Fachinformationsdienst Biodiversitätsforschung

UB Universitätsbibliothek Frankfurt am Main

DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

FID Biodiversitätsforschung

Decheniana

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und Westfalens

Merkmale industriell überformter Böden einer Zechenbrache im Ruhrgebiet - mit 5 Tabellen

Hiller, Dieter A.

1995

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen
Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:
Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten Identifikator:

urn:nbn:de:hebis:30:4-193715

Visual Library

Decheniana (Bonn) 148, 166—175 (1995)

Merkmale industriell überformter Böden einer Zechenbrache im Ruhrgebiet

Dieter A. Hiller

Mit 5 Tabellen

(Manuskripteingang: 22. November 1994)

Kurzfassung

Infolge des Niederganges der Montanindustrie im Ruhrgebiet wurden eine Vielzahl von Industriestandorten aufgegeben, deren Flächen zumeist auch heute noch brach liegen. Aufgrund der Knappheit der Ruhrgebietsstädte an verfügbarem Freiraum zur Schaffung von Wohnfläche bzw. Ansiedlung neuer Industrie, wird verstärkt im Rahmen des "Flächenrecyclings" versucht, solche Industriebrachen wieder zu nutzen. Im vorliegenden Beitrag wird ausgeführt, wie sich die industrielle Überformung auf die Bodenqualität und -eigenschaften eines solchen Standortes auswirkte. Dabei werden die Ergebnisse allgemeiner Bodenmerkmale, sowie der Blei- und Zinkbelastung von vier industriell überformten Bodenprofilen im Vergleich zu einem natürlich erhaltenen Boden der unmittelbaren Nachbarschaft gegenübergestellt. Als ein überraschendes Ergebnis kann gewertet werden, daß die ökologisch relevante Schwermetallbelastung im natürlich erhaltenen, aber versauerten Bodenprofil – bei geringer Schwermetallgesamtbelastung – höher ist, als die der zum Teil erheblich blei- und zinkbelasteten Profile auf dem Zechengelände.

Abstract

Due to the decline of the coal mining industry in the Ruhr area a large number of industrial sites were abandoned and turned into industrial wasteland in the last decades. Today many of these wasteland sites are remediated under the patronage of the local authorities as there is a rising demand for building plots and industrial sites. The following paper is to show how industrial transformation has changed the soil quality and soil properties on the area of a former coal mining plant.

An unexpected result is that the ecologically relevant lead and zinc fractions of the neighbouring undisturbed but acidified soils although being lower loaded with heavy metals is higher than that of those soils which were transformed by industrial impact.

1. Einführung

Im Stoffhaushalt der Ökosphäre sind die Böden Standort und Lebensgrundlage für Menschen, Tiere, höhere Pflanzen und Mikroorganismen. Der Boden – als knappes und nicht vermehrbares Gut – steht als Produktionsfaktor neben Arbeit und Kapital seit jeher im Zentrum des wirtschaftlichen Interesses. Durch die Konsum- und Lebensgewohnheiten sowie die Produktionsprozesse heutiger und vergangener Gesellschaften sind die Böden in starkem Maße in ihrer Multifunktionalität beeinträchtigt. Bodenbelastungen in Form von Schadstoffeinträgen, Versiegelung oder Landverbrauch schränken die Funktionen des Bodens als Naturkörper und Lebensgrundlage für Mensch, Tier und Pflanzen immer weiter ein. Besonders schwerwiegend ist, daß sich viele Bodenbelastungen nicht mehr oder nur mit sehr großem Aufwand umkehren lassen. Weitgehend irreversibel ist nicht nur die Zerstörung durch Versiegelung oder Abtrag, sondern vor allem auch der Eintrag persistenter Schadstoffe, deren schädliche Veränderungen im Boden häufig zunächst aufgrund des Filter- und Puffervermögens des Bodens unbemerkt bleiben.

In dem seit 150 Jahren stark industriell überformten Ruhrgebiet liegen heute als Folge der Umstrukturierung und Neuorientierung der Montan- und Stahlindustrie große Flächen an Zechen-, Industrie- und Verkehrsbrachen vor. Die Merkmale dieser Böden aus den städtisch-industriell überprägten Siedlungsräumen – meist als Stadt- oder Industrieböden bezeichnet – weichen von den Böden der sie umgebenden freien Landschaft stark ab, da sie im Laufe der Nutzung durch den Menschen vielfältig überformt wurden. Vorwiegend erfolgte eine Veränderung der Stadt- und Industrielandschaft durch eine Umgestaltung des Reliefs (Verfüllung von Senken) und der Bodenstruktur. Durch eine Zufuhr von vielen für die ursprüngliche Landschaft untypischen Stoffen, die häufig unkontrolliert abgelagert und eingemischt wurden, kam es zu einer Veränderung der ursprünglichen Bodeneigenschaften. Es entstanden Böden noch unbekannter Eigenschaften und Entwicklungsmöglichkeiten, die häufig eingeschränkte Standortfunktionen für Pflanzen, Tier und Menschen aufweisen. Die Potentiale der durch Boden- und Reststoffaufträge entstandenen Industrie- und Stadtböden werden in großem Maße von den zur Ablagerung gekommenen Substraten

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

bestimmt. In den Städten des Ruhrgebietes sind Böden aus umgelagerten, natürlichen Bodensubstraten, Bergematerial des Steinkohlenbergbaues, aus Bauschutt, Bahnschutt und -schotter, Aschen, Schlacken, Müll, Schlämmen und Substraten aus der Bodenreinigung weit verbreitet. Meist weisen diese Böden verschiedene, schichtweise aufeinander abgelagerte, Substrate und Gemenge auf, wodurch eine Vielzahl unterschiedlichster Standorte mit stark variierenden, stofflichen Zusammensetzungen, Eigenschaften und Belastungen entstehen.

Insbesondere alte Steinkohlenzechenbrachen, die zumeist gleichzeitig Standort vielfältiger Kohleverarbeitungs- und -veredlungsanlagen waren, zeigen aufgrund einer gravierenden Umgestaltung Bodenkontaminationen mit Schwermetallen sowie organischen Schadstoffen (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Benzol, Toluol, Xylol oder Mineral- und Teerölschlammgemische) wie auch Verdichtungen auf. Nachfolgend sind am Beispiel einer Zechenbrache – ehemalige Steinkohlenzeche Rheinelbe in Gelsenkirchen Ückendorf – des Ruhrgebietes die Eigenschaften derartig veränderter Böden im Vergleich mit einem weitgehend naturnah verbliebenen Boden aus dem benachbarten Zechenpark dargestellt.

