

scriptum

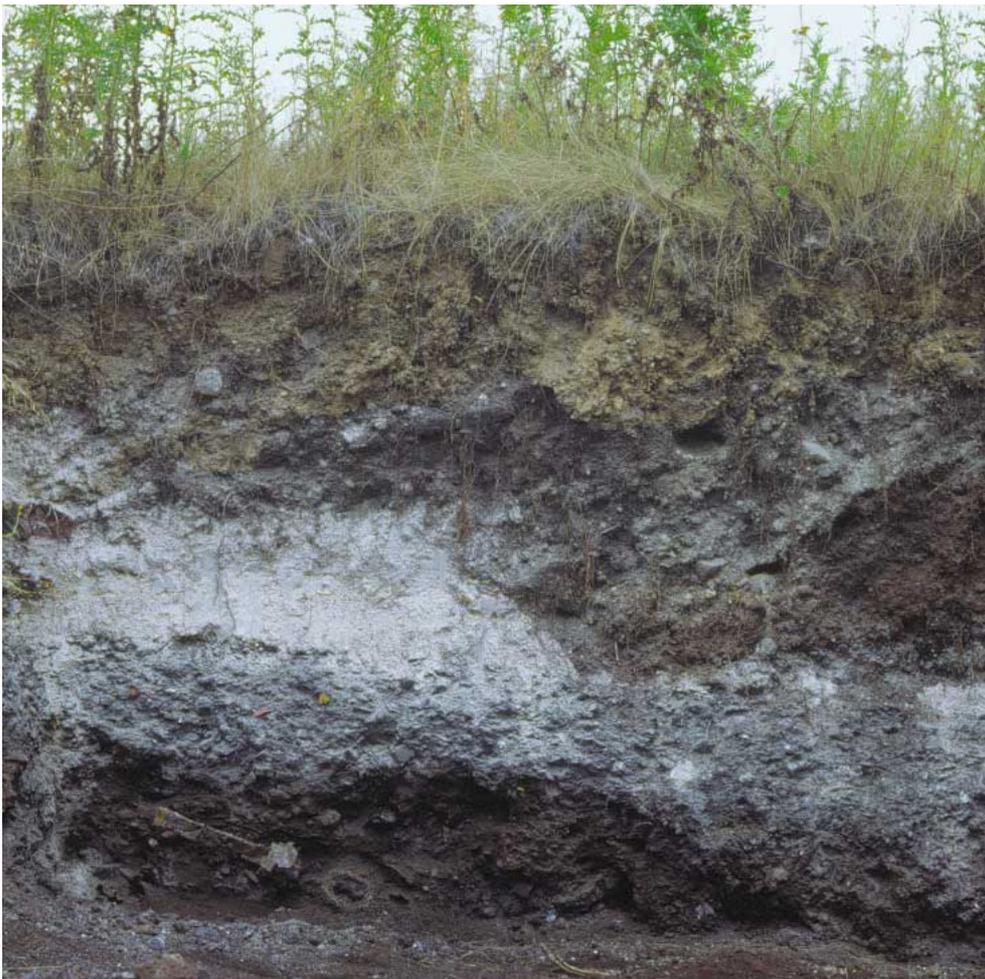
Arbeitsergebnisse aus dem
Geologischen Landesamt
Nordrhein-Westfalen

Heft

7

Stoffbestand, Eigenschaften und räumliche Verbreitung urban-industrieller Böden

Ergebnisse aus dem Projekt Stadtbodenkartierung
Oberhausen-Brücktorviertel



Alle Rechte vorbehalten

scriptum

Arbeitsergebnisse aus dem
Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen

© 2000 Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen
De-Greif-Straße 195 · 47803 Krefeld · Postfach 10 07 63 · D-47707 Krefeld
Telefon (0 21 51) 897 0 · Telefax (0 21 51) 89 75 05
E-Mail: poststelle@gla.nrw.de
Internet: <http://www.gla.nrw.de>

Satz und Gestaltung: Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen

Druck: Obermann GmbH & Co KG · Krefeld

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren allein verantwortlich.

scriptum erscheint in unregelmäßigen Abständen.

Der Preis pro Heft beträgt 13,— DM.

Bezug über den Buchhandel oder
den Vertrieb des Geologischen Landesamtes NRW
(Telefon 0 21 51/897-210 oder -212 · Fax 0 21 51/89 74 28)

ISSN 1430-5267

Umschlagbild:

Pararendzina aus Bodenaushub, Bauschutt, Aschen, Schlacken und
anderen technogenen Substraten auf einer Industriebrache (Aufschlusshöhe 2 m)

Vorwort

Bodenschutz ist eine Querschnittsaufgabe des Umweltschutzes. Durch das Bundes-Bodenschutzgesetz, die Bodenschutz- und Altlastenverordnung und durch ergänzende Landes-Bodenschutzgesetze sind die gesetzlichen Grundlagen geschaffen, einen effektiven vor- und nachsorgenden Bodenschutz sicherzustellen. Durch die gesetzliche Festlegung von Grenz- und Richtwerten für die Bodenbelastung hat der Bodenschutz in den dicht besiedelten Ballungsräumen eine neue Dimension bekommen. War auch bisher schon der Boden bei den allgemeinen Umweltbelangen in Planungs- und Genehmigungsverfahren einzubringen, so müssen nun in verstärktem Maße Gefährdungen bei Verdachtsflächen auf schädliche Bodenveränderungen abgeschätzt und Maßnahmen zur Gefahrenabwehr ergriffen werden. Problematische Stoffeinträge gilt es zu minimieren und den Flächenverbrauch zu reduzieren. Ziel des Bodenschutzes in urban-industriellen Räumen ist es folglich, eine ökonomisch und ökologisch sinnvolle Nutzung des Bodens anzustreben.

Nur wer den Boden kennt, kann ihn auch schützen. Um einen nachhaltigen Schutz des Bodens zu gewährleisten, benötigt man Angaben zu Zusammensetzung, physikalischen und chemischen Eigenschaften sowie zur stofflichen und mechanischen Belastung und Belastbarkeit des Bodens.

In städtischen Bereichen und industriellen Gebieten ist der Boden durch die unterschiedlichen Nutzungen geprägt und gegenüber seinem natürlichen Zustand verändert. Durch Auf- und Abtrag und durch Vermischung mit ortsfremden und technogenen Stoffen unterscheidet er sich oft gravierend von natürlich gelagertem Boden und er kann auf kleinstem Raum sehr heterogen ausgebildet sein.

Die hohe räumliche Variabilität des Bodens und die häufig fehlenden Gesetzmäßigkeiten seiner Verbreitung erfordern personal- und kostenintensive Geländeerhebungen. Hier müssen Erhebungsmethoden entwickelt werden, um den Aufwand zu reduzieren.

In den Jahren 1991 und 1992 führte das Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen gemeinsam mit der Abteilung Angewandte Bodenkunde der Universität Gesamthochschule Essen und dem damaligen Bodenschutzzentrum Nordrhein-Westfalen als Pilotprojekt einer Stadtbodenkartierung Bodenuntersuchungen im Brücktorviertel der Stadt Oberhausen durch. Die Ergebnisse werden hier vorgestellt. Sie unterstreichen nicht nur die Notwendigkeit von Bodenkartierungen im urbanen Raum, sondern zeigen auch einen Weg, um die bestehenden Wissenslücken in der Stadtbodenkunde zu schließen.

Mehrere Konferenzen und Tagungen dieses Jahres hatten auch den Themenkreis Stadt, Umwelt und Boden zum Gegenstand: im Juli 2000 die Weltkonferenz zur Zukunft der Städte – URBAN 21 – in Berlin, ebenfalls im Juli 2000 in Essen die erste internationale Stadtboden-Konferenz „Soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas SUITMA“ und im September 2000 die 7th International FZK/TNO Conference on Contaminated Soil in Leipzig. Die Tagungen bestätigen, dass einerseits noch erhebliche Wissensdefizite vorhanden sind, andererseits aber ein erheblicher Bedarf an Daten für die Lösung stadtspezifischer Aufgaben besteht, die bodenkundlichen Untersuchungen in Stadtgebieten müssen deshalb weiter intensiviert werden.



Leiter des Geologischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen

scriptum	7	127 S., 24 Abb., 17 Tab., 6 Kt.	Krefeld 2000
-----------------	----------	---------------------------------	--------------

Stoffbestand, Eigenschaften und räumliche Verbreitung urban-industrieller Böden

– Ergebnisse aus dem Projekt

Stadtbodenkartierung Oberhausen-Brücktorviertel –

Von Walter Götz Schraps¹⁾, Andreas Kersting²⁾, Peter Pingel³⁾, Siegfried Schneider¹⁾,
Hans Baumgarten¹⁾, Wolfgang Burghardt⁴⁾, Dieter Albert Hiller⁴⁾, Thomas Köppner⁴⁾,
Stephen Ohlemann⁴⁾, Friedrich Metzger⁵⁾

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Problemstellung	7
1.1 Einleitung	7
1.2 Bodenschutz in urban-industriell geprägten Landschaften	8
1.3 Forschungsbedarf in der Stadtbodenkunde	9
2 Objekte und Methoden	10
2.1 Vorgehensweise und Kartiermethodik	10
2.2 Kennzeichnung des Untersuchungsgebietes Oberhausen-Brücktorviertel	12
2.2.1 Lage und Klima	12
2.2.2 Geologie	13
2.2.3 Böden	14
2.3 Der Mensch als bodenbildender Faktor	16
2.3.1 Analyse der historischen Stadtentwicklung	16
2.3.1.1 Abriss der siedlungsgeschichtlichen Entwicklung	16
2.3.1.2 Industrialisierung und Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur	17
2.3.1.3 Nutzungswandel von 1926 bis 1989	17
2.3.2 Versiegelung	19
2.3.3 Stoffliche Bodenbelastung	21
2.3.3.1 Inventarisierung von bodenbeeinflussenden Branchen	21
2.3.3.2 Altlasten- beziehungsweise Altlastenverdachtsflächen	21
2.3.4 Ver- und Entsorgungsleitungen	22
2.4 Vorinformationen und ihre bodenkundlich verwertbaren Inhalte	22
2.5 Konzeptkarte	23
2.6 Bodenkundliche Aufnahme im Gelände	26

Anschriften der Autoren

¹⁾Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Postfach 10 07 63, D-47707 Krefeld; ²⁾Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Haroldstraße 4, D-40213 Düsseldorf; ³⁾Botzweg 41, D-47839 Krefeld; ⁴⁾Universität Gesamthochschule Essen, Abteilung Angewandte Bodenkunde, Universitätsstraße 5, D-45117 Essen; ⁵⁾Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Wallneyer Straße 6, D-45133 Essen

	Seite	
2.7	Einzelflächenbeschreibungen aus den Geländeerhebungen.	26
2.8	Probennahme für Laboruntersuchungen	28
2.9	Material und Labormethoden.	28
3	Ergebnisse	29
3.1	Konzeptkarte	29
3.2	Organische Schadstoffparameter	29
3.3	Beschreibung der Einzelprofilaufnahmen (Referenzprofile).	31
3.3.1	Gruppe I: Naturnahe sowie tiefgründig bearbeitete Böden	32
3.3.1.1	Allgemeine Profilmerkmale	32
3.3.1.2	Säureneutralisationskapazität, Sorptionspotenzial und Nährstoffstatus	34
3.3.1.3	Schwermetallgehalte	37
3.3.2	Gruppe II: Urban-industriell veränderte Böden aus Aufträgen mit carbonatfreiem oder -armem Ausgangssubstrat	39
3.3.2.1	Allgemeine Profilmerkmale	39
3.3.2.2	Säureneutralisationskapazität, Sorptionspotenzial und Nährstoffstatus	41
3.3.2.3	Schwermetallgehalte	42
3.3.3	Gruppe III: Urban-industriell beeinflusste Böden aus Aufträgen mit carbonathaltigem beziehungsweise alkalisierendem Ausgangssubstrat	46
3.3.3.1	Allgemeine Profilmerkmale	46
3.3.3.2	Säureneutralisationskapazität, Sorptionspotenzial und Nährstoffstatus	48
3.3.3.3	Schwermetallgehalte	50
3.4	Kennwerte des Wasser- und Lufthaushaltes.	53
3.4.1	Infiltrationsmessung	55
3.4.1.1	Böden mit hohen bis sehr hohen Infiltrationsraten	55
3.4.1.2	Böden mit mittleren bis hohen Infiltrationsraten	57
3.4.1.3	Böden mit sehr geringen bis mittleren Infiltrationsraten	58
3.4.1.4	Zusammenfassende Beurteilung der Infiltrationsraten	58
3.4.2	Gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf-Wert).	60
3.4.2.1	Merkmale der gesättigten Wasserleitfähigkeit der Profile	60
3.4.2.2	Zusammenfassende Beurteilung der gesättigten Wasserleitfähigkeit	65
3.4.3	Porenraumgliederung	67
3.4.3.1	Ergebnisse der Profiluntersuchungen	67
3.4.3.2	Zusammenfassende Beurteilung der Kennwerte des Porenraumes	75
3.5	Übersichtskarte (Lage der Einzelflächen)	77
3.6	Repräsentanz der Labordaten.	77
4	Auswertung	80
4.1	Verbreitung der Böden unterschiedlicher anthropogener Prägung	80
4.1.1	Charakterisierung der Bodenbeeinflussung im Bereich der Wohnbebauung	81
4.1.2	Vergleich der Konzeptkarte mit Ergebnissen der Bodenkartierung	83
4.2	Boden- und Substrataufträge (Karte)	84
4.3	Bodentypen (Karte)	84
4.4	Klassifizierung und Bewertung der Stadtböden.	85
4.5	Bodenschutz (Karte).	86
5	Ausblick	93
6	Schriftenverzeichnis	94
7	Anhang	98
7.1	Methoden zur Charakterisierung der chemischen und physiko-chemischen Eigenschaften der Böden	98
7.2	Bewertungsgrundlagen der Einzelflächenbeschreibungen	100
7.3	Chemische und physikalische Kennwerte der Horizonte der Profile P1 – P 19, P 21, P 22.	104
	Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Karten	126

Zusammenfassung: Die vorliegende Arbeit beschreibt die urban-industriell veränderten Böden einer durch die Montanindustrie geprägten Stadt des Ruhrgebietes. Im Brücktorviertel der Stadt Oberhausen fanden 1991 und 1992 Bodenuntersuchungen statt, die Aussagen zu Stoffbestand, Eigenschaften und räumlicher Verbreitung der anthropogen veränderten Böden und Oberflächen zulassen. Die Untersuchungen wurden als Gemeinschaftsprojekt des Geologischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen, Krefeld, der Universität Gesamthochschule Essen/Abteilung Angewandte Bodenkunde und des damaligen Bodenschutzzentrums Nordrhein-Westfalen, Oberhausen, durchgeführt.

[Chemistry, Properties and Spatial Distribution of Urban and Industrial Soils – Results of the Project Urban Soil Mapping in the Brücktorviertel of the City of Oberhausen]

Abstract: The study describes the urban and industrial soils in a typical industrially influenced city of the Ruhr-Area/North Rhine-Westphalia. In the Brücktorviertel of the City of Oberhausen soil investigations took place between 1991 and 1992; they improve our knowledge of the chemical and physical properties and the spatial distribution of anthropogenic soils. The project has been a joint venture of the Geological Survey of North Rhine-Westphalia, Krefeld, the University of Essen/Soil Technology and the former Centre of Soil Protection of North Rhine-Westphalia, Oberhausen.

1 Problemstellung

1.1 Einleitung

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung sind die urban-industriell veränderten Böden einer durch die Montanindustrie geprägten Stadt des Ruhrgebietes. Im Brücktorviertel der Stadt Oberhausen fanden 1991 und 1992 Bodenuntersuchungen statt, die Aussagen zu Stoffbestand, Eigenschaften und räumlicher Verbreitung der vom Menschen stark beeinflussten Böden eines Stadtgebietes zulassen. Die Untersuchungen wurden als Gemeinschaftsprojekt des Geologischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen, Krefeld, der Universität Gesamthochschule Essen/Abteilung Angewandte Bodenkunde und des damaligen Bodenschutzzentrums Nordrhein-Westfalen, Oberhausen, durchgeführt. Die chemischen und physikalischen Bodenanalysen erfolgten in den Laboratorien des Geologischen Landesamtes und der Universität Essen. Die Ermittlung organischer Schadstoffe besorgte das Institut Fresenius, Labor Dortmund. Die Karten wurden dankenswerterweise von den Auszubildenden der Kartografie im Geologischen Landesamt Frau S. Nett, Frau M. Renkens, Frau U. Schöneberg und Herrn F. Wöltering erstellt. Die Abbildungen bearbeiteten Frau U. Amend, Frau A. Marnelakis und Herr J. Schardinell. Die Textgestaltung lag in den Händen von Frau E. Faßbender (alle Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.)

Mit der Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung aus dem Jahr 1985, den Vorgaben im Baugesetzbuch und der Ergänzung des Naturschutzgesetzes (§ 8a – c) gelangten die Ziele Minimierung des Flächenverbrauches und Verhinderung des Schadstoffeintrages in Böden in das Bewusstsein der Öffentlichkeit. Bei beiden Zielen liegt der Handlungsbedarf zunächst nicht bei der Bodenkunde. Jedoch ist es eine Illusion zu glauben, dass der Flächenverbrauch gestoppt oder sogar rückentwickelt werden könnte; unser Wirtschaftssystem und unsere Ansprüche – unter anderem an Mobilität, Wohnraum und Arbeitszeitgestaltung – wirken dem entgegen. Hinsichtlich des Schadstoffeintrages in Böden ist festzustellen, dass die Böden in Städten nicht erst vor einer Belastung stehen, sondern bereits schwer belastet sind. Damit stellen sich wesentliche Fragen:

- Bei welchen Böden sind bei Flächeninanspruchnahmen Auswirkungen auf die Bodenstruktur und Risiken für Mensch und Umwelt am geringsten?
- Wie sind die Belastungsstrukturen der Böden beschaffen und welche Regelungsmechanismen bieten die Böden als Schutz vor dem Schadstoffaustrag in die Umwelt?
- Wie ist der Flächenverbrauch zu reduzieren und welche Böden stehen für die jeweilige Nutzung im Rahmen der kommunalen Bedürfnisse zur Verfügung?

Zur Beantwortung der Fragen müssen die regionale Verbreitung der Böden sowie deren Eigenschaften bekannt sein; es ist somit eine Bodenkartierung erforderlich.

Die Böden der Stadt sind häufig durch unterschiedliche Nutzungen stark verändert worden. Sie werden daher nicht die Merkmale oder Merkmalskombinationen von natürlichen Böden aufweisen, wie wir sie seit langem in der nicht überbauten Landschaft kennen. Die Bodennutzung urban-industrieller Bereiche wird bestimmt durch Merkmale der jeweiligen natürlichen Landschaft und durch die regionalen Wirtschaftsfaktoren. Im Gebiet Oberhausen-Brücktorviertel sind Einflüsse durch den Lössgürtel des Hellwegs sowie die Talsysteme von Ruhr, Emscher und Lippe mit ihren naturräumlichen Faktoren gegeben; das Projekt Stadtbodenkartierung Oberhausen-Brücktorviertel liefert Kenntnisse zu den regionaltypischen Bodenbeständen in einer durch die Montanindustrie geprägten Region.

1.2 Bodenschutz in urban-industriell geprägten Landschaften

Der Schutz des Bodens ist eine Querschnittsaufgabe des Umweltschutzes. Auch im besiedelten Bereich der Städte und Gemeinden soll im Sinne des Bodenschutzes eine Minimierung problematischer Stoffeinträge sowie eine Begrenzung des Landschafts- und Flächenverbrauchs erreicht werden. Daraus folgt, dass noch vorhandene natürliche sowie naturnahe Flächen in urbanen Räumen grundsätzlich zu erhalten sind. Inanspruchnahme und Belastung des Bodens müssen durch eine bodenschonende Zuordnung von Nutzungen gering gehalten werden; bodenschonend heißt einerseits flächenschonend (Verringerung des meist irreversiblen Flächenverbrauchs) und weiterhin substanzschonend (Erhaltung der natürlichen Bodenfunktionen und Potenziale).

Bis in die jüngste Vergangenheit erfolgten die Ausweisung von Plangebieten in Städten und die Flächennutzung ohne Kenntnis und Beachtung stör- und zerstörbarer Leistungspotenziale der betroffenen Böden. In urban-industriellen Räumen ist die natürliche Bodendecke oft unter Material unbekannter Herkunft und Zusammensetzung begraben oder sogar abgegraben und durch solches Füllmaterial ersetzt, in ihrer Struktur und ihren Standorteigenschaften verändert und dabei in ihren Funktionen als Puffer und Filter für Schadstoffe sowie als Pflanzenstandort beeinträchtigt.

Der Bedarf bodenkundlicher Daten für Stadt- und Fachplanungen ergibt sich aus dem Ziel des Bodenschutzes, in urban-industriellen Räumen eine ökonomische und ökologisch sinnvolle Nutzungskombination des Schutzgutes Boden anzustreben. Das methodische und rechtliche Planungsinstrumentarium der Fachplanungen erfordert für die Umsetzung von Boden- und Umweltschutzklauseln detaillierte und möglichst flächenscharfe Datengrundlagen, mit denen Aussagen zu bodenschonenden Flächeninanspruchnahmen und Eingrenzungen der Einflussnahme auf die Bodenstruktur möglich sind. Dazu gehören zum Beispiel:

- Ausweisung von Siedlungsflächen unter Berücksichtigung des Freiraumschutzes
- Nutzung der Möglichkeiten innerörtlicher Erneuerung wie Umwidmung brachliegender Flächen, Mobilisierung vorhandenen Baulandes
- Minimierung von Flächenversiegelung und Durchführung von Entsiegelungsmaßnahmen
- Sanierungs- und Renaturierungsmaßnahmen
- Remobilisierung von ungenutzten Industrie- und Gewerbeflächen sowie Flächenrecycling
- Bodenerosionsschutz und Verringerung von Bodenverdichtungen

Bodenbezogene Planungsfragen müssen oft von fachfremden Bearbeitern beantwortet werden. Um die Ziele des Bodenschutzes durchzusetzen, bedarf es geeigneter Datengrundlagen, die möglichst flächendeckend planerisch relevante und aufgearbeitete Informationen zu verschiedenen Fragestellungen beinhalten. Angaben zu Zusammensetzung, Verbreitung und Eigenschaften von Böden, ihrer stofflichen und mechanischen Belastung und Belastbarkeit sowie ihrer ökosystemaren Stellung müssen grafisch umgesetzt und interpretierbar werden.

Hierzu kann eine Stadtbodenkartierung hinreichend Daten liefern, da sie eine funktionale Bewertung von Böden urban-industrieller Räume vornimmt. Folgende bodenbezogene Informationen haben sich als besonders relevant herausgestellt:

- Angaben zum oberflächennahen Wasser- und Lufthaushalt (z. B. Stau- und Grundwasser)
- Kationenaustauschkapazität
- Angaben zu Nährstoffhaushalt und -reserven

- Versauerungsneigung
- Verdichtungs- und Verschlammungsempfindlichkeit
- Erosionsgefährdung
- Standorteignung für Flora und Fauna
- Eignung für Wassergewinnung
- Trittfestigkeit, Begehbarkeit und Befahrbarkeit
- Eignung für Bebauung, Deponie und als Rohstofflieferant
- Kennzeichnung stofflich belasteter Böden
- Sanierbarkeit von stofflich und nicht stofflich belasteten Böden
- Schadstofftransfer vom Boden ins Grundwasser, in die Vegetation oder Atmosphäre
- Akkumulationsneigung für potenziell toxisch wirkende Substanzen
- mikrobielle Abbauleistung gegenüber organischen Schadstoffen
- Bindungsstärke der Böden für Schwermetalle
- potenzielles Rückhaltevermögen für wasserlösliche Stoffe
- Versiegelungsgrad und Entsigelungspotenzial

Des Weiteren kann die Stadtbodenkarte flächenhafte Übersichten leisten, die den Stadt- und Fachplanern Angaben liefern unter anderem zu:

- Unterbringung von Komposten und Mulch
- Möglichkeiten des Streusalzeinsatzes
- Routen für Gefahrguttransporte (Leitlinienkonzepte)
- Möglichkeiten der Versickerung von Niederschlagswasser
- Gewässerspeisung
- Grundwasserneubildung
- Filterfunktion des Bodens zum Schutz des Grundwassers
- Staubbildung
- Klimawirkung
- Eignung von Flächen als Spielplatz, Sport- und Erholungsfläche
- Eignung von Flächen als Kleingarten oder Friedhof

Im Rahmen der Erstellung einer digitalen Bodenbelastungskarte (BBK) können innerstädtische Verdichtungszone und sonstige stark anthropogen veränderte Bereiche durch eine Stadtbodenkartierung maßstabsgerecht und praxisorientiert erfasst werden.

1.3 Forschungsbedarf in der Stadtbodenkunde

Die anwendungsorientierte Erfassung und Interpretation bodenkundlicher Daten innerhalb städtischer Räume ist aufgrund der starken Heterogenität der Bodendecke sehr aufwändig. Die hohe Diversität (Anzahl der Bodeneinheiten) und Variabilität (Anzahl der Flächen) städtischer Böden entzieht sich der Kenntnis über Gesetzmäßigkeiten ihrer räumlichen Verteilung, sodass flächen- und parzellenscharfe Aussagen nur aufgrund von Geländebefunden getroffen werden können; pedogenetische Einheiten können in innerstädtischen Kernzonen nur bedingt ausgegrenzt werden, da die Böden meist jung und kaum entwickelt sind. Zudem ist das Substrat der Bodenbildung durch Auf- oder Abtrag und Durchmischung – häufig mit ortsfremden oder technogenen Bestandteilen wie Bauschutt, Aschen, Schlacken, Bergematerial, Müll und sonstigen Produktionsrückständen – in seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften von natürlich gelagerten Böden sehr verschieden.

Mechanische Beeinflussung des Bodenaufbaus wie Verdichtung und Durchmischung wechselt im kleinräumigen Mosaik ebenso wie Art und Intensität chemischer Inputs durch zum Beispiel atmosphärische Immissionen, Abfalldeponierung oder Klärschlammasbringung.

Neben der nur partiellen Profilverfremdung ist in weiten Bereichen mit vollständigen Profilzerstörungen zu rechnen; die neu entstandenen Böden weisen aufgrund ihrer Substratzusammensetzung zum Beispiel nach Aufschüttungen nur eingeschränkte Bodenfunktionen auf, die relativ schwer zu bewerten sind. Verwitterungsverhalten der Substrate wie auch Angaben zu Nährstoff-, Wasser- und Lufthaushalt der anthropogenen Böden können wegen der vorliegenden Kenntnisse nur abgeschätzt werden, da Vergleichsuntersuchungen fehlen und die Grundlagenmittlung noch erhebliche Defizite aufweist.

Die Regionalisierung – die flächenhafte Beschreibung bodenbildender Faktoren und Prozesse sowie der Merkmale und Eigenschaften urbaner Bodenbildungen aufgrund von Punktinformationen – ist immer nur als Annäherung zu verstehen, da die Spannbreite bodentypischer Kennwerte (z. B. Wasserdurchlässigkeit, pflanzenverfügbare Wassermenge) kleinräumig sowohl horizontal als auch vertikal innerhalb des Bodenprofils erheblich schwanken kann. Dementsprechend ist die Funktionalisierung (Flächenausweisung und Bildung von Einheiten mit vergleichbaren Bodenmerkmalen, Prozessen und Fähigkeiten) anderen Gesetzmäßigkeiten unterworfen als in der freien Landschaft. Hierbei müssen die Anforderungen der Stadt- und Fachplanungen berücksichtigt werden. Flächenbezogene, parzellenscharfe Angaben zu Struktur und Aufbau der Bodendecke ermöglichen eine Umsetzung von generellen Bodenschutzzielen sowie eine ökonomisch und ökologisch vertretbare (Folge-)Nutzung von Flächen.

2 Objekte und Methoden

2.1 Vorgehensweise und Kartiermethodik

Die Besonderheiten der stofflichen Beschaffenheit und räumlichen Verteilung von Stadtböden erfordern eine Vorgehensweise, die sich von der Kartierung natürlicher, nicht überformter Böden unterscheidet. Für das Kartiergebiet Oberhausen-Brücktorviertel wurden sechs Arbeitsschritte gewählt:

Schritt 1: Beschaffung und Auswertung vorhandener Unterlagen

Schritt 2: Erstellung einer Konzeptkarte aus den Vorinformationen

Schritt 3: Erfassung der Böden im Gelände

Schritt 4: Analyse der Bodeneigenschaften und Bodenbelastungen in Gelände und Labor

Schritt 5: Ausgrenzung und Beschreibung von Flächeninhalten

Schritt 6: Darstellung der Ergebnisse in Auswertungskarten

Die Beschaffung und Auswertung aller verfügbaren Unterlagen mit bodenrelevantem Informationsgehalt ist für die Erfassung der räumlich sehr differenzierten Stadtböden Voraussetzung. Informationen aus Bodenkarten, Bodenschätzungsunterlagen sowie bodenkundlichen Standortkartierungen müssen ebenso gesichtet werden wie geologische, ingenieurgeologische und hydrogeologische Karten. Karten der Bodennutzung, Bodenbelastung, das Altlastenkataster sowie Kriegsschadenskarten geben Hinweise auf punktuelle oder flächenhafte Bodenveränderungen. Besonderes Augenmerk muss auf die Analyse historischer Karten gelegt werden, da sie Einblicke in verschiedene Nutzungsformen und deren Nutzungsgeschichte in heute oftmals stark überbauten Flächen gibt.

Die zahlreichen Vorinformationen werden bodenkundlich ausgewertet und interpretiert, um lokalisierte und ausgegrenzte räumliche Einheiten (mit ähnlicher Bodenüberformung, Nutzungsgeschichte, Versiegelungsgrad, Grundwasserstand, Bodenarten, Substratzusammensetzung etc.) als Kartierungsgrundlage benutzen zu können.

Diese ausgegrenzten Einheiten werden sinnvollerweise zu einer digitalen Konzeptkarte (Konzeptbodenkarte) zusammengefügt, die verschiedenste thematische Inhalte mit bodenrelevanten Informationen enthält und als Kartierungsgrundlage dient. Für kleinere Untersuchungsgebiete sowie Kartierungen im Maßstab 1 : 20 000 und kleiner kann der Aufwand zur Erstellung der digitalen Konzeptkarte die notwendigen Geländeuntersuchungen erheblich reduzieren; für großmaßstäbige Kartierungen ganzer Stadtgebiete erscheinen die Vorrecherche und ihre digitale Aufbereitung, zum Beispiel für Nutzungsentwicklungen einzelner Parzellen, zu aufwändig. Die Verwendung computergestützter thematischer Kartografieprogramme zur Digitalisierung der

Vorinformationen und deren anschließende Auswertung erlauben die inhaltliche und maßstabsgerechte Datenaufbereitung.

Neben der allgemeinen Vorrecherche zu bodenkundlichen Fragestellungen gehört die administrative Vorbereitung der Geländeuntersuchungen zum ersten Arbeitsschritt. Um Gefahren für die Kartierer sowie mögliche Sachbeschädigungen zum Beispiel an Ver- und Entsorgungsleitungen auszuschließen, müssen vor Beginn der Geländetätigkeiten unter anderem folgende Unterlagen eingesehen werden:

- Hauptleitungstrassen der Fernmeldeeinrichtungen
- Hauptstrom- und Fernwärmeleitungstrassen, Hausstromanschlüsse und Straßenzuführung
- Leitungspläne der Gas- und Wasserwerke
- sonstige Fernleitungstrassen
- Unterlagen der Kampfmittelräumdienste

Der ständige Einsatz eines leistungsfähigen Kabel- und Metallsuchgerätes hat sich bewährt, da der Verlauf der Leitungstrassen in den Lageplänen oftmals nicht mit der tatsächlichen Lage übereinstimmt.

Die bodenkundliche Aufnahme von Aufschlüssen aus Baumaßnahmen, wie sie bei den zuständigen Tiefbauämtern verwaltet werden, kann die eigene Bohr- und Schürfarbeit erheblich reduzieren. Zudem ist der ständige Kontakt mit den städtischen Fachplanern unumgänglich, da sie die späteren Nutzer der Stadtbodenkarte sind und die Darstellung der Ergebnisse auf deren Bedürfnisse besser abgestimmt werden kann.

Als dritter Arbeitsschritt erfolgt die Erfassung der Böden im Gelände durch Bohrungen und Aufgrabungen sowie die Aufnahme von natürlichen und künstlichen Aufschlüssen. Hierbei ist die Konzeptkarte eine Grundlage zur Festlegung von Bohrpunkten und zur Flächenausgrenzung.

Nach der Erfassung der Bodenverhältnisse im Gelände erfolgen die chemischen und bodenphysikalischen Feld- und Laboruntersuchungen der beprobten Referenzprofile. Sie dienen unter anderem der Ermittlung von Kennwerten zu Nährstoffversorgung, Schadstoffbelastung sowie Wasser- und Lufthaushalt. Weiterhin können durch die Analysen die im Gelände abgeschätzten Bodenkennwerte überprüft und abgesichert werden.

Anhand der Vorinformationen, der Geländeerhebungen und der Laboruntersuchungen konnten solche Flächen ausgegrenzt werden, die vergleichbare Bodenartenschichtungen und Substratzusammensetzungen, ähnliche Wasserverhältnisse sowie Flächennutzungen aufweisen. In Einzelflächenbeschreibung wurden diese Einheiten mit Angaben zum durchschnittlichen Bodenaufbau, den Bodenfunktionen und -potenzialen näher charakterisiert.

Die Ergebnisse der durchgeführten Erhebungen, Analysen und Berechnungen wurden im letzten Arbeitsschritt digital umgesetzt und dargestellt. Hierbei wurden beispielhaft folgende Karten (s. S. 87 – 92) im Maßstab 1 : 10 000 generiert:

- 1. Übersichtskarte**
[Übersicht der Böden/Bodengrenzen mit fortlaufender Nummerierung und Lage der Referenzprofile]
- 2. Eingriffe in den Bodenaufbau**
[Übersicht über Art und Intensität des anthropogenen Eingriffs]
- 3. Bodenveränderungen**
[Übersicht über Art und Mächtigkeit des Boden- oder Substratauftrages sowie die Flächeninanspruchnahme durch Versiegelung]
- 4. Bodentypen**
[Typologische Zuordnung der Böden nach AG Boden (1994)]
- 5. Bodenbewertung**
[Übersicht der Bodenqualitäten auf Grundlage der Bodenüberformung, Schadstoffbelastung und Nutzungsmöglichkeiten]
- 6. Bodenschutz**
[Ausweisung von Flächen mit besonderer Bedeutung für den Bodenschutz]

Die Karten stellen eine Auswahl der möglichen flächenhaften Übersichten dar. Die digitale grafische Datenumsetzung ermöglicht die Erzeugung weiterer thematischer Karten. Übersichten über die Bodenkennwerte können für das Untersuchungsgebiet jederzeit gegeben werden. Ebenso ist die Berücksichtigung neuerer Daten oder Erkenntnisse und deren grafische Aktualisierung mit sehr geringem Aufwand möglich.

2.2 Kennzeichnung des Untersuchungsgebietes Oberhausen-Brücktorviertel

2.2.1 Lage und Klima

Das rund 700 ha große Untersuchungsgebiet Oberhausen-Brücktorviertel (Abb. 1) gehört zur industriell geprägten Großregion des Ruhrgebietes und befindet sich im Übergangsbereich des Niederrheinischen Tieflandes zur Westfälischen Tieflandsbucht. Morphologisch nur schwach gegliedert, liegt der betrachtete Landschaftsausschnitt im Emschertal, einer sehr flachen, von Schmelzwässern geformten Niederung west-östlicher Erstreckung. Das fluviatil terrassierte Relief des Gebietes erhebt sich zwischen +30 m NN im Norden der Emscheraue und +45 m NN im Südwesten. Von der einstmals vorhandenen Emscherniederung und dem sich anschließenden Relief der Nieder- und Mittelterrassen sind aufgrund der starken anthropogenen Überformung lediglich Relikte vorhanden; die Inanspruchnahme des Untersuchungsgebietes durch Bergbau, Industrieanlagen, Siedlungs- und Verkehrsflächen dominiert den Landschaftscharakter.

Die Funktion der Emscher ist heute auf die Abwasserkanalisierung des Ruhrreviers beschränkt. Als Verkehrsweg dient der Rhein-Herne-Kanal, der das Untersuchungsgebiet im Norden parallel zur Emscher abgrenzt.

Im ozeanisch geprägten Klimabereich NW-Deutschlands gelegen, beherrschen regnerische, milde Winter und meistens feuchte, relativ kühle Sommer den klimatischen Jahresverlauf. Bei einer durchschnittlichen Jahresmitteltemperatur von 9,6 °C (Station Essen) sind die Jahresniederschläge von ± 800 mm gleichmäßig über das Jahr verteilt.

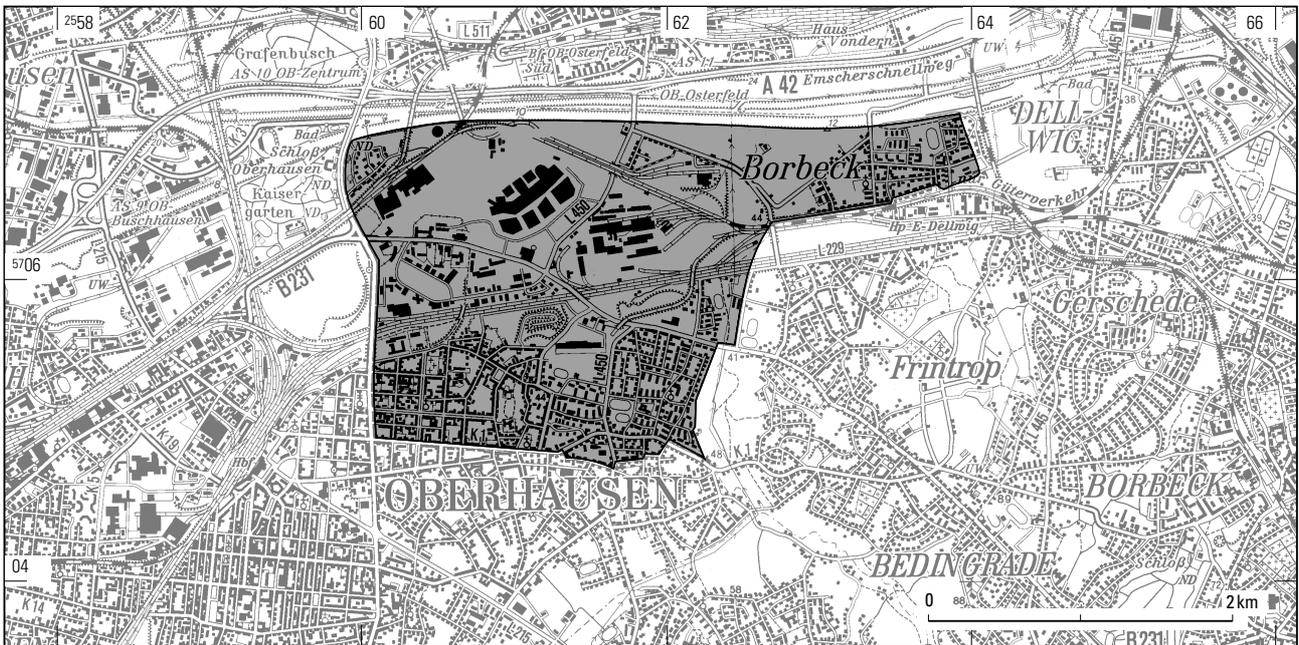


Abb. 1 Lage des Untersuchungsgebietes (Ausschnitt aus der TK 50: L 4506 Duisburg)

2.2.2 Geologie

Der Untergrund des Brücktorviertels besteht aus mächtigen Ablagerungen des Pleistozäns und des Holozäns (Abb. 2).

Bei den pleistozänen Ablagerungen handelt es sich um Sande und Kiese der Ruhr-Mittelterrasse und um Grundmoräne (Geschiebelehm) des nordischen Inlandeises der Saale-Zeit sowie um Sande der Emscher-Niederterrasse (Talsand) und Flugsand (äolische Sedimente) aus der Zeit der letzten Vereisung. Die holozänen Bildungen bestehen aus sandigen und tonigen Aufschüttungen der Emscher.

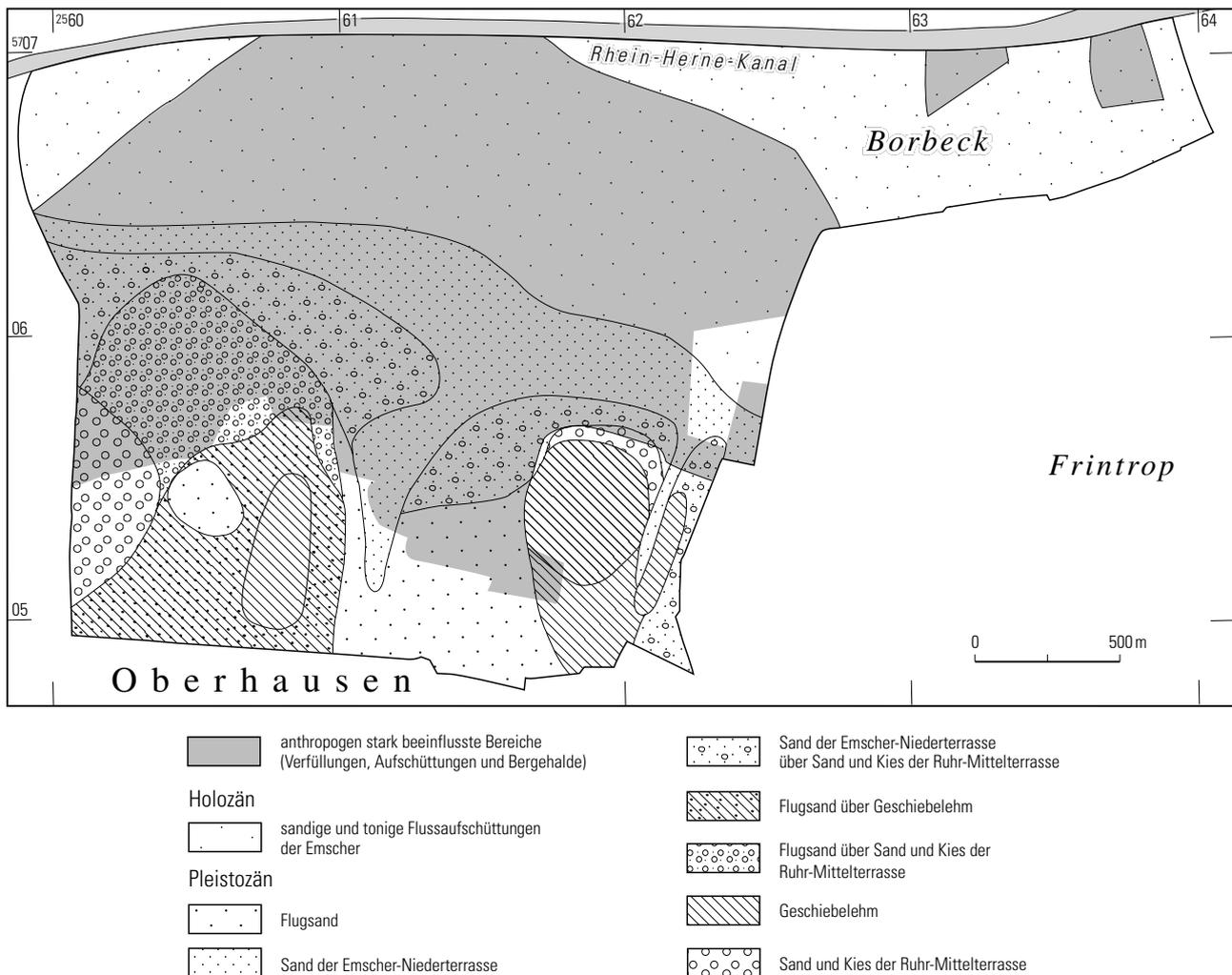


Abb. 2 Geologische Übersicht des Untersuchungsgebietes

Sand- und Kiesablagerungen der Ruhr-Mittelterrasse ohne jüngere Überdeckung finden sich im süd-westlichen Randbereich sowie auf einer schmalen Fläche im Südosten des Untersuchungsgebietes. Diese Ablagerungen bestehen größtenteils aus Ruhrkiesen; Sande sind nur untergeordnet vertreten.

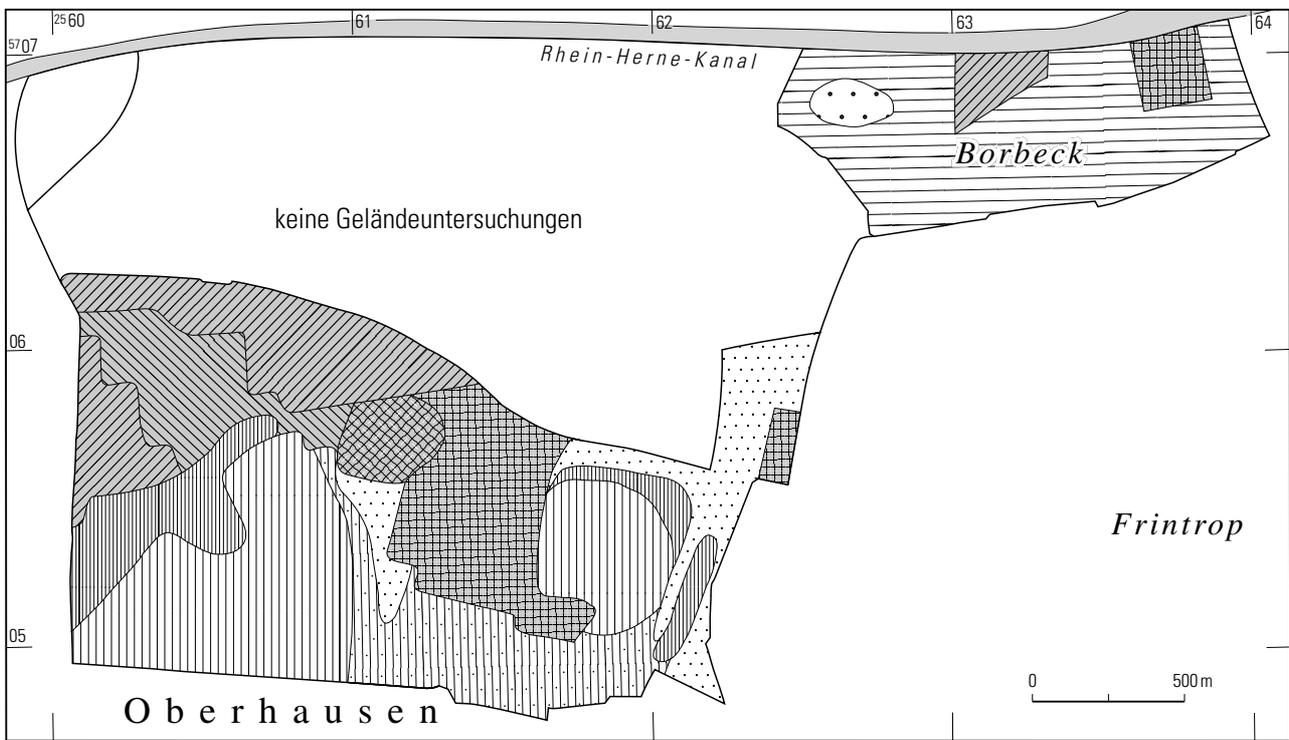
Im Süden wechseln weiterhin Bereiche mit bis zu 2 m mächtigem Geschiebelehm, gering mächtigem Flugsand über Geschiebelehm sowie Flugsand größerer Mächtigkeit (≥ 2 m) einander ab. Der Geschiebelehm aus lehmigem Sand und sandigem Lehm besitzt eine überwiegend graue Farbe und führt zahlreiche Gerölle und Geschiebe. Der Flugsand ist mittel- bis feinkörnig, kalkfrei und zeigt an der Basis höhere Schluffbeimengungen (Sandlöss). Im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes sind die Sand- und Kiesablagerungen der Ruhr-Mittelterrasse teilweise mit Flugsand überdeckt, teilweise auch von Sanden der Emscher-Niederterrasse überlagert.

Am Südrand der Emscherniederung erstreckt sich von Westen nach Osten über das gesamte Gebiet hinweg eine Zone mit 1 – 2 m mächtigen Sanden der Emscher-Niederterrasse. Diese mittelkörnigen Sande sind kalkfrei und enthalten gelegentlich einzelne dünne Lagen feiner Kiese. Die Emscherniederung nimmt den gesamten nördlichen Bereich ein. Hier sind sandige und tonige Flussaufschüttungen der Emscher abgelagert, die im Unterboden in die Sande der Emscher-Niederterrasse übergehen.

Der weitaus größte Teil des Untersuchungsgebietes ist anthropogen stark verändert. Die ursprünglichen oberflächennahen geologischen Verhältnisse sind oftmals nicht mehr anzutreffen oder nur noch schwer erkennbar.

2.2.3 Böden

Aus den verschiedenen geologischen Substraten im Brücktorviertel haben sich unter Einwirkung der bodenbildenden Faktoren Klima, Vegetation, Wasser, Relief und nicht zuletzt des Menschen im Laufe der Zeit unterschiedliche Böden entwickelt (Abb. 3). Sie wurden weitgehend durch Bebauung, Industrieansiedlung, Grundwasserabsenkung sowie Aufschüttungen und Bodenabtrag verändert. Lediglich in einzelnen flächenmäßig kleinen Bereichen war die ursprüngliche Genese erkennbar. Im überwiegenden Teil des Untersuchungs-



- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Braunerde, Podsol-Braunerde und Braunerde-Podsol
Sand bis lehmiger Sand, häufig kiesig, über Sand und Kies Pseudogley-Braunerde und Braunerde-Pseudogley
lehmiger bis stark lehmiger Sand, z. T. Sand über sandigem Lehm bis sandig-tonigem Lehm Pseudogley-Podsol und Braunerde-Podsol, pseudovergleyt
Sand bis schwach lehmiger Sand über sandigem Lehm bis sandig-tonigem Lehm Auengley-Auenbraunerde
lehmiger Sand über Sand Auenpseudogley-Auengley und Auengley
lehmiger Sand bis sandiger Lehm über Sand Podsol-Gley, Braunerde-Gley und Gley
Sand und schluffiger Sand | <p>stark anthropogen beeinflusste Böden</p> <ul style="list-style-type: none"> Aufschüttungen
Bauschutt, Asche, Bergematerial, Hüttenreststoffe, Formsande, z. T. gemischt mit unterschiedlichem Bodenmaterial Halde
Bergematerial, Hüttenreststoffe und Bauschutt überbaute Böden Brache nach technischer Aufbereitung
Sand und Kies, z. T. Bauschutt |
|---|--|

Abb. 3 Böden des Untersuchungsgebietes

gebietes konnte die bodentypologische Einordnung (z. B. Abgrenzung von Braunerden, Gleyen u. a.) nur noch anhand einzelner Merkmale, die auf die frühere Bodenentwicklung hindeuten, vorgenommen werden.

Die an der Oberfläche anstehenden Sande und Kiese der Mittelterrasse (Pleistozän) zeigen in den oberen Bereichen Beimengungen von Geschiebelehm, Sandlöss, Flugsand oder Sanden der Niederterrasse (Pleistozän). Es entwickelten sich daraus überwiegend Braunerden mit Übergängen zu Podsol-Braunerden und Braunerde-Podsolen.

Geschiebelehm der Saale-Zeit (Pleistozän) findet sich vorwiegend im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes. Die Mächtigkeit dieser meist aus lehmigem Sand und sandigem Lehm bestehenden Auflage erreicht selten 2 m. Allgemein nimmt der Tongehalt zur Tiefe hin zu. Häufig wurde bei den Bohrungen unter dem Geschiebelehm Sand und kiesiger Sand (Vorschütttsand) erreicht. Aus dem Geschiebelehm entstanden Braunerde-Pseudogleye und Pseudogley-Braunerden, die ab 60 cm unter Flur ein deutlich ausgeprägtes Fleckenbild zeigen. Soweit die Böden eine Sandauflage (Flugsand und/oder Geschiebesand) haben, entwickelten sich neben Braunerden auch alle Übergänge bis zum Podsol.

Auf den Sandflächen (Sand der Niederterrasse, Flugsand und vereinzelt Sandlöss) finden sich typische Braunerden. Bei geringeren Schluffgehalten im Oberboden treten auch Podsol-Braunerden, Braunerde-Podsole und Podsole auf. Die Böden morphologisch tiefer liegender Bereiche waren vor der anthropogen verursachten Grundwasserabsenkung zum Teil bis zur Oberfläche von Grundwasser beeinflusst. Nach den noch erkennbaren Resten der Horizontalausbildung haben sich hier Gleye, Braunerde-Gleye und Podsol-Gleye entwickelt. Aus den sandig-tonigen Flussaufsättungen der Emscher entstanden Auengleye und Auenpseudogley-Auengleye. Die höher liegenden Bereiche (Haus Ripshorst und kleinflächig am Grafenbusch) zeigen Auengley-Auenbraunerden. Im sandigen Oberboden ist hier manchmal eine beginnende Podsolierung erkennbar.

Die Grundwasserverhältnisse sind im gesamten Untersuchungsgebiet durch den Einfluss des Bergbaus stark gestört. Bei der Geländeaufnahme wurde – bis auf kleine tief liegende Bereiche – das Grundwasser bis 2 m unter Flur nicht erbohrt.

In Arealen mit alter Wohnbebauung sind die Böden durch intensive Gartennutzung und Auftrag von humosem Bodenmaterial stark verändert. Humushorizonte mit einer Mächtigkeit von über 80 cm kommen häufig vor. Die ursprüngliche Bodenentwicklung wurde dadurch weitgehend überprägt. Es entstanden Hortisole (Gartenböden).

Starke Veränderungen innerhalb einer Nutzungsform erlebten alte Wohngebiete durch Sanierungen. Hier wurde Bauschutt häufig mit unterschiedlichem Bodenmaterial vermischt, eingegraben und mit einer 40 bis 80 cm mächtigen, humosen Auflage überdeckt. In diesen Arealen zeigen die Bohrungen eine stark wechselnde Zusammensetzung der Bodenartenschichtung.

Neben den oben schon erwähnten anthropogenen Veränderungen, die in Gebieten mit überwiegender Wohnbebauung (Randbebauung der Gründerzeit) auf den Boden einwirken, ist die Zusammensetzung des Bodens vor allem in Gebäudenähe nicht exakt fassbar. Hier haben die Böden durch die Veränderungen sehr unterschiedliche Eigenschaften erhalten, zum Beispiel starke Verdichtungen bis in den Unterboden, unterschiedlich hohe Beimengungen von Bauschutt und anderen anthropogenen Substraten. Negative Auswirkungen auf den Luft- und Wasserhaushalt, auf das Bodenleben sowie auf das Pflanzenwachstum (geringe Durchwurzelung) sind die Folge. Weiterhin sind häufig nur sehr geringe Humusgehalte erkennbar.

Im Brücktorviertel kommen die stark überformten Böden häufig vergesellschaftet mit den biologisch aktiven, lockeren Hortisolen vor. Eine Abgrenzung der einzelnen Bereiche ist nur mit einem unverhältnismäßig hohen Zeitaufwand möglich. In der Flächenbeschreibung werden diese Bodengesellschaften als Mischböden bezeichnet.

Seit Beginn der Industrialisierung wurden vor allem die von der Industrie genutzten Bereiche durch Bebauung, Aufschüttungen (Trümmerschutt aus Kriegseinwirkungen, Bauschutt der Nachkriegszeit) und Halden (aus Bergematerial, Hüttenreststoffen, Schlacken, Hüttensanden und Aschen) nachhaltig verändert. Mit Stilllegung und Abbruch der Produktionsstandorte in den 80er-Jahren sind Teile dieser Flächen durch Maßnahmen zur Bauvorbereitung im Mittel bis zu 4 m Tiefe (im Einzelfall bis 20 m) umgesetzt worden. Fundamente der Industriegebäude und Bauschutt wurden bei der bodenmechanischen Aufbereitung in den Boden eingebracht.

Aufgrund ihrer Variabilität und ihres weitgehend heterogenen Aufbaus wurden die stark anthropogen veränderten Flächen in der bodenkundlichen Übersicht nach den erfolgten Veränderungen als Aufschüttung, Halde, Industriebebauung und Brache bezeichnet. Eine differenzierte Darstellung erfolgt in der Flächenbeschreibung.

2.3 Der Mensch als bodenbildender Faktor

2.3.1 Analyse der historischen Stadtentwicklung

In dicht besiedelten Gebieten städtischer Ballungsräume wird die Bodenentwicklung durch Besiedlung und intensive Landschaftsnutzung zunehmend beeinflusst; ursprünglich wirkende natürliche Standortfaktoren werden dabei überlagert.

Der Zeitraum, in dem diese Überlagerung stattfand, sowie die Art der Nutzung sind für die Ausprägung der Böden entscheidend. Zu Beginn des Projektes und zur Vorbereitung der Bodenkartierung ist deshalb eine umfangreiche Auswertung vorhandener Grundlageninformationen über Siedlungs- und Nutzungsgeschichte des Brücktorviertels erforderlich geworden, durch die wertvolle Informationen über Art und Dauer von Nutzungseinflüssen im Untersuchungsgebiet geliefert wurden; diese konnten dazu beitragen, im Gelände angetroffene Bodenbildungen zu erklären und bereits bei vorbereitenden Arbeiten Hinweise auf nutzungsbedingte Bodenveränderungen bereitzustellen.

2.3.1.1 Abriss der siedlungsgeschichtlichen Entwicklung

Seit dem frühen 19. Jahrhundert hat im Untersuchungsgebiet ein extremer Nutzungswandel stattgefunden. Die einstige Bauerschaft mit ihren Ackerfluren, Wiesengründen, Waldstücken und Heideflächen ist restlos der Industrie und der städtischen Bebauung zum Opfer gefallen. Die Lipper Heide und die an ihrem Nordostrand gelegenen Lipper Höfe und Kotten sind dem weit gedehnten Industriegelände der ehemaligen Gutehoffnungshütte (GHH) und dem Wohnviertel Alt-Oberhausen östlich der Mülheimer Straße gewichen.

Der größte Teil der alten Bauerschaft Lippern war Ackerland. Im Südosten und Südwesten erstreckten sich Teile der Lipper und Berner Heide. In der Aue der alten Emscher lagen die Wiesengründe der Höfe. An Waldstücken waren um 1800 ein Kiefernstück beim heutigen ehemaligen Werksgasthaus und ein Teil des Lipperrheidenbusches im Bereich Zeche Oberhausen vorhanden.

Ursprünglich lagen in Lippern nur 6 Höfe und 6 Kotten und bis 1800 kamen nur 2 Siedelstellen hinzu. Zur Anlage weiterer Höfe bot der wenig fruchtbare Sandboden am Rande der Lipper Heide sehr geringe Möglichkeiten. Die ersten Siedler hatten, den günstigen Standort zwischen Ackerflur und Wiesengrund nutzend, sich in hochwassergeschützter Lage auf dem Hochufer am Rande der Emscheraue niedergelassen. Neben den Höfern gab es eine zweite Bevölkerungsschicht, die so genannten Kötter. Sie verfügten über einen geringen Grundbesitz und mussten ihren Unterhalt durch Tagelohn auf den Höfen und durch Handweberei verdienen. Ihre Kotten mit einigen Morgen Ackerland, Garten und Baumhof erstreckten sich am Ostrand des Lipperfeldes. Ihre Äcker nahmen den weniger günstigen Boden der Flur ein und waren wohl, als die Höfe längst bestanden und den günstigsten Boden in Kultur genommen hatten, in das Heideland hineingerodet worden. Im südlichen Gebiet des Lipperfeldes und der Heide fand eine immer mehr sich verdichtende Bebauung durch Anlage von Werkskolonien, Wohnstraßen, kleinen Geschäftsvierteln, Schul- und Kirchenbauten, Spiel- und Sportplätzen statt und es wurde so allmählich zum Wohnviertel Oberhausen II.

Die Lipper Heide war in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts nahezu siedlungsleer. 1823 bestand die Bauerschaft Lippern lediglich aus 14 Höfen. Die mit der industriellen Erschließung einhergehende Bevölkerungszunahme führte in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts auch in der Lipper Heide zu einer Zunahme des Wohnungsbaus. Mit der Teilung der Lipper Heide (1865 bis 1869) wurden die Voraussetzungen für die Ausbildung der heutigen Stadtstrukturen geschaffen. Die schachbrettartigen oder streifenförmigen Straßen-

fürungen lassen sich zum großen Teil auf die damals aufgestellten Pläne zurückführen. Die Einwohnerzahl entwickelte sich im damaligen Oberhausener Stadtgebiet von 15 430 im Jahre 1874 auf 42 148 im Jahre 1900.

Neben der überwiegend privaten Bautätigkeit erstellte die GHH von 1858 bis 1900 im Knappenviertel eine Werksiedlung aus 75 Häusern mit 272 Wohnungen. Von 1906 bis 1910 entstanden in Dellwig 61 Häuser (Buschkämpen, Einbleckstraße, Karl-Peters-Straße, Klaumer Bruch, Quellstraße, Scheppmannstraße, Sühlstraße, Unterbruchstraße). Die 21 Häuser der Beamtsiedlung Am Grafenbusch wurden von der GHH in dem Zeitraum zwischen 1911 und 1924 gebaut.

Im Zweiten Weltkrieg sind in Oberhausen von 17 800 Wohngebäuden 10 120 zerbombt worden. Von 53 000 Wohnungen blieben lediglich 7 % unbeschädigt, ca. 20 % waren total zerstört. In den 50er- und 60er-Jahren wurde im Knappenviertel eine Flächensanierung vorgenommen. Die eineinhalbgeschossigen Vierfamilienhäuser mussten der damaligen modernen Bauweise weichen. Neben zwei- und dreigeschossigen Wohnblocks entstanden 3 achtgeschossige und 3 zwölfgeschossige Wohnhäuser. Wo zuvor 71 Häuser mit 264 Wohneinheiten vorhanden waren, entstanden 1 018 Wohneinheiten. Aus dem Gartenland der früheren Koloniewohner wurden nun Grünflächen.

2.3.1.2 Industrialisierung und Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur

Erste industrielle Einflüsse machten sich durch den Abbau von Raseneisenstein bereits Ende des 18. Jahrhunderts bemerkbar. Hier wurde der Raseneisenstein, der in der Lipper Heide in Bänken oberflächennah anstand, zuerst von der Antoniehütte in Osterfeld und ab ca. 1790 von der Hütte „Hammer Neuessen“, die 1790 eigens für die Gewinnung und die Veredelung des Roheisens auf Liricher Gebiet errichtet wurde, abgebaut. Aber erst die Anlage der Gutehoffnungshütte auf Lipperner Boden brachte den entscheidenden Anstoß. Die GHH entstand aus dem Zusammenschluss der drei Hüttenwerke Antoniehütte, Eisenhütte Neu-Essen und Gutehoffnungshütte, die in den Jahren zwischen 1741 und 1791 entstanden sind.

Die intensive Industrialisierung begann 1830 mit der Errichtung des Feinblechwalzwerks an der Emscher bei der Oberhausener Mühle und wurde in den folgenden Jahrzehnten durch Auf- und Ausbau des Hochofenwerks, des Walzwerks Neu-Oberhausen und der Kohlenzeche Oberhausen weitergeführt. Durch die Gesamtheit dieser Anlagen mit ihren Werksbahnen und Nebeneinrichtungen und den Bau verschiedener Eisenbahnlinien wurde der ganze nördliche Teil Lipperns beiderseits der Essener Straße zur reinen Industrielandschaft umgeformt.

Die Gemarkung wurde in ostwestlicher Richtung von der jetzigen Essener Straße durchschnitten. Die Straße bildete seit etwa 1700 einen Teil des Hauptverkehrsträgers in westöstlicher Richtung und war in der Zeit vor den Eisenbahnen von großer Bedeutung für den Frachtverkehr. Im Jahre 1846 erfolgte der Bau der Köln-Mindener Eisenbahn und von 1908 bis 1915 der Bau des Rhein-Herne-Kanals. In diesem Zusammenhang wurde auch die Emscher verlegt.

2.3.1.3 Nutzungswandel von 1926 bis 1989

Wie im vorherigen Kapitel aufgezeigt wurde, fand seit Beginn der Industrialisierung ein starker Wandel von der agrarischen hin zur industriellen Nutzung statt. Ein Vergleich der Flächennutzung von 1926 und 1989 soll verdeutlichen, dass sich diese im Zeitraum von 1926 bis 1989 weiter gewandelt hat. Grundlage des Vergleichs ist eine Auswertung von Luftbildern der Jahre 1926 und 1989.

Im Jahr 1926 (Abb. 4) wurde noch etwa ein Drittel des Untersuchungsgebietes landwirtschaftlich genutzt. Industrie- und Gewerbebetriebe beanspruchten etwa 20 % der Gesamtfläche, wobei der überwiegende Teil zum Bereich der Gutehoffnungshütte und der Zeche Oberhausen gehörte. Der schienengebundene Verkehr nahm 14 % der Fläche ein. Dieser hohe Flächenbedarf ist darin begründet, dass der Bergbau wie auch die Eisenverarbeitung ihre Produkte und Rohstoffe fast ausschließlich auf dem Schienenweg transportierten.



Abb. 4 Flächennutzung 1926

Nur 63 Jahre später hat sich die Flächennutzung im Untersuchungsgebiet deutlich gewandelt (Abb. 5). Der Anteil an landwirtschaftlich genutzten Flächen sank von 28 auf 6 %. Die Nutzflächen wurden überwiegend in Wohnflächen umgewandelt, da aufgrund des Bevölkerungsanstiegs ein hoher Flächenbedarf für den

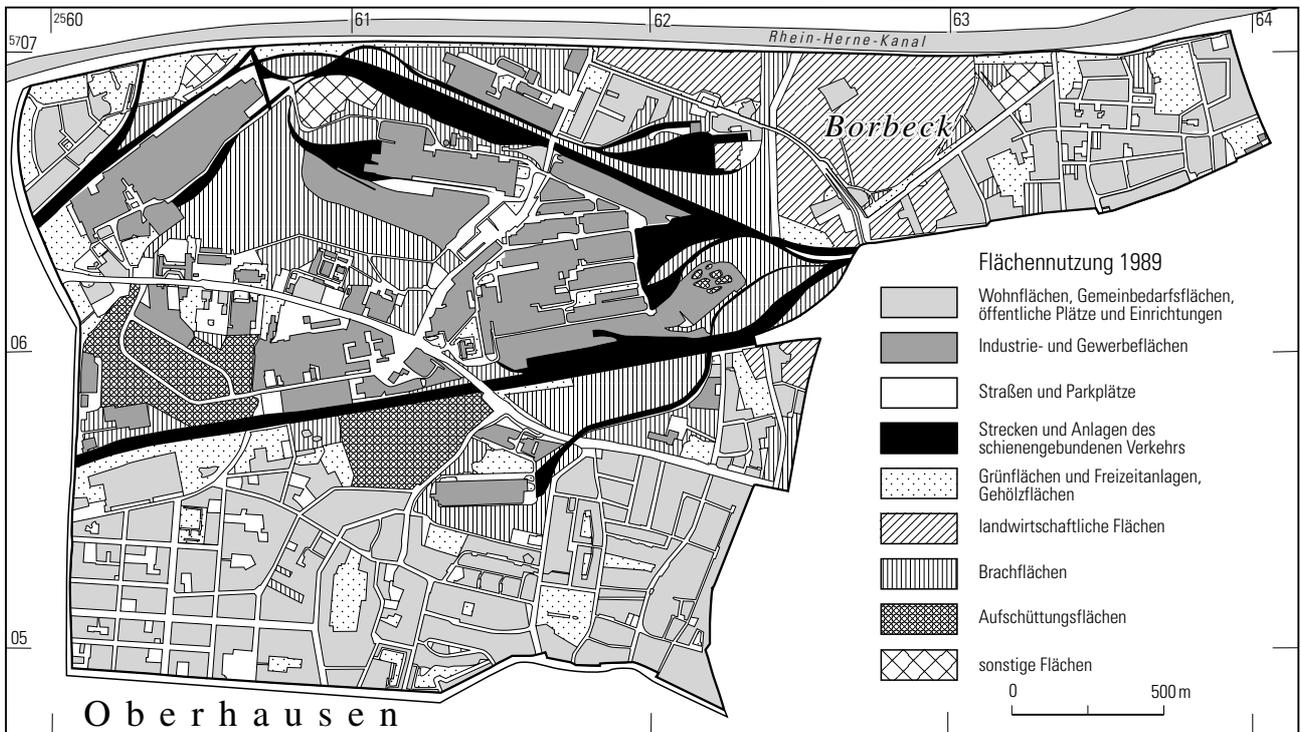


Abb. 5 Flächennutzung 1989

Wohnungsbau bestand. Der Flächenanteil an Wohnbebauung stieg von 16 auf 25 %. Bedingt durch den Strukturwandel im Ruhrgebiet wurden die Zeche Oberhausen wie auch Bereiche der Eisen verarbeitenden Industrie geschlossen und die ehemaligen Werks- und Verkehrsanlagen demontiert. Der Anteil an Industrie- und Gewerbeflächen sank zwischen 1926 und 1989 von 20 auf 14 %, der Anteil an Flächen des schienengebundenen Verkehrs von 14 auf 7 %. Diese Flächen lagen im Jahr 1989 brach oder wurden im Zuge von Flächensanierungen in Wohn- und Gewerbeflächen umgewandelt; der Anteil an Brachflächen stieg von 1 auf 14 % an.

2.3.2 Versiegelung

Die Versiegelung von Böden, das heißt deren Überdeckung mit undurchlässigen oder gering durchlässigen Materialien, führt zu einer Beeinträchtigung der ökologischen Bodenfunktionen. Die Austauschvorgänge zwischen Boden und Atmosphäre wie Versickerung oder umgekehrt Verdunstung von Bodenwasser, Luftaustauschprozesse zwischen Boden und Luft und biotische Austauschvorgänge werden unterbunden oder stark behindert. Die Versiegelung kann hinsichtlich ihrer Art, der räumlichen Verteilung und des Flächenanteils sehr unterschiedlich sein.

Für einen Teilbereich des Untersuchungsgebietes wurde zur Beurteilung des Grades der Bodenbeeinträchtigung die Versiegelungsstruktur erfasst (Abb. 6). Grundlage bildete eine photogrammetrische Auswertung der vorhandenen Luftbilder im Maßstab 1 : 2 000. Bei der Versiegelungsstruktur wurde differenziert in stark verschmutzte versiegelte Flächen (durch Kfz beeinflusste Bereiche wie Straßen, Hofeinfahrten, Parkplätze), weniger verschmutzte versiegelte Flächen (z. B. Hof- und Gebäudeflächen, Bürgersteige) sowie in unversiegelte Flächen (öffentliche Grünflächen, Gartenflächen, Kleingärten etc.).

