

02.15

Bodenschutz

20. Jahrgang
2. Quartal 2015
42234

www.BODENSCHUTZdigital.de

**Erhaltung, Nutzung und
Wiederherstellung von Böden**

Organ des BVB

Inhalt

*Dietmar Barkowski, Gerald Krüger, Christof Ibels,
Juliane Richter und Sven Westerkofsky*

**15 Jahre Duisburg als Praxisbeispiel zur
Entwicklung von Instrumenten für den flächen-
haften Bodenschutz**

Von der flächenhaften Erfassung und Bewertung
der Bodenbelastung zum Bodenschutzgebiet

Monika Machtoľf

**Gesundheitliche Vorsorge in der Bodenbewertung
Health Precaution in Soil Assessment Models**

*Friedrich Rück, Audrey Averdiek, Gertrud Große
Heckmann, Stefan Kroek, Peter Wittstock, Dieter Trautz
und Hubertus von Dressler*

**Bodenbezogene Emissionsminderung von
Treibhausgasen (THG) in der Kulturlandschaft
am Beispiel des Masterplans Klimaschutz des
Landkreises Osnabrück**

15 Jahre Duisburg als Praxisbeispiel zur Entwicklung von Instrumenten für den flächenhaften Bodenschutz

Von der flächenhaften Erfassung und Bewertung der Bodenbelastung zum Bodenschutzgebiet

Dr. Dietmar Barkowski, Gerald Krüger, Christof Ibels, Juliane Richter und Sven Westerkofsky

Dr. Dietmar Barkowski (Dipl.-Chem.)
Studium der Chemie, Geschäftsführender Gesellschafter der IFUA-Projekt-GmbH, Bielefeld. Gründungsmitglied 1983, Nach § 18 BBodSchG anerkannter Sachverständiger für Bodenschutz und Altlasten, Sachgebiete 2, 4, 5

Gerald Krüger (Dipl.-Geoökol.)
Studium der Geoökologie, seit 2000 wissenschaftlicher Mitarbeiter/Gutachter der IFUA-Projekt-GmbH, Bielefeld

Christof Ibels (Dipl.-Ing.)
Studium der Entsorgungstechnik, seit 1994 Mitarbeiter im Amt für Umwelt und Grün der Stadt Duisburg, kommissarischer Leiter der Unteren Bodenschutzbehörde

Juliane Richter (Master of Science)
Studium der Geowissenschaften, seit 2014 Mitarbeiterin der Unteren Bodenschutzbehörde im Amt für Umwelt und Grün der Stadt Duisburg

Sven Westerkofsky (Dipl.-Umweltwissenschaftler)
Studium der Ökologie, seit 2005 Mitarbeiter der Unteren Bodenschutzbehörde im Amt für Umwelt und Grün der Stadt Duisburg

Zusammenfassung

Ausgehend von einer Freisetzung von Schadstoffen im Duisburger Süden als Folge eines Störfalls, wurde zunächst in einem Pilotprojekt im Süden der Stadt Duisburg der methodische Baustein zur Erfassung großflächiger, immissionsbedingter Bodenbelastungen als Komponente der Bodenbelastungskarte (BBK) im Siedlungsbereich (BBK-S) entwickelt, erprobt und schließlich auf den gesamten Siedlungsbereich der Stadt Duisburg übertragen [6]. Um mit den festgestellten flächenhaften Bodenbelastungen umzugehen, wurde ein auf Duisburg bezogenes Konzept zur duisburgspezifischen Bewertung der festgestellten Schadstoffgehalte, zur Abgrenzung belasteter Gebiete und zum Einsatz vorgesehener Maßnahmen erarbeitet und abgestimmt. Dadurch wird, ausgehend von der großflächigen Ausweisung von Gebieten mit prognostizierten Prüfwertüberschreitungen gemäß BBK, der Handlungsbedarf zur Gefahrenermittlung/-abwehr auf vergleichsweise kleinräumige Gebiete des Stadtgebietes reduziert. Im Bereich der Hauptbelastung im Duisburger Süden wurden sensibel genutzte Flächen in Hinblick auf einen Maßnahmenbedarf untersucht. Dieser Bereich ist Teil eines im Festsetzungsverfahren befindlichen Bodenschutzgebietes. Für das Stadtgebiet wurden weiterhin Beurteilungswerte zur Bodenumlagerung abgeleitet.

◆ **Schlüsselwörter: Bodenbelastungskarte, großflächige Bodenbelastung, siedlungsbedingt erhöhte Schadstoffgehalte, gebietsbezogene Beurteilungswerte, Bodenschutzgebiet**

Summary

Based on the release of pollutants in the south of the City of Duisburg as a result of an incident the methodical module for the collection of extensive, immission-induced soil qualities as a component of the Soil Quality Map (SQM = BBK) in urban areas (BBK-S) was initially developed in a pilot project. Subsequently, the module was tested and finally transferred to the whole settlement area of the City of Duisburg [6]. To deal with the assessed, extensive soil qualities a Duisburg-related concept was developed and harmonised. This concept was used particularly for a Duisburg-specific evaluation of the assessed pollutant contents, for the distinction of polluted areas and for the measures to be employed. As a result – based on the extensive designation of areas with predicted

exceeding guidance values according to BBK-S – the need for action to determine and avert dangers is reduced to comparably small areas within the city area. Sensitive used properties were examined in the region with highest contamination in urban areas in the south of Duisburg considering the demand of specific measures. This region is part of a Soil Conservation Area which will be legally fixed in the near future. Furthermore assessment values were derived for the movement of soils.

◆ **Keywords: Soil Quality Map, large-area soil pollution, settlement-related increases in pollutant contents, area based assessment values, Soil Conservation Area**

1. Einleitung

Die Stadt Duisburg war für lange Zeit durch umfangreiche Montanindustrie geprägt, deren Wurzeln bis weit in das 19. Jahrhundert zurückreichen. Dieses hat insbesondere in der Vergangenheit zu einem besonders hohen und flächendeckenden Eintrag von Schadstoffen über den Luftpfad in den Boden geführt [1]. Durch diesen permanenten Staubeintrag sind die Böden Duisburgs teilweise beträchtlich mit Schwermetallen belastet [2]. Anlässlich eines Störfalls, der sich im März 1999 im Duisburger Süden ereignete, ergaben durchgeführte Untersuchungen flächige Bodenbelastungen, die sich für sensible Nutzungen in einer Überschreitung der Prüfwerte nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV [3]) manifestierten. Als Ergebnis wurde dabei festgestellt, dass die Schwermetallbelastungen nicht auf den Störfall selbst zurückzuführen waren, die Ursachen vielmehr in der industriellen Vergangenheit lagen [4].

Mitte der 1990er Jahre wurde vom Land Nordrhein-Westfalen (NRW) ein Instrument zur Erfassung und Bewertung flächenhafter Bodenbelastungen im Außenbereich entwickelt und getestet, das im Rahmen eines Leitfadens im März 2000 veröffentlicht wurde: Digitale Bodenbelastungskarten (Teil I: Außenbereiche) [5]. Bereits damals war geplant, dieses Instrument um ein entsprechendes Modul für den Siedlungsbereich zu ergänzen. Ein angemessenes Pilotgebiet bot sich nun im Duisburger Süden, wo letztlich der Baustein zur Erfassung der immissionsbedingten Bodenbelastung im Siedlungsbereich entwickelt wurde und zur Anwendung kam. Das Verfahren fand als wesentlicher Bestandteil Eingang in die Methodik zur Digitalen Bodenbelastungskarte für den Siedlungsbereich, die im Jahr 2007 vom Land NRW als Leitfaden herausgegeben wurde [6].

Als Ergebnis der digitalen Bodenbelastungskarten für den Außen- und Siedlungsbereich wurden für große Teile des Außenbereiches Überschreitungen der Vorgewerte und für den Siedlungsbereich der Stadt Duisburg Überschreitungen der Prüfwerte für sensible Nutzungen prognostiziert, so dass sich die Frage stellte, wie mit den in großen Teilen des Stadtgebietes bestehenden Belastungen umzugehen ist.

