenden Milieubedingungen. In: *Dechema e. V. (Hrsg.): Beuteilung von Schwermetall-Kontaminationen im Boden. DECHEMA-Fachgespräche, Frankfurt a.M., 189-199.*

- [70] Styperek, P. (1986): Die Cd-Aufnahme von Pflanzen aus verschiedenen Böden und Bindungsformen und ihre Prognose durch chemische Extraktionsverfahren. UBA-Texte 9/86, Berlin.
- [71] Borggaard, O.K. (1983a): The influence of iron oxides on phosphate adsorption by soil. *J. Soil Sci.* 34, S. 333-341.
- [72] Butkus, M.A., Grasso, D., Schulthess, C.P., Wijnja, H. (1998): Surface complexation modeling of phosphate adsorption by water treatment residual. *J. Environ. Qual.* 27, S. 1055-1063.
- [73] Römer, W. (2003): Eisenreiche Klärschlämme reduzieren die P-Verfügbarkeit und gehören nicht auf Ackerböden. *Bodenschutz Heft 2/2003*, S. 48-50.
- [74] Suntheim, L., Neubert, K.-H. (2002): Die Nährstoff- und Kalkversorgung der landwirtschaftlich genutzten Böden im Freistaat Sachsen der Jahre 1997 bis 2001 im Vergleich zur Bundesrepublik Deutschland. Infodienst für Beratung und Schule der Sächsischen Agrarverwaltung, Heft 9, S. 31-38.
- [75] Feldwisch, N. (2004): Neue Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei flächenhaften schädlichen Bodenveränderungen. In: MUNLV (Hrsg.): *Bodenschutz – europäisch und lokal*. Publikation zur gemeinsamen Fachtagung in Berlin am 1. April 2004. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV), Düsseldorf.
- [76] Hettiarachchi, G.M., Pierzynski, G.M., Oehme, F.W., Sonmez, O., Ryan, J.A. (2003): Treatment of contaminated soil with phosphorous and manganese oxide reduces lead absorption by Srague-Dawley rats. *J. Environ. Qual.*, 32, 1335-1345.
- [77] Schroder, J.L., Bastro, N.T., Si, J., Casteel, S.W., Evans, T. (2003): In vitro gastrointestinal method to estimate relative bioavailable cadmium in contaminated soil. *Journal Environmental Science and Technology* 37, 1365-1370.
- [78] Yang, J., Mosby, D.E., Casteel, S.W., Blanchar, R.W. (2002): In vitro lead bioaccessibility and phosphate leaching as affected by surface application of phosphoric acid in lead-contaminated soil. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 43, 399-405.
- [79] Argus (1999): Bundesweite Erhebung von mineralischen Abfällen nach Art, Menge und Zusammensetzung, die pflanzenbaulich (vor allem in der Landwirtschaft) verwendet werden. UBA-Texte 84/99.