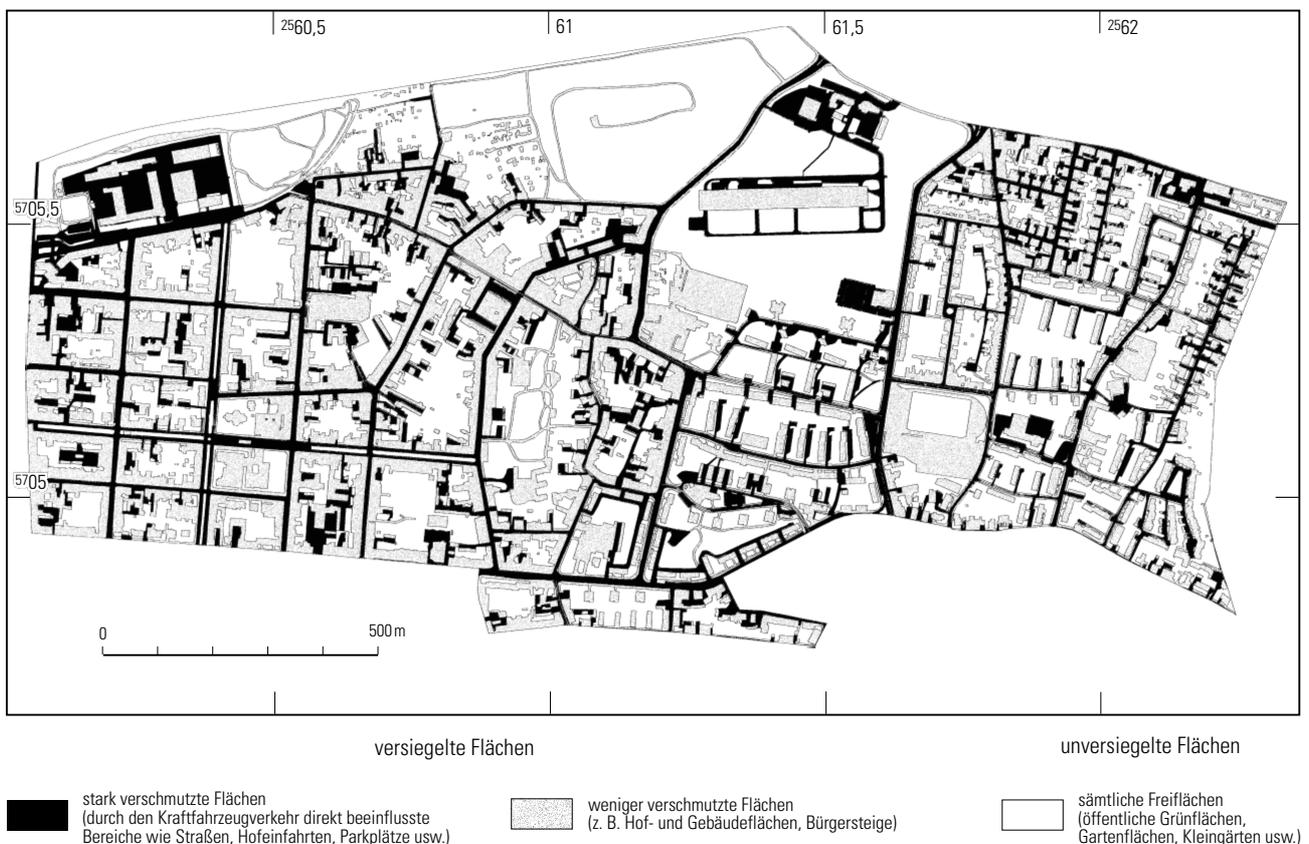


Abb. 6 Versiegelungsstruktur im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes

Der in Abbildung 6 dargestellte Bereich umfasst 187 ha. Etwa 53 % (98 ha) der Fläche sind versiegelt, 20 % (37 ha) mit stark verschmutzten Flächen und 33 % (61 ha) mit weniger verschmutzten Flächen. Der Anteil der unversiegelten Freifläche beträgt 47 % (89 ha).

Ein Vergleich der Flächennutzung von 1989 (Abb. 5) mit der Versiegelungsstruktur (Abb. 6) zeigt den Zusammenhang zwischen Versiegelungsintensität und Flächennutzung. Während Kleingartenanlagen, Parks, der Friedhof sowie Halden und Brachen nur sehr geringe Versiegelungsgrade aufweisen, sind Industrie- und Gewerbeflächen mit zum Teil über 90 % sehr stark versiegelt. Im Bereich der Wohnbebauung und Gemeinbedarfsflächen (Kirche, Schule) differiert die Versiegelungsintensität in Abhängigkeit von Bebauungsalter und Bebauungstyp sehr stark (Tab. 1).

Die Ein- und Zweifamilienhausbebauung vor 1945 und aus den 50er-Jahren des 20. Jahrhunderts, die Zeilenbebauung der 50er-Jahre und die Hochhausbebauung weisen die höchsten Anteile an unversiegelten Freiflächen auf. Diese Bebauungstypen besitzen große Grundstücke mit ausgedehnten Rasenflächen als Abstandsgrün. Die überwiegend 3-geschossige Blockrandbebauung der Gründerzeit, im Westen und in der Mitte des dargestellten Teilbereichs, weist in Abhängigkeit vom Anteil an Garagenhöfen, Stellplätzen und verbliebenen Gartenflächen sehr unterschiedliche Versiegelungsintensitäten je Baublock auf. Ein hoher

Tabelle 1

Intensität der Bodenversiegelung unterschiedlicher Bebauungstypen (Versiegelungsgrad in %)

Bebauungstyp	Versiegelte, weniger verschmutzte Flächen (z. B. Hof- und Gebäudeflächen, Bürgersteige)	Versiegelte, stark verschmutzte Flächen (durch Kfz beeinflusste Bereiche wie Straßen, Hofeinfahrten, Parkplätze)	Unversiegelte Flächen (öffentliche Grünflächen, Gartenflächen, Kleingärten etc.)	Anzahl der Baublöcke
Blockrandbebauung (3-geschossig, vor 1926) mit unterschiedlich hohem Gartenanteil, z. T. Garagenhöfe	50 (35 – 72)	11 (0 – 31)	38 (24 – 52)	21
Blockrandbebauung (3-geschossig, vor 1926) mit größerem Anteil gewerblicher Nutzung im Blockinnenhof, zahlreiche Garagenhöfe, geringe Gartenflächen	66 (66 – 67)	10 (6 – 14)	23 (19 – 27)	3
Blockrandbebauung (1½- bis 2-geschossige Arbeitersiedlung, vor 1926) mit kleinparzellierten Gartengrundstücken und hohem Anteil an Nebengebäuden	50 (28 – 65)	16 (10 – 22)	33 (13 – 61)	7
Zeilenbebauung der 50er-Jahre mit Abstandsgrünflächen und Stellplatzanlagen	31 (25 – 42)	14 (2 – 32)	55 (34 – 64)	13
Hochhäuser mit großen Rasenflächen als Abstandsgrün, Stellplatzanlagen	17	20	63	1
Ein-/Zweifamilienhäuser mit Ziegärten, vor 1945 und aus den 50er-Jahren	33 (31 – 34)	19 (17 – 21)	48 (45 – 52)	2
Reihenhäuser der 50er-, 60er- und 70er-Jahre, mit kleinparzellierten Ziegärten	35 (28 – 41)	18 (8 – 25)	46 (40 – 63)	4
Gemeinbedarfsflächen (Kirchen, Schulen, Kindergärten)	37 (18 – 63)	15 (0 – 37)	49 (37 – 76)	4

Werte in Klammern geben Spannbreiten (min., max.) wieder

Versiegelungsgrad charakterisiert die Reihenhausbebauung. Unabhängig vom Jahr der Erbauung weist sie nur sehr kleinparzellierte Grundstücke auf, wobei die unversiegelten Freiflächen meist als Ziergärten genutzt werden. Sehr unterschiedlich sind die Versiegelungsintensitäten im Bereich der öffentlichen Einrichtungen wie Kirchen, Schulen und Kindergärten; hoch ist der Anteil an Verkehrsfläche in diesen Bereichen.

Der Versiegelungsgrad wird unterschiedlich gesteuert von

- Größe der Gärten und Abstandsgrünflächen
- Parkplätzen, Nebengebäuden, Garagenhöfen
- Grundstücksgrößen

Weiterhin lassen die Böden eine unterschiedlich intensive Beeinträchtigung durch bauliche Tätigkeiten wie Umlagerung, Auf- und Abtrag, Verdichtung durch Tritt oder Befahrung erwarten.

2.3.3 Stoffliche Bodenbelastung

2.3.3.1 Inventarisierung von bodenbeeinflussenden Branchen

In Bereichen mit Mischbebauung, in denen neben der Wohnbebauung auch Gewerbebetriebe angesiedelt sind, kann der Boden lokal nachhaltig beeinflusst sein. Aus diesem Grunde wurde auf Grundlage des Branchenverzeichnisses aus dem Einwohnerbuch Groß-Oberhausen (Stadtarchiv), das seit ca. 1890 in unterschiedlichen Abständen – heute alle 3 Jahre – herausgegeben wird, recherchiert. Große Schwierigkeiten bei den Nachforschungen bereiteten alte und wechselnde Branchenbezeichnungen sowie Straßennamensänderungen. Im Folgenden sind beispielhaft solche Branchen aufgeführt, die sich außerhalb der heutigen Gewerbe- und Industrieflächen angesiedelt haben und durch ihre Tätigkeit den Boden nachhaltig beeinflusst haben oder noch beeinflussen:

- ehemalige Schlossfabrik (seit 1892), heute Stahlbau
- Dreherei
- Tankstelle
- Autohandel
- Gießerei
- Autolackiererei
- Schrotthandel (seit 1955)
- Seifenfabrik und chemische Fabrik, heute Drogerie
- Autoreparaturwerkstatt

2.3.3.2 Altlasten- beziehungsweise Altlastenverdachtsflächen

Die Auswertung von Informationen über Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen kann Hinweise auf Bodenüberformungen und -degradierungen geben. Im Umweltamt der Stadt Oberhausen liegen die Altlastenbeziehungsweise Altlastenverdachtsflächenkarte wie auch Beurteilungen und Untersuchungsergebnisse über mögliche Bodenbelastungen, die ausgewertet wurden, vor. Im Folgenden werden exemplarisch Hinweise auf Bodenüberformungen aufgeführt:

Wohnbereich

vermutliche Verfüllung mit Bauschutt und Erdaushub im Siedlungsbereich Grafenbusch sowie mit Hausmüll und Straßenkehrschutt im Bereich eines Sportplatzes.

Industriebereich

Bodenmechanische Aufbereitung, im Mittel 4 m tief (im Einzelfall bis zu 20 m), auf dem ehemaligen Stahlwerksgelände durch vorbereitende Baumaßnahmen. Fundamente der alten Industriegebäude und

Bauschuttalagerungen sind nach einer Aufbereitung größtenteils wieder eingebaut worden. Hohe Belastungen sind zumindest in Teilbereichen anzunehmen. Nach der Auswertung von Luftbilddaufnahmen liegen in diesem Bereich Altalagerungen vor. Mögliche Bodenbelastungen durch eventuelle Kriegsschäden an Gebäuden oder an Leitungssystemen, die durch dieses Grundstück führten und die verschiedenen Werksteile miteinander verbunden, können nicht ausgeschlossen werden.

Ehemaliges Eisenbahnreparaturwerk

Auf dem Gelände der ehemaligen Eisenbahnreparaturwerkstätten liegt ein Verdacht auf stoffliche Bodenbelastung vor; eine Untersuchung wurde bisher nicht durchgeführt.

Knappenhalde

Aufschüttung von Bergematerial, Hüttenreststoffen und Bauschutt aus der Nachkriegszeit

Zeche Oberhausen

Die Fläche (ca. 7 ha) ist überwiegend mit Bergematerial aufgeschüttet. Der südöstliche Bereich ist 2 – 3 m mächtig mit Schlacken, Aschen und Hüttensanden aus den Hochöfen und Gießereibetrieben von Thyssen aufgefüllt worden. Die durchgeführten Analysen auf Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle ergaben keine Hinweise auf eine Belastung. Bei Untersuchungen in anderen Flächenbereichen wurden Belastungen mit Schwermetallen und Kohlenwasserstoffen nachgewiesen.

Eisenbahngleise

Auf der Fläche sind Schlacken und Bauschutt abgelagert worden. Im Bereich der Bahntrasse werden schwer abbaubare Herbizide, organische Schadstoffe aus Holzbehandlungsmitteln sowie umweltgefährliche Stoffe durch Unfälle oder Kriegseinwirkungen vermutet.

2.3.4 Ver- und Entsorgungsleitungen

Im Bereich von Ver- und Entsorgungsleitungen sind linienhafte mechanische Eingriffe zu erwarten, da beim Verlegen der Leitungen Substrat ausgehoben, zum Teil neues eingebracht und der Boden anschließend verdichtet wurde. Bereiche mit gering überformten Böden können linienhaft zerschnitten und verkleinert sein. Informationen über Art und Verlauf von Ver- und Entsorgungsleitungen wurden aus Leitungsplänen der zuständigen Unternehmen gewonnen. Folgende Leitungen befanden sich im Untersuchungsgebiet:

- Mittelspannungs- und Fernmeldekabelnetz
- Niederspannungskabelnetz
- öffentliche Beleuchtung
- Fernwärme
- Gasrohrnetz
- Wasserleitungen
- Fernmeldeanlagen

Alle Leitungen liegen fast ausschließlich im Straßenraum. Hausanschlüsse erfolgen überwiegend durch die Vorgärten. Für die Entwässerungsleitungen liegen keine Lagepläne vor; diese Leitungen liegen jedoch überwiegend im Straßenraum. Die Einsicht in Kabel- und Leitungspläne ist darüber hinaus vor der Geländeaufnahme notwendig, um einer Gefährdung der Kartiermannschaft und Sachbeschädigungen bei der Kartierung vorzubeugen.

2.4 Vorinformationen und ihre bodenkundlich verwertbaren Inhalte

Bodenkundlich verwertbare Informationen ließen sich aus unterschiedlichen Quellen entnehmen (Tab. 2).

Tabelle 2

Vorinformationen und deren bodenkundlich verwertbare Inhalte

Unterlagen	Maßstab	Inhalt	Standort	Bodenkundlich verwertbare Informationen	Sonstiges
Altlasten- und Altlastenverdachtsflächenkarte	1 : 5 000	Lage von Verdachtsflächen, Hinweise auf Verdachtsflächen; Ergebnisse von Bodenuntersuchungen	Umweltamt	Hinweise über Bodeneingriff, Lage und Zusammensetzung von abgelagerten Substraten, Angaben über Bodenbelastungen	häufig liegen keine gesicherten Informationen und Untersuchungen vor
Kabel- und Leitungspläne der Ver- und Entsorgungsträger	1 : 2 000	Lage und Verlauf von Ver- und Entsorgungsleitungen (Gas, Wasser, Strom, Fernwärme, Telefon etc.)	Unternehmen	Lage und Verlauf linienhafter Bodenveränderungen, Abwehr von Gefahren durch Sondierungen im Stadtgebiet	Lage der in den Karten dargestellten Verläufe oft ungenau
Historische Karten und Stadtpläne	1 : 5 000	Darstellung verschiedener Nutzungen wie Landwirtschaft, Wald, Bebauung, Industrie, Verkehr	Stadtarchiv	Hinweise über mögliche Bodenveränderungen durch frühere und aktuelle Nutzungen	
Kriegsschadensplan	1 : 10 000	Lage und Intensität von kriegsbedingten Zerstörungen	Vermessungs- und Katasteramt	Hinweise auf Bodenveränderungen	
Geologische Karte, Blatt 4507 Mülheim/Ruhr	1 : 25 000	geologische Verhältnisse	Stadtarchiv, GLA	Substrate und Bodenarten, Bodentypen	
Branchenverzeichnis im Einwohnerbuch	–	Firmenaufstellung seit ca. 1890, in unterschiedlichen zeitlichen Abständen – zurzeit alle 3 Jahre	Stadtarchiv	mögliche Bodenveränderungen und Belastungen durch Gewerbe- und Industriebetriebe	eindeutige Zuordnung aufgrund alter und wechselnder Branchenbezeichnungen und Straßennamen nicht immer möglich
Heimatbücher, Heimatkalender, Jubiläumspublikationen, Geschichtlicher Atlas der Rheinlande	–	geschichtlicher Rückblick	Stadtarchiv, Stadtbücherei	Analyse der Gebiets- und Nutzungsentwicklung; Hinweise auf mögliche Bodenveränderungen	

2.5 Konzeptkarte

Die aktuelle Nutzung wie auch frühere Nutzungen haben einen wesentlichen Einfluss auf den Grad der Bodenveränderung. Wie die Analyse der Nutzungsentwicklung in Kapitel 2.3.1 ff. aufzeigt, wechselte auf vielen Flächen die Nutzung mehrmals. Frühere Nutzungen hatten dabei zum Teil eine viel größere bodenbeeinträchtigende Wirkung als die gegenwärtige Nutzung. Im Untersuchungsgebiet waren daher unterschiedlich intensive, räumlich stark differenzierte Bodenveränderungen zu erwarten. Als Grundlage für die durchzuführenden Gelände- und Laborarbeiten erschien es sinnvoll, alle bodenkundlich relevanten Vorinformationen aufzubereiten und dem Kartierer grafisch als bodenkundliche Konzeptkarte zur Verfügung zu stellen. Ziel war es, den Aufwand an Geländearbeit möglichst gering zu halten, den Untersuchungsumfang für Laboranalysen besser abschätzen zu können, die Punktdaten der Kartierung in Flächendaten umzusetzen und die Auswertung der Ergebnisse der Kartierung zu unterstützen.

Folgende Datenbestände bildeten die Grundlage für die Konzeptkarte:

Datenbestand	Auswertemöglichkeit (Beispiele)
Digitale Flächennutzungskarten, abgeleitet aus historischen Karten ab ca. 1800 und aus Luftbildern über 8 Zeitebenen (1926, 1945, 1952, 1957, 1963, 1969, 1978, 1989)	Analyse der den Boden prägenden Nutzung
Topografische Karten	Höhenlinien können Hinweise auf Verfüllungen und Aufschüttungen geben (z. B. Höhenstufen zu Werksgebäuden in sonst ebener Lage, verschüttete Gewässerläufe)
Angaben zu gewerblicher und industrieller Nutzung auf einzelnen Flurstücken	Indiz für eine mögliche branchentypische Verunreinigung des Bodens
Geologische Karte mit Erläuterungen	Angaben zu den natürlichen Substraten der Bodenbildung vor Überbauung können Hinweise auf die zu erwartende Bodenentwicklung geben. Angaben wie zum Beispiel <i>Nebentäler</i> können Hinweise auf Verfüllungen geben, wenn sich diese morphologisch nicht im heutigen Stadtbild wieder finden lassen.

Die in den digitalen Flächennutzungskarten ausgewiesenen Nutzungen wurden Bodenzustandskategorien zugeordnet, die jeweils charakteristische Merkmale besaßen. Es wurden 4 Kategorien unterschieden, wobei mit der Höhe der Kategorie die Verschlechterung des Bodenzustandes zunimmt (Tab. 3).

Tabelle 3
Bodenzustandskategorien und deren Merkmale

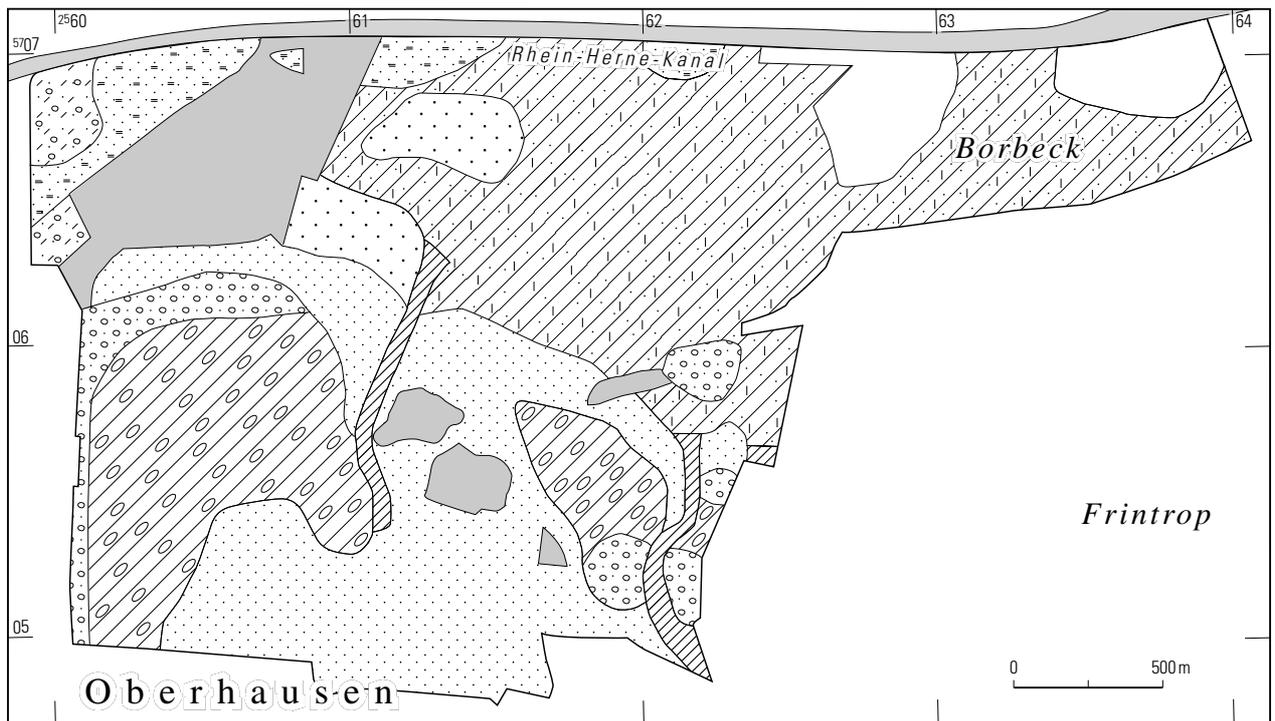
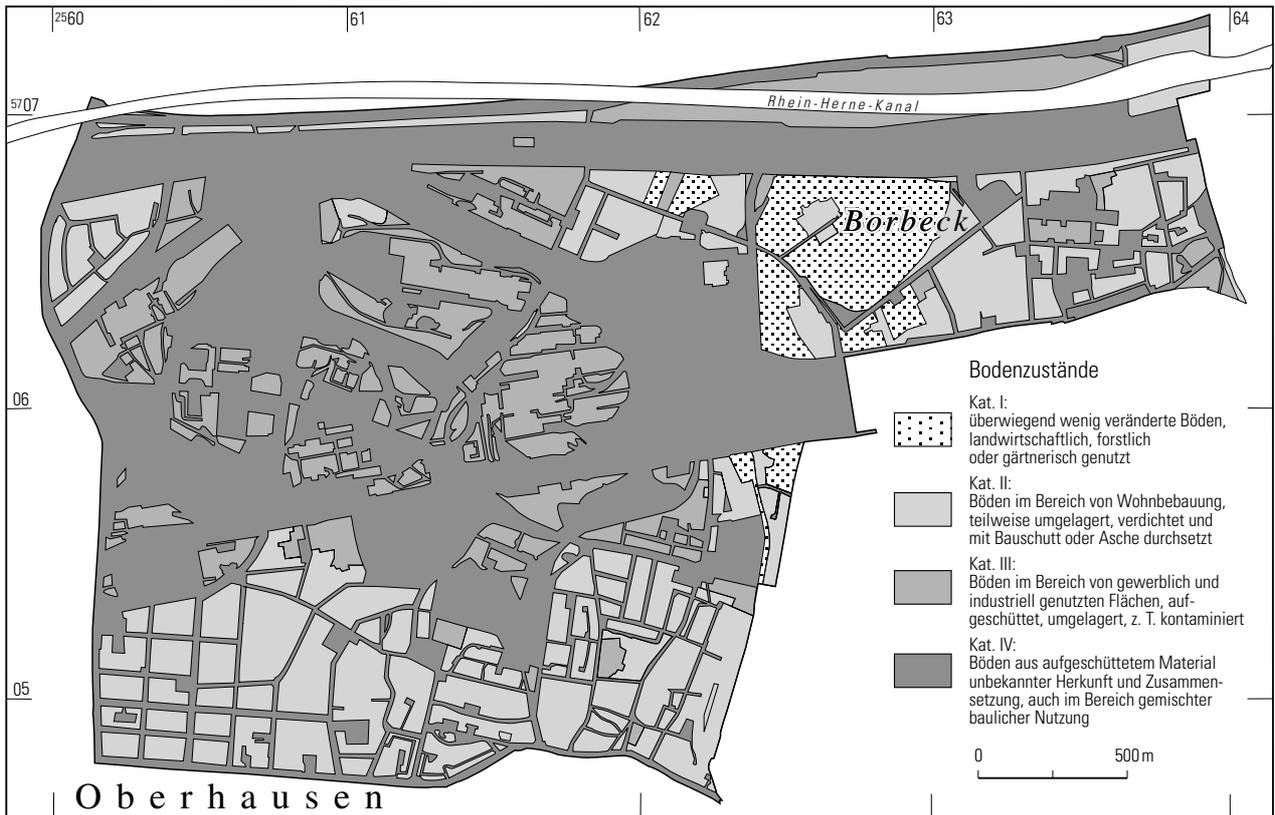
Kategorie	Merkmal
I	überwiegend wenig veränderte, nur im Oberboden beeinflusste Böden, die ausschließlich landwirtschaftlich oder forstlich genutzt wurden und noch weitgehend natürliche Bodeneigenschaften erwarten lassen
II	Böden im Bereich von Wohnbebauung sowie Haus- und Kleingärten, Parks, Spielplätze, Begleitgrünflächen im Gebäudeumfeld und Flurstücke mit zwischenzeitlich gewerblicher Nutzung. Die Böden sind teilweise umgelagert, häufig verdichtet und mit Bauschutt und/oder Aschebeimengungen durchsetzt.
III	Böden im Bereich gewerblich und industriell genutzter Flächen, auf Altstandorten (Eisenverhüttung) sowie auf einem ehemaligen Zechengelände mit Kokerei. Hier ist durch Auf-/Anschüttung von Materialien unterschiedlicher Mächtigkeiten und unbestimmter Qualitäten, natürlichem Bodenmaterial mit Beimengungen von Bauschutt und Produktionsresten zu rechnen; die Böden können zum Teil kontaminiert sein.
IV	Böden auf sanierten Standorten, Aufschüttflächen teilweise mit Belastungsverdacht sowie Baumaterial unter versiegelten Flächen (Straßen, Plätze) aus Substraten unterschiedlicher Herkunft, Vornutzungshistorie und Qualität; Untersuchungsbedarf spätestens nach Nutzungsumwidmung vor Ort oder nach Umlagerung der Materialien

Die Angaben über die Bodenzustände der 8 Zeitebenen der Luftbilder wurden übereinander gelagert und miteinander verschnitten (Abb. 7). In der Karte Nutzungsbedingte Bodenzustände sind die jeweils höchsten Kategorien einer Nutzung abgebildet.

Angaben über bodenbildende Substrate lieferte die Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern 1 : 25 000, Blatt Mülheim (Ruhr), von 1930 (Abb. 8). Sie gibt Hinweise auf die Bodenentwicklung und hilft bei der Abgrenzung von Kartiereinheiten. Folgende Substratangaben konnten der (digitalisierten) Geologischen Karte entnommen werden:

Abb. 7 Nutzungsbedingte Bodenzustände (S. 25, oben)

Abb. 8 Substrate der Bodenbildung nach der Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern 1 : 25 000, Blatt Mülheim (Ruhr), (1930; Bearb. BÄRTLING & BREDDIN; S. 25, unten)



2.6 Bodenkundliche Aufnahme im Gelände

Aufbauend auf den Informationen der Konzeptkarte (s. Kap. 2.5) erfolgte 1991/1992 die bodenkundliche Erhebung im Gelände. Es wurden ca. 600 Sondierungen mit dem Bohrstock niedergebracht, 20 Schürfguben angelegt und Aufschlüsse aus Baumaßnahmen aufgenommen. Soweit keine Hindernisse im Untergrund die Bohrungen oder Grabungen behinderten, konnte grundsätzlich der bodenkundlich relevante Bereich von 2 m Tiefe erfasst werden. Die Beschreibung und Bewertung der Bodenverhältnisse erfolgte nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG Bodenkunde 1982; ergänzt durch AG Boden 1994).

Vor der Geländeaufnahme wurden Kabel- und Leitungspläne in verschiedenen Ämtern und Behörden eingesehen. Hierdurch sollten eine Gefährdung der Kartiermannschaft und Sachbeschädigungen ausgeschlossen werden. Zusätzlich ging jeder Bohrung eine Überprüfung des Bohrpunktes mit einem Metalldetektor und/oder Kabelsuchgerät voraus.

Die räumliche Verteilung der Bohrpunkte steht in Abhängigkeit vom anthropogenen Überprägungsgrad des Geländes. Auf natürlichen Standorten wurde rasterförmig kartiert, wobei die Bohrpunkte etwa 50 m voneinander entfernt lagen. In überformten und überbauten Bereichen lagen die Bohrpunkte aufgrund von Kartierhindernissen häufig weiter auseinander.

Im eigens für die Kartierung entwickelten Aufnahmeformular konnten detailliert Horizonte und Schichten beschrieben und zusätzlich Standortmerkmale des unmittelbaren Bohrumfeldes zusammengetragen werden. Als Besonderheiten der städtischen Standortdaten wurden an einzelnen Bohrpunkten die Nutzungsart der Fläche, die Nutzungsgeschichte, Versiegelungsgrad und -art sowie die Pflanzengesellschaften vermerkt. Zur Erweiterung der Horizont- und Schichtenbeschreibung erfolgten Angaben zum Verfestigungsgrad des Substrates, da dieser eine maßgebliche Einflussgröße auf den Wasser- und Lufthaushalt überformter Böden darstellt.

2.7 Einzelflächenbeschreibungen aus den Geländeerhebungen

Durch Hinweise aus der Konzeptkarte, durch Geländemerkmale sowie die Informationen aus den einzelnen Bohrungen und Referenzprofilen konnten die Erkenntnisse aus der Punkterhebung in Flächeninformationen umgesetzt werden.

Da neben den natürlichen Faktoren der Bodenbildung wie Ausgangssubstrat, Wasser, Relief etc. im Untersuchungsgebiet noch weitere Einflüsse (u. a. heutige oder frühere Nutzungen) das Erscheinungsbild der Böden bestimmen, war eine Darstellung der sehr heterogenen Bodenverhältnisse in konventionellen Bodeneinheiten nicht möglich.

Stattdessen wurden Flächen nach Bodenartenschichtung, Substratzusammensetzung, Wasserverhältnissen und Nutzung ausgeschieden. Jede ausgeschiedene Fläche wurde detailliert in einem Formblatt beschrieben (Abb. 9). In diesen Einzelflächenbeschreibungen sind unter anderem enthalten:

- Kennung der Flächen durch fortlaufende Nummerierung, Kennzeichnung ihrer Lage durch Rechts- und Hochwerte
- allgemeine Angaben zur Nutzungsgeschichte und aktuellen Nutzung, Bodentyp und Geologie
- Beschreibung der für die Fläche durchschnittlichen Bodenartenschichtung mit schichtbezogenen Angaben über Humus- und Carbonatgehalt sowie Wasserdurchlässigkeit
- Angaben zum Wasserhaushalt

Die Angaben zur Bodenart wie auch zum Grundwasser und zur Staunässe wurden mittels eines Datenschlüssels und einer für diese Zwecke entwickelten Syntax codiert. Mit Hilfe eines EDV-Programmes konnten – differenziert für jede Schicht – entsprechend der prozentual gewichteten Bodenarten Kenngrößen errechnet und Angaben zu Bodeneigenschaften gemacht werden. Diese befinden sich auf der Rückseite des jeweiligen Formblattes. Die Benennung der Bodenkennwerte erfolgt zur besseren Übersicht über eine Nominalskalierung, die den jeweiligen Mittelwert für die ausgegrenzten Flächen darstellt. Für die folgenden Kennwerte mussten daher Spannweiten angegeben werden:

Kennwerte

- Nährstoffspeichervermögen
- Wasserspeichervermögen
- Filterwirkung (gesamt)
- potenzielles Rückhaltevermögen für wasserlösliche (und nicht mit der Bodenmatrix in Wechselwirkung stehende) Stoffe
- Bindungsstärke für Schwermetalle

Bodenveränderungen

- Versiegelung: Flächenanteil (geschätzt) und Art (z. B. porös, total)
- Auftrag/Verfüllung: Flächenanteil und Mächtigkeit
- Schadstoffbelastung
- sonstige Bodenbelastungen

Sonstiges

- Gefährdungen, die von den Flächen ausgehen und auf Wasser, Luft, Flora, Fauna sowie den Menschen wirken wie Verlagerung von belastetem Bodenmaterial durch Wind, Niederschlagswasser oder Massenversatz oder Mobilisierung von Schwermetallen bei zunehmender Bodenversauerung/pH-Absenkung
- Empfindlichkeit, das heißt Sensibilität des Bodens, auf Eingriffe unmittelbar und nachhaltig mit Funktionsveränderungen und/oder mit Veränderungen in den Standorteigenschaften zu reagieren: unter anderem erhöhte Erosionsanfälligkeit bei fehlender Vegetationsbedeckung, Verdichtungsneigung bei Bearbeiten, Befahren oder Betreten in feuchtem Zustand
- Schutzwürdigkeit der Böden, zum Beispiel bei Böden mit hoher ökologischer Funktion (mit extremem Wasser- und/oder Nährstoffangebot), Böden mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit
- Bodenbewertungsklassen, das heißt Grad der anthropogenen Überprägung von Böden. Grundlage der Einstufung von Böden/Flächen in 6 Klassen sind Art und Intensität der Beeinflussung, Bodenentwicklung, Bodenkennwerte sowie Schadstoffbelastung. Die Spannweite reicht von der naturnahen Bodenbildung aus natürlichen Substraten bis hin zu anthropogen überprägten Bodenbildungen aus punktuell stark belasteten, überwiegend technogenen Substraten mit fehlender beziehungsweise gering mächtiger Überdeckung.

Abb. 9 Einzelflächenbeschreibung

Stadtbodenkartierung Oberhausen - Brücktorviertel				
TK 25 4507	DGK - Name / DGK - Nr. Oberhausen-Ost / 8	Koordinaten R-Wert: 25 60 300 H-Wert: 57 05 200	Flächen-Nr. 3, 3a	
Allgemeine Angaben				
Nutzung: Wohngebiet, Randbebauung mit Nutz- und Ziergarten innerhalb der Blöcke, Innenhöfe vereinzelt mit Gewerbebetrieben				
Nutzungsgeschichte: Wohngebiet				
Bodentyp: Mischböden, in den Gärten (Fläche 3a) Hortisole und tief reichend humose Braunerden				
Geologie: Sand und Kies der Mittelterrasse, z. T. mit Geschiebelehm und/oder Flugsandbeimengungen (Pleistozän)				
Horizont- / Schichtbeschreibung (Flächendurchschnitt)				
Schichtmächtigk. (in cm)	Bodenart	Humusgehalt (in %)	Carbonatgehalt	Wasserdurchlässigkeit
40 - 80	humoser, schwach lehmiger, kiesiger Sand, vereinzelt geringe Beimengungen von Schlacke, Asche, Kohle	4-5	mittel (2-10 %)	sehr hoch
120 +	kiesiger Sand, stw. schwach lehmig	---	---	sehr hoch
Wasserhaushalt				
Grundwasserstand: (inkl. Kapillarraum) tiefer 200 cm u. GOF		mittlerer Grundwasserschwankungsbereich: ---		
ermittelt: Okt. 91		(während der Veg.-periode)		
Staufläche - Tiefe (cm): ---		- Grad: ---		

Einstufung der Bodeneigenschaften (Flächenmittel)						Flächennummer: 3, 3a
1 = sehr gering 2 = gering 3 = mittel 4 = hoch 5 = sehr hoch						
	1	2	3	4	5	
Natürliche Ertragsfähigkeit: (Wertzahlen der Bodenschätzung:)			X			
Nährstoffspeichervermögen:			X			
Wasserspeichervermögen:			X			
Filterwirkung (gesamt):			X			
Potenzielles Rückhaltevermögen für wasserlösliche Stoffe:			X			
Bindungsstärke für Schwermetalle:				X		
Bodenveränderung, Bodenbelastung						
geschätzter Flächenanteil (%)						
Versiegelung:	50 - 70		Art: 75 total / 25 porös			
Auftrag/Verfüllung:	< 15		Mächtigkeit: 40 - 100 cm			
Schadstoffbelastung: In den Gartenböden treten stw. durch jahrelanges Ausbringen von Hausbrandasche erhöhte Gehalte an organischen Schadstoffen und Schwermetallen auf (Profil P 2)						
Sonstige:						
Gefährdung	Empfindlichkeit	Schutzwürdigkeit				
örtlich direkte Schadstoffaufnahme durch den Menschen möglich; Pfad: Boden-Mensch	---	Gärten innerhalb der Blöcke (Randbebauung) mit erhaltenswürdigen Böden; Bedeutung für GW-Neubildung/Vegetation (Klimaklima)				
Sonstige Angaben						
schwach lehmiger Sandboden; in den Gärten durch jahrelange Gartennutzung (tiefes Umgraben, organische Düngung) tief humose, lockere Böden (Hortisole); bei gewerblicher Nutzung Innenhöfe versiegelt						
Bodenbewertung						
	A	B	C	D	E	F
Klasse:		X				
Empfehlung zum Bodenschutz						
Erhalten der Gartenböden, besonders der z. T. mächtigen Humushorizonte (hohes Schadstoffbindevermögen); Innenhöfe so weit wie möglich entsiegeln						

- Empfehlungen zum Bodenschutz. Hier erfolgen Angaben über Maßnahmen zur Bodenverbesserung sowie zu möglichen Nutzungseinschränkungen.

2.8 Probennahme für Laboruntersuchungen

Auf ausgewählten Standorten (u. a. Acker, Garten, Park, Fahrbahnmittelstreifen, Abstandsgrünfläche, Bahndamm, Bolzplatz, Halde) wurden insgesamt 21 Referenzprofile angelegt (s. Tab. 5, S. 32). Sie werden im Text als P 1 bis P 22 bezeichnet – die Profilvernummer P 20 wurde nicht vergeben – und repräsentierten die Spannweite der im Untersuchungsgebiet vorkommenden natürlichen und anthropogenen Böden. Die Profile wurden beschrieben und horizont- beziehungsweise schichtweise beprobt. In den Aufschlüssen wurden unter anderem folgende Merkmale ermittelt:

- Horizontierung der natürlich gelagerten und anthropogen aufgetragenen Schichten
- Bodenartenzusammensetzung
- Beschreibung der natürlichen und technogenen Substrate
- Mengenverhältnis natürlicher und technogener Substrate
- Lagerungsart
- Gefüge
- Verfestigungsgrad
- effektive Lagerungsdichte
- Feuchte
- organische Substanz
- Carbonatgehalt
- Durchwurzelung
- Gerüche und Gase
- Redoxpotenzial
- Farbe

Die Entnahme der Proben erfolgte in der Profilgrube. Für die chemischen und physikalischen Untersuchungen wurden horizont- oder schichtbezogen Bodenproben entnommen. Ziel der Untersuchungen war zum einen die Bestimmung der nicht über Schätzgrößen erfassbaren Bodeneigenschaften und -merkmale und darüber hinaus die Überprüfung der geschätzten Größen (z. B. gesättigte Wasserleitfähigkeit, Porenvolumen, stoffliche Bodenveränderungen).

2.9 Material und Labormethoden

Zur Charakterisierung der chemischen und physiko-chemischen Eigenschaften der Bodenproben wurden aus den im Feld angesprochenen Horizonten der Referenzprofile gestörte Bodenproben entnommen. Zur Gewinnung repräsentativer Proben der Bodenhorizonte erfolgte die Entnahme gleichmäßig über die ganze Profildbreite. Stellten sich visuell im Horizont stark in der Zusammensetzung differenzierbare Teilbereiche dar, wurden diese durch eine gesonderte Beprobung aufgenommen. Die Beprobung der Profile erfolgte dabei über alle Horizonte, die mit der Grabung aufgeschlossen waren. Bei Horizonten oberhalb des (weitgehend) unverwitterten Ausgangsgesteines, die eine Mächtigkeit von mehr als 50 cm aufwiesen, wurde eine schematische Unterteilung in ca. 30-cm-Schritten vorgenommen, um eine eventuell nicht sichtbare, aber an Laborkennwerten ableitbare Differenzierung zu erfassen.

Die späteren Analysen erfolgten an luftgetrockneten Bodenproben, die auf < 2 mm Korndurchmesser (= Feinerde) abgeseibt waren. Neben der Feinerde wurde das Bodenskelett in Kunststofftüten, abgepackt in Stülpkartons, verwahrt.

Die bodenphysikalischen Bodenuntersuchungen (gesättigte Wasserleitfähigkeit, Zusammensetzung des Porenvolumens, Luftleitfähigkeit) erfolgten an Probenmaterial in weitgehend ungestörtem Zustand. Hierfür

wurden von ausgewählten Horizonten Metallstechringe mit 100 beziehungsweise 250 ml Bodenmaterialinhalt entnommen. Aufgrund der Heterogenität der Substratzusammensetzung in den Horizonten wurde darauf geachtet, dass zur Abgleichung der auftretenden Streuung jeweils 10 Stechringe mit 100 beziehungsweise 250 ml Inhalt entnommen werden konnten. In extrem skelettreichen Böden konnten teilweise nur weniger oder gar keine Stechringparallelproben gezogen werden. Sofern technisch machbar, wurden aus diesen Bodenbereichen 1 000-ml-Stechringproben zur Bestimmung des Volumengewichtes (Vg) entnommen.

Die Methoden zur Charakterisierung der chemischen und physiko-chemischen Eigenschaften der Bodenproben sind im Anhang dokumentiert.

3 Ergebnisse

3.1 Konzeptkarte

In den Karten Nutzungsbedingte Bodenzustände (Abb. 7) und Substrate der Bodenbildung nach der Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern 1 : 25 000, Blatt 4507 Mülheim (Ruhr), (1930; Abb. 8), wurden bodenkundlich interpretierbare Daten berücksichtigt, die den Kartierer bei der Abgrenzung und Ausweisung von Flächen mit identischen oder ähnlichen bodenkundlichen Merkmalen unterstützen.

Nach der Karte Nutzungsbedingte Bodenzustände (Abb. 7) sind im Untersuchungsgebiet die Böden unterschiedlich stark verändert. Weitgehend natürliche oder wenig veränderte Böden der Kategorie I (s. auch Tab. 3) sind demnach nur auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen im Norden und Nordosten sowie kleinfächig auch im Uferbereich des „Läppkes Mühlenbaches“ zu erwarten.

Teilweise umgelagerte und verdichtete Böden der Kategorie II mit Beimengungen von Asche und Bauschutt finden sich nach der Konzeptkarte im Bereich der Wohnbebauung im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes wie auch im Siedlungsbereich Borbeck, Osterfelder Straße und am Grafenbusch.

Auf- und Anschüttungen von Materialien unbestimmter Qualitäten der Kategorie III finden sich demnach unter anderem zwischen der Feuerwache und der Zechenhalde sowie stellenweise auf dem ehemaligen Werksgelände der Firma Thyssen.

In weiten Bereichen des Untersuchungsgebietes, insbesondere auf dem Werksgelände der Firma Thyssen, der Zeche Oberhausen und auf den Halden sind Böden aus aufgeschüttetem Material unbekannter Herkunft zu erwarten. Dies trifft auch für einzelne Flächen im Bereich der Wohnbebauung zu.

3.2 Organische Schadstoffparameter

Zur Ermittlung der organischen Schadstoffparameter wurden an 19 Referenzprofilen insgesamt 84 Bodenbereiche untersucht, wobei vorwiegend die humosen Oberbodenlagen sowie Lagen mit auffälligen Anteilen an technogenen Substratbeimengungen zur Analyse kamen. Außerdem wurde zur Ermittlung der Belastungstiefe im Profil noch der Bereich untersucht, der im Gelände als weitgehend anthropogen unbeeinflusst angesprochen wurde.

Cyanide

Die Auswertung ergab, dass in 17 der 19 Bodenprofile Cyanide nachgewiesen werden konnten (Tab. 4). Die beiden Profile, in denen keine Cyanidgehalte gemessen werden konnten (Regosol P 10 und Pseudogley P 11) liegen in unmittelbarer Nachbarschaft (ca. 100 m) zueinander in der Grünanlage einer Mietwohnungsanlage. Bei der Aufschüttung und Modellierung des Geländes sind technogene Substrate eingemengt worden (Bergematerial, Bauschutt(grus), Schlacken); diese stammen aus Produktionsbereichen, in denen keine Cyanide entstehen.

Tabelle 4
Schwankungsbreite der Summe von PAK-, PCB- und Cyanidgehalten
zwischen den Horizonten der Profile (in mg/kg)

Profil		PAK	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180	Cyanide	n
P 1	Hortisol	n. n. 5,2	n. n. 0,005	n. n.	n. n.	0,005 0,005	n. n.	n. n.	0,11 4,6	6
P 2	Hortisol	1,9 18	n. n.	n. n.	n. n.	0,005 0,01	0,005 0,01	n. n. 0,01	<0,1 1,1	3
P 3	Regosol	0,05 14	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	<0,1 6,3	8
P 4	Gley-Braunerde	n. n. 3,0	n. n.	n. n.	n. n.	n. n. 0,01	n. n. 0,005	n. n.	<0,1 0,14	2
P 5	Regosol	0,3 69	n. n.	n. n.	n. n. 0,01	n. n. 0,02	n. n. 0,015	n. n. 0,005	<0,1 2,4	7
P 6	Pararendzina	3 3,3	n. n. 0,005	n. n.	n. n.	n. n. 0,005	n. n. 0,005	n. n.	0,26 0,27	2
P 7	Regosol	n. n. 54	n. n.	n. n.	n. n.	n. n. 0,015	n. n. 0,01	n. n. 0,01	<0,1 7,2	12
P 8	Braunerde	0,4 3,8	n. n.	n. n.	n. n.	n. n. 0,005	n. n.	n. n.	<0,1 0,3	5
P 9	Pararendzina	1,4 45	n. n. 0,005	n. n.	n. n. 0,01	n. n. 0,02	n. n. 0,025	n. n. 0,015	<0,1 0,83	5
P 10	Regosol	0,4 7,6	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	<0,1	3
P 11	Pseudogley	25 29	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	<0,1	2
P 12	Regosol	18 131	n. n.	n. n.	n. n.	n. n. 0,005	n. n.	n. n.	0,59 0,67	3
P 13	Braunerde-Podsol	n. n. 7,9	n. n.	n. n.	n. n.	n. n. 0,005	n. n. 0,005	n. n.	<0,1 0,67	3
P 14	Gley-Regosol	0,1 8,1	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	<0,1 1,0	3
P 15	Regosol	19 29	n. n.	n. n.	n. n.	n. n. 0,01	n. n. 0,005	n. n. 0,01	1,0 1,2	3
P 17	Regosol	7,3 83	n. n.	n. n.	n. n.	n. n. 0,01	n. n. 0,005	n. n. 0,01	19 39	4
P 18	Braunerde-Regosol	32 141	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	1 1,7	2
P 19	Esch	n. n. 6,0	n. n.	n. n.	n. n. 0,005	n. n. 0,01	n. n.	n. n.	<0,1 5,0	4
P 21	Braunerde	n. n. 46	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	<0,1 2,0	5

n. n. = nicht nachgewiesen

Vorwiegend liegen die Gesamtgehalte in den untersuchten Schichten der anderen Profile mit unter 5 mg Cyanid/kg (75 von 84 Analysen) auf einem niedrigen Niveau, wobei in 24 (vorwiegend von technogenen Substraten freien) Schichten kein Cyanid festgestellt werden konnte (Nachweisgrenze 0,1 mg/kg). Deutliche Anreicherungen – mit bis zu 39 mg Cyanid/kg – sind vor allem im Regosol (Profil P 17) gemessen worden. In der Regel ist eine Abnahme der Cyanidkonzentrationen in der Feinerde beziehungsweise im Feinsubstrat zu beobachten (Profile P 1, P 3, P 4, P 5, P 12, P 13, P 14, P 19 und P 21). Einen schichtweisen und augenfällig substratabhängigen Tiefenverlauf des Cyanidgehaltes weist der Regosol auf dem ehemaligen Bahndamm (Profil P 7) auf, wo die höchsten Gehalte mit bis zu 7,2 mg Cyanid/kg unmittelbar unter der 2 cm starken Sandabdeckung bis in ca. 35 cm Tiefe anstehen. Die im Vergleich mit den anderen Profilen auffälligen Anreiche-

rungen im Regosol (Profil P 17) – mit bis zu 39 mg Cyanid/kg – sind ebenfalls auf Beimengungen technogener Substrate zurückzuführen.

Die Auswertung aller auf Cyanide untersuchten Schichten zeigt deutlich, dass diese vorwiegend in den mit technogenen Materialien durchsetzten Schichten auftreten. Durch die verhältnismäßig geringen Gehalte ist jedoch eine genauere Zuordnung des eigentlichen Schadstoffträgers nicht möglich. In den Referenzprofilen liegen sehr wahrscheinlich Eisencyanide vor. Die statistische Auswertung ergab nur zu der oxalatlöslichen – das heißt der schlecht kristallinen – Eisenoxidfraktion eine sehr hoch signifikante lineare Beziehung mit den Korrelationskoeffizienten $r = 0,79$ (ohne Profil P 17) beziehungsweise $r = 0,68$ (mit Profil P 17). In den ungestörten (B-)Horizonten konnten keine Cyanide nachgewiesen werden. Insgesamt liegen die Cyanidgehalte der Profile auf einem niedrigen Niveau.

Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Ermittelt wurden die PCB-Gesamtgehalte (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180) aus den zuvor genannten 84 Bodenhorizonten der 19 Referenzprofile.

Die Analysen zeigen, dass in den meisten der untersuchten Bodenprofile keine PCB nachweisbar sind beziehungsweise sich nur wenig oberhalb der Nachweisgrenze von 0,005 mg/kg befinden (vgl. Tab. 4). Durch die geringen Gehalte bedingt, lässt sich zunächst keine Aussage über Herkunft und Bindungsform der PCB treffen. Auffällig ist jedoch, dass vorwiegend PCB 138, PCB 153 und PCB 180 in den untersuchten Bodenschichten nachgewiesen wurden.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Bei der PAK-Analyse wurden die Gehalte von 16 Aromaten nach EPA bestimmt (Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benzo(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-c,d)pyren, Dibenzo(ah)anthracen, Benzo(g,h,i)perylen). In allen Referenzprofilen konnten PAK nachgewiesen werden (Tab. 4). Besonders auffällig ist, dass Acenaphthylen, Acenaphthen und Fluoren sowie – etwas abgeschwächt – Anthracen im Vergleich mit den anderen PAK häufig unter der Nachweisgrenze liegen beziehungsweise nur niedrige Gehalte aufweisen. Die drei PAK Acenaphthylen, Acenaphthen und Fluoren unterscheiden sich von den anderen PAK durch deren starke strukturelle Verwandtschaft, wobei jeweils nur zwei kondensierte Benzolringe mit einem an- (Acenaphthylen, Acenaphthen) beziehungsweise zwischenkondensierten C⁵-Ring (Fluoren) vorliegen.

3.3 Beschreibung der Einzelprofilaufnahmen (Referenzprofile)

Im Pilotprojekt wurden zur Charakterisierung der Eigenschaften urban-industriell veränderter Böden 21 Profile untersucht (LUDESCHER & BURGHARDT 1993; HILLER 1993, 1995). Als ursprüngliches bodenbildendes Ausgangssubstrat standen im Untersuchungsgebiet Flugsand sowie sandige Fluss- oder Bachablagerungen über Sanden und Kiesen aus der Nieder- und Mittelterrasse der Ruhr sowie Talsand der Emscher an. Im Verlauf der Pedogenese entwickelten sich hieraus vorwiegend vergleyte, pseudovergleyte oder podsolierte Braunerden (Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen, Blatt 4506 Duisburg, 1978). Als Folge des ab 1808 einsetzenden Tiefbergbaus und der ab etwa 1850 stark prosperierenden schwerindustriellen Entwicklung wurden die natürlichen Böden im Brücktorviertel in starkem Maße verändert oder bis zu mehrere Meter mächtig mit verschiedenen Substraten aus anthropogenem Ursprung beziehungsweise mit Gemengen aus natürlichem Bodenmaterial und technogenen Substraten überdeckt. Charakteristisch für Oberhausen (und auch für andere Städte des Ruhrgebietes) sind Böden aus Substrataufträgen, die durch massive Beimengung technogener Substrate (vorwiegend Aschen, Schlacken, Bergematerial) aus der Bergbau- und Schwerindustrie gekennzeichnet sind. Naturnahe Böden sind meist nur inselartig im Untersuchungsgebiet erhalten geblieben. Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die Referenzprofile des Untersuchungsgebietes. Tabelle 6 (S. 33) gibt die systematische Kennzeichnung der Böden, geordnet nach Gruppen, wieder.

Tabelle 5

Übersicht der Referenzprofile (Benennung nach AG Boden 1994)

Referenzprofil	Bodentyp	Bodenform
P 1	Hortisol	Hortisol aus Schlacken und Bauschutt führendem Flugsand über Kies führendem Fluvilehm
P 2	Hortisol	Hortisol aus Aschen, Bauschutt und Kies führendem Fluvilehm über Kies führendem Fluvilehm
P 3	Regosol	Regosol aus Bauschutt und Aschen führendem, kalkhaltigem (Anthro-)Kohlensand über Fluvikiessand
P 4	Gley-Braunerde	Gley-Braunerde aus Aschen und Bauschutt führendem Fluvilehm über Fluvilehm
P 5	Regosol	Regosol aus kalkigem, Aschen, Bauschutt und Bergematerial führendem Anthrosand über Fluvilehm Kies
P 6	Pararendzina	Pararendzina aus Müll und Aschen führendem (Anthro-)Kalksand über Bauschutt führendem (Anthro-)Kalksand über tiefem Fluvisand
P 7	Regosol	Regosol aus flachem, Kohle und Schlacken führendem Anthrosand über Schlacken über tiefem Bergematerial
P 8	Braunerde	Braunerde aus Aschen und Schlacken führendem Fluvisand über Kies führendem Fluvisand
P 9	Pararendzina	Pararendzina aus kalkigem Anthroschutt-Kiessand über Hausmüll über tiefem Fluvisand
P 10	Regosol	Regosol aus Bergematerial führendem Anthrosand über (Anthro-)Bergematerialsand
P 11	Pseudogley	Pseudogley aus Bauschutt und Bergematerial führendem Anthrosand über tiefem Bauschutt und Bergematerialsand
P 12	Regosol	Regosol aus Kies führendem Anthrosand über (Anthro-)Bergematerialsand über tiefem Fluvisand
P 13	Braunerde-Podsol	Braunerde-Podsol aus Aschen und Bauschutt führendem Flugsand über Flugsand
P 14	Gley-Regosol	Gley-Regosol aus Aschen und Bauschutt führendem Anthrosand über Kies führendem Fluvisand über tiefem Fluvisandkies
P 15	Regosol	Regosol aus Bauschutt und Aschen führendem Bergematerialsand
P 16	Skeletthumusboden	Skeletthumusboden aus Schlacken führendem (Anthro-)Sandkies über Bauschutt und Aschen führendem (Anthro-)Sandkies
P 17	Regosol	Regosol aus anthrosandhaltiger Asche, Schlacke und Bergematerial
P 18	Braunerde-Regosol	Braunerde-Regosol aus flachem Schlackenschotter über sandigem Schlackenschotter über sandigem Bergematerial über tiefem Bergematerial
P 19	Esch	Esch mit Bauschutt führendem Anthrosand über tiefem, Kies führendem Fluvisand
P 21	Braunerde	Braunerde aus flachem, Aschen, Schlacken und Bauschutt führendem Anthrosand über Kies führendem Fluvisand über tiefem Fluvisandkies
P 22	Regosol	Regosol aus Kies führendem Anthrosand über Bauschutt und Asche führendem Anthrosand

3.3.1 Gruppe I: Naturnahe sowie tiefgründig bearbeitete Böden

Nach der Geländekartierung zeigte sich, dass nur auf 17 % der Fläche der Grad der anthropogenen Überformung als gering einzuschätzen ist. Die Arbeiten ergaben weiterhin, dass die Hortisole (tiefgründig bearbeitete Gartenböden) und tiefgründig humosen Braunerden einen Flächenanteil von etwa 22 % einnehmen. Die Profile P 8, P 13, P 21, P 4, P 2 und P 1 wurden dieser Kategorie zugeordnet (s. Tab. 6).

3.3.1.1 Allgemeine Profilmerkmale

Die Hortisole beziehungsweise tiefgründig humosen Braunerden im Kartiergebiet weisen als Folge der organischen Düngung einen stark humosen und mächtigen A-Horizont auf. In den untersuchten Profilen folgen den A-Horizonten Bv-Horizonte oder – meist im Unterbodenbereich – Horizonte, die aufgrund ihrer differen-

Tabelle 6
Systematische Kennzeichnung der Böden (Benennung nach AG Boden 1994)

Profil	Gruppe I <i>naturnahe sowie tiefgründig bearbeitete Böden</i>	Nutzung zur Zeit der Beprobung
P 8	Braunerde aus Aschen und Schlacken führendem Fluvisand über Kies führendem Fluvisand (BB: f-(Ya+Ys)s/f-(k)s)	Parkanlage
P 13	Braunerde-Podsol aus Aschen und Bauschutt führendem Flugsand über Flugsand (BB-PP: a-(Ya+Yb)s/a-s)	Grünanlage
P 21	Braunerde aus flachem, Aschen, Schlacken und Bauschutt führendem Anthrosand über Kies führendem Fluvisand über tiefem Fluvisandkies (BB: o-(Ya+Ys+Yb)sf-(k)s//f-sk)	Straßenmittelfstreifen
P 4	Gley-Braunerde aus Aschen und Bauschutt führendem Fluvilehm über Fluvilehm (GG-BB: f-(Ya+Yb)//f-l)	Weide
P 2	Hortisol aus Aschen, Bauschutt und Kies führendem Fluvilehm über Kies führendem Fluvilehm (YO: f-(Ya+Yb+k)//f-(k)l)	Hausgarten
P 1	Hortisol aus Schlacken und Bauschutt führendem Flugsand über Kies führendem Fluvilehm (YO: a-(Ys+Yb)s/f-(k)l)	Ödland
Gruppe II <i>Böden mit Auftragungsschichten aus carbonatfreiem oder -armem Ausgangssubstrat</i>		
P 14	Gley-Regosol aus Aschen und Bauschutt führendem Anthrosand über Kies führendem Fluvisand über tiefem Fluvisandkies (GG-RQ: o-(Ya+Yb)s/f-(k)s//f-sk)	Ödland
P 12	Regosol aus Kies führendem Anthrosand über (Anthro-)Bergematerialsand über tiefem Fluvisand (RQ: o-(k)s/o-Y^kos//f-s)	Grünanlage
P 10	Regosol aus Bergematerial führendem Anthrosand über (Anthro-)Bergematerialsand RQ: o-(Y^ko)s/-Y^kos)	Grünanlage
P 7	Regosol aus flachem, Kohle und Schlacken führendem Anthrosand über Schlacken über tiefem Bergematerial (RQ: o-(Ys)sxlo-Ys//o-Y^ko)	ehem. Bahndamm
P 3	Regosol aus Bauschutt und Aschen führendem, kalkhaltigem (Anthro-)Kohlensand über Fluvikiessand (RQ: o-(Yb+Ya)xs/f-ks)	Ödland
P 19	Esch mit Bauschutt führendem Anthrosand über tiefem, Kies führendem Fluvisand (EE: o-(Yb)s//f-(k)s)	Ödland
Gruppe III <i>Böden aus Auftragungsschichten mit carbonathaltigem bzw. alkalisierendem Ausgangssubstrat</i>		
P 5	Regosol aus kalkigem, Aschen, Bauschutt und Bergematerial führendem Anthrosand über Fluvilehm-kies (RQ: o-(Ys+Yb+Y^ko)cs/f-lk)	Park
P 22	Regosol aus Kies führendem Anthrosand über Bauschutt und Asche führendem Anthrosand (RQ: o-(k)s/o-(Yb+Ya)s)	Grünanlage
P 15	Regosol aus Bauschutt und Aschen führendem Bergematerialsand (RQ: o-(Ybz+Ya)Y^kos)	Bauplatz
P 16	Skeletthumusboden aus Schlacken führendem (Anthro-)Sandkies über Bauschutt und Aschen führendem (Anthro-)Sandkies (Fsn: o-(Ys)-sk/o-(Yb+Ys)sk)	Gewerbegebiet
P 11	Pseudogley aus Bauschutt und Bergematerial führendem Anthrosand über tiefem Bauschutt und Bergematerialsand (SS: o-(Yb+Y^ko)s//o-Yb+Ykos)	Grünanlage
P 17	Regosol aus anthrosandhaltiger Asche, Schlacke und Bergematerial (RQ: o-sYa+Ys+Y^ko)	Ödland
P 6	Pararendzina aus Müll und Aschen führendem (Anthro-)Kalksand über Bauschutt führendem (Anthro-)Kalksand über tiefem Fluvisand (RZ: o-(Yü+Ya)cs/(Yb)cs//ff-s)	Sportanlage
P 9	Pararendzina aus kalkigem Anthroschutt-Kiessand über Hausmüll über tiefem Fluvisand (RZ: o-cYa+Y^ko+Ybks/o-Yü//fos)	Bolzplatz
P 18	Braunerde-Regosol aus flachem Schlackenschotter über sandigem Schlackenschotter über sandigem Bergematerial über tiefem Bergematerial (BB-RQ: Ys'sYs/sY^ko//Y^ko)	Industriebahnanlage

zierten Verteilung pedogener Oxide auf rezente beziehungsweise reliktschen Stau- oder Grundwassereinfluss hinweisen. Während die Hortisole als Folge der Bodenbearbeitung sowie der Bioturbation durch Regenwürmer einen sehr lockeren und krümeligen A-Horizont besitzen (Lagerungsdichte $d_B = 0,87 - 1,16 \text{ g/cm}^3$), ist der humose Oberbodenbereich durch Tritt und/oder Befahren etwas dichter ($d_B = 1,20 - 1,42 \text{ g/cm}^3$) und weist zum Teil sogar ein leichtes Plattengefüge auf. Die Hortisole enthalten in ihrem umgegrabenen Oberboden als technologische Substrate häufig neben (Hausbrand-)Aschen und (Holz-)Kohle auch vergrusteten Bauschutt sowie Glas- und Porzellanscherben. Diese Substrate werden auch in den anthropogen nur geringfügig veränderten Böden vorgefunden, verstärkt jedoch nur im obersten Dezimeter. Der Anteil von Bergematerial oder Schlacken ist gering (nach Profilsprache geschätzt $< 5 \%$). Da die Bodenbildung im Brücktorviertel vorwiegend in Flugsanden oder fluviatil abgelagertem, sandigem Ausgangsgestein abgelaufen ist, sind auch – von den Horizontbereichen ausgenommen, in denen Bauschutt- und Mörtelgrus vorkommen – keine Carbonate in den Profilen nachweisbar. Das Fehlen der Carbonate geht einher mit geringeren pH-Werten. Im Gegensatz zu den Böden mit carbonatfreiem oder -armem Ausgangssubstrat oder den Böden mit carbonathaltigem beziehungsweise alkalisierendem Ausgangssubstrat dominiert in den Horizonten der hier vorgestellten Profile eine vorwiegend mäßig bis stark saure Bodenreaktion. Nur in den obersten zwei Schichten (jyC, 0 – 0,8 dm und j(y)C, 0,8 – 1,5 dm) der Braunerde (P 21) liegt durch die aufgetragene Schlacke, Asche sowie den Ziegel- und Mörtelgrus ein schwach alkalisch einzustufender $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Wert (7,4 u. 7,6) vor. Auffällig ist, dass in diesen 6 Profilen der pH-Wert im Unterbodenbereich zunächst erwartungsgemäß geringfügig ansteigt, dann aber teilweise abrupt um bis zu 2,7 pH-Einheiten (z. B. P 21, Bv, pH = 6,9 und Bv2, pH = 4,2) absinkt. In diesen Unterbodenbereichen kann meist schon im Gelände ein Schichtwechsel von holozänem bis pleistozänem Flug- und Geschiebesand in pleistozänes Terrassenmaterial festgestellt werden (vgl. auch Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000, Blatt L 4506 Duisburg, 1978).

Der Skelettgehalt variiert, in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial, bereits innerhalb der Profile zum Teil erheblich; die höchsten Gehalte (bis 90 %, P 1, IrGo) liegen stets in den Horizonten vor, welche sich im Terrassenschotter entwickelt haben. Der Oberboden enthält zumeist weniger als 15 Gew.-% Skelett; dies ist als schwach skeletthaltig einzustufen. Die Skelettzusammensetzung im Oberboden wird zwar vom Naturkies und -schotter dominiert, aber es werden auch die für das Ruhrgebiet typischen anthropogenen Substrate wie Aschen und Schlacken, Bauschuttgrus, Kohle und Koks sowie Porzellan- und Glasbruchstücke vorgefunden.

Durch nur gering mächtige Aufträge beziehungsweise die allenfalls bis ca. 6 dm gehende mechanische Mischung durch Umgraben bei den Hortisolen zeigt der Kohlenstoffgesamtgehalt im humosen Oberboden sein Maximum (1,4 – 15 % C_t). Durch Regenwurm-tätigkeit sind aber auch bis in den Unterboden humose Substanzen verlagert, was bereits bei der Profilsprache im Gelände durch die grau gefärbten Humustapeten an angeschnittenen Regenwurm-gängen offensichtlich wurde. Eine genaue Betrachtung der Wurm-gänge zeigt darüber hinaus, dass diese (schwarze, glänzende) Steinkohlenplättchen enthalten können und somit im Unterboden – neben dem Humus-C – ebenfalls aus fossilen organischen Substanzen stammender Kohlenstoff vorgefunden werden kann.

3.3.1.2 Säureneutralisationskapazität, Sorptionspotenzial und Nährstoffstatus

Die noch um 1840 auf historischen Karten als Heideflächen eingetragenen Standorte der naturnah verbliebenen Bodenprofile im Brücktorviertel sind im Oberboden durch geringe Beimengungen carbonathaltiger, technologischer Substrate beziehungsweise durch Düngung und Immissionen mit einer Säureneutralisationskapazität (SNK) aufgewertet worden. Dies zeigen deutlich die Ergebnisse aus dem Ober- und Unterbodenbereich. Im Unterboden von P 8 und P 13 ($> 3 - 10 \text{ dm}$ Tiefe), der keine technologischen Substratbeimengungen enthält, sind die SNK_{CO_3} -Werte auch stets 0. Im auf 3 dm berechneten Oberboden der naturnah verbliebenen Braunerde (P 8) ist dagegen eine geringe, bei dem Braunerde-Podsol (P 13) und bei der Braunerde (P 21) eine als mittel einzustufende $\text{SNK}_{\text{CO}_3}/\text{m}^2$ vorhanden (Tab. 7), welche vorwiegend aus Pufferungsreaktionen der im Ah-Horizont in geringen Mengen vorhandenen technologischen Substrate, zum Beispiel Schlacken(-sand), oder von Kalk gespeist wird. Die SNK würde ausreichen, um eine atmosphärische Protonendeposition von $0,4 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{a}$ noch 30 – 110 Jahre zu neutralisieren. Dieser Zeitraum ist bei den Hortisolen mit ca. 250 – 500 Jahren anzusetzen, womit das Säureneutralisationspotenzial stets auf einem hohen bis sehr hohen Niveau liegt (Tab. 7).