2. Erfassung und Bewertung der flächenhaften Bodenbelastung in Duisburg

Hat eine orientierende Untersuchung nach BBodSchV eine Prüfwertüberschreitung ergeben, sind im Regelfall für die jeweils betroffene Fläche im Rahmen der Detailuntersuchung weitere Sachverhaltsermittlungen

durchzuführen. Für Gebiete mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten ist solch ein Vorgehen jedoch grundstücksbezogen sehr aufwändig, da eine unüberschaubare Anzahl von Grundstücken betroffen ist. Vielmehr werden erweiterte gebietsbezogene Detailuntersuchungen empfohlen, um gebietsbezogen stoff- und nutzungsspezifische Beurteilungswerte (gBW) abzuleiten [7], die der weitergehenden Bewertung dienen. Dies wurde für Duisburg umgesetzt. Zugleich wurden Belastungsgebiete abgegrenzt, in denen Maßnahmen zur Gefahrenermittlung/-abwehr erforderlich sind. Die Summe der Flächen dieser Gebiete ist wesentlich kleiner als die Fläche mit prognostizierten Püfwertüberschreitungen laut BBK.

In den Hauptbelastungsgebieten im Duisburger Süden wurden im Anschluss gebietsbezogene Untersuchungen zum Maßnahmenbedarf durchgeführt. Diese verfolgten das Ziel zu klären, inwieweit auf den betreffenden Grundstücken Maßnahmenbedarf besteht sowie der Vorbereitung einer etwaigen Sanierung.

Um darüber hinaus den Umgang mit der großflächigen Bodenbelastung handhabbar zu machen, ist die Ausweisung von Bodenschutzgebieten mit unterschiedlicher Zonierung in Vorbereitung.

2.1 Die Bedeutung der Deposition

Den Stellenwert des Immissionspfads für die Bodenbelastung im Oberboden Duisburgs macht die Auswertung der Bleigehalte im Staubbiederschlag deutlich, die seit

1982 vom ehemaligen Landesumweltamt in 1×1 km großen Beurteilungsflächen erfasst wurden.

Dazu wurden die mittleren Blei-Gehalte im Staub (1982–1998) für eine Abschätzung zugrunde gelegt. Der vorangegangene Zeitraum bis 1964 wurde dabei anhand bei der Stadt Duisburg vorliegender Daten zur Staubdeposition hochgerechnet [12]. Die Hochrechnung erfolgt unter der idealisierten Annahme eines konstanten Bleigehaltes im Staub im Bezugszeitraum:

$$D_{i\text{Pb}} 1964-1999 = D_{i\text{Staub}} 1970-1999 \times K_{i\text{Pb Staub}} 1982-1998 \times 1,49$$

$D_{i\text{Pb}} 1964-1999$ extrapolierte Bleideposition
 $D_{i\text{Staub}} 1970-1999$ gemessene Staubdeposition
 $K_{i\text{Pb Staub}} 1982-1998$ mittlerer Bleigehalt im Staub von 1982–1998

1,49 Extrapolationsfaktor für den Zeitraum von 1964–1970, s. o., alle Angaben für die Messstelle i

Die Variogrammanalyse der statistisch aufbereiteten Daten der hochgerechneten und kumulierten Bleieinträge an den Messstellen von 1964–1999 zeigt eine deutliche räumliche Abhängigkeit. Die daher zulässige Interpolation erfolgte mittels des Kriging-Verfahrens auf der Basis der angepassten theoretischen Variogrammfunktion.

Die hochgerechneten und kumulierten Bleieinträge erreichen auf der o. g. Wertebasis maximale Werte von über 150 g/m^2 in den südlichen Stadtteilen (vgl. Abbildung 1).

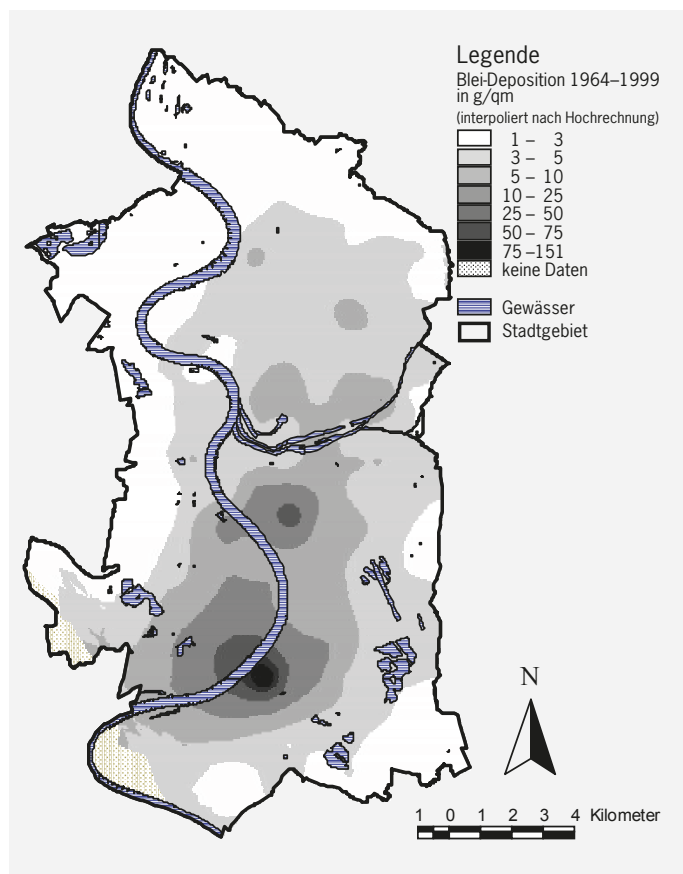


Abbildung 1: Summe der hochgerechneten Bleideposition in Duisburg von 1964 bis 1999 nach Interpolation

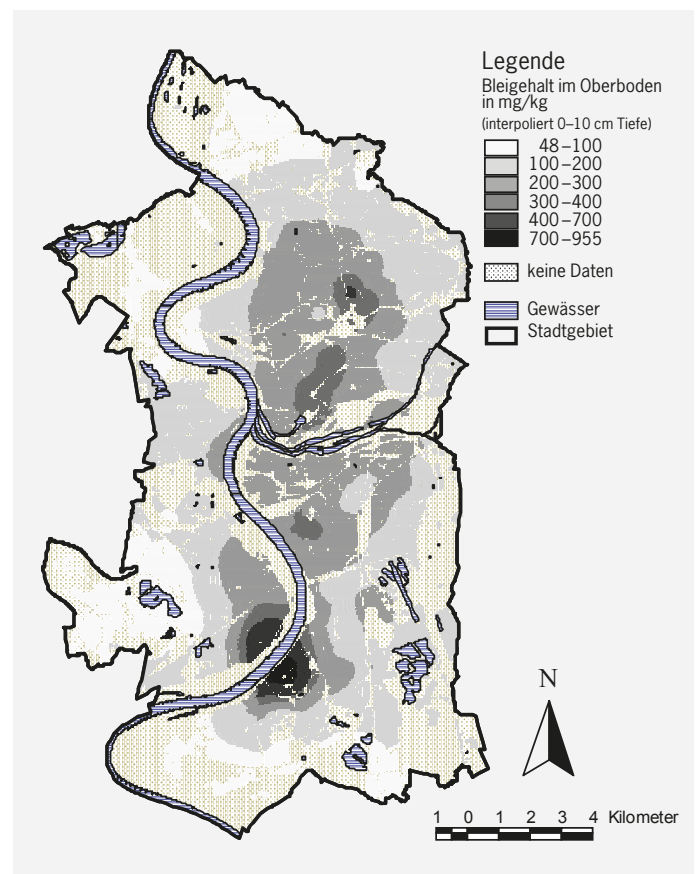


Abbildung 2: Geschätzte Bleigehalte im Oberboden, Tiefe 0–10 cm [mg/kg]

Auf der Grundlage der extrapolierten Staubbiederschlagsdaten konnte ein theoretisch möglicher immissionsbedingter Schadstoffgehalt im Boden berechnet werden. Dabei sind allerdings nur die Immissionen ab 1964 berücksichtigt und keine weiteren Einflüsse auf die Bodenbelastung bzw. bodenbildenden Prozesse. Eine Umrechnung der extrapolierten Bleizufuhr seit 1964 in einen potenziellen Bodengehalt, bezogen auf die obersten 10 cm, ergeben lokale Bleikonzentration von über 1.000 mg/kg (Annahme: Bodendichte = 1,5 g/cm³). Die ermittelten Werte liegen in weiten Teilen des Duisburger Stadtgebietes auch ohne Berücksichtigung der Immissionen vor 1964 deutlich über dem Prüfwert für Kinderspielflächen (200 mg/kg) der BBodSchV.