2. Pedogene Ausgangssituation und historische Flächenentwicklung

Als ursprüngliche Bodenentwicklung auf quartärem Lößlehm über kreidezeitlichem Emschermergel lagen auf dem ca. 20 ha großen Areal der Zeche vorwiegend Pseudogley-Parabraunerden, z. T. Parabraunerden, Braunerden oder Braunerde-Pseudogleye vor. Im Bereich des (heute verrohrten) Baches, welcher das Gelände durchfliest, traten Gleye, als auch Pseudogleye mit Übergängen zu Auengleyen auf (SCHRAPS, 1984). Im Jahre 1823 wurde das Gelände noch als Auenlandschaft extensiv landwirtschaftlich genutzt. Ab 1861 erfolgte eine industrielle Erschließung und intensive Nutzung durch Kohleförderung sowie Brikettherstellung, Kokerei- mit Benzolfabrik sowie (Stadt-) Gasproduktion. Seit 1928 liegt die Fläche nach Stillegung der Kohlenveredlungsbetriebe und der Schachtanlagen brach. Seit 1954 wird ein kleines Areal als Umspannwerk genutzt, andere kleinere Freiflächen erfuhren eine Umnutzung (z. B. als Tennisplatz). Die pedogene Ausgangssituation hat im Bereich der Industrieanlagen durch Baumaßnahmen, Aufschüttungen und Abtrag eine starke Veränderung erfahren. Eine bodenkundliche Kartierung ergab, daß neben einer Aufhaldung von Bergematerial große Gebiete um zum Teil mehrere Meter aufgeschüttet wurden. Neben natürlichen Substraten (Lößlehm, Kiesen, Sanden) wurden dabei in verstärktem Maße technogene Substrate wie z. B. Bauschutt, Aschen und Schlacken aus den Feuerungsanlagen verwendet, wodurch vorwiegend Auftragsböden entstanden sind. Beispiele der ursprünglichen Bodenentwicklung finden sich in dem an die Zeche angrenzenden Park, der weitgehend frei von Einmengungen standortsfremder Materialien geblieben ist und in dem auch noch heute – in Abhängigkeit von der Geländemorphologie – Parabraunerden bis Pseudogleye vorliegen.

3. Nomenklatur urban-industriell überformter Böden

Die systematische Einteilung der urban-industriell überformten Böden erfolgt nach dem Beschluß des Arbeitskreises Stadtböden der DBG vom Februar 1994. Demzufolge werden die auf urban, gewerblich und industriell überformten Flächen auftretenden anthropogenen Aufträge bei natürlichem Substrat (wie z. B. Sand, Lehm, Ton), als jC, bei technogenem Substrat (Asche, Bauschutt, Schlacke, Müll u. a.) als yC signiert. Das Ausgangsgestein wird jeweils gesondert angegeben. Sind in dem Auftrag natürliches und technogenes Material miteinander vermengt, so ist die Horizontbezeichnung je nach Dominanz des technogenen oder natürlichen Substrates entweder jyC oder yjC. Eine Kennung der Auftragsböden durch die Vorsilbe „Depo-" unterbleibt, da über die Bodenform als Kombination von Bodentyp und Substrat eine ausreichende Berücksichtigung des Substrates möglich ist. Das entsprechend der Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland vom Arbeitskreis für Bodensystematik der DBG (1985) bisher verwendete Symbol „Y" für Horizonte aus anthropogenen Aufschüttungen oder anthropogenen Aufspülungen als Ausgangsmaterial der Bodenbildung charakterisiert künftig als diagnostischer Horizont Böden mit starker Reduktgasprägung, die Reduktosole.

4. Material und Methoden

Zur Beschreibung der Eigenschaften der Böden des ehemaligen Zechenstandortes wurden nach der Kartierung vier Bodenprofile ausgewählt P1-P4) und beprobt.

Profil 1: eine Pararendzina aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial über Lößlehm (P1, 14 Horizonte, von 0–159 cm Tiefe), im Bereich der abgerissenen Kokereianlage

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Profil 2: eine Braunerde aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial und Natursubstrat über Lößlehm (P2, 9 Horizonte, von 0–130 cm Tiefe), ehemalige Standortnutzung als Kohlenmagazin

Profil 3: ein Regosol aus Kohle, Koks, Bergematerial und Natursubstratgemenge über Bauschutt (P3, 5 Horizonte, von 0–100 cm Tiefe), ehemalige Gleisanlage der Zechenbahn

Profil 4: ein Regosol aus Bergematerial (P4, 3 Horizonte, von 0–100 cm Tiefe), aus dem Teil der Bergematerialhalde welcher vor 1909 aufgeschüttet wurde.

Aus dem an das Zechengelände angrenzenden Park wurde zur Abschätzung der Eigenschaften und Merkmale weitgehend technogen unbeeinflußter, standorttypischer Böden der näheren Umgebung das Profil 5: eine Pseudogley-Braunerde (P5, 10 Horizonte, von +1–140 cm Tiefe) unter einem Mischbestand aus Eiche, Buche und Fichte beprobt.

Die Ermittlung der Boden- und Substratkennwerte wurde nach bodenkundlichen Standardmethoden durchgeführt, die weitgehend in der Methodensammlung von SCHLICHTING und BLUME (1966) aufgeführt sind. Zur Charakterisierung der Boden- und Substratproben wurden folgende Verfahren eingesetzt:

pH: Potentiometrisch in 0,01 m $CaCl_2$-Lösung mit einer Glaselektrode; Boden/Lösungsverhältnis 1:2,5.

C/N-Gesamt: Konduktometrisch mit einem C/N/S-Analyser der Fa. Carlo Erba, C/N-Eichung über externen Standard.

$CaCO_3$: Volumetrische CO_2-Bestimmung mit der SCHEIBNER-FINKENER-Apparatur

P-DL: Doppellactatlösliches Phosphat nach EGNER und RIEHM

KAK: Bestimmung der Austauschkapazität des Bodens mit Bariumtriäthanolaminlösung bei pH 8,1 nach DIN 19 684.

SM-Gesamtgehalte (Me_t): Königswasseraufschluß nach DIN 38 414. Messung der Elemente mit der Flammen-AAS; P-Gesamt nach kolorimetrischer Anfärbung (MURPHY und RILEY, 1962).

Potentiell pflanzenverfügbare Spurenelemente (Me_{pot}): EDTA-Aufschluß, 10 g Boden + 100 ml 0,025 M Na2-EDTA, 90 min. schütteln (ÖNORM, 1989).

Mobile Spurenelemente (Me_{mob}): Ammoniumnitratextrakt 2 g Boden + 50 ml 1 M NH_4NO_3, 24 Stunden schütteln (ZEIEN und BRÜMMER, 1989).