Tabelle 7

pH-Wert, Säureneutralisationskapazität, Kationenaustauschkapazität,
Nährstoff- und Schwermetallgehalte in der Feinerderaummasse der Profile

Profil	Tiefe in dm	pH _{CaCl2}	SNK _{CO3} mol _c /m ²	KAK	N _t	P _t	P _{DL}	P _{H2O}	K _{DL}	Mg _{CaCl2}	Ni _t	Ni _{pot}	g/m ²							
													Cu _t	Cu _{pot}	Zn _t	Zn _{pot}	Cd _t	Cd _{pot}	Pb _t	Pb _{pot}
naturnahe sowie tiefgründig bearbeitete Böden																				
P 8	0-3	5,2-5,7	12	26,7	862	333	14,6	4,5	38,5	20,1	3,7	0,5	11,1	2,9	104	32,5	0,5	0,4	36,8	29,1
	>3-10	5,7-5,8	0	29,4	638	230	9,9	4,8	20,7	28,8	3,7	0,6	8,9	0,9	28	5,4	0,3	0,4	44,0	9,5
P 13	0-3	5,6-6,4	28	36,2	671	453	28,0	7,3	12,8	5,3	4,4	0,3	13,6	2,3	112	41,6	0,6	* 0,4	52,5	26,5
	>3-10	6,4	0	22,5	290	207	8,0	5,8	7,4	3,2	6,3		9,0		23	2,0	* 0,5	* < 0,1	5,2	1,6
P 21	0-3	6,6-7,6	44	30,1	303	142	25,6	2,0	51,4	17,6	4,2	0,2	* 6,6	1,6	96,3	19,8	* 0,2	* 0,1	38,4	17,8
	>3-10	4,1-6,9	10	48,5	190	83	15,0	1,2	17,3	42,0	6,7	0,2	* 0,9	* 0,3	19,7	0,8	* < 0,1	* < 0,1	5,4	2,2
P 4	0-3	6,8	107	68,0	978	954	67,4	18,5	70,1	21,1	4,9	1,4	18,9	8,4	126	58,4	0,6	0,5	76,7	45,4
	>3-10	4,7-7,0	64	104	452	716	48,6	30,1	239	44,3	3,9	2,5	11,5		56	15,4	* 0,2	* 0,1	25,3	* 8,7
P 2	0-3	6,8	98	52,0	949	900	48,7	12,3	38,4	10,7	7,8	0,7	6,0	12,5	281	115	0,9	0,3	203	107
	>3-10	6,5-6,6	247	66,0	781	700	67,3	26,0	167	20,0	9,7	1,0	10,7	8,9	182	64	0,8	* 0,2	133	67
P 1	0-3	6,6-6,9	212	52,7	958	1 000	31,7	9,3	61,8	16,0	10,9	1,1	26,4	11,4	467	133	1,3	0,5	225	125
	>3-10	6,6-6,9	101	44,1	672	610	21,6	9,8	52,2	15,6	9,1	0,7	15,8	1,1	200	50	0,8	* 0,2	102	51,0
Böden mit Auftragsschichten aus carbonatfreiem oder -armem Ausgangssubstrat																				
P 14	0-3	6,6-6,7	62	30,0	837	364	26,6	9,2	11,3	6,8	3,3	0,5	9,7	3,9	111	42,1	* 0,4	* < 0,1	52,7	33,1
	>3-10	6,4-6,7	19	18,6	223	154	18,9	10,0	6,9	15,4	4,8	* < 0,1	5,6	2,5	25,0	3,1	* 0,1	* < 0,1	8,2	2,8
P 12	0-3	5,8-6,8	86	36,7	512	384	19,8	3,8	8,0	12,0	3,2	0,4	11,8	3,6	86,9	31,6	0,3	0,2	53,2	28,1
	>3-10	6,8-7,3	316	57,0	968	826	25,9	6,4	25,8	17,8	12,9	0,7	25,9	5,1	114	23,2	* 0,4	* 0,2	55,9	22,4
P 10	0-3	5,3-5,7	13	•	418	141	9,8	2,4	15,4	13,9	3,9	* 0,2	5,4	1,7	56,1	20,3	0,3	0,2	27,4	16,3
	>3-10	5,6-6,1	36	•	942	339	27,6	5,8	•	14,9	8,2	* 0,6	11,5	3,3	133	42,1	* 0,5	0,3	66,8	35,0
P 7	0-3	6,6-6,9	386	77,2	1 770	318	8,6	10,6	39,8	112	24,0	2,6	69,5	19,8	809	322	2,7	1,7	399	222
	>3-10	6,7-7,2	208	126	1 380	1 840	39,9	7,6	162	43,0	28,8	4,9	47,8	15,7	391	131	1,0	0,7	162	100
P 3	0-3	6,8-7,0	246	54,7	1 370	836	22,7	6,3	66,0	9,4	12,1	0,8	58,7	8,0	435	118	1,4	0,5	238	88,9
	>3-10	6,6-6,8	201	61,3	1 570	854	24,4	10,3	83,0	18,2	15,3	2,2	49,3	6,7	464	122	1,2	* 0,4	218	99,3
P 19	0-3	6,9-7,2	418	42,9	913	1 340	64,2	4,4	85,6	20,4	16,4	0,3	11,7	5,4	681	126	1,5	0,4	315	57,0
	3-10	7,1	180	115	1 240	800	93,8	16,0	77,4	36,6	6,5	0,3	4,1	2,7	188	33,2	• 0,5	• 0,1	74,4	6,2
Böden aus Auftragsschichten mit carbonathaltigem bzw. alkalisierendem Ausgangssubstrat																				
P 5	0-3	6,7-7,5	185	29,4	498	314	4,1	1,3	28,1	8,1	8,9	0,9	86,0	18,7	201	34,4	0,6	0,2	307	122
	>3-10	6,9-7,4	39	20,8	320	172	4,7	n. b.	22,1	n. b.	8,7	1,3	60,1	10,4	64,4	7,2	0,1	< 0,1	191	57,4
P 22	0-3	6,6-7,2	105	35,8	572	335	51,8	2,2	34,1	3,0	7,2	0,3	19,7	6,1	237	44,7	0,8	0,3	175	66,4
	>3-10	6,8-7,7	632	51,6	658	661	150	6,6	58,7	4,7	15,1	0,8	25,3	5,4	92,3	16,4	0,4	* < 0,2	283	20,5
P 15	0-3	7,3-7,4	201	33,3	732	270	32,8	2,4	50,7	12,7	9,7	0,7	26,2	6,7	163	50,0	1,0	0,5	67,0	34,7
	>3-10	7,1-7,4	135	49,1	1 450	770	49,1	1,8	53,3	18,1	10,6	0,8	24,8	5,3	86,2	31,8	0,3	0,2	36,2	17,4
P 16	0-3	8,5-9,8	268	11,2	22	55	2,3	0,2	8,4	0,3	2,2	< 0,1	3,8	0,1	24,5	1,4	< 0,1	< 0,1	11,8	1,9
	>3-10	8,1-8,5	175	17,8	91	296	18,0	1,7	48,3	2,3	6,3	< 0,1	5,2	0,2	69,1	5,8	* < 0,1	* < 0,1	52,7	11,1
P 11	0-3	5,0-5,7	37	118	1 160	500	33,8	4,6	22,6	16,3	4,9	0,7	13,2	2,4	105	40,2	0,6	0,4	56,5	33,3
	>3-10	5,7-7,9	301	112	1 270	540	35,3	5,9	5,1	19,0	6,3	0,5	18,5	6,2	197	48,4	0,7	0,3	69,7	40,0
P 17	0-3	7,0-7,6	206	17,5	160	239	29,0	1,1	24,8	12,6	6,9	< 0,1	27,9	1,8	41,8	3,0	0,2	< 0,1	24,8	4,3
	3-10	7,6-8,0	555	35,2	493	911	75,1	4,5	56,5	37,6	30,8	< 0,1	107	4,3	184		0,8	* < 0,1	156	27,1
P 6	0-3	7,0-7,3	125	23,3	577	282	9,8	3,5	21,4	26,7	5,4	1,1	10,1	3,6	116	29,6	0,2	0,3	47,4	17,0
	>3-10	7,1-7,6	1 020	71,8	1 540	664	30,7	9,4	68,5	80,3	9,3	1,0	19,9	4,5	146	40,2	0,5	0,1	82,7	38,0
P 9	0-3	7,3-9,9	325	21,8	662	325	9,0	2,3	33,8	47,4	11,1	2,2	56,0	21,1	928	444	1,2	0,8	84,4	44,1
	>3-10	7,2-7,3	235	92,5	2 430	1 530	44,5	10,5	173	46,8	2,9	1,4	13,1	5,9	213	114	0,5	0,3	318	167
P 18	0-3	7,4-7,6	68,4	0,8	296	103	11,4	0,6	1,4	4,3	4,3	3,0	5,5	0,8	25,9	5,6	< 0,1	< 0,1	20,0	5,0
	**>3-10	7,0-7,4	14,8	0,6	794	100	17,3	0,8	1,6	9,7	3,2	2,1	17,4	0,7	13,9	2,3	* < 0,1	* < 0,1	27,5	3,8

* Elementgehalt z. T. < NWG; Berechnung mit NWG/2

** interpoliert auf 10 dm

• wegen teilweiser Probenmaterialerschöpfung keine durchgehende Berechnung möglich

wahrscheinlich an der organischen Substanz und in Verbindung mit Fe-Oxiden gebunden ist. So bestehen in den 6 Profilen jeweils gesicherte Beziehungen zwischen dem P_t -Gehalt und dem von C_t ($r = 0,88^{***}$) beziehungsweise Fe_o ($r = 0,86^{***}$). In den R-Ah-Horizonten der Hortisole sind stets sehr hohe bis extrem hohe P_{DL} - und P_{H_2O} -Gehalte extrahierbar; die naturnahen Profile enthalten ein deutlich geringeres potenziell pflanzenverfügbares P-Angebot. Die Hortisole und (natürlich auch) die naturnahen Böden im Brücktorviertel haben aber eine geringere Eutrophierung als die Böden aus Substrataufträgen mit carbonathaltigem beziehungsweise alkalisierendem Ausgangssubstrat (s. Kap. 3.3.2 u. 3.3.3). Die Phosphatfraktionen (P_{DL}/P_{H_2O}) sind nach der statistischen Auswertung in erster Linie vom P_t -Gehalt ($r = 0,73^{***}$ und $r = 0,76^{***}$) sowie der oxalatlöslichen Fe-Fraktion ($r = 0,49^{***}$ und $r = 0,48^{***}$) abhängig. Bei einer schrittweisen multiplen Korrelation geht der C_t -Gehalt nicht in das Erklärungsmodell ein (Gleichungen 1 + 2):

$$1) \quad P_{DL} \text{ (mg/kg)} = 0,059 P_t \text{ (mg/kg)} - 0,003 Fe_o \text{ (mg/kg)} + 10,630$$

$$2) \quad P_{H_2O} \text{ (mg/kg)} = 0,017 P_t \text{ (mg/kg)} - 7,805 \cdot 10^{-4} Fe_o \text{ (mg/kg)} + 4,234$$

Ein Erklärungsansatz für dieses gleich geartete Verhalten der beiden P-Fractionen ist, dass das pflanzenverfügbare Phosphat vorwiegend aus Positionen von schlecht kristallinen Fe-Oxiden – die auch mit Humin- und Fulvosäuren komplexiert vorliegen können – mit geringer Bindungsstärke desorbiert wird. Das in der organischen Substanz als Phytat gebundene Phosphat hingegen wird durch die beiden Extraktionsmittel allenfalls zu einem untergeordneten Anteil erfasst.

Die Kaliumversorgung der Böden ist erwartungsgemäß in den gartenbaulich genutzten Profilen höher als in den geringfügig urban-industriell veränderten Profilen (vgl. Tab. 7). Die R-Ah- und auch die sich daran anschließenden Bv-Horizonte enthalten stets sehr hohe bis extrem hohe K_{DL} -Gehalte. Diese übermäßige K-Versorgung der Hortisole ist sicherlich auch auf den langjährigen Einsatz von Hausbrandaschen als Düngemittel zurückzuführen. Das austauschbare Kalium der 6 tonarmen und sandigen Böden stammt vorwiegend von K-Bindungsplätzen der organischen Substanz.

Die Magnesiumversorgung ist in den Profilen in der Regel im humosen Oberbodenbereich am höchsten; im Unterboden herrscht ein als mittel einzustufender pflanzenverfügbarer Magnesiumanteil vor. Die Mg-Versorgung der Vegetation ist – von P 13 abgesehen – für alle 6 Standorte als durchaus ausreichend einzuordnen.

3.3.1.3 Schwermetallgehalte

Untersuchungen des Landesumweltamtes NRW auf den Schwermetallgehalt in Haus- und Kleingärten sowie im Grabeland der dicht besiedelten Stadtlandschaft des Rhein-Ruhr-Gebietes ergaben, dass gebietsweise Anreicherungen mit anorganischen Schadstoffen in den intensiv industriell genutzten Regionen auftreten. Nach KÖNIG & KRÄMER (1985) liegen die Gehalte im Boden an Blei, Cadmium und Zink im Ruhrgebiet etwa doppelt so hoch wie in den meisten ländlichen Gebieten Nordrhein-Westfalens. Eine 1985 vom Rat der Stadt Oberhausen in Auftrag gegebene Untersuchung von gartenbaulich genutzten Böden ergab häufige Anreicherungen von Cadmium, Blei und Zink im Oberboden. Im Unterboden (> 3 dm) wurden durchweg geringe Schwermetallgehalte gemessen (Abb. 10).

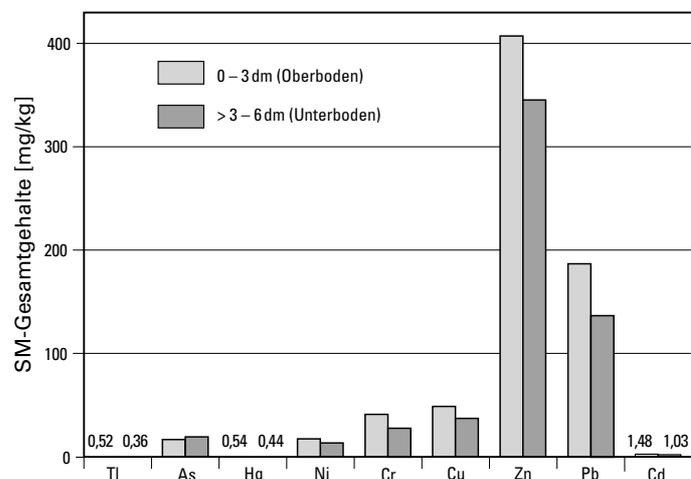


Abb. 10
Gemittelte Schwermetallgesamtgehalte (in mg/kg) aus dem Ober- und Unterbodenbereich gartenbaulich genutzter Böden (Amt für Umweltschutz 1992)

Die nachfolgend vorgestellten Untersuchungsergebnisse der Hortisole sowie der naturnahen Böden bestätigen die zuvor genannten Ausführungen. Im Gegensatz zu den in Kapitel 3.3.2 und 3.3.3 vorgestellten Böden aus Substrataufträgen besitzen die naturnahen Profile als typisches Kennzeichen „nur“ eine Schadstoffakkumulation im Oberboden, und die Mengen an Schwermetallen nehmen mit fortschreitender Tiefe bis auf die natürlichen Gehalte ab.

Tabelle 8

Unterschiedliche Fraktionen immissionsbedingter Zink-, Blei- und Cadmianreicherung in einem ehemaligen Hortisol (P 1)

Tiefe [cm]	Horizont	Zn _t	Zn _{pot}	Pb _t	Pb _{pot}	Cd _t	Cd _{pot}
		[mg/kg]					
- 2	R-Ah	2 050	673	1 010	578	6,5	3,1
- 5	R-Ah	1 980	612	969	573	6,0	2,6
- 10	R-Ah	1 540	444	754	428	5,0	1,9
- 20	R-Ah	1 380	388	649	364	3,7	1,5
- 40	R-Ah	1 290	349	630	331	3,6	1,4
- 55	Bv	145	25	84	37	0,5	n. n.
- 70	IIBv	90	14	56	26	0,5	n. n.
- 90	IICv-Bv	116	19	74	35	1,4	n. n.
- 120	IIrGo	80	4	42	5	2,9	0,2

n. n. = nicht mit der Flammen-AAS in der Extraktlösung nachweisbar

und nimmt bereits in den Horizontbereichen von 2 – 5 cm und 5 – 10 cm ab. In dem R-Ah-Horizontabschnitt von 1 – 4 dm verringert sich der SM-Gesamtgehalt – auf einem hohen Niveau – stets aber nur geringfügig. Möglicherweise durch Verlagerungsprozesse aus den darüber liegenden Horizontbereichen etwas überhöht, kann aber angenommen werden, dass die Gehalte in dem Tiefenabschnitt von 2 – 4 dm weitgehend der Durchschnittsbelastung im Horizont nach Einstellung der gartenbaulichen Nutzung entsprechen (Tab. 7 u. 8).

Als ein Hinweis darauf, dass die SM-Belastung in den Oberböden der Hortisole des Brücktorviertels in starkem Maße durch technogene Substrate eingebracht wurde, können die Gehalte an magnetischen Eisenverbindungen angeführt werden, die gesicherte Korrelationen zu den Gesamtgehalten von Blei ($r = 0,97^{***}$, $n = 8$), Zink ($r = 0,97^{***}$, $n = 8$), Kupfer ($r = 0,90^{**}$, $n = 8$) und Cadmium ($r = 0,88^{**}$, $n = 8$) in den Horizonten von P 1 besitzen. Dass die Umgebung von Eisenhüttenwerken starken (SM-haltigen), magnetische Fe-Verbindungen enthaltenden Immissionen ausgesetzt war, ergeben auch gleich gartete Ergebnisse von Untersuchungen in Duisburg.

Der durch 0,025 M EDTA-extrahierbare, als potenziell verfügbar anzunehmende Schwermetallanteil (SM_{pot}) am Gesamtgehalt der verschiedenen Schwermetalle ist im humosen Oberboden stets höher als im Unterboden und nimmt im Mittel in folgender Reihe ab:

A-Horizonte: Cd (69 %) > Pb (53 %) > Cu (34 %) > Zn (31 %) > Ni (10 %)

Unterbodenhorizonte: Pb (31 %) > Cu (16 %) > Ni (14 %) > Zn (11 %).

(Im Unterboden liegt der EDTA-solubierbare Cd-Anteil häufig im Bereich der Nachweisgrenze, sodass eine Abschätzung des potenziell mobilisierbaren Anteils problematisch ist)

Die oben aufgeführte Abfolge der potenziellen Schwermetall-Mobilisierbarkeit in den A-Horizonten der 6 urbanen Böden steht im Einklang mit der Reihenfolge

Cd (76 %) > Pb (52 %) > Cu (38 %) > Zn (19 %),

die von HORNBERG (1991) nach Untersuchungen an schleswig-holsteinischen Ackerbodenproben (Ap-Horizonte) publiziert wurde.

Die Schwermetall-Akkumulation in urbanen Ballungsräumen ist ein als „stadtspezifische Änderung“ bekannter Prozess (BLUME 1992). Es besteht aber derzeit noch ein erhebliches Informationsdefizit über den Anteil der mobilen Schwermetall-Gehalte in Stadtböden. In den Bodenproben der 6 untersuchten Profile zeigte

Die gravierendsten Schwermetall-Belastungen weist der zur Zeit der Probenentnahme bereits seit ca. 10 Jahren nicht mehr als Garten genutzte Hortisol (P 1) auf (Tab. 8). Obwohl davon ausgegangen werden kann, dass vor Aufgabe der Gartennutzung durch das Umgraben und Mischen eine weitgehend gleichmäßige SM-Verteilung im R-Ah-Horizont vorgelegen hat, zeigt sich jedoch bereits hier nach kurzer Zeit ein ausgeprägter Tiefengradient, was auf eine junge Belastung durch Immissionen hindeutet. Das Profil P 1 liegt nahe der Knappenthalde im südöstlichen Stadtgebiet von Oberhausen. Im Norden verlaufen die B 231 sowie die A 42 und dort liegt ein Eisenhüttenwerkkomplex. Im (Süd-)Osten grenzt ein inzwischen aufgegebenes Hochofen- und Eisenhüttenengelände an (Hüttenwerke Oberhausen), welches lange Zeit das größte seiner Art in Europa war. Die SM-Belastung ist in den obersten 2 cm am größten

sich, dass die im NH_4NO_3 -Extrakt gelösten Schwermetall-Konzentrationen, von Zink abgesehen, in der Regel unterhalb der Nachweisgrenze der Flammen-AAS liegen (bei Blei und Kupfer je 3 Ausnahmen, Cadmium und Nickel stets n. n.). Es kann somit davon ausgegangen werden, dass – trotz teilweise erhöhter SM-Gesamtgehalte in dieser Gruppe der Böden Oberhausens – NH_4NO_3 -lösliche Verbindungen bis auf Zink eine wenig bedeutende Rolle spielen.

Von den 18 Bodenproben mit nachweisbaren Zn_{mob} -Gehalten liegen nur in der Gley-Braunerde (P 4) 2 Unterbodenhorizonte mit nahezu 4,1 beziehungsweise 4,5 mg/kg vor, welche den Prüfwert Bodensickerwasser (1,5 mg/kg) der Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg (VwV-Ba.-Wü. 1993) überschreiten. Die höchsten Zn_{mob} -Gehalte enthält der Ah-Horizont der naturnahen Braunerde (P 8) mit ca. 23 mg/kg, was nahezu 6 % von Zn_t entspricht. Eine Gegenüberstellung mit den Zn_{mob} -Gehalten der Hortisole beziehungsweise der anderen naturnahen Böden zeigt, dass die Gley-Braunerde – mit vorwiegend schwach bis mittelsaurer Bodenreaktion – bei vergleichsweise geringen Zn_t - und Zn_{pot} -Gehalten die höchste verlagerebare Zn-Menge im Profil besitzt. Diese Beobachtung steht in Einklang mit Untersuchungen an Böden einer Zechenbrache des Ruhrgebietes. Auch dort liegen – im Gegensatz zu alkaliserten und tiefer gründig belasteten Böden aus Substrataufträgen auf dem Zechengelände – in einem weitgehend naturnah erhaltenen Braunerde-Pseudogley des benachbarten Zechenparkes, trotz geringerer Schwermetall-Belastung als Folge der Versauerung (pH 3,2 – 4,3), hohe mobile Blei- und Zinkgehalte vor.

3.3.2 Gruppe II: Urban-industriell veränderte Böden aus Aufträgen mit carbonatfreiem oder -armem Ausgangssubstrat

An der stadtbodenkundlich kartierten Fläche im Brücktorviertel nehmen urban-industriell veränderte Böden mit carbonatfreiem oder -armem Ausgangssubstrat mit 16 % ebenfalls einen bedeutenden Anteil ein. Die Kartierung zeigte, dass hierbei entweder vorwiegend nur natürliches Ausgangsmaterial umgelagert oder natürliche Bodensubstrate mit technogenem Material zusammen beziehungsweise wechselweise als Deckschicht über bestehenden Altablagerungen aufgetragen wurden, um die Bevölkerung vor Schadstoffen zu schützen und ein begrünbares Substrat zu erhalten. Zumeist entstanden hieraus Regosole. Sehr häufig befinden sich diese Böden aus Substrataufträgen im Bereich der Grünanlagen von Wohnsiedlungen. In dieser Gruppe von urban-industriell veränderten Böden aus Substrataufträgen des Brücktorviertels in Oberhausen wurden sechs Profile zusammengefasst (s. Tab. 6, S. 33). Die Mächtigkeit des anthropogenen Auftrages der 6 Profile variiert zwischen 6 (P 14) und > 20 dm (P 7); in den Profilen P 14, P 12, P 3 und P 19 konnte auch das weitgehend ungestörte Liegende beprobt werden.

3.3.2.1 Allgemeine Profilvermerkmale

Bedingt durch die Zuordnung der 6 Profile in die Gruppe von Böden aus Substrataufträgen mit Schichten aus vorwiegend carbonatfreiem oder -armem Ausgangssubstrat, ist nur in 8 von 42 Schichten der Carbonatgehalt > 1 – 3,4 %. Es ist somit nicht verwunderlich, dass in 5 der 6 Böden aus Substrataufträgen eine sehr schwach saure bis sehr schwach alkalische Bodenreaktion dominiert (Abb. 11, Tab. 7). Davon ausgenommen ist der Regosol (P 10), welcher in einer als Rasenfläche vor einer Mietwohnungsanlage gestalteten Aufschüttung gelegen ist. Er hat eine durchgehend mittel bis schwach saure Bodenreaktion ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Werte von 5,3 – 6,4).

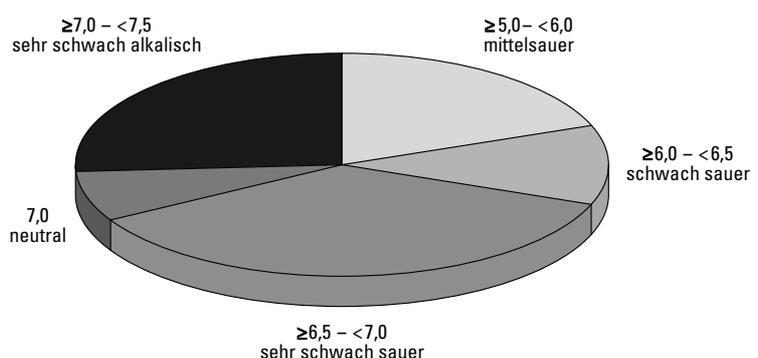


Abb. 11

Verteilung der $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Werte in den Auftragschichten ($n = 42$) der 6 urban-industriell veränderten Bodenprofile mit carbonatfreiem oder -armem Ausgangssubstrat

In den obersten Profilmereichen (bis 2 dm) zeigt sich jedoch meist ein um 0,1 – 1 pH-Einheiten geringerer pH-Wert als in den daran anschließenden Schichten. Sehr wahrscheinlich sind dies bereits erste messbare Hinweise auf eine ablaufende Entbasung. Unterhalb des anthropogenen Auftrages nimmt der pH-Wert in den begrabenen Horizonten des Liegenden mit fortschreitender Tiefe wiederum geringfügig ab, wobei aber in dem Horizont unmittelbar unter dem anthropogenen Substratauftrag stets ein pH-Wert messbar ist, der reproduzierbar um 0,1 Einheiten über dem pH-Wert des darunter folgenden Horizontes liegt. Dies kann möglicherweise das Resultat einer Verlagerung von basisch wirkenden Kationen aus den Auftragsschichten in das Liegende sein.

Das höhere Potenzial an verlagerbaren Ionen der Auftragsschichten spiegelt sich auch in den Ergebnissen der elektrischen Leitfähigkeitsmessungen im Wasserextrakt wider; der mediane elektrische Leitfähigkeitswert im Bereich der Auftragsschichten liegt bei 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$, im Liegenden beträgt er mit 41 $\mu\text{S}/\text{cm}$ weniger als die Hälfte.

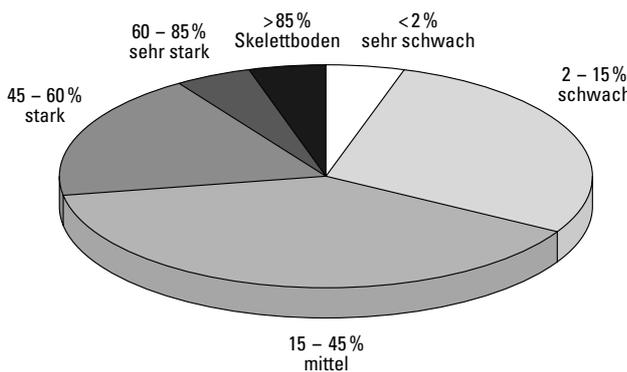


Abb. 12 Häufigkeitsverteilung der Bodenskelettanteile (in Gew.-%) in den Schichten der anthropogenen Aufträge (n = 42) von 6 Profilen mit vorwiegend carbonatfreiem oder -armem Ausgangssubstrat

Im Gegensatz zu den in Kapitel 3.3.3 vorgestellten Böden, welche Schichten mit carbonathaltigem beziehungsweise alkalisiertem Ausgangssubstrat in größeren Mengen enthalten, besitzen die anthropogen veränderten Schichten (n = 42) der hier diskutierten 6 Profile in der Regel weniger Skelett. In 30 der anthropogen veränderten Schichten beträgt das Skelett bis zu 45 Gew.-% (vgl. auch Abb. 12).

Der – im Vergleich zu den in Kapitel 3.3.3 zusammengefassten Böden anthropogener Lithogenese – geringere Skelettanteil ist darauf zurückzuführen, dass in den Schichten mit um- und abgelagerten carbonatarmen bis -freien Substraten in großem Umfang bereits natürliches, verwittertes, skelettarmes Bodenmaterial (häufig lehmige Sande) vorliegt, in welches weniger Substrate aus technogenen Prozessen (Schlacken und Aschen) oder Abrissarbeiten

(Bauschutt) eingemengt sind. In der Skelettfraktion finden sich wiederum die für das Ruhrgebiet typischen Substrate wie vergrustes Bergematerial, Aschen aus Kohlefeuerungsanlagen sowie Bauschutt; in den Schichten des Bahndammes (P 7) wurden darüber hinaus noch Stahlwerksschlacken und Hochofenwandausbruch eingebaut. Jedoch dominieren in der Fraktion > 2 mm Durchmesser zumeist Terrassenkiese und -gerölle. Vereinzelt treten aber auch noch Glas- und Porzellan-/Keramikbruchstücke, sehr stark korrodierte Eisenteile und allenfalls im Bereich bis 1,5 dm Tiefe noch vereinzelt Hausmüll auf. In der Feinerdematrix der Profile herrscht die Sandfraktion sowohl in den Auftragsschichten als auch in den Horizonten des Liegenden vor. Der Tonanteil der Feinerde liegt in der Regel unter 10 %.

Die Ermittlung des Kohlenstoffgesamtgehaltes ergab, dass dessen Tiefenverlauf teilweise starke Schwankungen aufweist. Anders als in Bodenprofilen des ländlichen Raumes, bei denen in der Regel das C_t -Maximum im Auflagehumus (waldbauliche Nutzung) oder im Ap- beziehungsweise Ah-Horizont (landbauliche Nutzung) lokalisiert ist, treten in den urbanen Böden aus Substrataufträgen häufig ausgeprägte C_t -Peaks unterhalb von 2 – 3 dm Tiefe auf. Die höchsten C_t -Gehalte (bis zu 41 % in den hier vorgestellten 6 Bodenprofilen) treten in den Schichten auf, die Bergematerial und/oder Kohle beziehungsweise Koks enthalten. Die C_t -Gehalte der aus dem Karbon stammenden inkohlten beziehungsweise durch technogene Prozesse pyrolysierten Kohlenstoffverbindungen maskieren vorliegende C-Gehalte des rezenten Humus. Dies zeigt sich auch darin, dass in den mit Bergematerial, Kohle oder Koks durchmischten Schichten die C/N-Quotienten häufig im Bereich > 40 liegen. Ein Vergleich mit Humusformen von Böden des ländlichen Raums auf der Basis des C/N-Verhältnisses ist in Schichten mit Bergematerial, Kohle oder Koks somit nicht zulässig.

Trotz der nicht zufrieden stellenden Trennschärfe der Humusbestimmung in Schichten mit den letztgenannten C-Quellen gibt es aber Hinweise auf eine Humusakkumulation. Die engsten C/N-Quotienten (16 bis 35) werden in der Regel in den obersten Zentimetern der Profile gemessen, wo auch zu erwarten ist, dass der Anteil rezenter organischer Substanz aus der Umsetzung von pflanzlicher Substanz am höchsten ist.

3.3.2.2 Säureneutralisationskapazität, Sorptionspotenzial und Nährstoffstatus

Die hier vorgestellten Böden aus Substrataufträgen enthalten auch carbonathaltiges technogenes Ausgangssubstrat, was dazu führt, dass die Säureneutralisationskapazitäten des Carbonatpuffers im Ober- wie im Unterboden sich in der Regel auf einem mittleren bis sehr hohen Niveau befinden. Eine Ausnahme bildet der Regosol aus Bergematerial führendem Anthrosand über (Anthro-)Bergematerialsand (P 10), wo in der Schicht von 0 – 3 dm mit $13 \text{ mol}_c/\text{m}^2$ beziehungsweise in der Schicht von > 3 – 10 dm Tiefe mit $36 \text{ mol}_c/\text{m}^2$ nur ein als gering einzustufendes SNKCO_3 -Potenzial vorliegt (Tab. 7). Sehr wahrscheinlich wurden auf diesem Standort bereits die Carbonatreserven aus der Bauschuttfraktion weitgehend zur Abpufferung der Schwefelsäure verwendet, welche aus der Pyrit-/Markasitoxidation des in großen Mengen vorhandenen Bergematerials stammt.

Die zur Charakterisierung der Sorptionseigenschaften der Bodenproben ermittelte KAK variiert in den Schichten des anthropogenen Auftrages zwischen 17 und $303 \text{ mmol}_c/\text{kg}$. Von 40 untersuchten Schichten haben 12 eine hohe beziehungsweise 6 eine sehr hohe Kationenaustauschkapazität. In den Horizonten des Liegenden ($n = 10$) dominiert eine als sehr gering ($\leq 30 \text{ mmol}_c/\text{kg}$; $n = 2$) beziehungsweise gering ($30 - 80 \text{ mmol}_c/\text{kg}$, $n = 6$) zu bewertende KAK. Die basischen Kationen dominieren an den Austauschern der Feinerde aus den Auftragsschichten sowie den Horizonten des Liegenden; H- und Al-Ionen haben weniger als 20 % Anteil. Durchweg erhöhte Protonen- und Al-Anteile mit 36 – 67 % finden sich in dem Regosol (P 10), welcher mit $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Werten von 5,3 – 6,4 die geringste Bodenreaktion der hier untersuchten 6 Profile hat. Entscheidender Faktor für die Sorptions- und Austauschkapazität in den Aufträgen ist wiederum der Humus. Zwischen dem Tongehalt und der KAK besteht keine statistische Abhängigkeit, was bei dem geringen Tonanteil von < 2 bis 23 % (Median $Z = 7,7 \%$) an der Feinerde nicht verwunderlich ist.

Die qualitative Bewertung der Sorptions- und Austauschkapazität in der Gruppe dieser 6 Bodenprofile relativiert sich, wenn die Interpretation der Daten auf einer volumenbezogenen Basis durchgeführt wird. Dadurch, dass die Hälfte der Substratauftragsschichten mehr als 45 Gew.-% Skelett aufweisen, wird der Anteil der zum Kationenaustausch befähigten Feinerde stark eingeschränkt, sodass in der Feinerderaummasse des Oberbodenbereichs (0 – 3-dm-Lage), wie auch des gesamten Bodenbereichs bis 1 m Tiefe bei den Profilen P 14, P 12, P 3 und P 19 vorwiegend nur eine mittlere bis geringe Kationenaustauschkapazität vorliegt (s. Tab. 7). Nur im Regosol (P 7) ist aufgrund der hier vorliegenden 2,3 dm mächtigen humosen Abdeckschicht in der obersten 3-dm-Lage eine hohe Austauschkapazität vorhanden.

Die Stickstoffgehalte der aufgetragenen Schichten der 6 Profile variieren zwischen 0,01 – 0,81 % N_t in der Feinerdefraktion. Hohe N_t -Konzentrationen sind dabei nicht nur auf Oberbodenbereiche beschränkt. Es treten – entsprechend dem Substrat, welches zur Ablagerung kam – auch im Unterboden schichtenweise hohe N_t -Gehalte auf, die wiederum von Schichten mit deutlich geringeren N_t -Gehalten über- und unterlagert werden. Auf das gesamte – um das Skelett bereinigte – Bodenvolumen bilanziert, variiert der Stickstoffvorrat in den obersten 3 dm der Profile zwischen 418 und $1770 \text{ g N}_t/\text{m}^2$ beziehungsweise, bis auf 1 m Tiefe bezogen, zwischen 480 und $2160 \text{ g N}_t/\text{m}^2$. Diese N_t -Vorräte sind als mittel bis hoch zu bewerten. Die Böden mit Schichten aus vorwiegend natürlichem, verwittertem, skelettarmem Bodenmaterial (häufig Lösslehm oder Sand) haben somit in der Regel höhere N_t -Vorräte als die Böden aus Substrataufträgen mit carbonathaltigem beziehungsweise alkalisierendem Ausgangssubstrat (vgl. Tab. 7).

Abgesehen von dem Regosol (P 10) enthält die Feinerdefraktion der Auftragsschichten – insbesondere in Schichten mit Aschenbeimengungen, was auch bei den Böden aus Aufträgen mit carbonathaltigem beziehungsweise alkalisierendem Ausgangssubstrat (Kap. 3.3.3) beobachtet werden kann – sehr häufig hohe P_t -Gehalte von über $1000 \text{ mg}/\text{kg}$. Im Liegenden sind dagegen vergleichsweise geringe Phosphatgesamtgehalte ($49 - 781 \text{ mg}/\text{kg}$, $Z = 264 \text{ mg}/\text{kg}$, $n = 10$) akkumuliert. Hohe P-Gesamtgehalte bedingen, dass auch die durch den Doppellactatextrakt charakterisierte, potenziell pflanzenverfügbare P_{DL} -Fraktion in den Proben vorwiegend als hoch zu bewerten ist. Die durch den Wasserextrakt gelösten P-Gehalte zeigen erwartungsgemäß ebenfalls in den Böden aus Substrataufträgen deutlich höhere P-Gehalte ($2 - 72 \text{ mg P}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}$, $n = 41$) als in den Horizonten des Liegenden ($1 - 20 \text{ mg P}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}$, $n = 10$). Durch paarweise Korrelation der verschiedenen Phosphatfraktionen (P_t , P_{DL} und $\text{P}_{\text{H}_2\text{O}}$) untereinander sowie mit anderen Bodenkennwerten (z. B. $\text{Fe}_{t,o,d}$ und $\text{Mn}_{t,o,d}$, Ton, C_t usw.) ist es möglich, Informationen über die Vergesellschaftung und die Art der Phosphatbindung zu erlangen. In den vorliegenden Proben aus den anthropogen aufgetragenen Bodenschichten erweist sich in erster Linie der Eisen-gehalt als geeignet. Die engste Beziehung mit $r = 0,94^{***}$ ($n = 42$) zeigt sich zwischen den P_t - und Fe_t -Gehalten. Die Konzentrationen an wasserlöslichem Phosphat korrelieren weniger mit denen der Eisenoxide als mit der

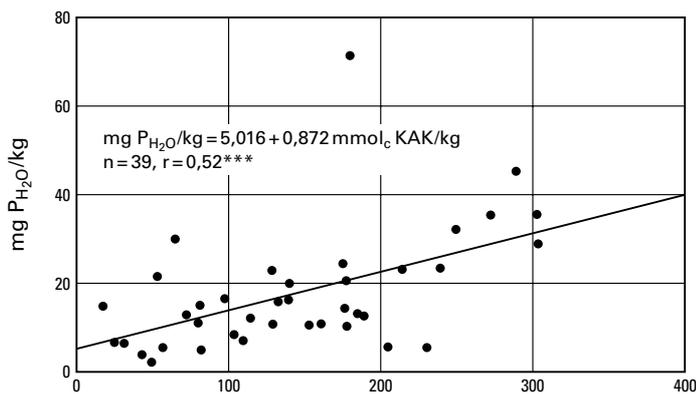


Abb. 13

Beziehung zwischen den Gehalten an wasserlöslichem Phosphat und der vorwiegend durch die organische Substanz charakterisierten KAK in der Feinerdefraktion der anthropogen aufgetragenen Schichten in den 6 Böden aus Substrataufträgen mit carbonatarmem beziehungsweise -freiem Ausgangssubstrat

potenziellen Kationenaustauschkapazität der Proben ($r = 0,52^{***}$, $n = 39$; vgl. Abb. 13). Daraus lässt sich folgern, dass die potenziell leicht pflanzenverfügbaren und verlagerbaren P-Gehalte zu einem größeren Anteil an humosen

Substanzen adsorbiert sind, welche die Höhe der KAK in den anthropogen aufgetragenen Bodenschichten primär bestimmen (s. o.). Auf das Volumen bezogen haben die 6 Böden aus Substrataufträgen mit carbonatarmem beziehungsweise -freiem Ausgangssubstrat des Brücktorviertels in der obersten 3-dm-Schicht beziehungsweise in dem bis 1 m Tiefe reichenden Bereich eher höhere P-Gesamtgehalte und potenziell pflanzenverfügbare P-Fractionen als die Böden aus Substrataufträgen mit vorwiegend carbonathaltigem beziehungsweise alkalisiertem, technogenem Ausgangssubstrat (vgl. Tab. 7).

Der durch den DL-Extrakt charakterisierte Kaliumgehalt variiert in den Feinerdeproben der Auftragschichten zwischen 3 und 577 mg K/kg; in den Horizonten des Liegenden sind die K_{DL} -Gehalte und deren Variation mit 7 – 170 mg/kg deutlich geringer. In der ca. 1 dm mächtigen humosen Abdeckung und dem sich anschließenden yC-Horizont des Regosols (P 7) wurden mit 307 – 577 mg/kg die höchsten K_{DL} -Konzentrationen in den 6 Profilen gemessen. Ursächlich hierfür ist vor allem ein Schlackensand, der in die Abdeckungsschichten eingemengt ist. Die Beobachtung, dass (Stahlwerks-)Schlackensand hohe Kaliumgehalte aufweisen kann, deckt sich mit Untersuchungen an der < 2-mm-Fraktion eines Schlackenschotterdetritus vom Gelände des Stahlwerks Duisburg-Meiderich, welche extrem hohe K_{DL} -Gehalte (2 480 mg/kg) ergaben. Weiterhin gehen in Schichten mit Aschen häufig hohe bis zum Teil extrem hohe K_{DL} -Gehalte einher (z. B. P 3). Entsprechend dem Ausgangssubstrat und dem Skelettgehalt variieren die Kaliumgehalte auf das skelettfreie Bodenvolumen bezogen stärker als in den Böden mit vorwiegend carbonathaltigem beziehungsweise alkalisiertem, technogenem Ausgangssubstrat (vgl. Tab. 7).

Der Gehalt an $CaCl_2$ -austauschbarem Magnesium variiert in den Schichten der anthropogenen Aufträge von 8,3 – 316 mg Mg/kg. In den Horizonten des Liegenden sind die Mg-Konzentrationen deutlich geringer (19,2 – 45,2 mg/kg). Besonders auffällig sind die sehr hohen bis extrem hohen Mg-Konzentrationen (88 – 316 mg/kg) von P 7 bis in eine Tiefe von 17 dm. Im Gegensatz zu den anderen 5 Profilen ist in den Schichten des Regosols (P 7) ein hoher Anteil an Hochofenausbruch, Stahlwerksschlacken und Schlackensand mit abgelagert, welche möglicherweise im Rahmen der Verwitterung Magnesium freisetzen können. Dies wird auch durch die Tatsache gestützt, dass Stahlwerksschlacken zwischen ≤ 3 und ca. 9 % MgO enthalten (MOTZ 1992). In den Schichten ohne Hochofenausbruch, Eisenhüttenschlacken und Schlackensand, die vor allem Kies und Ziegel als Bodenskelett aufweisen, sind die Mg_{CaCl_2} -Gehalte mit 41 – 58 mg/kg wesentlich geringer und weisen eine Größenordnung auf, die auch in den anderen 5 Böden aus Substrataufträgen häufiger vorgefunden wurde.

Auf die Feinerderaummasse berechnet, ist der potenziell pflanzenverfügbare Mg-Vorrat mit 112 g Mg_{CaCl_2}/m^2 in den obersten 3 dm beziehungsweise 155 g Mg_{CaCl_2}/m^2 auf 1 m Tiefe bezogen als sehr hoch zu bewerten, während P 14, P 12, P 10 und P 3 nur einen als niedrig, P 19 einen als mittel einzustufenden Mg-Vorrat besitzen (vgl. Tab. 7).

3.3.2.3 Schwermetallgehalte

Ein typisches Kennzeichen auch dieser – vorwiegend aus oder mit carbonatfreien beziehungsweise -armen Substraten – aufgetragenen Schichten der Stadt- und Industrieböden ist ein ungleichmäßiger und sehr sprunghaft verlaufender Schwermetallgehalt im Profil, verursacht durch die jeweiligen unterschiedlichen

Schwermetallgehalte im aufgetragenen Substrat. Darüber hinaus zeigen aber Standorte, die in besonderem Maße Immissionen ausgesetzt waren, im Oberbodenbereich deutliche Schwermetall-Anreicherungen. Erster Hinweis auf über die Atmosphäre eingetragene Schadstoffimmissionen an den Standorten mit ehemaliger Bahn- nutzung sowie im Bereich einer ehemaligen Eisenhütte sind die königswasserextrahierbaren Fe-Gesamtgehalte.

Der Eisengehalt der Böden des ländlichen Raumes liegt häufig im Bereich von 0,2 – 5 %, wobei aber in Akkumulationsbereichen der Fe-Gehalt in Konkretionen oder raseneisenerzhaltigen Go-Horizonten bis über 40 % betragen kann (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989). Die Fe-Gesamtgehalte dieser 6 Bodenprofile im Brücktorviertel von Oberhausen schwanken zwischen < 0,5 und 20 %. Oberflächennahe Bereiche von Standorten, auf denen im Zuge der früheren Nutzungsgeschichte Fe-haltige Immissionen akkumuliert wurden, zeigen dabei die höchsten Fe-Anreicherungen, was Messungen des magnetischen Anteils der Boden- beziehungsweise Substratproben belegen (vgl. P 1, P 3 und P 19). So enthält zum Beispiel der an der Bahnanlage gelegene Regosol (P 7) im Bereich von 0,5 – 3,4 dm Fe-Gesamtgehalte von ca. 13 % (die obersten 5 cm wurden bei Umnutzung des Bahndammes zu einem Radfahrweg übersandet) oder der Esch (P 19) auf dem Gelände einer ehemaligen Eisenhütte nahezu 20 % Eisen in den obersten 1,3 dm. Die Fe-Akkumulation im Bahndamm könnte teilweise auch aus dem Rostabrieb der Eisenbahnanlagen und -fahrzeuge stammen. In dem yjAh-Horizont des Eschs liegen auch noch stark korrodierte Eisenteile vor; außerdem haben sich Fe-haltige Stäube der benachbarten ehemaligen Eisenhüttenindustrie ebenfalls hierin akkumuliert. Bis Anfang 1980 war es der Thyssen-Niederrhein AG erlaubt, die veralteten Siemens-Martin-Öfen ohne Entstaubungsanlage zu betreiben, was sich durch das Herabrieseln großer Mengen an rotem Staub im Stadtgebiet äußerte.

Von lokalen Immissionen abgesehen, zeigt sich, dass der königswasserlösliche Fe-Anteil in den anthropogen veränderten Bodenbereichen durchweg höher ist (0,4 – 19,9 % Fe, n = 42) als in den weitgehend ungestört erhaltenen Horizonten der überdeckten, ursprünglichen Bodenprofile (0,3 – 3,2 % Fe, n = 9). Neben den erhöhten Fe-Gesamtgehalten in den Schichten der Böden aus Substrataufträgen ist auch noch auffällig, dass der Quotient zwischen oxalatlöslichem und dithionitlöslichem Eisen häufig Werte > 1 aufweist (14 von 40 Horizonten). Es zeigt sich auch eine Parallelität mit den Ergebnissen aus den Bodenprofilen der Gruppe III, wo – ebenfalls in den Schichten mit einem Fe-Gesamtgehalt > 5 % – häufig Fe_o/Fe_d -Quotienten von > 1 auftreten. Dies ist auf magnetische Fe-Verbindungen (vgl. Abb. 14) zurückzuführen, die im Oxalatauszug zu höheren Anteilen als in den Dithionitextrakten gelöst werden.

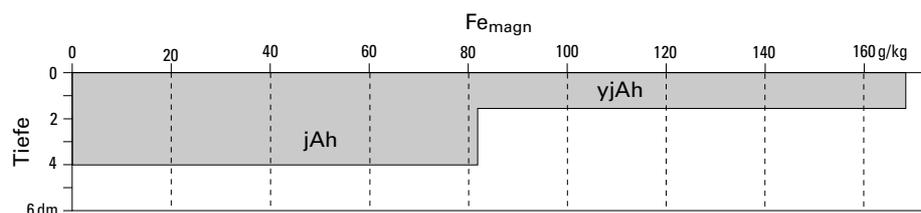
Bei den potenziell ökotoxischen Schwermetallen nehmen – in gleicher Weise wie nachfolgend bei den Böden aus Substrataufträgen mit carbonathaltigem beziehungsweise alkalisierendem Ausgangssubstrat ausgeführt (vgl. Kap. 3.3.3.3) – im Allgemeinen die königswasserlöslichen Schwermetall-Gehalte in der Reihenfolge von

Zn (bis 2 880 mg/kg) > Pb (bis 1 520 mg/kg) > Ca (bis 294 mg/kg)
> Ni (bis 73,0 mg/kg) > Cd (bis 9,7 mg/kg)

ab. Die höchsten Schwermetall-Anreicherungen treten dabei stets oberflächennah in den Aufschüttungsbereichen der Profile P 3 (Regosol) und P 19 (Esch) auf. Wie auch der Regosol P 7, dessen oberste 3 – 4 dm hohe SM-Belastungen aufweisen (Abb. 15), liegen die Profile P 3 und P 19 im Randbereich eines Geländes, auf dem ehemals eine Eisenhütte und ein Eisenwalzwerk angesiedelt waren. Untersuchungen der seinerzeitigen Landesanstalt für Immissionsschutz von Nordrhein-Westfalen belegen, dass der Schwebstaub im Belastungsgebiet Ruhrgebiet-West (Oberhausen, Duisburg, Mülheim) noch in den 60er- und 70er-Jahren des 20. Jahrhunderts stark mit Blei-, Zink- und Cadmiumverbindungen angereichert war (LIS 1982). Gerade die in Oberhausen bis nach dem Zweiten Weltkrieg durchgeführte Eisenerzverarbeitung nach dem Thomas-Verfahren bewirkte einen massiven Staubbiederschlag – noch um 1950 fielen verfahrensbedingt bei der Erzeugung von Rohstahl und Stahl etwa 30 kg Staub je t Rohstahl an (E. SCHULZ 1992) – wodurch neben Eisen auch die Begleitelemente Zink und Blei sowie die Legierungselemente Nickel und Chrom (PHILIPP et al. 1992) in die Böden von Oberhausen immitiert wurden.

Abb. 14

Anreicherung an magnetischen Eisenverbindungen (Fe_{magn}) im Oberbodenbereich des Eschs mit Bauschutt führendem Anthrosand über tiefem, Kies führendem Fluvisand (P 19)



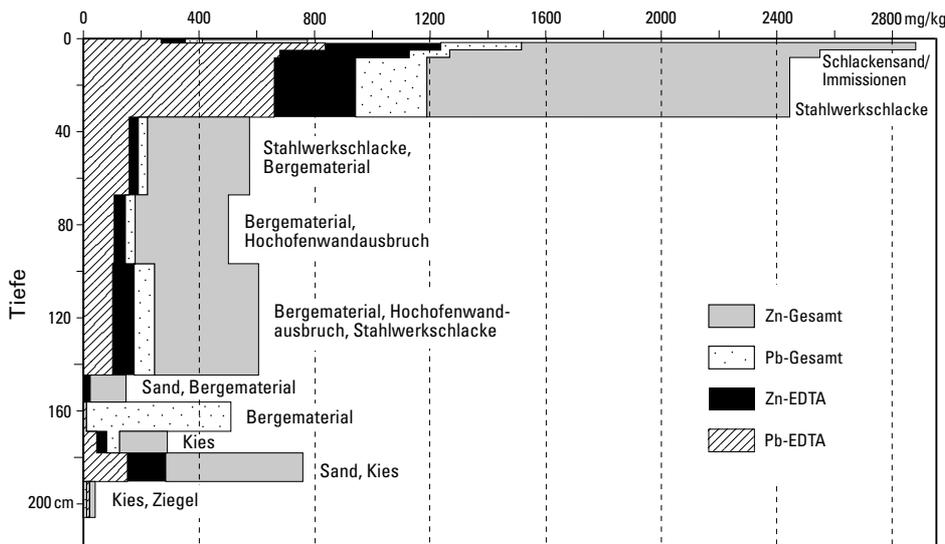


Abb. 15

Verlauf der Blei- und Zinkbelastung in einem Regosol aus flachem, Kohle und Schlacken führendem Anthrosand über Schlacken über tiefem Bergematerial (P7)

Im Aufschüttungsbereich des Regosols P 3 kommen neben Aschen, welche häufig als Schwermetallträger fungieren auch Formsande vor. Für den Einsatz in den Hüttenwerken wurden in Oberhausen noch um 1928 Quarzsandlagerstätten abgebaut (KVR 1993). Da Quarzsande eine sehr geringe Adsorptionskapazität für Schwermetalle besitzen, ist davon auszugehen, dass die ursprünglich abgebauten Quarzsande weitgehend vernachlässigbare Schwermetallgehalte aufwiesen. Für den Einsatz in den Hüttenwerken werden die Formsande mit verschiedenen Zuschlagstoffen (u. a. Bentonit und Kohlenstaub, Altsande, Harze, Phosphorsäure) versehen. Zur Rohstoffersparnis werden Altformsande mit neuem Formsand vermischt (BINDERNAGEL 1973), nicht mehr einsatzfähige Altsande werden von den Gießereien derzeit auf eigenen oder fremden Deponien abgelagert. Nach BRADTKE & DITTRICH (1977) können Gießereisande aufgrund von Eluatwerten, die geringere Werte – bei den SM wurden Zn und Cu untersucht – aufweisen als Sickerwasser von Hausmülldeponien, auf geordneten Deponien, zur Geländeauffüllung oder für sonstige Baumaßnahmen verwendet werden.

Dies ist sicherlich auch ein Grund dafür, dass auch heute noch versucht wird, aus dem Produktionsprozess ausgeschleuste Altformsande mit Komposten zu verschneiden und dieses Substrat als Oberbodenersatz bei Geländemodellierungsmaßnahmen einzusetzen (HILLER 1994 a). Nach den Aussagen des Vereins Deutscher Giessereifachleute (1987) wird die Deponierung von Gießereialtsanden auf Bauschutt- und Inertstoffdeponien, unabhängig vom angewandten Form- und Kernherstellungsverfahren, als gefahrlos angesehen. Das darf jedoch

Tabelle 9

Schwermetallgehalte (in mg/kg) unterschiedlicher Bindungsstärke einer Formsand-/Kompostaufschüttung in Dortmund (HILLER 1994 a)

	königswasserlöslich	EDTA-extrahierbar	NH ₄ NO ₃ -austauschbar
Zn	76,5 – 1300	23 – 226	< 0,40
Pb	19 – 125	8,2 – 22,1	< 0,10 – 0,15
Cu	28 – 1480	9,1 – 59,1	< 0,20 – 0,22
Cr	8,6 – 962	< 0,10	< 0,05
Ni	3,7 – 499	1,87 – 6,59	< 0,20 – 0,40
Cd	< 0,2 – 0,40	< 0,20 – 0,28	< 0,20

nicht pauschal und ohne weitere Prüfung auf andere Einsatzgebiete übertragen werden. Untersuchungen zeigen, dass Altsande durchaus sowohl hohe Schwermetall-Gesamtgehalte (SM_t) als auch mobilisierbare SM-Fractionen aufweisen (HOLLAND et al. 1993), die eine Verwendung als Oberboden einschränken (Tab. 9). Die statistische Verrechnung ergibt, dass in den anthropogen aufgetragenen Schichten zwischen den Gesamtgehalten von Eisen und den potenziell toxischen

Schwermetallen ausnahmslos sehr hoch signifikante Beziehungen vorliegen. Wesentliche Zn-, Pb-, Ni- und Cd-Mengen sind mit den Eisenoxiden in den Auftragsschichten – vorwiegend mit den oxalatlöslichen Fe-Verbindungen – assoziiert. Kupfer hingegen weist zur dithionitlöslichen Fe-Fraktion den höchsten Korrelationskoeffizienten auf (Tab. 10).

Zwischen den Schwermetallgesamtgehalten und dem Tongehalt bestehen keinerlei statistisch gesicherte Beziehungen, was wiederum die untergeordnete Bedeutung der Tonfraktion als SM-Adsorbent in den Böden aus anthropogenen Aufträgen im urban-industriell veränderten Brücktorviertel von Oberhausen unterstreicht.

Zu C_t wie auch zur KAK zeigen die SM_t -Gehalte ebenfalls hoch signifikante – wenn auch nicht so enge – Beziehungen (Tab. 10). Sehr wahrscheinlich bewirken in diesen Bodenproben kompetitive Wirkungen organischer Substanzen auch eine stärkere organische Schwermetall-Fixierung.

Tabelle 10

Korrelationskoeffizienten zwischen den Gesamtgehalten von Zink, Blei, Kupfer, Nickel und Cadmium mit unterschiedlichen Fe-Fractionen sowie den Parametern C_t und KAK in den anthropogen abgelagerten Schichten von 6 Böden aus Substrataufträgen mit vorwiegend carbonatfreiem bis -armem Ausgangssubstrat

	Fe-Gesamt	Fe-Dithionit	Fe-Oxalat	C_t	KAK
Zn	0,96***, n = 42	0,85***, n = 40	0,95***, n = 42	0,72***, n = 42	0,63***, n = 39
Pb	0,94***, n = 42	0,88***, n = 40	0,92***, n = 42	0,83***, n = 42	0,62***, n = 39
Cu	0,74***, n = 42	0,75***, n = 40	0,62***, n = 42	0,79***, n = 42	0,66***, n = 39
Ni	0,86***, n = 42	0,81***, n = 40	0,78***, n = 42	0,63***, n = 42	0,67***, n = 39
Cd	0,88***, n = 42	0,78***, n = 40	0,84***, n = 42	0,72***, n = 42	0,74***, n = 39

Nach den ermittelten Daten nehmen die mit EDTA extrahierbaren, gemittelten Anteile (n = 30 – 42) vom Gesamtgehalt der untersuchten Schwermetalle in den anthropogen abgelagerten Schichten dieser 6 Böden aus Substrataufträgen in folgender Reihenfolge ab:

Cd (58 %) > Pb (44 %) > Cu (30 %) > Zn (25 %) > Ni (11 %)

Die in Relation zu den SM-Gesamtgehalten gesetzte Erfassung der potenziell mobilisierbaren Schwermetalle ergibt eine deutliche Modifizierung in der Stellung der Elemente zueinander. So zeigt insbesondere das stark phyto- und humantoxische Cadmium – von dem zwar im Vergleich zu den anderen SM die geringsten absoluten Gehalte nachgewiesen wurden – die höchste potenzielle Mobilisierbarkeit (58 % von Cd). Zink hingegen, das die höchsten Gesamtgehalte unter den Schwermetallen besitzt, ist im Mittel nur zu 25 % potenziell mobilisierbar. Diese hohe potenzielle Verfügbarkeit von Schwermetallen in technogenen Substraten der Schwerindustrie des Ruhrgebietes beschreiben auch BURGHARDT et al. (1991). Sie fanden

Pb (63 %) > Cd (48 %) > Zn (35 %) > Cu (24 %).

In den Horizonten des Liegenden (n = 10) ist die SM-Gesamtbelastung wie auch die potenzielle Mobilisierbarkeit der Elemente deutlich geringer. So konnte zum Beispiel EDTA-lösliches Cadmium nur im Bhv-Horizont des Regosols aus Formsand, Aschen und Bauschutt mit Natursubstrat über Braunerde (P 3) gemessen werden. In den ungestörten Horizonten nehmen die EDTA-extrahierbaren Anteile (n = 8 – 10) am Gesamtgehalt in der Reihe

Cu (34 %) > Pb (27 %) > Zn (10 %) > Ni (6 %)

ab (Cd nicht bewertbar, da meist unterhalb der Nachweisgrenze).

Die Bedeutung der Eisenoxide als Austauscher für Schwermetalle ist bereits aus Modellversuchen (z. B. GRIMME 1967; BRÜMMER et al. 1988; GERTH et al. 1993), chemischen Fraktionierungsmethoden (z. B. TESSIER et al. 1979; SHUMAN 1985; ZEIN & BRÜMMER 1989) sowie durch direkte Messungen am Profil (BURGHARDT 1994 b; BURGHARDT et al. 1999) und im Mikrobereich (z. B. NORRISH 1975; HILLER 1991) an Bodenproben mit sowohl anthropogener als auch geogener Schwermetallherkunft bekannt. Auch die EDTA-extrahierbare Spurenelementfraktion weist – bis auf Nickel – enge statistische Beziehungen zum Fe-Gehalt in den Auftragsschichten dieser Böden auf. Die Korrelationskoeffizienten zu den oxalatlöslichen Fe-Gehalten sind meist nur geringfügig kleiner als die zu den königswasserlöslichen, aber in der Regel höher als zur dithionitlöslichen Fe-Fraktion (vgl. Tab. 11). Es lässt sich daraus ableiten, dass die potenziell mobilisierbaren Schwermetalle (SM_{pot}) vorwiegend in der oxalatlöslichen Fe-Oxidfraktion akkumuliert sind, (BURGHARDT 1994 b) welche zu einem großen Anteil aus technogenen, das heißt magnetischen Fe-Verbindungen stammen.

Tabelle 11

Korrelationskoeffizienten zwischen den EDTA-extrahierbaren Gehalten von Zink, Blei, Kupfer, Nickel und Cadmium mit dem Fe-Gesamtgehalt bzw. dithionitlöslichen und oxalatlöslichen Eisen in den Böden mit Auftragsschichten aus vorwiegend carbonatfreiem bis -armem Ausgangssubstrat

	Fe-Gesamt	Fe-Dithionit	Fe-Oxalat
Zn	0,82***, n = 42	0,73***, n = 40	0,79***, n = 42
Pb	0,80***, n = 42	0,72***, n = 40	0,75***, n = 42
Cu	0,64***, n = 42	0,62***, n = 40	0,58***, n = 42
Ni	keine Korr., n = 42	keine Korr., n = 40	keine Korr., n = 42
Cd	0,67***, n = 42	0,60***, n = 40	0,64***, n = 42

Die Auswertung ergab, dass vor allem bei Zink durch NH_4NO_3 -austauschbare Verbindungen in allen Profilen vorliegen. Die in der Verwaltungsvorschrift Baden-Württemberg (VwV-Ba.-Wü. 1993) angeführten Prüf- und Belastungswerte beziehen sich dabei jeweils nur auf die mit einer einmolaren Ammoniumnitrat-Lösung extrahierbaren Schadstoffgehalte des lufttrockenen Feinbodens in $\mu\text{g}/\text{kg}$ beziehungsweise bei organischen Auflagen auf mg/dm^3 . Um eine Vergleichbarkeit des Schadstoffvorrates und mobiler Schadstofffraktionen in unterschiedlichen Böden zu erzielen, ist es jedoch notwendig, auch das Raumgewicht sowie den Skelettgehalt der Mineralbodenproben mit einzubeziehen und die Gehalte auf Schadstoffgewicht pro Feinerderaummasse (g/m^3 bzw. $\mu\text{g}/\text{cm}^3$) anzugeben. Bezogen auf einen skelettfreien Boden mit einer durchschnittlichen d_B von $1,5 \text{ g}/\text{cm}^3$ ergibt sich somit ein für das Bodensickerwasser anzuwendender $P_{w_{\text{mob}}}$ -Gehalt von Zink bei Oberböden von $7,5 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ und bei Unterböden von $2,25 \mu\text{g}/\text{cm}^3$.

In 21 von 39 untersuchten Auftragsschichten konnten Zn_{mob} -Gehalte von $> 0,25 - 13 \text{ mg}/\text{kg}$ nachgewiesen werden; 7 Schichten, davon 6 aus dem Oberbodenbereich, enthalten mehr als $5 \text{ mg } Zn_{\text{mob}}/\text{kg}$ beziehungsweise – berechnet auf die Feinerderaummasse – bis $17 \mu\text{g } Zn_{\text{mob}}/\text{cm}^3$ (P7, jC4). Nur in 2 Profilen (P 3 und P 7) ist Kupfer in 1 beziehungsweise 3 aufgetragenen Schichten in Konzentrationen von $> 0,5 - 2,47 \text{ mg}/\text{kg}$ im NH_4NO_3 -Extrakt messbar. Insgesamt sind mit der zur Verfügung stehenden Flammen-AAS in den Ammoniumnitratextrakten nur wenige SM_{mob} -Konzentrationen gesichert nachweisbar.

Dieses Ergebnis steht in Einklang zu den nachfolgenden Untersuchungen an den Böden mit Auftragschichten aus carbonathaltigem beziehungsweise alkalisierendem Ausgangssubstrat (Gruppe III, vgl. Kap. 3.3.3.3) des Brücktorviertels. Es ist anzunehmen, dass unter den derzeitigen Gegebenheiten ammoniumnitrataustauschbare Pb-, Cu-, Ni- und Cd-Verbindungen nur lokal auftreten und dann in tiefer liegenden Schichten beziehungsweise Horizonten immobilisiert werden.

3.3.3 Gruppe III: Urban-industriell beeinflusste Böden aus Aufträgen mit carbonathaltigem beziehungsweise alkalisierendem Ausgangssubstrat

In Tabelle 6 werden unter anderem Ergebnisse von 9 Böden aus Aufträgen angeführt, deren anthropogen aufgeschütteter Profilbereich möglichst vorwiegend aus Schichten besteht, die mehr als 1 % Carbonat aufweisen und/oder deren $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Wert (von vereinzelt Ausnahmen abgesehen) in den Auftragsschichten $\geq 7,0$ liegt. Die Auswertung der Stadtbodenkartierung ergab, dass diese Gruppe mit 44 % den höchsten Flächenanteil im Kartiergebiet einnimmt.

3.3.3.1 Allgemeine Profilmerkmale

Die Böden anthropogener Aufträge weisen aufgrund der bisher erst verhältnismäßig jungen Bodenbildung eine entsprechend geringe Bodenentwicklung auf, sodass vorwiegend Lockersyroeme, Regosole und Pararendzinen vorliegen. Nur die in oder am Rande von Wohnbebauung liegenden Böden aus Substrataufträgen (P 22, P 15, P 11, P 6 bzw. P 5), weisen eine überwiegend aus nicht technogenem, umgelagertem Natursubstrat bestehende Deckschicht auf. Durch verbleibendes Rasenschnittgut und das Einbringen von Kompost sind diese Schichten humos. Infolge der Rasendurchwurzelung ist meist in den obersten 5 cm eine Krümelbildung festzustellen, wobei aber die Oberfläche teilweise verschlämmt ist. In den tieferen Bereichen der humosen Deckschichten liegt ein mehr plattiges Gefüge vor, welches wahrscheinlich auf Verdichtungen durch Transport- und Raupenfahrzeuge zurückzuführen ist. In dem Regosol (P 15) hat sich durch Einwaschung von organischem Material aus dem Bestandsabfall des Birkenaufwuchses in Klüfte und Fugen der Oberfläche ein $y_j\text{Ah}$ -Horizont ausgebildet. Da nur wenig wühlende Bodentiere diese Böden aus Substrataufträgen besiedeln (vereinzelt Ameisenkolonien, keine Regenwürmer oder Maulwürfe), kommt es zu keiner nennenswerten Bioturbation, weshalb auch keine Verzahnung der humosen Deckschichten mit den folgenden Schichten festzustellen ist. Die Abwesenheit von Bodenwühlern – insbesondere von Würmern – in urbanen Böden aus Aufträgen von technogenem Material ist eine Beobachtung, die nicht nur auf urban-industriell veränderte Böden des Ruhrgebietes beschränkt ist. So konnten zum Beispiel FRÜND et al. (1988) in Bonner Böden mit anthropogener Deckschicht und deutlichem technogenem Skelettanteil ebenfalls keine Regenwürmer nachweisen.

In tieferen Schichten nachweisbare C-Gehalte stammen vorwiegend aus technogenem Substrat, welches in der Regel im Gemenge mit umgelagerten, standortfremden, natürlichen Bodensubstraten zur Ablagerung kam.

Diese Böden aus Substrataufträgen weisen aufgrund des erhöhten Skelettanteils (s. u.) und der groben Textur der Feinerdefraktion in der Regel ein Einzelkorngefüge und eine gute Wasserableitung in den Unterboden auf (vgl. auch BURGHARDT & OHLEMANN 1993), sodass bei den gegebenen klimatischen Verhältnissen in Oberhausen (10,8 °C Jahresmitteltemperatur und 808 mm Niederschlag; Amt für Umweltschutz 1992) selten Stauwassermerkmale festgestellt werden. Nur im Pseudogley (P 11) lag aufgrund einer stark verdichteten Schicht aus Ton- und Schluffsteinbergematerial in 5,3 – 6,5 dm Tiefe gestautes Niederschlagswasser vor. Auf Oberflächen und Klüften des Bergematerials des Wasser stauenden jvSd-Horizonts lagen einzelne rostfarbene bis schwefelgelbe Flecken vor. Diese enthalten sehr wahrscheinlich neben Eisenoxiden auch Jarosit ($\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$). Auch im jBv-Cv-Horizont des Braunerde-Regosols (P 18) zeigen sich auf Bergematerial Eisenoxid- und Jarositabscheidungen. Trotz löslicher Erdalkalicarbonate kann Jarosit bei Umsetzung der Sulfide – welche im Mittel mit Gehalten von 1 – 2 % in der Steinkohlenberge vorliegen – im Bergematerial kleinräumig auftreten (SCHÖPEL & THEIN 1991; KERTH & WIGGERING 1991).

Ein bereits im Gelände leicht erfassbares Merkmal ist die Anwesenheit von carbonathaltigen Schichten im Auftragsbereich, wo nach Zugabe von HCl vor allem Bereiche mit makroskopisch wahrnehmbaren Bauschuttbeimengungen (infolge der CO_2 -Entwicklung) besonders intensiv und nachhaltig aufschäumen. Bauschutt ist in allen hier diskutierten Profilen die dominierende Carbonatquelle; die typischen natürlichen, carbonathaltigen Substrate (wie z. B. der Emscher-Mergel oder Ablagerungen aus der Kreide-Zeit) des Ruhrgebietes lagen nicht vor. In den Schichten der anthropogenen Aufträge der 9 Profile variieren die Carbonatgehalte der Feinerde von 0 – 61 %; von 52 Schichten der Profile P 5 – P 9 mit nachweisbarem Carbonat liegen in 26 Schichten Carbonatgehalte ≥ 1 % vor.

Als Folge der vorwiegend alkalischen Reaktion des Bauschuttes, der Aschen und Schlacken (vgl. auch MEUSER 1993) ist der pH-Wert der Böden aus Substrataufträgen in der Regel neutral bis schwach alkalisch. Der höchste pH-Wert mit 9,8 wurde im 2,2 dm mächtigen jymC-Horizont des Skeletthumusbodens (P 16) gemessen, dessen oberste Schicht für Baumaßnahmen verfestigt war.

In nahezu jeder Schicht der Böden aus Substrataufträgen liegt Bergematerial vor. Als Einzelsubstrat weist frisches Bergematerial pH-Werte von 6 – 8 auf. Unter terrestrischen Bedingungen sinkt das pH infolge der Pyrit-/Markasit-Oxidation innerhalb weniger Jahre auf Werte von 3 – 4, häufig auch auf Werte < 3 ab (SCHNEIDER 1990; HILLER 1994 a). Untersuchungen an einer vor 1909 aufgeschütteten Bergematerialhalde zeigen, dass die Bodenreaktion des Bergematerials im oberflächennahen Bereich (bis 1 m Tiefe) nach Auswaschung der Schwefelsäure wieder auf pH-Werte von 4,8 – 5,4 ansteigen kann (HILLER 1994 b). In den bergematerialhaltigen Schichten der Böden aus Substrataufträgen ist keine Bodenreaktion unterhalb des sehr schwach sauren pH-Bereichs feststellbar. Sehr wahrscheinlich kommt es durch die Freisetzung basisch wirkender Kationen aus dem Bauschutt sowie die Umsetzung von in den Aschen und Schlacken vorliegenden Metalloxiden mit Wasser zur Bildung von Basen und zu einer Neutralisierung der Schwefelsäure. Eine Verlagerung basisch wirkender Stoffe mit dem Sickerwasser kann wahrscheinlich auch zu einer pH-Anhebung in den obersten Horizonten des Liegenden führen. So weisen zum Beispiel der Bv- und der Cv-Horizont im Liegenden des Regosols aus kalkigem, Aschen, Bauschutt und Bergematerial führendem Anthrosand über Fluvilehm Kies (P 5) einen pH-Wert von 7,0 beziehungsweise 6,9 auf.