Für Cadmium liegt der entsprechende Wert bei 12 mg/kg, also über dem Prüfwert für die integrierte Nutzung Kinderspiel und Nahrungspflanzenanbau von 2 mg/kg.

Diese Abschätzungen ließen vermuten, dass es durch die Immissionen in der Vergangenheit zu großflächigen Anreicherungen im Boden gekommen ist, was möglicherweise eine flächenhafte Gefahrenermittlung/-abwehr erforderlich machte.

2.2 Die Phase der Bodenbelastungskarten

Ausgehend von der Methodik der Bodenbelastungskarten für den Außenbereich mit seinen naturnahen Nutzungen wurde im Stadtgebiet Duisburg das Instrument zur Erfassung der flächenhaften Bodenbelastung im Siedlungsbereich entwickelt und umgesetzt, wobei im Fall Duisburgs aufgrund der vermuteten Hauptbelastungsursache insbesondere die Erfassung der immissionsbedingten Bodenbelastung im Fokus stand.

Erfassung der immissionsbedingten Bodenbelastung

Ziel dabei war die Schätzung der Schadstoffgehalte im Oberboden

mittels Interpolation punktbezogener Messungen. Zunächst sollte die Methodik im Rahmen des Testgebietes im Duisburger Süden entwickelt und validiert werden, um sie bei Erfolg auf den gesamten Siedlungsbereich zu übertragen.

Der gewählte Ansatz zur Erstellung einer Bodenbelastungskarte ging zunächst von einem dominierenden Beitrag der Immissionsbelastung auf den Oberboden aus. Durch gezielte Probenahme auf für lange Zeit nicht veränderten Rasenflächen, deren Eignung mithilfe von aktuellen und historischen Luftbildern zu überprüfen war, wurden die Belastungen oberflächennaher Bodenschichten durch die Staubdeposition flächenhaft erfasst. Die Probenahme erfolgte dabei für die Tiefen 0–10 cm und 10–30 cm [6].

Nicht berücksichtigt wurden die Überschwemmungsgebiete mit ihrer besonderen Belastungssituation [5]. Ebenso ausgeschlossen wurden in der Regel Standorte im Bereich von Altstandorten und Altablagerungen sowie Standorte, bei denen Befragungen der Eigentümer Hinweise auf kürzlich erfolgte Veränderungen des Bodens ergaben.

Weitere Kriterien der Prüfung, inwieweit Standorte in Hinblick auf die Fragestellung als valide einzustufen waren, stellten der Gehalt an technogenen Substraten (Erfassung der immissions- und nicht der substratbezogenen Bodenbelastung) und das Durchmischungs-

verhältnis (im Idealfall in der oberen Schicht höhere Belastung als darunter) dar. Standorte mit deutlich höheren Gehalten der unteren Schicht wurden von der Interpolation ausgeschlossen, ebenso Proben mit Gehalten an technogenen Substraten über 10 Vol %.

Die Datenkollektive wurden mittels deskriptiver Statistik inkl. Ausreißertest (nach Grubbs) und Analyse der Verteilung (Normalverteilung vs. log-Normalverteilung) untersucht sowie weiteren bi- und multivariaten statistischen Verfahren unterzogen (Korrelationsanalyse, Regressionsanalyse).

Die validen Punktdaten wurden mithilfe der Variogrammanalyse auf ihren räumlichen Zusammenhang, also ihre Interpolierbarkeit überprüft. Zur Verbesserung der Interpolationsergebnisse im Randbereich des Stadtgebietes wurden benachbarte Daten auf den Territorien der angrenzenden Städte Oberhausen und Mülheim a. d. Ruhr, die nach vergleichbarem Konzept erhoben wurden, mit einbezogen.

Die Interpolation erfolgte auf Basis von 25 × 25 m großen Rasterzellen mit Hilfe des Kriging-Verfahrens unter Verwendung der an die experimentellen Variogramme angepassten theoretischen Variogrammfunktionen. Die Darstellung der interpolierten Gehalte erfolgte für die relevanten Nutzungen des Siedlungsbereichs (d. h. ohne Nutzungen des Außenbereichs, Verkehrsflächen, Gewässer usw.) außerhalb der Überschwemmungsgebiete. Der so berücksichtigte Flächenanteil umfasst mit 115,75 km² etwa die Hälfte des 232,66 km² großen Stadtgebietes.

Als Beispiel zur räumlichen Verteilung der Schadstoffgehalte im Oberboden dient die Karte der für die Tiefe 0–10 cm geschätzten Bleigehalte (s. Abbildung 2). Deutlich sind der Schwerpunkt der Belastung im Duisburger Süden und die flächenhafte Ausdehnung der belasteten Fläche im Stadtgebiet zu erkennen. Ein ähnliches Bild zeigen die Karten für Arsen und Cadmium, wobei für Cadmium die Fläche mit Prüfwertüberschreitungen noch ausgedehnter ausfällt.

Flächenhafte Prüfwertüberschreitungen der immissionsbedingten Bodenbelastung traten in Hinblick auf Arsen, Cadmium, Blei und Benzo(a)pyren auf.

Während im betrachteten Siedlungsbereich die Vorsorgewerte für mindestens einen der betrachteten Parameter annähernd flächendeckend überschritten werden, umfasst die Fläche mit Überschreitung der Prüfwerte für die Schwermetalle Blei (200 mg/kg) und Cadmium (2 mg/kg) über 60 km²; für Arsen und Benzo(a)pyren fällt die entsprechende Fläche deutlich geringer aus.

2.3 Das gebietsbezogene Bewertungskonzept

Die weitergehende Bearbeitung der ermittelten Verdachtsflächen war mit dem üblichen Instrumentarium des Bodenschutzes der Orientierungs- und anschließenden einzelfallbezogenen Detailuntersuchung, so wie sie die BBodSchV vorsieht, nicht zu bewältigen: Zum einen wegen ihres großflächigen Charakters, zum anderen, weil sie – abgesehen von den beprobten Standorten selbst – auf Schätzungen beruhen und daher Anhaltspunkte – nicht aber konkrete Anhaltspunkte – für schädliche Bodenveränderungen nach § 9 (1) BBodSchV liefern [3].

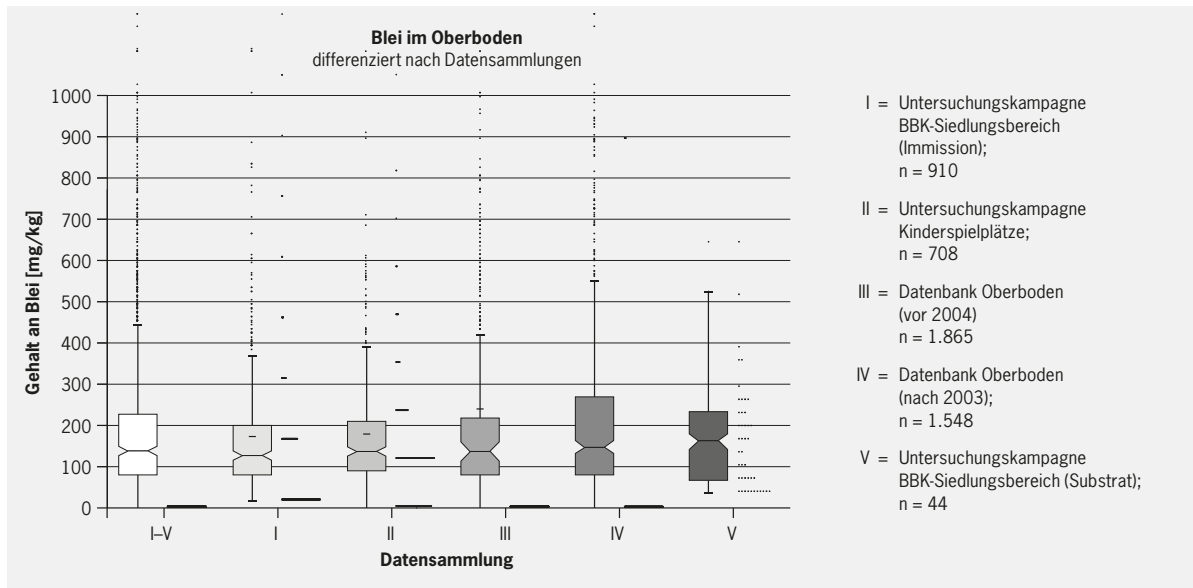


Abbildung 3
Gesamtgehalte an Blei, differenziert nach Datensammlungen

Für Duisburg wurde daher ein Konzept entwickelt, dessen eine Säule die konsequente Ableitung gebietsbezogener Beurteilungswerte als Ergebnis gebietsbezogener Detailuntersuchungen [7] darstellt. Die andere Säule besteht aus einer Matrix angepasster nutzungs-spezifischer Maßnahmen zur Gefahrenabwehr, die neben der Höhe der Belastung auch die Konkretheit des Verdachts auf das Vorliegen schädlicher Bodenveränderungen berücksichtigt, d. h. ob die zugrunde gelegten Schadstoffgehalte auf Messungen oder lediglich auf Schätzungen beruhen.