5. Ergebnisse und Diskussion

5.1 Allgemeine Bodenmerkmale

Die Geländekartierung als auch die Aufnahme der Bodenprofile der Zechenbrache ergab, daß die Auftragsböden einen teilweise sehr differenzierten Profilaufbau besitzen. Vor allem Aschen, Kohle- und Koksreste, Bauschutt aus Hochbauabbruch und (gebranntes) Bergematerial als technogene Substrate in variierenden Mächtigkeiten bauen die Böden lagenweise auf oder sind in diese eingemengt (vgl. auch Tab. 4). Im Bereich der ehemaligen Kokerei sind auch noch erhebliche Mengen an Teerölen über das Kluft- und Porensystem in den Boden eingesickert. Auf, wiederum durch weitere technogene Substratschichten überdeckten, alten Geländeoberflächen sind ehemals ausgelaufene Teeröle auch als eingedickte Teerölhaut (bis 1 cm Mächtigkeit) erhalten geblieben. Diese Bereiche sind hochgradig mit PAK belastet. Die auf dem Zechengelände vorliegende Bergematerialhalde, auf welcher das mitgeförderte Nebengestein der Kohleflöze abgelagert wurde, ist eine weitgehend reine „Bergematerial-Monodeponie". In der als Vergleichsprofil ausgewählten Pseudogley-Braunerde des angrenzenden Zechenparkes sind keine technogenen Substratbeimengungen festgestellt worden; den Profilaufbau bestimmt der pedogen verwitterte Lößlehm.

Die Beimengungen von Bauschutt und Aschen bedingen zunächst, daß die Bodenreaktion häufig im neutralen bis alkalischen Bereich liegt, wobei pH ($CaCl_2$) Werte bis zu 8 auftreten. Insbesondere in den Schichtbereichen aus bzw. mit Bauschutt, liegen die pH-Werte zumeist > 7 und es sind Carbonate nachweisbar, welche die Versauerung abpuffern (vgl. auch Tab. 4).

Im Gegensatz dazu liegt der pH-Wert der Bergematerialhalde (Profil 4) im sauren Bereich (pH 4,8–5,4). Dies ist dadurch bedingt, daß durch die Oxidation von im Bergematerial vorliegenden Eisensulfiden Schwefelsäure gebildet und freigesetzt wird, welche zu einer pH-Absenkung in den Bergehaldenrohböden (Allolockersyroseme und Alloregosole) führt (HILLER, 1994). Die starke pH-Absenkung wird jedoch gemindert, wenn Bergematerial und Bauschutt bzw. Aschen gemeinsam abgelagert werden, wie dies z. B. in einigen Schichten der Pararendzina aus Aschen,

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Bauschutt, Bergematerial über Lößlehm (P1) auftritt. Anders als die anthropogen überformten Böden der Zechenbrache zeigt die nahegelegene Pseudogley-Braunerde mit pH-Werten von 3,2–4,3 eine sehr stark saure bis stark saure Bodenreaktion (Tab. 4).

Neben dem Ausgangsmaterial und dem pH-Wert ist die Humusbildung eine wichtige Komponente im Rahmen der Bodenentwicklung und der daraus resultierenden ökologischen Wertigkeit. Da Humus auch in sauren pH-Bereichen in der Lage ist Nährstoffe zu binden, kommt ihm insbesondere auf Bergematerialhalden und anderen, zur Versauerung neigenden, Standorten eine besondere Bedeutung zu.

Im Rahmen der üblichen bodenkundlichen Untersuchungen wird zur Bestimmung des Humusgehaltes der Kohlenstoffgehalt durch trockene Verbrennung und volumetrische oder konduktometrische Messung des entwichenen CO_2 oder durch sogenannte nasse Veraschung bestimmt. Die ermittelten Werte werden als $C_{org.}$-Gehalte dargestellt. Teilweise wird auch von 58 % C in der org. Substanz ausgegangen und der gemessene $C_{org.}$-Gehalt dann zur Umrechnung auf den Gehalt an organische Substanz mit 1,724 multipliziert. Dieses Verfahren ist nicht auf die Bewertung der Ergebnisse industriell-urban überformter Böden übertragbar (HILLER, 1995).

Die Ursache hierfür ist, daß in den abgelagerten technogenen Substraten als auch im Bergematerial bereits C-haltige Substanzen vorhanden sind, welche aus kohleartigen Verbindungen stammen. Dies spiegelt sich auch darin, daß in den beprobten Profilen der Zechenbrache die C-Gehalte in extrem weiten Bereichen schwanken. So variieren die Kohlenstoffgehalte in den anthropogen überformten Schichten der Pararendzina aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial über Lößlehm (P1) zwischen 9,7–46 %, in der Braunerde aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial und Natursubstrat über Lößlehm (P2) zwischen 4,4–64 %, im Regosol aus Kohle, Koks, Bergematerial und Natursubstratgemenge über Bauschutt (P3) 5,8–22 %. In dem Regosol der Bergematerialhalde (P4) variieren der Kohlenstoffanteil zwischen 14–30 %. Die höchsten C-Gesamtgehalte enthalten dabei jeweils Horizonte, welche Aschen oder Kohle bzw. Bergematerial als Bodenmatrixbestandteile besitzen.

In der weitgehend naturnah verbliebenen Pseudogley-Braunerde zeigt sich ein kontinuierlicher Rückgang der C-Gesamtgehalte von der Streulage ausgehend mit 29 % C und dem Of-Horizont mit 17 % C, wobei die Humusanreicherung mit 2,2 % $C_{org.}$ im Ah-Horizont auf 0,1–0,2 % $C_{org.}$ im Unterboden abnimmt.

Zur Charakterisierung der Humusqualität wird zumeist das C/N-Verhältnis als wichtige Größe ermittelt. Bei den unter Wald vorkommenden Auflagehumusformen kennzeichnen C/N-Verhältnisse von 10–20 Mull, 20–29 Moder und > 29 Rohhumus. In allenfalls landwirtschaftlich genutzten Böden der nicht industriell-urban überformten freien Landschaft werden üblicherweise in den dort weit verbreiteten Braunerden C/N-Verhältnisse von 10–20, bei Podsolen bis 22 vorgefunden. Die C/N-Quotienten in den Schichten mit technogenen Substraten der untersuchten Zechenböden variieren in einem weiten Bereich (P1: 36–106; P2: 29–145; P3: 35–84; P4: 34–59). Die weiten (> 25) und somit als sehr ungünstig anzusehenden C/N-Verhältnisse der Profile mit technogenen Substratbeimengungen sind insbesondere auf den geringen Stickstoffgehalt der Aschen, Kohle- und Kokspartikel zurückzuführen, wie Einzeluntersuchungen an Koks (C: 78–86 %, N: nicht nachweisbar) und Kohle (C: 72 %, N: 1,51 % C/N = 47) zeigen. Die C/N-Quotienten der Proben aus Schichten mit technogenen Substraten überdecken demnach häufig die C/N-Verhältnisse der in diesen Bereichen durchaus vorliegenden Humussubstanzen.