Charakteristisch für die vorgestellten Böden aus anthropogenen Aufträgen ist deren hoher bis sehr hoher, vorwiegend aus technogenen Substraten bestehender Skelettanteil (BURGHARDT 1997). In 31 von 62 Schichten variiert dieser zwischen 45 und > 95 Gew.-%. Dies bedeutet, dass in den 9 Böden aus Substrataufträgen 50 % der Schichten als stark bis sehr stark skeletthaltig einzustufen sind. In den Horizonten des Liegenden von P 15, P 6 und P 9 schwankt der aus Kies bestehende Skelettgehalt zwischen 0 und 23 Gew.-% ($n = 5$); in P 5 steht ab 5 dm saalekaltzeitliches Terrassenmaterial mit einem Kies- und Geröllanteil bis zu 79 Gew.-% an.

Neben dem Hoch- und Tiefbauschnitt, welcher in urbanen Böden häufig vorgefunden wird (BLUME & HELLRIEGEL 1981; MEUSER 1993), werden die Skelettbestandteile von den für die Montan- und Schwerindustrie des Ruhrgebietes typischen technogenen Substraten, wie Hochofen- und Stahlwerksschlacken, Aschen aus den Kohle- und Koksfeuerungsanlagen der Zechen- und Hüttenindustrie beziehungsweise den Kesselfeuerungen von Dampflokomotiven sowie (gebranntem) Bergematerial des Steinkohlenbergbaues, dominiert. Das Boden-

skelett enthält häufig Glas- und Porzellan-/Keramikbruchstücke, sehr stark korrodierte Eisenteile, selten Hausmüll. Der hohe bis sehr hohe Skelettanteil in den Böden anthropogener Aufträge beeinflusst die ökologische Standortqualität, da die Abnahme des Feinbodens zu einem geringeren Wurzelraum, Wasser-, Nährstoff- und Schadstoffbindungsvermögen führt (vgl. auch BURGHARDT 1994 b).

Der Kohlenstoffgesamtgehalt in den aus technogenem Substrat bestehenden oder damit durchmengten Auftragsschichten liegt – verglichen mit den Böden ohne technogene Substratbeimengungen in Oberhausen (s. Kap. 3.3.1.1) – in der Regel auf einem wesentlich höheren Niveau. Außerdem verhält sich der C_1 -Tiefengradient in Profilen mit technogenen Substraten häufig stark schwankend. Jeweils die Schichten, die Aschen oder Kohle beziehungsweise Bergematerial als Bestandteile der Bodenmatrix besitzen, zeigen dabei die höchsten C_1 -Gehalte.

Zur Charakterisierung der Humusqualität kann das C/N-Verhältnis in den vorgestellten Stadtböden nur bedingt herangezogen werden, insbesondere dann, wenn Aschen, Kohle- und Kokspartikel als Beimengungen in den Schichten vorliegen. Die fossilen organischen beziehungsweise pyrolysierten C-Verbindungen weiten das C/N-Verhältnis durch ihren geringen Stickstoffgehalt auf. Die C/N-Quotienten in den Schichten mit technogenen Substraten der untersuchten Böden liegen in der Regel über dem weiten C/N-Verhältnis von 25 (in 39 von 57 Schichten). Engere C/N-Verhältnisse finden sich häufiger in den obersten 5 cm der begrüneten Abdeckschichten.

KATZUR (1987) und LAVES et al. (1993) beschreiben Feld- und Laborversuche, die zeigen, dass tertiäre fossile organische Substanzen – mit C/N-Quotienten > 40 – biologisch (v. a. durch Pilze) mineralisiert werden können und sich dadurch eine C/N-Verengung einstellt. Die C-Mineralisierung der tertiären fossilen organischen Substanz konnte durch Zufuhr von Stickstoff stimuliert werden. Ob und inwieweit eine biologische Mineralisierung der fossilen organischen Substanzen aus dem Kohlenstoff beziehungsweise den pyrolytisch transformierten Kohlenstoffverbindungen in den hier dargestellten Böden des Ruhrgebietes stattfindet, ist noch nicht geklärt. Einen größeren Einfluss auf die C/N-Verengung in den obersten Zentimetern der Abdeckschichten hat wahrscheinlich die anthropogen – zum Beispiel durch Kompostearbeitung – geförderte Akkumulation von rezentem Humus.

3.3.3.2 Säureneutralisationskapazität, Sorptionspotenzial und Nährstoffstatus

Die hier vorgestellten urbanen Böden sind zu einem großen Teil aus carbonathaltigem beziehungsweise alkalisierendem technogenem Ausgangssubstrat aufgebaut, welches die Quelle für die zum Teil beträchtlichen Säureneutralisationskapazitäten ist. Auf eine Oberbodenschicht von 3 dm bezogen, variiert die SNK_{CO_3} in den Böden aus Substrataufträgen P 5 – P 18 zwischen 37 und 325 mol_e/m² (Tab. 7) und ist in der Regel als hoch bis sehr hoch einzustufen (Median $Z = 185$ mol_e/m², Mittelwert $x = 169$ mol_e/m²). Die Säureneutralisationskapazitäten der Carbonate beziehungsweise alkalisch reagierenden Bodenkomponenten sind in diesen stark mit Schwermetallen belasteten Böden (vgl. Kap. 3.3.3.3) aus umwelthygienischen Gründen von besonderem Interesse, da die SM-Mobilität bei alkalischer Bodenreaktion durch Fällungsreaktionen – wie zum Beispiel für Zink als Zn-Carbonat beschrieben (HERMS & BRÜMMER 1984) – sowie Adsorption an Austauscherganz oder teilweise vermindert ist. Nach Konsumtion des Carbonatpuffers muss in diesen urban-industriell veränderten Böden mit einer verstärkten Verfügbarkeit mobiler Schwermetalle für Organismen gerechnet werden.

Unterstellt man weitere Depositionsraten von 0,4 Mol Säureäquivalenten pro m² und Jahr und lässt zunächst den Langzeitpuffer Skelett außer Betracht, bedeutet dies, dass das SNK_{CO_3} -Potenzial der Feinerde in den obersten 3 dm der 9 Böden aus Substrataufträgen ausreichen würde, die atmosphärische H⁺-Deposition noch mindestens 90 – 810 Jahre ($Z = 460$ Jahre) abzupuffern. Insgesamt bedeutet dies zunächst, dass eine unmittelbare Gefährdung der Schutzgüter Organismen und Bodensickerwasser infolge der erhöhten Schwermetalllöslichkeit bei Versauerung auf diesen Böden mit carbonathaltigem beziehungsweise alkalisierendem technogenem Ausgangssubstrat (P 5 – P 18) nicht zu erwarten ist.

In den Schichten der anthropogenen Aufträge der 9 Bodenprofile variiert die KAK von 12 – 371 mmol_e/kg; von 58 Schichten sind 43 in die Klassen mittel (> 80 – 160 mmol_e/kg, $n = 28$), hoch (> 160 – 240 mmol_e/kg, $n = 9$) und sehr hoch (> 240 mmol_e/kg, $n = 6$) einzuordnen. Wie bereits in Kapitel

3.3.3.1 ausgeführt, dominiert in den Böden aus Substrataufträgen die Skelett- und Sandfraktion die Textur; der Tongehalt variiert in der Feinerde von 58 Schichten zwischen < 2 und 23 % ($Z = 6,9\%$). Aus diesen Fakten ist bereits ableitbar, dass der Tongehalt nur einen geringen Einfluss auf die Höhe der KAK in den 9 Profilen hat. Bei Zugrundelegung einer durchschnittlichen KAK von $0,05 \text{ mmol}_c/\text{g}$ Schluff sowie $0,5 \text{ mmol}_c/\text{g}$ Ton ergibt sich ein auf die mineralische Substanz entfallendes KAK-Potenzial in den Auftragsschichten von 10 – 124 mmol_c/kg Feinerde ($Z = 45 \text{ mmol}_c/\text{kg}$).

Die höchsten KAK-Werte ($> 340 \text{ mmol}_c/\text{kg}$; P 11, jAh und P 22, jAh) befinden sich in der Regel in humosen Oberbodenschichten der Böden aus Substrataufträgen sowie in humushaltigen Auftragsschichten im Unterbodenbereich (z. B. P 9, jylC2 und jylC3 oder P6, jyCc2). Statistische Berechnungen zeigen auch eine hoch signifikante Beziehung zwischen den KAK_{org} -Potenzialen (= KAK – KAK des Ton- und Schluffanteils) und den C_t -Gehalten in den Auftragsschichten (Abb. 16). Die Basensättigung liegt in der Regel bei nahezu 100 % ($Z = 91\%$) mit Dominanz der Ca-Ionen ($\geq 50 - 97\%$, $Z = 83\%$) an der Summe der austauschbaren Kationen. Die Mg-Sättigung schwankt zwischen 0 und 27 % ($Z = 4\%$). Im Gegensatz zu den Schichten mit allochthonem Substrat ($Z = 1\%$ K bzw. 0 % Na) zeigt sich in den Horizonten des Liegenden ($n = 7$) eine mit medianen Werten von jeweils 2 % geringfügig höhere K- und Na-Sättigung.

Die auf den ersten Blick vorwiegend als noch ausreichend bis gut einzustufende Kationenaustauschkapazität der Böden aus Substrataufträgen relativiert sich grundlegend, wenn die für Vergleichszwecke notwendige Umrechnung der KAK auf Volumeneinheit unter Berücksichtigung der d_B und des Skelettgehaltes erfolgt (BURGHARDT 1994 b). Von Profil P 9 abgesehen, das in der obersten 3-dm-Schicht eine als sehr hoch einzustufende KAK besitzt, sind die Oberbodenbereiche aller anderen Profile als sehr gering ($< 13 \text{ mol KAK pro m}^2$ und 3 dm; P 16 und P 18) beziehungsweise gering ($> 13 - 36 \text{ mol KAK pro m}^2$ und 3 dm; P 5, P 22, P 15, P 17, P 6, P 9) einzugruppieren. Auf das Volumen bezogen haben – von Profil P 11 abgesehen – diese Böden aus Substrataufträgen entsprechend ihrer KAK ein geringeres Sorptionspotenzial als Plaggenesche des Münsterlandes (KAK 0 – 3 dm: 30 bis 45 mol_c bzw. 0 – 10 dm: 95 – 130 mol_c ; nach SCHÖBEL 1993).

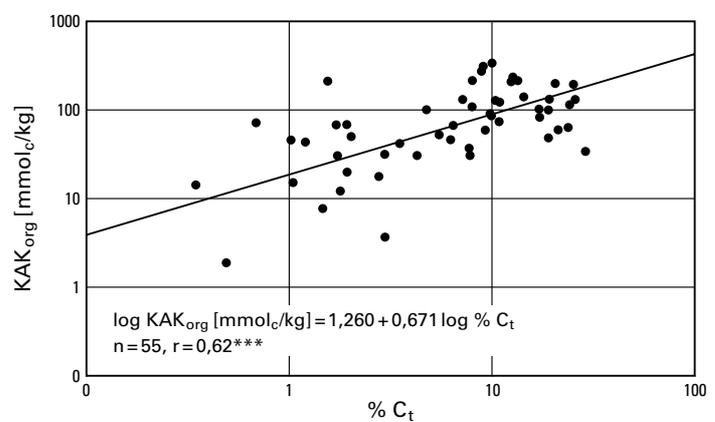


Abb. 16

Beziehung zwischen C_t und KAK_{org} in den anthropogen aufgetragenen Schichten von 9 Profilen mit carbonathaltigem beziehungsweise alkalisierendem Ausgangssubstrat

Die Stickstoffvorräte (N_t) in den obersten 3 dm der 9 Böden aus Substrataufträgen (Tab. 7) bewegen sich weitgehend zwischen 200 und 900 $\text{g N}/\text{m}^2$, einem Bereich, der auch in Ap-Horizonten üblich ist. Die jeweiligen Extreme bilden dabei zum einen der Skeletthumusboden aus Schlacken führendem (Anthro-)Sandkies über Bauschutt und Aschen führendem (Anthro-)Sandkies (P 16) – dieser ist aufgrund fehlender organischer Substanz mit 22 $\text{g N}_t/\text{m}^2$ ein sehr stickstoffarmer Standort – und zum anderen der Pseudogley aus Bauschutt und Bergematerial führendem Anthrosand über tiefem Bauschutt und Bergematerialsand (P 11), welcher mit 1 160 g N_t eine sehr hoch N_t -haltige Abdeckschicht besitzt.

Die P_t -Gehalte in den untersuchten Schichten anthropogener Aufträge variieren zwischen 358 und 3 800 mg/kg , wobei eine tiefgründigere P-Anreicherung – bis $> 10 \text{ dm}$ mit mehr als 1 000 $\text{mg P}_t/\text{kg}$ – häufig vorliegt. In land- oder forstwirtschaftlich genutzten, aber auch in unkultivierten Böden ist eine P-Anreicherung des Oberbodens festzustellen; eine P-Verlagerung aus dem Oberboden in tiefere Bodenbereiche findet aufgrund der Bindung des Phosphats an Eisen- und Aluminiumoxide, Tonminerale sowie organische Substanz langfristig nur in geringem Maße (4 – 6 dm) statt (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989).

Die tiefgründige P-Anreicherung in dem Unterbodenbereich der 9 Böden mit anthropogener Lithogenese ist nicht auf Verlagerungsprozesse, sondern vorwiegend auf eingemischte technologische Substrate (wie z. B. Aschen) zurückzuführen, die teilweise hohe P_t -Gehalte aufweisen (vgl. auch Tab. 12). In den 9 Boden-

profilen besitzen von den 61 Auftragsschichten 35 hohe Konzentrationen an lactatlöslichem Phosphat. Die hohen Phosphatgehalte in den Schichten anthropogener Aufträge führen auch zu hohen Anteilen wasserlöslicher Phosphate (Tab. 7). Dies beweist die P_{H_2O} -Fraktion, wo in 72 % der Substratauftragsschichten ein hoher bis extrem hoher wasserlöslicher P-Gehalt ($> 6,8$ bis > 20 mg P/kg) vorliegt. Obwohl Eisenoxide für Phosphat in Böden die wichtigsten Austauschpartner darstellen (TAYLOR & SCHWERTMANN 1974) zeigen sich im Rahmen der statistischen Auswertung keine signifikanten Abhängigkeiten der verschiedenen Phosphatfraktionen vom Anteil des königswasserlöslichen Eisens beziehungsweise vom Fe_o - und Fe_d -Gehalt. Aus diesen Ergebnissen lässt sich folgern, dass das in diesen Böden aus Substrataufträgen vorliegende Phosphat nur zu einem geringen Umfang an pedogene Fe-Oxide gebunden ist. Sehr wahrscheinlich dominieren hier (substratbedingt) mehr die Ca-Phosphate.

In 38 von 61 untersuchten Schichten der 9 Profile ist die Konzentration des DL-extrahierbaren Kaliums über 109 mg/kg; dies bedeutet, dass in 62 % der Proben ein für die Pflanzenernährung vorwiegend hoher bis sogar extrem hoher Kaliumgehalt vorliegt. Insbesondere in Auftragsbereichen, die Aschen enthalten, liegen häufig Werte von mehr als 150 mg K_{DL} /kg vor. Sind hingegen hohe Anteile von Bergematerial und/oder Ziegelschutt in den Schichten eingemengt, sinken die K_{DL} -Werte meist auf unter 109 mg/kg ab (z. B. in P 18, P 22, P 11 und P 6).

In 34 von 61 untersuchten anthropogen aufgetragenen Schichten liegt der für die Mg-Versorgung der Pflanzen durch den $CaCl_2$ -austauschbaren Magnesiumanteil charakterisierte Mg-Gehalt über 50 mg/kg, oberhalb dessen bei ackerbaulich genutzten Böden zum Beispiel eine weitere Mg-Zuführung als unökonomisch angesehen wird (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989). Nur die Schichten der Profile P 18, P 22 und P 16 weisen in der Regel einen niedrigen bis mittleren Mg-Versorgungsbereich auf. Die Untersuchungen von Profilen beziehungsweise Schichten mit Aschenbeimengungen (z. B. in P 17 oder P 6) ergeben zumeist austauschbare Mg-Anteile, welche nach VDLUFA (1983) in die Gehaltsklassen C, D und E einzugliedern sind. Die höchsten Mg_{CaCl_2} -Werte – bis nahezu 400 mg/kg – wurden in den obersten 4 Schichten der Pararendzina aus oberflächlich zementgebundener Schlacke, Bergematerial, Bauschutt und Müll über tiefem Gley (P 9) gemessen. In den obersten 3 dm von P 9 liegen mit 47 g Mg_{CaCl_2} pro m^2 (vgl. Tab. 7) außerordentlich hohe austauschbare Mg-Vorräte vor, die jedoch von einer Vegetation aufgrund der starken Verhärtung der 6 cm mächtigen Deckschicht nicht genutzt werden können.

3.3.3.3 Schwermetallgehalte

Merkmal der vorwiegend lagenweise aus oder mit alkalisierenden technogenen Substraten aufgebauten Böden anthropogener Aufträge ist ein ungleichmäßiger und sehr sprunghaft verlaufender Schwermetallgehalt im Profil. In den Auftragsschichten nehmen in der Regel die Gesamtgehalte der untersuchten potenziell toxischen Schwermetalle in der Reihenfolge

Zn (17,5 – 2 750 mg/kg; Mittelwert $Z = 330$ mg/kg) $>$ Pb (10,3 – 4 760 mg/kg; $Z = 193$ mg/kg)
 $>$ Cu (3,2 – 992 mg/kg; $Z = 58$ mg/kg) $>$ Ni (2,0 – 117 mg/kg; $Z = 25$ mg/kg)
 $>$ Cd ($< 0,01$ – 7,1 mg/kg; $Z = 1,19$ mg/kg)

ab. Die im Liegenden der Profile P 5, P 15, P 6 und P 9 beprobten Horizonte weisen bis auf Cadmium in der Regel Gesamtgehalte ($Pb_t < 20$ mg/kg, $Zn_t < 50$ mg/kg, $Cu_t < 15$ mg/kg, $Ni_t < 25$ mg/kg, $Cd_t < 0,35$ mg/kg) auf, die vorwiegend dem geogen durch das Ausgangsmaterial bestimmten Schwermetallgehalt in diesem Naturraum entsprechen (HORNBERG 1993). Bei Betrachtung der einzelnen Schwermetallgehalte zeigt sich, dass die Zinkbelastung fast immer über der von Blei liegt. Nur in dem Regosol (P 5) ist Pb_t stets höher als Zn_t ; in diesem Profil wurden auch mit bis zu 993 mg/kg die höchsten Kupfergesamtgehalte gemessen. Das Profil P 5 liegt auf dem Gelände eines 1892 erbauten Eisenbahnausbesserungswerks, dessen Gebäudeanlagen jetzt abgebrochen sind. Die starke Pb-Akkumulation in den obersten 2,8 dm (bis 2 180 mg Pb/kg) könnte dabei auch auf Rückstände früher verwendeter Pb-haltiger Korrosionsschutzmittel (z. B. Mennige = Pb_3O_4) beziehungsweise auf Abrieb von Pb-Legierungen im Bahnmittel (Lagermetall der Eisenbahn, JANDER & BLASIUS 1985) zurückgeführt werden. Die maximale Belastung mit 4 760 mg Pb/kg kommt aber nur in einer 2 cm mächtigen Lage einer Rostasche in 4,0 – 4,2 dm Tiefe vor.

Zink kann in den 9 Profilen als Indikator für weitere SM-Belastungen herangezogen werden. Es bestehen signifikante Beziehungen zwischen den Zn_t -Gehalten und den SM_t -Gehalten von Blei ($r = 0,69^{***}$, $n = 61$), Nickel ($r = 0,64^{***}$, $n = 60$), Kupfer ($r = 0,64^{***}$, $n = 61$) und Cadmium ($r = 0,86^{***}$, $n = 56$). Dieses Verhalten kann dahingehend interpretiert werden, dass die SM-Mischbelastung aus einer weitgehend ähnlichen Herkunft stammt und über ein „Trägermedium“ – sehr wahrscheinlich ein technogenes Substrat – in die Profile gelangte. Ein Trägermedium für Schwermetalle ist das von der Eisenhüttenindustrie über Stäube emittierte oder über Reststoffe in die Böden eingetragene magnetische Eisen. Verrechnet man zum Beispiel gruppenübergreifend die Zn_t -Gehalte der Schichten und Horizonte, in denen die magnetische Eisenfraktion weit oberhalb der natürlichen Konzentrationen (hier z. B. $> 0,5\%$) in den Böden Oberhausens auftritt, dann kann man eine sehr hoch signifikante Beziehung zwischen diesen beiden Variablen feststellen (Abb. 17). Weiterhin ist auffällig, dass beim Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit der Substratansprache der Profilaufnahme immer wieder die Aschen enthalten sind. In den Profilen P 5, P 15, P 16, P 6 und P 9 sind Aschen als alkalisierendes, technogenes Substrat eingemengt. Kohlereste, Bergematerial und Bauschutt, die meist ebenfalls in den aschenhaltigen Schichten vorliegen, können teilweise erhöhte SM-Gehalte aufweisen. Wahrscheinlicher ist aber, dass über Aschen die Schwermetalle eingebracht wurden. So wurden zum Beispiel von BOGGESS & WIXON (1979) auch hohe Bleigesamtgehalte (bis 2 g/kg) in Aschen aus der Kohleverbrennung festgestellt. Eigene Untersuchungen zum SM-Gehalt verschiedener Aschen ergaben, dass diese Blei bis zu 2 700 mg/kg, Zink und Kupfer bis 2 000 mg/kg enthalten (Tab. 12).

Zwischen den dithionitlöslichen Eisenoxiden und den 5 Schwermetallen bestehen statistisch gesicherte Beziehungen (Pb: $r = 0,58^{***}$, $n = 60$; Cd: $r = 0,44^{***}$, $n = 55$; Zn: $r = 0,40^{***}$, $n = 60$; Cu: $r = 0,58^{***}$, $n = 60$; Ni: $r = 0,61^{***}$, $n = 59$). Die besondere Bedeutung der (kristallinen) Fe-Oxide in Bezug auf Bindung und Immobilisierung von Schwermetallen in Böden ist bereits durch zahlreiche Untersuchungen bekannt (z. B. MCKENZIE 1980; BRÜMMER et al. 1988; HILLER & BRÜMMER 1995). In Regionen um Eisenhüttenwerke sind aber auch noch die in Böden natürlicher Ausprägung nur in sehr geringem Umfang vorliegenden magnetischen Eisenverbindungen zu berücksichtigen. Über das Verhalten und die Eigenschaften der magnetischen Eisenoxide technologischen Ursprungs in diesen industriell veränderten natürlichen Peda und den Böden aus Substrataufträgen ist bisher nur wenig bekannt.

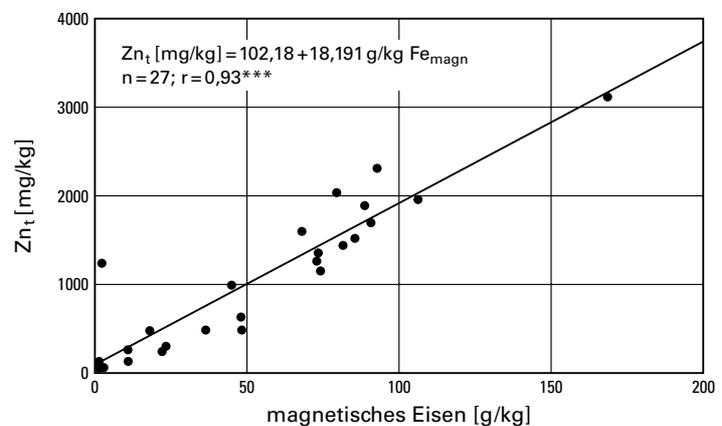


Abb. 17
Beziehung zwischen den Zn_t - und den magnetischen Eisengehalten (Fe_{magn}) in Bodenschichten mit $\geq 0,5\%$ Fe_{magn} in der Feinerdefraktion

Der mittlere EDTA-mobilisierbare Anteil vom königswasserlöslichen Schwermetallgehalt ist in den humosen Oberbodenlagen (a) der Böden aus Substrataufträgen von P 5, P 15, P 11, P 17 und P 6 deutlich höher als in den verbleibenden, anthropogen aufgetragenen Schichten (b) der 9 Profile:

- a) Cd (57 %) > Pb (52 %) > Zn (32 %) > Cu (25 %) > Ni (12 %)
- b) Pb (35 %) \geq Cd (34 %) > Cu (21 %) > Zn (18 %) > Ni (6 %)

Wenngleich das Probenkollektiv mit nachweisbaren SM_{pot} -Gehalten der weniger organische Substanz enthaltenden Unterbodenschichten ($n = 34 - 54$) einen deutlich höheren Umfang hat als das der humosen Oberbodenlagen ($n = 4 - 6$), so kann die erhöhte SM-Mobilisierbarkeit in den Oberböden dennoch als Trend angesehen werden. Deutlich höhere Anteile potenziell mobilisierbarer Schwermetalle wurden auch bereits in den Oberbodenbereichen der in den Gruppen I und II zusammengefassten Bodenprofile festgestellt. Gerade die organische Substanz ist – auch bei hohen pH-Werten – in der Lage, durch lösliche Komplexbildner, welche beim Abbau von Humus entstehen, die Löslichkeit von Schwermetallen beträchtlich zu erhöhen (BLOOMFIELD et al. 1976; HERMS & BRÜMMER 1984).

Tabelle 12

Phosphor- und SM-Gesamtgehalte (mg/kg) verschiedener in urbanen Böden des Ruhrgebietes auftretender technogener Substrate (1, 2: M. SCHULZ 1979; 4, 5: SCHMIDT 1984; 3, 6 – 14: eigene Werte)

Nr.	Substrat	Phosphor	Blei	Zink	Kupfer	Nickel	Cadmium
1	Ruhrkohle	400	40	50	20	20	k. A.
2	Bergematerial	335 – 730	30 – 170	29 – 208	33 – 80	33 – 124	0,3 – 12
3	Bergematerial	< 370	< 50	< 100	< 35	< 45	< 0,1
4	Waschberge	680 – 1 060	31 – 61	80 – 300	37 – 62	k. A.	0,03 – 1,12
5	Flotationsberge	800	167	430	59	k. A.	1,35
6	Hausbrandasche, vorwiegend Holz	7 120	126	1 630	61	8,2	2,85
7	Hausbrandasche, vorwiegend Eierkohlen aus 9	1 190	148	1 570			
8	Glühasche aus 9	1 820	166	508	126	667	1,5
9	Eierkohlen zu 7 + 8	168	19	46			< 0,05
10	Eierkohlen	199	47	90	62	4	0,6
11	Dampflok-Kessel-feuerungsasche	1 380	102	539	187	92	0,6
12	MVA aus Bochum	1 520	1 370	2 860	2 000	106	1,0
13	MVA aus Mülheim	1 660	2 700	2 000	1 730	88	3,9
14	Bauschuttgrus	n. b.	185	310	55	22	< 0,1

MVA = Müllverbrennungsasche; k. A. = keine Angabe; n. b. = nicht bestimmt

Die potenziell mobilisierbaren Schwermetalle in den Böden aus Substrataufträgen sind eng mit dem Eisenoxidgehalt assoziiert. So besteht zum Beispiel eine sehr hoch signifikante Beziehung zwischen dem EDTA-löslichen Blei beziehungsweise Kupfer und dem Fe_d -Gehalt (Pb_{pot} : $r = 0,53$ ***, $n = 60$; Cu_{pot} : $r = 0,52$ ***, $n = 60$) in den Schichten mit aufgeschüttetem Substrat dieser 9 Böden. Zwar liegen von diesen Profilen keine Untersuchungen zum magnetischen Fe-Gehalt vor, aber es kann in Analogie zu den Profilen P 1, P 3 und P 19 angenommen werden, dass diese Verbindungen auch in den hier diskutierten Böden mit technogenen Substraten vorliegen und als Quelle potenziell mobilisierbarer Schwermetalle eine wesentliche Rolle spielen. Da umfangreichere vergleichbare Untersuchungen zur Mobilität und Verfügbarkeit von Schwermetallen in Stadtböden sowie aus land- beziehungsweise forstwirtschaftlichen Böden Nordrhein-Westfalens nicht publiziert sind, muss zur vorbehaltlichen Einschätzung der Ergebnisse aus den Stadtböden Oberhausens vorläufig auf Untersuchungen zur Schwermetallmobilität in schleswig-holsteinischen Oberböden zurückgegriffen werden. In den Bodenproben von Acker- und Grünlandstandorten konnte – wenngleich bei geringeren Gesamtgehalten und größer variierendem pH-Spektrum – der EDTA-Auszug durchschnittlich bei Kupfer 31 – 35 %, Zink 14 – 18 %, Cadmium 68 – 76 % und bei Blei 40 – 42 % vom SM-Gesamtgehalt extrahieren (HORNBERG & BRÜMMER 1993). Ein Vergleich zeigt zunächst keine grundsätzlichen Unterschiede in der Abfolge der potenziellen SM-Mobilisierbarkeit bei den hier dargestellten 9 Stadtböden ($Cd > Pb > Zn > Cu$) und den Oberböden landwirtschaftlich genutzter Standorte ($Cd > Pb > Cu > Zn$).

In den Bodenproben der untersuchten 9 Profile zeigte sich, dass die im NH_4NO_3 -Extrakt gelösten Schwermetalle bei Cadmium und Blei – von einer Ausnahme abgesehen (P 22, jAh-Bereich, 0 – 2 cm = 2,9 mg Pb/kg) – stets, bei Zink häufig (in 42 von 63 Bodenproben) unterhalb der Flammen-AAS-Nachweisgrenze liegen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass trotz erhöhter SM-Gesamtgehalte in dieser Gruppe der urban-industriell veränderten Böden Oberhausens mobile SM-Verbindungen in erhöhten Konzentrationen selbst beim Zink kaum auftreten.

Von den 28 Proben aus Auftragsschichten mit nachweisbaren Zn_{mob} -Gehalten liegen 3 von 5 Schichten mit – auf die Feinerderaummasse bezogen – mehr als $2,25 \mu g Zn_{mob}/cm^3$ in einer Tiefe von $> 3 dm$ und über-

schreiten somit den Prüfwert Bodensickerwasser der VwV-Ba.-Wü. (1993). In den beprobten Profilen weisen die Schichten mit den erhöhten mobilen Zn-Gehalten nur geringe Mächtigkeiten (< 3 dm) auf, wobei diese wiederum von Schichten mit Zn_{mob} -Konzentrationen von weniger als $1 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ unterlagert werden. Es ist somit anzunehmen, dass lokal auftretende, leicht austauschbare Zinkverbindungen in tiefer liegenden Bodenbereichen immobilisiert werden können.

Die verringerte Zn-Verfügbarkeit in den Auftragsschichten mit neutraler bis alkalischer Bodenreaktion könnte – neben der pH-Wert-abhängigen festeren SM-Bindung (Grenz-pH-Wert für Zn = 5,5; DVWK 1988) – auch auf weniger mobile Zn-Bindungsformen in den technogenen Substraten zurückzuführen sein. Hinweise auf stabilere Zinkbindungsformen geben Mikrosondenuntersuchungen an amorphen, glasartigen, eisenreichen Schlacken einer Bodenprobe aus dem Harzvorland, in denen Zinkgehalte bis nahezu 15 % gemessen werden konnten. Weiterhin wurden in den Schlacken Mineralneubildungen mit sehr hohen – durchschnittlich $53 \text{ g}/\text{kg}$ – Zinkgehalten festgestellt (HILLER 1991).

3.4 Kennwerte des Wasser- und Lufthaushaltes

Im folgenden Abschnitt werden bodenphysikalische Merkmale vorgestellt, die zum Standard der Untersuchungen an Böden der freien Landschaft gehören. Diese sind gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) und nutzbare Feldkapazität (nFK). Da Stadtböden stofflichen Belastungen ausgesetzt sind, interessieren zwei weitere Kennwerte, die Luftkapazität (LK) und die Feldkapazität (FK). Die Luftkapazität gibt Hinweise zum Abbauvermögen für organische Stoffe, das von der Belüftung abhängig ist. Sie beeinflusst auch die Festlegung einiger Schwermetalle durch Oxidation. Die Feldkapazität erlaubt eine Abschätzung des Speichervermögens für Wasser, wasserlösliche Stoffe und deren Verlagerung in die Tiefe. Entsprechend finden die beiden Kennwerte LK und FK Berücksichtigung.

Bodenphysikalische Untersuchungen sind nicht an Mischproben durchführbar. Es müssen ungestörte Proben entnommen werden. An bodenphysikalischen Untersuchungen zum Wasser- und Lufthaushalt wurden im Stadtgebiet Oberhausen-Brücktorviertel durchgeführt

- Infiltrationsmessungen (Oberflächenwasserversickerung)
- Messung der gesättigten Wasserleitfähigkeit (kf-Wert-Bestimmung)
- Ermittlung der Rohdichte (Volumengewicht V_g)
- Bestimmung der Porenraumgliederung zur näheren Kennzeichnung der Luftkapazität, der Feldkapazität und der nutzbaren Feldkapazität (nFK, nFKWe) unter Berücksichtigung der Durchwurzelungstiefe

Die natürlichen Böden des Brücktorviertels sind aus Sanden aufgebaut und teilweise kieshaltig. Ursprünglich häufig grundwasserbeeinflusst, sind sie infolge Grundwasserabsenkung heute grundwasserfrei. Neben den natürlichen Böden treten solche aus veränderten natürlichen und aus technogenen Substraten auf. Entsprechend können Aschen, Bergematerial, Bauschutt und Müllbestandteile horizont- und profilprägend sein. Auch diese Substrate enthalten hohe Gehalte größerer Bestandteile, die einer Partikelgröße von Kiesen und Steinen entsprechen. In der Feinbodenfraktion dominiert auch hier der Sand.

Die – infolge der Kalkanreicherung aus dem Bauschutt – überwiegend schwach alkalischen Böden werden bevorzugt von Regenwürmern besiedelt und sind entsprechend tief durchport. Wurden die bodenbildenden Substrate nur abgekippt und nicht durch Planiertraupen verdichtet, dann treten sehr locker gelagerte Böden auf. Die vorliegenden Ergebnisse weisen darauf hin, dass diese Böden eine geringere Porenkontinuität als die natürlichen Böden aufweisen.

Für die Untersuchung war der hohe Skelettgehalt (Kies-, Grus-, Steingehalt) problematisch. Die Gewinnung ungestörter Proben mittels Stechzylindern war an skeletthaltigen Böden häufig nicht möglich.

Die Infiltrationsraten der Böden des Brücktorviertels sind trotz starker Schwankungen sehr hoch. Niederschlagswasser wird daher gut vom Boden aufgenommen. Auch erhöhte Wassermengen, wie sie zum Beispiel bei Mulden-Rigolensystemen zur Versickerung gelangen, werden bewältigt. Nur in wenigen Ausnahmen treten

mittlere und geringe Infiltrationsraten auf. Bedingt ist dies durch starke Verdichtung des Bodens, die zum Beispiel auf unbefestigten Parkplätzen des Fahrbahnmittelstreifens anzutreffen ist.

Durch den Sandgehalt und die Regenwurmdurchporung sind die Wasserleitfähigkeitswerte (kf-Werte) der Horizonte sehr hoch. Allerdings streuen die Werte extrem stark, wie die Parallelmessungen ($n = 8 - 10$) zeigen. Die Regenwurmdurchporung ermöglicht eine schnelle Tiefenversickerung ohne vollständige Sättigung des Bodens beziehungsweise Verdrängung des Wassers. DORNAUF & BURGHARDT (1999) konnten dies auch an Infiltrationsversuchen mit gefärbtem Wasser beweisen. Treten schadstoffhaltige Lösungen auf, so können diese schnell in den Unterboden durchbrechen. Keine Regenwurmgänge treten bei Substraten aus grusartigem Skelett wie Bergematerial und Aschen auf. Diese behindern durch den hohen Scherwiderstand ein Eindringen der Wurzeln, sofern Humus fehlt. Schüttung von Substraten stört die Porenkontinuität, sodass bei Auftragsböden die Ausbildung präferenzialer (bevorzugter) Fließpfade durch grobe Bioporen unwahrscheinlich ist. Zu dieser Frage fehlen jedoch spezielle Untersuchungen. Der erhöhte Skelettgehalt vieler technogener Substrate kann ein schnelles Versickern in größere Tiefe begünstigen. Diese neueren Untersuchungen zeigen auch, dass poröses Skelett (Kies, Grus, Stein) als Zwischenspeicher für schadstoffhaltige Lösungen wirken kann und sich dadurch die Konzentration im perkolierenden Wasser verringern kann (BÄDJER & BURGHARDT 1999). Stauhohizonte sind großflächig nicht anzutreffen, jedoch liegen Hinweise kurzfristiger Abflussbehinderung schnell einsickernder Wassermengen vor. Von den technogenen Substraten weisen Aschen extrem hohe kf-Werte auf.

Die Luftkapazität der Böden ist überwiegend als mittel und hoch zu bewerten. Entsprechend ist kaum eine Einschränkung der Belüftung zu erwarten. Der Abbau organischer Schadstoffe und die Festlegung von Schwermetallen in Form von Oxiden findet günstige Bedingungen vor.

Das Aufnahmevermögen für Wasser, wozu die Mittel- und Feinporen zur Verfügung stehen, weist in den mächtigen humosen Oberböden mittlere bis hohe Werte auf. Im Unterboden sind diese gering. Die hohe Feldkapazität verhindert eine schnelle Wanderung von Bodenlösungen in den Untergrund, was für die Abwehr des Durchtritts löslicher Schadstoffe in den Untergrund von Bedeutung ist. Somit muss darauf geachtet werden, dass die häufig anzutreffenden tiefgründig humosen Hortisole und Hortisolrelikte auch zukünftig erhalten bleiben. Sie sollten einem besonderen Schutzstatus unterliegen.

Hohe FK-Werte weisen auch Aschen auf. Sie sind sehr locker gelagert, was zu hohem Mittelporenvolumen führt. Lockere Lagerung mit erhöhten FK-Werten tritt auch bei Böden aus geschütteten natürlichen Substraten auf, wenngleich die extremen Eigenschaften der Aschen nicht erreicht werden.

Das pflanzenverfügbare Wasser (nFK), das sich in den Mittelporen befindet, ist von Humusgehalt und Bodenart (Körnung) abhängig. Die sandigen natürlichen und technogenen Substrate des Brücktorviertels enthalten nur in humosen Horizonten hohe pflanzenverfügbare Wassermengen. Entsprechend weisen Hortisole hohe nFK-Werte auf. Wiederum zeigen Aschen extrem hohe nFK-Werte. Jedoch sind sie wie die Mehrzahl der Auftragsböden nur flach durchwurzelt. Somit ist die im Wurzelraum pflanzenverfügbare Wassermenge überwiegend gering.

Das im Wurzelraum vorliegende Wasser kann über den Vorgang der Evapotranspiration an die Atmosphäre zurückgegeben werden. Dadurch trägt es zur Klimaverbesserung in Stadtböden bei und verhindert das Absinken von im Boden gelösten Schadstofffrachten in das Grundwasser. Die Hortisole haben hier wiederum vorzügliche Eigenschaften, während von den grusigen, skeletthaltigen Auftragsböden aus Bergematerial und technogenen Substraten zur Klimaverbesserung und zum Grundwasserschutz nur ein geringer Beitrag erwartet werden kann. Es zeigt sich somit auch hier die besondere Schutzwirkung der Hortisole.

Von der geringen Pflanzenverfügbarkeit des Wassers der Böden aus technogenen Substraten gehen auch positive Wirkungen aus. Das nicht verdunstete Wasser kann versickern und zur Grundwasserneubildung beitragen.

Obige Ergebnisse zeigen, dass die Auftragsböden (Deposole) im Vergleich zu den natürlich vorkommenden sandig-kiesigen Böden des Brücktorviertels hinsichtlich des Wasser- und Lufthaushaltes eine Reihe von positiv zu bewertenden Qualitätsmerkmalen besitzen. Hortisole (Gartenböden), aber auch Böden aus Aschen sind besonders leistungsfähig. Der Bestand an Hortisolen sollte in Städten geschützt werden.

3.4.1 Infiltrationsmessung

Es wurden Infiltrationsmessungen an 10 Standorten neben den Profilen P 1, P 3, P 4, P 5, P 12, P 13, P 14, P 19, P 21 und P 22 durchgeführt. Da es sich im Raum Oberhausen bei natürlichen Böden meist um sandiges Ausgangsmaterial mit hohem Porenvolumen und geringer Verdichtung handelt, sind hohe bis sehr hohe Infiltrationsraten zu erwarten. Anthropogene Einflüsse als Folge der Industriegeschichte des Brücktorviertels können jedoch Veränderungen hervorgerufen haben. Zum Vergleich wurde deswegen auch eine Infiltrationsmessung außerhalb des Brücktorviertels am Haus Ripshorst in Oberhausen-Borbeck (Profil P 4) durchgeführt. Desweiteren wurde versucht, eine möglichst breite Streuung der Infiltrationsmessungen über das gesamte Untersuchungsgebiet zu erreichen.

Die Infiltration bezeichnet die Wasserbewegung von der Bodenoberfläche abwärts zur Grundwasseroberfläche. Die Infiltrationsrate ist definiert als die Wassermenge pro Oberflächen- und Zeiteinheit, die in den Boden eindringt. Sie ist abhängig von der Bodenart, dem Skeletthalt, dem Gefüge, dem Porenvolumen, dem Grad der Bodenverdichtung und dem Bodenwassergehalt. Es wurden 3 Parallelmessungen mit Doppelringinfiltrometern durchgeführt. Die Diskussion der Ergebnisse erfolgt nach der Klassifizierung der Infiltrationsraten nach KOHNKE (1968) in mm/h (Tab. 13).

Tabelle 13
Klasseneinteilung der Infiltrationsraten

Infiltrationsrate [mm/h]	Bewertung
≤ 1	sehr gering
> 1 – 5	gering
> 5 – 20	gering – mittel
> 20 – 63	mittel
> 63 – 127	mittel – hoch
> 127 – 254	hoch
> 254	sehr hoch

3.4.1.1 Böden mit hohen bis sehr hohen Infiltrationsraten

Die Ergebnisse der Infiltrationsmessungen weisen auf 3 verschiedene Bodengruppen hin. Die erste Gruppe umfasst hohe bis sehr hohe Infiltrationsraten. Hierzu zählen die Infiltrationsmessungen bei den Profilen P 19, P 22, P 12, P 14, P 13 und P 4.

Infiltrationsmessung Profil P 19 (Esch)

Die Infiltrationsmessung erfolgte im Bereich einer Ödlandfläche eines neuen Industriegebietes. Die Infiltrationsraten lagen in der ersten Stunde bei den 3 Messparallelen zwischen 165 und 508 mm/h. Sie pendelten sich in der zweiten und dritten Stunde auf Werte zwischen 141 und 443 mm/h ein. Nach KOHNKE (1968) liegen die Werte im Bereich hoch bis sehr hoch, wobei 2 Ringe sehr hohe Werte aufweisen. Die hohe Infiltrationsrate ist dabei auf die lockere Lagerung und die überwiegend sandige Bodenart zurückzuführen.

Die Zunahme des Wassergehaltes nach der Infiltration ist in allen Tiefen sehr deutlich (z. T. über 400 %). Vor der Durchführung der Infiltration lagen die Wassergehalte zwischen 4,5 und 23,4 %. Nach der Infiltrationsmessung lagen die Werte zwischen 18,2 und 77,1 %. Die ersten 30 cm lagen dabei deutlich höher und können als Sättigungszone bezeichnet werden. Der Bereich von 0,3 – 1 m Tiefe kann dagegen als Transportzone ausgewiesen werden. Die in 4 Stunden versickerten Wassermengen betragen insgesamt 577, 926 und 1 483 mm. Diese Wassermengen versickerten tiefer als 1 m.

Infiltrationsmessung Profil P 22 (Regosol)

Die Infiltrationsmessung wurde auf einer Grünfläche auf dem Gelände des ehemaligen Bodenschutzzentrums NRW durchgeführt. Die Infiltrationsraten lagen in der ersten Stunde bei den 3 Ringen zwischen 283 und 503 mm/h. In der dritten und vierten Stunde lagen die Werte zwischen 205 und 305 mm/h, wobei die Werte bei 2 Ringen im hohen Bereich lagen. In 4 Stunden betrug die Gesamtinfiltration 948 – 1 579 mm.

Auch auf dieser Fläche sind überwiegend Feinsande und Kiese vorhanden und die Lagerung des Bodens ist teilweise locker. Vorhandene Fremd Beimengungen verringern hier nicht die Infiltration.

Die Proben zur Wassergehaltsbestimmung vor und nach der Infiltration konnten nicht immer bis 1 m Tiefe entnommen werden, da das Material nicht im Bohrstock haften blieb. Vor der Infiltration lagen die Wasser-

gehalte zwischen 6,1 und 17,4 %. Nach der Infiltration erfolgte auch hier ein deutlicher Anstieg, wobei eine Sättigungszone bis ca. 40 cm Tiefe mit Wassergehalten zwischen 24,2 und 58,2 % auszumachen war. Danach erfolgte der Übergang zur Transportzone mit Wassergehalten zwischen 9,4 und 24,5 %. Die infiltrierte Wassermenge versickerte tiefer als 1 m.

Infiltrationsmessung Profil P 12 (Regosol)

Die Infiltrationsmessung erfolgte auf einer Rasenfläche vor einer Wohnungsanlage und konnte aufgrund der hohen Infiltrationsraten nur an einem Ring über 4 Stunden durchgeführt werden. Eine Parallelmessung wurde nach einer Stunde bei Infiltrationsraten von 1 036 mm/h abgebrochen. Der 4 Stunden lang gemessene Ring wies in den ersten beiden Stunden Infiltrationsraten zwischen 380 und 508 mm/h auf. In den nächsten beiden Stunden wurden relativ konstante Werte zwischen 324 und 342 mm/h und somit sehr hohe Werte erreicht. Insgesamt infiltrierten 1 550 mm. Als Bodenart liegen Sande vor, die Fremd Beimengungen wie Bergematerial, Aschen, Schlacken, Glas etc. aufweisen. Die Lagerung ist mäßig dicht bis sehr dicht. Die Fremd beimengungen scheinen die Infiltration eher zu fördern als zu behindern. Ursache könnte die Zunahme des Grobporengehaltes sein.

Die Wassergehalte zeigten sowohl vor als auch nach der Infiltrationsmessung eine deutliche Tiefenhorizontierung in 3 Bereiche. Vor der Infiltration waren die Wassergehalte bis 20/30 cm Tiefe deutlich erhöht (11,4 – 18,7 %). Darauf folgte ein Bereich (20/30 – 60/70 cm Tiefe) mit niedrigeren Gehalten (2,2 – 7,9 %). Bei 2 Bohrungen stieg der Wassergehalt ab 60/70 cm Tiefe wieder auf 10,8 – 14,3 % an. Nach der Infiltrationsmessung zeigten die Wassergehalte bei 2 Bohrungen eine ähnliche Differenzierung. Im Bereich der ersten 30/40 cm waren hohe Wassergehalte mit 21,0 – 40,4 % vorhanden. Danach erfolgte der Übergang zu einem Bereich mit deutlich niedrigeren Wassergehalten zwischen 6,6 und 16,8 %. Ab 60/70 cm Tiefe wurde wieder ein Anstieg auf 20,8 – 28,6 % festgestellt. Hier kann also eine Differenzierung in Sättigungs-, Transport- und Befeuchtungszone vorgenommen werden. Die infiltrierte Wassermenge drang tiefer als 1 m in den Boden vor.

Infiltrationsmessung Profil P 14 (Gley-Regosol)

Die Infiltrationsmessung wurde unterhalb des Schlackenberges durchgeführt. Die Infiltrationsraten lagen während der gesamten 4 Stunden bei allen 3 Ringen relativ gleichmäßig zwischen 128 und 235 mm/h im hohen Bereich. Ein Abfall der Werte innerhalb der Zeitspanne war nicht zu erkennen.

Auch hier finden sich überwiegend Sande mit lockerer bis mäßig dichter Lagerung, welche die hohen Infiltrationsraten erklären. Die Wassergehalte vor der Infiltrationsmessung lagen in einem relativ einheitlichen Bereich. Sie schwankten in den Messtiefen zwischen 7,4 und 17,2 %, wobei eine klare Horizontierung auszumachen ist. Der erhöhte Wassergehalt in 0 – 20 cm Tiefe ist auf hohen Humusgehalt zurückzuführen. Die darauf folgende Abnahme kann mit der geringen Wasserhaltefähigkeit des dort auftretenden Skeletts erklärt werden.

Nach der Infiltrationsmessung war allgemein ein Anstieg der Wassergehalte zu verzeichnen, wobei die ersten 20 cm mit Wassergehalten von 22 – 37,2 % als Sättigungszone zu bezeichnen sind. Bis 1 m Tiefe folgt dann die Transportzone mit Wassergehalten zwischen 6,2 und 19 %. In 4 Stunden versickerten 570, 656 beziehungsweise 899 mm Wasser. Diese Mengen durchfeuchteten den Boden bis ca. 80 cm Tiefe. Aufgrund der hohen Menge versickerten Wassers muss jedoch davon ausgegangen werden, dass das Wasser auch wesentlich tiefer vordrang, ohne im Tiefenbereich 80 – 100 cm eine deutliche Zunahme der Bodenfeuchte zu bewirken.

Infiltrationsmessung Profil P 13 (Braunerde-Podsol)

Die Infiltrationsmessung erfolgte in einer Grünanlage hinter einer Mietwohnanlage. Die Infiltrationsraten lagen bei den 3 Messparallelen in den ersten beiden Stunden zwischen 173 und 416 mm/h und fielen in den nächsten beiden Stunden auf 151 – 293 mm/h, wobei 2 Messungen im sehr hohen Bereich lagen.

Auch hier finden sich Fein- und Mittelsande, die mäßig dicht gelagert sind, mit Fremd beimengungen < 2 %. Die Wassergehalte vor der Infiltration zeigten bis 50/60 cm Tiefe Werte zwischen 11,2 und 30,1 % und fielen dann mit zunehmender Tiefe deutlich auf Gehalte zwischen 3,8 und 8,9 %.

Nach der Infiltrationsmessung lagen die Wassergehalte in einem relativ einheitlichen Bereich. Die ersten 20/30 cm mit Gehalten zwischen 22,9 und 46,9 % können noch als Sättigungszone ausgliedert werden.

Danach lagen die Werte einheitlich zwischen 15,7 und 23,3 % und eine weitere Horizontdifferenzierung ist somit nicht möglich. Infiltriert sind in 4 Stunden 673, 1 100 und 1 312 mm Wasser. Die Versickerungstiefe lag bei über 1 m.

Infiltrationsmessung Profil P 4 (Gley-Braunerde)

Zum Vergleich wurde eine Infiltrationsmessung außerhalb des Brücktorviertels auf einer als Weide genutzten ehemaligen Gartenfläche des Hauses Ripshorst in Oberhausen-Borbeck durchgeführt.

Die Infiltrationsraten lagen in den ersten beiden Stunden zwischen 151 und 544 mm/h und fielen in den nächsten beiden Stunden auf 150 – 384 mm/h, wobei eine Parallele im hohen und 2 im sehr hohen Bereich liegen. Auch hier liegen überwiegend Mittel- und Feinsande vor, die eine mäßig dichte Lagerung aufweisen. Die Fremd Beimengungen liegen unter 2 %.

Die Wassergehalte betragen vor der Infiltration einheitlich Werte zwischen 11,8 und 23,5 %. Nur die ersten 10 cm wiesen erhöhte Werte bis 47,6 % auf, was auf die Regenfälle vor der Messkampagne zurückzuführen ist. Nach der Infiltrationsmessung lagen die Wassergehalte im Bereich der ersten 40 cm zwischen 25,5 und 45,5 % und damit deutlich höher als in tieferen Bereichen (zwischen 18,2 und 23,4 %), sodass hier von einer Sättigungszone gesprochen werden kann. Insgesamt versickerten in 4 Stunden 722, 1 553 beziehungsweise 1 619 mm. Die Versickerungstiefe war größer als 1 m.

3.4.1.2 Böden mit mittleren bis hohen Infiltrationsraten

Die zweite Gruppe der Infiltrationsmessungen weist Infiltrationsraten im Bereich mittel – hoch bis hoch auf. Dazu zählen die Infiltrationsmessungen Profil P 3 und P 1.

Infiltrationsmessung Profil P 3 (Regosol)

Die Infiltrationsmessung erfolgte auf einer Ödlandfläche, die überwiegend als Abenteuerspielplatz dient. Die Infiltrationsraten lagen hier in den ersten beiden Stunden zwischen 90 und 199 mm/h und fielen in der dritten und vierten Stunde auf 83 – 145 mm/h, wobei 2 Parallelen im hohen Bereich liegen. Hier finden sich nicht mehr überwiegend Sande, sondern Aschen, die zum Teil ein Plattengefüge besitzen, was auf eine Verdichtung hinweist. Andere Eigenschaften der Aschen sowie Hinweise auf Verdichtungen erklären die verringerte Infiltrationsrate gegenüber den natürlich vorhandenen Sanden der vorherigen Untersuchungen.

Die Wassergehaltsbestimmungen vor und nach der Infiltration lassen keine Vergleichsmöglichkeiten zu, da vor der Infiltration nur Proben bis höchstens 40 cm Tiefe genommen werden konnten. Das übrige Bodenmaterial blieb nicht im Bohrstock haften. Die ersten 40 cm der Bohrungen vor der Infiltration wiesen Wassergehalte zwischen 5 und 9,2 % auf. Nach der Infiltrationsmessung zeigten die Gehalte eine Sättigungszone bis 10 cm Tiefe mit Wassergehalten zwischen 26,4 und 37,1 %. Bis 1 m Tiefe folgt die Transportzone mit Wassergehalten zwischen 13,2 und 27,5 %. In 4 Stunden versickerten 398, 587 beziehungsweise 626 mm. Die Versickerungstiefe war größer als 1 m.

Infiltrationsmessung Profil P 1 (Hortisol)

Die Infiltrationsmessung erfolgte auf einer Ödlandfläche. Die Infiltrationsraten lagen während der ersten beiden Stunden zwischen 107 und 223 mm/h und pendelten sich in der dritten und vierten Stunde auf Werte zwischen 113 und 215 mm/h ein. 2 Parallelen wiesen dabei hohe Werte auf. Hier finden sich als Bodenart Sande und lehmige Sande, die zum Teil stark humos sind und eine mäßig dichte Lagerung haben. In tieferen Lagen treten Kiese auf. Sowohl die stark lehmige Komponente wie auch der hohe Humusanteil verringern die bei Sand zu erwartenden Infiltrationsraten.

Die Wassergehalte konnten sowohl vor als auch nach der Infiltration nur bis höchstens 70 cm Tiefe bestimmt werden, da die darunter folgenden Kiese nicht im Bohrstock haften blieben. Die Wassergehaltsbestimmung vor der Infiltration zeigte stark schwankende Werte zwischen 4,7 und 2,2 %, die keine eindeutige Horizontierung ergaben. Dieses ist auf den Wechsel der Bodenarten und die unterschiedlichen Humusanteile

zurückzuführen. Ähnlich war die Situation nach der Infiltrationsmessung. Insgesamt ist ein deutlicher Anstieg auf Gehalte zwischen 19,7 und 42,4 % zu verzeichnen, der allerdings keine klare Differenzierung ermöglicht. In 4 Stunden versickerten 556, 687 und 842 mm. Die Versickerungstiefe betrug mehr als 80 cm.

3.4.1.3 Böden mit sehr geringen bis mittleren Infiltrationsraten

Die dritte Gruppe der Infiltrationsmessungen weist Infiltrationsraten im Bereich von sehr gering bis mittel auf. Dazu zählen die Infiltrationsmessungen Profil P 21 und P 5.

Infiltrationsmessung Profil P 21 (Braunerde)

Die Infiltrationsmessung wurde auf einem mit Platanen bestandenen Mittelstreifen durchgeführt. Die Infiltrationsraten wiesen in der ersten Stunde noch Werte zwischen 1 und 18 mm/h auf. In den darauf folgenden 3 Stunden lagen sie zwischen 0 und 9 mm/h und somit im Bereich von sehr gering bis gering – mittel.

Die Decklage ist hier bis 8 cm Tiefe ein stark verdichteter Schlacken- und Aschengrus, darunter folgen sehr dicht gelagerte Fein- und Mittelsande. Die geringe Infiltrationsrate wird durch ständiges Befahren des Mittelstreifens und der damit verbundenen Verdichtung erklärt.

Die Wassergehaltsbestimmung vor und nach der Infiltrationsmessung veranschaulicht die Situation ebenfalls. Vor der Infiltration lagen die Werte zwischen 8,2 und 16,6 %, wobei die höheren Gehalte sich überwiegend in tieferen Bereichen fanden. Nach der Infiltration war ein merklicher Anstieg nur bis 20/30 cm Tiefe festzustellen. Hier lagen die Gehalte zwischen 15,2 und 25,2 %. In tieferen Lagen war allenfalls nur ein geringfügiger Anstieg des Wassergehaltes zu vermerken. Es ist also auch hier festzustellen, dass eine erkennbare Wasseraufnahme durch die starke Verdichtung und die somit fehlenden Poren kaum erfolgt. In 4 Stunden versickerten 2 – 43 mm. Dabei wurde der Boden 50 – 90 cm tief durchfeuchtet.

Infiltrationsmessung Profil P 5 (Regosol)

Die Infiltrationsmessung erfolgte auf dem Gelände eines alten Eisenbahnausbesserungswerks. Das Gelände wird heute als Parkfläche genutzt. Hier lagen die Infiltrationsraten während der ersten beiden Stunden zwischen 13 und 71 mm/h. In der dritten und vierten Stunde waren Werte zwischen 9 und 34 mm/h zu verzeichnen. Sie befinden sich somit im Bereich von gering – mittel bis mittel. Auch hier finden sich überwiegend Sande als Bodenart, die aber durch die industrielle Nutzung mit Fremdbestandteilen wie Asche, Eisenteilen etc. durchsetzt sind. Zusätzlich wurden die Sande noch verdichtet, sodass eine mäßig dichte bis sehr dichte Lagerung vorliegt. Es lässt sich feststellen, dass die industrielle Nutzung als Eisenbahnausbesserungswerk die natürlich hohen Infiltrationseigenschaften des Bodens deutlich vermindert hat. Durch die Vermischung des Bodens mit größeren Eisenteilen war eine Probennahme zur Wassergehaltsbestimmung höchstens bis 30 cm Tiefe möglich, sodass eine genauere Differenzierung bis 1 m Tiefe nicht erfolgte. Vor der Infiltration lagen die Wassergehalte zwischen 8 und 12,4 %. Nach der Infiltration war bis 20 cm Tiefe ein deutlicher Anstieg auf 23,9 – 37,2 % zu verzeichnen. Die in 4 Stunden versickerte Wassermenge betrug 73 – 172 mm. Das Wasser drang tiefer als 30 cm in den Boden ein.

3.4.1.4 Zusammenfassende Beurteilung der Infiltrationsraten

Bis auf wenige Ausnahmen weisen die Böden hohe Infiltrationsraten auf (Tab. 14). Damit ist eine Behinderung der Wasserversickerung überwiegend nicht vorhanden. Entsprechend ist nicht mit Oberflächenabfluss auf den unversiegelten Böden zu rechnen. Die Infiltrationsraten sind so hoch, dass auch eine Konzentration der Versickerung auf Tiefpunkte im Mikrorelief der Flächen unwahrscheinlich erscheint. Ebenso wird der seitliche Abfluss aus versiegelten Flächen überwiegend unbehindert in den angrenzenden Boden versickern können.

Allerdings sind hier auch Abweichungen vom überwiegenden Verhalten der Böden gegenüber einsickerndem Wasser ermittelt worden. Im Bereich von unversiegelten Parkplätzen (Profil P 21) und Gewerbeflächen (Profil P 5) war die Infiltrationsrate stark reduziert. Die als Folge des hohen Sandgehaltes dieser Böden

Tabelle 14
Vergleichende Bewertung der Infiltrationsraten der Profile

Infiltrationsnummer	Profil	Bodentyp	Bewertung
1	P 19	Esch mit Bauschutt führendem Anthrosand über tiefem, Kies führendem Fluvisand	hoch bis sehr hoch
2	P 22	Regosol aus Kies führendem Anthrosand über Bauschutt und Asche führendem Anthrosand	hoch bis sehr hoch
3	P 12	Regosol aus Kies führendem Anthrosand über (Anthro-)Bergematerialsand über tiefem Fluvisand	sehr hoch
4	P 14	Gley-Regosol aus Aschen und Bauschutt führendem Anthrosand über Kies führendem Fluvisand über tiefem Fluvisandkies	hoch
5	P 13	Braunerde-Podsol aus Aschen und Bauschutt führendem Flugsand über Flugsand	hoch bis sehr hoch
6	P 4	Gley-Braunerde aus Aschen und Bauschutt führendem Fluvilehm über Fluvilehm	hoch bis sehr hoch
7	P 3	Regosol aus Bauschutt und Aschen führendem, kalkhaltigem (Anthro-)Kohlensand über Fluvikiessand	mittel – hoch bis hoch
8	P 1	Hortisol aus Schlacken und Bauschutt führendem Flugsand über Kies führendem Fluvilehm	mittel – hoch bis hoch
9	P 21	Braunerde aus flachem, Aschen, Schlacken und Bauschutt führendem Anthrosand über Kies führendem Fluvisand über tiefem Fluvisandkies	sehr gering bis gering – mittel
10	P 5	Regosol aus kalkigem, Aschen, Bauschutt und Bergematerial führendem Anthrosand über Fluvilehm Kies	gering – mittel bis mittel

natürlich hohe Infiltrationsrate kann somit als Folge der Bodennutzung erheblich reduziert sein. Es muss daher für die Beurteilung der Infiltrationsrate nicht nur die Bodenartenzusammensetzung, sondern auch die Nutzung Berücksichtigung finden.

Nach 4-stündiger ununterbrochener Wasserversickerung ist die Infiltrationsrate geringer als zu Beginn (vgl. Abb. 18 u. 19). Dennoch überwiegen die hohen bis sehr hohen Raten. Somit ist auch bei lang anhaltenden Regenperioden damit zu rechnen, dass das Niederschlagswasser auf der Mehrzahl der Flächen aufgenommen wird. Geht man davon aus, dass Starkregen Niederschlagsintensitäten von 20 mm/h überschreiten, so werden diese nur in 16 % der untersuchten Flächen nicht sofort versickern können.

Vor der Durchfeuchtung durch das bei der Infiltrationsmessung versickernde Wasser nahm die Bodenfeuchte der naturnahen Bodenprofile (P 1, P 4, P 13, P 19, P 21) mit der Tiefe ab. Dies ist auf die erhöhte FK im Oberboden zurückzuführen, wodurch mehr Wasser speicherbar ist. Ursache ist ein erhöhter Humusgehalt. Die Unterböden sind hingegen vor der Wasserversickerungsmessung (Juli/August) trocken. Als Ursache kann die geringere FK und die Wasserschöpfung durch die Vegetation angenommen werden. Diese Böden sind überwiegend 80 – 100 cm tief durchwurzelt, sodass Wasser aus tieferen Horizonten (Schichten) aktiv durch die Vegetation dem Boden entzogen und an die Atmosphäre abgegeben werden kann. Nach der Infiltrationsmessung war eine deutliche Zunahme der Wassergehalte obiger Profile in jeder Tiefe feststellbar. Der Gradient von im Ober-

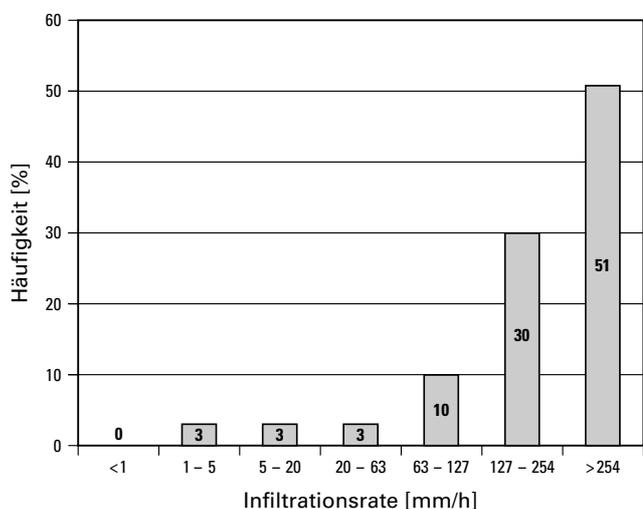


Abb. 18
Relative Häufigkeitsverteilung (%) der Infiltrationsraten zu Beginn der Versickerungsmessung

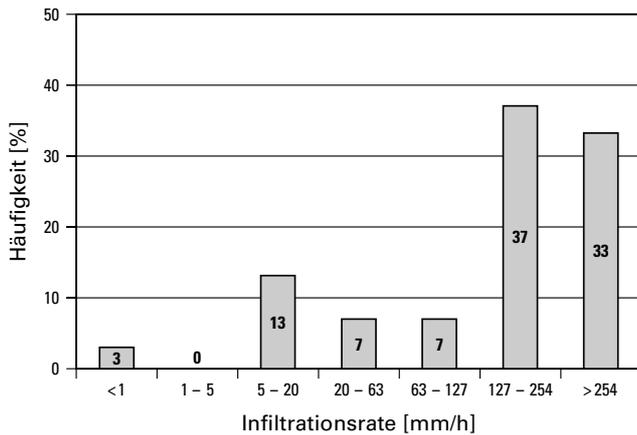


Abb. 19

Relative Häufigkeitsverteilung (%) der Infiltrationsraten nach 4-stündiger Wasserversickerung

boden sehr hohen zu mittleren Wassergehalten im Unterboden blieb jedoch infolge der unterschiedlichen Humusgehalte bestehen.

Die mit natürlichen und besonders die mit technogenen Substraten überdeckten Böden (Profile P 3, P 5, P 12, P 14, P 21) weisen einen vergleichsweise schwächeren Anstieg der Wassergehalte zum Oberboden auf. Bereits in 30 – 60 cm Tiefe werden diese Böden wieder feuchter. Der Wassergehalt steigt dabei mit der Tiefe an. Diese Böden sind 30 – 60 cm tief und damit flach durchwurzelt, sodass die Austrocknung durch Wasserentzug der Vegetation nicht tief erfolgen kann.

Nach der Infiltrationsmessung sind auch diese Böden deutlich feuchter. Das Tiefenverteilungsmuster von erhöhten, mittleren und wieder erhöhten Wassergehalten bleibt jedoch bestehen. Hinweise auf Stauwasserbildung ergeben nur die Wassergehaltswerte des Profils P 14.

3.4.2 Gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf-Wert)

Böden sind Speicher- und Transportsysteme. Sie haben somit Verbindungsfunktionen zu anderen Kompartimenten (Teilbereichen) des Ökosystems. Der Stofftransport im Boden erfolgt in Form von Lösungen, Gasen oder Partikeln. Der Lösungstransport ist dabei die bedeutendste Transportform. Diese Art des Transportes ist von der Durchlässigkeit des Bodens für Flüssigkeiten abhängig. Die Durchlässigkeit wird als Wasserleitfähigkeit bezeichnet und durch den kf-Wert als Kennwert gekennzeichnet. Der kf-Wert wird in der Bodenkunde in der Maßeinheit cm/d angegeben. Die gesättigte Wasserleitfähigkeit ist dadurch gekennzeichnet, dass der gesamte Porenraum des Bodens mit Wasser gefüllt ist. Die gesättigte Wasserleitfähigkeit wird im Bereich des vom Grundwasser durchflossenen Bodens in horizontaler Fließrichtung, oberhalb des vom Grundwasser beeinflussten Bodens in vertikaler Fließrichtung ermittelt. Die Böden des Kartiergebietes Oberhausen-Brücktorviertel sind nicht mehr vom Grundwasser beeinflusst, was eine Folge der Grundwasserabsenkung ist. Grundwasserböden liegen nur noch als Relikte vor. Erfasst wurden daher die Fließeigenschaften in vertikaler Richtung.

3.4.2.1 Merkmale der gesättigten Wasserleitfähigkeit der Profile

Die kf-Werte werden in der Tabelle 15 als geometrische Mittelwerte der Horizonte angegeben.

Profil P 1 (Hortisol) weist ab 40 cm Tiefe hohe Kiesgehalte auf. Es war daher nur bis in diese Tiefe beprobbar.

Der Boden weist oberflächennah extrem hohe kf-Werte (Tab. 15) auf. Ursachen sind der hohe Besatz mit Regenwürmern und eine gute Durchwurzlung. Beides ist eine Folge der ehemaligen Gartennutzung und eines fast neutralen pH-Wertes. Regenwürmer und Wurzelgänge erzeugen durchgehende, grobe Poren. Damit ist der Boden gut entwässer- und belüftbar.

Profil P 2 (Hortisol) liegt in einem heute noch als Grabeland genutzten Hinterhofgarten. Es konnte durchgehend bis in größere Tiefe beprobt werden.

Die kf-Werte liegen zwischen sehr hoch und extrem hoch (Tab. 15), wobei sie bis in 100 – 120 cm Tiefe abnehmen. Die kf-Werte schwanken in weiten Bereichen, was auf die ungleichmäßige Durchporung durch Regenwurmgänge zurückgeführt werden kann. Dabei weist dieser Boden durch die Bodenart sandiger Lehm bereits hohe Wasserleitfähigkeitseigenschaften auf. Diese werden weiter durch Regenwurm- und Wurzelgänge erhöht, die mit der Tiefe abnehmen. Dadurch nimmt auch die mittlere Wasserleitfähigkeit mit der Tiefe ab. Im untersten Horizont liegen grobsandige Mittelsande vor, wodurch die Wasserleitfähigkeit wieder erhöht ist. Sie ist im gesamten Profil so stark erhöht, dass keine Stauwasserbildung vorliegt. Durch die Regenwurmgänge kommt es vielmehr zu einer schnellen Tiefenversickerung bis in 100 cm Tiefe, ohne dass der Boden sich mit Wasser sättigen muss.

Profil P 3 (Regosol) liegt auf einer Ruderalfläche. Aufgrund des hohen Skelettgehaltes (> 50 %) war das Profil nur bis 60 cm Tiefe beprobbar. Somit wurde bis 55 cm Tiefe die Wasserleitfähigkeit des Auftragsbodens aus überwiegend Aschen ermittelt. Weitere Bestandteile entstammen dem Bauschutt. Diese Horizonte weisen einen nur sehr schwach sauren bis neutralen pH-Wert auf.

Das Profil P 3 ist nicht tiefer als 23 cm durchwurzelt. Regenwürmer treten nicht auf, obgleich die pH-Werte nahe dem Neutralpunkt liegen und damit für Regenwürmer günstige Lebensbedingungen aufweisen. Ursache für den geringen Wurzeltiefgang und fehlende Regenwürmer sind die Aschen. Sie weisen eine kantige Korngestalt auf. Dadurch ist der Scherwiderstand erhöht. Wurzeln und Regenwürmer können daher die Partikel nicht lateral bewegen.