Letztlich waren im Vergleich zu der großen Fläche mit Prüfwertüberschreitungen im Stadtgebiet Gebiete abzugrenzen, in denen Maßnahmen zur Gefahrenermittlung/-abwehr notwendig sind.

Wegen der grundlegenden Bedeutung des zu entwickelnden Konzeptes und seines erneuten Pilotcharakters wurden diese Arbeiten – wie auch die vorangegangenen und anschließenden – von einer Arbeitsgruppe, in der neben der Stadt Duisburg und dem Gutachter auch die Bezirksregierung Düsseldorf, das *Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz* (LANUV) und das *Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz* des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) vertreten waren, intensiv begleitet.

Als Datengrundlage zur Ableitung gebietsbezogener Beurteilungswerte diente nicht nur das Datenkollektiv zur BBK-S (s. Kapitel 2.2) sondern auch Daten aus dem abgeschlossenen Untersuchungsprogramm Duisburger Kinderspielplätze sowie bei der Stadt Duisburg vorliegende Daten zu Oberbodenmischproben, die unterschiedlichen Kampagnen entstammen, insbesondere aus Untersuchungen von altlastverdächtigen Flächen sowie Bodenuntersuchungen im Rahmen der Ausweisung von Bebauungsplänen. Dieser insgesamt 5.075 Proben umfassende Gesamtdatenbestand wurde zunächst umfangreichen statistischen Analysen unterzogen, um zu prüfen, ob die einzelnen Kollektive überhaupt vergleichbar waren. Dies konnte beispielsweise mit Hilfe von Box- und Whisker-Plots [6] bestätigt werden, was folgende Abbildung 3 exemplarisch für Blei zeigt.

Das Überschneiden der Vertrauensbereiche der jeweiligen Mediane, gekennzeichnet als Einkerbung, zeigt, dass sich die Datensammlungen nicht signifikant in Hinblick auf ihren mittleren Gehalt unterscheiden.

Anschließend wurde geprüft, ob Abhängigkeiten der Verfügbarkeit in Hinblick auf das Vorkommen an technogenen Substraten, auf die Bodenart oder das Vorliegen einer Altlast bestehen. Dies konnte nicht festgestellt werden. Daher war es möglich, einheitliche, sich auf das ganze Stadtgebiet beziehende Beurteilungswerte unter Berücksichtigung von Verfügbarkeitsbetrachtungen abzuleiten.

Die gebietsbezogenen Detailuntersuchungen spiegeln die wesentlichen bodenbezogenen Untersuchungen wider, die auch im Falle der einzelfallbezogenen weiteren Sachverhaltsermittlungen für die relevanten Nutzungsszenarien anzustellen wären [10]. Die Berechnung gebietsbezogener Beurteilungswerte für Arsen, Cadmium und Benzo(a)pyren in Bezug auf den Wirkungspfad Boden-Mensch wurde auf der Basis empirisch ermittelter Zusammenhänge zwischen Gesamtgehalten und verfügbaren Stoffgehalten oder deren prozentualer Anteile durchgeführt. In Abhängigkeit von der Datenlage bzw. den Ergebnissen der Datenauswertung wurde dabei entweder auf Streuungsmaße der statistischen Verteilung (**Perzentile**) für die prozentualen verfügbaren Anteile (für B(a)p) oder auf **Wahrscheinlichkeitsmaße (Konfidenzintervalle)** (für Arsen und Cadmium) für verfügbare Gehalte aus Regressionsgleichungen zurückgegriffen [7] [8]. Die Berechnungen wurden dabei für verschiedene Nutzungsszenarien (Kinderspielflächen, Wohngebiete, Hausgärten) durchgeführt.

Die Perzentilwerte der verfügbaren Anteile wurden genutzt, um die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer Gefahr abzuleiten, wobei dem 5.- und 50.-Perzentil eine besondere Bedeutung zukommt.

◆ **gBW₅**: Wahrscheinlichkeit von 5 % für eine Überschreitung bzw. von 95 % für eine Unterschreitung (= **unterer gebietsbezogener Beurteilungswert** = **gBW-1**)

- ◆ gBW_{50} : Wahrscheinlichkeit von 50 % für eine Überschreitung bzw. 50 % für eine Unterschreitung (Median) (= oberer gebietsbezogener Beurteilungswert = $gBW-2$)

Falls die Bewertung eines Stoffes letztlich auf den resorptionsverfügbaren Gehalten beruht, können unter Verwendung der resorptionsverfügbaren Anteile auf Gesamtgehalten basierende gebietsbezogene Beurteilungswerte gBW berechnet werden. Details können dem LANUV-Arbeitsblatt Nr. 22 „Weitere Sachverhaltsermittlung bei Überschreitung von Prüfwerten nach der BBodSchV für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze“ entnommen werden [10].

$$gBW_x = PW \times 100 / \text{Perzentil}_{(100-x)}$$

mit:

gBW_x = gebietsbezogene Beurteilungswerte mit der Überschreitungswahrscheinlichkeit x [mg/kg] (Angabe als Gesamtgehalt)

PW = Prüfwert [mg/kg]

Perzentil_(100-x) = (100-x)-tes Perzentil der resorptionsverfügbaren Anteile [%]

Beispiel:

Der Prüfwert PW sei 10 mg/kg, als relevantes Perzentil für den verfügbaren Anteil wird das 95. ausgewählt, dies sei ein resorptionsverfügbare Anteil von 45 %

$$gBW_5 = 10 \text{ mg/kg} \times 100 / 45 = 22,22 \text{ [mg/kg]}$$

Der gebietsbezogene Beurteilungswert gBW_5 beträgt demnach 22 mg/kg

Neben dieser Ableitung aus Perzentilen, wurden Regressionsanalysen, die mögliche statistische Zusammenhänge zwischen Gesamtgehalten und verfügbaren Gehalten direkt aufzeigen, als Alternative genutzt [8] [10]. Mit Hilfe von Konfidenzintervallen (d. h. Vertrauensbereiche) für die individuellen Werte können Schwankungsbreiten dieser Zusammenhänge aufgezeigt und Wahrscheinlichkeiten für die Überschreitung definierter Schwellen verfügbarer Gehalte bei bestimmten Konzentrationen der Gesamtgehalte dargestellt werden. Allerdings ist diese Auswertung nur dann sinnvoll, wenn eine ausreichende Korrelation zwischen beiden Variablen besteht.

Im Ergebnis wurde anhand der gebietstypischen Resorptionsverfügbarkeit und der spezifischen Regressionsgleichungen zur Abschätzung des pflanzenverfügbaren Gehaltes aus Gesamtgehalt und pH-Wert der in Anhang 2 BBodSchV unter 1.4 festgelegte integrierte Prüfwert für Cadmium von 2 mg/kg überprüft und für die gebietsspezifischen Bedingungen in Duisburg im Sinne eines Maßnahmenwertes neu berechnet. Wichtig war dabei, die sonstigen Rahmenbedingungen der Ableitung des Prüfwertes nach BBodSchV zu berücksichtigen (z. B. normierte Anbaufläche, Anreicherungsklassen, Verzehrsmengen, Ernteerträge, pH-Werte des Bodens).