Dahingegen weist die Pseudogley-Braunerde in den organischen Auflagehorizonten C/N-Verhältnisse von 20 und 29 auf. Die chemische Analyse deckt sich hierbei mit der Feldansprache, bei der ein Moder als Auflagehumusform aufgenommen wurde. In den tieferliegenden humushaltigen Profilbereichen verengt sich der C/N-Quotient auf 26 bis 15 (Tab. 4).

Ein weiteres wichtiges Merkmal der Bodeneigenschaften ist die potentielle Kationenaustauschkapazität (KAK). Durch die Eigenschaft Kationen im Boden festzuhalten und diese nur gegen andere Kationen im Austausch an die Bodenlösung abzugeben, wo sie dann verlagert oder von Pflanzen aufgenommen werden können, greift die KAK unmittelbar in die Nähr- und Schadstoffversorgung der Pflanzen und in den Stoffhaushalt von Landschaften ein. Darüber hinaus werden durch die KAK wichtige Bodeneigenschaften wie die Gefügebildung und -stabilität, Wasser- und Lufthaushalt, Bodenreaktion und biologische Aktivität beeinflußt.

Die Höhe der KAK hängt dabei in entscheidendem Maße von der Quantität und Qualität der reaktiven Oberflächen der Bodenkolloide – insbesondere vom Ton- und Humusgehalt – ab. Die potentielle KAK der Tonfraktion in den Böden variiert häufig zwischen 30–55 $mmol_c$/kg, die der organischen Substanz liegt mit 180–300 $mmol_c$/kg wesentlich höher. Da Art und Gehalt an Tonmineralen bzw. Huminstoffen in verschiedenen Böden erheblich variieren, kann man einzelnen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Bodenarten nur grobe KAK-Bereiche zuordnen. In dem gemäßigt-humiden Klimabereich haben Sande mit 2–3 % Humus meist Gehalte von 50–100, sandige Lehme, Lehme und tonige Schluffe von 100–250 und tonige Lehme und Tone von 200–400 $mmol_c$/kg Boden (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 1989). An diesen Werten orientiert, ist es somit möglich eine größenmäßige Gliederung der KAK in 5 Klassen vorzunehmen (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1: Klassierung der potentiellen Kationenaustauschkapazität (in $mmol_c$/kg)

sehr niedrig	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch
< 30	> 30–80	> 80–160	>160–240	> 240

Die Auswertung der Analysenergebnisse ergibt, daß von den 22 Schichten, welche von den 4 Zechenböden auf die KAK untersucht wurden, 5 in die Stufe sehr niedrig einzugliedern sind, wobei deren KAK zwischen 18–30 $mmol_c$/kg variierte. Die verbleibenden Auftragsschichten mit >30–76 $mmol_c$/kg sind in die KAK-Stufe niedrig einzugliedern. In Oberflächenproben, die aus Bereichen stammen, wo durch Umsetzung von Pflanzenmaterial aus dem Aufwuchs sich bereits eine humose Lage ausgebildet hat, ist die KAK meist am höchsten. In der als Vergleichsboden ebenfalls untersuchten Pseudogley-Braunerde ist in dem Of-Auflagehumushorizont erwartungsgemäß mit 114 $mmol_c$/kg eine mittlere KAK meßbar. Durch den starken Rückgang der organischen Substanz von 17 % C_{org} im Of-Horizont auf 2,2 % C_{org} im Ah-Horizont bedingt nimmt die KAK deutlich ab und ist mit < 60 $mmol_c$/kg nur noch als niedrig zu bewerten. Die KAK-Klasse verringert sich weiter mit zunehmender Profiltiefe und abnehmendem Anteil organischer Substanz auf ein sehr niedriges Niveau (bis 23 $mmol_c$/kg) (Tab. 4).

5.2 Phosphatgesamtgehalte und -verfügbarkeiten

In den Böden liegt der P-Gehalt meist in dem Bereich von 200 bis 800 mg/kg, auf nährstoffarmen Sanden etwa zwischen 200–500 mg/kg, wobei im Oberboden der P-Gehalt infolge Anreicherung höher ist als im Unterboden (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 1989). Phosphat reichert sich in mineralischen Böden sehr stark an, da es im Boden wenig löslich und mobil ist und unter terrestrischen Bedingungen kaum ausgewaschen wird. Da über natürliche Ausgangswerte weit hinausgehende P-Gehalte nur durch künstliche Anreicherung erzeugt werden können wird u. a. zur Erkennung alter Siedlungsgebiete in der Archäologie und Bodenkunde als Indikator hierfür der P-Gesamtgehalt eingesetzt (LIENEMANN und GEBHARDT, 1985). Eine übergreifende Auswertung der P-Gesamtgehalte der 5 untersuchten Bodenprofile ergab, daß der P_t-Vorrat i.d.R. stets unter 300 mg/kg liegt (vgl. Tab. 4). Dabei nehmen die P-Gesamtgehalte in den Bodenprofilen in folgender Reihenfolge ab: Pararendzina aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial über Lößlehm (P1,187–307 mg P/kg) > Braunerde aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial und Natursubstrat über Lößlehm (P2, 155–219 mg P/kg) > Regosol aus Kohle, Koks, Bergematerial und Natursubstratgemenge über Bauschutt (P3, 136–171 mg P/kg) > Pseudogley-Braunerde (58,8–153 mg P/kg) > Regosol aus Bergematerial (P4, 85,8–124 mg P/kg).

Es ist offensichtlich, daß in den mit Aschen, Bauschutt und anderen technogenen Substraten durchsetzten Bodenprofilen (P1–P3) eine P-Anreicherung – auf einem geringen Niveau – stattgefunden hat. So konnte z. B. in Gartenböden (Hortisolen) des Ruhrgebietes im Vergleich zu den hier vorgestellten Zechenböden wesentlich höhere P-Gesamtgehalte mit bis zu 3440 mg/kg gemessen werden (HILLER, 1993). Während der P-Vorrat in den technogen überformten Bodenprofilen entsprechend des Ausgangsmaterials und der Schichtungen stark schwankt, ist in der naturnah erhalten gebliebenen Pseudogley-Braunerde (P5) ein gleichmäßigerer Verlauf festzustellen. Entgegen der üblichen Ausprägung befinden sich aber hier die höheren P-Gesamtgehalte in den tieferen Profilbereichen. Dies ist wahrscheinlich auf den P-Entzug von Pflanzen zurückzuführen. Der von der Vegetation ausschöpfbare Durchwurzelungsbereich liegt auf diesem Standort bei etwa 60 cm. Unterhalb dieses Bereiches kommt es aufgrund der vorliegenden Staunässe zu einem Sauerstoffmangel für die Wurzeln, was eine tiefgehendere Durchwurzelung weitgehend unterbindet.