Die mit Bau- und Industrieschutt angereicherten Aschen weisen jedoch eine sehr hohe bis extrem hohe Wasserleitfähigkeit auf (Tab. 15). Selbst die Ausbildung des horizontal orientierten Plattengefüges mindert die Wasserleitfähigkeit der Aschen nicht wesentlich. Da Aschen in montanindustriellen Böden häufig anzutreffen sind, ist bei diesen Böden mit einer guten Wasserleitfähigkeit zu rechnen. Sie sind hier jedoch als lebensfeindlich für die Vegetation und Bodenmakrofauna einzustufen.

In 62 – 120 cm Tiefe werden zwischen dem kiesigen Bodenmaterial Relikte von Regenwurmängen angetroffen. Dies deutet darauf hin, dass auch diese Horizonte eine sehr hohe Wasserleitfähigkeit aufweisen werden.

Profil P 4 (Gley-Braunerde) liegt auf einem heute als Weide genutzten ehemaligen Gartengrundstück. Dieses Profil weist nur in der relikten kultivierten Bodenschicht etwas erhöhte Skelettgehalte auf. Unter 35 cm Tiefe sind die Skelettgehalte gering. Es konnte somit bis in 130 cm Tiefe beprobt werden.

Die mittlere Wasserleitfähigkeit der Horizonte dieses Profils ist extrem hoch (Tab. 15). Ursache ist wiederum der Gehalt an Regenwurmängen, durch die dieser Boden sehr tief aufgeschlossen ist. Somit kann das Niederschlagswasser schnell tief in den Boden vordringen, ohne dass der Oberboden voll durchfeuchtet ist. Der stark lehmige Sand bis stark sandige Lehm als dominierende Bodenart des Profils weist ebenfalls eine hohe Wasserleitfähigkeit auf. Merkmale von Stauwasserbildungen sind aus den kf-Werten nicht ableitbar. Das Fleckenbild des Bodens ist auf reliktschen Grundwassereinfluss zurückzuführen.

Profil P 5 (Regosol) befindet sich auf einer durch Umnutzung zu einem Park überformten Fläche eines Eisenbahnausbesserungswerks. Der Oberboden ist stark schichtig, wobei Aschen überwiegen, Bergematerial und Kies jedoch auch auftreten. Der Boden weist hohe Skelettgehalte auf. Daher konnte nur die Krume untersucht werden.

Die Bodenart des jAh-Horizontes ist mittelsandiger Grobsand. Die Wasserleitfähigkeit ist daher infolge der Bodenart stark erhöht (Tab. 15). Biogene Durchporung erfolgt nur durch Wurzeln. Mit 18 cm Tiefe ist die Durchwurzelbarkeit des Bodens sehr beschränkt, was auf den hohen mit Aschen angereicherten Skelettgehalt zurückgeführt wird.

Profil P 6 (Pararendzina) liegt unter einem Sportplatzrasen. Das Profil weist in 36 – 100 cm Tiefe eine starke Schrägschichtung auf. Unter der Rasendecke befindet sich eine Dränschicht aus Kies, die eine tiefer gehende Durchwurzelung und Durchporung durch Regenwurmgänge behindert. Die Dränschicht konnte aufgrund des hohen Skelettgehaltes nicht beprobt werden.

Die mittleren Wasserleitfähigkeitswerte sind fast ausschließlich extrem hoch (Tab. 15). Das Profil ist nur bis 20 cm Tiefe durchwurzelt. Bis auf schwache Hinweise im jyAh-Horizont fehlen auch Regenwurmporen. Eine Wasserwegsamkeit durch biogen entstandene Poren liegt daher in dem aus technogenen Substraten bestehenden Boden nicht vor. Die hohe Wasserleitfähigkeit ist daher auf die Bodenart Mittelsand und den hohen Skelettgehalt zurückzuführen. Auffallend ist die starke Streuung der kf-Werte der Einzelproben. Neben sehr hohen kf-Werten treten im kleinräumigen Wechsel auch mittlere beziehungsweise geringe kf-Werte auf. Horizonte mit sehr hohen Schwankungsbreiten bestehen überwiegend aus Bauschutt.

Tabelle 15
Wasserleitfähigkeitsmerkmale aller beprobaren Profile

	Horizont	Entnahmetiefe [cm]	kf-Wert [cm/d] (min. – max.)	n	Bemerkung
Profil P 1 (Hortisol)	R-Ah	1 – 8	1 672 (249 – 8 561)	10	zahlreiche Regenwurmgänge
	R-Ah	20 – 25	254 (73 – 503)	9	zahlreiche feine Poren
Profil P 2 (Hortisol)	R-Ah	5 – 9	1 960 (181 – 18 774)	9	Regenwurmgänge selten, viele Poren < 1 mm
	Bv-R-Ah	45 – 50	1 280 (340 – 4 150)	7	zahlreiche Regenwurmgänge
	Bv	60 – 65	675 (102 – 5 760)	10	teilweise Regenwurmgänge
	Bv-Sw	85 – 90	207 (30 – 1 080)	8	Regenwurmgänge selten
	Sd	105 – 110	116 (20 – 392)	12	zahlreiche feine Poren, keine Regenwurmgänge
	IIC	130 – 135	1 290 (265 – 2 650)	9	zahlreiche feine Poren, grobsandiger Mittelsand
Profil P 3 (Regosol)	jyAh	3 – 8	5 720 (539 – 19 000)	10	zahlreiche feine Poren < 1 mm
	jyAh2	11 – 16	188 (75 – 537)	8	häufig feine Poren < 1 mm, Plattengefüge
	jyAh3	18 – 23	518 (148 – 1 260)	6	keine Poren sichtbar, Plattengefüge
	jyICc	23 – 30	544 (176 – 2 170)	9	keine Poren sichtbar, Plattengefüge
	jyIC	40 – 43	1 270 (255 – 2 480)	10	keine Poren sichtbar, Plattengefüge
	yj-fAh	55 – 60	590 (141 – 4 480)	10	keine Poren sichtbar, Plattengefüge
Profil P 4 (Gley-Braunerde)	Ap	2 – 8	597 (79 – 3 910)	9	viele Poren > 3 mm, Regenwurmgänge
	Bv	39 – 44	1 720 (590 – 5 520)	8	viele Poren > 3 mm, Regenwurmgänge
	rGo	82 – 87	290 (22 – 3 770)	9	vereinzelt Regenwurmgänge, zahlreiche feine Poren
	rGo2	95 – 100	645 (74 – 4 950)	10	häufig Regenwurmgänge
	rGo3	115 – 120	606 (64 – 2 000)	9	teilweise Regenwurmgänge
Profil P 5 (Regosol)	yjAh/jyAh	0 – 5	1 830 (534 – 6 240)	9	vereinzelt Feinwurzeln, keine Regenwurmgänge
Profil P 6 (Pararendzina)	jyAh	0 – 5	1 150 (175 – 6 300)	8	Krümelgefüge, 1 Regenwurmgang
	jyCc	10 – 15	875 (191 – 4 130)	9	zahlreiche feine Poren
	jyC	40 – 45	126 (46 – 732)	10	bauschutthaltig, selten feine Poren
	jyC	48 – 53	1 310 (269 – 8 210)	10	weiße Putzschicht, vereinzelt feine Poren
	jyC/jyCc2	60 – 65	2 030 (662 – 8 210)	4	dunkles Band, keine Poren
	yjC/yC	80 – 90	537 (1 – 10 000)	10	Bauschutt, keine Poren
	Bv-Sw	120 – 125	913 (72 – 3 110)	6	gestörter Bhs-Horizont, keine Poren
Profil P 8 (Braunerde)	Ah1	1 – 5	3 070 (1 210 – 7 710)	10	vereinzelt Regenwurmgänge, zahlreiche feine Poren
	Ah2	15 – 20	2 700 (675 – 13 710)	10	häufig Regenwurmgänge
	Bv1	35 – 40	4 010 (950 – 17 100)	9	zahlreiche Regenwurmgänge
	Bv2	50 – 55	1 650 (610 – 7 460)	7	zahlreiche Regenwurmgänge
	Bv3	80 – 85	643 (150 – 3 750)	8	zahlreiche Regenwurmgänge
	Go	110 – 115	95 (11 – 1 120)	8	zahlreiche feine Poren

Im **Profil P 8 (Braunerde)** kommen Regenwurmgänge in den untersuchten Proben bis in 1 m Tiefe vor. Dadurch ist die Wasserleitfähigkeit in diesem Profileil extrem hoch (Tab. 15). Allerdings ist eine allmähliche Abnahme der kf-Werte mit der Tiefe feststellbar. Im anschließenden Go-Horizont fallen die kf-Werte, zeigen aber im Mittel noch eine hohe Wasserleitfähigkeit an, was auf den lehmigen Sand zurückzuführen ist. Dieses Profil bietet trotz saurer Bodenreaktion (pH 5) Regenwürmern noch gute Lebensbedingungen.

Tabelle 15
(Fortsetzung)

	Horizont	Entnahmetiefe [cm]	kf-Wert [cm/d] (min. – max.)	n	Bemerkung
Profil P 9 (Pararendzina)	jyIC2	26 – 31	87 (12 – 9 050)	9	Aschen, Bauschutt, teilweise feine Poren
	jyIC3	58 – 69	283 (48 – 1 290)	10	Aschen, teilweise feine Poren
	Gor	110 – 120	321 (141 – 552)	9	zahlreiche feine Poren, sandiger Lehm
Profil P 10 (Regosol)	jAh	5 – 9	4 500 (1 520 – 13 800)	9	grobe Poren häufig, Krümelgefüge, selten Regenwurmgänge
	jC	18 – 23	373 (2 – 3 070)	10	vereinzelt grobe und feine Poren, vereinzelt Bergematerial
	jC2	36 – 41	517 (261 – 811)	8	zahlreiche feine Poren
	jC3	60 – 65	593 (282 – 1 680)	9	zahlreiche feine Poren
	jC4	70 – 75	111 (26 – 1 570)	4	berge-, ziegel-, ziegelgrushaltig, zahlreiche Feinporen
	jC5	93 – 98	468 (67 – 368)	10	verwittertes Bergematerial, teils Waschberge
Profil P 11 (Pseudogley)	jAh	2 – 7	798 (52 – 10 300)	8	seltene Regenwurmgänge, häufig mittlere Poren
	jAh2	25 – 30	943 (163 – 5 220)	9	häufig mittlere Poren
	jSw	45 – 50	247 (7 – 11 500)	7	seltene mittlere Poren, sehr selten Regenwurmgänge
Profil P 12 (Regosol)	jAh	1 – 5	740 (199 – 2 210)	9	vereinzelt Regenwurmgänge, sehr zahlreiche feine Poren
	jAh2	14 – 19	1 930 (500 – 11 600)	10	vereinzelt Regenwurmgänge, viele feine Poren
	yjIC	40 – 45	2 560 (896 – 8 110)	9	viele feine Poren
	jC2	108 – 113	735 (263 – 1 710)	9	keine Poren
	fAp	140 – 145	90 (8 – 3 940)	8	vereinzelt relikte Regenwurmgänge
Profil P 13 (Braunerde-Podsol)	Ah2	8 – 13	584 (69 – 5 600)	10	sehr selten Regenwurmgänge, zahlreiche Poren
	Bhs	30 – 35	1 650 (902 – 3 940)	9	sehr selten Regenwurmgänge, zahlreiche feine Poren
	Bsv	65 – 70	1 590 (424 – 3 520)	10	sehr selten Regenwurmgänge, zahlreiche Poren
	IISw	122 – 127	527 (217 – 1 030)	7	zahlreiche feine Poren
	IISd	155 – 160	290 (58 – 2 000)	9	2 große Poren, zahlreiche feine Poren
Profil P 14 (Gley-Regosol)	jAh	5 – 10	994 (636 – 1 810)	7	zahlreiche grobe und feine Poren
	j(y)Ah	20 – 25	979 (286 – 4 100)	10	zahlreiche feine Poren
	jC	53 – 58	222 (42 – 649)	9	zahlreiche feine Poren
Profil P 15 (Regosol)	yjAh	15 – 20	3 380 (1 510 – 24 700)	10	zahlreiche Feinporen, Regenwurmgänge
	Go	242 – 247	218 (42 – 7 010)	9	zahlreiche Feinporen, vereinzelt Poren von 1 – 3 mm
Profil P 19 (Esch)	yjAh	2 – 7	814 (379 – 1 570)	9	zahlreiche feine Poren, sehr locker gelagert
	E	70 – 75	1 110 (411 – 3 270)	10	überwiegend feine Poren, teilweise Regenwurmgänge
Profil P 21 (Braunerde)	fAh/Bv	20 – 35	109 (33 – 1 980)	9	keine Poren
	Bv	35 – 40	44 (11 – 89)	6	zahlreiche Feinporen, Wurzelröhren
	Bv2	70 – 75	58 (3 – 553)	9	häufiger zahlreiche Feinporen

In diesem Parkboden sickert das Niederschlagswasser schnell über die Regenwurmgänge tief ein, ohne dass der gesamte Boden voll durchströmt wird. Gelöste Stoffe können somit schnell tiefere Bodenschichten erreichen. Stauwasser tritt in diesem Boden nicht auf.

Profil P 9 (Pararendzina) liegt auf einem Bolzplatz. Die oberen Horizonte bilden eine zementgebundene Decke über Grobsand mit Berge- und Aschenbeimengungen über Schlacken- und Gemengelagen aus Aschen, Kohleresten, Ziegelschutt und Bergematerial. Infolge des hohen Skelettgehaltes (> 50 %) war dieser Profilabschnitt nicht beprobbar. Es kann jedoch von einer geringen bis mittleren Wasserleitfähigkeit ausgegangen werden.

Diesem Profil fehlen die Regenwurmgänge. Die pH-Werte zwischen 7 und 8 wären für eine Besiedlung günstig. Die Aschegehalte und die Deck- und Tragschicht des Bolzplatzes verhindern dies. Die mittlere Wasserleitfähigkeit (Tab. 15) nimmt von oben nach unten im Profil von hohen auf extrem hohe Werte zu. Dabei steigt auch der Anteil gerade noch sichtbarer Poren. Außer an der Bodenoberfläche ist eine Behinderung der Niederschlagsversickerung nicht feststellbar.

Profil P 10 (Regosol) befindet sich auf einer Rasenfläche zwischen Mehrfamilienhäusern. Der Boden ist schwach sauer (pH 5 – 6). Regenwurmgänge sind nur vereinzelt in der Krume feststellbar. Das übrige Profil weist überwiegend in großer Anzahl noch sichtbare feine Poren auf. In 14 – 25 cm Tiefe ist Bergematerial in den jC eingearbeitet. Nach einem Übergang mit Bauschutt und Bergematerial ab 70 cm tritt ab 95 cm Tiefe Bergematerial auf.

Die Wasserleitfähigkeit ist überwiegend extrem hoch (Tab. 15). Im jC4-Horizont ist sie sehr hoch, wobei die Werte zwischen mittel und extrem hoch streuen. Das Profil enthält keine Hinweise auf eine Behinderung der Tiefenversickerung des Niederschlagswassers. Dabei erfolgt die Tiefenversickerung nicht über Regenwurmgänge. Infolge des Auftrages mit mäßig saurem und mittel bis stark skeletthaltigem Boden ist die Entwicklung einer starken Regenwurmpopulation nicht zu erwarten.

Profil P 11 (Pseudogley) wurde auf einer Rasenfläche vor Mietwohnungsanlagen angelegt. Ab 53 cm Tiefe traten hohe Skelettgehalte auf, sodass eine tiefere Beprobung nicht möglich war. Der Pseudogley besteht in dieser Tiefe aus schwach kiesigem, schwach lehmigem Sand, wobei Mittelsand die Kornfraktionen dominiert. Als Fremdbestandteile traten Bergematerial, Ziegelsteinreste, Kohle und Ortsteinaggregationen auf. Die Wasserleitfähigkeit (Tab. 15) der untersuchten Horizonte war hoch bis extrem hoch. Sie wies zwischen den einzelnen Proben starke Schwankungen auf. Nach unten nimmt sie deutlich ab.

Die hohe Wasserleitfähigkeit ist auf den Mittelsandgehalt zurückzuführen. Die hohen Extremwerte sind durch Regenwurmgänge bedingt. Insgesamt hat die biogene Durchporung bei einer Durchwurzelungstiefe von nur 10 cm eine geringe Bedeutung für die Wasserleitfähigkeit.

Das **Profil P 12 (Regosol)** ist in den Auftragsschichten mittel bis hoch skeletthaltig. Es konnte daher in den Auftragsschichten in den oberen 3 Horizonten bis 50 cm Tiefe beprobt werden. Weitere 2 Horizonte wurden aus dem Unterboden beprobt, wobei als unterster der fossile Ap-Horizont erfasst wurde. Im Oberboden lagen lehmige Sande vor, bei denen eine Dominanz der Mittelsande auftrat. Im Unterboden traten Mittelsande und schwach lehmige Mittelsande auf. In der Tiefe 30 – 50 cm bildeten Bergematerial und Ziegelgrus das Skelett.

Der Boden ist bis 10 cm Tiefe durchwurzelt. Die pH-Werte sind schwach sauer bis schwach alkalisch, was sich günstig auf die biogene Durchporung auswirkt. Dadurch verteilen sich die Wasserleitfähigkeitswerte der einzelnen Proben über einen weiten Bereich (Tab. 15). Im überdeckten Pflughorizont (fAp) sind noch Regenwurmgänge, vermutlich als Relikt früherer biotischer Aktivität, vorhanden. In der regenwurmfreien Bodenmatrix sind die kf-Werte jedoch mit mittleren bis hohen Werten im fAp-Horizont deutlich niedriger als in den übrigen untersuchten Horizonten. Mittel- und Grobsand sowie hohe Skelettgehalte werden die Ursache der extrem hohen Wasserleitfähigkeit der übrigen Horizonte sein.

Das **Profil P 13 (Braunerde-Podsol)** weist nur im Oberboden und im tieferen Unterboden deutliche Skelettgehalte auf. Somit war das Profil gut beprobbar. Die Bodenarten sind lehmige Mittelsande, im tieferen Unterboden tonige Sande. Im Unterboden sind Bauschuttbestandteile und Kohle in geringen Mengen eingemischt. Die Durchwurzelungstiefe erreichte 85 cm.

Infolge der Dominanz von Mittelsand und der tiefen biogenen Durchporung durch Wurzeln ist die Wasserleitfähigkeit (Tab. 15) im gesamten Profil extrem hoch. Selbst in den Unterbodenhorizonten ist der Wasserabfluss in tiefere Schichten nicht behindert.

Unterhalb der Zechenhalde befindet sich das **Profil P 14 (Gley-Regosol)**. Es treten hier feinsandige Mittelsande auf. Sie sind nur schwach sauer. Als Fremdbestandteile sind in 35 cm Tiefe in sehr geringen Mengen Kohle, Koks, Bauschutt und Bergematerial zu finden. Die Durchwurzelung dieser Grünlandfläche endet in 35 cm Tiefe. Im Unterboden steigt der Skelettgehalt wieder an.

Die Wasserleitfähigkeit (Tab. 15) ist im Oberboden extrem hoch und fällt im Unterboden auf im Mittel sehr hohe Werte, wobei hohe neben extrem hohen Werten auftreten. Wesentlich wird die Wasserleitfähigkeit im Oberboden durch die erhöhten Gehalte an Poren mit 1 – 3 mm Durchmesser und im Unterboden durch den Mittelsandgehalt bestimmt. Die bei diesem Profil angetroffenen Wasserleitfähigkeitsmerkmale entsprechen den im Untersuchungsgebiet natürlich vorliegenden Bodenmerkmalen.

Das **Profil P 15 (Regosol)** ist stark skeletthaltig. Es war daher schwierig zu beproben. Untersucht wurde der Oberboden aus stark sandigem Lehm mit Skelettgehalten von 47 % und mit 5 % Aschen und Bauschutt. Der Boden ist daher schwach alkalisch und durchwurzelt. Beprobte werden konnte auch der tiefere Unterboden. Dort wurde schwach schluffiger Mittelsand angetroffen.

Die kf-Werte (Tab. 15) sind aufgrund der hohen Durchporung mit Regenwurmängen und des hohen Skelettgehaltes im Oberboden extrem hoch. Im tieferen Unterboden herrschen hohe bis sehr hohe kf-Werte vor.

Die **Profile P 16 (Skeletthumusboden), P 17 (Regosol) und P 18 (Braunerde-Regosol)** weisen mit über 60 %, meist sogar über 75 % Skelett sehr hohe Gehalte auf. Eine Beprobung mit Stechzylindern zur Gewinnung von ungestörten Bodenproben war nicht durchführbar.

Im Oberboden des **Profils P 19 (Esch)** lag schwach kiesiger, lehmiger Fein- bis Mittelsand vor, in dem bis zu 10 % Müllreste wie Glas, Plastik, Eisen und Draht eingemischt waren. Im Unterboden trat schwach lehmiger Mittelsand auf, der geringe Beimengungen an Bauschutt enthielt. Der Skelettgehalt lag bei 11 %. Entsprechend dem Bauschuttgehalt lag der pH-Wert um den Neutralpunkt.

Die extrem hohen kf-Werte (Tab. 15) im Oberboden sind auf die sehr lockere Lagerung des stark humosen Bodens zurückzuführen. Die hohe Wasserleitfähigkeit des Unterbodens beruht auf dem erhöhten Skelettgehalt und dem Vorkommen von Regenwurmängen. Der neutrale pH-Wert begünstigt das Vorkommen von Regenwürmern.

In **Profil P 21 (Braunerde)** wurden 3 Horizonte beprobt. Sie bestehen aus kiesigem, lehmigem Sand, kiesigem, stark lehmigem Sand und stark kiesigem, sandig-tonigem Lehm. Die beiden oberen Horizonte sind schwach sauer, darunter erfolgt ein Sprung auf stark sauer.

Dieses Profil weist ebenfalls hohe kf-Werte auf (Tab. 15). Jedoch ist die Wasserleitfähigkeit im Vergleich zu den übrigen Standorten deutlich geringer. In dem Profil ist die Lagerungsdichte mit 1,6 – 1,7 g/cm³ hoch. Es macht sich somit der Einfluss der Nutzung als Kfz-Parkfläche deutlich bemerkbar.

3.4.2.2 Zusammenfassende Beurteilung der gesättigten Wasserleitfähigkeit

Die ungestörten Bodenproben wurden in vertikaler Richtung entnommen, da infolge der Grundwasserabsenkung im Brücktorviertel die Böden kaum vom Grundwasser beeinflusst sind und damit in dem humiden Klima die Haupttrichtung der Wasserbewegung im Boden von oben nach unten verläuft. Die vertikale Probennahmerichtung wirkt sich deutlich in erhöhten kf-Werten aus. Die Horizontmittel der kf-Werte sind bei 50 der 68 untersuchten Horizonte extrem hoch.

Bedingt ist dies zunächst durch die überwiegend in vertikaler Richtung verlaufende biogene Porung. Starke Durchporung mit Regenwurmängen erhöht die vertikale Wasserleitfähigkeit auf kf-Werte weit über

100 cm/d. Der Kalkgehalt als Folge von Bauschuttbeimengen, aber auch die tief gehende Anreicherung von organischer Substanz in diesen Böden führten zu einem hohen Regenwurmbesatz.

Stauwasserböden mit ausgeprägten Verdichtungshorizonten geringer Wasserdurchlässigkeit ($k_f < 10$ cm/d) treten nicht auf. Doch weisen Horizonte einzelner Böden eine sehr starke kleinräumige Variabilität der Wasserleitfähigkeit auf. So wurden an einzelnen Stechringproben k_f -Werte < 10 cm/d ermittelt. Sie treten dort auf, wo auch schon die Fleckung des Bodens auf zeitweisen Wasserstau hinweist (Profil P 11, P 12, P 21).

Weiterhin treten in den einzelnen Profilen zwischen den Horizonten sehr große Unterschiede in der Höhe der k_f -Werte auf, dies allerdings auf hohem Durchlässigkeitsniveau. Zum Teil ist dies bedingt durch die Regenwurmgänge. Am Ende solcher Gangsysteme kann es kurzfristig zu Wasserstau kommen. Die Folge ist eine kleinräumige Umverteilung von solchen Ionen, deren Löslichkeit von den Redoxzuständen abhängig ist. Ein Fleckenbild im Profil kann auf derartige Prozesse hinweisen.

In einigen Horizonten treten Volumengewichte über 1,6 kg/l auf, was hohe Lagerungsdichten anzeigt. Auch diese Böden weisen im Mittel der untersuchten Proben noch hohe Wasserleitfähigkeitswerte auf. Da die Böden größere Mengen Skelett enthalten, wird wahrscheinlich durch den Skelettgehalt die Wasserleitfähigkeit verbessert.

Aufgrund der nur kurzzeitigen Verzögerung der Wasserversickerung in den Unterboden ist eine flächige seitliche Wasserableitung über Stauhorizonten in Böden des Brücktorviertels nicht anzunehmen. Gewässer werden daher nicht über Stauwasser, sondern über Grundwasser gespeist, sofern dies nicht abgesenkt wurde.

Die hohe Wasserleitfähigkeit der Regenwurmgänge und die Kontinuität dieser Poren über mehrere Horizonte hinweg führt zu einer schnellen Niederschlagswasserversickerung, ohne dass bei kurzzeitigen Niederschlägen der ganze Bodenkörper durchfeuchtet sein muss. Die Regenwurmgänge bilden somit präferenzielle Fließpfade, die auch schadstoffhaltigen Lösungen einen schnellen Durchbruch in größere Tiefen ermöglichen. Dies ist vor allem bei Böden aus natürlichen Substraten der Fall. Die Regenwurmdurchporung erreicht dort Tiefen von 85 – 130 cm. In Böden mit technogenen Substraten bleiben die Regenwurmgänge auf die obersten Horizonte beschränkt. Infolge hoher Scherwiderstände durch das Bodenskelett ist hier eine biogene Durchporung schwierig.

Inwieweit allerdings am Ende der Regenwurmgänge tatsächlich noch schadstoffhaltige Bodenlösungen auftreten, ist nicht bekannt. Es ist durchaus vorstellbar, dass, ähnlich wie bei Kluftwasserleitern, eine Abreicherung der löslichen Schadstoffe auf dem Weg in die Tiefe erfolgt.

Die Wirkung dualer Porensysteme aus flussaktiven und flussinaktiven Poren ist auch aus aggregierten Böden der siedlungsfreien Landschaft bekannt. Bei den natürlichen, überwiegend sandigen Böden des Brücktorviertels sind solche Systeme außer bei Regenwurmgängen nicht anzunehmen. Im Bereich technogener Substrate (und dort bei Aschestücken und bei porösen Baustoffen) ist dies allerdings nicht auszuschließen (BÄDJER & BURGHARDT 1999).

Die Durchlässigkeit von Aschenlagen ist ebenfalls sehr hoch. Vereinzelt treten, wie das plattige Gefüge anzeigt, verdichtete Aschenlagen auf (Profil P 3). Dies führt zur Abnahme der extrem hohen k_f -Werte auf hohe Werte. Auch Gemenge aus Aschen und Bauschutt weisen meist extrem hohe k_f -Werte auf. Es gibt jedoch auch Beispiele solcher Gemenge mit deutlich niedrigeren k_f -Werten (Profil P 9).

Unter den Auftragsböden oder Deposolen können die alten humosen Oberbodenhorizonte vorliegen. Sie sind jetzt fossile Horizonte. Diese f_{Ah} - beziehungsweise f_{Ap} -Horizonte zeigen aufgrund ihres erhöhten Humusgehaltes keine extrem hohen k_f -Werte. Sie sind allerdings im Beispiel des Profils P 12 noch hoch.

Zusammenfassend lässt sich für das Brücktorviertel ausführen, dass das ursprünglich in natürlichen Böden vorhandene hohe Niveau der k_f -Werte sich auch in den Stadtböden des Brücktorviertels wiederfindet, zum Teil sogar erhöht ist. Ursachen sind die technogenen Substrate, Skelettgehalte und biogene Durchporung. Auf dem hohen Niveau bestehen jedoch auf kleinste Entfernung sowohl in vertikaler wie auch in horizontaler Richtung sehr große Unterschiede. Dem Lösungstransport und dem Schadstoffverteilungsmuster kann entsprechend eine große räumliche Variabilität unterstellt werden.

3.4.3 Porenraumgliederung

Böden sind poröse Körper. Ihr gesamter Porengehalt reicht von wenigen Volumenprozenten bei Lithosolen (Gesteinsböden) bis über 95 % bei schwach entwässerten Moorböden. Mittlere Porengehalte von Böden sind 35 – 45 Vol.-%.

Die Einflüsse des Porensystems sind vielfältig. Es bestimmt

- die Porosität sowie die in einer Volumeneinheit vorhandene Bodenmasse und damit die tatsächlich in einem Boden vorhandene Stoffmenge;
- die Speichereigenschaften von Böden für Luft und andere Gase, Wasser, in Wasser lösliche oder dispergierte Stoffe oder andere Flüssigkeiten. Durch das Wasser ist der Boden auch Speichermedium für Wärme.
- die Grundwasserneubildung. Auf Böden geringer Speicherkapazität für Wasser ist die Tiefenversickerung stärker und damit die Wahrscheinlichkeit von Wasserverlusten durch Verdunstung geringer. Die Grundwasserneubildungsrate steigt dadurch an.
- die Eigenschaften als Leitungssystem.

Von der Porenraumgliederung sind weiterhin abhängig die Infiltrationsraten, die gesättigte und ungesättigte Wasserleitfähigkeit (k_f - und k_u -Werte), die Luftleitfähigkeit, der kapillare Wasseranstieg und die Diffusionseigenschaften von Böden. Einige dieser Parameter wurden im Untersuchungsgebiet Oberhausen-Brücktorviertel erfasst und werden an anderer Stelle in diesem Bericht behandelt.

3.4.3.1 Ergebnisse der Profiluntersuchungen

Profil P 1 (Hortisol)

An diesem Profil wurden die relikten Hortisolhorizonte (R-Ah) untersucht. Darunter war eine Probenahme infolge des hohen Skelettgehaltes nicht möglich. Kennzeichnend ist für die beiden Horizonte (vgl. Tab. 16) der sehr hohe Humusgehalt. Der Boden der R- A_p -Horizonte ist infolge des Humusgehaltes locker. Er weist daher ein sehr geringes bis geringes Volumengewicht (V_g) auf. Das dadurch bedingte Porenvolumen (GPV) wirkt sich in dem feinsandigen Mittelsand auf die Luftkapazität (LK) aus. Diese ist in der an die Oberflächen angrenzenden Bodenschicht sehr hoch, darunter mittel. Es kann daher ein ungehemmter Gasaustausch wie auch eine Entwässerbarkeit dieser Horizonte angenommen werden.

Die Feldkapazität (FK) ist hoch. Damit weist der Boden gute Speichereigenschaften für lösliche Stoffe und eine hohe Wärmekapazität auf. Sehr hoch ist die nutzbare Feldkapazität (nFK), das heißt der Speicher für pflanzenverfügbares Wasser, der einzelnen Horizonte. Die Durchwurzelung erreicht jedoch nur eine Tiefe von 55 cm. Der Boden ist flach durchwurzelt. Daraus ergibt sich eine nutzbare Feldkapazität im durchwurzeltten Bodenraum ($nFKWe$) von ca. 168 mm, die als hoch zu bewerten ist.

Profil P 2 (Hortisol)

Der sehr stark humose Oberboden ist locker und weist daher ein geringes Volumengewicht und Porenvolumen auf (Tab. 16). Entsprechend sind LK und nFK sehr hoch. Die FK ist als mittel bewertet. Mit zunehmender Tiefe steigt dann das Volumengewicht auf mittlere Werte an. Entsprechend sinken auch LK und nFK auf mittlere Werte ab.

Darunter wechselt die Bodenart von lehmigem Sand bis stark sandigem Lehm zum kiesigen Mittelsand. Die LK steigt dadurch auf sehr hohe Werte. Gering sind hingegen FK und nFK . In diesem Profil ist somit der Wasserabfluss in tiefere Schichten schwach behindert.

Die Durchwurzelungstiefe in diesem Profil betrug 50 cm. Daraus ergibt sich eine pflanzenverfügbar gespeicherte Wassermenge ($nFKWe$) von 127 mm. Dies ist als mittel zu bewerten. Die relativ guten Eigenschaften dieses Profils werden wesentlich durch die lange Nutzung als Gartenland und das aus dieser Nutzung sich entwickelnde Hortisol bestimmt.

Tabelle 16
Kennwerte des Porenraumes aller beprobaren Profile

	Tiefe [cm]	Horizont	C [%]	Ton [%]	Vg [kg/l]	GPV [%]	LK [Vol.-%]	FK [Vol.-%]	nFK [mm/dm]	nFKWe [mm]
Profil P 1 (Hortisol)	0 – 5	R-Ah	12,5	10,4	0,87	68,2	22,5	45,7	28,1	
	5 – 40	R-Ah	7,5	6,1	1,36	51,6	10,4	41,2	31,8	
	0 – 55									168
Profil P 2 (Hortisol)	0 – 45	R-Ah	7,0	20,2	1,06	56,7	22,7	33,9	24,0	
	45 – 55	Bv-R-Ah	1,2	9,2	1,21	47,7	21,4	26,3	18,7	
	55 – 80	Bv	0,6	12,2	1,43	42,1	21,4	20,7	14,6	
	80 – 100	Bv-Sw	0,6	19,6	1,59	37,3	12,9	24,4	17,5	
	100 – 120	Sd	0,3	18,6	1,60	39,1	9,2	29,9	12,7	
	120 – 160	lIC	0,1	2,8	1,52	42,3	28,7	13,5	7,8	
	0 – 50									127
Profil P 3 (Regosol)	0 – 10	jyAh	14,5	10,8	0,99	59,4	13,7	45,8	32,1	
	10 – 18	jyAh2	24,3	3,6	0,99	49,5	9,0	40,4	30,9	
	18 – 23	jyAh3	15,6	4,8	0,94	46,6	17,2	29,4	20,8	
	23 – 30	jylCc	16,2	3,2	0,93	52,5	24,4	28,1	18,6	
	30 – 55	jylC	9,1	2,7	1,07	51,2	22,2	29,0	20,1	
	55 – 62	jy-fAh	6,0	3,0	1,18	48,5	20,0	28,5	19,8	
	0 – 23									67
Profil P 4 (Gley- Braunerde)	0 – 35	Ap	4,9	12,9	1,26	50,5	10,2	40,2	24,8	
	35 – 70	Bv	0,6	8,0	1,36	42,9	17,2	25,7	15,0	
	70 – 91	rGo	0,4	21,6	1,48	40,4	11,4	28,9	17,9	
	91 – 105	rGo2	0,4	21,6	1,51	40,6	8,0	32,6	17,9	
	105 – 130	rGo3	0,3	15,7	1,55	39,9	8,7	31,2	13,7	
	0 – 91									177
Profil P 5 (Regosol)	0 – 5	yjAh/jyAh	11,9	3,9	1,02	55,1	23,0	32,0	21,7	
	0 – 18									39
Profil P 6 (Pararendzina)	0 – 5	jyAh	7,9	9,3	1,03	50,3	11,7	38,6	29,3	
	5 – 20	jyCc	8,0	9,7	1,46	39,6	12,8	26,7	18,7	
	36 – 45/63	jyC	1,9	3,5	1,54	35,6	11,8	23,7	16,3	
	45/63 – 47/66	jyC/jyCc2	10,7	4,8	1,27	46,4	17,1	29,2	23,7	
	47/66 – 63/83	jyC/jyCc2	6,4	6,6	1,35	43,4	21,4	21,9	16,8	
	63/83 – 100	jyCc2/yjC	5,3	1,0	1,71	35,7	7,1	28,7	11,6	
	100 – 150	Bv-Sw	0,3	10,8	1,37	42,5	32,7	9,8	7,9	
	0 – 20									43
Profil P 8 (Braunerde)	0 – 5	Ah1	5,5	14,9	1,20	49,3	12,2	37,1	23,4	
	5 – 27	Ah2	5,6	7,8	1,29	45,3	16,9	28,4	18,7	
	27 – 43	Bv1	2,1	10,5	1,31	47,0	21,4	25,3	18,1	
	43 – 65	Bv2	1,4	7,8	1,40	42,9	20,0	22,8	14,2	
	65 – 100	Bv3	0,3	7,2	1,54	39,2	18,7	20,3	11,8	
	100 – 140	Go	0,2	15,9	1,64	35,3	7,9	27,4	10,1	
	0 – 100									169
Profil P 9 (Pararendzina)	25 – 58	jylC2	10,7	9,2	1,39	39,4	5,5	33,9	23,5	
	58 – 120	jylC/Gor	0,4	3,7	1,32	42,7	11,9	30,8	22,6	
	120 – 150	Gor	0,2	4,5	1,60	33,0	17,0	16,0	12,9	

Tabelle 16
(Fortsetzung)

	Tiefe [cm]	Horizont	C [%]	Ton [%]	Vg [kg/l]	GPV [%]	LK [Vol.-%]	FK [Vol.-%]	nFK [mm/dm]	nFKWe [mm]
Profil P 10 (Regosol)	0 – 14	jAh	5,5	nb	1,45	38,4	12,1	26,2	17,4	
	14 – 25	jC	2,3	8,9	1,71	35,8	10,0	25,7	12,1	
	25 – 60	jC2	0,2	n.b.	1,55	37,9	23,1	14,8	11,4	
	60 – 70	jC3	0,3	7,7	1,54	38,4	17,6	20,7	13,3	
	70 – 80	jC4	6,0	7,3	1,35	40,5	18,9	21,5	15,6	
	93 – 100	jC5	40,5	6,8	1,12	50,0	19,6	30,0	24,0	
	0 – 93									127
Profil P 11 (Pseudogley)	0 – 10	jAh	9,7	6,9	1,08	55,2	7,8	47,3	31,1	
	10 – 45	jAh2	8,9	9,4	1,17	47,3	9,3	38,0	22,2	
	45 – 53	jSw	7,8	8,1	1,27	44,1	8,0	36,0	22,8	
	0 – 10									31
Profil P 12 (Regosol)	0 – 5	jAh	7,5	3,6	1,09	56,8	14,4	42,4	29,4	
	5 – 35	jAh2	5,2	13,9	1,28	46,2	19,6	26,6	20,1	
	35 – 50	yjIC	9,2	11,1	1,45	37,3	14,0	23,3	16,2	
	90 – 130	jC2	0,3	1,6	1,54	37,3	25,7	11,6	9,1	
	130 – 150	fAp	1,6	8,0	1,38	41,8	9,6	32,1	24,5	
	0 – 60									116
Profil P 13 (Braunerde- Podsol)	5 – 25	Ah2	3,6	8,0	1,42	42,3	8,6	33,7	23,6	
	25 – 45	Bhs	0,7	8,0	1,42	43,6	32,8	10,8	8,4	
	45 – 85	Bsv	0,3	2,4	1,48	40,1	32,8	7,3	5,4	
	105 – 145	lISw	0,1	6,2	1,55	37,4	17,8	19,5	17,6	
	145 – 180	lISd	0,1	18,1	1,71	35,1	10,4	24,6	16,1	
	0 – 85									97
Profil P 14 (Gley-Regosol)	0 – 15	jAh	9,6	4,0	1,09	55,3	19,7	35,6	30,8	
	15 – 35	j(y)Ah	3,5	4,6	1,43	41,0	25,5	15,5	12,0	
	35 – 58	jC	0,1	5,3	1,66	36,7	17,2	19,6	12,4	
	58 – 65	Go	0,1	1,3	1,30	46,4	18,7	27,6	26,4	
	0 – 58									98
Profil P 15 (Regosol)	0 – 25	yjAh	9,9	22,7	1,08	49,2	18,0	18,0	31,1	20,9
	25 – 58	yjIC	14,0	10,0	0,92	56,2	28,7	28,7	27,5	22,4
	105 – 160	yjIC4	18,9	3,3	0,87	58,5	34,0	34,0	24,5	19,9
	210 – 240	yjIC7	0,3	8,4	1,79	33,4	10,8	10,8	22,5	19,0
	0 – 70									153
Profil P 19 (Esch)	0 – 15	yjAh	17,0	9,9	1,00	64,0	16,7	47,3	35,2	
	15 – 40	jAh	5,9	9,0	1,15	59,1	19,0	40,0	19,0	
	40 – 80	E	1,2	7,7	1,48	44,2	23,9	20,3	15,1	
	0 – > 118									> 160
Profil P 21 (Braunerde)	18 – 28	fAh	1,4	12,0	1,60	35,6	10,0	25,5	15,9	
	28 – 50	Bv	0,4	16,7	1,65	34,3	9,6	24,6	14,0	
	50 – 90	Bv2	0,2	27,2	1,68	38,8	7,0	31,8	11,0	
	0 – 18/90									45 – 120

Profil P 3 (Regosol)

Eine Beprobung war für eine Tiefe von 62 cm möglich. Aus dem darunter liegenden sehr stark lehmigen Sand waren Proben nicht entnehmbar. Das Profil besteht bis 62 cm Tiefe überwiegend aus Grobaschen, die plattig orientiert und mit Bauschutt angereichert sind. Das sehr geringe Volumengewicht ist typisch für Aschenlagen (Tab. 16).

Die Humusgehalte sind teils extrem hoch. Dies führt in dem an die Oberfläche angrenzenden Horizont zur schwachen Einschränkung der LK auf mittlere Werte. Andererseits ist die nFK sehr hoch. Im darunter anschließenden Profilteil ist die LK sehr hoch und die nFK hoch, während die FK als mittel zu bewerten ist.

Durch den hohen Aschegehalt kann der Boden nur in dem sehr stark mit Humus angereicherten Profilteil durchwurzelt werden. Die hohen Scherwiderstände der kantigen Aschenkörper werden dort durch den Humus als Gleitmittel aufgehoben. Dies führt zu einer Begrenzung der Durchwurzelungstiefe, die mit 23 cm sehr flach ist. Daraus ergibt sich eine nFKWe von 67 mm, die für die geringe Gründigkeit noch beachtlich ist. Sie ist jedoch als gering zu bewerten.

Dieses Profil zeigt deutlich die sehr hohen Luftgehalte von körnigen Aschen, wie sie bei Kesselaschen vorliegen, bei sonst mittleren Speichereigenschaften für Wasser und Lösungen, die jedoch durch Humusgehalte erheblich gesteigert werden können.

Profil P 4 (Gley-Braunerde)

Der relikte Hortisolhorizont (Ap) hat sich durch die Weidenutzung gesetzt. Das Volumengewicht (Tab. 16) ist daher höher als das des Bv-Hortisolhorizontes des Profils P 2. Die C-Gehalte sind etwas niedriger. Darunter steigen die Volumengewichte, ähnlich wie bei Profil P 2 an. C- und Tongehalt sind ebenfalls ähnlich. Das höhere Volumengewicht führt im Ap zur Verringerung der LK auf einen mittleren Wert. Die FK ist hingegen hoch. Die nFK ist sehr hoch. Darunter steigt zunächst die LK und fällt dann auf mittlere Werte. Die nFK bleibt hoch und die FK ist überwiegend mittel zu bewerten.

Dieses Profil ist bis 91 cm Tiefe durchwurzelt. Pflanzenverfügbar sind 177 mm Wasser, was als hoch bewertet wird. Die Speichereigenschaften des Profils sowohl für pflanzennutzbares Wasser als auch für gelöste Stoffe werden stark von der ehemaligen Hortisollnutzung beeinflusst. Die sehr hohe Luftkapazität der Hortisole schwindet jedoch nach dem Nutzungswandel durch Setzung.

Profil P 5 (Regosol)

Dieser Boden weist sehr hohe Gehalte an Skelett (Steine, Kies, Grus) auf. Es konnte so nur der oberste Bereich beprobt werden. Der C-Gehalt des Oberbodens ist sehr hoch (Tab. 16). Dies führt zu einem sehr geringen Volumengewicht der Asche aus Partikeln der Größe von mittelsandigem Grobsand. Die Luftkapazität ist entsprechend wieder sehr hoch, die FK mittel und die nFK hoch. Die Durchwurzelung ist aufgrund des überwiegend aus Asche, daneben auch aus Bauschutt und Bergematerial aufgebauten Unterbodens äußerst flach und erreicht nur 18 cm Tiefe. Daraus ergibt sich ein nFKWe-Wert von 39 mm, der als sehr gering zu bewerten ist. Als Folge hoher Skelettgehalte werden die Speichereigenschaften für Wasser und gelöste Stoffe im Profil gering sein.

Profil P 6 (Pararendzina)

Das Profil P 6 weist einen vielschichtigen Aufbau aus unterschiedlichen Substraten auf. Es ist bis 1 m Tiefe mit stark wechselnden Gehalten humos (Tab. 16). Weiterhin tritt Bauschutt auf. Der Oberboden ist vom Unterboden in 20 cm Tiefe durch eine 16 cm mächtige, kiesige Dränschicht des Sportplatzes getrennt. Diese begrenzt auch die Durchwurzelung.

Das Volumengewicht schwankt zwischen gering und sehr gering sowie zwischen mittel und hoch. Die höchsten Werte treten in den bauschutthaligen Horizonten auf. Die geringsten Werte werden im Oberboden angetroffen, der mit Müllbestandteilen (Glas, Asche, Kohle, Koks) angereichert ist.

Die LK schwankt zwischen mittel und sehr hoch. Im Oberboden ist sie mittel bis hoch. Sehr hoch ist sie in dem fossilen Braunerdehorizont Bv-Sw aus lehmigem Sand. Ebenfalls sehr hoch ist die LK im Ascheband in 47/66 – 63/83 cm Tiefe. Mittel ist die LK der bauschutthaligen Horizonte.

Die FK der beiden Horizonte jyAh und jyCc ist mittel. Die FK der übrigen Horizonte der aufgetragenen Substrate liegen im Grenzbereich von gering bis mittel. Sehr gering ist die FK im lehmigen Sand.

Die nFK ist in den Oberbodenhorizonten sehr hoch und hoch, was auf den sehr hohen Humusgehalt zurückzuführen ist. Hohe nFK-Werte aufgrund der Humusgehalte treten auch in der jyC/jyCc2-Probe auf. Bauschutt und Asche weisen mittlere nFK-Werte auf. Die nFK des lehmigen Sandes im Bs-Sw ist gering.

Tatsächlich pflanzenverfügbar sind bei einer Durchwurzelungstiefe von 20 cm nur 43 mm Wasser. Die nFKWe ist daher als sehr gering zu bewerten. Für den Gasaustausch liegen somit in diesem Profil mittlere Bedingungen vor. Das Speichervolumen für wasserlösliche Stoffe ist ebenfalls noch als mittel zu bewerten. Es ist aufgrund dessen und der flachen Durchwurzelung mit einer hohen Tiefenversickerung zu rechnen. Die Vegetation wird schlecht mit Wasser versorgt. Der Standort neigt daher zur Trockenheit.

Profil P 8 (Braunerde)

Die Merkmale dieses Profils werden durch bis in den Unterboden reichende Humusanreicherung (Tab. 16), die jedoch vom Oberboden zum Unterboden abnimmt, und durch wechselnde Tongehalte bestimmt. Das Volumengewicht nimmt von gering im Oberboden auf mittel im Unterboden zu. Die LK ist im Oberboden hoch, im Unterboden sehr hoch. Im Go-Horizont aus stark lehmigem Sand ist sie mittel. Die FK nimmt mit der Tiefe von mittleren auf geringe Werte ab. Im Go-Horizont steigt sie aufgrund des zunehmenden Tongehaltes. Die nFK ist hoch, fällt jedoch im Unterboden auf geringe bis mittlere Werte.

Das Profil ist bis 100 cm Tiefe durchwurzelt. Diese mächtige Durchwurzelungstiefe erschließt einen pflanzenverfügbaren Wasservorrat (nFKWe) von 169 mm. Die nFKWe ist daher als hoch zu bewerten. Diesem für die Wasserversorgung der Pflanzen günstigen Ergebnis stehen nur mittlere Luftkapazitäten im Oberboden und mittlere Speichervolumina für Wasser und gelöste Schadstoffe gegenüber. Aus dieser Konstellation ergibt sich ein mittlerer Gasaustausch, aber eine tiefe Ausschöpfung des Bodenwassers durch Verdunstung in Trockenjahren. Entsprechend wird in Abhängigkeit vom Jahreswitterungsverlauf die Sickerwasserrate im tieferen Untergrund und damit die Grundwasserneubildung stark wechseln.

Profil P 9 (Pararendzina)

Die oberflächennahen Horizonte bis 25 cm Tiefe konnten nicht mit Stechringen beprobt werden. Die Horizonte waren zementgebundene Decken oder stark skeletthaltig (stein-, grus-, kieshaltig). Der Auftrag ist humos und besteht aus Aschen mit Bauschuttbestandteilen.

Das Volumengewicht ist im beprobten jylC/Gor-Bereich gering (Tab. 16), im Gr-Horizont mittel. Die LK ist im jylC- und Gor-Horizont gering und steigt zum Gr-Horizont auf hohe Werte an. Die FK fällt hingegen von mittleren auf geringe Werte ab. Auf der verwitterten Bolzplatzdecke konnte ein Wurzeltiefgang von 6 cm festgestellt werden. Die nFK hat aufgrund der nur bis 6 cm Tiefe reichenden – und damit sehr geringen – Durchwurzelung keine Bedeutung. Sie wäre im jylC/Gor-Bereich als hoch und im Gr-Horizont als mittel zu bewerten. Der Gasaustausch des Bodens wird nicht nur aufgrund der Bolzplatzdecke stark eingeschränkt sein, sondern auch durch den hohen Humusgehalt im jylC-Horizont. Aufgrund der zementgebundenen Deckschicht wird bei einer mittleren FK des Bodens die Tiefenversickerung schadstoffhaltiger Lösungen nur gering sein.

Profil P 10 (Regosol)

Das Profil besteht bis 93 cm Tiefe aus schwach sandigem Lehm, in dem in wechselnden Gehalten vergrustes Bergematerial enthalten ist. Darunter geht das Profil in Waschberge über. Der Oberboden ist stark humos. Der Humusgehalt nimmt mit der Tiefe ab. Im Unterboden treten C-Gehalte bis 40 % auf, die aus Kohle des Bergematerials stammen.

Das Volumengewicht ist im jAh infolge des Humusgehaltes mittel (Tab. 16). Darunter ist der Boden, vermutlich als Folge des Auftrages, verdichtet, sodass ein mittleres bis hohes Vg vorliegt. In tieferen Horizonten ist das Vg mittel und geht in geringe Werte über. In den Waschbergen ist es sogar sehr gering. Entsprechend der sandigen Bodenart ist die LK hoch bis sehr hoch, wobei der erhöhte Humusgehalt im jAh die LK senkt. Deutlich macht sich die Bodenverdichtung im jC in einer Abnahme der LK auf einen mittleren Wert bemerkbar. Die LK des Waschbergematerials ist sehr hoch.

Die FK ist gering. In den Waschbergen erreicht sie mittlere Werte. Der Humusgehalt fördert ebenfalls die FK. Die nFK ist ebenfalls mittel. Sie steigt mit dem Humusgehalt an. Eine hohe bis sehr hohe nFK weist das Waschbergematerial auf.

Der Boden ist tief durchwurzelt. Bei der erreichten Durchwurzelungstiefe von 93 cm sind in dem Boden 127 mm Wasser pflanzenverfügbar gespeichert. Für die Vegetation stehen somit als mittel bewertete Wasservorräte zur Verfügung. Die Begrenzung der Durchwurzelungstiefe durch das Bergematerial mindert auch die pflanzenverfügbaren Wasservorräte.

Profil P 11 (Pseudogley)

Das Bodenprofil entstand wie bei vielen anderen Rasenflächen auf einer Aufschüttung. Das Profil konnte bis in eine Tiefe von 53 cm beprobt werden. Darunter steigen die Skelettgehalte auf hohe Werte an, sodass die Entnahme von Stechzylindern nicht möglich war. Der darüber liegende Boden besteht aus lehmigem Sand mit Beimengungen von Bergematerial, Ziegeln, Kohle und Ortsteinresten. Jeder der 3 erfassten Horizonte war sehr stark humos. Entsprechend sind die Volumengewichte sehr gering bis gering (Tab. 16). Die LK ist ebenfalls einheitlich und wird noch mit mittel bewertet. Die FK ist im obersten Horizont hoch und darunter mittel. Die nFK dieser humosen Horizonte ist entsprechend als sehr hoch und hoch zu bewerten.

Das Bodenprofil ist nur 10 cm tief durchwurzelt. Die Ursache ist nicht deutlich ersichtlich. Möglicherweise wirkt die in 53 cm Tiefe anstehende verdichtete Bergemateriallage Wasser stauend. Entsprechend der geringen Durchwurzelungstiefe wären 31 mm Wasser pflanzenverfügbar, was als sehr gering einzustufen wäre. Durch die Stauwasserbildung wird jedoch mehr pflanzenverfügbares Wasser vorhanden sein.

Der Gasaustausch mit der Atmosphäre ist wahrscheinlich schon eingeschränkt. Die noch mittleren Luftkapazitätswerte weisen darauf hin. Die Speicherung von Wasser und potenziell schadstoffhaltigen Lösungen ist als mittel bis hoch zu bewerten. Somit werden diese Lösungen nur langsam in den Unterboden abfließen.

Profil P 12 (Regosol)

Das Bodenprofil entstand auf einer Aufschüttung. Hier wurden über einer vermutlich mit Wegplatten befestigten Fläche Schichten mit Bergematerial, Aschen- und Bauschuttbestandteilen aufgeschüttet. In 35 – 50 cm Tiefe trat als dominierender Substratbestandteil Bergematerial auf.

Das Profil konnte bis 50 cm Tiefe und im tieferen Unterboden von 90 – 150 cm beprobt werden. Die Volumengewichte der oberen 3 Horizonte steigen nach unten von sehr gering über gering auf mittel an (Tab. 16). Dieser Anstieg ist auf dichtes Einzelkorngefüge mit Bergematerial in 35 – 50 cm Tiefe zurückzuführen. Im tieferen Unterboden wurde ein umgelagerter Bhs-Horizont (jC2) beprobt, der entsprechend dem Substrat ein mittleres Volumengewicht aufweist. Darunter folgt ein begrabener Pflughorizont (fAp), der die ehemalige Acker-nutzung der Fläche belegt. Im Oberboden sind die Humusgehalte wechselnd, aber insgesamt hoch bis sehr hoch. Im Unterboden sind sie im jC2-Horizont aus umgelagertem Bhs-Material sehr gering und im fAp mittel.

Die LK ist im Oberboden hoch bis sehr hoch (Tab. 16), im jC2-Horizont ebenfalls sehr hoch, im fAp-Horizont mittel. Die FK nimmt im Oberboden von hohen auf geringe Gehalte ab. Im Unterboden liegen sehr geringe (jC2) und mittlere (fAp) Werte vor. Die nFK ist überwiegend hoch bis sehr hoch. Im sehr grobporenen jC2-Horizont ist sie jedoch gering.

Das Profil war bis 60 cm Tiefe durchwurzelt. Bis in diese Tiefe können 116 mm Wasser pflanzenverfügbar gespeichert werden. Diese Menge wird als mittel bewertet. Der Gasaustausch mit der Atmosphäre wird ungehindert ablaufen. Hingegen ist das Speichervermögen für schad- und nährstoffhaltige Bodenlösungen als eingeschränkt zu bewerten. Bei einer mittleren pflanzenverfügbaren und damit der Verdunstung zur Verfügung stehenden Wassermenge wird eine starke Tiefenversickerung nur in feuchten Jahren zu erwarten sein. Die Vegetation wird ausreichend mit Wasser versorgt, wie der mittlere nFKWe-Wert zeigt.

Profil P 13 (Braunerde-Podsol)

Das Profil besteht aus einem weitgehend natürlichen Boden. Es weist nur schwache Störungen durch die ehemalige Gartennutzung auf. Kohle und Bauschuttreste im Oberboden weisen darauf hin. Die übrigen Horizonte liegen in ihrer natürlichen Ausprägung vor. Entsprechend der Gartennutzung nehmen die Humusge-

halte nahe der Bodenoberfläche bereits ab 25 cm Tiefe von hohen Werten auf sehr geringe Werte ab (Tab. 16). Die Bodenart ist überwiegend lehmiger Sand und Mittelsand. Im tieferen Untergrund (IISd) tritt dann stark sandiger Lehm als Staukörper auf. Das Volumengewicht ist im Profil mittel, im IISd steigt es auf fast hohe Werte an.

Die LK ist im humosen Oberboden mittel. Im darunter folgenden Mittelsand ist sie extrem hoch. Im Unterboden ist sie hoch und fällt im Sd auf einen mittleren Wert ab. Die FK ist erwartungsgemäß im humosen Oberboden mittel, im Mittelsand aber sehr gering. Im Unterboden sind geringe FK-Werte anzutreffen. Der pflanzennutzbare Anteil (nFK) an der FK ist im humosen Oberboden hoch, im Mittelsand gering bis sehr gering und im Unterboden mittel. Es liegt somit im Oberboden eine Speicherkapazität für Wasser vor, die eine Folge des tief humosen Bodens aus der Gartennutzung ist. Darunter folgen extrem gute Belüftungsverhältnisse im Boden.

Der Boden ist 85 cm tief durchwurzelt. Bis in diese Tiefe können 97 mm Wasser pflanzenverfügbar gespeichert werden. Diese Menge wird als gering bewertet. Der fast humusfreie Mittelsand ist die Ursache für die trotz guter Durchwurzelung nicht sehr hohe Speicherkapazität für pflanzenverfügbares Wasser.

Profil P 14 (Gley-Regosol)

Das Profil besteht aus Mittelsand bis schwach lehmigem Sand mit nur geringen Beimengungen von Kohle, Koks, Bergematerial und Ziegeln. Ab 70 cm Tiefe treten Terrassenschotter auf, die eine Beprobung mit Stechzylindern behindern. Der Oberboden-Horizont (jAh) ist sehr stark humos bis anmoorig (Tab. 16). Ab 35 cm Tiefe ist der Boden nur noch sehr schwach humos. Ab 58 cm Tiefe ist das Profil grundwasserbeeinflusst.

Das Volumengewicht im sehr stark humosen bis anmoorigen Oberboden ist erwartungsgemäß sehr gering. Darunter steigen mit abnehmendem Humusgehalt die Volumengewichte auf mittlere bis nahezu hohe Werte an. Im Go-Horizont sind sie jedoch wieder gering.

Der vorherrschende Mittelsand bedingt eine hohe bis sehr hohe LK. Der hohe Humusgehalt bedingt weiterhin eine mittlere FK des sonst fein- und mittelporenarmen Mittelsandes. Entsprechend sinkt im Unterboden die FK auf geringe bis sehr geringe Werte ab.

Die nFK ist im Oberboden und im Go-Horizont sehr hoch. In den dichteren, fast humusfreien Mittelsand-Horizonten ist sie als gering bis mittel zu bewerten.

Der Boden wird bis 58 cm Tiefe durchwurzelt. Die Durchwurzelungstiefe ist daher als mittel zu bewerten. Die im Wurzelraum pflanzenverfügbare Wassermenge (nFKWe) beträgt 98 mm und ist daher gering. Zu beachten ist allerdings, dass die Vegetation des Standortes nicht nur aus diesen Vorräten, sondern auch aus dem Grundwasser mit Wasser versorgt werden kann. Soweit der Boden nicht durch Grundwasser beeinflusst ist, wird er gut belüftet sein.

Aus der Feldkapazität leitet sich ein mittleres bis geringes Speichervermögen für Bodenlösungen ab. Es liegt daher nahe, dass ein schneller Durchtritt schadstoffhaltiger Lösungen durch den Boden möglich ist. Dies ist besonders dann der Fall, wenn ein hoher Grundwasserstand vorliegt. Das im Porenraum pflanzenverfügbare Wasser wird hier durch kapillaren Anstieg der Vorräte aus dem Grundwasser ergänzt. Die ermittelten 98 mm pflanzenverfügbares Wasser kennzeichnen somit nicht die tatsächliche Versorgungslage der Vegetation. Sie wird nicht bei gering, sondern eher bei mittel bis hoch liegen.

Profil P 15 (Regosol)

Das Profil entstammt einer verfüllten Grube. Wesentliches Merkmal sind wechselnde Gehalte unterschiedlicher Beimengungen an technogenen Substraten. Die oberen beiden beprobten Horizonte enthalten vor allem Bauschutt-, Müll- und Aschenbestandteile. Darunter steigt der Skelettgehalt dieser Mischung so stark an, dass nicht beprobt werden konnte. Ab 105 cm Tiefe dominiert verwittertes Bergematerial, in das Müll und Bauschutt eingemischt sind.

Der Skelettgehalt im Profil ist hoch. Es fällt auf, dass bis in große Tiefe das Volumengewicht sehr gering ist (Tab. 16). Ursache wird die Verfüllung durch Abkippen in eine Grube sein, wodurch das Überfahren mit einer Raupe und die sich daraus ergebende Verdichtung unterbleiben. Das Füllmaterial ist sehr inhomogen,

sodass Horizonte unterschiedlichster Bodenartenzusammensetzung aufeinander folgen. Entsprechend steigt die LK mit dem in der Tiefe zunehmenden Sandgehalt von hohen Werten auf extreme Werte an. Im stark verdichteten tieferen Untergrund ist sie hingegen mittel. Bei dem Profil liegen somit gute Voraussetzungen für den Gasaustausch und eine Belüftung vor.

Die Eigenschaft, wässrige Lösungen zu speichern, ist im Oberboden als mittel und im tieferen Unterboden als gering zu bewerten. Lösungsfronten können daher schnell durch Verdrängung in den Boden vordringen und diesen passieren.

Der Boden ist 70 cm tief durchwurzelt. Erstaunlich hoch ist in diesem überwiegend aus Sand und Grus bestehenden Boden die hohe pflanzenverfügbare Wassermenge (nFKWe) von 153 mm. Hohe und tief reichende Humusgehalte, lockere Lagerung und wahrscheinlich poröses Skelett werden dies beeinflussen.

Profile P 16 (Skeletthumusboden), P 17 (Regosol), P 18 (Braunerde-Regosol)

Diese Bodenprofile enthielten durchgehend Skelettgehalte von 70 % und mehr. Sie waren daher nicht ungestört mittels Stechringen beprobbar.

Profil P 19 (Esch)

Die Ödlandfläche ist mit Gebüsch bewachsen. Eine Braunerde wurde hier über 1 m mächtig mit einem Substrat aus gering bis mittel kies- und grushaltigem, lehmigem Sand überdeckt. Dieser Bodenauftrag ist schwach bauschutthaltig (5 – 10 %). Die Auftragsschicht wurde beprobt.

Auffallend ist bei diesem Profil das sehr geringe Volumengewicht (Tab. 16) bis in 40 cm Tiefe. Darunter steigt es auf mittlere Werte an. Dies ist teilweise durch den hohen Humusgehalt bedingt, wobei allerdings ein Teil der hohen C-Gehalte auf Rußbeimengungen zurückzuführen ist, worauf die weiten C/N-Verhältnisse über 30 hinweisen. Als Ursache der geringen Volumengewichte kann auch eine lockere Aufschüttung ohne anschließendes Überfahren angenommen werden. Durch den Kalkgehalt aus dem Bauschutt ist der Boden stark belebt und dadurch von Bodenorganismen tief durchmischt und gelockert worden.

Daraus folgt unter anderem eine hohe bis sehr hohe Luftkapazität. Der Gasaustausch zwischen Boden und Atmosphäre wird ungestört sein. Ebenfalls hoch ist in den beiden obersten Horizonten (0 – 40 cm) das Vermögen, wässrige Lösungen zu speichern. Im Unterboden ist es jedoch als gering einzustufen, wie die FK-Werte zeigen. Sofern präferenzielle Fließpfade auszuschließen sind, erfolgt der Durchbruch schadstoffhaltiger Lösungen durch den Oberboden langsam.

Das Profil ist über eine Tiefe von 118 cm hinaus durchwurzelt. Aus dem oben beschriebenen geringen Volumengewicht und der tiefen Durchwurzelung ergibt sich eine als hoch bis sehr hoch zu bewertende pflanzenverfügbare Wassermenge (nFKWe) über 160 mm. Es ist daher wahrscheinlich, dass durch starke Evapotranspiration das Vorrücken von Lösungsfronten in größere Tiefen eingeschränkt wird. Der Durchbruch schadstoffhaltiger Lösungen wird entsprechend verzögert; der Standort hat günstige physikalische Eigenschaften.

Profil P 21 (Braunerde)

Der Boden zeigt die Eigenschaften eines als Parkfläche genutzten Mittelstreifens einer Platanenallee.

Unter einer grusigen, mittel- bis feinsandigen Deckschicht liegt der natürliche, jetzt fossile Boden bereits in 18 cm Tiefe. Dieser Boden weist noch ein mittleres Volumengewicht auf (Tab. 16). Er ist jedoch schon deutlich verdichtet, was sich besonders unterhalb des fAh-Horizontes bemerkbar macht. Die Luftkapazität ist im Profil mittel. Die Belüftung (LK) und damit der Gasaustausch zwischen Boden und Atmosphäre sind nicht wesentlich eingeschränkt. Die Fähigkeit, wässrige Lösungen zu speichern, ist gering bis mittel, wie die FK zeigt. Eine schnelle Tiefenwanderung von Schadstofflösungen, sofern sie in den Boden aufgrund der schwachen Infiltrationsraten eindringen können, ist daher anzunehmen.

Die Durchwurzelungstiefe der Platanen schwank zwischen 18 und über 90 cm. Somit kann teils eine sehr geringe, teils eine mittlere Menge an pflanzenverfügbarem Wasser vorliegen. Alte, verlassene Wurzelgänge deuten auf eine ehemals intensivere Tiefendurchwurzelung hin, was auf eine bessere Ausnutzung pflanzenverfügbaren Wassers schließen lässt.

3.4.3.2 Zusammenfassende Beurteilung der Kennwerte des Porenraumes

Der Porenraum steht in engem Bezug zum Volumengewicht. Dieses ist Ausdruck der Lagerungsdichte von Böden. Es wird modifiziert durch das spezifische Gewicht des Festkörperanteils. Für natürliche Mineralböden liegt Letzteres in engen Grenzen. Dies gilt nicht für den Humus und für technogene Substrate. Sie weisen große Unterschiede hinsichtlich des spezifischen Gewichtes auf. Es fehlen jedoch hierzu genauere Untersuchungen. Das Volumengewicht wird daher auf der Grundlage der Kenntnisse von Böden aus der freien Landschaft behandelt.

Erinnert man sich an die Diskussion um die Bodenverdichtung in der Landwirtschaft durch Einsatz schwerer Großgeräte und die dadurch stark ansteigenden Volumengewichte, so fällt für Stadtböden das vergleichsweise häufige Auftreten geringer bis sehr geringer Volumengewichte auf. Hierfür gibt es mehrere Ursachen: Auf Stadtböden lassen sich starke Humusanreicherungen vor allem im Oberboden finden. Dabei sind die Lockerungszonen durch Humusanreicherung in Hortisolen (z. B. Profil P 2) besonders tief reichend. Die verbreitete gartenbauliche Nutzung von Stadtböden hat zu mächtigen, lockeren Oberböden geführt. Eine andere Form lockerer Böden sind solche Auftragsböden (Deposole), die durch Abkippen entstanden sind (Profil P 15/Regosol). Das Abkippen führt zur lockeren Lagerung der Substrate, vorausgesetzt sie werden durch Planiergeräte nicht verdichtet. Ein dritter Typ lockerer Böden ist durch das Substrat bedingt. Vor allem bei Aschenablagerungen sind Böden anzutreffen, die ein sehr geringes Volumengewicht aufweisen (Profil P 3/Regosol). Durch Abkippen und bei Böden aus Aschen sind auch noch in den tieferen Unterböden sehr geringe Volumengewichte zu finden.

Stärker verdichtet sind überwiegend Böden aus natürlichen Substraten. Sie erreichen mittlere bis hohe Volumengewichte. Aufträge von Bergematerial und bauschutthaltigen Gemengen weisen teils geringe, teils mittlere Volumengewichte (Profile P 6/Pararendzina und P 10/Regosol) auf. Hier macht sich auch der Einfluss der Planierraupen deutlich bemerkbar. Ihr Einsatz kann zu Bodenverdichtung bis in große Tiefe führen (Profil P 10).

Geringe Volumengewichte entsprechen hohen Gesamtporenvolumina und umgekehrt. Somit sind Böden mit hohen Porenvolumina im Bereich des Untersuchungsgebietes häufig. Das Überwiegen natürlicher und technogener Substrate aus Sand beziehungsweise Partikeln der Sandkorngröße und hoher Skelettgehalte führten zu hohen Werten der Luftkapazität. Im Durchschnitt weisen 63 % der daraufhin untersuchten 71 Horizonte LK-Werte auf, die als hoch und sehr hoch zu bewerten sind. Dabei liegen die humosen Oberböden und die technogenen Substrate sogar bei Anteilen von 68 beziehungsweise 70 % (Abb. 20). Die hohen LK-Werte der technogenen Substrate sind an die geringen Volumengewichte gekoppelt.

Die Stadtböden des Brücktorviertels sind somit gut belüftbar. Es kann ein ausreichender Austausch von bodenbürtigem CO₂ und atmosphärischem O₂ angenommen werden. Es liegen danach gute Voraussetzungen für die Zersetzung leicht abbaubarer organischer Stoffe und die Festlegung von Schwermetallen in Oxiden, vor allem in Eisenoxiden, vor. Allerdings muss einschränkend diese Aussage dahingehend ergänzt werden, dass durch den Auftrag der Substrate die Kontinuität von Porensystemen nicht so aus-

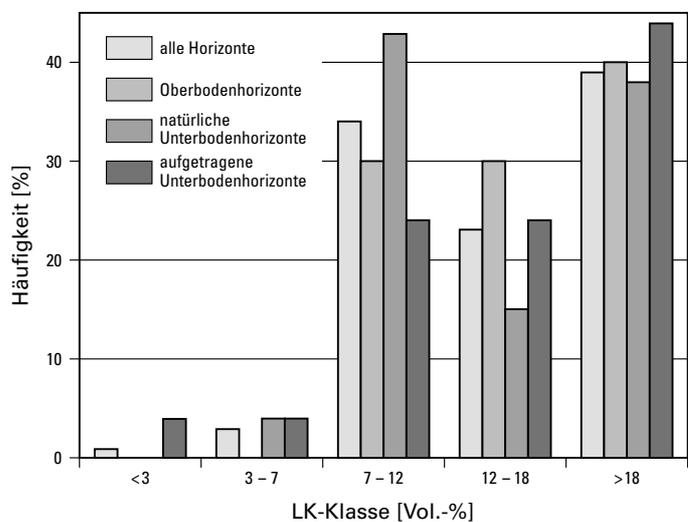


Abb. 20
Relative Häufigkeit der Luftkapazität (LK);
n = 71 Horizonte

geprägt sein muss, wie es bei natürlichen Böden mit einer Jahrtausende zählenden Bodenbildungsgeschichte der Fall sein kann (BURGHARDT & OHLEMANN 1993). Unzureichende Porenkontinuität beeinträchtigt den Gasaustausch zwischen Boden und Atmosphäre.