Eine grundsätzlich abweichende Vorgehensweise musste für den Parameter Blei gewählt werden, da die letztendliche Festlegung der Prüfwerte der BBodSchV auf Basis epidemiologischer Auswertungen erfolgte.

Zur Herleitung des duisburgspezifischen Beurteilungswertes für Blei wurden für den Duisburger Süden Datenkollektive aus verschiedenen Jahren zu Blutbleigehalten von Kindern sowie zu Bleigehalten in Boden, Deposition und Schwebstaub ausgewertet und auf Gesamtgehalten basierende spezifische Maßnahmenwerte für die Nutzungsszenarien Kinderspielfläche und Wohngebiet abgeleitet. Das Verfahren ist vom Landesumweltamt 2006 im MALBO-Band 23 veröffentlicht [9].

Der für Duisburg auf Basis des Referenzwertes für eine allgemein anzunehmende Blutbleikonzentration von 50 µg/l bei 3–5 Jährigen abgeleitete gebietsbezogene Beurteilungswert für Blei auf Kinderspielflächen beträgt 400 mg/kg, für Wohngebiete 800 mg/kg. Für das Maßnahmenkonzept wurde darüber hinaus eine Blutbleikonzentration von 100 µg/l – wie letztlich als Referenzgröße im Rahmen der Prüfwertableitung der BBodSchV herangezogen – als Maßstab verwendet. Die dazu korrespondierenden Gesamtgehalte berechnen sich auf 950 bzw. 1.900 mg/kg Boden. Es hat sich bestätigt, dass der Anteil des Blutbleigehaltes, der durch den Boden verursacht wird, geringer ausfällt, als es nach den Vorgaben der BBodSchV angenommen wird (zu Details s. [9]).

Folgende Tabelle 1 enthält die für Duisburg abgeleiteten unteren und oberen gebietsspezifischen Beurteilungswerte.

	Arsen			Blei		
	PW	Bemerkungen	$gBW-1/gBW-2$	PW	Bemerkungen	$gBW-1/gBW-2$
Spielfläche	25		40 / 90	200	Auswertung [9]	400 / 950
Wohngebiet	50	Akutwert ^a	100	400	Auswertung [9]	800 / 1.900
Hausgarten	25		40 / 90	200	Auswertung [9]	400 / 950
	Cadmium			Benzo(a)pyren		
	PW	Bemerkungen	$gBW-1/gBW-2$	PW	Bemerkungen	$gBW-1/gBW-2$
Spielfläche	10		15 / 20	2		6 / 12
Wohngebiet	20		30 / 40	4		10 / 23
Hausgarten	2 ^b		2,2 / 5,5	1		3 / 6

Tabelle 1:
Übersicht zu den gebietsbezogenen Beurteilungswerten $gBW-1$ und $gBW-2$ [mg/kg]

a: Berücksichtigung akuter Wirkungen als limitierender Faktor, daher nur ein gBW

b: Integrativer Prüfwert für Hausgärten, der das Kinderspielen und den Anbau von Nutzpflanzen berücksichtigt

PW = Prüfwert nach BBodSchV

$gBW-1$ und $gBW-2$: unterer bzw. oberer gebietsbezogener Beurteilungswert

Bei Überschreitung des gBW-1 und gBW-2 sind Maßnahmen unterschiedlicher Eingriffsintensität umzusetzen.

Die für Duisburg gewählte Vorgehensweise zur gebietsbezogenen Erfassung und Bewertung schädlicher Bodenveränderungen illustriert zusammenfassend folgende Abbildung 4.

Die gBW haben dabei einen direkten handlungsauslösenden Charakter (Maßnahmenwerte), da sie auf gebietsbezogenen Detailuntersuchungen und Verfügbarkeiten basieren. Zu beachten ist, dass die gBW nur für die ausgewiesenen Nutzungen gelten.

2.4 Abgrenzung von Belastungsgebieten

Die Abgrenzung parameterspezifischer Belastungsgebiete erfolgte zunächst auf Basis der im Rahmen der Bodenbelastungskarte interpolierten Gehalte für die Tiefe 0-10 cm, die gemäß den gebietsbezogenen Beurteilungswerten neu klassifiziert wurden.

Zusätzlich wurden die Messwerte selbst zur Abgrenzung derartiger Gebiete herangezogen; nicht zuletzt zum Randabgleich etwaiger Belastungsgebiete. Dadurch können auch Cluster erhöhter Gehalte, die nicht auf der Immission, sondern auf anderen Belastungsursachen beruhen und nicht interpoliert werden können, erkannt und integriert werden. In Analogie zu den flächenhaft geschätzten Gehalten wurde bei den Standorten selbst nur der jeweils oberste beprobte Horizont betrachtet. Die Entscheidung, ob ein derartiges Areal als Belastungsgebiet einzustufen ist, erfolgte anhand der mittleren Gehalte der Messwerte innerhalb dieses Gebietes [6] [8]. Im vorliegenden Fall wurde die Überschreitung der gebietsbezogenen Beurteilungswerte durch das arithmetische Mittel und/oder den Median gewählt.

Die flächenhafte Darstellung der Belastungsgebiete erfolgte nutzungsübergreifend, wobei im Rahmen der Umsetzung von Maßnahmen letztlich nur bestimmte Nutzungen (s. Tabelle 3) zu berücksichtigen sind. Überschwemmungsgebiete, die in der Regel ohnehin dem Außenbereich zuzuschlagen sind, sowie Altstandorte und Altablagerungen, deren Belastungen üblicherweise nicht diffusen Ursachen sondern konkreten Einzelergebnissen zuzuschreiben sind, werden bei der Abgrenzung der Gebiete in der Regel ausgeschlossen (s. u).

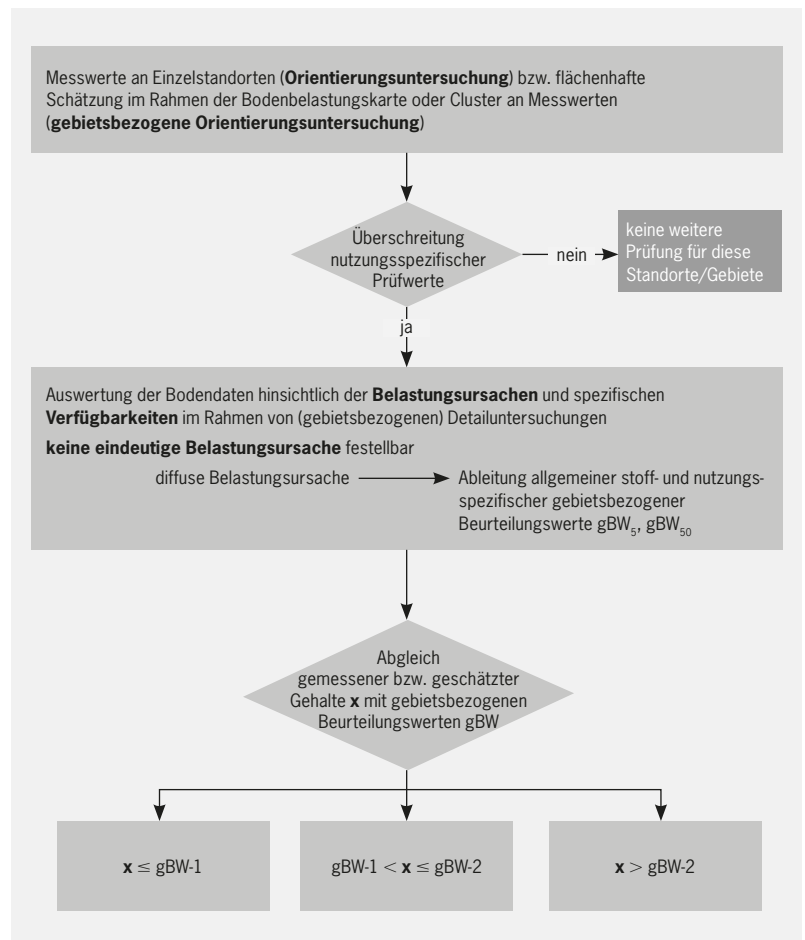


Abbildung 4
Erfassung und Bewertung schädlicher Bodenveränderungen (gebietsbezogener Ansatz für Duisburg)

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Belastungsgebiete mit weitergehendem Handlungsbedarf gegenüber den ursprünglichen, im Zuge der Bodenbelastungskarte ermittelten Gebieten mit prognostizierter Prüfwertüberschreitung deutlich verkleinert werden konnten (vgl. folgende Abbildung 5). Die Kennzeichnung der Gebiete beruht dabei in den meisten Fällen auf einer Überschreitung des unteren gebietsbezogenen Beurteilungswertes für Cadmium in Bezug auf die integrative Nutzung (d. h. Hausgärten mit Kinderspiel und Nahrungspflanzenanbau).