Da Phosphat zu einem wesentlichen Anteil an Eisenoxide weitgehend irreversibel gebunden sein kann (HILLER, 1991), ist es zur Abschätzung der potentiellen Pflanzen- und Bioverfügbarkeit wichtig auch eine Information über den mobilisierbaren P-Anteil zu bekommen. Hierfür wurde die Doppellactatmethode (DL) eingesetzt, welche in Deutschland als Standardmethode der Landwirtschaftlichen Untersuchungsanstalten für die Beurteilung des pflanzenverfügbaren Phosphates

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

herangezogen wird. Zur Eingruppierung der Menge DL-löslichen Phosphates werden die nachfolgend dargestellten 5 Nährstoffgehaltsklassen herangezogen (vgl. Tab. 2).

Die DL-Extraktion ergab, daß die Pararendzina aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial über Lößlehm (P1) als auch die Braunerde aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial und Natursubstrat über Lößlehm (P2) vorwiegend in die P-Gehaltsklassen hoch bzw. sehr hoch einzuordnen sind. Der Regosol aus Kohle, Koks, Bergematerial und Natursubstratgemenge über Bauschutt (P3) weist mit einer mittleren bis hohen pflanzenverfügbaren Phosphatfraktion für eine Vegetation ebenfalls ausreichende P-Nährstoffversorgung auf. Im Gegensatz dazu besitzt das Bergematerialprofil, der Regosol (P4), nur niedrige P-Gehalte. Auf diesem Standort stellt das Phosphat einen Mangelfaktor in Bezug auf eine ausreichende Pflanzenernährung dar. Dies ist aber für Böden aus Bergematerial typisch (HILLER, 1994).

Tabelle 2: Einordnung der doppellactatlöslichen Phosphatgehalte in Gehaltsklassen (in mg P/kg; nach VDLUFA, 1983, verändert)

niedrig	mittel	hoch	sehr hoch	extrem hoch
< 21,8	>21,8 < 56,7	>56,7 < 105	>105 < 157	> 158

Im Durchwurzelungsbereich bis 80 cm Tiefe zeigt auch die Pseudogley-Braunerde (P5) nur im humosen Ah-Horizont eine mittlere P-Versorgungsstufe auf. In dem Bereich von 13–80 cm liegen – entsprechend den sehr niedrigen P-Gesamtgehalten – nur sehr niedrige Mengen pflanzenverfügbaren Phosphates vor (vgl. auch Tab. 4).

5.3 Schwermetallgesamtgehalte und -verfügbarkeiten

Seit Beginn der Industrialisierung unterliegen Böden einer zunehmenden Belastung mit Schwermetallen (SM). Neben geologisch bedingten Anreicherungen werden besonders in der Umgebung industrieller Ballungszentren sowie an Standorten vergangener oder gegenwärtiger Erzverarbeitung extrem hohe Schwermetallanreicherungen gefunden. Charakteristisch für immissionsbedingte SM-Akkumulationen in Böden sind erhöhte Gesamtgehalte im oberflächennahen Bereichen. Merkmal der schichtig aus oder mit technogenen Substraten aufgebauten Stadt- und Industrieböden ist aber ein ungleichmäßiger und sehr sprunghaft verlaufender SM-Gehalt – verursacht durch die unterschiedlichen Gehalte in den aufgetragenen Materialien – im Profil. Beide Formen der SM-Akkumulation in Böden können anhand der ausgewählten Profile dargestellt werden.

Zur Charakterisierung des Gesamtgehaltes der Schwermetalle (Me_t) wurde der Königswasseraufschluß durchgeführt, wobei nachfolgend nur die Ergebnisse zu Blei, und Zink dargestellt werden. Als ökologisch relevantere Fraktion ist aber der Anteil des potentiell Verfügbaren am Gesamtgehalt (EDTA-Extrakt = Me_{pot}) sowie die Menge der mobilen Schwermetalle (NH_4NO_3-

Tabelle 3: PH-Werte und prozentualer Anteil der Minima (Min) und Maxima (Max) des EDTA- und NH_4NO_3-löslichen Blei- und Zinkgehaltes am Blei- und Zinkgesamtgehalt von den Auftragsböden (P1–P4) der Zechenbrache und dem naturnah erhaltenen Vergleichsbodenprofil (P5) der Parkanlage

Profil	pH $CaCl_2$	Blei % EDTA	Blei % NH_4NO_3	Zink % EDTA	Zink % NH_4NO_3
Pararendzina	Min: 6,9	Min: 2	Min: 0,0	Min: 6	Min: 0,5
(P1)	Max: 8,0	Max: 47	Max: 9,1	Max: 44	Max: 11,1
Braunerde	Min: 5,5	Min: 16	Min: 0,3	Min: 5	Min: 0,2
(P2)	Max: 8,0	Max: 79	Max: 6,8	Max: 32	Max: 12,1
Regosol	Min: 4,2	Min: 12	Min: 4,1	Min: 12	Min: 1,0
(P3)	Max: 6,9	Max: 33	Max: 8,4	Max: 42	Max: 23,7
Regosol	Min: 4,8	Min: 10	Min: 6,0	Min: 3	Min: 1,9
(P4)	Max: 5,4	Max: 23	Max: 7,4	Max: 1	Max: 8,26
Pseudogley-	Min: 3,2	Min: 17	Min: 1,2	Min: 13	Min: 2,9
Braunerde (P5)	Max: 4,3	Max: 88	Max: 29,	Max: 77	Max: 27,39

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Auszug; Me_{mob}) anzusehen, da diese von Pflanzen aufgenommen oder mit dem Sickerwasser in tiefere Bodenbereiche verlagert werden können (vgl. auch Tab. 3).

Die höchsten Gesamtgehalte zeigt Blei mit 1000–1490 mg/kg in der Pararendzina aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial über Lößlehm (P1) in einem Tiefenbereich von 39–62 cm. Hier handelt es sich wahrscheinlich um eine alte Geländeoberfläche, die ursprünglich mit Aschen und Bergematerial befestigt wurde. Im Bereich von 0–39 cm variiert Pb_t zwischen 33–630 mg/kg. Die Zinkgehalte variieren ebenfalls in den obersten 39 cm stark zwischen 34–684 mg/kg. Unterhalb 62 cm Tiefe gehen Pb_t bzw. Zn_t auf zumeist unter 50 bzw. 100 mg/kg zurück. In diesem Bereich sind auch weitgehend keine technogenen Substrate mehr eingemengt.