Das Vermögen, Wasser zu speichern, ist aufgrund der groben Korngrößenzusammensetzung bei fast keinem der untersuchten Böden stark entwickelt. Erhöhend wirkt der Humusgehalt. So sind in den humosen Oberböden bei 40 % der Horizonte hohe FK-Werte feststellbar. Die übrigen Oberböden weisen mittlere Werte auf. Hohe FK-Werte sind vereinzelt auch in den Auftragsböden feststellbar. Überwiegend verteilen sich jedoch die FK-Werte in gleichem Umfang auf geringe und mittlere Werte der Wasserspeicherung. Dies ist auch bei den natürlichen Böden der Fall. Selten sind sehr geringe FK-Werte feststellbar.

Humose Oberböden und besonders die mächtigen Hortisolhorizonte haben somit hier eine besondere Bedeutung für die Speicherung von Wasser und für die Verzögerung des Abflusses in tiefere Bodenschichten und das Grundwasser. Mit dem Wasser werden auch die im Wasser löslichen Schadstofffrachten zurückgehalten.

Sobald die humosen Oberböden durchflossen sind, muss mit einer schnellen Verdrängung des Wassers und damit Tiefenversickerung gerechnet werden. Ähnlich wie bereits bei den kf-Werten festgestellt wurde, ist

auch durch die FK keine gute Schutzfunktion vor Schadstoffverlagerung durch Wasserversickerung gegeben. Dieses wird zusätzlich bei den technogenen Substraten, insbesondere bei aschehaltigen Horizonten, durch die geringe Durchwurzelungstiefe gefördert. Damit kann Wasser nicht durch Verdunstung an der Versickerung gehindert werden. Günstiger ist die Situation bei den natürlichen Böden, die tief durchwurzelt sind (Abb. 21).

Die Ergebnisse der nFK-Bestimmung der einzelnen Horizonte sind für humose Oberböden hohe und sehr hohe Werte. Bei den natürlichen Unterbodenhorizonten sind die nFKWe-Werte zu über 50 % als mittel zu bewerten. Bei den Horizonten aus umgelagerten und technogenen Substraten machen hohe nFK-Werte über 50 % aus. Die Auftragsböden haben demnach gute Speichereigenschaften für pflanzenverfügbares Wasser im Vergleich zu den natürlichen, allerdings sandigen Böden des Brücktorviertels (Abb. 22).

Die Bewertung ändert sich jedoch extrem, wenn die Durchwurzelungstiefe berücksichtigt wird. Aufgrund des grusigen Skeletts der Auftragsböden ist der Scherwiderstand der Böden erhöht. Dies verhindert eine Durchwurzelung dort, wo der Humus als Gleitmittel fehlt. Entsprechend häufig sind nur die Oberböden durchwurzelt.

In durchwurzelten Böden sind die pflanzenverfügbaren Wassermengen (nFKWe) in 41 % der untersuchten Fälle als sehr gering und gering zu bewerten. In je 30 % der Fälle liegen mittlere und hohe Wasservorräte vor (Abb. 23). Es muss daher in trockenen Jahren auf einem Teil der Böden mit starkem Wassermangel für die Vegetation gerechnet werden.

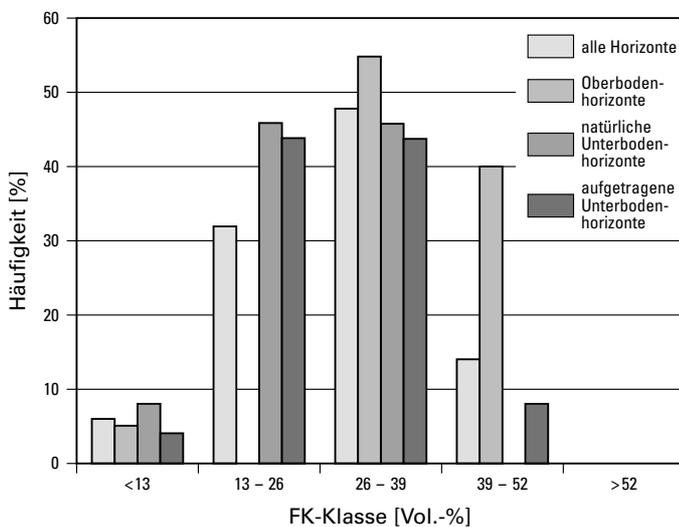


Abb. 21 Relative Häufigkeit der nutzbaren Feldkapazität (FK); n = 71 Horizonte

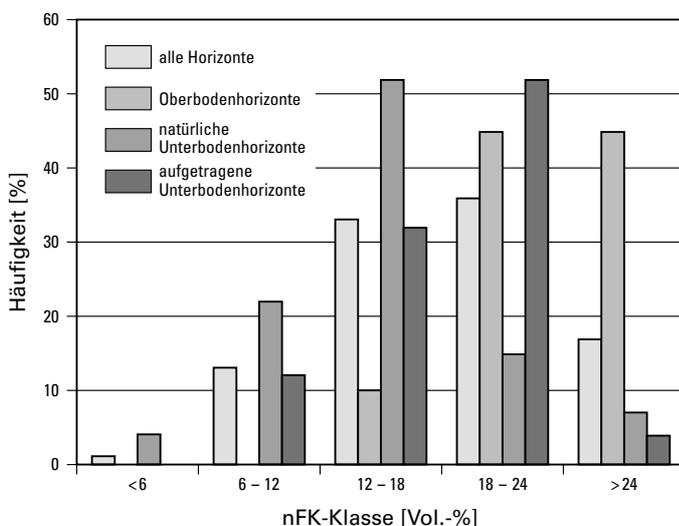
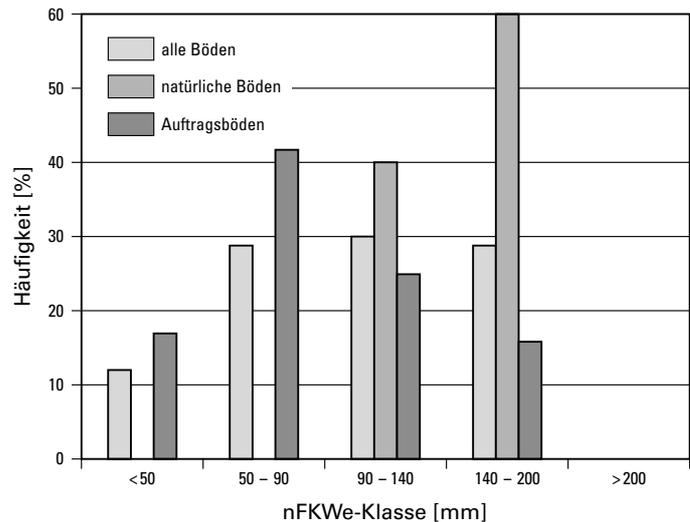


Abb. 22 Relative Häufigkeit der nutzbaren Feldkapazität (nFK); n = 71 Horizonte

Abb. 23

Relative Häufigkeit der nutzbaren Feldkapazität im durchwurzelbaren Boden (nFKWe); n = 17 Profile



3.5 Übersichtskarte (Lage der Einzelflächen)

In der Übersichtskarte ist die räumliche Abgrenzung und Verteilung der aufgrund bodenkundlicher Geländeuntersuchungen ausgewiesenen Flächen dargestellt. Die Kriterien zur Flächenabgrenzung waren unter anderem Bodenartenschichtung, Substratzusammensetzung, Wasserverhältnisse (Grund- und Stauwassereinfluss) sowie Nutzung.

Das Untersuchungsgebiet konnte in 90 Einzelflächen untergliedert werden, deren Lage und Abgrenzung der Übersichtskarte entnommen werden kann. Weiterhin sind die Lage und die Kennziffer der Referenzprofile aufgeführt. Die einfachen und komplexen Schätzgrößen zur Beschreibung und Quantifizierung der Böden einer Flächeneinheit beziehen sich in der kartografischen Darstellung immer auf die Ausgrenzung der Einzelflächen. Eine detaillierte Beschreibung der Einheiten kann den Flächenbeschreibungen entnommen werden.

3.6 Repräsentanz der Labordaten

Die Referenzprofile wurden an Standorten angelegt, die entweder typisch für den flächenhaft vorherrschenden Boden einer Kartiereinheit waren oder aufgrund ihrer Nutzung in charakteristischer Weise überformt waren. Weiterhin wurden Standorte beprobt, die einen hohen Anteil an technogenen Substraten aufwiesen, deren Eigenschaften und Belastungen bisher wenig bekannt sind.

Wie die Kartierung aufzeigt, erlauben die Daten eines Bodenprofils nicht immer eine Aussage über die gesamte ausgegrenzte Fläche oder gar über mehrere Flächen. Während die Übertragbarkeit der Ergebnisse bei natürlich gelagerten Böden – mit homogenem Bodenaufbau und flächenmäßiger Verteilung – noch möglich ist, können mit zunehmender Überprägung der Böden die in einem Referenzprofil ermittelten Bodenkennwerte zum Teil nur noch die Verhältnisse für den Probennahmestandort wiedergeben. Grund dafür ist die starke Zunahme der Heterogenität in der Substratzusammensetzung und der kleinräumige, oft im Meterbereich anzutreffende Substratwechsel.

Am Vergleich der Schichtmächtigkeiten der 21 Profile wird dies deutlich: die Bodenprofile mit natürlichem Aufbau weisen, bezogen auf den ersten Meter, 3 – 5 Horizonte mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 24 cm auf und sind nur aus dem natürlichen Ausgangssubstrat aufgebaut. Die Auftragsböden hingegen besitzen 2 – 9 Horizonte beziehungsweise Schichten mit einer geringeren durchschnittlichen Mächtigkeit von 17 cm. Neben dem natürlichen Ausgangssubstrat finden sich noch Beimengungen von Montansubstraten, Produktionsreststoffen oder Müll in unterschiedlichen Anteilen und Zusammensetzungen. In der Tabelle 17 ist die Repräsentanz beziehungsweise nur bedingte Repräsentanz der einzelnen Referenzprofile aufgelistet.

Das **Profil P 1** (Hortisol) ist durch jahrzehntelange Gartennutzung (Kleingarten) geprägt. Die Boden- und Substratkennwerte dieses Profils lassen sich auf die kleingärtnerisch genutzte Fläche Nr. 17 sowie die be-

Tabelle 17

Repräsentanz der aus den Profilen
gewonnenen Labordaten für die ausgegrenzten Flächen

Referenzprofil	Bodentyp	Repräsentanz für Fläche Nr.	Bedingte Repräsentanz für Fläche Nr.
P 1	Hortisol	17, 18	20
P 2	Hortisol	3 a, 9 a	3, 8, 9
P 3	Regosol		19
P 4	Gley-Braunerde	74, 78, 82	56, 58
P 5	Regosol		1, 2, 39
P 6	Pararendzina		48
P 7	Regosol	45	90
P 8	Braunerde	13, 51, 52, 57	53, 56, 58
P 9	Pararendzina		21, 37
P 10	Regosol		29
P 11	Pseudogley		7, 15, 25, 26, 29, 55
P 12	Regosol		7, 15, 25, 26, 29, 55
P 13	Braunerde-Podsol	13, 27, 51, 57	
P 14	Gley-Regosol	35	30
P 15	Regosol		71, 34
P 16	Skeletthumusboden		40, 41, 44
P 17	Regosol		31
P 18	Braunerde-Regosol		33
P 19	Esch	43	
P 21	Braunerde		
P 22	Regosol	42	

verantwortlich sind.

Das **Profil P 3** (Regosol aus Bauschutt und Aschen führendem, kalkhaltigem (Anthro-)Kohlensand über Fluvikiessand) ist ein ca. 120 cm mächtiger Aufschüttboden, dessen gering mächtige Schichten einen hohen Anteil an technogenen Substraten aufweisen. Da die gesamte Fläche Nr. 19, in der sich das Profil befindet, sehr heterogen aufgebaut ist und dort unterschiedliche Produktionsabfälle abgelagert wurden, können die Ergebnisse nur für den Probennahmestandort gewertet werden. Für die restliche Fläche sind sie nur bedingt gültig.

Das naturnahe **Profil P 4** (Gley-Braunerde) ist im Oberboden durch gärtnerische Nutzung beeinflusst und weist aufgrund seiner relativ weiten Entfernung zu den potenziellen Emittenten nur geringe Schadstoffgehalte auf. Die Angaben lassen sich auch auf die Gartenböden der Flächen Nr. 74, 78 und 82 übertragen. Für die Flächen Nr. 56 und 58 sind sie nur bedingt verwendbar.

Das **Profil P 5** (Regosol aus kalkigem, Aschen, Bauschutt, Bergematerial führendem Anthrosand über Fluvilehm Kies) hat einen ähnlichen Aufbau wie Profil P 3. Da hier verschiedene Substrate mit unbekanntem Verteilungsmuster abgelagert wurden, können die Angaben nur mit Vorbehalt auf die Flächen Nr. 1, 2 und 39 übertragen werden.

Die **Profile P 6** (Pararendzina aus Müll und Aschen führendem (Anthro-)Kalksand über Bauschutt führendem (Anthro-)Kalksand über tiefem Fluvisand) und **P 15** (Regosol aus Bauschutt und Aschen führendem Bergematerialsand) wurden auf verfüllte Abgrabungen und **Profil P 9** (Pararendzina aus kalkigem Anthroschutt-Kiessand über Hausmüll über tiefem Fluvisand) auf einer verfüllten Gley-Rinne angelegt. Sie weisen einen vielschichtigen Aufbau und eine heterogene Substratzusammensetzung auf, wobei die Schichten

nachbarte Fläche Nr. 18, aber nur bedingt auf die Fläche Nr. 20 übertragen. Da keine Aschen, Schlacken und Kohlereste als Beimengungen im Oberboden vorkamen, ist anzunehmen, dass – anders als im Bereich der alten Hausgärten – auf diesen Flächen keine Hausbrandasche als Bodenverbesserer ausgebracht wurde. Die im Profil P 1 in den obersten 2 – 5 cm ermittelte Schadstoffbelastung stammt wahrscheinlich von Staubemissionen der früher in der Nähe befindlichen Eisenhütte. Eine großflächige Schadstoffbelastung des Oberbodens ist daher auf den gesamten Flächen des nahen Umfeldes zu vermuten.

Das gering beeinflusste **Profil P 2** (Hortisol) befindet sich in einem Hausgarten, der seit Jahrzehnten gärtnerisch intensiv genutzt wurde. Die im Referenzprofil ermittelten Bodenkenn- und -belastungswerte lassen sich auf die Gartenböden der Flächen Nr. 3a und 9a sowie bedingt auf die Flächen Nr. 3, 8 und 9 übertragen, da auch die Böden dieser Hausgärten durch die jahrzehntelange Gartennutzung (tiefes Umgraben, regelmäßige Düngung und Bewässerung) tiefgründig humos und locker gelagert sind und eine gute Nährstoffversorgung aufweisen. Im Oberboden finden sich stellenweise Beimengungen von Hausbrandasche, Schlacke und Kohleresten, die früher als Bodenverbesserer in den Oberboden eingearbeitet wurden, heute jedoch für deren Schadstoffbelastung

zum Teil nicht horizontal verlaufen. Die Grenzen der Verfüllungen konnten nicht exakt ermittelt werden; daher sind die Ergebnisse nicht auf die gesamte Fläche übertragbar. Sie erlauben lediglich Aussagen über die Bodenverhältnisse im Umfeld des Probennahmestandortes.

Mit dem **Profil P 7** (Regosol aus flachem, Kohle und Schlacken führendem Anthrosand über Schlacken über tiefem Bergematerial) wurde exemplarisch der Aufbau eines Bahndammes untersucht. Die Ergebnisse können eingeschränkt auf die gesamte Fläche Nr. 45 und 90 übertragen werden.

Die Bodenkennwerte und Bewertungen der natürlich gelagerten **Profile P 8** und **P 13** (Braunerde und Braunerde-Podsol), die jeweils auf einer Grünfläche angelegt wurden, lassen sich auf die natürlich gelagerten Böden der Grünanlagen der Flächen Nr. 13, 51, 52, und 57 und der Flächen Nr. 13, 27, 51 sowie 57 übertragen, die eine ähnliche Nutzungsgeschichte (frühere landwirtschaftliche Nutzung) und Bodenzusammensetzung aufweisen. Bedingt gelten die Bedingungen des Profils P 8 für die Flächen Nr. 53, 56 und 58. Für die repräsentativen Flächen sind Trittvverdichtungen, hohe Nährstoffgehalte und eine geringe Schadstoffanreicherung im Oberboden zu erwarten. Da kaum technogene Beimengungen im Oberboden vorhanden sind, können die ermittelten Schadstoffgehalte des Oberbodens als immissionsbedingte Grundbelastung betrachtet werden.

Eine Sequenz aus den drei **Profilen P 10** (Regosol aus Bergematerial führendem Anthrosand über (Anthro-)Bergematerialsand), **P 11** (Pseudogley aus Bauschutt und Bergematerial führendem Anthrosand über tiefem Bauschutt und Bergematerialsand) und **P 12** (Regosol aus Kies führendem Anthrosand über (Anthro-)Bergematerialsand über tiefem Fluvisand) wurde im Bereich von Abstandsgrünflächen vor einer mehrgeschossigen Wohnbebauung angelegt. Mit ihr sollten beispielhaft die Bodenverhältnisse nach einer Nutzungsänderung untersucht werden. Die Fläche Nr. 29, früher zum Teil Haldenstandort und Bergarbeitersiedlung mit Nutzgärten, wird heute durch eine mehrgeschossige Wohnbebauung genutzt. Nach Abriss der alten Wohnbebauung und dem Abtrag der Halde wurde bei der Errichtung der Gebäude der ursprüngliche Boden abgetragen und später – ergänzt durch allochthones Bodenmaterial – für die landschaftsgärtnerische Gestaltung der Grünfläche wieder in einer Mächtigkeit von ca. 50 – 100 cm aufgetragen. Unterhalb diese Auftrags finden sich noch heute Lagen aus Bauschutt und Bergematerial. Eine Übertragung der Ergebnisse auf andere, ähnlich durchgeführte Umnutzungen ist für die Profile P 11 und P 12 mit Einschränkungen auf die Flächen Nr. 7, 15, 25, 26, 29 und 55 möglich.

Das **Profil P 14** (Gley-Regosol aus Aschen und Bauschutt führendem Anthrosand über Kies führendem Fluvisand über tiefem Fluvisandkies) liegt am Fuße der Knappenhalde (Fläche Nr. 38) auf der Fläche Nr. 35. Die Böden im Umfeld des Profils wurden früher gärtnerisch genutzt. Im Oberboden sind Beimengungen von Koks, Kohle, Bergematerial sowie Ziegelgrus vorhanden, die von der Knappenhalde erodiert wurden. Wahrscheinlich ist auch die Schadstoffbelastung darauf zurückzuführen. Da die gesamte Fläche Nr. 35 eine ähnliche Nutzungsgeschichte aufweist, sind die Ergebnisse des Referenzprofils auf die Fläche zu übertragen.

Das **Profil P 16** (Skeletthumusboden aus Schlacken führendem (Anthro-)Sandkies über Bauschutt und Aschen führendem (Anthro-)Sandkies) befindet sich auf einer sanierten Industriefläche (ehemalige Eisenhütte) und ist aus umgelagertem Terrassenmaterial mit geringen Beimengungen aus Bergematerial, Aschen und Schlacken aufgebaut. Der Untergrund ist zum Teil stark mit Bauschutt durchsetzt und konnte daher nicht engmaschig sondiert werden. Da die gesamte Fläche saniert worden ist, kann angenommen werden, dass die im Profil ermittelten Kennwerte auf die Flächen Nr. 40, 41 und 44 übertragen werden können.

Das **Profil P 17** (Regosol aus anthrosandhaltiger Asche, Schlacke und Bergematerial), im Bereich einer abgetragenen Halde auf dem Gelände der ehemaligen Zeche Oberhausen, weist mit einem Gemenge aus Bergematerial, Asche, Schlacke und Bauschuttgrus eine sehr heterogene Substratzusammensetzung auf. Es ist zu vermuten, dass auf der Bergehalde unkontrolliert Abfall- und Reststoffe deponiert wurden. Die bodenkundlichen Kenn- und Belastungswerte dieses Profils können daher nicht repräsentativ für den gesamten Haldenkörper (Fläche Nr. 31 und 33) sein.

Das **Profil P 18** (Braunerde-Regosol aus flachem Schlackenschotter über sandigem Schlackenschotter über sandigem Bergematerial über tiefem Bergematerial) befindet sich ebenfalls auf der Halde in der Nähe des Bahnkörpers. Anhand der Bodenkenn- und -belastungswerte sollten die Auswirkungen des Schienenverkehrs auf den Boden aufgezeigt werden. Die Ergebnisse können bedingt auf die gesamte Fläche Nr. 33 übertragen werden.

Das **Profil P 19** (Esch mit Bauschutt führendem Anthrosand über tiefem, Kies führendem Fluvisand) besteht überwiegend aus natürlichen Substraten mit geringen Bauschuttbeimengungen. Es ist gekennzeichnet durch eine Schadstoffbelastung im Oberboden, die wie bei dem benachbarten Profil P 22 auf Schadstoffimmissionen durch die ehemalige Eisenhütte und den Straßenverkehr zurückzuführen ist. Die Ergebnisse sind für die Fläche Nr. 43 repräsentativ.

Mit dem **Profil P 21** (Braunerde aus flachem, Aschen, Schlacken und Bauschutt führendem Anthrosand über Kies führendem Fluvisand über tiefem Fluvisandkies) wurde der Boden im Bereich eines Mittelstreifens beprobt, der stark durch den ruhenden Straßenverkehr beeinflusst ist. Die festgestellten chemischen und physikalischen Belastungen des Oberbodens – Schadstoffanreicherung und Verdichtung – lassen sich auf andere Flächen ähnlichen Aufbaus und Nutzung übertragen.

Das **Profil P 22** (Regosol aus Kies führendem Anthrosand über Bauschutt und Asche führendem Anthrosand) befindet sich auf der Grünfläche vor dem ehemaligen Thyssen-Gästehaus in unmittelbarer Nähe einer Kreuzung. Es weist eine hohe Schadstoffbelastung des Oberbodens auf. Die Konzentrationen sind wahrscheinlich auf den Eintrag von Spurenstoffen durch Stäube zurückzuführen. Als Immissionsquellen kommen auch hier die ehemalige Eisenhütte und der Verkehr auf der stark befahrenen Straße in Betracht. Ähnlich hohe Oberbodenbelastungen sind auch auf anderen, in der Nähe der stark befahrenen Straße oder der ehemaligen Eisenhütte liegenden Flächen zu erwarten.

4 Auswertung

4.1 Verbreitung der Böden unterschiedlicher anthropogener Prägung

Nach der flächenhaften Erfassung der Bodenverhältnisse durch die Geländekartierung finden sich im Untersuchungsgebiet sehr unterschiedliche Bodenverhältnisse. Danach kann der Zustand von rund einem Drittel der Böden als naturnah bezeichnet werden. Hingegen sind zwei Drittel der Böden bereits als mehr oder weniger intensiv anthropogen überprägt einzustufen (Abb. 24). Hierbei handelt es sich meist um sehr junge Rohböden, bei denen noch keine beziehungsweise nur eine initiale Bodenentwicklung stattgefunden hat. Der Grad der Bodenveränderung und -belastung wird dabei durch die derzeitige Nutzung beziehungsweise frühere Nutzungsabfolgen bestimmt.

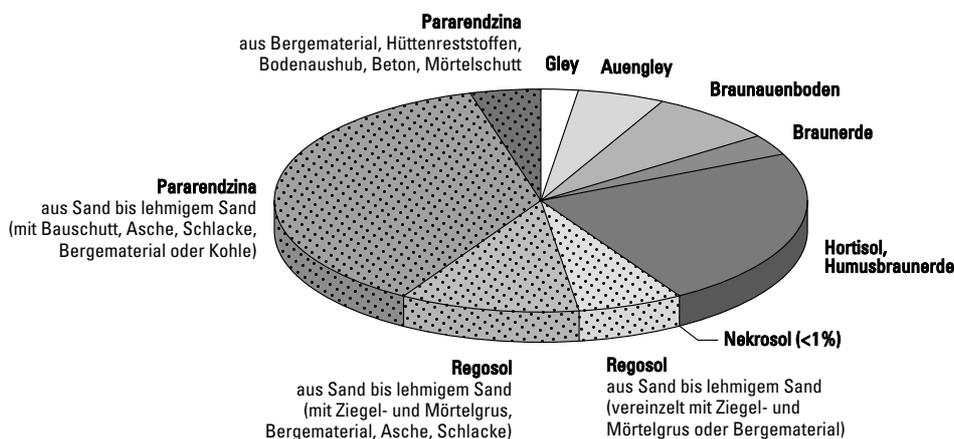


Abb. 24
Flächenanteil der Böden unterschiedlicher anthropogener Prägung

Naturnahe Böden

Naturnahe Böden finden sich vor allem auf den landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Flächen. Der Einfluss des Menschen ist gering und beschränkt sich vor allem auf den Oberboden mit Bodenbearbeitung, Düngung und Kalkung. In Bereichen mit ehemals oberflächennahem Grundwasser finden sich noch Gleye. Der Anschluss an das Grundwasser ging aufgrund großflächiger Grundwasserabsenkungen durch den Bergbau und den Bau des Rhein-Herne-Kanals verloren. Im ehemaligen Überflutungsbereich der Emscher finden sich Auengleye und in höher gelegenen Bereichen Braunaueböden (Vega). Braunerden kommen in Gartenbereichen und auf den Abstandsgrünflächen zwischen Wohngebäuden der Zeilenbebauung der 50er-Jahre des 20. Jahr-

hunderts vor. Sie sind zum Teil pseudovergleyt. Die anthropogene Beeinflussung beschränkt sich auf die gebäudenahen Bereiche. Die Gebäude wurden auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen errichtet. Durch Baumaßnahmen wurde die Bodenstruktur kaum beeinträchtigt, da die Gebäude bei diesem Bebauungstyp in weitem Abstand zueinander stehen.

Naturnahe, anthropogen tiefgründig bearbeitete Böden

Hortisole und Humusbraunerden (tief reichend humose Braunerden) finden sich in alten Hausgärten (gründerzeitliche Blockrandbebauung), in einigen Kleingärten sowie im Uhlandpark. Ihre Bodenbildung ist durch eine tiefgründige Bearbeitung und intensive organische Düngung gekennzeichnet. Vereinzelt enthalten die Oberböden Beimengungen von Asche, Schlacke, Kohle sowie Mörtel- und Ziegelgrus, die früher in den Gärten als Bodenverbesserer eingesetzt wurden. **Nekrosole** sind im Bereich der Friedhöfe durch tiefgründiges Aufgraben und Zufuhr organischer Substanz entstanden.

Überformte Böden mit carbonatfreiem oder -armem natürlichem Ausgangssubstrat, zum Teil mit technogenen Beimengungen

Regosole haben sich in Bereichen mit mehrgeschossiger Wohnbebauung mit Abstandsgrünflächen und Baugebieten mit kleineren Grundstücken (z. B. Reihenhausbebauung) gebildet. Hier sind die ursprünglichen Böden im Zuge der Baumaßnahmen abgefahren und später für die landschaftsgärtnerische Gestaltung wieder verwendet worden. In Gebäudenähe hat häufig eine Anreicherung mit Bauschutt stattgefunden. Ein Regosol hat sich ebenfalls auf dem Bahndamm (Fläche Nr. 45) aus Stahlwerksschlacke, Bergematerial und Sand gebildet. Ein Skeletthumusboden aus Kies und Sand mit Beimengungen aus Bauschutt, Bergematerial und Aschen hat sich im Bereich der ehemaligen Eisenhütte gebildet. Hier wurde die ursprüngliche Oberfläche im Zuge der Sanierung großflächig aufbereitet.

Überformte Böden mit carbonatfreiem oder -armem natürlichem Ausgangssubstrat und Beimengungen aus carbonathaltigem beziehungsweise alkalisierendem, technogenem Substrat

In dichter bebauten Wohnbereichen und in der Umgebung einer Schule haben sich Pararendzinen gebildet. Die ursprünglichen Böden wurden im Zuge der Baumaßnahme abgetragen, umgelagert und mit Bauschutt angereichert. Pararendzinen wurden auch auf ehemaligen Industrieflächen auskartiert, auf denen das bodengenetische Ausgangsmaterial wie Sand, Lehm oder Kies – häufig mit Bergematerial, Aschen, Schlacken und Bauschutt durchmengt – stark geschichtet aufgeschüttet wurde. Die Böden sind hier durch hohe Carbonatgehalte und unterschiedliche Humosität gekennzeichnet.

Überformte Böden aus carbonathaltigem beziehungsweise alkalisierendem, technogenem Ausgangssubstrat

Pararendzinen aus einem Gemenge von Bergematerial, Hüttenreststoffen, Bodenaushub, Beton- und Mörtelschutt finden sich im Bereich der Knappenhalde.

4.1.1 Charakterisierung der Bodenbeeinflussung im Bereich der Wohnbebauung

Im Bereich der Wohnbebauung sind die Böden unterschiedlich stark anthropogen beeinflusst. Der Grad der Bodenbeeinflussung hängt dabei in starkem Maße von Faktoren wie Alter der Bebauung, Versiegelungsgrad, Größe der Grundstücke, Vornutzung, Bebauungshäufigkeit und morphologischer Position ab.

Die Wohnbebauung im Untersuchungsgebiet wurde größtenteils auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen errichtet. Die Bebauung weist aber hinsichtlich der zuvor genannten Faktoren erhebliche Unterschiede auf, die auf den Grad der Bodenveränderung oft einen erheblichen Einfluss hatten. Folgende Bereiche unterschiedlicher Bodenbeeinflussung lassen sich unterscheiden:

Naturnahe und gering beeinflusste Böden

finden sich auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen, die anschließend in den 50er-Jahren des 20. Jahrhunderts als Grünfläche oder Parkanlage genutzt wurden. Es fanden keine oder nur in geringem Umfang Geländemodellierungen statt.

Gering beeinflusste und durch gärtnerische Nutzung beeinflusste Böden

finden sich auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen, auf denen Wohnbebauung mit großen Gartenbereichen oder großen Abstandsgrünflächen errichtet wurden. Es handelt sich überwiegend um Ein- und Zweifamilienhäuser mit Nutz- und Ziergärten vor 1926 oder aus den 50er-Jahren sowie mehrgeschossige Zeilenbebauung der 40er- und 50er-Jahre des 20. Jahrhunderts. Diese Bebauungstypen zeichnen sich durch geringe Versiegelungsgrade und extensiv genutzte Garten- und Grünflächen aus.

Durch gärtnerische Nutzung beeinflusste Böden

finden sich in Bereichen mit mehrgeschossiger Blockrandbebauung mit Nutz- oder Ziergärten überwiegend vor 1926 sowie in Bereichen mit Bebauung durch Ein- und Zweifamilienhäuser mit Ziergärten vor 1945. Die Wohnbebauung wurde auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen errichtet. Die Gartenflächen sind kleiner und wurden ursprünglich flächendeckend intensiv gärtnerisch zur Eigenversorgung genutzt. In den Gartenböden haben sich durch die jahrzehntelange gärtnerische Nutzung und regelmäßige Zufuhr von Kompost etwa 40 – 80 cm mächtige humose Oberböden gebildet. Die Böden sind locker gelagert, besitzen relativ hohe Wasser- und Nährstoffspeichervermögen und zeichnen sich durch hohe Nährstoffvorräte aus. Im durchmischten Oberboden finden sich Beimengungen von Schlacken-, Aschen- und Bauschuttgrus. Bei Schlacke und Asche handelt es sich um Rückstände aus der Hausbrandfeuerung, die zu erhöhten Gehalten an organischen Schadstoffen und Schwermetallen im Oberboden geführt haben.

In Bereichen der Ein- und Zweifamilienhausbebauung der 50er-Jahre finden sich in den Gärten ebenfalls tief reichend humose Böden. Diese Böden weisen im Unterschied zu den schon in den 20er- bis 40er-Jahren des 20. Jahrhunderts gärtnerisch genutzten Bereichen keine Asche oder Schlacke im Oberboden auf.

Naturnahe, tief reichend humose und veränderte Böden

finden sich im Bereich mit Doppel- und Reihenhausbebauung der 60er-Jahre des 20. Jahrhunderts auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen. Auf den Grünflächen und in den Gartenbereichen zwischen den Gebäuden kommen neben naturnahen und tief reichend humosen Böden auch durch Baumaßnahmen und Geländemodellierung veränderte Böden vor. Bei deren bodenbildendem Material handelt es sich wahrscheinlich um umgelagertes Substrat aus den ehemaligen Baugruben. Im Bereich der Ein- und Zweifamilienhausbebauung mit noch größeren Grundstücken der 60er-Jahre finden sich in größerem Abstand zu den Gebäuden zum Teil noch naturnahe Böden.

Größtenteils überprägte und nur inselartig noch gering beeinflusste Böden

finden sich im Bereich der Ein- und Zweifamilienhausbebauung und der mehrgeschossigen Doppelhausbebauung der 50er-Jahre des 20. Jahrhunderts. Die Böden sind durch Bautätigkeit und Oberflächenmodellierung auf den kleinen Grundstücken fast flächendeckend verändert. Inselartig treten noch tief reichend humose Böden auf, deren Humosität nicht durch gärtnerische Tätigkeit, sondern größtenteils durch Auftrag von Mutterboden im Zuge der Gestaltung der Außenanlagen entstanden ist.

Fast flächendeckend verändert sind auch die Böden im Bereich eines ehemaligen Sanierungsgebietes. Bis in die 50er-Jahre befand sich dort eine eineinhalbgeschossige Berg- und Stahlarbeitersiedlung mit Gärten, die im Rahmen einer Flächensanierung abgerissen wurde. An deren Stelle entstand eine mehrgeschossige Zeilenbebauung mit Grünflächen zwischen den Wohnblocks. Die ursprünglichen Gartenböden wurden infolge der Baumaßnahmen sowie der Nivellierung und Oberflächengestaltung verändert. Meist wurde Bodenmaterial aufgetragen, das zum Teil mit Bauschutt durchmengt ist. Der ursprüngliche Boden findet sich stellenweise noch in etwa 1 m Tiefe, wobei Reste des ehemaligen humosen Oberbodens noch vorhanden sind. Inselartig kommen in gebäudefernen Bereichen Gartenböden vor. Sie sind im humosen Oberboden mit Kohle- und Kokspartikeln, Hausbrandasche und Bauschuttgrus durchmengt. Sie besitzen hohe Nährstoffgehalte und weisen unter anderem erhöhte Schwermetallgehalte im Oberboden auf.

Die Gemeinbedarfsflächen wie Kirche und Schule im Westen des Untersuchungsgebietes wurden auf ehemals landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Flächen errichtet. Sie besitzen relativ große Grundstücke mit geringem Versiegelungsgrad. Die Böden im Bereich der Grünflächen wurden im Zuge der Bautätigkeit und durch Nivellierung und Geländemodellierung größtenteils verändert. In Randbereichen finden sich noch kleinflächig natürliche oder gering beeinflusste Böden.

Flächendeckend veränderte Böden

finden sich im Bereich von Hochhäusern und Zeilenbebauung der 50er- und 60er-Jahre des 20. Jahrhunderts, die auf einer ehemaligen Aufschüttfläche der Zeche Oberhausen errichtet wurden. Die Böden auf den Grünflächen zwischen den Wohnblocks sind flächendeckend aufgetragen. Hierbei handelt es sich wahrscheinlich um Bodenmaterial aus den ehemaligen Baugruben und kulturfähiges, humoses Material. Im Oberboden finden sich in geringem Maße Bergematerial- und Ziegelbeimengungen. Darunter lagert Bauschutt, der wahrscheinlich im Zuge der Bautätigkeit angefallen ist, und darunter Bergematerial sowie zum Teil Kokereiabfälle.

Aufgrund der geringen Grundstücksgröße sind die Böden im Bereich der Reihenhausbebauung der 50er-, 60er- und 70er-Jahre durch Umlagerung und Auftrag infolge der Bautätigkeit und Oberflächenmodellierung flächendeckend verändert.

Ebenfalls flächendeckend verändert sind die Böden im Bereich einer mehrgeschossigen Zeilenbebauung der 50er-Jahre und eines Kindergartens, der Kirche und der Schule. Die Bauten wurden im Bereich einer morphologischen Rinne errichtet. Die Böden auf den Grünflächen zwischen den Gebäuden sind durch Umlagerung und Auftrag infolge der Bautätigkeit und Oberflächenmodellierung flächendeckend verändert.

4.1.2 Vergleich der Konzeptkarte mit Ergebnissen der Bodenkartierung

Substratansprache

Die Beschreibung der Substrate aus der geologischen Karte von 1930 weicht von den Angaben der Bodenkartierung ab. Dies liegt einmal daran, dass sich die Substratangaben der Bodenkartierung auf den Bereich bis 2 m unter Geländeoberfläche beziehen und die Bodenartenansprache nach der Einteilung aufgrund der Bodenkundlichen Kartieranleitung erfolgt. In der geologischen Karte hingegen beziehen sich die Angaben nicht immer auf die an der Oberfläche anstehenden Substrate. Die Angaben über anthropogene Aufschüttungen entsprechen dem Zustand im Jahre der Kartenerstellung, also vor 1930. Sie stimmen nicht mehr mit dem aktuellen Stand überein.

Die Qualität der Konzeptkarte lässt sich durch einen Vergleich mit den Ergebnissen der Bodenkartierung – der Erfassung der Böden im Gelände – ermitteln. Es sollen Übereinstimmungen und Abweichungen in der Ausgrenzung und Bewertung von Bodenzuständen analysiert werden. Weiterhin soll gezeigt werden, welche zusätzlichen Ergebnisse die Geländekartierung im Sinne einer stufenweisen Informationsgewinnung bringen kann.

Naturnahe Böden

Erwartungsgemäß bestätigt die Bodenkartierung im Bereich der landwirtschaftlich genutzten Bereiche die in der Konzeptkarte ausgewiesenen wenig veränderten Böden.

Böden im Bereich von Wohnbebauung

Diese Böden werden in der Konzeptkarte überwiegend der Kategorie II (s. Tab. 3, S. 24) zugeordnet. In der Bodenkartierung lassen sich stärker differenzierte Unterschiede in Abhängigkeit von Bauungsalter, Vornutzung, Bauungstyp und Versiegelungsgrad feststellen. Im Stadtteil Borbeck, im nordöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes, finden sich nach der Kartierung innerhalb der Wohnbebauung größerer Bereiche, in denen der Boden großflächig überformt wurde.

Böden im Bereich von gewerblich und industriell genutzten Flächen

Diese Flächen stimmen mit den Ergebnissen der Kartierung überein (z. B. Bereich der ehemaligen Industrieanlagen, Zechen, Halden und Aufschüttungen).

Böden aus aufgeschüttetem Material

Die Bodenkartierung unterscheidet die in diesen Bereichen ausgewiesenen sanierten Baugründe und Aufschüttkörper sehr deutlich. Das Aufschüttmaterial wird näher beschrieben und es werden genauere Angaben über Bodenbelastungen gemacht.

Am Beispiel zweier Grünanlagen sollen Möglichkeiten und Grenzen der Konzeptkarte verdeutlicht werden: Der Uhlandpark ist nach der Nutzungsrecherche ein alter Stadtpark, der bereits bei Gründung des Viertels auf landwirtschaftlich genutzter Fläche angelegt wurde. In der Konzeptkarte wird er dem Bereich der Wohnbebauung (Kategorie II, s. Tab. 3) zugeordnet. Danach finden sich dort Böden, die teilweise umgelagert, verdichtet und mit Bauschutt oder Asche durchsetzt sind. Die Bodenkartierung dagegen ergab, dass die Böden im Park weitgehend natürlich gelagert und nur gering (im Oberboden) verändert sind. Die zweite Grünanlage befindet sich östlich der Feuerwache. Da dieser Bereich vormals zum Eisenbahnausbesserungswerk gehörte, finden sich nach der Konzeptkarte dort aufgeschüttete, umgelagerte und zum Teil kontaminierte Böden aus sandigem Lehm mit Geschiebelehm. In der Bodenkartierung können diese Angaben bestätigt und darüber hinaus noch weiter konkretisiert werden. Es werden Angaben zum Substrat und zur Aufschüttmächtigkeit gemacht. Die Schadstoffbelastung auf der Fläche wird durch die Beprobung und Analyse eines Referenzprofils detailliert erfasst und beschrieben.

Als Fazit kann festgestellt werden, dass die Konzeptkarte einen ersten Einblick in die Bodenverhältnisse des Untersuchungsgebietes gibt. Da die Karte im Wesentlichen auf Ergebnissen einer Nutzungsrecherche beruht (diese aber nur Zustände zu bestimmten Zeiten wiedergibt), sind kurzfristige Einwirkungen auf den Boden nicht erfasst. Die Karte eignet sich als Grundlage für eine Optimierung der Geländetätigkeit und zur Planung des Bedarfs notwendiger Feld- und Laboruntersuchungen. In Verbindung mit der Versiegelungskarte können differenziertere Angaben zum Grad der Bodenüberformung gemacht werden.

Für eine Beratung der verschiedenen Planungsebenen (Bauleitplanung und Bebauungsplanung) ist die Konzeptkarte in der vorliegenden Form nicht geeignet, da sie zu unscharf und die Einteilung in 4 Kategorien (s. Tab. 3) zu grob ist. Besonders im Bereich der Wohnbebauung und auf Brachflächen können Bodenzustände sehr unterschiedlich sein. In der Nutzungsanalyse wird nicht zwischen Landwirtschafts-, Industrie- und Gewerbebrachen sowie Brachflächen in Wohngebieten unterschieden und sie werden nicht alle der Kategorie IV (s. Tab. 3) zugeordnet. Für die Nutzungsart Brachen wäre eine weitere Untergliederung in unterschiedliche Kategorien sinnvoll.

4.2 Boden- und Substrataufträge (Karte)

Die Karte der Boden- und Substrataufträge des Untersuchungsgebietes gibt einen Überblick über

- Mächtigkeit des Boden- beziehungsweise Substratauftrages und
- Flächeninanspruchnahme durch Versiegelung.

Die durchschnittliche Bodenartenzusammensetzung der ausgegrenzten Flächen ist in Einzelflächenbeschreibungen festgehalten worden. Natürlich gelagerte Böden ohne Auftrag sind lediglich auf den Flächen Nr. 61, 63, 65 – 68 und 72 zu finden. Die Flächen werden landwirtschaftlich genutzt.

Die Flächeninanspruchnahme durch Versiegelung ist im Untersuchungsgebiet unterschiedlich hoch. Die starke kleinräumige Differenzierung des Versiegelungsgrades kann in der kartografischen Darstellung nicht wiedergegeben werden; hier mussten Klassen gebildet werden, um den Übersichtscharakter zu wahren. Die Art der Versiegelung (porös oder total) und deren jeweiliger Flächenanteil sind der Einzelflächenbeschreibung zu entnehmen.

4.3 Bodentypen (Karte)

Die Karte gibt eine Übersicht über die bodentypologische Zuordnung der urban-industriell überformten sowie natürlich gelagerten Böden nach Kartieranleitung der AG Boden (1994). Weitgehend versiegelte Flächen (Nr. 2, 4, 7, 12, 24, 30, 40, 43, 44) wurden nicht typisiert.

4.4 Klassifizierung und Bewertung der Stadtböden

Böden in urban-industriellen Räumen weisen eine hohe räumliche Variabilität (Anzahl der Flächen) und Diversität (Anzahl der Qualitäten) auf. Um eine Möglichkeit zur qualitativen Beurteilung der Bodenzustände, Bodenfunktionen und möglicher Risiken anthropogener Nutzung (Nutzungsänderung) zu schaffen, werden zur Klassifizierung 6 Bewertungsklassen vorgeschlagen, die eine Flächen vergleichende Übersicht auf der Grundlage der Nutzungsmöglichkeiten bieten; diese sind der Karte der Bodenbewertungsklassen zu entnehmen. Teilflächen innerhalb einer ausgegrenzten Flächeneinheit können mehreren Bewertungsklassen angehören und sind nicht immer abgrenzbar.

Es steht bei der Darstellung nicht die ökologische (Risiko-)Bewertung von Bodenfunktionen und -potenzialen im Vordergrund (diese erfordert eine andere Vorgehensweise und ist als Übersichtswerk nicht darstellbar), sondern die räumliche Interpolation und Darstellung punktueller Einzeluntersuchungen, die auf der Basis der Aggregation von Kartiererergebnissen, der Ermittlung bodentypologischer Kennwerte und chemischer/physikalischer Kennwerte (z. T. vermutet) sowie überschlägiger Schätzgrößen beruht.

Losgelöst von der abstrakten Nutzungseignung, beinhaltet die qualitative Bewertungseinschätzung auf der Multimerkmalsebene eine standort- und schutzgutbezogene Nutzungsmöglichkeit der Böden zu einer allgemeinverträglichen, ökonomisch und ökologisch vertretbaren Funktionsoptimierung über gestaffelte Qualitätsziele; hierbei ist die Schutzwürdigkeit (Erhaltung) und Schutzbedürftigkeit (Veränderung/Verbesserung) mit zu berücksichtigen (s. Bodenschutzkarte).

Ebenfalls wurde in die Bewertung eine überschlägige Gewichtung von Belastungs(Gefährdungs-)pfaden – ausgehend vom Ist-Zustand der Flächen – mit aufgenommen, die innerhalb des planerischen Bewertungsprozesses die Abgrenzung von Bewirtschaftungsrichtlinien im weitesten Sinne sowie eventuell Sicherungs- und Sanierungsziele im Hinblick auf Risikobewertung und Nutzungsmöglichkeiten erleichtert. Die Vorgehensweise geht über die rein quantitative Belastungsanalyse mit bestehenden Richt- und Grenzwerten hinaus, da diese in der kommunalen Praxis nur begrenzt praktikabel erscheint und den Handlungsspielraum in Bezug auf Nutzungsmöglichkeiten übermäßig einschränkt.

Erläuterung der Bewertungsklassen

Die Aufnahme und Beschreibung der einzelnen, vor Ort ausgegrenzten Flächen bildet, zusammen mit Angaben der Konzeptkarte sowie chemischen und physikalischen Analysedaten (soweit vorhanden), die Grundlage der Bewertungseinstufung. Im Wesentlichen wird die Klassifizierung nach folgenden Punkten vorgenommen:

- Bodenentwicklung
- Art und Intensität der anthropogenen Beeinflussung
- Nutzung und historische Nutzungsentwicklung der Fläche
- Schadstoffbelastung und Bodenkennwerte (z. T. nutzungsspezifische Vermutung)
- Gewichtung (relativ) des Belastungs(Gefährdungs-)pfades
- potenzielle Nutzungsmöglichkeiten/-einschränkungen der Fläche

Die Bewertungsklasse A umfasst sämtliche natürlichen und naturnahen Flächen, auf denen die Bodenbildung nahezu ungestört ablaufen konnte. Anthropogene Einflüsse finden sich fast ausschließlich auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen. Zu dieser Bewertungsklasse gehören ebenfalls ökologisch wertvolle und schützenswerte Bereiche. Der Schadstoffeintrag auf nicht bewirtschafteten Flächen ist relativ gering und entspricht dem allgemeinen Belastungsniveau durch überwiegend atmosphärische Deposition in ausreichend großer Entfernung von Schadstoffemittenten. Bewirtschaftungsspezifische Stoffeinträge durch Düngemittel, Pestizide, Herbizide und andere können lokal die meist sehr geringe Bodenbelastung anheben.

Die Böden der Bewertungsklasse B zeigen bereits eine (leicht) erhöhte Schadstoffbelastung im Oberboden, die neben Agrochemikalien durch Industrie- und Verkehrsnähe (atmosphärische Deposition) gekennzeichnet ist. Ebenfalls sind hierzu Böden mit erhöhter Schadstoffbelastung (Schwermetalle) in Sedimentations- und Überschwemmungsbereichen oder in Haus- und Kleingärten, mit erhöhten Beimengungen von Haus-

brandasche als bodenverbesserndes Mittel zu zählen. Die Bodenentwicklung ist naturnah und entspricht derjenigen der Klasse A.

In der Bewertungsklasse C ist die Bodenbildung und Bodenentwicklung bereits deutlich anthropogen geprägt aus stark gestörten, natürlichen Substraten, zum Teil mit belasteten Fremdbeimengungen natürlichen und/oder technogenen Ursprungs. Starke mechanische und chemische Beeinflussung verursacht unter Umständen eine starke Einschränkung der Bodenfunktionen und -potenziale sowie eine meist deutlich erhöhte Schadstoffkonzentration vorwiegend im oberflächennahen Bereich.

Innerhalb der Bewertungsklasse D sind Böden mit stark anthropogen geprägter Bodenbildung aus überwiegend technogenen Substraten mit herkunftsspezifischen Schadstoffgehalten (meist nur) im oberflächennahen Bereich zusammengefasst. Meist sind diese Böden mit gering mächtigem, natürlichem Bodenaushub überdeckt, dessen Abschirmungseffizienz bei sensiblen Nutzungen unter Umständen unzureichend sein kann. Durch zum Teil flächenhafte Aufschüttungen, Verfüllungen, Deponierungen und Ähnliches ist meist eine stoffliche Bodenbelastung vorhanden.

Die Bewertungsklasse E weist Flächen mit bestehendem Handlungsbedarf aus. Hierunter fallen überwiegend anthropogen stark beeinflusste Böden auf punktuell belasteten, überwiegend technogenen Substraten mit fehlender beziehungsweise gering mächtiger Überdeckung. Aufschüttungen, Verfüllungen, Deponierungen sowie branchenspezifische Kontaminationen gewerblich und industriell genutzter Standorte zeigen meist eine hohe bis sehr hohe stoffliche Bodenbelastung auf.

Die Bewertungsklasse F umfasst Böden und Flächen auf punktuell stark belasteten, überwiegend technogenen Substraten mit fehlender beziehungsweise gering mächtiger Überdeckung. Aufschüttungen, Verfüllungen, Deponierungen sowie branchenspezifische Kontaminationen gewerblich und industriell genutzter Standorte zeigen eine hohe bis sehr hohe Belastung, wobei die phyto-, zoo-, human- und ökotoxikologische Wirksamkeit bodenbelastender Substanzen (im Vergleich zu Klasse E) ständig eine akute Gefahrenquelle darstellen kann und Sicherungs- beziehungsweise Sanierungsmaßnahmen erfordert. Eingehende Untersuchungen dieser Flächen werden empfohlen.

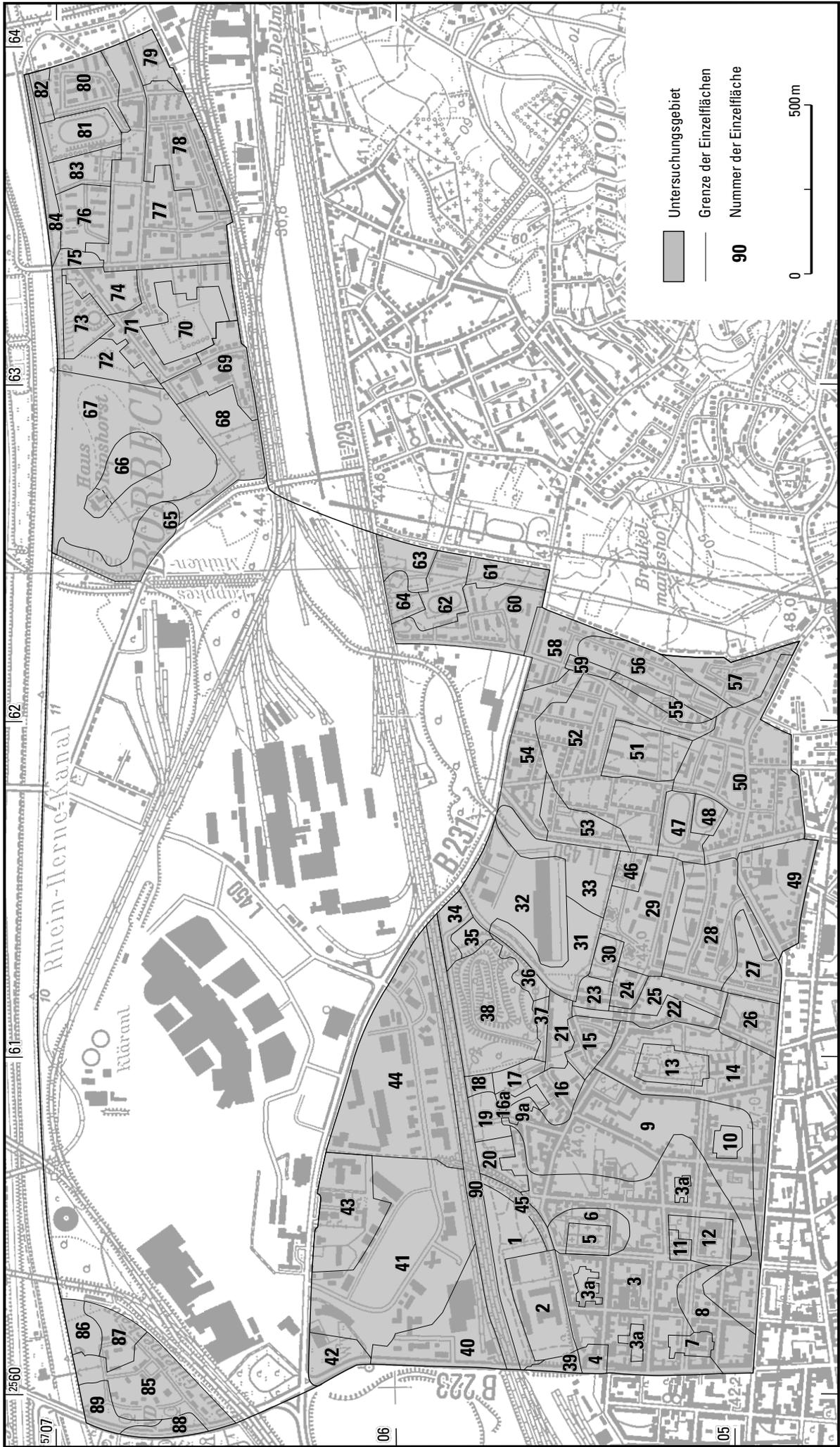
In der Karte der Bodenbewertungsklassen sind Flächen mit hohem Versiegelungsanteil berücksichtigt. Die Klassifizierung der Böden bezieht sich hier nur auf die Bodenqualität unversiegelter Bereiche.

4.5 Bodenschutz (Karte)

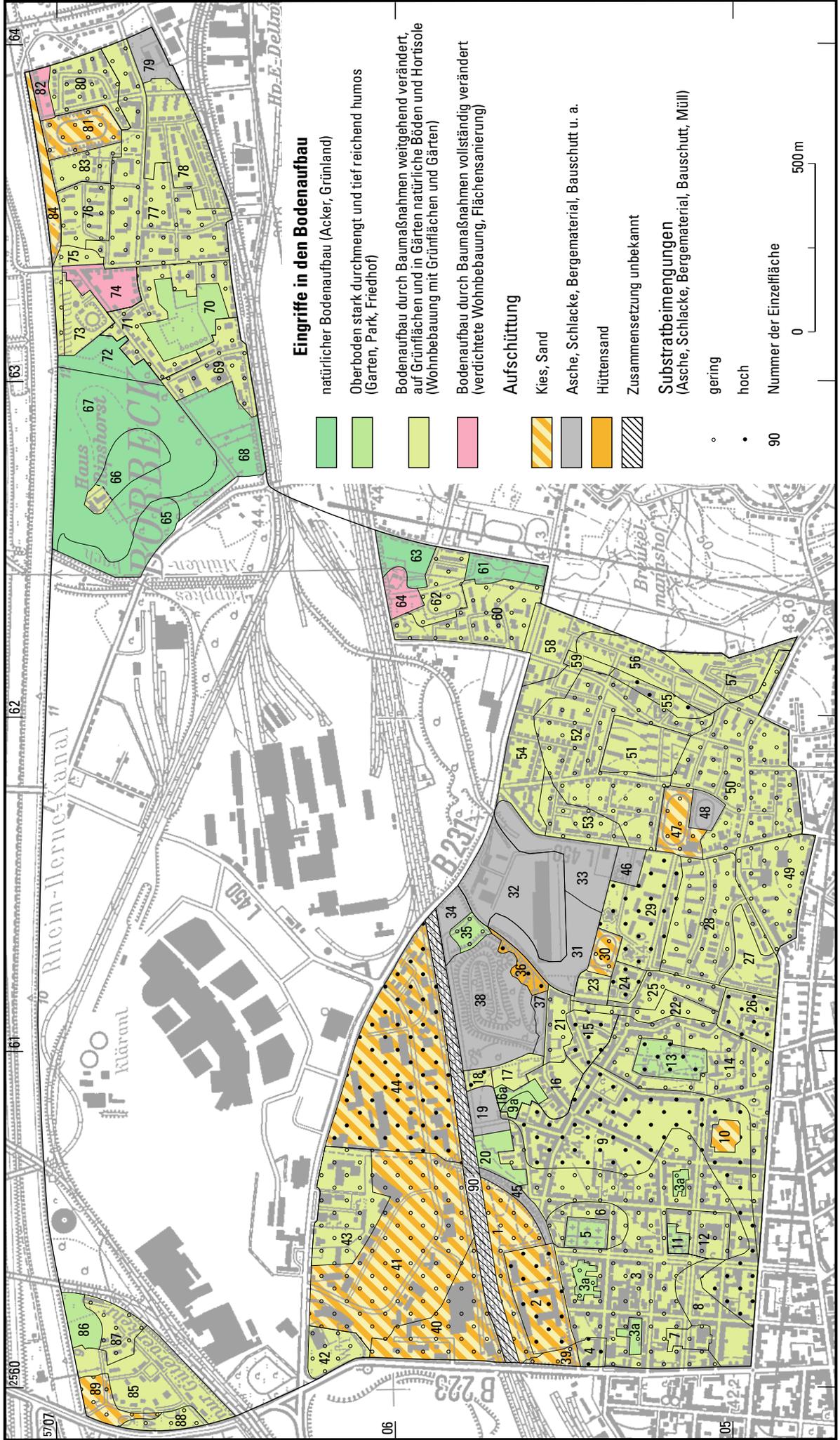
In der Bodenschutzkarte sind Flächen mit besonderer Bedeutung für den Bodenschutz sowie Kriterien zu ihrer Ausweisung dargestellt. In Ergänzung dazu werden Empfehlungen aus bodenkundlicher Sicht gegeben, um die Standorteigenschaften entweder zu erhalten oder gegebenenfalls zu verbessern.

Flächen mit besonderer Bedeutung für den Bodenschutz	Kriterium/Empfehlung
Böden mit hohem Natürlichkeitsgrad	weitgehend geringer anthropogener Einfluss
Böden mit besonderer Regulationsfunktion im Klima- und Wasserhaushalt der Stadt	sehr humusreiche, biologisch aktive Böden
Böden mit erhöhtem Bedarf der Standortverbesserung	Erhöhung der Humosität, Rekultivierungsmaßnahmen zur Erosionsminderung
stark versiegelte Flächen (> 75 %)	Überprüfung des Entsiegelungspotenzials
Böden ohne besondere Bedeutung	– entfällt –

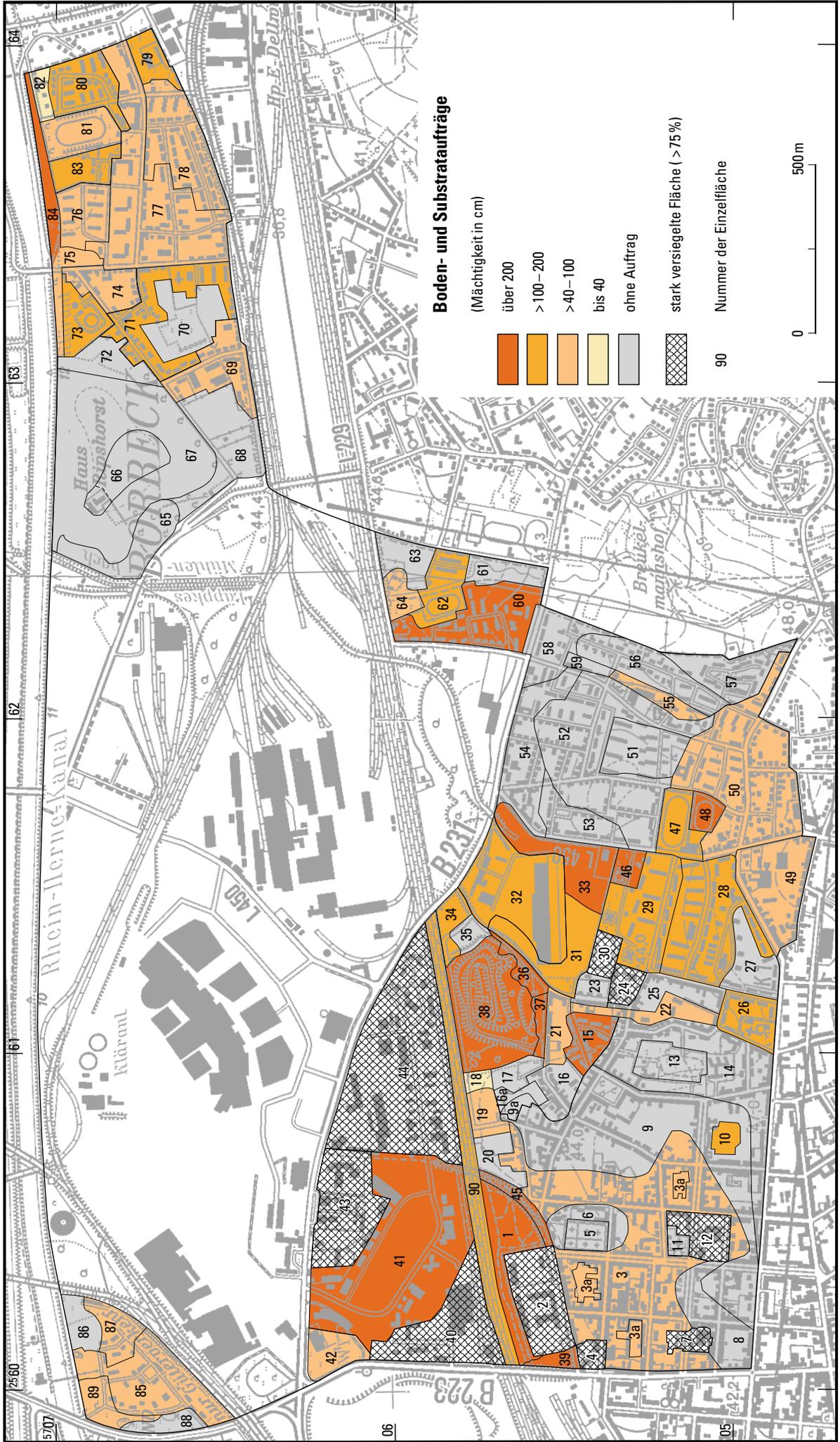
Karte 1
Übersichtskarte



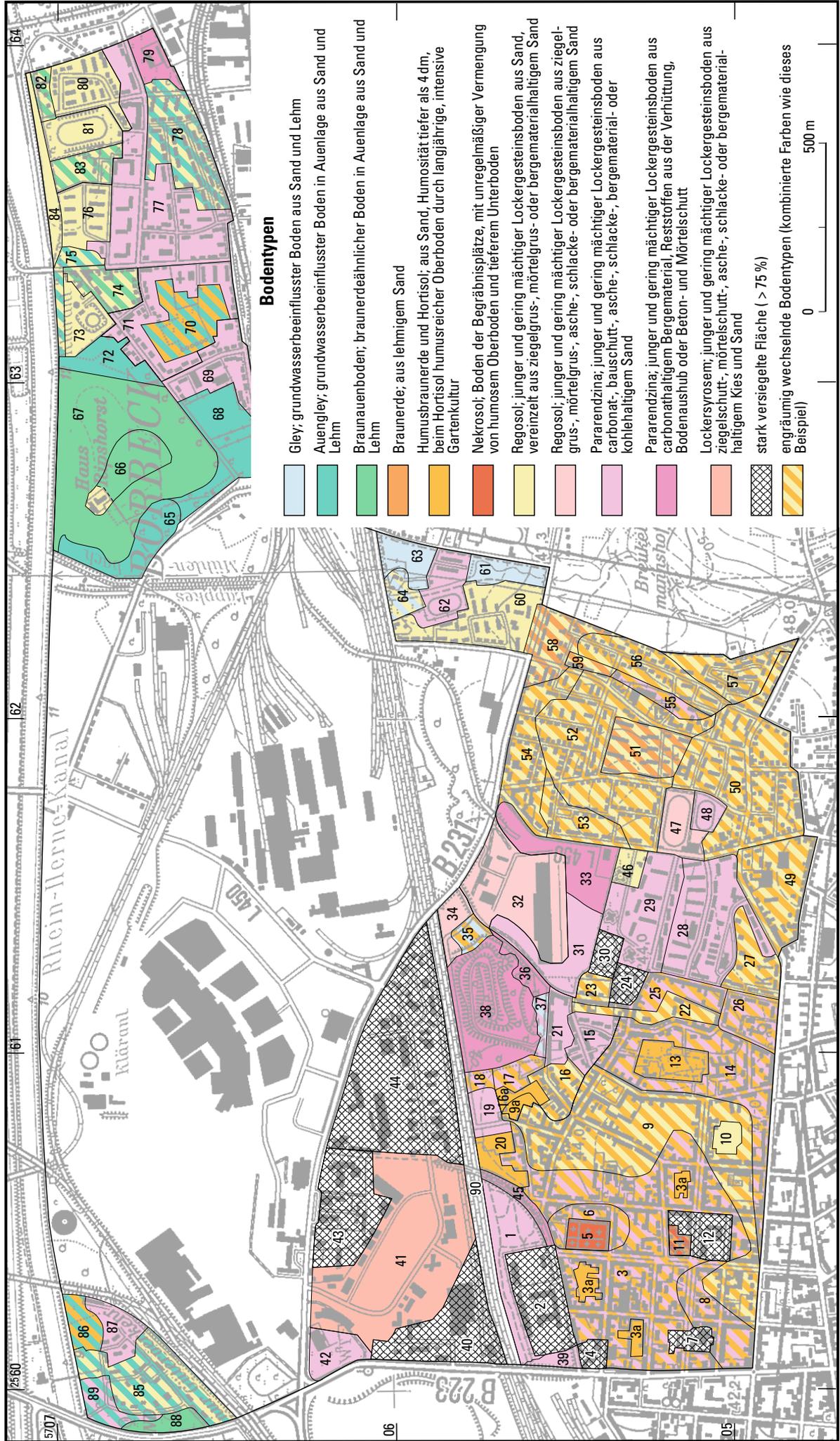
Karte 2
Eingriffe in den Bodenaufbau



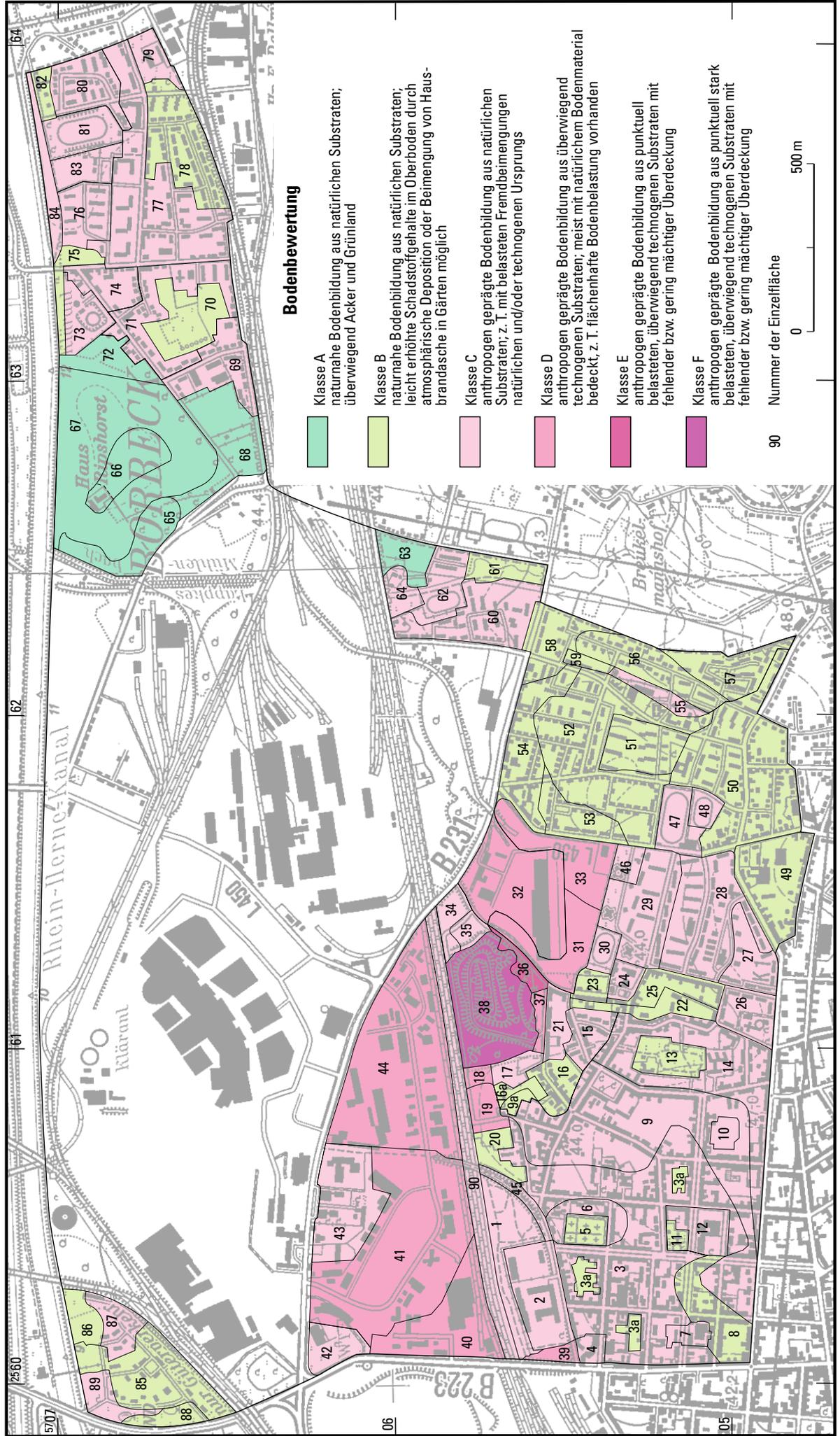
Karte 3
Boden- und Substrataufträge



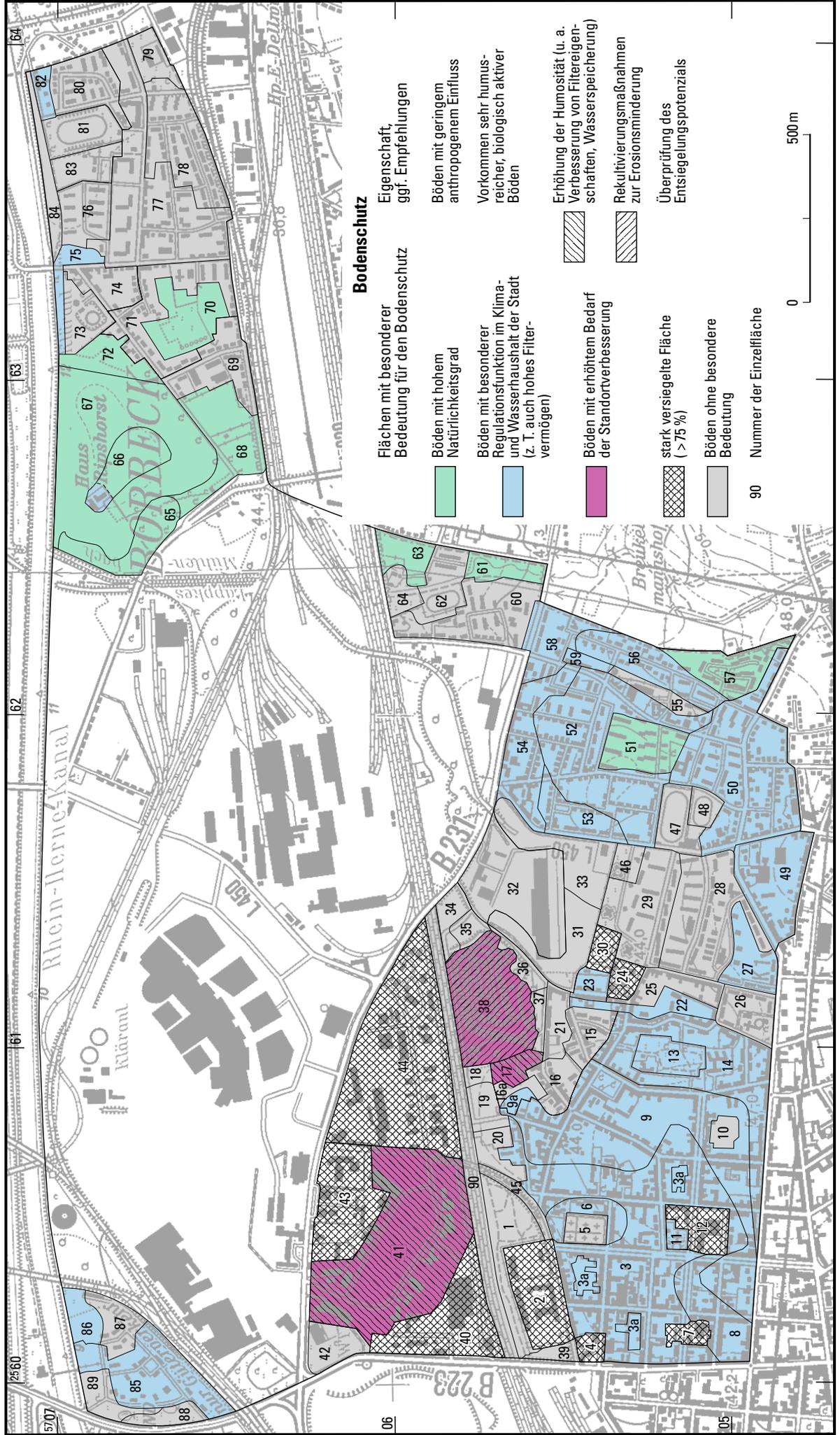
Karte 4
Bodentypen



Karte 5
Bodenbewertung



Karte 6
Bodenschutz



5 Ausblick

Die Untersuchung der Böden im Brücktorviertel von Oberhausen belegt exemplarisch, in welchem Umfang qualitative und quantitative Bodenveränderungen in urban-industriell geprägten Regionen stattgefunden haben und welche Gefahren von belasteten Böden ausgehen können. Es hat sich gezeigt, dass viele Böden den an sie gestellten Anforderungen unterschiedlich gerecht werden und bestimmte Funktionen zum Teil nur noch eingeschränkt oder gar nicht wahrnehmen können.