2.5 Das gebietsbezogene Maßnahmenkonzept

Das für Duisburg entwickelte Maßnahmenkonzept kann als parameterspezifische Matrix aufgefasst werden, die sich aus der Nutzung bzw. dem betroffenen Wirkungspfad (Direktpfad bzw. Boden-Nutzpflanze) und den Schadstoffgehalten zusammensetzt. Grundsätzlich wurde dabei zwischen Maßnahmen geringerer Eingriffsintensität (z. B. Anbauempfehlungen, Verminderung des Direktkontaktes) und solchen höherer Eingriffsintensität (z. B. Sanierung i. S. v. Bodenaustausch) differenziert (vgl. Tabelle 2).

Weiterhin war zu unterscheiden zwischen konkreten Anhaltspunkten für die Überschreitung eines Beurteilungswertes, die auf gemessenen Bodenbelastungen eines Standortes basieren, und lediglich Anhaltspunkten, die auf flächenhaften Schätzungen beruhen. Sofern lediglich der Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze betroffen ist, wurde es als zweckmäßig erachtet, ohne grundstücksbezogene Untersuchung als Maßnahmen im Wesentlichen die Einschränkung bzw. das Verbot des Nahrungspflanzenanbaus vorzusehen. Aufgrund des generellen Einzelfallvorbehaltes besteht für die von Maßnahmen betroffenen Nutzer bzw. Eigentümer jedoch weiterhin die Möglichkeit, durch geeignete Detailuntersuchungen nachzuweisen (z. B. gemäß Arbeitsblatt 22 [10]), dass der Gefahrenverdacht im konkreten Fall ausgeräumt werden kann.

Sofern allerdings auch der Direktpfad betroffen ist, sind zumindest die Maßnahmen höherer Eingriffsintensität nur für konkret untersuchte Standorte umsetzbar. Bei einer lediglich auf Schätzungen basierenden, prognostizierten Überschreitung war es also sinnvoll, für die Hauptbelastungsgebiete im Duisburger-Süden in einer anschließenden gebietsbezogenen *Untersuchung zum Maßnahmenbedarf* zu klären, welche Gefahrensituation und welcher Maßnahmenbedarf für die einzelnen Grundstücke tatsächlich gegeben sind.

3. Die Gebietsbezogene Untersuchung zum Maßnahmenbedarf
In den Hauptbelastungsgebieten des Duisburger Südens wurden in den Jahren 2012 bis 2013 insgesamt 552 Grundstücke sensibler Nutzung (d. h. Wohngebiet, Kinderspielflächen, Grabeland und v. a. Hausgärten) in Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Mensch (Direktpfad) und ggf. auch Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze untersucht.

Die Einstufung der Standorte im Rahmen der Gefährdungsabschätzung erfolgte letztlich in fünf Gruppen (vgl. Tabelle 3).

Für die Flächen der Gruppen 3 und 4 ist die Durchführung von Sanierungsuntersuchungen geplant, die

insbesondere auch die Festlegung der für das jeweilige Grundstück vorzugswürdigen Sanierungsvariante zum Ziel haben. Die Regelungen zur Gefahrenabwehr im Fall der Grundstücke der Gruppen 2a bzw. 2b sind hingegen Gegenstand des in Ausweisung befindlichen Bodenschutzgebietes.

4. Bodenschutzgebiet

In Kapitel 3 wurde bereits die Vorgehensweise in den Hauptbelastungsgebieten im Duisburger Süden beschrieben (Gebietsbezogene Untersuchung zum Maßnahmenbedarf). Eine analoge Vorgehensweise bot sich für die übrigen Belastungsgebiete nicht an, da die Zahl betroffener Grundstücke trotz der Eingrenzung auf die Belastungsgebiete immer noch erheblich war (mehrere tausend Grundstücke) und somit die klassischen, im Bundes-Bodenschutzgesetz vorgesehenen Verwaltungsinstrumente (z. B. Anordnung, Sanierungsplan etc.) ungeeignet bzw. mit einem erheblichen Verwaltungs- und nicht absehbaren Zeitaufwand verbunden sind.

Da in den übrigen Belastungsgebieten nahezu ausschließlich der Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze betroffen ist, war es naheliegend, auf Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen als mildestes Mittel zur Gefahrenabwehr zurückzugreifen. Als Maßnahme geringer Eingriffsintensität bei Überschreitung des unteren gebietsbezogenen Beurteilungswertes ist der Nahrungspflanzenanbau auf ein tolerables Maß einzuschränken; bei Überschreitung des oberen gebietsbezogenen Beurteilungswertes ist als Maßnahme höherer Eingriffsintensität hingegen ein Verbot des Nahrungspflanzenanbaus auf den betroffenen Flächen anzustreben.

Das Landesbodenschutzgesetz NRW bietet in § 12 den zuständigen Behörden die Möglichkeit, in derartigen Fallgestaltungen ein Bodenschutzgebiet auszuweisen, in dem die erforderlichen Maßnahmen per Rechtsverordnung verbindlich festgesetzt werden können. Das Bodenschutzgebiet wird dabei in einem geregelten Verfahren unter Beteiligung der Träger öffentlicher Belange und der Öffentlichkeit festgesetzt, was aufgrund der partizipativen Prozesse eine hohe Akzeptanz der festzusetzenden Maßnahmen verspricht. Eine umfangreiche Öffentlichkeitsarbeit begleitet das Projekt; hierzu wurden seitens der IFUA Projekt GmbH und der Stadt Duisburg umfassende Informationsmaterialien erarbeitet [13].

Auf dem Weg zur Ausweisung eines Bodenschutzgebietes war zunächst ein politischer Beschluss des Stadtrates erforderlich, damit die Verwaltung mit der Ausarbeitung einer entsprechenden Rechtsverordnung und zugehöriger Kartenmaterialien beginnen konnte.

Bei der Ausgestaltung der Rechtsverordnung wurde rasch deutlich, dass es aufgrund der unterschiedlich stark ausgeprägten Bodenbelastungen und teilweise noch erforderlicher Eingrenzungsuntersuchungen sowie unter Berücksichtigung der geographischen Verhältnisse in Duisburg sinnvoll ist, drei einzelne Bodenschutzgebiete auszuweisen; dementsprechend wird es künftig in Duisburg die Bodenschutzgebiete Duisburg-Süd, Duisburg-West und Duisburg-Nord geben. Mit der Ausarbeitung der entsprechenden Text- und Kartenmaterialien wurde für den Bereich mit den höchsten

Tabelle 2:
Übersichtstabelle zum
Bewertungsschema

Stufe	Wertebereich	Einstufung Belastung	Konsequenzen
I	Messergebnis ≤ PW	gering	nein
II	PW < Messergebnis ≤ gBW-1	mittel	evtl. Empfehlungen im Rahmen der Vorsorge
III	gBW-1 < Messergebnis ≤ gBW-2	hoch	Maßnahmenbedarf (geringere Eingriffsintensität)
IV	Messergebnis > gBW-2	sehr hoch	Maßnahmenbedarf (hohe Eingriffsintensität)

< kleiner als, > größer als
PW: Prüfwert der BBodSchV
gBW-1: für die Stadt Duisburg abgeleiteter unterer gebietsbezogener Beurteilungswert
gBW-2: für die Stadt Duisburg abgeleiteter oberer gebietsbezogener Beurteilungswert

Bodenbelastungen und damit der höchsten Priorität für Maßnahmen zur Gefahrenabwehr begonnen; dabei handelt es sich um den Bereich des Bodenschutzgebietes Duisburg-Süd, das sich über weite Teile des Stadtgebietes südlich der Ruhr und östlich des Rheins erstreckt (vgl. Abbildung 6).