Auf einem niedrigeren Niveau bewegen sich die Pb- und Zn-Gesamtgehalte der anderen drei Bodenprofile (vgl. Tab. 3), wobei jeweils eine starke Heterogenität im Tiefenverlauf – in Abhän-

Tabelle 4: Allgemeine Bodenkennwerte von Bodenprofilen aus einer Zechenbrache (P1–P4) und der daran angrenzenden Parkanlage (P5)

Tiefe in cm	Horizont	Technogene Beimengungen	pH $CaCl_2$	Carb. %	C_t %	N %	C/N	P_t mg /kg	DL-P mg /kg	KAK $mmol_c$ /kg
Pararendzina aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial über Lößlehm (P1)										
-2	yCAh	Aschen, Ziegel, Berge	7,5	6	19,2	0,39	49	247	137	26
-8	yCAh2	Aschen, Ziegel	7,8	5	22,6	0,30	75	267	147	47
-20	yC1	Aschen, Teeröl	7,9	5	26,4	0,29	91	258	183	28
-24	yC2	Bauschutt, Aschen	8,0	3	9,7	0,27	36	232	72	n.b.
-25	yC3	Teer	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
-29	yC4	Mörtel,Teeröl	7,7	1	29,2	0,72	41	196	59	30
-37	yC5	Aschen	7,8	4	27,1	0,49	55	292	162	n.b.
-39	jC6		7,8	3	21,0	0,35	60	323	233	31
-56	yCY7	Berge, Teeröl	7,5	n.b.	46,0	0,94	49	189	45	34
-62	yC8	Aschen, gebr. Berge	6,9	n.b.	22,5	0,45	51	226	64	n.b.
-75	yC9	Aschen	7,0	0	13,5	0,19	71	187	65	n.b.
-80	Cv	Teeröl	6,9	1	16,1	0,30	54	241	81	n.b.
-100	Cv2	Teeröl	7,0	0	0,1	0,01	14	241	226	25
-150	Cv3	Teeröl	7,7	15	1,8	0,02	90	307	72	24
Braunerde aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial und Natursubstrat über Lößlehm (P2)										
-15	jyCAh	Aschen	5,7	0	19,7	0,46	43	194	93	42
-39	jCBv		5,5	0	16,9	0,51	33	192	92	34
-50	jCSw	Aschen, Kohle	7,1	1	7,8	0,22	36	205	155	18
-55	jyC1	Aschen	7,3	21	18,4	0,30	61	171	118	34
-63	yCY2	Aschen, Kohle	7,0	0	42,8	0,73	59	219	98	44
-79	yjC3	Koks, Kohle, Aschen, Bauschutt	7,1	0	27,6	0,38	73	219	143	n.b.
-80	jyC4	Kohle	6,8	0	64,0	2,21	29	165	87	30
-130	jyC5	Berge, Aschen	7,9	5	4,4	0,03	145	169	57	35
>130	jC6	Lößlehm	8,0	11	1,6	n.n.	n.n.	155	52	29
Regosol aus Kohle, Koks, Bergematerial und Natursubstratgemenge über Bauschutt (P3)										
-3	jCAh	Humusauflage	4,2	0	29,0	0,7	39	163	67	76
-21	jyCBh	Koks, Kohle	4,0	0	19,7	0,2	84	146	55	57
-37	jyCBv2	Kohle Koks, Textilien	4,0	0	5,8	0,2	35	143	67	36
-56	yjC	Aschen, Kohle	5,0	0	22,2	0,3	64	171	73	48
>100	yC2	Bauschutt, Ziegel, Mörtel	6,9	9	10,8	0,2	65	136	51	51
Regosol aus Bergematerial (P4)										
-3	jCAh	Bergematerial	4,8	0	14,5	0,43	34	124	17	59
-13	jC	Bergematerial	5,2	0	25,7	0,57	45	86	17	n.b.
-100	jC2	Bergematerial	5,4	0	30,5	0,52	59	5	n.b.	n.b.
Pseudogley-Braunerde (P5)										
+5-+4	L		3,7	0	29,4	1,48	20	n.b.	n.b.	n.b.
+4-0	Of		3,2	0	17,3	0,61	29	79	52	114
-9	Ah		3,3	0	2,2	0,09	26	68	41	59
-29	SwBv		3,4	0	1,0	0,05	21	59	22	30
-41	BvSw		3,3	0	0,3	0,02	19	64	13	27
-59	Sw		3,2	0	0,2	0,01	16	89	4	27
-86	Sw2	3,3	0	0,3	0,02	15	121	16	33	
-94	Sd		3,2	0	0,1	0,02	5	132	52	28
-112	SdGo		3,8	0	0,2	0,03	5	131	67	23
>136	Go		4,3	0	0,2	0,04	5	154	110	26

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

gigkeit der Schichtung – festzustellen ist. Jedoch zeigt sich bei dem Regosol aus Kohle, Koks, Bergematerial und Natursubstratgemenge über Bauschutt (P3) und dem Regosol aus Bergematerial (P4), daß in dem humosen Oberbodenbereich, durch die starke Adsorptionsfähigkeit der organischen Substanz bedingt, die Schwermetalle in höheren Gehalten vorliegen als in dem direkt unterhalb der A-Lage folgenden Bodenbereich. Dieses Akkumulationsverhalten von immitierten Schwermetallen in humosen Oberbodenbereichen spiegelt sich auch besonders gut in der Pseudogley-Braunerde in dem Zechenpark wider. Dort ist Pb_t in dem L- bzw. Of-Horizont um mehr als das 10fache höher als in dem Unterbodenbereich ab 13 cm Tiefe. Bei Zink ist die Akkumulation ebenfalls ersichtlich; die Anreicherung betragen gegenüber dem Unterboden das 4- bis 6fache (vgl. Tab. 5).

Eine auf Pflanzengehalte abgestimmte Kennzeichnung des verfügbaren Gehaltes von Schwermetallen ist bislang nur mit wenigen Extraktionsmitteln in hinreichend guter Aussagefähigkeit

Tabelle 5: Fraktionen von Blei und Zink (in mg/kg) aus Bodenprofilen einer Zechenbrache (P1-P4) und der daran angrenzenden Parkanlage (P5)