Mit der vorliegenden Untersuchung stehen flächendeckend Angaben über Verbreitung und Eigenschaften der Böden eines Stadtteiles zur Verfügung. Diese Untersuchung auch über nicht oder geringfügig belastete Böden und Bewertung ihrer Nutzungs- und Entwicklungspotenziale ist neu. Bisher beschränkte sich die Untersuchung städtischer Böden in erster Linie auf eine mögliche stoffliche Belastung von Altlastenflächen, Kleingartenanlagen oder Kinderspielplätzen.

Der Darstellungsmaßstab 1 : 10 000 ermöglicht einen Überblick über die bodenkundliche Situation. Parzellenscharfe Aussagen sind erst nach weiter gehenden detaillierten Untersuchungen möglich.

Kommunale Fachbehörden und Entscheidungsträger können mit den Ergebnissen auf fachliche Grundlagen, Zielvorgaben und Argumentationshilfen im Rahmen der Flächennutzungsplanung, Bebauungsplanung, Grünordnungsplanung, Landschaftsplanung, umweltrelevante Fachplanungen, aber auch für Einzelfallentscheidungen bei Standortplanungen, Baugenehmigungen oder bei Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit zurückgreifen.

Eine konkrete Anwendung fanden die Ergebnisse bereits im Rahmen des Projektes „Ökologisch ausgerichteter Umgang mit Regenwasser im Knappenviertel“. Hier dienten sie als Grundlage zur Beurteilung der Böden hinsichtlich ihrer Versickerungseignung von Regenwasser.

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass weitere Stadtbodenkartierungen dringend erforderlich sind. Es gilt, die Methodik weiter zu verbessern und den Untersuchungsaufwand unter ökonomischen Aspekten zu minimieren. Hierzu sollte unter anderem geprüft werden

- mit welchem zusätzlichen Kartieraufwand eine Verbesserung der funktionalen Bewertung und der regionalen Abgrenzung von Bodeneinheiten erreicht werden kann;
- welche Bedeutung technogene Substrate in den Böden urban-industrieller Verdichtungsräume als bodenbildende Substrate haben (Stichwort Langzeitgefährdungen, Verwitterungs- und Austragsverhalten, Eigenschaften der Substrate u. a.)?

Zudem sollte eine standardisierte Probennahme- und Analysestrategie entwickelt werden.

Aus der Bedeutung der Stadtbodenkartierung ergeben sich zwei wichtige Folgerungen:

- Die Stadt-Bodenkunde muss anerkanntes Gebiet der bodenkundlichen Forschung werden.
- Die Ergebnisse von Bodenuntersuchungen in städtischen Räumen werden fester Bestandteil der Geo-Informationssysteme beziehungsweise Umweltinformationssysteme.

Besondere Bedeutung erhalten die Untersuchungen urban, gewerblich und industriell überformter Böden durch das neue Bundes-Bodenschutzgesetz und die Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Durch die gesetzliche Festlegung von Grenz- und Richtwerten bekommt der Bodenschutz in den dicht besiedelten Ballungsräumen eine neue Dimension. Unter diesem Aspekt ist

- die systematische Aufnahme der Böden in diesen Bereichen und
- die Festlegung von einheitlichen Regeln

für die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis unbedingte Notwendigkeit.

6 Schriftenverzeichnis

- AEY, W. (1990): Historisch-ökologische Untersuchungen an Stadtökotopen Lübecks. – Mitt. Arb.-Gem. Geobot. Schlesw.-Holst., **41**: 229 S.; Kiel.
- Amt für Umweltschutz [Hrsg.] (1992): Umweltbericht Oberhausen. – 683 S.; Oberhausen. – [Stadtamt 39]
- AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Aufl. – 392 S., 33 Abb., 91 Tab.; Hannover (B.-Anst. Geowiss. u. Rohstoffe u. Geol. L.-Ämter B.-Rep. Dtl.). – [berichtigter Nachdruck 1996]
- AG Bodenkunde (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung, 3. Aufl. – 331 S., 19 Abb., 98 Tab., 1 Beil.; Hannover.
- Arbeitskreis Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft [Hrsg.] (1996): Urbaner Bodenschutz. – 244 S., 44 Abb., 56 Tab.; Berlin, Heidelberg, New York.
- Arbeitskreis Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (1997): Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartierung urban, gewerblich, industriell und montan überformter Flächen (Stadtböden). – Tl. 1: Feldführer, 2. Aufl.: 111 S., 9 Abb., 61 Tab; Tl. 2: Handbuch, 2. Aufl.: Diskette; Kiel.
- BÄDJER, N.; BURGHARDT, W. (1999): Poröses Skelett und Stadt- und Industrieböden – Merkmale und Beeinflussung der Stoffkonzentration von Sickerwasser. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **91** (2): 917 – 920, 2 Abb., 2 Tab.; Oldenburg.
- BÄRTLING, R.; BREDDIN, H. (1931): Erläuterungen zu Blatt Mülheim (Ruhr). – Geol. Kt. Preußen u. benachb. dt. Länder <1 : 25 000>, Erl., **4507**: 111 S.; Berlin.
- BINDERNAGEL, I. (1973): Die Wiederverwertung von Altformstoffen. – In: Mitteilungen des Instituts für Gießereitechnik im Verein zur Förderung der Gießerei-Industrie. VDG-Fachbereich 008.
- BLOOMFIELD, C.; KELSO, W. J.; PRUDEN, G. (1976): Reactions between metals and humified organic matter. – J. Soil Sci. **27**: 16 – 31; New York.
- BLUME, H.-P. (1992): Handbuch des Bodenschutzes, Bodenökologie und -belastung; vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen, 2. Aufl.: 759 S., zahlr. z. T. farbige Abb. + Tab.; Landsberg/Lech.
- BLUME, H.-P.; BRÜMMER, G. W. (1991): Prediction of heavy metals behavior in soil by means of simple field tests. – Ecotoxicology & Environmental Safety, **22**: 164 – 174.
- BLUME, H.-P.; HELLRIEGEL, TH. (1981): Blei- und Cadmium-Status Berliner Böden. – Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkde., **144**: 181 – 196, 7 Abb., 3 Tab.; Weinheim.
- Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen <1 : 50 000>. – Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld.
Blatt L 4506 Duisburg (1978), Bearb. PAAS, W.
Blatt L 4508 Essen (1984), Bearb. SCHRAPS, W. G.
- BOGGESESS, W. R.; WIXON, B. G. (1979): Lead in the environment. – In: BLUME, H.-P.; HELLRIEGEL, TH.: Blei- und Cadmium-Status Berliner Böden. – Z. Pflanzenernähr. Bodenk., **144**: 181 – 196; Weinheim.
- BRADTKE, H.-J.; DITTRICH, V. (1977): Auslaugung von Giessereisanden in halbtechnischem Maßstab und im Laboratorium zur Ermittlung der eluierbaren Stoffe und des voraussichtlichen Deponieverhaltens. – Forschungsvorhaben „Abfallbeseitigung“ – Nr. II A 137 des Bundesministeriums des Inneren. 181 S.
- BRAUN, F. J.; THIERMANN, A. (1975), mit Beitr. von ANDERSON, H.-J.; ARNOLD, H.; HOYER, P.; INDANS, J.; KNAPP, G.; MICHELAU, P.; RABITZ, A.; REHAGEN, H.-W.; STADLER, G.; TEICHMÜLLER, R.; VOGLER, H.; WINKELMANN, W.: Erläuterungen zu Blatt C 4306 Recklinghausen, 1. Aufl. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. <1 : 100 000>, Erl., **C 4306**: 169 S., 11 Abb., 13 Tab., 2 Taf.; Krefeld.
- BRÜMMER, G. W.; GERTH, J.; TILLER, K. G. (1988): Reaction kinetics of the adsorption and desorption of nickel, zinc and cadmium by goethite. I. Adsorption and diffusion of metals. – J. Soil Sci., **39** (1): 37 – 51, 6 Abb., 4 Tab.; Oxford.
- BURGHARDT, W. (1989): C-, N- und S-Gehalte als Merkmal der Bodenbildung in Bergehalden. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **59** (2): 851 – 856, 5 Abb.; Oldenburg.
- BURGHARDT, W. (1994 a): Soils in urban and industrial environments. – Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkde., **157**: 205 – 214, 1 Abb., 8 Tab.; Weinheim.

- BURGHARDT, W. (1994 b): Böden auf Altstandorten. – In: Alfred-Wegener-Stiftung [Hrsg.]: Die benutzte Erde: 217 – 229, 6 Abb., 7 Tab.; Berlin (Ernst u. Sohn).
- BURGHARDT, W. (1997): Skelettgehalte von Böden aus technogenen Substraten. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **85** (3): 1 115 – 1 118, 1 Abb.; Oldenburg.
- BURGHARDT, W.; DETTMER, J.; JAKOBI, F.; KÖNIG, W.; WILKENS, M. (1991): Schwermetalltransfer Boden/Wildpflanzen auf Standorten der Eisen- und Stahlindustrie. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **66** (2): 605 – 608, 1 Abb., 2 Tab.; Oldenburg.
- BURGHARDT, W.; OHLEMANN, S. (1993): Bodenphysikalische Merkmale der urban-industriell überformten Böden in Oberhausen-Brücktorviertel. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **72** (2): 855 – 858, 2 Abb., 1 Tab.; Oldenburg.
- DORNAUF, C.; BURGHARDT, W. (1999): Auswirkung von mechanischer Belastung durch Bautätigkeit auf die Versickerungsleistung eines lehmig-sandigen Bodens. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **91** (2): 965 – 968, 4 Abb.; Oldenburg.
- DVWK (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. – Merkblatt 212; Hamburg.
- FRÜND, H.-C.; RUSZKOWSKI, B.; SÖNTGEN, M.; GRAEFE, U. (1988): Besiedlung städtischer Böden durch Regenwürmer, Enchytraeiden und bodenlebende Gehäuseschnecken. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **56**: 351 – 355; Oldenburg.
- GERTH, J.; BRÜMMER, G. W.; TILLER, K. G. (1993): Retention of Ni, Zn and Cd by Si-associated goethite. – Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkde., **156**: 123 – 129; Weinheim.
- Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen <1 : 100 000>, mit Erl. – Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld. Blatt C 4306 Recklinghausen (1975), Bearb. BRAUN, F. J. Blatt C 4706 Düsseldorf-Essen (1980), Bearb. BOLSENKÖTTER, H. et al.
- Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen <1 : 25 000>, mit Erl. – Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld. Blatt 4507 Mülheim an der Ruhr (1986), Bearb. JANSEN, F.
- Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern <1 : 25 000>, mit Erl. – Hrsg. Preuß. geol. L.-Anst.; Berlin. Blatt 4507 Mülheim (Ruhr) (1930), Bearb. BÄRTLING, R.; BREDDIN, H.
- GRABERT, H.; JANSEN, F.; PIEPER, B.; RIBBERT, K.-H.; SCHLIMM W.; STEHN, O.; SUCHAN, K. H.; THOME, K. N.; VOGLER, H. (1980): Erläuterungen zu Blatt C 4706 Düsseldorf-Essen. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. <1 : 100 000>, Erl., **C 4706**: 58 S., 16 Abb., 5 Tab.; Krefeld.
- GRIMME, H. (1967): Die fraktionierte Extraktion von Kupfer aus Böden. – Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkde., **116**: 207 – 222; Weinheim.
- HERMS, U.; BRÜMMER, G. (1984): Einflußgrößen der Schwermetalllöslichkeit und -bindung in Böden. – Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkde., **147**: 400 – 424, 9 Abb., 2 Tab.; Weinheim.
- HILLER, D. A. (1991): Elektronenmikrostrahlanalysen zur Erfassung der Schwermetallbindungsformen in Böden unterschiedlicher Schwermetallbelastung. – Bonner bodenkdl. Abh., **4**: 172 S., 48 Abb., 50 Tab., 1 Farbtaf.; Bonn.
- HILLER, D. A. (1993): Merkmale unterschiedlicher Phosphat- und Eisenfraktionen in urban-industriell überformten Böden aus Oberhausen-Brücktorviertel. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **72** (2): 931 – 934; Oldenburg.
- HILLER, D. A. (1994 a): Gutachterliche Stellungnahme zur Unterbaumöglichkeit eines belasteten Altsand/Kompostgemisches. – Abschätzung des Schwermetalltransfers Boden-Pflanze und Substratverhaltens bei Übererdung: 11 S.
- HILLER, D. A. (1994 b): Leitlinien für den kommunalen Bodenschutz anhand von Fallbeispielen. – In: HERMANN, K.; WALCHA, H. [Hrsg.]: Ökologische Altlasten in der kommunalen Praxis: 227 – 250; Köln.
- HILLER, D. A. (1995): Allgemeine Merkmale sowie Blei- und Zinkmobilität in urban-industriell überformten Böden des Brücktorviertels in Oberhausen (Ruhrgebiet). – Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkde., **158**: 269 – 277, 6 Tab.; Weinheim.
- HILLER, D. A.; BRÜMMER, G. W. (1995): Mikrosondenuntersuchungen an unterschiedlich stark mit Schwermetallen belasteten Böden. 1. Methodische Grundlagen und Elementanalysen an pedogenen Oxiden. – Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkde., **158**: 147 – 156, 3 Abb., 4 Tab.; Weinheim.

- HILLER, D. A.; MEUSER, H. (1998): Urbane Böden. – X + 161 S., 34 Abb., 45 Tab.; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- HOLLAND, K.; JAUMANN, A.; STAHR, K.; KREIS, M.; BORCHERT, A. (1993): Exkursionsführer Stadtböden Stuttgart, anlässlich der Sitzung des AK STADTBÖDEN der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft vom 24. – 26.11.1993. Institut für Bodenkunde und Standortlehre der Universität Hohenheim. – [unveröff.]
- HORNBURG, V. (1991): Untersuchungen zur Mobilität und Verfügbarkeit von Cadmium, Zink, Mangan, Blei und Kupfer in Böden. – Bonner bodenkdl. Abh., **2**: 228 S., 30 Abb., 82 Tab.; Bonn.
- HORNBURG, V. (1993): Schwermetall-Gesamtgehalte in verschiedenen Böden nordrhein-westfälischer Naturräume. – 55 S., 13 Abb., 15 Tab.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.) – [unveröff.]
- HORNBURG, V. (1996): Schwermetall-Gesamtgehalte in verschiedenen Böden nordrhein-westfälischer Naturräume. – Geol. Jb., **A 144**: 209 – 254, 13 Abb., 15 Tab.; Hannover.
- HORNBURG, V.; BRÜMMER, G. W. (1993): Verhalten von Schwermetallen in Böden : 1. Untersuchungen zur Schwermetallmobilität. – Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkd., **156**: 467 – 477, 5 Abb., 4 Tab.; Weinheim.
- JANDER, G.; BLASIUS, E. (1985): Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie, 12. Aufl. – 545 S.; Stuttgart,
- JANSEN, F.; DROZDZEWSKI, G. (1986), mit Beitr. von NÖTTING, J; PAAS, W.; SUCHAN, K. H.; VIETH-REDEMANN, A.: Erläuterungen zu Blatt 4507 Mülheim an der Ruhr, 2. Aufl. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. <1 : 25 000>, Erl., **4507**, 2. Aufl.; 200 S., 18 Abb., 17 Tab., 4 Taf.; Krefeld.
- KATZUR, J. (1987): Zur Entwicklung der Humusverhältnisse auf den meliorierten schwefelhaltigen Kippböden. – Arch. Acker- u. Pflanzenb. u. Bodenkd., **31** (4): 239 – 247, 6 Tab.; Berlin.
- KERTH, M.; WIGGERING, H. (1991): Steinkohlenbergehalden als anthropogene geologische Körper. – In: WIGGERING, H.; KERTH, M. [Hrsg.]: Bergehalden des Steinkohlenbergbaues : Beanspruchung und Veränderung eines industriellen Ballungsraumes: 47 – 58; Braunschweig, Wiesbaden (Vieweg). – [Geol. u. Ökol. im Kontext]
- KOHNKE, H. (1968): Soil Physics. – 224 S., zahlr. Abb. + Tab.; New York.
- KÖNIG, W.; KRÄMER, F. (1985): Schwermetallbelastung von Böden und Kulturpflanzen in Nordrhein-Westfalen. – Schr.-R. LÖLF NRW, **10**: 160 S.; Recklinghausen.
- KUDERNA, M.; BLUM, W. E. H. (1992): Zur Bestimmung der Kationenaustauschkapazität von Böden mittels Barium. – Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkd., **155**: 25 – 27, 2 Tab.; Weinheim.
- KUNTZE, H.; ROESCHMANN, G.; SCHWERDTFEGER, G. (1994): Bodenkunde, 5. Auflage; Stuttgart (Ulmer).
- KVR (1993): ZeitKontraste. Luftbilder aus dem Ruhrgebiet 1924 – 1992; Essen (Kommunalverb. Ruhrgebiet).
- LAVES, D.; FRANKO, U.; THUM, J. (1993): Umsatzverhalten fossiler organischer Substanzen. – Archives Agron. and Soil Sci. **37** (3): 211 – 219, 1 Abb., 5 Tab. – [Ersch.-Ort nicht zu ermitteln]
- LIS (1982): Entwicklung der Immissionsbelastung in der Rhein-Ruhr-Region seit 1965. – LIS-Berichte, **18**; Essen (L.-Anst. Immissionsschutz NW).
- LUDESCHER, S.; BURGHARDT, W. (1993): Chemische Qualitätsmerkmale der urban-industriell überformten Böden in Oberhausen Brücktorviertel. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **72** (2): 1 009 – 1 012, 5 Tab.; Oldenburg.
- MCKENZIE, R. M. (1980): The adsorption of lead and other heavy metals on oxides of manganese and iron. – Aust. J. Soil Res., **18**: 61 – 73; Melbourne.
- MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. (1960): Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrat-system buffered with sodium bicarbonate. – Clay and Clay Min., **5**: 317 – 327; Oxford.
- MEUSER, H. (1993): Technogene Substrate in Stadtböden des Ruhrgebietes. – Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkd., **156**: 137 – 142, 1 Abb., 2 Tab.; Weinheim.
- MOTZ, H. (1992): Stahlwerksschlacken für Tragschichten ohne Bindemittel. – Schr.-R. Forsch.-Gem. Eisenhütten-schlacken, **2**: 90 – 104; Duisburg-Rheinhausen.
- MURPHY, J.; RILEY, J. P. (1962): A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. – Anal. Chim. Acta, **27**: 31 – 36; Amsterdam.

- NORRISH, K. (1975): The geochemistry and mineralogy of trace elements. – In: NICHOLAS D. J. D.; EGAN, A. R. [Hrsg.]: Trace elements in soil-plant-animal systems: 55 – 81; New York (Acad. Press, Inc.).
- ÖNORM (1989): Österreichisches Normungsinstitut, Wien: Bestimmung von EDTA-extrahierbarem Fe, Mn, Cu und Zn. ÖNORM L 1089. – 5 S.; Wien.
- PHILIPP, A. J.; JOHANN, H. P.; SEEGER, M.; BRODERSEN, H. A.; THEOBALD, W. (1992): Recycling in der Stahlindustrie. – Stahl u. Eisen, **112**: 75 – 86; Düsseldorf.
- RUNGE, M. (1975): West-Berliner Böden anthropogener Litho- und Pedogenese. – Diss. Inst. Ökologie, TU Berlin: 237 S.; Berlin.
- SCHAEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. (1989): Lehrbuch der Bodenkunde, 12. Aufl.; Stuttgart (Enke).
- SCHLICHTING, E.; BLUME, H.-P. (1966): Bodenkundliches Praktikum; Hamburg, Berlin (Parey).
- SCHLICHTING E.; BLUME, H.-P.; STAHR, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum, 2. neu bearb. Aufl.; Berlin.
- SCHMIDT, R. (1984): Abschlußbericht zum Vorhaben Lagerung von Abgängen des Steinkohlenbergbaues – Entwicklung von Basisabdichtungen bei der Anlage von Bergehalden in Grundwasserreserveräumen (Lysimeterversuche). – LOBA-Projekt-Nr. 65.11-55-6 (WBK-Projekt-Nr. 450202).
- SCHNEIDER, S. (1990): Haldenrekultivierung. Bodenkundliche Untersuchungen zur Rekultivierung von Bergehalden. – Haldenökol. Untersuchungs-R., **4**: 135 S.; Essen.
- SCHÖBEL, TH. (1993): Kennzeichnung der Stoffzusammensetzung tiefreichend humoser Sandböden im Westmünsterland und Ermittlung von Kriterien zur bodentypologischen Abgrenzung. – Bonner bodenkdl. Abh., **9**: 260 S., 15 Abb., 77 Tab.; Bonn.
- SCHÖPEL, M.; THEIN, J. (1991): Stoffaustrag aus Bergehalden. – In: WIGGERING, H.; KERTH, M. [Hrsg.]: Bergehalden des Steinkohlenbergbaus : Beanspruchung und Veränderung eines industriellen Ballungsraumes: 155 – 128; Braunschweig, Wiesbaden (Vieweg). – [Geol. u. Ökol. im Kontext]
- SCHRAPS, W. G. (1989): Zur Systematik anthropomorpher Böden im Ruhrgebiet. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **59** (2): 981 – 982, 1 Abb.; Oldenburg.
- SCHULZ, E. (1992): Umweltschutz in der Stahlindustrie. Statement der Thyssen Stahl AG. – Stahl u. Eisen, **112**: 43 – 51; Düsseldorf.
- SCHULZ, M. (1979): Hydrogeochemische Felduntersuchungen zum Auslaugverhalten verschiedener Bergematerialien des nordrhein-westfälischen Steinkohlengebietes und einer Hochofenschlacke. – Diss., Univ. Kiel.
- SCHUPPLI, P. A.; PROTZ, R.; MCKEAGUE, J. A. (1988): Extractable organic fractions of Podsollic and associated Soils in the Hudson Bay-James Bay Lowlands. – Geoderma, **41**: 263 – 274; Amsterdam.
- SHUMAN, L. M. (1985): Fractionation method for soil-microelements. – Soil Sci., **140**: 11 – 22; Baltimore.
- TAYLOR, R. M.; SCHWERTMANN, U. (1974): The association of phosphorus with iron in ferruginous soil concretions. – Aust. J. Soil Res., **12**: 133 – 145; Melbourne.
- TESSIER, A.; CHAMBELL, P. G.; BİSDOM, M. (1979): Sequential extraction procedure for specification of particulate trace metals. – Analytical Chemistry, **46**: 260 – 264; Washington.
- VDLUFA (1983): Richtwerte für die Düngung nach Bodenuntersuchungsergebnissen. – Landwirtschaftskammer Rheinland; Bonn.
- VEERHOFF, M. (1992): Silicatverwitterung und Veränderung des Tonmineralbestandes in Waldböden als Folge von Versauerungsvorgängen. – Bonner bodenkdl. Abh., **8**: 249 S.; Bonn.
- Verein Deutscher Giessereifachleute (1987): Entsorgung von Gießereiabfällen. – VDG-Merkblatt **R 400**: 5 S; Düsseldorf.
- VwV-Ba.-Wü. (1993): Dritte Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums zum Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg über die Ermittlung und Einstufung von Gehalten anorganischer Schadstoffe im Boden (VwV Anorganische Schadstoffe). Vom 24. August 1993 – Az. 44-8810.301/46.
- ZEIEN, H.; BRÜMMER G. W. (1989): Chemische Extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Böden. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **66**: 439 – 442; Oldenburg.

7 Anhang

7.1 Methoden zur Charakterisierung der chemischen und physiko-chemischen Eigenschaften der Böden

Die Ermittlung der Boden- und Substratkennwerte wurde nach bodenkundlichen Standardmethoden durchgeführt, die weitgehend in der Methodensammlung von SCHLICHTING & BLUME (1966) sowie SCHLICHTING et al. (1995) aufgeführt sind. Auf Arbeitsvorschriften und Methoden wird im Folgenden nur eingegangen, wenn nicht auf Publikationen mit ausführlichen Methodenbeschreibungen verwiesen werden kann. Zur Charakterisierung der Boden- und Substratproben wurden folgende Verfahren eingesetzt:

pH:

potenziometrisch in destilliertem H₂O und in 0,01 m CaCl₂-Lösung mit einer Glaselektrode; Boden/Lösungsverhältnis 1 : 2,5

Elektrische Leitfähigkeit:

Messung mit einer Leitfähigkeitsmesselektrode im Filtrat eines 1 : 5 Boden/Wasserextraktes; Boden/Lösungsverhältnis 25 g + 125 ml destilliertes H₂O, 1 Stunde schütteln

C/N/S-Gesamt:

Gaschromatografisch mit dem C/N/S-Analyser der Fa. Carlo Erba, C/N/S-Eichung über externen Standard

P-DL und K-DL:

Doppellactat (0,02 m Ca-Lactat und 0,02 m HCl, pH 3,7) lösliches Phosphat und Kalium nach VDLUFA

Mg-CaCl₂:

Bestimmung des leicht durch Ca austauschbaren Mg; 5 g Boden + 50 ml 0,025 m CaCl₂, 1 Stunde schütteln

Leicht lösliche Bodensalze

Na, Mg, Ca, K sowie Cl⁻ und SO₄⁻ im 1 : 5 Boden/Wasserextrakt. Bestimmung der Na-, Mg-, Ca- und K-Konzentration mit AAS, Cl⁻ und SO₄⁻ titrimetrisch

CaCO₃:

volumetrische CO₂-Bestimmung mit der SCHEIBLER-FINKENER-Apparatur

Körnung:

Vorbehandlung der < 2-mm-Fraktion zur Zerstörung der organischen Substanz, der Carbonate und Sesquioxide sowie einer Dispergierung mit Na₄P₂O₇; im Anschluss daran kombiniertes Sieb- und Sedimentationsverfahren nach KÖHN

Skelett (Kies-, Grus-, Steingehalt)

Absieben und wiegen der Fraktion > 2 mm des lufttrockenen Bodens

Fe_o, Mn_o, Al_o:

Extraktion der aktiven Eisen- und Manganoxide mit NH₄-Oxalat bei pH 3,25 nach TAMM & SCHWERTMANN

Fe_d, Mn_d, Al_d:

Extraktion pedogener Eisen- und Manganoxide mit Dithionit-Citrat bei pH 7,3 nach MEHRA & JACKSON (1960)

Bodengesamt-Königswasseraufschluss:

nach DIN 38 414; zur Erhöhung der Nachweisgrenze jedoch statt 3 g Einwaage 5 g; Messung der Elemente mit der Flammen-AAS bzw. ICP; P-Gesamt nach kolorimetrischer Anfärbung (MURPHY & RILEY 1962)

Mobile Spurenelemente aus dem Ammoniumnitratextrakt:

20 g Boden + 50 ml 1 m NH_4NO_3 , 2 Stunden schütteln, nach DIN V 19 730, Messung der Elemente mit der Flammen-AAS oder ICP

Pflanzenverfügbare Spurenelemente:

EDTA-Aufschluss, 10 g Boden + 100 ml 0,025 $\text{Na}_2\text{-EDTA}$, 90 Minuten schütteln, nach ÖNORM (1989), Messung der Elemente mit der Flammen-AAS oder ICP

Austauschbare KAK_{pot} nach MEHLICH mit BaCl_2 -Triäthanolaminlösung, pH 8,2; Kationen (KAK):

Ba-Rücktausch, aber mit 0,2 m CaCl_2 -Lösung nach KUDERNA & BLUM (1992). Messung der Elemente K, Na, Ca, Mg, Al, Ba mittels Flammen-AAS oder ICP; Bestimmung der H^+ -Ionen-Konzentration titrimetrisch

Huminstoffextraktion beziehungsweise -fraktionierung:

10 g Feinerde, 2 Auszüge mit 0,1 m $\text{NaOH}/0,1$ m Na-Pyrophosphat = lösliche Huminsäuren und Fulvosäuren, Fällung und Reinigung der Fulvosäurefraktion durch H_2SO_4 und $\text{NaOH}/\text{Na-Pyrophosphat}$ -Behandlung; Huminsäureermittlung durch Differenzrechnung (SCHUPPLI et al. 1988)
C-Bestimmung aus den Fraktionen durch nasse Veraschung nach LICHTERFELD

 C_{org} :

Behandlung der Feinerdeprobe 3 Stunden mit 6%igem H_2O_2 , dann abdampfen des H_2O_2 .

C_{org} = Differenz des C-Gehaltes vor und nach Behandlung mit dem verdünnten H_2O_2 (BURGHARDT 1989)

AK- C_{org} :

Bestimmung der Austauschkapazität (AK) der Feinerdeproben durch BaCl_2 -Triäthanolaminlösung, pH 8,2; Bestimmung der Austauschkapazität der Feinerdeproben nach Zerstörung der organischen Substanz durch eine 3-stündige Behandlung mit H_2O_2 , Ba-Rücktausch mit 0,2 m CaCl_2 -Lösung nach KUDERNA & BLUM (1992); Messung der Elements Ba mittels Flammen-AAS oder ICP

AK- C_{anorg} :

Bestimmung der Austauschkapazität (AK) der Feinerdeproben nach Zerstörung der organischen Substanz durch eine 3-stündige Behandlung mit H_2O_2 durch BaCl_2 -Triäthanolaminlösung, pH 8,2; Bestimmung der AK der Feinerdeproben nach Abtrennung der anorganischen C-Verbindungen der C_{org} -freien Feinerdeproben nach Dichtentrennung durch BaCl_2 -Triäthanolaminlösung, pH 8,2; Bestimmung der AK von C_{anorg} durch Differenzermittlung des jeweiligen Ergebnisses aus dem Ba-Rücktausch mit 0,2 m CaCl_2 -Lösung nach KUDERNA & BLUM (1992); Ba-Messung mittels Flammen-AAS oder ICP

Dichtentrennung für C_{anorg} :

10 g C_{org} -freie Feinerde in 50 ml gesättigter KJ-Lösung (Dichte ca. 1,6) 1 Stunde über Kopf schütteln; Proben über Nacht zur Trennung der Dichtephase ruhig stellen; Absaugen der aufgeschwommenen Bestandteile (Leichtgutfraktion) in ein Luer; Auswaschen des KJ durch destilliertes Wasser aus der aufgeschwommenen C-Phase sowie aus dem schwereren Mineralboden.

C/N/S-Bestimmung der Leichtgutfraktion gaschromatografisch mit dem C/N/S-Analyser der Fa. Carlo-Erba.

Methoden zur Bestimmung organischer Schadstoffe in den Bodenproben

Die Bestimmung der organischen Schadstoffe PAK, PCB und Cyanide erfolgte an der lufttrockenen < 2-mm-Fraktion der Boden- und Substratproben.

PAK [Summe von 16 PAK nach EPA]:

Isobutanolextrakt (20 g Bodenprobenaliquot + 40 ml Isobutanol, 1 Stunde bei 80 °C mit Ultraschallbehandlung), PAK-Bestimmung mittels Fluoreszenz- oder UV-Detektion mit der HPLC; Analytik durch Institut Fresenius, Labor Dortmund

PCB:

Extraktion und Bestimmung nach DIN 51 527/Teil 1; Analytik durch Institut Fresenius, Labor Dortmund

Cyanide, gesamt:

Extraktion und Bestimmung nach DEV-D 13; Analytik durch Institut Fresenius, Labor Dortmund

Methoden zur Bestimmung der bodenphysikalischen Kennwerte

Porenvolumen:

vollständige Wassersättigung der 100-ml-Stechzylinderproben, Anlegen definierter Unterdruckstufen (pF 0,0 / 1,0 / 1,5 / 1,8 / 2,0 / 2,5 / 2,8 / 3,0) zur Entwässerung der entsprechenden Porenvolumina, Entwässerung der Feinstproben (< 0,2 µm) durch 15 bar (= pF 4,2) Überdruck, Bestimmung der entwässerten Porenvolumina durch Wägung

Wasserleitfähigkeit, gesättigte:

Bestimmung der gesättigten Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) nach vollständiger Wassersättigung der 250-ml-Stechzylinder, Aufsatz eines Permeameters unter einem Wasserspiegel, Messung des Zeitbedarfs einer durch die ungestörte Bodenprobe durchlaufenden Wassersäule

Rohdichte:

Bestimmung des Volumengewichtes der 100-ml-Stechringproben durch Wägung nach Entfernung des Bodenwassergehaltes durch Trocknung bei 105 °C

Infiltrationsmessung:

Messung der Infiltrationsrate durch Doppelringinfiltrimeter (Innenringdurchmesser 30 cm, Außenringdurchmesser 60 cm); im Innenring Messung der vertikalen Wasserbewegung. Außen- und Innenring werden mit Wasser gefüllt. Gemessen wird die Einsickerungsgeschwindigkeit im Innenring. Nach 4 Stunden erreichen Infiltrationsraten annähernd konstanten Wert, der in mm/h angegeben wird. Zudem werden Bodenproben in 10-cm-Abschnitten bis in 1 m Tiefe sowohl vor als auch nach der Infiltrationsmessung entnommen und deren Wassergehalte bestimmt. Dadurch sind Rückschlüsse auf die Sickertiefe und die Wasserverteilung im Boden möglich. Je Profil erfolgen 3 parallele Infiltrationsmessungen.

7.2 Bewertungsgrundlagen der Einzelflächenbeschreibungen

Die angegebenen Bewertungsstufen kennzeichnen die unterschiedliche Bedeutung der Böden qualitativ. Sie lassen keine Rückschlüsse auf die exakte Höhe zu, da Spannweiten innerhalb der Klassen angeführt sind. Die vorgenommenen Bewertungen der Bodeneigenschaften sind auf den Vor- und Rückseiten der Formblätter für die Einzelflächenbeschreibung aufgeführt. Im Einzelnen sind dies:

Natürliche Ertragsfähigkeit

Natürliche Ertragsfähigkeit	Bodenzahl
sehr gering	< 18
gering	18 – 35
mittel	35 – 55
hoch	55 – 75
sehr hoch	> 75

Die Eignung als Standort für Kulturpflanzen hängt zum einen von dem Zusammenwirken verschiedener Standortfaktoren und zum anderen von den Ansprüchen der jeweiligen Kulturpflanze ab. Die unter landwirtschaftlicher Nutzung stehenden Flächen werden nach ihrer Landbaueignung bewertet. Die Klassifizierung erfolgt in Anlehnung an die Wertzahlen der Bodenschätzung (hier: Bodenzahlen). Auf anthropogen stark veränderten Böden kann naturgemäß keine Einschätzung erfolgen.

Mittlere Wasserdurchlässigkeit

Die mittlere Wasserdurchlässigkeit im wassergesättigten Boden beschreibt die Wassermenge, die je Flächen- und Zeiteinheit und bezogen auf ein den Fluss antreibendes Wasserspiegelgefälle durch den Boden fließt. Sie ist die Grundlage für die Beurteilung der Stau-nässe, der Filtereigenschaften, der bodenbedingten Erosions-anfälligkeit und der Dränwirksamkeit.

Für jede Schicht wird entsprechend der prozentual gewichteten Bodenarten eine schichtspezifische Wasserdurchlässigkeit errechnet, nach der Schichtmächtigkeit ge-wichtet und summiert. In der Berechnung werden volumen-prozentuale Abschläge für den wasserundurchlässigen Ske-lettanteil vorgenommen. Humusgehalte und Gefügemerk-male (Wurm- und Wurzelgänge, Grobporen und Risse) bleiben unberücksichtigt.

Einstufung der mittleren Wasserdurchlässigkeit
des wassergesättigten Bodens in cm/Tag
(nach AG Boden 1994)

mittlere Wasserdurchlässigkeit	kf [cm/Tag]
sehr gering	< 1
gering	1 – 10
mittel	10 – 40
hoch	40 – 100
sehr hoch	100 – 300
äußerst hoch	> 300

Nährstoffspeichervermögen

Das Nährstoffspeichervermögen eines Bodens wird anhand seiner Kationenaustauschkapazität (KAK) beurteilt. Sie ist ein Maß für die Eigenschaft eines Bodens, gelöste oder suspendierte, positiv geladene Bodenwasserinhaltsstoffe mehr oder weniger reversibel zu binden. Die Kationenaustauschkapazität ist für den Stoffhaushalt (Nährstoffhaushalt) und damit für das Fest-haltevermögen von Stoffen schlechthin – auch von Schad-stoffen – von großer Bedeutung. Sie nimmt mit abnehmender Korngröße zu und lässt sich aus der Bodenart (insbesondere dem Anteil der Ton- und Schlufffraktion) und dem Humus-gehalt abschätzen.

Einstufung der mittleren Kationenaustauschkapazität
im ersten Meter des Bodens in mol/qm

mittlere KAK	[mol/qm]
sehr gering	< 40
gering	40 – 80
mittel	80 – 160
hoch	160 – 320
sehr hoch	> 320

Die Berechnung erfolgt in Abhängigkeit von der Bodenart. Für jede Schicht wird entsprechend der prozentual gewichteten Bodenarten eine schichtspezifische Kationen-austauschkapazität errechnet. Die schichtspezifischen Werte werden entsprechend der Schichtmächtigkeit gewichtet und im ersten Meter des Bodens summiert. In der Berechnung werden volumenprozentuale Abschläge für den Skelettanteil (Kationenaustauschkapazität = 0) vorgenommen (Annahmen: einheitliche Tonmineralzusammensetzung, undifferenzierte Humusqualität, mitt-leres spezifisches Gewicht von 1,55 g/m³).

Wasserspeichervermögen

Der Boden kann in unterschiedlich starkem Maße als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf wirken, indem er den Abfluss der auf die Bodenoberfläche fallenden Niederschläge verzögert. Neben der Aufnahme-fähigkeit (Infiltrationskapazität) ist das Speichervermögen für Niederschlagswasser die maßgebliche Bodeneigenschaft. Bewertet wird die nutzbare Feldkapazität (nFK) im ersten Meter des Bodens. Die nutzbare Feldkapazität ist die Was-sermenge, die der Boden in seinen Mittel- und Feinporen gegen die Schwerkraft zurückhalten und bei mittlerer Lagerung zwischen den pF-Werten 1,8 und 4,2 speichern kann. Bei grundwasserfreien Böden ist die nutzbare Feld-kapazität im ersten Meter des Bodens zudem das wesentliche Maß für die pflanzenverfügbare Bodenwassermenge.

Einstufung der nutzbaren Feldkapazität
(Poren 0,2 – 50 µm)
im ersten Meter des Bodens in mm:

nutzbare Feldkapazität	[mm]
sehr gering	< 50
gering	50 – 90
mittel	90 – 140
hoch	140 – 200
sehr hoch	> 200

Für jede Schicht wird entsprechend der prozentual gewichteten Bodenarten eine schichtspezifische nutzbare Feldkapazität errechnet. Diese werden für den ersten Meter des Bodens summiert.

Filterwirkung (gesamt)

Der gesamte Boden wirkt als Filter für Stoffe, die auf seine Oberfläche aufgebracht werden und über die Bodenlösung in ihn eindringen. Seine Belastbarkeit wird dabei weitgehend von den Filtereigenschaften der oberflächennahen Horizonte bedingt. Von diesen Eigenschaften werden hier nur diejenigen berücksichtigt, die ihn befähigen, Stoffe aus der Bodenlösung auszufiltern. Nicht berücksichtigt sind

- Festlegung und Entzug von Stoffen durch die Pflanzenwurzeln
- Intensität und Häufigkeit der Belastung durch Schadstoffe
- Mächtigkeit und Beschaffenheit der tieferen Schichten bis zum Grundwasser
- die hydrologische Gesamtsituation

Die gesamte Filterwirkung eines Bodens wird durch seine mechanischen und physiko-chemischen Filtereigenschaften bestimmt. Die mechanische Filtereigenschaft ist die Fähigkeit des Bodens, eine Suspension mechanisch zu klären. Sie hängt vor allem von der Wasserdurchlässigkeit und der Porenverteilung, insbesondere vom Grobporenanteil (GP) ab. Als Grobporenanteil wird der Volumenanteil der Poren mit einem Durchmesser $> 50 \mu\text{m}$ verstanden. Der Grobporenanteil wird folgendermaßen eingestuft: Grobporenanteil $< 3 \text{ Vol.-%}$ (GP 1) = sehr gering, $3 - 7 \text{ Vol.-%}$ (GP 2) = gering, $7 - 12 \text{ Vol.-%}$ (GP 3) = mittel, $12 - 18 \text{ Vol.-%}$ (GP 4) = hoch, $> 18 \text{ Vol.-%}$ (GP 5) = sehr hoch.

Gesamtfilterwirkung in Abhängigkeit von dem Grobporenanteil (GP) und der Kationenaustauschkapazität (KAK):

	KAK 1	KAK 2	KAK 3	KAK 4	KAK 5
GP 1	3	3,5	4	4,5	5
GP 2	2,5	3	3,5	4	4,5
GP 3	2	2,5	3	3,5	4
GP 4	1,5	2	2,5	3	3,5
GP 5	1	1,5	2	2,5	3

Die physiko-chemische Filtereigenschaft ist die Fähigkeit eines Bodens, gelöste Stoffe aus der Bodenlösung zu adsorbieren. Sie hängt vor allem von der Oberflächenaktivität seiner Bodenteilchen ab. Grundlage für eine vorläufige Einstufung ist die weitgehend von der Bodenart bestimmte Kationenaustauschkapazität.

Potenzielles Rückhaltevermögen für wasserlösliche Stoffe

Einstufung des potenziellen Rückhaltevermögens für wasserlösliche Stoffe, wie zum Beispiel Nitrat, Sulfat und Chlorid, im obersten Meter des Bodens auf Basis der Sickerwasseraustauschrate.

KWBa/nFK des ersten Meters im Boden

Rückhaltevermögen	[KWBa/nFK]
sehr gering	> 16
gering	$16 - 8$
mittel	$8 - 4$
hoch	$4 - 2$
sehr hoch	$2 - 1$

Unter der Annahme, dass die Stoffkonzentrationen gleich sind, ist das Maß für das potenzielle Bindungsvermögen wasserlöslicher Stoffe der Quotient aus Sickerwassermenge und nutzbarer Feldkapazität des ersten Meters im Boden. Die Sickerwassermenge wurde mit der klimatischen Wasserbilanz (KWBa) der nächstgelegenen Klimastation – hier: Station Essen = 378 mm – gleichgesetzt. Die KWBa ist die Differenz aus Jahresniederschlag und potenzieller Evapotranspiration. Mit den Werten der KWBa können die klimatisch bedingte Vernässung von Böden und die Sickerwassermenge berechnet werden. Die Bewertungen geben nur einen ersten Hinweis auf die Wahrscheinlichkeit des Austrages wasserlöslicher Stoffe aus dem Boden.

Bindungsstärke für Schwermetalle

Böden vermögen Schwermetalle in unterschiedlichem Maße zu binden, sodass sie nicht von Pflanzen in für Mensch und Tier schädlicher Konzentration aufgenommen, nicht in Grund- und Oberflächenwasser beziehungsweise Vorfluter weitergeleitet werden können oder nennenswert auf Bodenorganismen wirken.

Die Bindungsstärke für Schwermetalle im Boden wurde anhand der DVWK-Methode (DVWK 1988, BLUME & BRÜMMER 1991) bewertet. Das Modell beurteilt die relative Bindungsstärke nach dem derzeitigen Stand der Kenntnisse über die Mobilität verbreiteter Schwermetalle sowie die Erfassbarkeit der zugrunde gelegten Bodenparameter aufgrund der bodenkundlichen Ansprache im Gelände. Die Angaben über die Bindungsstärke und Rückhaltefähigkeit eines Bodens für einzelne Metalle werden in halbquantitativen Größen – wie am Beispiel Cadmium (s. nebenstehende Darstellung) gezeigt (HORNBERG 1993) – angegeben.

Die Bewertungen erfolgen anhand der pH-Werte, der Ton-, Humus- und Steingehalte sowie der Referenzprofile. Die für die einzelnen Profile ermittelten Werte wurden aufgrund der Kenntnisse aus der Kartierung in die Fläche übertragen.

Bindungsstärke	[Cd-NH ₄ NO ₃ extr. % von Cd-gesamt]
sehr gering	> 27
gering	27
mittel	9,7
hoch	3,7
sehr hoch	>1,1

Klassifizierung des Festkörper- und Porensystems

Zur Kennzeichnung des Festkörper- und Porensystems werden die folgend beschriebenen Parameter benutzt. Deren Definition und Klassifikation beruht auf den Kenntnissen, die an Böden des ländlichen Raumes in Mitteleuropa gewonnen wurden. Die Grundlagenerhebung zur Übertragung in Stadt- und Industriegebiete steht noch in den Anfängen und muss noch geleistet werden. Die hiermit vorgelegten Ergebnisse dienen daher als eine erste Informationsgrundlage.

Zur Kennzeichnung des Festkörper- und Porensystems von Böden werden mehrere Parameter herangezogen, die nachfolgend beschrieben werden.

Das Volumengewicht (Vg, kg/l): Es kennzeichnet die in einer Volumeneinheit vorhandene Masse.

Einstufung des Volumengewichtes (Rohdichte, scheinbare Dichte):

Volumengewicht	[kg/l]
sehr gering	< 1,2
gering	1,2 – 1,4
mittel	1,4 – 1,75
hoch	1,75 – 1,95
sehr hoch	> 1,95

Der Quotient aus Volumengewicht und spezifischem Gewicht ergibt das Substanzvolumen (SV, %).

Das Porenvolumen (GPV, %): Es wird ermittelt als Differenz des Substanzvolumens zum Gesamtvolumen, beziehungsweise $GPV = 100 - SV$. Das Porenvolumen (GPV) wird in zwei Bereiche unterteilt: das Grobporenvolumen und das Mittel- und Feinporenvolumen.

Das Grobporenvolumen (LK) kann das Wasser durch Kapillarkräfte nicht gegen die Schwerkraftwirkung festhalten. Das Wasser fließt aus diesen Poren ab. Die so entleerten Poren sind die schnell drainierenden Poren. Nach Entleerung sind sie mit Luft gefüllt. Das Volumen dieser Grobporen ist daher die Luftkapazität (LK) eines Bodens. Für die natürlichen Böden Mitteleuropas sind dies die Poren vom Durchmesser > 0,05 mm. Für einen für ein Pflanzenwachstum ausreichenden Gasaustausch, das heißt Sauerstoffzufuhr zur Pflanzenwurzel und Kohlendioxidabfuhr aus dem Boden, wird eine LK von mindestens 7 Vol.-% benötigt.

Einstufung der Luftkapazität

Luftkapazität	[Vol.-%]
sehr gering	< 3
gering	3 – 7
mittel	7 – 12
hoch	12 – 18
sehr hoch	> 18

Die Feldkapazität (FK, Vol.-%): Sie kennzeichnet die Wassermenge, die gegen die Schwerkraft durch die Kapillarkräfte in den Bodenporen festgehalten wird. Sie ist das Speichervolumen für Wasser in Böden, die weder von Stauwasser noch von Grundwasser beeinflusst sind.

Einstufung der Feldkapazität

Feldkapazität	[Vol.-%]
sehr gering	< 13
gering	13 – 26
mittel	26 – 39
hoch	39 – 52
sehr hoch	> 52

Einstufung der nutzbaren Feldkapazität

nutzbare Feldkapazität	[mm/dm]
sehr gering	< 6
gering	6 – 12
mittel	12 – 18
hoch	18 – 24
sehr hoch	> 24

Einstufung der nutzbaren Feldkapazität
im durchwurzelten Boden

nFKWe	[mm]
sehr gering	< 50
gering	50 – 90
mittel	90 – 140
hoch	140 – 200
sehr hoch	> 200

Einstufung der Durchwurzelbarkeit

Durchwurzelbarkeit	[dm]
sehr flach	< 1,5
flach	1,5 – 3
mittel	3 – 6
tief	6 – 10
sehr tief	> 10

Ein weiteres bedeutendes Merkmal ist die nutzbare Feldkapazität (nFK). Die Feldkapazität erfährt dazu eine weitere Unterteilung. In sehr feinen Poren sind die Kapillarkräfte so hoch, dass die Kräfte der Vegetation nicht mehr ausreichen, mit ihren Wurzeln das Wasser dem Boden zu entziehen. Das Wasser in diesen Feinstporen, deren Durchmesser als $< 0,2 \mu\text{m}$ angenommen wird, ist nicht pflanzenverfügbar. Der verbleibende pflanzenverfügbare Wassergehalt des Bodens, der in den Poren vom Durchmesser $0,2 - 50 \mu\text{m}$ gespeichert ist, wird als nutzbare Feldkapazität (nFK) bezeichnet.

Die nutzbare Feldkapazität wird nicht in der Maßeinheit Vol.-%, sondern in mm/dm angegeben. Dies geschieht aus Gründen der Bilanzierung der im Boden vorhandenen Wassergehalte, die von Niederschlags- und Verdunstungsmenge abhängig sind und somit von Parametern, die in Millimetern angegeben werden.

Die nutzbare Feldkapazität im durchwurzelbaren Boden (nFKWe, mm) als die tatsächlich den Pflanzen zur Verfügung stehende Wassermenge ist von der Tiefe der Bodendurchwurzelung abhängig. Diese Wassermenge wird in Form von speicherbaren Niederschlagsäquivalenten, das heißt in mm angegeben. Mittlere Werte der nutzbaren Feldkapazität im Wurzelraum (nFKWe) von Böden sind 90 – 140 mm.

Die Durchwurzelbarkeit oder physiologische Gründigkeit gibt an, wie tief die Pflanzen den Boden durchwurzeln können.

7.3 Chemische und physikalische Kennwerte der Horizonte der Profile P 1 – P 19, P 21, P 22

(Seite 105 – 125)

Hortisol aus Schlacken und Bauschutt führendem Flugsand über Kies führendem Fluvilehm

P 1

tief humoser Gartenboden auf Ödlandfläche zwischen Kleingartenanlage, ehemaligem Thyssenstahlwerk und Halde



Horizont und Untergrenze

- R-Ah**
bis 40 cm
schwach lehmiger bis lehmiger Sand, stark humos, sehr schwach kohlehaltig, carbonathaltige Bauschutteinmischungen, Spuren von Holzkohle, Glasscherben und glasartigen Schlacken, Anteil der anthropogenen Beimengungen < 1%, mittlere Lagerungsdichte
- R-Ah2**
bis 45 cm
schwach lehmiger bis lehmiger Sand, stark humos, sehr schwach kohlehaltig, carbonathaltige Bauschutteinmischungen, Spuren von Holzkohle, Glasscherben und glasartigen Schlacken, Anteil der anthropogenen Beimengungen < 1%, mittlere Lagerungsdichte
- Bv**
bis 55 cm
stark lehmiger Sand, sehr schwach grusig, humos, carbonatfrei, geringe anthropogene Beimengungen < 2 %, gering bis mäßig durchwurzelt
- IIBv**
bis 70 cm
stark lehmiger Sand, stark kiesig, schwach humos, carbonatfrei
- IICv-Bv**
bis 90 cm
stark lehmiger Sand, sehr stark kiesig, sehr schwach humos, sehr hohe Lagerungsdichte
- IIRGo**
bis 120 cm
stark lehmiger Sand, sehr stark kiesig, hohe Lagerungsdichte

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
R-Ah (- 2 cm)	15,2	17,7	6,6	0,5	21	26,9	22	75	9	28 120	24 470
R-Ah (- 5 cm)	8,4	10,4	6,6	0,9	23	21,9	23	36	9	44 830	45 100
R-Ah (- 10 cm)	13,1	7,7	6,7	1,0	26	16,1	22	26	6	42 830	38 550
R-Ah (- 20 cm)	6,8	6,1	6,9	1,0	28	15,7	23	21	4	30 540	38 750
R-Ah (- 40 cm)	9,9	7,1	6,9	1,0	30	14,4	22	15	4	27 350	31 270
Bv	21	13,2	6,9	0,0	14	8,2	10	9	3	8 590	4 070
IIBv	56,6	12,8	6,7	0,0	10	6,8	5	13	2	8 060	3 140
IICv-Bv	75,5	9,6	6,7	0,0	13	7,8	3	17	3	9 370	2 610
IIRGo	89,8	5,9	6,6	0,0	8	6,5	1	20	2	9 380	3 710

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
R-Ah (- 2 cm)	1 005	578	6,45	3,11	2 050	673	5,2	0,87	1 672	68,2	28,1	22,5
R-Ah (- 5 cm)	969	573	6,02	2,62	1 980	612	3,9	0,87	1 672	68,2	28,1	22,5
R-Ah (- 10 cm)	754	428	4,95	1,88	1 540	444	3,6	1,36	1 672	51,6	31,8	10,4
R-Ah (- 20 cm)	649	364	3,74	1,53	1 380	388	3,3	1,36		51,6	31,8	10,4
R-Ah (- 40 cm)	630	331	3,64	1,38	1 290	349	2,9	1,36	254	51,6	31,8	10,4
Bv	84	36	0,51	< 0,05	145	25						
IIBv	56	26	0,51	< 0,05	90	14						
IICv-Bv	74	35	1,41	< 0,05	116	19						
IIRGo	42	5	2,93	0,23	80	4						

Allgemeine Bodenmerkmale

hohe Nährstoffgehalte im rigolten Oberboden; Schadstoffbelastung im Oberbodenbereich, geringe Schwermetallmobilität; hohe bis sehr hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit, mittlere bis hohe Infiltrationsrate

Hortisol aus Aschen, Bauschutt und Kies führendem Fluvilehm über Kies führendem Fluvilehm

P 2

tief humoser Gartenboden unter Gartennutzung im Innenbereich einer gründerzeitlichen Blockrandbebauung, seit 1920 andauernde gärtnerische Bewirtschaftung, intensive Kompostwirtschaft, keine Mineraldüngung



Horizont und Untergrenze

R-Ah
bis 45 cm

sandiger Lehm, schwach kiesig, schwach grusig, humos, sehr schwach kohlehaltig, sehr geringe Lagerungsdichte, vereinzelt Ziegel- und Mörtelreste, einzelne Schlacken, Aschen- und Glasscherben, punktuell carbonathaltig

Bv-R-Ah
bis 55 cm

sandiger Lehm, schwach kiesig, schwach grusig, schwach humos, sehr schwach kohlehaltig, sehr geringe Lagerungsdichte, einzelne Schlacken, Aschen- und Glasscherben, punktuell carbonathaltig

Bv
bis 80 cm

stark lehmiger Sand, schwach kiesig, sehr schwach humos, carbonatfrei, keine anthropogenen Beimengungen

Bv-Sw
bis 100 cm

stark sandiger Lehm, schwach kiesig, hohe Lagerungsdichte

Sd
bis 120 cm

stark sandiger Lehm, schwach kiesig, sehr hohe Lagerungsdichte, keine Regenwurmgänge und Wurzelkanäle

IIC
bis 160 cm

Sand, kiesig, hohe Lagerungsdichte

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
R-Ah	13,7	20,2	6,8	1,5	20	18,9	41	17	4	12 750	9 310
Bv-R-Ah	14,1	9,2	6,6	0,2	15	7,8	20	30	3	5 540	3 030
Bv	14,0	12,2	6,5	0,0	14	4,8	13	32	2	3 400	1 740
Bv-Sw	11,0	19,6	6,5	0,0	20	8,4	13	17	3	6 030	900
Sd	10,2	18,6	6,5	0,0	8	9,3	11	14	4	7 980	1 300
IIC	15,6	2,8	6,3	0,0	6	4,1	6	11	5	6 480	961

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
R-Ah	737	387	3,33	1,07	1 020	418	18,75	1,06	1 960	56,7	24,0	22,7
Bv-R-Ah	112	75	0,71	< 0,05	130	34	2,05	1,21	1 280	47,7	18,7	21,4
Bv	37	13	0,40	< 0,05	49	6	2,00	1,43	675	42,1	14,6	21,4
Bv-Sw	31	8	0,40	< 0,05	47	3		1,59	207	37,3	17,5	12,9
Sd	30	5	0,20	< 0,05	49	2		1,60	116	39,1	12,7	9,2
IIC	26	4	0,80	< 0,05	55	1		1,52	1 290	42,3	7,8	28,7

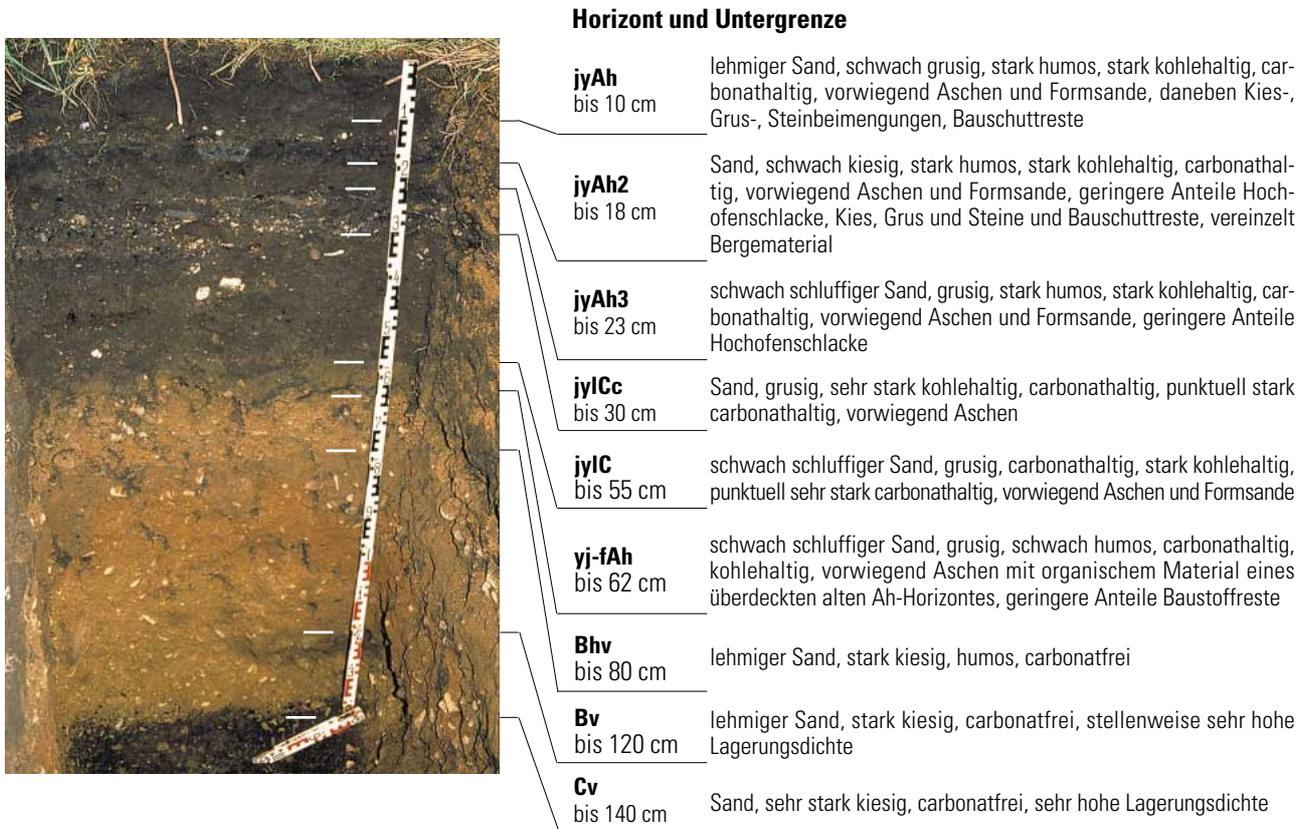
Allgemeine Bodenmerkmale

hohe Nährstoffgehalte im Oberboden; Schwermetallbelastung im Oberboden, hoher Anteil potenziell pflanzenverfügbar; hohe Feldkapazität; sehr hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit, gute Speichereigenschaften für lösliche Stoffe

Regosol aus Bauschutt und Aschen führendem, kalkhaltigem (Anthro-)Kohlensand über Fluvikiessand

P 3

Auftragsboden auf Ödlandfläche zwischen Bahnanlage und Kleingartenanlage



Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
jyAh	12,0	10,8	7,0	1,9	28	25,1	23	56	2	32 030	44 700
jyAh2	16,4	3,6	6,9	2,0	32	23,8	21	21	6	23 880	39 560
jyAh3	16,5	4,8	6,8	2,3	32	21,3	18	21	4	27 170	41 370
jyICc	22,4	3,4	7,0	3,4	37	17,7	23	18	4	20 830	30 400
jyIC	18,3	2,7	6,8	1,3	17	17,5	16	24	4	31 400	38 070
yj-fAh	26,7	3,0	6,6	0,7	32	12,9	16	20	4	22 120	24 320
Bhv	57,4	10,3	6,8	0,2	14	7,0	7	14	4	13 660	3 220
Bv	59,8	9,3	6,7	0,0	11	6,4	3	17	3	13 790	2 150
Cv	71,7	4,3	6,6	0,0	5	5,9	1	16	5	13 940	1 820

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
jyAh	1 432	563	7,55	3,00	2 320	737	14,15	0,99	5 720	59,4	32,1	13,7
jyAh2	703	275	4,49	1,28	1 170	278	2,8	0,99	188	49,5	30,9	9,0
jyAh3	787	340	6,16	1,97	1 910	488	13,55	0,94	518	46,6	20,8	17,2
jyICc	734	170	4,39	0,97	1 620	334	11	0,93	544	52,5	18,6	24,4
jyIC	767	363	4,04	1,52	1 720	450	6,5	1,07	1 270	51,2	20,1	22,2
yj-fAh	603	273	2,22	1,17	1 010	315	5,5	1,18	590	48,5	19,8	20,0
Bhv	79	25	0,81	0,16	153	30	0,15					
Bv	43	7	0,30	< 0,05	87	11	0,5					
Cv	39	< 1	0,81	< 0,05	78	5						

Allgemeine Bodenmerkmale

hohe Nährstoffgehalte in den anthropogen überformten Schichten; schichtweise stark wechselnde Schadstoffbelastung, geringe Schwermetallmobilität; mittlere bis hohe Infiltrationsrate, Aschen mit sehr hoher gesättigter Wasserleitfähigkeit

Gley-Braunerde aus Aschen und Bauschutt führendem Fluvilehm über Fluvilehm

P 4

im Oberboden anthropogen beeinflusster Boden auf Weide, ehemalige Gartennutzung, ehemals oberflächennah grundwasserbeeinflusst



Horizont und Untergrenze

- Ap** bis 35 cm stark lehmiger Sand, schwach grusig, humos, schwach kohlehaltig, stark durchwurzelt, Beimengungen von Hausbrandresten, Kohle, Holzkohle, Aschen, Carbonatnester
- Bv** bis 70 cm schwach lehmiger Sand, sehr schwach humos, sehr schwach kohlehaltig, vereinzelt Beimengungen von Kohle, Holzkohle, Ziegelsplitt, Carbonatnester
- rGo** bis 91 cm stark lehmiger Sand
- rGo2** bis 105 cm sandiger Lehm, sehr schwach kiesig
- rGo3** bis 130 cm stark lehmiger Sand
- rGo/r** bis 160 cm schwach toniger Sand
- rGr** > 160 cm schwach toniger Sand

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
Ap	10,7	12,9	6,8	0,6	17	20,2	46	25	6	10 690	9 690
Bv	0,8	8,0	6,9	0,0	11	10,3	15	33	4	5 010	4 490
rGo	0,5	12,1	7,0	0,0		8,0	4	26	4	5 430	3 920
rGo2	0,7	21,6	4,7	0,0		14,1	20	28	8	11 590	4 330
rGo3	0,0	15,7	4,9	0,0	1	10,9	14	19	5	6 490	3 240
rGo/r	0,3		5,5	0,0	6	5,5	7	10	4	6 190	1 490
rGr	0,6		3,9	0,0	7	6,4	3	6	3	1 890	1 340

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
Ap	227	134,5	1,82	1,47	372	173,0	3,0	1,26	597	50,5	24,8	10,2
Bv	18	1,7	0,06	< 0,05	37	7,2	0,0	1,36	1 720	42,9	15,0	17,2
rGo	9	< 1	0,17	< 0,05	40	5,4		1,48	290	40,4	17,9	11,4
rGo2	12	2,0	< 0,1	< 0,05	39	5,9		1,51	645	40,6	17,9	8,0
rGo3	8	0,8	< 0,1	< 0,05	29	1,8		1,55	606	39,9	13,7	8,7
rGo/r	6	< 1	< 0,1	< 0,05	21	3,2						
rGr	6	1,5	0,80	< 0,05	23	4,0						

Allgemeine Bodenmerkmale

hohe Nährstoffgehalte, geringe Schwermetallanreicherung im Oberboden; hohe bis sehr hohe Infiltrationsrate; mittlere Lagerungsdichte; hohe bis sehr hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit

Regosol aus kalkigem, Aschen, Bauschutt, Bergematerial führendem Anthrosand über Fluvilehm Kies

P 5

Auftragsboden mit sehr heterogenem und vielschichtigem Aufbau über gekappter Braunerde im Bereich des ehemaligen Eisenbahnausbesserungswerks