Das Bodenschutzgebiet Duisburg-Süd gliedert sich wiederum in drei Teilgebiete:

- ◆ **Teilgebiet 1** weist die höchsten Bodenbelastungen auf und deckt sich mit dem Gebiet, in dem die gebietsbezogenen Untersuchungen zum Maßnahmenbedarf gem. Kap. 3 umgesetzt worden sind; hier werden die unteren sowie teilweise auch die oberen gebietsbezogenen Beurteilungswerte in Bezug auf den Wirkungspfad Boden-Mensch v. a. für den Parameter Blei und darüber hinaus die oberen gebietsbezogenen Beurteilungswerte für Cadmium bezüglich des Wirkungspfades Boden-Nutzpflanze (integrative Nutzung Haus- und Kleingarten) überschritten. Als Konsequenz sieht der Entwurf der Rechtsverordnung für dieses Teilgebiet in Bezug auf den Wirkungspfad Boden-Mensch eine grundstücksübergreifende Sanierungsuntersuchung und anschließende Sanierung der belasteten Flächen vor und in Bezug auf den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze ein Verbot des Anbaus von Nahrungspflanzen.
- ◆ **Teilgebiet 2** weist Bodenbelastungen auf, die durch eine Überschreitung des unteren gebietsbezogenen Beurteilungswertes für Cadmium in Bezug auf die integrative Nutzung (Haus- und Kleingärten, Wir-

Gruppe	Anzahl	Anteil [%]	Bodenbelastung
4	68	12,3	sehr hoch bzgl. Direktpfad
3	213	38,6	hoch bzgl. Direktpfad
2a	60	10,9	gering bis mittel bzgl. Direktpfad sowie sehr hoch bzgl. Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze
2b	145	26,3	gering bis mittel bzgl. Direktpfad sowie hoch bzgl. Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze
1	66	12	gering bis mittel bzgl. Direktpfad sowie gering bis mittel bzgl. Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze
Summe	552	100	

kungspfad Boden-Nutzpflanze) charakterisiert sind; die oberen gebietsbezogenen Beurteilungswerte werden für diesen Wirkungspfad i.d.R. nicht überschritten. Im Entwurf der Rechtsverordnung ist als Schutz- und Beschränkungsmaßnahme eine Beschränkung der Anbaufläche für Nahrungspflanzen auf 10 m² pro Garten vorgesehen, die sich wie folgt begründet:

Im Rahmen des gebietsbezogenen Bewertungs- und Maßnahmenkonzeptes (vgl. Kapitel 2.3) wurden Regressionsgleichungen für den Zusammenhang zwischen der zulässigen Anbaufläche und den gemessenen Gesamtgehalten an Cadmium im Boden für verschiedene pH-Werte abgeleitet. Bei einem zugrunde gelegten pH-Wert von 6,0 und einem Gesamtgehalt an Cadmium von 5,5 mg/kg (entspricht

Tabelle 3:
Übersicht zu den untersuchten Grundstücken inkl. Einstufung der Gruppen der Bodenbelastung

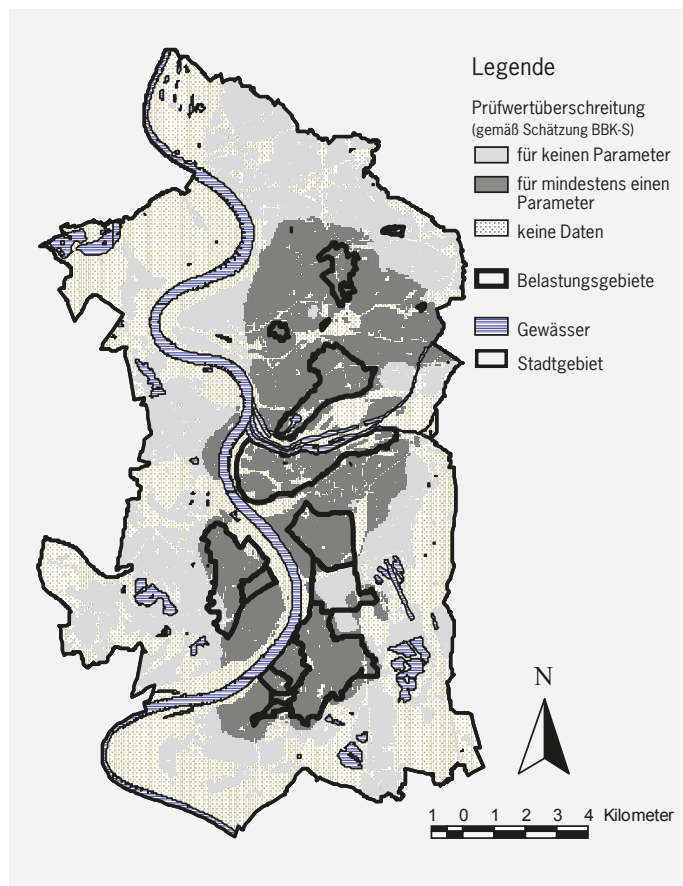


Abbildung 5
Gebiete mit prognostizierter Prüfwertüberschreitung und Belastungsgebiete



Abbildung 6
Übersichtskarte Bodenschutzgebiet Duisburg-Süd

gBW-2) berechnet sich unter Beachtung der tolerablen Cd-Dosis von 0,3 µg Cd / (kg KG * d) und des zu erwartenden Ernteertrages pro m² Nutzbeet eine zulässige Anbaufläche von 12 m². Im Zuge einer Worst-Case-Betrachtung (noch etwas höhere Cd-Gehalte, noch etwas niedrigere pH-Werte, überproportionaler Anbau Cd-anreichernder Nahrungspflanzen etc.) ergibt sich die im Teilgebiet 2 festgelegte Anbaufläche von 10 m² pro Garten.

- ◆ **Teilgebiet 3** weist eine Überschreitung der Vorsorgewerte und teilweise der Prüfwerte auf; die unteren gebietsbezogenen Beurteilungswerte werden jedoch nicht überschritten. Eine Gefahrenlage besteht in Teilgebiet 3 nicht, es liegen jedoch flächenhaft siedlungsbedingt erhöhte Schadstoffgehalte im Oberboden vor.

In Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten ist gemäß §12 Abs. 10 BBodSchV „eine Verlagerung von Bodenmaterial innerhalb des Gebietes zulässig, wenn [...] insbesondere die Schadstoffsituation am Ort des Aufbringens nicht nachteilig verändert wird.“

Für das gesamte Bodenschutzgebiet wurden daher Beurteilungswerte für die Bodenumlagerung auf Basis der im Duisburger Stadtgebiet nachgewiesenen, siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalte abgeleitet, die bei Bodenumlagerungen innerhalb des Bodenschutzgebietes (Teilgebiete 1 bis 3) gelten.

Die Auswertung der Bodenbelastungskarte für den Siedlungsbereich Duisburg zeigt, dass in weiten Teilen des Stadtgebietes für die Parameter Arsen, Blei, Cadmium und Zink erhöhte Gehalte vorliegen. Nur in einigen randlich gelegenen Stadtteilen werden die Vorsorgewerte noch weitestgehend eingehalten. Um eine Bodenverschlechterung dieser Bereiche auszuschließen, wurden diese Stadtteile nicht dem Gebiet mit siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten zugeordnet.

Für das Bodenschutzgebiet wurden gemäß Merkblatt 57 des Landesumweltamtes NRW [8] Beurteilungswerte zur Bodenumlagerung abgeleitet, welche die Funktion von Vorsorgewerten übernehmen. Zunächst wurden dazu diejenigen Datensätze aus dem Gesamtdatensatz des gebietsbezogenen Bewertungs- und Maßnahmenkonzeptes Duisburg [14] ermittelt, welche im Gebiet mit Überschreitung der Vorsorgewerte aber Unterschreitung der Prüfwerte liegen. Datenpunkte, die

in Belastungsgebieten oder auf Altlastenverdachtsflächen liegen, wurden verworfen.