Tiefe cm	Horizont		Pb_t	Pb_{pot}	Pb_{mob}	Zn_t	Zn_{pot}	Zn_{mob}
Pararendzina aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial über Lößlehm (P1)								
-2	yCAh	259	98,6	1,8	560	147	6,1	
-8	yCAh2	289	83,4	2,0	571	117	7,0	
-20	yC	520	85,0	0,5	375	148	4,0	
-24	yC2	115	38,8	0,3	684	128	7,4	
-25	yC3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
-29	yC4	181	67,1	0,6	453	28,5	2,9	
-37	yC5	277	63,4	0,5	340	53,8	2,5	
-39	jC6	630	299	2,3	339	88,3	1,8	
-56	yC7	1010	340	0,4	133	28,3	0,6	
-62	yC8	1490	26,4	< 0,25	132	58,4	3,8	
-75	yC9	29	8,8	0,3	24	6,5	2,6	
-80	Cv	116	23,1	1,4	91	12,5	1,9	
-100	Cv2	16	5,0	1,5	75	11,3	1,6	
-150	Cv3	20	4,1	1,1	39	3,1	1,6	
Braunerde aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial und Natursubstrat über Lößlehm (P2)								
-15	jyCAh	70	28,8	2,0	158	33,5	19,1	
-39	jCBv	28	4,4	1,9	67	7,4	3,4	
-50	jCSw	59	21,1	1,0	230	73,3	2,0	
-55	jyC1	113	43,4	0,6	230	57,0	1,0	
-63	yCY2	196	123	0,5	247	76,9	1,4	
-79	yjC3	52	18,4	2,4	172	54,5	1,3	
-80	jyC	103	33,1	1,9	396	83,0	0,6	
-130	jyC5	35	27,9	1,8	58	5,9	0,3	
>130	jC6	21	3,3	0,8	42	2,3	2,1	
Regosol aus Kohle, Koks, Bergematerial und Natursubstratgemenge über Bauschutt (P3)								
-3	jCAh	164	53,5	8,8	154	40,0	36,5	
-21	jyCBh	96	21,9	4,0	124	20,4	17,1	
-37	jyCBv2	37	8,0	2,3	78	9,3	7,9	
-56	yjC	32	6,0	2,1	257	108	27,1	
>100	yC2	28	3,5	2,4	209	39,9	2,0	
Regosol aus Bergematerial (P4)								
-3	jCAh	98	22,9	3,5	913	22,9	17,1	
-13	jC	27	2,6	1,6	58	9,1	4,8	
-100	jC2	30	5,4	2,3	100	12,9	6,4	
Pseudogley-Braunerde (P5)								
+5-+4L	365	201	4,3	262	203	7,5		
+4-0	Of	275	242	14,0	209	46,5	34,3	
-9	Ah	35	24,3	7,4	46	17,3	11,9	
-29	SwBv	20	9,5	1,3	44	11,9	12,0	
-41	BvSw	17	3,8	5,0	46	9,4	7,9	
-59	Sw	14	3,6	2,9	53	10,5	7,4	
-86	Sw2	16	2,8	1,5	66	8,8	6,8	
-94	Sd	14	n.n.	1,6	53	10,0	6,8	
-112	SdGo	14	7,5	2,9	64	23,3	15,3	
>136Go	14	8,5	1,3	67	12,3	5,8		

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

erreicht worden. Zur Ermittlung des Gehaltes an potentiell verfügbaren Schwermetallen werden derzeit zumeist synthetisch hergestellte, organische Komplexbildner verwendet. Ihr Einsatz erfolgte ursprünglich mit dem Ziel einen Mikronährstoffmangel zu diagnostizieren. Durch das EDTA (= Ethylendinitrilotetraessigsäure) werden die lösliche plus insgesamt nachlieferbare Schwermetallfraktion im Boden erfaßt (HORNBURG, 1991).

Der prozentuale Bezug der EDTA-Fraktion auf die Gesamtgehalte ergibt, daß Blei und Zink in nahezu allen Profilen im humosen Oberbodenbereich erhöhte Anteile (bis 88 bzw. 78 %) aufweist. Die hohe Adsorptionskapazität von Humus gegenüber Nähr- und Schadstoffen zeigte sich dadurch, daß in den Oberbodenlagen die EDTA-Anteile häufig deutlich über dem Durchschnittswert der EDTA-extrahierbaren SM-Gehalte in den jeweiligen Profilen liegen. Da EDTA ein stärkerer Komplexbildner als die meisten im Humus vorliegenden organischen Säuren (Fulvosäuren, Huminsäuren u. a.) ist, kommt es zu einer Umkomplexierung von den SM im Humus zum EDTA. In der Regel zeigt sich, daß die potentielle Pflanzenverfügbarkeit von Zink geringer ist als die von Blei. Insbesondere in den Lagen mit natürlichen Bodensubstraten und Bergematerial ist der EDTA-extrahierbare Pb-Anteil höher als der von Zink. Dieses Verhalten ist auch von den Böden des ländlichen Raumes bekannt. Ursache hierfür ist u. a. daß Zink – begünstigt durch den geringen Ionendurchmesser von 0,069 nm – über verwitterungsbedingte Veränderungen in Zwischenschichtpositionen randlich aufgeweiteter Tonminerale eindringen kann und dort festgelegt wird. Bei Blei (Ionendurchmesser 0,264 nm) ist eine Immobilisierung durch sterisch bedingte Sorption im Illit theoretisch möglich. Mikrosondenuntersuchungen zeigen aber, daß Blei vor allem an die Mn- und Fe-Oxidbeläge gebunden ist, welche die Tonminerale umgeben (HILLER et al., 1993).

Durch den 1 M NH_4NO_3-Extrakt werden die wasserlöslichen und austauschbaren (d. h. die unspezifisch adsorbierten) Schwermetalle sowie leicht lösliche metallorganische Komplexe erfaßt (ZEIEN & BRÜMMER, 1989). Mit dem Ammoniumnitrat-Extrakt konnten aus den Proben der Pararendzina aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial über Lößlehm (P1) nur sehr geringe Mengen gelöst werden (Pb_{mob}: n. n.–9,1 mg/kg; Zn: 0,5–11,1 mg/kg). In der Braunerde aus Aschen, Bauschutt, Bergematerial und Natursubstrat über Lößlehm (P2) war die Extraktionskraft des Auszuges höher, wobei in diesem Profil das mobile Blei zwischen 0,5–2,4 mg/kg, Zink zwischen 0,6–19 mg/kg zumeist ein höheres Niveau hat als in P1. Insbesondere in den obersten zwei Schichten war die Pb- und Zn-Löslichkeit erhöht. Trotz einer geringeren Ausgangsbelastung zeigen Pb_{mob} (2,1–8,8 mg/kg) und Zn_{mob} (2,0–37 mg/kg) in dem Regosol aus Kohle, Koks, Bergematerial und Natursubstratgemenge über Bauschutt (P3) hohe Werte auf. Bei dem Profil auf der alten Bergematerialhalde, dem Regosol P4), wurden vergleichbare Mengen an Pb_{mob} (1,6–3,5 mg/kg) und Zn_{mob} (4,8–17 mg/kg) wie in P3 – abgesehen von dessen yAh-Lage – gemessen. Die höchsten mobilen Gehalte liegen aber in beiden Profilen jeweils in dem humosen obersten Horizont vor. Mit 1,3–14 mg Pb_{mob}/kg und 5,8–34 mg Zn_{mob}/kg enthält die naturnahe Pseudogley-Braunerde aus dem benachbarten Zechenpark zumeist höhere mobile SM-Gehalte, als die Bodenprofile auf dem Zechengelände (Tab. 3 und 5).