Horizont und Untergrenze

- yjAh** bis 2 cm: Sand, schwach grusig, stark humos, stark kohlehaltig, stark durchwurzelt, gering carbonathaltig, grusige Aschebestandteile eingemischt
- jyAh** bis 10 cm: schwach lehmiger Sand, schwach kiesig, grusig, stark humos, stark kohlehaltig, gut durchwurzelt, gering carbonathaltig, mittlere Lagerungsdichte, größere Kiese und Bergematerialbrocken, Beimengungen von Aschen, punktuell Bolzen, Schrauben, Drähte, Glasbruchstücke, Bauschuttreste
- jyAh-C** bis 18 cm: schwach lehmiger Sand, schwach kiesig, stark humos, stark kohlehaltig, gering durchwurzelt, größere Bergematerialbrocken, Beimengungen von Aschen, punktuell Bolzen, Schrauben, Drähte, Glasbruchstücke, Bauschuttreste
- jylCc** bis 28 cm: Sand, schwach kiesig, grusig, humos, stark kohlehaltig, stark carbonathaltig, sehr hohe Lagerungsdichte, Beimengungen von Bergematerial, Aschen, Hochbauschnitt mit Ziegeln und Putzresten, punktuell Bolzen, Schrauben, Drähte, Glasbruchstücke, Bauschuttreste
- jIC** bis 30 cm: Sand, schwach kiesig, sehr schwach humos, lockere Lagerung
- jylC2** bis 36 cm: lehmiger Sand, stark grusig, schwach humos, kohlehaltig, carbonatfrei, sehr hohe Lagerungsdichte, Aschen mit Kohle- bzw. Koksresten, Glasscherben und verrostete Metallteile
- jC** bis 40 cm: stark sandiger Lehm, stark kiesig, sehr schwach humos, carbonatfrei, sehr hohe Lagerungsdichte, weitgehend ohne anthropogene Beimengungen
- Bv** bis 50 cm: stark sandiger Lehm, sehr stark kiesig, carbonatfrei, sehr hohe Lagerungsdichte
- Cv** > 90 cm: stark sandiger Lehm, stark kiesig, carbonatfrei, sehr hohe Lagerungsdichte

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAk _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
yjAh	7,5	3,9	6,7	1,1	29	23,0	8	39	8	30 100	27 900
jyAh	33,9		7,1	1,4	39	16,4	5	17	4	28 530	27 400
jyAh-C	53,6	5,9	7,3	2,8	43	24,3	6	18	4	26 400	21 620
jylCc	44,8	1,9	7,4	6,6	50	9,8	3	15	4	24 400	43 290
jIC	14,1	1,7	7,5	0,0	29	1,2	4	4	1	3 070	2 440
jylC2	50,8	9,4	7,4	0,5	47	8,3	8	14	3	30 780	25 560
jC	67,8	20,4	7,1	0,2	24	10,1	10	15	6	26 650	5 980
Bv	71,0	13,3	7,0	0,0	12	6,7	7	9	6	9 360	814
Cv	79,4	13,5	6,9	0,0	1	7,5	5	9	6	8 780	829

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
yjAh	1 980	936,7	3,58	1,35	1 300	291,0	37,8	1,02	1 830	55,1	21,7	23,0
jyAh	2 180	1 125,9	3,54	1,29	1 350	305,0	41,05					
jyAh-C	1 140	404,2	2,44	0,56	845	136,0	24,55					
jylCc	1 700	419,4	3,22	0,51	1 110	106,0	69,25					
jIC	92	54,6	0,47	< 0,10	100	21,6						
jylC2	2 250	869,6	2,49	0,75	970	136,0	14,4					
jC	707	393,5	0,38	0,13	179	20,4	3,2					
Bv	113	53,8	0,33	< 0,10	83	12,6						
Cv	52	22,8	< 0,1	< 0,10	79	5,3						

Allgemeine Bodenmerkmale

geringe bis mittlere Infiltrationsrate, mittlere bis sehr hohe Lagerungsdichte; geringe Durchwurzelungstiefe; hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit, geringe Wasserhaltefähigkeit; Schadstoffbelastung

Pararendzina aus Müll und Aschen führendem (Anthro-)Kalksand über Bauschutt führendem (Anthro-)Kalksand über tiefem Fluvisand

P 6

Auftragsboden mit sehr heterogenem und vielschichtigem Aufbau auf Sportplatzgelände

Horizont und Untergrenze



- lyAh** bis 5 cm lehmiger Sand, schwach kiesig, grusig, humos, kohlehaltig, stark durchwurzelt, Beimengungen von Glassplittern, vereinzelt Kohle-, Koks- und Aschereste
- lyCc** bis 20 cm schwach toniger Sand, schwach kiesig, grusig, schwach humos, kohlehaltig, schwach durchwurzelt, stellenweise carbonathaltig, Beimengungen von Bauschuttresten, Kohle- und Kokspartikel
- lyC** bis 36 cm schwach toniger Sand, stark kiesig, schwach kohlehaltig
- lyC** bis 63 cm Sand, schwach kiesig, schwach grusig, schwach kohlehaltig, Beimengungen von Bauschuttresten, nicht durchwurzelt
- lyCc2** bis 66 cm Sand, grusig, stark kohlehaltig, carbonathaltig, Beimengungen von Bauschuttresten, Kohle, Asche
- lyCc3** bis 80 cm Sand, sehr schwach humos, weißlicher Putz
- lyC** bis 83 cm schwach lehmiger Sand, schwach kiesig, schwach grusig, humos, schwach kohlehaltig
- lyC** bis 100 cm schwach lehmiger Sand, schwach kiesig, schwach grusig, schwach humos, kohlehaltig, Bauschuttreste
- Bv-Sw** bis 150 cm schluffig lehmiger Sand, sehr schwach kiesig, sehr schwach humos, gestörter natürlicher Boden
- Sd** bis 250 cm toniger Sand, kiesig

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
lyAh	20,8	9,3	7,0	1,7	26	15,7	11	23	14	6 810	4 710
lyCc	26,6	9,7	7,3	2,9	32	8,3	10	7	10	7 020	6 180
lyC	72,2	6,9	7,1	0,1	15	5,3	2	7	11	7 710	915
lyC	9,8	3,5	7,1	0,3	23	8,9	16	10	12	6 730	2 370
lyCc2	17,3	4,8	7,2	4,8	27	15,1	9	15	14	8 940	2 860
lyCc3	21,5		7,6	21,3	71	5,0	1	7	5	1 090	667
lyC	10,3	6,6	7,5	1,3	22	10,4	11	7	10	6 920	5 700
lyC	37,2	1,0	7,7	1,7	59	4,3	1	6	5	2 280	1 390
Bv-Sw	1,3	10,8	7,6	0,0	12	2,3	1	3	3	2 380	297
Sd	22,6	22,9	7,6	0,0	6	9,3	1	14	7	10 600	845

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
lyAh	201	87,8	0,96	0,65	546	170,0	3,35	1,03	1 150	50,3	29,3	11,7
lyCc	229	77,4	0,96	0,59	536	131,8	3	1,46	875	39,6	18,7	12,8
lyC	21	7,1	< 0,01	< 0,10	78	4,8						
lyC	102	62,2	0,59	0,35	190	58,6		1,54	126	35,6	16,3	11,8
lyCc2	193	59,8	1,26	0,41	330	86,9		1,27	2 030	46,4	23,7	17,1
lyCc3	32	6,4	0,30	0,09	101	18,0		1,35		43,4	16,8	21,4
lyC	118	68,5	1,18	0,67	230	83,1		1,35		43,4	16,8	21,4
lyC	32	8,5	0,25	0,15	199	33,1		1,71	537	35,7	11,6	7,1
Bv-Sw	< 2	< 1	0,22	0,12	20	1,6		1,37	913	42,5	7,9	32,7
Sd	3	2,2	< 0,1	0,12	36	2,9						

Allgemeine Bodenmerkmale

geringe bis mittlere Infiltrationsrate, mittlere bis sehr hohe Lagerungsdichte; geringe Durchwurzelungstiefe; hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit, geringe Wasserhaltefähigkeit; Schadstoffbelastung, geringe Schwermetallmobilität

Regosol aus flachem, Kohle und Schlacken führendem Anthrosand über Schlacken über tiefem Bergematerial

P 7

Auftragsboden mit sehr heterogenem und vielschichtigem Aufbau auf ehemaligem Bahndamm



Horizont und Untergrenze

- iyAh1** bis 2 cm grusiger, sandiger Lehm, humos, carbonathaltig, kohlehaltig, sehr stark mit Graswurzeln durchzogen, Schlackensand
- iyAh2** bis 5 cm lehmiger Sand, grusig, humos, kohlehaltig, stark durchwurzelt, Schlackensand
- iyAh3** bis 9 cm Sand, schwach grusig, humos, stark kohlehaltig
- yC** bis 34 cm Sand, schwach grusig, humos, stark kohlehaltig, Stahlwerkschlacken
- jC** bis 67 cm lehmiger Sand, stark grusig, schwach steinig, stark kohlehaltig, Bergematerial
- iyC** bis 97 cm lehmiger Sand, grusig, steinig, stark kohlehaltig, Hochofenwandausbruch, Bergematerial
- iyC2** bis 144 cm schwach lehmiger Sand, grusig, steinig, sehr stark kohlehaltig, Hochofenwandausbruch, Stahlwerksasche, verwittertes Bergematerial
- jC2** bis 156 cm toniger Sand, sehr schwach kiesig
- jC3** bis 168 cm lehmiger Sand, grusig, stark steinig, sehr stark kohlehaltig, Bergematerial
- jC4** bis 178 cm lehmiger Sand, kiesig, steinig, schwach humos, schwach kohlehaltig
- jC5** bis 190 cm lehmiger Sand, kiesig, steinig, stark humos, schwach kohlehaltig
- jC6** bis 205 cm lehmiger Sand, schwach kiesig, schwach humos, Kiese und Ziegelsteinbrocken
- jC7** bis 225 cm schwach lehmiger Sand, kiesig

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
iyAh1	18,8	20,9	6,9	2,8	16	28,8	33	69	32	16 890	18 050
iyAh2	37,3	10,8	6,6	0,9	23	27,2	20	42	23	28 470	56 020
iyAh3	26,5	15,0	6,6	0,8	23	30,2	21	37	27	27 920	52 200
yC	13,0	1,6	6,7	1,2	28	30,3	18	42	21	27 390	54 890
jC	47,6	9,9	7,1	0,3	37	17,6	8	13	13	14 270	13 610
iyC	40,5		7,0	0,2	40	16,1	6	17	14	10 070	6 980
iyC2	62,5	6,2	7,2	0,6	46	25,0	10	12	15		13 120
jC2	3,0	23,1	6,9	0,0	13	17,9	16	10	19	12 340	2 220
jC3	69,9	8,2	6,4	0,0	57	8,2	1	5	9	29 570	10 110
jC4	50,0	9,0	5,1	0,0	34	4,9	2	3	4	15 130	9 710
jC5	58,1	8,5	6,5	0,2	39	10,3	6	6	6	16 700	17 620
jC6	8,0	8,3	6,6	0,0	15	5,7	2	0	5	4 640	1 370

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
iyAh1	414	273,0	3,16	2,38	773	354,0	12,8					
iyAh2	1 520	841,0	9,76	6,32	2 880	1 240,0	17,3					
iyAh3	1 270	682,0	9,66	6,40	2 550	1 130,0	19,1					
yC	1 190	663,0	8,02	4,71	2 443	943,0	34,6					
jC	226	160,0	1,26	1,12	566	190,0	53,1					
iyC	182	109,0	0,98	0,82	499	145,0	44,7					
iyC2	248	102,0	1,67	0,98	604	176,0	48,7					
jC2	9	4,5	< 0,1	0,27	141	23,3	0,15					
jC3	487	17,8	< 0,1	0,25	110	7,8	1,0					
jC4	126	45,5	1,03	0,89	286	81,0	2,4					
jC5	272	156,0	1,98	1,50	758	285,0	3,7					
jC6	21	8,3	< 0,1	0,30	37	4,4						

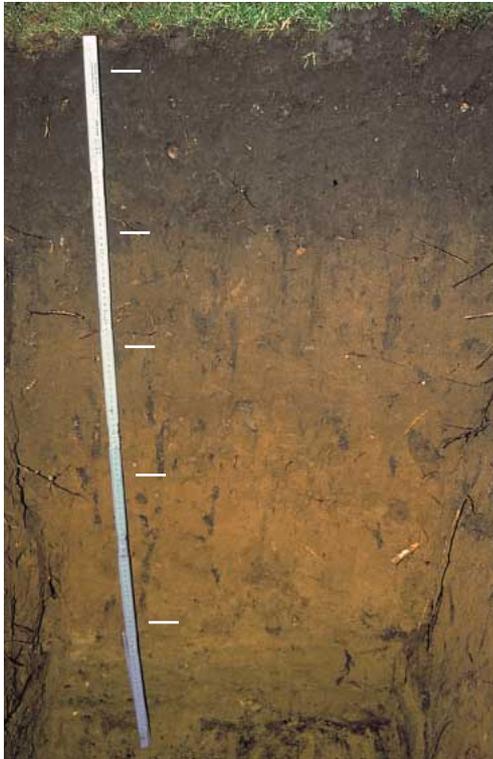
Allgemeine Bodenmerkmale

mehr als 2 m schichtweise aus unterschiedlichen technogenen Substraten wie auch natürlichem Ausgangssubstrat aufgebaut, kleinräumiger Substratwechsel; Schadstoffbelastungen

Braunerde aus Aschen und Schlacken führendem Fluvisand über Kies führendem Fluvisand

P 8

weitgehend gering beeinflusster Boden im Umlandpark, vorherige Nutzung wahrscheinlich Grabeland



Horizont und Untergrenze

Ah1 bis 5 cm stark sandiger Lehm, schwach grusig, humos, schwach kohlehaltig, schwach carbonathaltig, sehr stark durchwurzelt

Ah2 bis 27 cm lehmiger Sand, schwach grusig, humos, schwach kohlehaltig, schwach carbonathaltig, vereinzelt Kohle, Koks, Aschepartikel sowie schwarze Schlackebrocken, mäßig stark durchwurzelt

Bv1 bis 43 cm lehmiger Sand, schwach kiesig, humos, schwach kohlehaltig, schwach carbonathaltig, gering bis mäßig durchwurzelt

Bv2 bis 65 cm schwach lehmiger Sand, schwach kiesig, schwach humos, mittlere bis hohe Lagerungsdichte, gering bis mäßig durchwurzelt

Bv3 bis 90/100 cm schwach lehmiger Sand, kiesig, schwach humos, mittlere bis hohe Lagerungsdichte, gering durchwurzelt

Go bis 140 cm stark lehmiger Sand, stark kiesig, hohe Lagerungsdichte

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} mg/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
Ah1 (- 2 cm)	6,7	19,7	5,5	0,0	17	13,0	8	29	8	9 220	5 010
Ah1 (- 5 cm)	0,9	11,7	5,2	0,0	21	13,1	9	18	8	7 800	4 590
Ah2 (- 10 cm)	19,0	5,3	5,2	0,0	20	10,6	10	17	6	7 620	4 160
Ah2 (- 27 cm)	7,8	8,6	5,4	0,0	23	6,0	10	12	8	11 200	5 420
Bv1	4,5	10,5	5,7	0,0	17	4,8	6	5	4	5 480	1 850
Bv2	3,9	7,8	5,8	0,0	14	3,3	4	3	3	4 280	1 260
Bv3	31,2	7,2	5,7	0,0	9	3,2	1	2	3	4 240	589
Go	53,7	15,9	4,0	0,0	8	5,3	0	9	4	6 530	164

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
Ah1 (- 2 cm)	177	88,5	1,53	1,29	302	103,0	3,75	1,2	3 070	49,3	23,4	12,2
Ah1 (- 5 cm)	237	106,0	2,00	1,51	404	110,0	3,4	1,2	3 070	49,3	23,4	12,2
Ah2 (- 10 cm)	243	98,5	2,06	1,43	393	109,0	3,85	1,29	2 700	45,3	18,7	16,9
Ah2 (- 27 cm)	185	87,0	1,62	1,33	304	101,0	3,75	1,29	2 700	45,3	18,7	16,9
Bv1	57	25,9	0,44	0,53	64	13,0	0,5	1,31	4 010	47,0	18,1	21,4
Bv2	20	11,6	0,32	0,44	33	6,1	–	1,40	1 650	42,9	14,2	20,0
Bv3	5	4,9	0,22	0,37	22	4,2	–	1,54	643	39,2	11,8	18,7
Go	6	5,2	<0,1	0,34	34	5,6	–	1,62	95	35,3	10,1	7,9

Allgemeine Bodenmerkmale

sehr hohe Nährstoffgehalte im Oberboden; erhöhte Schwermetallgehalte im Oberboden, hoher Anteil potenziell pflanzenverfügbar; hohe nFK; extrem hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit im ersten Meter (Regenwürmgänge); geringe Rohdichte (Vg) im Oberboden

Pararendzina aus kalkigem Anthroschutt-Kiessand über Hausmüll über tiefem Fluvisand

P 9

Auftragsboden mit heterogenem und vielschichtigem Aufbau auf Bolzplatz, Verfüllung einer ehemaligen grundwasserbeeinflussten Rinne



Horizont und Untergrenze

- ymCc** bis 6 cm schwach lehmiger Sand, stark kiesig, schwach humos, Decklage des Bolzplatzes besteht aus zementgebundenem Sand und Kies, stark carbonathaltig und verfestigt
- jymCc** bis 13 cm lehmiger Sand, schwach kiesig, stark grusig, stark kohlehaltig, stark carbonathaltig und verfestigt, Bergematerial und Aschebeimengungen
- ymCc2** bis 17 cm Sand, schwach kiesig, grusig, steinig, kohlehaltig, Schlackebrocken, Schicht durch zementgebundenen Grobsand verfestigt
- jyIC** bis 25 cm schwach lehmiger Sand, kiesig, grusig, schwach steinig, stark kohlehaltig, Kohlebrandaschen, Ziegelschutt, Kohlereste, Bergematerialbrocken, daneben Kies, Lehmbröckchen
- jyIC2** bis 58 cm schwach toniger Sand, kiesig, grusig, steinig, humos, stark kohlehaltig, graue Aschen, Bergematerial, Hoch- und Tiefbauschutt, Glas, Porzellanscherben, punktuell stark carbonathaltig
- jyIC3** bis 83 cm schwach lehmiger Sand, schwach grusig, schwach humos, schwach kohlehaltig, Glasbruchstücke, Aschen
- yIC** bis 115 cm Hausmüll (Plastik, verrostete Metallabfälle)
- Gor** bis 120 cm Sand, sehr schwach kiesig, sehr schwach humos, mittlere Lagerungsdichte
- Gr** > 150 cm Sand, schwach kiesig

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
ymCc	72,1	6,5	8,0	61,4	84	4,4	4	3	26	6 950	14 570
jymCc	50,0	12,3	7,9	5,2	56	6,2	9	8	40	6 450	5 200
ymCc2	68,3	2,8	9,9	3,0	48	3,5	14	47	19	2 000	403
jyIC	57,4	6,2	7,7	0,4	36	22,1	5	23	28	18 900	742
jyIC2	20,6	9,2	7,3	1,7	31	12,1	17	28	3	15 180	9 870
jyIC3	5,6		7,3	0,2	15	8,3	8	9	2	4 950	1 610
Gor	1,4	3,7	7,2	0,0	15	3,4	3	5	1	770	775
Gr	6,2	4,5	7,0	0,0	15	1,9	2	5	5	380	475

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
ymCc	108	15,0	1,80	0,55	234	17,5	1,4					
jymCc	206	83,5	1,17	0,54	349	48,5	3,75					
ymCc2	19	7,4	0,20	0,14	45	5,7						
jyIC	158	70,5	0,28	0,53	162	45,7	6,6		87			
jyIC2	962	549,3	3,25	2,14	2 750	1 350,0	45,3	1,39		39,4	23,5	5,5
jyIC3	95	5,4	0,96	0,76	303	171,2	6,75	1,32	283	42,7	22,6	11,9
Gor	6	4,4	0,35	0,26	51	18,3		1,32	321	42,7	22,6	11,9
Gr	3		0,30	0,15	18	2,6		1,60		33,0	12,9	17,0

Allgemeine Bodenmerkmale

erhöhte Schadstoffgehalte; hohe bis sehr hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit

Regosol aus Bergematerial führendem Anthrosand über (Anthro-)Bergematerialsand

P 10

Auftragsboden auf Rasenfläche vor Hochhaus neben weitgehend abgetragener Bergehalde, Aufschüttung aus Bergematerial, darüber Überdeckung aus lehmigem Sand mit Bauschuttbeimengungen



Horizont und Untergrenze

- jAh** bis 14 cm lehmiger Sand, grusig, humos, schwach kohlehaltig, geringe Beimengung von Bergematerial, gut durchwurzelt, mittlere Lagerungsdichte
- jC** bis 25 cm schwach toniger Sand, schwach grusig, schwach humos, kohlehaltig, mittlere bis hohe Lagerungsdichte, linsenartig lehmiger Grünsand eingelagert, vereinzelt Bergematerial
- jC2** bis 60 cm schwach toniger Sand, schwach grusig, schwach humos, sehr locker gelagert, schwach durchwurzelt, gering mächtige verhärtete Teeröl-aggregation
- jC3** bis 70 cm schwach toniger Sand, grusig, schwach humos, schwach durchwurzelt, hohe Lagerungsdichte
- jC4** bis 80 cm schwach toniger Sand, grusig, schwach kohlehaltig, lokal sehr hohe Lagerungsdichte, vergrustes Bergematerial, gering durchwurzelt, geringe Beimengung von Ziegelgrus und Ziegelbrocken
- yjC** bis 93 cm schwach toniger Sand, schwach grusig, schwach kohlehaltig, geringe Beimengung von Waschbergegrus und Ziegelschutt, gering durchwurzelt, mittlere Lagerungsdichte
- jC5** bis 100 cm schwach toniger Sand, stark grusig, sehr stark kohlehaltig, vorwiegend verwittertes Bergematerial
- yjC2** bis 105 cm schwach lehmiger Sand, stark grusig, mittlere Lagerungsdichte, vorwiegend verwittertes Bergematerial
- jC6** > 160 cm Sand, schwach grusig, schwach kohlehaltig, Beimengung von Kohle- und Waschbergegrus, vereinzelt Ziegelreste, lockere bis mittlere Lagerungsdichte

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
jAh	26,8		5,3	0,0	22	18,8	13	10	8	8 260	6 230
jC	87,9	8,9	5,7	0,0	22		4	8	6	9 240	2 610
jC2	20,8		5,6	0,0	16	3,2	4	4	2	3 600	1 450
jC3	86,2	7,7	5,7	0,0	16		1	5	3		1 270
jC4	36,7	7,3	5,9	0,0	34	12,9	19	5	2	7 950	8 000
yjC	5,8	5,1	6,2	0,0	15	11,4	17		2	6 710	6 080
jC5	46,3	6,8	6,0	0,0	50	20,4	11		5	18 390	9 970
yjC2	39,3	7,3	6,1	0,0	47	23,0	13		5	13 420	6 780
jC6	5,3		6,4	0,0	94	4,4	3		1	2 930	1 120

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
jAh	174	105,1	1,70	1,17	354	131,4	7,65	1,45	4 500	38,4	17,4	12,1
jC	54	27,3	0,50	0,38	102	25,2		1,71	373	35,8	12,1	10,0
jC2	4	< 1	< 0,1	0,12	19	2,2	0,40	1,55	517	37,9	11,4	23,1
jC3	6	0,8	< 0,1	0,21	26	1,6		1,54	593	38,4	13,3	17,6
jC4	268	142,5	2,20	1,41	539	218,0		1,35	111	40,5	15,6	18,9
yjC	207	117,8	1,00	0,84	364	127,0						
jC5	168	62,8	1,60	0,97	391	20,6		1,12	468	50,0	24,0	19,6
yjC2	90	60,3	1,20	0,97	323	130,0						
jC6	15	12,5	0,30	0,37	75	13,2						

Allgemeine Bodenmerkmale

extrem hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit; hohe Nährstoffversorgung im oberen Bereich; unterschiedliche Schichtung aufgebracht natürlicher und technogener Substrate; organische Schadstoffanreicherung

Pseudogley aus Bauschutt und Bergematerial führendem Anthrosand über tiefem Bauschutt und Bergematerialsand

P 11

Auftragsboden auf Rasenfläche vor Mietwohnanlage, frühere Kleingartennutzung

Horizont und Untergrenze



jAh bis 10 cm	schwach lehmiger Sand, schwach grusig, humos, schwach kohlehaltig, mittlere Lagerungsdichte, geringe Bergematerialbeimengungen, vereinzelt Ziegelreste und Kohle
jAh2 bis 45 cm	schwach kohlehaltig, vereinzelt Ziegelreste, glasartige schwarze Schlackensplitter mit Bergematerial und Kohle, Ortsteinaggregationen, keine Durchwurzelung
jSw bis 53 cm	schwach toniger Sand, schwach kiesig, humos, schwach kohlehaltig, mittlere bis hohe Lagerungsdichte, vereinzelt Ziegelgrus, Bergematerial, Kohle, Glasscherben, Ortsteinaggregationen
jySd bis 65 cm	stark lehmiger Sand, sehr stark grusig, sehr stark kohlehaltig, stark lagig verdichtetes Bergematerial mit Ziegelstein- und Betonbrockenresten, geringe Beimengungen von Kohleresten und glasartigen Schlacken
yICc bis 72/85 cm	Sand, grusig, schwach steinig, kohlehaltig, schräg verlaufende Schicht, mehr als 30 % Ziegelsteine und Betonbrocken, daneben Mörtelbrocken
yICc2 bis 82/90 cm	Sand, stark grusig, steinig, kohlehaltig, schräg verlaufende Schicht, vorwiegend Betonbrocken und Ziegelsteine, vereinzelt Mörtelbrocken, Glaswolle, geringe Lagerungsdichte
yICc3 bis 110 cm	Sand, grusig, steinig, kohlehaltig, vorwiegend Betonschutt, Betonschuttgrus und Ziegelsteine, vereinzelt Eisenschlacken und Aschen, geringe bis mittlere Lagerungsdichte
jyIC-Gr > 110 cm	stark lehmiger Sand, kiesig, grusig, sehr stark kohlehaltig, graufarbenes reduziertes Bergematerial mit Kies- und Bauschuttresten, daneben Glasscherben, Austritt von freiem Wasser

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
jAh	4,1	6,9	5,0	0,0	21	37,1	21	11	5	9 480	6 310
jAh2	3,6	9,4	5,7	0,1	30	35,5	25	7	5	7 280	5 980
jSw	11,0	8,1	6,9	0,3	30	25,7	22	3	4	8 010	4 680
jySd	64,9	15,3	7,0	0,2	35	14,8	5	7	5	23 170	3 340
yICc	30,3	3,9	7,6	0,7	36	6,4	7	4	1	3 940	1 650
yICc2	64,5	2,3	7,5	9,1	51	4,3	5	10	2	3 390	1 390
yICc3	32,2	4,2	7,9	4,3	48	9,4	6	10	1	2 520	972
jyIC-Gr	58,6	14,6	7,5	0,6	37	12,7	4	8	7	18 240	2 300

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
jAh	208	116,0	1,80	1,38	166,0	19,73	25,0	1,08	798	55,2	31,1	7,8
jAh2	155	94,4	2,00	1,01	102,0	1,11	29,4	1,17	943	47,3	22,2	9,3
jSw	148	61,0	1,60	0,84	82,2	< 0,10		1,27	247	44,1	22,8	8,0
jySd	211	75,3	0,50	0,20	18,8	< 0,10						
yICc	47	73,1	0,60	0,38	57,2	0,30						
yICc2	85	28,0	0,90	0,31	181,0	6,62						
yICc3	28	20,9	0,50	0,20	8,9	< 0,10						
jyIC-Gr	223	17,7	0,60	0,40	20,0	0,33						

Allgemeine Bodenmerkmale

hohe Nährstoffversorgungsstufe; hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit; Schwermetallanreicherung, Schwermetalle wenig mobil

Regosol aus Kies führendem Anthrosand über (Anthro-)Bergematerialsand über tiefem Fluvisand

P 12

Auftragsboden auf Rasenfläche einer Mietwohnanlage, 1,30 m mächtige Überdeckung der alten Geländeoberfläche mit unterschiedlichen Substraten technologener Herkunft

Horizont und Untergrenze



- jAh** bis 5 cm Sand, kiesig, stark humos, gut durchwurzelt, mittlere Lagerungsdichte
- jAh2** bis 35 cm Sand, kiesig, stark humos, gut durchwurzelt, mittlere Lagerungsdichte
- yiC** bis 50 cm lehmiger Sand, stark grusig, stark kohlehaltig, Beimengung von verwittertem Bergematerial und Ziegelsteingrus
- yiC2** bis 60 cm lehmiger Sand, stark grusig, stark kohlehaltig, Beimengungen von verwittertem Bergematerial, Ziegelsteingrus, Mörtelreste, punktuell stark carbonathaltig
- yiC3** bis 70 cm lehmiger Sand, stark grusig, stark kohlehaltig, verwitterte, grusige, rote Asche, Beimengungen von Glas und Schlacken, sehr hohe Lagerungsdichte
- yiC4** bis 80 cm schwach lehmiger Sand, stark grusig, stark kohlehaltig, verwittertes Bergematerial, Kies und vergusste Asche, hohe Lagerungsdichte
- jC** bis 90 cm schwach toniger Sand, stark steinig, schwach humos, schwach kohlehaltig, aneinander gefügte Sandsteinbrocken
- jC2** bis 130 cm Sand, sehr schwach kiesig, mittlere Lagerungsdichte
- fAp** bis 150 cm schwach toniger Sand, sehr schwach kiesig, schwach humos, fossiler Oberbodenhorizont
- B(h)s** bis 185 cm schwach toniger Sand, kiesig, schwach humos, sehr hohe Lagerungsdichte, z. T. durch Eisenoxidausfällungen verfestigt
- Sw** bis 205 cm Sand
- Sd** > 205 cm sandiger Lehm

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
jAh	20,9	3,6	5,8	0,0	21	17,7	15	4	6	9 730	1 330
jAh2	34,7	13,9	6,8	0,4	30	13,9	19	4	4	8 950	5 980
yiC	59,1	11,1	7,1	0,2	37	10,9	6	3	4	15 560	3 150
yiC2	26,5	9,2	7,1	0,7	40	15,3	16	9	5	11 520	3 830
yiC3	47,6	8,4	7,3	0,4	42	7,2	17	7	2	13 310	2 050
yiC4	47,6	7,9	7,2	2,6	48	13,2	9	8	4	8 610	4 980
jC	52,0	7,4	7,4	0,2	43	8,0	6	7	3	4 900	2 180
jC2	0,5	1,6	7,4	0,1	16	2,6	3	1	1	2 230	211
fAp	0,7	8,0	7,2	0,0	27	10,5	1	1	3	170	49
B(h)s	21,8	5,7	7,1	0,0	28	16,2	1	1	2	1 760	800

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
jAh	233	131,0	1,90	1,30	240	130,0	16,75	1,09	740	56,8	29,4	14,4
jAh2	206	107,0	1,20	0,80	365	124,0	51,55	1,28	1 930	46,2	20,1	19,6
yiC	156	52,4	0,80	0,40	256	48,5	131,1	1,45	2 560	37,3	16,2	14,0
yiC2	177	80,7	1,00	0,55	356	88,4						
yiC3	69	28,9	0,60	0,15	115	29,5						
yiC4	79	15,7	0,50	0,15	139	12,3						
jC	35	16,3	< 0,1	< 0,10	71	14,3						
jC2	6	0,4	< 0,1	< 0,10	88	0,4		1,54	735	37,3	9,1	25,7
fAp	7	2,6	< 0,1	< 0,10	3	0,8		1,38	90	41,8	24,5	9,6
B(h)s	9	0,5	< 0,1	< 0,10	13	1,6						

Allgemeine Bodenmerkmale

sehr hohe Infiltrationsrate, sehr hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit, schlechte Wasserspeicherfähigkeit; organische Schadstoffanreicherung

Braunerde-Podsol aus Aschen und Bauschutt führendem Flugsand über Flugsand

P 13

gering beeinflusster Boden auf oberflächenmodellierter Grünanlage hinter Mietwohnanlage, bis 1950 zeitweise gartenbauliche Nutzung



Horizont und Untergrenze

- Ah** bis 5 cm: schwach toniger Sand, schwach grusig, schwach humos, schwach kohlehaltig, gut durchwurzelt, mittlere Lagerungsdichte, Trittvdrichtung, geringe Kohle- und Bauschuttbeimengungen
- Ah2** bis 25 cm: schwach toniger Sand, schwach grusig, schwach humos, schwach kohlehaltig, mittlere Lagerungsdichte, Beimengungen von Kohle- und Bauschuttgrus, Glas und Porzellan, punktuell sehr stark carbonathaltig
- Bhs** bis 45 cm: schwach lehmiger Sand, schwach humos, mittlere Lagerungsdichte
- Bsv** bis 85 cm: schwach toniger Sand, sehr schwach humos, gering durchwurzelt, mittlere Lagerungsdichte
- Bv-Cv** bis 105 cm: schwach toniger Sand, locker gelagert
- IISw** bis 145 cm: schwach lehmiger Sand, mittlere Lagerungsdichte
- IISd** bis 180 cm: schwach lehmiger Sand, stark kiesig, mittlere bis sehr hohe Lagerungsdichte

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
Ah	12,4	8,3	5,6	0,3	16	13,1	14	5	3	7 660	3 630
Ah2	5,3	8,0	6,3	0,2	23	9,2	20	4	1	7 390	3 520
Bhs	0,4	8,0	6,4	0,2	14	3,7	3	1	0	2 620	1 360
Bsv	0,0	2,4	6,4	0,1	13	1,7	2	1	0	2 660	411
Bv-Cv	0,0	3,2	6,4	0,1	6	1,1	1	1	0	1 910	225
IISw	0,9	6,2	6,4	0,0		0,8	3	1	3	1 140	288
IISd	57,2	18,1	6,3	0,2	60	4,6	1	4	6	5 690	2 340

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
Ah	221	111,0	1,90	1,35	401	163,0	13,5					
Ah2	142	72,6	1,10	1,00	315	116,0	5,2	1,42	584	42,3	23,6	8,6
Bhs	9	1,0	2,30	< 0,10	41	4,2	0,15	1,42	1 650	43,6	8,4	32,8
Bsv	4	1,9	< 0,1	< 0,10	18	0,9		1,48	1 590	40,1	5,4	32,8
Bv-Cv	5	1,5	0,20	< 0,10	13	0,3						
IISw	5	1,7	< 0,1	< 0,10	18	0,4		1,55	527	37,4	17,6	17,8
IISd	13	3,3	< 0,1	< 0,10	22	0,4		1,71	290	35,1	16,1	10,4

Allgemeine Bodenmerkmale

hohe bis sehr hohe Infiltrationsrate, extrem hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit; Schadstoffanreicherung, geringe Schwermetallmobilität

Gley-Regosol aus Aschen und Bauschutt führendem Anthrosand über Kies führendem Fluvisand über tiefem Fluvisandkies

P 14

anthropogen veränderter Boden auf einer Ödlandfläche am Fuß der Knappenhalde



Horizont und Untergrenze

jAh bis 16 cm	Sand, schwach grusig, humos, schwach kohlehaltig, gut durchwurzelt, geringe Lagerungsdichte, sehr geringe Beimengungen von Koks, Kohle und Bergematerial
j(y)Ah bis 35 cm	Sand, sehr schwach grusig, schwach humos, sehr schwach kohlehaltig, gering durchwurzelt, geringe Lagerungsdichte, geringe Beimengungen von Koks, Kohle, Bergematerial und Ziegelgrus
jC bis 58 cm	schwach toniger Sand, schwach grusig, schwach humos, geringe bis mittlere Lagerungsdichte
Go bis 65 cm	Sand, sehr schwach kiesig, mittlere Lagerungsdichte
Gor bis 70 cm	schwach toniger Sand, kiesig
IIgor bis 100 cm	schwach lehmiger Sand, sehr stark kiesig, mittlere bis hohe Lagerungsdichte

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
jAh	6,8	4,0	6,6	0,3	26	12,4	21	7	2	14 070	3 460
j(y)Ah	1,2	4,6	6,7	0,0	28	5,3	14	2	2	4 170	3 960
jC	3,6	5,3	6,6	0,1	10	1,7	6	1	2	1 790	1 360
Go	2,1	1,3	6,7	0,2	5	2,8	3	1	2	7 340	1 230
Gor	19,1	8,5	6,7	0,0	5	2,1	4	1	2	1 650	326
IIgor	73,0	7,3	6,4	0,2	4	4,7	6	3	3	904	400

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
jAh	295	187	2,74	< 0,10	624	255	7,9	1,09	994	55,3	30,8	19,7
j(y)Ah	37	22	< 0,1	< 0,10	78	20,9		1,43	979	41,0	12,0	25,5
jC	8	2	< 0,1	< 0,10	29	0,7		1,66	222	36,7	12,4	17,2
Go	8	1	< 0,1	< 0,10	24	10,6		1,30		46,4	26,4	18,7
Gor	5	5	< 0,1	< 0,10	21	10,9						
IIgor	15	3	< 0,1	< 0,10	57	2						

Allgemeine Bodenmerkmale

erhöhte Schadstoffgehalte im Oberboden; hohe Infiltrationsraten, sehr hohe bis extrem hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit

Regosol aus Bauschutt und Aschen führendem Bergematerialsand

Auftragsboden am Rand einer Baugrube an der Quellstraße, ehemalige Abgrabung, die später verfüllt wurde, Substratfolgen infolge der verschiedenen Abkippungen sehr schräg geschichtet und variieren kleinräumig in Mächtigkeit und Zusammensetzung



Horizont und Untergrenze

- yjAh** bis 25 cm stark sandiger Lehm, stark grusig, humos, kohlehaltig, mäßig durchwurzelt, Beimengungen von Hausbrandaschen, Ziegelgrus, Betonbruchstücke, punktuell sehr stark carbonathaltig (Mörtelreste)
- yjIC** bis 58 cm lehmiger Sand, stark grusig, schwach humos, stark kohlehaltig, mittlere Lagerungsdichte, Beimengungen von Koks, Kohle-, Aschenreste, Porzellan und Glasscherben, stark verwittertes Bergematerial, punktuell carbonathaltig
- yjIC2** bis 70 cm schwach lehmiger Sand, grusig, stark kohlehaltig, sehr locker gelagert, Beimengungen von Hausbrandasche, Müllreste, Ziegel- und Keramikbruchstücke, Knochen- und Muschelreste
- yjIC3** bis 105 cm Sand, sehr stark grusig, sehr stark kohlehaltig, stark verwittertes, teilweise gebranntes Bergematerial mit Kohle- und Hausbrandasche vermengt, Grobboden setzt sich
- yjIC4** bis 160 cm Sand, stark grusig, sehr stark kohlehaltig, vorwiegend stark verwittertes Bergematerial mit Hausbrandasche gemengt, geringe bis mittlere Lagerungsdichte, Beimengungen von Hausbrandasche, Bauschutt, Eisenschrott, Glas- und Porzellanresten
- jlC** bis 166 cm schwach toniger Sand, schwach grusig, schwach kohlehaltig, geringe Beimengung von Bergematerial
- yjIC5** bis 188 cm schwach toniger Sand, stark grusig, schwach humos, sehr stark kohlehaltig, verwittertes, teilweise auch gebranntes Bergematerial, Beimengungen von Asche und Schlacken, carbonathaltig
- yjIC6** bis 210 cm lehmiger Sand, sehr stark grusig, sehr stark kohlehaltig, verwittertes, teilweise auch gebranntes Bergematerial, Beimengungen von Aschen, Schlacke, Lederreste, Hausmüllasche, Glas- und Porzellscherben
- yjIC7** bis 240 cm lehmiger Sand, stark grusig, sehr stark kohlehaltig, verwittertes, teilweise auch gebranntes Bergematerial, mittlere Lagerungsdichte, Beimengungen von Aschen, Schlacke, Knochen, Hausmüllasche, Glas- und Porzellscherben
- Go** > 270 cm schwach schluffiger Sand
- Gor** bis 310 cm lehmiger Sand

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
yjAh	47,3	22,7	7,3	1,0	22	20,7	47	40	8	12 810	5 500
yjIC	37,4	10,0	7,4	0,6	35	19,5	47	24	6	11 690	4 300
yjIC2	52,9	5,5	7,3	0,7	32	22,7	46	26	8	15 160	4 600
yjIC3	69,9	4,9	7,1	0,4	36	16,0	39	24	7	16 850	4 180
yjIC4	46,1	3,3	7,1	0,3	39	15,1	56	28	6	11 170	3 250
jlC	5,7	8,3	7,3	0,4	28	5,8	22	13	4	6 260	2 700
yjIC5	49,3	7,0	7,3	1,2	41	15,1	42	21	6	10 570	4 380
yjIC6	67,1	10,9	7,1	0,4	43	16,0	37	16	7	18 440	7 150
yjIC7	57,8	8,4	7,0	0,4	40	14,9	30	21	7	15 990	3 550
Go	0,0	1,3	6,9	0,2	16	4,1	3	3	4	4 430	1 530

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
yjAh	208	122,0	2,10	1,20	485	156,0	19,35	1,08	3 380	49,2	31,1	18,0
yjIC	216	100,0	3,50	1,55	458	136,0	29,05	0,92		56,2	27,5	28,7
yjIC2	171	70,5	1,90	1,05	441	140,0	16,95					
yjIC3	152	87,3	1,10	0,85	549	228,0						
yjIC4	200	73,8	1,40	1,00	508	201,0		0,87		58,5	24,5	34,0
jlC	31	11,2	0,70	0,20	149	64,6						
yjIC5	165	51,9	2,80	0,80	560	151,0						
yjIC6	162	49,9	1,10	0,70	453	155,0						
yjIC7	179	98,1	0,90	0,70	397	157,0		1,79	218	33,4	22,5	10,8
Go	9	4,2	<0,1	<0,10	37	5,5						

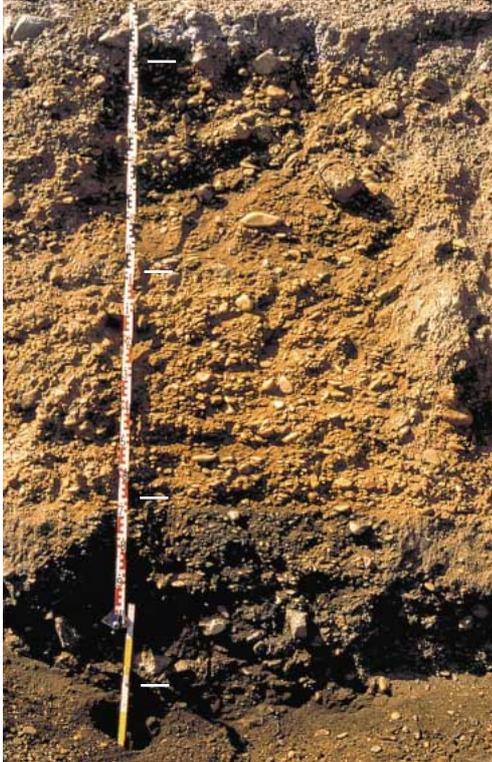
Allgemeine Bodenmerkmale

hohe bis sehr hohe Nährstoffgehalte; Schwermetallbelastung; sehr hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit (Regenwurmgänge, hoher Grobbodengehalt)

Skeletthumusboden aus Schlacken führendem (Anthro-)Sandkies über Bauschutt und Aschen führendem (Anthro-)Sandkies

P 16

Auftragsboden am Rande einer Baugrube im neu angelegten Gewerbegebiet, ehemaliges Industriegebiet, Substratabfolge ist infolge der verschiedenen Abkippungen zum Teil sehr schräg geschichtet und variiert kleinräumig sehr stark



Horizont und Untergrenze

jymC
bis 22 cm Sand, stark kiesig, grusig, schwach kohlehaltig, zement-branntkalkgebundene, kiesige Sanddecke mit Eisenhüttenschlacken

yiC
bis 96 cm schwach schluffiger Sand, stark kiesig, stark steinig, grusig, schwach kohlehaltig, mit Beimengungen von Betonbauschutt, Ziegel und Schlacke

jC
bis 165 cm stark lehmiger Sand, sehr stark kiesig, sehr hohe Lagerungsdichte, mit geringen Schlacke Beimengungen

yiC2
bis 225 cm schwach lehmiger Sand, stark kiesig, grusig, schwach humos, schwach kohlehaltig, sehr hohe Lagerungsdichte, mit Beimengungen von Bauschutt aus Ziegel, Schamottsteinen, Betonbrocken, vergrustem Bergematerial, verwitterten Aschen

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
jymC	77,3	5,0	9,8	1,3	56	23,9	9	10	0	5 660	1 850
yiC	80,6	4,8	8,5	0,9	32	7,6	18	26	1	23 590	950
jC	77,4	16,1	8,1	0,4	12	7,7	14	16	1	19 450	1 400
yiC2	54,2	10,1	8,4	1,3	65	10,9	29	29	6	15 250	1 800

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
jymC	98	8,2	< 0,1	< 0,10	207	9,8						
yiC	131	47,3	0,40	< 0,10	260	22,5						
jC	1 280	47,8	0,40	< 0,10	161	48,8						
yiC2	178	54,0	1,40	< 0,10	459							

Allgemeine Bodenmerkmale

Schwermetallbelastung, wenig mobil; hohe Nährstoffgehalte

Regosol aus anthrosandhaltiger Asche, Schlacke und Bergematerial

P 17

Auftragsboden auf ehemaligem Werksgelände, verbliebener Rumpf einer ehemaligen Bergematerial- und Schlackenhalde, abgelagerungsbedingte Schichtung



Horizont und Untergrenze

yAh
bis 10 cm

stark lehmiger Sand, schwach kiesig, stark grusig, humos, kohlehaltig, stark durchwurzelt, mittlere Lagerungsdichte, Grobboden aus Schlacken, Bauschutt und Ziegelbrocken aufgebaut, Beimengungen von Kohle und Koks

iyC
bis 43 cm

stark lehmiger Sand, schwach kiesig, stark grusig, steinig, humos, kohlehaltig, Grobboden aus Bergematerial, Aschen, Schlacken, vereinzelt Bauschuttgrus

iyC2
bis 65 cm

stark lehmiger Sand, stark kiesig, schwach steinig, humos, stark kohlehaltig, Bergematerial, Aschen, Schlacken, vereinzelt Bauschuttgrus

yC
bis 110 cm

lehmiger Sand, stark grusig, schwach steinig, stark kohlehaltig, Aschen, Schlacken, Ziegelgrus, Ziegel, geringe Beimengung von Bergematerial, sehr hohe Lagerungsdichte

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
yAh	62,5	12,2	7,0	0,6	35	19,4	90	33	11	26 950	65 100
iyC	75,7	11,0	7,6	1,9	46	12,1	36	21	10	20 770	92 930
iyCc2	75,0	13,5	7,7	1,8	50	11,4	43	21	12	19 640	84 530
yC	61,0	9,3	8,0	1,6	48	9,8	58	20	11	22 580	97 650

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
yAh	207	50,8	1,40	< 0,10	358	41,3	21,3					
iyC	213	27,5	1,60	< 0,10	353	15,8	25,9					
iyCc2	401	47,2	1,80	< 0,10	492	39,8	7,3					
yC	551	107,0	2,90	0,15	617		83,3					

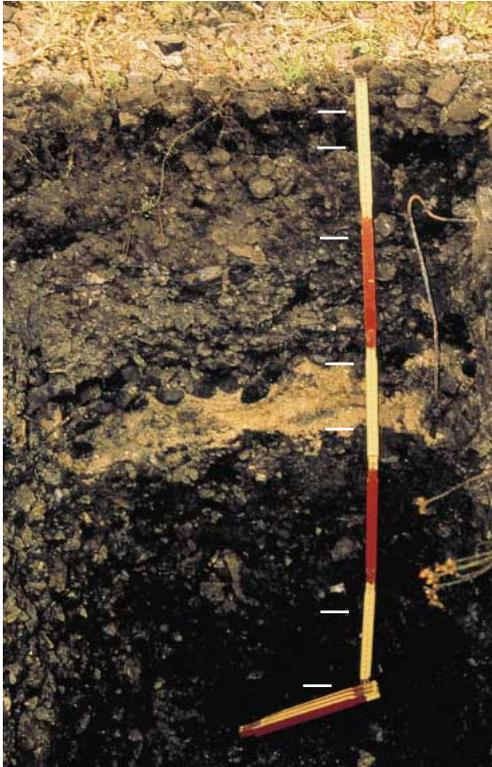
Allgemeine Bodenmerkmale

sehr hohe Nährstoffgehalte; erhöhte Schadstoffanreicherung, geringe Schwermetallmobilität; sehr hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit

Braunerde-Regosol aus flachem Schlackenschotter über sandigem Schlackenschotter über sandigem Bergematerial über tiefem Bergematerial

P 18

Auftragsboden auf einer ehemaligen Bahntrasse einer Industriegleisanlage



Horizont und Untergrenze

- yxC** bis 5 cm: grusig, stark steinig, humos, Bahnschotter aus unterschiedlichem Schlackenmaterial
- yAh** bis 10 cm: schwach lehmiger Sand, schwach grusig, stark steinig, sehr stark humos, kohlehaltig, Bahnschotter, Schlacken
- yAh2** bis 23 cm: schwach lehmiger Sand, grusig, stark steinig, sehr stark humos, kohlehaltig, Bahnschotter, Schlacken, Aschen
- jBv-Cv** bis 40 cm: lehmiger Sand, grusig, steinig, sehr stark humos, sehr stark kohlehaltig, Bergematerialreste
- yjIC** bis 51 cm: Sand, schwach kiesig, schwach grusig, schwach kohlehaltig, Bergematerialreste
- jBv-Cv2** bis 85 cm: lehmiger Sand, grusig, stark steinig, sehr stark kohlehaltig, z. T. stärker verwittert und hohe Lagerungsdichte, Bergematerial
- jBv-Cv3** > 100 cm: Grus, stark steinig, z. T. stärker verwittert und hohe Lagerungsdichte, Bergematerial

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
yxC	100			0,1							
yAh	83,7	5,3	7,6	0,1	42	17,0	49	40	8	28 570	23 380
yAh2	84,9	8,1	7,7	0,0	44	12,6	44	27	7	27 560	23 650
jBv-Cv	75,8	8,9	7,4	0,0	39	11,7	38	14	7	29 390	21 450
yjIC	25,0	3,6	7,2	0,0	45	1,9	5	3	1	1 470	350
jBv-Cv2	89,4	10,3	7,0	0,0	38	9,7	29	12	8	36 770	4 400

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
yxC												
yAh	451	114,0	1,60	0,80	683	136,0	32,9					
yAh2	321	81,0	1,20	0,55	624	94,1	141,1					
jBv-Cv	178	42,1	< 0,1	< 0,10	219	33,3						
yjIC	10	7,7	< 0,1	< 0,10	18	9,5						
jBv-Cv2	290	22,5	< 0,1	< 0,10	76	4,2						

Allgemeine Bodenmerkmale

sehr hohe Nährstoffgehalte; erhöhte Schadstoffanreicherung; geringe Schwermetallmobilität; sehr hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit

Esch mit Bauschutt führendem Anthrosand über tiefem, Kies führendem Fluvisand

P 19

im Oberboden veränderter Boden auf einer Ödlandfläche



Horizont und Untergrenze

yjAh
bis 15 cm
lehmyger Sand, schwach grusig, stark humos, stark kohlehaltig, sehr geringe Lagerungsdichte, intensiv durchwurzelt, geringe Beimengungen von Eisenteilen, Blechen, Glasscherben und Plastikfolien

jAh
bis 40 cm
lehmyger Sand, schwach grusig, schwach humos, schwach kohlehaltig, mittel durchwurzelt, geringe Beimengungen von Holz, Holzkohleresten, Ziegelbruchstücken, Mörtelresten

E
bis 80 cm
schwach toniger Sand, schwach grusig, schwach humos, sehr schwach kohlehaltig, mittel durchwurzelt, geringe Beimengungen von Ziegelbruchstücken und Mörtelresten

E2
bis 110 cm
schwach toniger Sand, schwach grusig, schwach humos, sehr schwach kohlehaltig, sehr hohe Lagerungsdichte, mittel durchwurzelt

Bv-Cv
bis 118 cm
Sand, sehr schwach kiesig

Cv
> 140 cm
schwach lehmiger Sand, kiesig, hohe Lagerungsdichte

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
yjAh	3,2	9,9	6,9	0,3	35	9,7	30	45	8	37 890	107 600
jAh	9,7	9,0	7,2	0,2	42	18,5	67	25	5	25 970	48 950
E	11,3	7,7	7,1	0,0	9	14,0	18	8	4	4 360	2 080
E2	7,3	6,2	7,1	0,0	8	8,1	18	9	4	3 400	1 700
Bv-Cv	1,4	2,7	7,1	0,0	6	7,3	21	6	2	2 710	950
Cv	25,0	5,4	7,0	0,0	4	4,5	19	5	2	3 160	450

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
yjAh	1 480	355	6,00	1,30	3 130	581,0		1,00	814	64,0	35,2	16,7
jAh	644	36,4	3,70	1,15	1 460	270,0		1,15		59,1	19,0	19,0
E	13	3,4	0,30	< 0,10	49	7,0		1,48	1 110	44,2	15,1	23,9
E2	3	2,4	< 0,10	< 0,10	40	4,1						
Bv-Cv	< 2,0	< 0,05	< 0,10	< 0,10	34	3,7						
Cv	< 2,0	< 0,05	< 0,10	< 0,10	28	1,4						

Allgemeine Bodenmerkmale

tief reichend intensive Durchwurzlung, lockere Lagerung, hohe bis sehr hohe Infiltrationsrate; erhöhte Schadstoffgehalte im Oberboden; extrem hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit

Braunerde aus flachem, Aschen, Schlacken und Bauschutt führendem Anthrosand über Kies führendem Fluvisand über tiefem Fluvisandkies

P 21

im Oberboden beeinflusster Boden auf einem als Parkstreifen genutzten Mittelstreifen



Horizont und Untergrenze

- iyC** bis 8 cm lehmiger Sand, grusig, schwach humos, schwach kohlehaltig, Decklage aus mittelhumosem Schlacken- und Aschengrus, hohe Lagerungsdichte, Beimengungen von Bergematerial, Kies, Mörtel-, Ziegelsteinresten, Glas- und Porzellanscherben
- j(y)C** bis 15 cm stark lehmiger Sand, grusig, sehr schwach humos, sehr schwach kohlehaltig
- fAp** bis 18 cm stark lehmiger Sand, schwach kiesig, humos, mäßig durchwurzelt
- fAh** bis 28 cm stark lehmiger Sand, kiesig, humos, sehr hohe Lagerungsdichte
- Bv** bis 45/50 cm stark lehmiger Sand, schwach kiesig, sehr schwach humos
- Bv2** bis 90 cm sandig toniger Lehm, sehr stark kiesig, Sandlinsen
- IICv** > 90 cm schwach toniger Sand, sehr stark kiesig

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
iyC	23,1	8,6	7,4	1,3	42	10,8	49	36	6	12 080	8 800
j(y)C	22,4	13,0	7,6	0,0	16	6,4	11	14	4	4 620	1 350
fAp	11,6	13,0	6,6	0,0	26	8,1	15	12	4	7 470	2 550
fAh	22,4	12,0	6,7	0,0	16	8,7	10	12	5	7 450	1 980
Bv	11,3	16,7	6,9	0,0	10	6,0	5	4	5	4 640	1 130
Bv2	71,6	27,2	4,2	0,0	7	15,2	10	4	13	10 490	600
IICv	69,1	8,4	4,1	0,0	4	4,4	2	3	4	8 110	625

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
iyC	340	148,0	2,30	0,95	810	166,0	46,25					
j(y)C	18	13,0	< 0,1	< 0,10	156	46,6						
fAp	84	53,8	< 0,1	< 0,10	144	27,6						
fAh	33	13,8	< 0,1	< 0,10	63	6,5		1,60	109	35,6	15,9	10,0
Bv	8	4,5	< 0,1	< 0,10	29	0,9		1,65	44	34,3	14,0	9,6
Bv2	12	2,7	< 0,1	< 0,10	46	2,5		1,68	58	38,8	11,0	7,0
IICv	17	6,7	< 0,1	< 0,10	47	0,9						

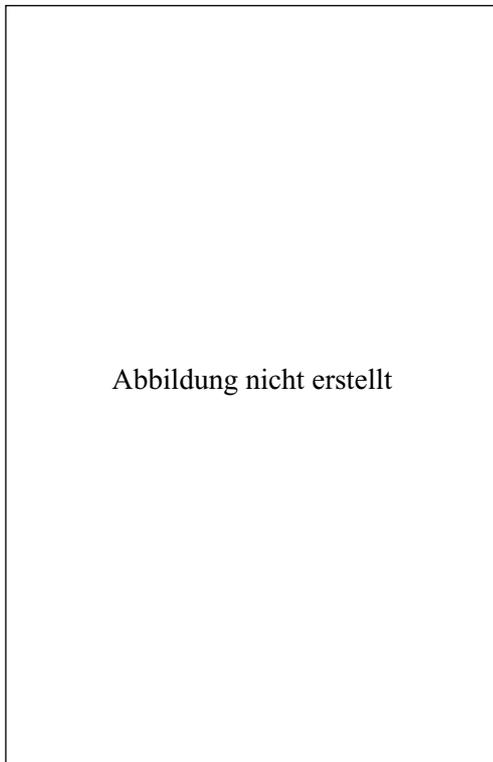
Allgemeine Bodenmerkmale

starke Verdichtung durch Nutzung als Kfz-Parkstreifen; sehr geringe bis mittlere Infiltrationsrate; erhöhte Schadstoffgehalte im Oberboden, geringe Schwermetallmobilität; hohe gesättigte Wasserleitfähigkeit

Regosol aus Kies führendem Anthrosand über Bauschutt und Asche führendem Anthrosand

P 22

Auftragsboden auf Grünfläche an der Essener Straße



Horizont und Untergrenze

jAh bis 15 cm	schluffig lehmiger Sand, kiesig, schwach grusig, schwach humos, kohlehaltig, geringe Lagerungsdichte, intensiv durchwurzelt, geringe Beimengung von Ziegelbrocken
jC bis 32 cm	schluffiger Sand, kiesig, schwach humos, geringe Lagerungsdichte
jC2 bis 45 cm	schluffiger Sand, sehr schwach kiesig, schwach humos, sehr hohe Lagerungsdichte
yiC bis 65 cm	schluffiger Sand, schwach kiesig, grusig, schwach kohlehaltig, stark mit Ziegelgrus durchsetzt, vereinzelt Beimengungen von Koks und Bergematerial, schräg verlaufendes Mörtelband
iyCc bis 80/100 cm	schwach schluffiger Sand, schwach kiesig, grusig, schwach kohlehaltig, stark mit Mörtel- und Ziegelgrus durchsetzt, geringe Lagerungsdichte, stellenweise stark carbonathaltig

Bodenkennwerte

HORIZONT	Skelett %	Ton %	pH CaCl ₂	CaCO ₃ %	C/N	KAK _{pot} meq/kg	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe-d mg/kg	Fe-o mg/kg
jAh (- 2 cm)	42,7	9,5	6,6	0,3	15	34,1	44	6	4	21 010	27 340
jAh (- 5 cm)	42,7	9,1	6,8	0,5	18	29,4	57	38	2	25 210	33 070
jAh (- 10 cm)	31,3	4,9	7,1	1,2	29	17,7	53	28	1	22 050	38 650
jAh (- 15 cm)	36,2	5,4	7,2	1,4	30	14,7	47	24	1	19 720	30 310
jC	28,4	5,2	6,9	0,2	14	9,4	47	9	1	7 120	8 630
jC2	1,8	8,0	6,8	0,2	21	6,5	54	8	1	12 920	
yiC	37,5	5,1	7,2	0,7	27	8,7	41	15	1	13 190	13 030
iyCc	37,5	2,5	7,7	8,6	49	9,1	41	9	1	13 200	2 320

HORIZONT	Pb _t mg/kg	Pb _{pot} mg/kg	Cd _t mg/kg	Cd _{pot} mg/kg	Zn _t mg/kg	Zn _{pot} mg/kg	PAK mg/kg	Vg kg/l	kf-Wert cm/d	GPV %	nFK mm/dm	LK %
jAh (- 2 cm)	1 047	560,0	5,10	2,75	1 363	460,0						
jAh (- 5 cm)	1 470	652,0	5,6	3,05	2 060	453,0						
jAh (- 10 cm)	1 690	532,0	7,10	2,30	2 230	376,0						
jAh (- 15 cm)	994	338,0	5,20	1,35	1 340	203,0						
jC	173	80,7	1,20	0,30	251	45,0						
jC2	62	21,7	0,60	< 0,10	136	23,3						
yiC	152	50,7	0,70	< 0,10	220	44,3						
iyCc	1 780	22,8	< 0,1	< 0,10	49	3,4						

Allgemeine Bodenmerkmale

Schadstoffbelastung im Oberboden; hohe bis sehr hohe Infiltrationsrate

Verzeichnis der Abbildungen

Seite

Abb. 1	Lage des Untersuchungsgebietes (Ausschnitt aus der TK 50: L 4506 Duisburg)	12
Abb. 2	Geologische Übersicht des Untersuchungsgebietes	13
Abb. 3	Böden des Untersuchungsgebietes	14
Abb. 4	Flächennutzung 1926	18
Abb. 5	Flächennutzung 1989	18
Abb. 6	Versiegelungsstruktur im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes	19
Abb. 7	Nutzungsbedingte Bodenzustände	25
Abb. 8	Substrate der Bodenbildung nach der Geologischen Karte 1 : 25 000, Blatt Mülheim (Ruhr) (1930)	25
Abb. 9	Einzelflächenbeschreibung	27
Abb. 10	Gemittelte Schwermetallgesamtgehalte aus dem Ober- und Unterbodenbereich gartenbaulich genutzter Böden	37
Abb. 11	Verteilung der $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Werte in den Auftragsschichten der 6 urban-industriell veränderten Bodenprofile mit carbonatfreiem oder -armem Ausgangssubstrat	39
Abb. 12	Häufigkeitsverteilung der Bodenskelettanteile in den Schichten der anthropogenen Aufträge von 6 Profilen mit vorwiegend carbonatfreiem oder -armem Ausgangssubstrat	40
Abb. 13	Beziehung zwischen den Gehalten an wasserlöslichem Phosphat und der vorwiegend durch die organische Substanz charakterisierten KAK in der Feinerdefraktion der anthropogen aufgetragenen Schichten in den 6 Böden aus Substrataufträgen mit carbonatfreiem beziehungsweise -armem Ausgangssubstrat	42
Abb. 14	Anreicherung an magnetischen Eisenverbindungen (Fe_{magn}) im Oberbodenbereich des Eschs mit Bauschutt führendem Anthrosand über tiefem, Kies führendem Fluvisand	43
Abb. 15	Verlauf der Blei- und Zinkbelastung in einem Regosol aus flachem, Kohle- und Schlacken führendem Anthrosand über Schlacken über tiefem Bergematerial	44
Abb. 16	Beziehung zwischen C_t und KAK_{org} in den anthropogen aufgetragenen Schichten von 9 Profilen mit carbonathaltigem beziehungsweise alkalisierendem Ausgangssubstrat	49
Abb. 17	Beziehung zwischen den Zn_t - und den magnetischen Eisengehalten (Fe_{magn}) in Bodenschichten mit $\geq 0,5\%$ Fe_{magn} in der Feinerdefraktion	51
Abb. 18	Relative Häufigkeitsverteilung der Infiltrationsraten zu Beginn der Versickerungsmessung	59
Abb. 19	Relative Häufigkeitsverteilung der Infiltrationsraten nach 4-stündiger Wasserversickerung	60
Abb. 20	Relative Häufigkeit der Luftkapazität	75
Abb. 21	Relative Häufigkeit der Feldkapazität	76
Abb. 22	Relative Häufigkeit der nutzbaren Feldkapazität	76
Abb. 23	Relative Häufigkeit der nutzbaren Feldkapazität im durchwurzelbaren Boden	77
Abb. 24	Flächenanteil der Böden unterschiedlicher anthropogener Prägung	80

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1	Intensität der Bodenversiegelung unterschiedlicher Bebauungstypen	20
Tab. 2	Vorinformationen und deren bodenkundlich verwertbare Inhalte	23
Tab. 3	Bodenzustandskategorien und deren Merkmale	24
Tab. 4	Schwankungsbreite von PAK-, PCB- sowie Cyanidgehalten zwischen den Horizonten der Profile	30
Tab. 5	Übersicht der Referenzprofile	32
Tab. 6	Systematische Kennzeichnung der Böden	33
Tab. 7	pH-Wert, Säureneutralisationskapazität, Kationenaustauschkapazität, Nährstoff- und Schwermetallgehalte in der Feinerderaummasse der Profile	35
Tab. 8	Unterschiedliche Fraktionen immissionsbedingter Zink-, Blei- und Cadmianreicherung in einem ehemaligen Hortisol	38
Tab. 9	Schwermetallgehalte unterschiedlicher Bindungsstärke einer Formsand-/Kompostaufschüttung in Dortmund	44

Tab. 10	Korrelationskoeffizienten zwischen den Gesamtgehalten von Zink, Blei, Kupfer, Nickel und Cadmium mit unterschiedlichen Fe-Fraktionen, sowie den Parametern C_t und KAK in den anthropogen abgelagerten Schichten von 6 Böden aus Substrataufträgen mit vorwiegend carbonatfreiem bis -armem Ausgangssubstrat	45
Tab. 11	Korrelationskoeffizienten zwischen den EDTA-extrahierbaren Gehalten von Zink, Blei, Kupfer, Nickel und Cadmium mit dem Fe-Gesamtgehalt beziehungsweise dithionitlöslichen und oxalatlöslichen Eisen in den Böden mit Auftragsschichten aus vorwiegend carbonatfreiem bis -armem Ausgangssubstrat	45
Tab. 12	Phosphor- und SM-Gesamtgehalte verschiedener in urbanen Böden des Ruhrgebietes auftretender technogener Substrate	52
Tab. 13	Klasseneinteilung der Infiltrationsraten	55
Tab. 14	Vergleichende Bewertung der Infiltrationsraten der Profile	59
Tab. 15	Wasserleitfähigkeitsmerkmale aller beprobaren Profile	62/63
Tab. 16	Kennwerte des Porenraumes aller beprobaren Profile	68/69
Tab. 17	Repräsentanz der aus den Profilen gewonnenen Labordaten für die ausgegrenzten Flächen	78

Verzeichnis der Karten

Karte 1	Übersichtskarte	87
Karte 2	Eingriffe in den Bodenaufbau	88
Karte 3	Boden- und Substrataufträge	89
Karte 4	Bodentypen	90
Karte 5	Bodenbewertung	91
Karte 6	Bodenschutz	92

Bisher erschienen in der Reihe
scriptum – Arbeitsergebnisse aus dem Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen
ISSN 1430-5267

Heft 1

75 S., 5 Abb.; Krefeld 1996

Gert Michel; Ulrich Adams; Georg Schollmayer: Grundwasser in Nordrhein-Westfalen. Eine Bibliographie zur regionalen Hydrogeologie

Heft 1 ist auch als Datei mit einem dazugehörigen Installationsprogramm auf Diskette erhältlich. Die digitale Fassung ist geeignet für alle PCs, die mit einer MS-WINDOWS-Version ab 3.1 ausgestattet sind.

Heft 2

83 S., 34 Abb., 9 Tab., 4 Anl.; Krefeld 1997

Fünf Beiträge zur Geologie und Bodenkunde

Heft 3

94 S., 23 Abb., 27 Tab., 12 Taf., 10 Anl.; Krefeld 1998

Reinhold Strotmann: Hydrologische Auswirkungen der Siedlungsentwicklung auf den Wasserkreislauf der Stadt Krefeld (1800 – 1995)

Heft 4

85 S., 30 Abb., 2 Tab., 5 Taf.; Krefeld 1999

Vier Beiträge zur Geologie und Bodenkunde

Heft 5

57 S., 23 Abb., 6 Tab.; Krefeld 1999

Zwei Beiträge zur Hydrogeologie

Heft 6

53 S., 21 Abb., 5 Tab.; Krefeld 2000

Kies- und Sandgewinnung – Fachbeiträge zur Rohstoffsicherung in Nordrhein-Westfalen

Die Hefte sind zu beziehen beim Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen, Postfach 10 07 63, D-47707 Krefeld, Tel.: 0 21 51/89 72 10 oder -2 12, Fax: 0 21 51/89 74 28

scriptum Heft 1	Best.-Nr. 8000	DM 13,—
scriptum Heft 1 (Heft und Diskette)	Best.-Nr. 8002	DM 20,—
scriptum Heft 2	Best.-Nr. 8003	DM 13,—
scriptum Heft 3	Best.-Nr. 8004	DM 13,—
scriptum Heft 4	Best.-Nr. 8005	DM 13,—
scriptum Heft 5	Best.-Nr. 8006	DM 13,—
scriptum Heft 6	Best.-Nr. 8007	DM 13,—

CD-ROM:

Karte der Erosions- und Verschlammungsgefährdung der Böden in Nordrhein-Westfalen

Krefeld 2000
ISBN 3-86029-701-5

Preis DM 48,—
(€ 24,54)

Allgemeines

Verschlammung und Erosion können insbesondere bei strukturlabilen feinsandigen und schluffigen Böden auftreten, wobei zuerst die humus- und nährstoffreiche Bodenkrume abgetragen wird mit der Folge einer nachhaltigen Verringerung der Bodenfruchtbarkeit an den Erosionsstandorten. Gleichzeitig kommt es zu Ernteverlusten auf den geschädigten Ackerstandorten. Auch abseits des eigentlichen Abtragsgeschehens sind Schäden festzustellen. An den Bodenakkumulationsstandorten wird der Pflanzenbestand mit Bodenmaterial überdeckt. Im weiteren Bereich verursacht das abgetragene Material eine Störung der Wasserqualität der Vorfluter.

Einsatzmöglichkeiten der Karte

Die Karte der Erosions- und Verschlammungsgefährdung der Böden in Nordrhein-Westfalen ist vom Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen als Fachbeitrag zum Bodenschutz erarbeitet worden. Sie stellt eine nach einheitlichen Kriterien landesweit durchgeführte Beurteilung der natürlichen Standortbedingungen in Bezug auf die Erosions- und Verschlammungsgefährdung dar. Die Karte liefert maßstabsbedingt sinnvolle und miteinander vergleichbare Ergebnisse bei einer ordnungsgemäßen Bewirtschaftung der Flächen und einer mittleren Schlaglänge. Folgende Einsatzgebiete der Karte werden als sinnvoll erachtet:



- landesweite Information zur Erosions- und Verschlammungsgefährdung der Böden
- Grundlagenkarte für den Boden- und Gewässerschutz
- Regionalisierung und Dimensionierung von Erosionsschutzprogrammen
- landwirtschaftliche Beratung und Schulung
- Agrarstrukturplanung
- Auswahl von Ausgleichsflächen bei UVP-relevanten Planungen
- Ausweisung von Bodenerosionsgefährdungsgebieten
- Flurbereinigung

Vertrieb: Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen · Postfach 10 07 63 · D-47707 Krefeld

Internetadresse: <http://www.gla.nrw.de>

ISSN 1430-5267