Für den erwiesenermaßen am höchsten belasteten obersten Horizont (0–10 cm) wurde der Median (Hintergrundwert) eines jeden Parameters bestimmt. Sofern dieser über dem Vorsorgewert der BBodSchV für die Bodenart Lehm/Schluff liegt, wurden zur Ableitung der Beurteilungswerte zur Bodenumlagerung nachfolgend die 75. und 90. Perzentile bestimmt. Die Vorsorgewerte für die Bodenart Lehm/Schluff wurden gewählt, da aufgrund der anthropogenen Beeinflussung der Duisburger Böden eine allgemeine Unterteilung in die Bodenarten Sand, Lehm/Schluff und Ton nicht sachgerecht wäre. Das Ergebnis der durchgeführten Berechnungen kann folgender Tabelle 4 entnommen werden.

Für die Parameter Chrom, Kupfer, Quecksilber, Nickel und Benzo(a)pyren liegen die ermittelten Medianwerte unterhalb der Vorsorgewerte (Lehm/Schluff). Es gelten für diese Parameter daher für die Bodenumlagerung weiterhin die Vorsorgewerte der BBodSchV.

Für die Parameter Arsen, Blei, Cadmium und Zink erfolgte hingegen die Ermittlung von Beurteilungswerten für die Bodenumlagerung. Gemäß Merkblatt 57 [8] sind hierfür im Regelfall die 90. Perzentile festzulegen. Für Duisburg liegen diese jedoch sehr nah an den Prüfwerten der BBodSchV. Um einen ausreichenden Abstand zu den Prüfwerten gewährleisten zu können, ist es zweckmäßig, die Beurteilungswerte zur Bodenumlagerung anhand der Wertespanne zwischen dem 75. und dem 90. Perzentil festzulegen.

Die 2009 im Regionalen Flächennutzungsplan (RFNP) der Planungsgemeinschaft Städteregion Ruhr (Bochum, Essen, Gelsenkirchen, Herne, Mülheim an der Ruhr und Oberhausen) festgelegten Beurteilungswerte der Bodenart Lehm/Schluff bewegen sich für die Parameter Arsen, Cadmium, Blei und Zink auf einem Niveau, das überwiegend zwischen den 75. und 90. Perzentilen der für Duisburg ermittelten Werte liegt. Somit sind diese Werte auch für Duisburg charakteristisch.

Demnach ist es zur interkommunalen Vereinheitlichung möglich und sinnvoll, ebendiese Werte aus dem RFNP als Beurteilungswerte für die Bodenumlagerung in Gebieten mit siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten auch in Duisburg festzulegen.

Abweichend zu den in Anhang 2 Nr. 4 der BBodSchV aufgeführten Vorsorgewerten ergeben sich somit die in Tabelle 5 aufgeführten Beurteilungswerte für die Bodenumlagerung:

Parameter	[mg/kg]
Arsen	20
Cadmium	1,5
Chrom	60 ⁽¹⁾
Kupfer	40 ⁽¹⁾
Quecksilber	0,5 ⁽¹⁾
Nickel	50 ⁽¹⁾
Blei	150
Zink	400
Benzo(a)pyren	0,3/1 ⁽²⁾
PAK	3/10 ⁽²⁾
PCB	0,05/0,1 ⁽²⁾

* in mg/kg Trockenmasse, Feinboden, Analytik nach Anhang 1 BBodSchV
(1) Für die Umlagerung reiner Sandböden gelten abweichend folgende Werte:
Cr: 30 mg/kg, Cu: 20 mg/kg, Hg: 0,1 mg/kg, Ni: 15 mg/kg
(2) Humusgehalt kleiner/größer 8 %

Tabelle 5: Beurteilungswerte zur Bodenumlagerung in Duisburg*

Tabelle 4: Übersicht der zur Ableitung der Beurteilungswerte ermittelten Perzentile

Parameter	Valide Datensätze	Median	75. Perzentil	90. Perzentil	Vorsorgewert BBodSchV (Lehm/Schluff)
					[mg/kg]
Arsen	431	12	17	21	–
Cadmium	431	1,2	1,6	2,0	1
Chrom	431	30	–	–	60
Kupfer	431	27	–	–	40
Quecksilber	431	0,14	–	–	0,5
Nickel	431	18	–	–	50
Blei	431	100	140	190	70
Zink	431	240	330	450	150
Benzo(a)pyren (> 8 % Humus)	351	0,19	–	–	0,3 (1)

fett: Vorsorgewert (Lehm/Schluff bzw. > 8 % Humus) gem. BBodSchV unterschritten

5. Ausblick

Das Beteiligungsverfahren zur Ausweisung des Bodenschutzgebietes Duisburg-Süd wird derzeit durchgeführt. Die formale Festsetzung wird aller Voraussicht nach noch im Jahr 2015 erfolgen.

Danksagung

Das Projekt wird unterstützt durch das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV).

Ein besonderer Dank gilt zudem den Herren Ulrich Heinz und Kristian Kuylaars, die lange Jahre das Projekt für die Stadt Duisburg begleitet haben.

Literatur

- [1] Roden, v. G. (1974): Geschichte der Stadt Duisburg II. Die Ortsteile von den Anfängen, die Gesamtstadt seit 1905. Walter Braun Verlag; Duisburg.
- [2] Radtke, U., Thönnessen, M., Gerlach, R. (1997): Die Schwermetallverteilung in Stadtböden. In: Geographische Rundschau, 49, Heft 10, S. 556–561.
- [3] BBodSchV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 17.07.1999. Bundesgesetzblatt, Nr. 39, S. 1554.
- [4] IFUA (1999): Institut für Umwelt Analyse Projekt-GmbH: Gutachten zur Bodenbelastung in Duisburg – Hüttenheim. Ergebnisbericht. Im Auftrag des Landesumweltamtes NRW. Bielefeld.
- [5] LUA (2000): Landesumweltamt Nordrhein Westfalen: Leitfaden zur Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten – Teil I: Außenbereiche; LUA Merkblätter Nr. 24; Essen.
- [6] LANUV (2007): Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein Westfalen: Leitfaden zur Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten – Teil II: Siedlungsbereiche; LANUV-Arbeitsblatt 1; Recklinghausen.
- [7] MUNLV (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW) (2004): Leitfaden zur Ausweisung von Bodenschutzgebieten.
- [8] LUA (LANDESUMWELTAMT NRW) (2006): Anleitung zur Ermittlung und Abgrenzung von Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten in Böden (GE-Anleitung Merkblatt Nr. 57); Essen.
- [9] LUA (LANDESUMWELTAMT NRW) (2006): Übergreifende Auswertung von Boden-, Immissions- und Humandaten zur Schwermetallbelastung im Duisburger Süden; Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz; MALBO 23; Essen.
- [10] LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW) (2014): Weitere Sachverhaltsermittlung bei Überschreitung von Prüfwerten nach der BBodSchV für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze“, LANUV-Arbeitsblatt Nr. 22; Recklinghausen
- [11] LbodSchG (2000): Gesetz zur Ausführung und Ergänzung des Bundes-Bodenschutzgesetzes in Nordrhein-Westfalen – LbodSchG – vom 09.05.2000. Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, Nr. 29, S. 439–444; Düsseldorf.
- [12] IFUA (2000): Institut für Umwelt Analyse Projekt-GmbH: Digitale Bodenbelastungskarte Duisburg; 2. Sachstandsbericht; Gutachten im Auftrag der Stadt Duisburg; unveröffentlicht.
- [13] IFUA (2014): Institut für Umwelt Analyse Projekt-GmbH: Bodenschutzgebiet Duisburg-Süd, Informationsbroschüre; im Auftrag der Stadt Duisburg.
- [14] IFUA (2011): Institut für Umwelt Analyse Projekt-GmbH: Gebietbezogenes Bewertungs- und Maßnahmenkonzept Duisburg, Projektbericht im Auftrag der Stadt Duisburg, unveröffentlicht.

Anschriften der Autoren

Dr. Dietmar Barkowski, Gerald Krüger

IFUA-Projekt-GmbH
Milser Straße 37, 33729 Bielefeld
dietmar.barkowski@ifua.de
gerald.krueger@ifua.de

Christof Ibels, Juliane Richter, Sven Westerkofsky

Stadt Duisburg, Amt für Umwelt und Grün
47049 Duisburg
c.ibels@stadt-duisburg.de
j.richter@stadt-duisburg.de
s.westerkofsky@stadt-duisburg.de