Bei Betrachtung der prozentualen ammoniumnitratlöslichen Pb- und Zn-Anteile von Pb_t und Zn_t fällt auf, daß insbesondere die versauerten Bodenprofile erhöhte mobile SM-Anteile besitzen, wobei Zink zumeist höhere Löslichkeiten aufweist als Blei (vgl. Tab. 3). Ursächlich hierfür ist wahrscheinlich das allgemeine pH abhängige Verhalten von Kationen in Boden, welche bei absinkendem pH-Wert verstärkt in die Bodenlösung übergehen. Für die Schwermetalle sind dabei sogenannte Grenz-pH-Werte ermittelt worden, wonach eine verstärkte SM-Löslichkeit auftritt, sobald im Boden dieser Grenz-pH-Wert unterschritten wird. Nachfolgend ist die Löslichkeitsabfolge in Abhängigkeit des pH-Wertes für eine Reihe von Schwermetallen aufgeführt (Grenz-pH-Wert jeweils in Klammern): Cd (6) > Mn (5,5) > Ni (5,5) > Co (5,5) > Zn (5,5) > Cu (4,5) > Pb (4,0) > FeIII (3,5) (nach BLUME, 1988)

Ebenfalls hohe mobile SM-Gehalte liegen in Horizonten mit deutlicher Humusakkumulation vor. Ursache hierfür ist, daß Metallionen von Humusstoffen zum Teil komplex gebunden werden, wobei aber diese wiederum eine gute Wasserlöslichkeit aufweisen können, so daß insbesondere auf sauren Standorten auch eine Mobilisierung erfolgen kann (HERMS und BRÜMMER, 1978).

6. Zusammenfassung

Zur Untersuchung der Merkmale industriell überformter Böden einer Zechenbrache wurden vier Auftragsbodenprofile mit einer weitgehend naturnah erhaltenen, standorttypischen Pseudogley-Braunerde verglichen. Die Böden der Zechenbrache sind vorwiegend aus bis zu mehreren Metern mächtig aufgeschütteten Ausgangsmaterialien entstanden. Dabei wurden zumeist Schichten unterschiedlicher Mächtigkeit von technogenen Substraten – vornehmlich Aschen, Bergematerial und

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Bauschutt – aufgebracht. In den Bereichen mit Aschen und Bauschutt sind die pH-Werte zumeist im neutralen bis alkalischen Bereich und es sind Carbonate (technogenen Ursprungs) nachweisbar. Die Böden, welche sich auf der Bergematerialhalde entwickeln, haben eine saure Bodenreaktion. Die stärkste pH-Wert Absenkung hat jedoch das naturnah erhaltene Bodenprofil aus Lößlehm im benachbarten Zechenpark erfahren. Entsprechend der technogenen Beimengungen sind die überformten Böden tiefgründig mit Phosphat- und Schwermetallen angereichert. Trotz erhöhter SM-Belastung zeigen die alkalisierten Zechenböden meist nur geringe mobile Blei- und Zinkgehalte auf. Im Gegensatz dazu weist die naturnah verbliebene Pseudogley-Braunerde – trotz geringerer Schwermetallgesamtgehalte – aufgrund ihrer fortgeschrittenen Versauerung hohe mobile Blei- und Zinkgehalte auf.

7. Literatur

BLUME, H. P., W. BURGHARDT, E. CORDSEN, H. FINNERN, G. FRIED, R. GRENZIUS, W. D. KNEIB, J. KUES, E. PLUQUET, W. G. SCHRAPS & H.-K. SIEM (1989): Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden). UBA-Text UBA-FB 107 03 007/03.

– (1988): Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren. DVWK-Merkblatt 212. Parey Verlag, Hamburg, Berlin.

HERMS, U. & G. BRÜMMER (1978): Einfluß organischer Substanzen auf die Löslichkeit von Schwermetallen. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., **27**, 181–192.

HILLER, D. A. (1991): Elektronenmikrostrahlanalysen zur Erfassung der Schwermetallbindungsformen in Böden unterschiedlicher Schwermetallbelastung. Bonner Bodenk. Abh. **4**, 173 S.

– (1993): Merkmale unterschiedlicher Phosphat- und Eisenfraktionen in urban-industriell überformten Böden aus Oberhausen-Brücktorviertel. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., **72**/II, 931–934.

– M. Veerhoff & G. W. Brümmer (1993): Mikrosonden- und Röntgenbeugungs-Untersuchungen an Tonbelägen von lessivierten Böden aus Löß. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., **156**, 219–227.

– (1994): Phosphatbindungsformen auf einem Bergehaldenrekultivierungsversuch. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., **157**, 117—123.

– (1995): Allgemeine Merkmale sowie Blei- und Zinkmobilität in urban-industriell überformten Böden des Brücktorviertels in Oberhausen (Ruhrgebiet). Z. Pflanzenernähr. Bodenk., **158**, 269–277.

HORNBURG, V. (1991): Untersuchungen zur Mobilität und Verfügbarkeit von Cadmium, Zink, Mangan, Blei und Kupfer in Böden. Bonner Bodenkundliche Abhandlungen, Band 2, 228 S.

LIENEMANN, J. & H. GEBHARDT (1985): Phosphatgehalte und P-Bindungsformen in anthropogenen Böden Nordwestdeutschlands. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., **43**/I, 63–70.

MURPHY, J. & J. P. RILEY (1962): A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta, **27**, 31–36.

ÖNORM (1989): Österreichisches Normungsinstitut, Postfach 130, A-1021 Wien: Bestimmung von EDTA-extrahierbarem Fe, Mn, Cu und Zn. ÖNORM L 1089, 5 S.

SCHRAPS, W. G. (1984): Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1:50000, Blatt L 4508 Essen. Hrsg. vom Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen.

SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (1989): Lehrbuch der Bodenkunde, 12. Auflage, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1989

SCHLICHTING, E. & H.-P. BLUME (1966): Bodenkundliches Praktikum, Verlag Paul Parey.

VDLUFA (1983): Richtwerte für die Düngung nach Bodenuntersuchung. Hrsg. von: Landwirtschaftskammer Rheinland, Landwirtschaftliche Untersuchung- und Forschungsanstalten

ZEIEN, H. & G. W. BRÜMMER (1989): Chemische Extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Böden. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. **59**, 505–510.

Anschrift des Verfassers: Dr. Dieter A. Hiller, FB 9 Angewandte Bodenkunde, Universität GH Essen, 45117 Essen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Decheniana

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: 148

Autor(en)/Author(s): Hiller Dieter A.

Artikel/Article: Merkmale industriell überformter Böden einer Zechenbrache im Ruhrgebiet 166-175