

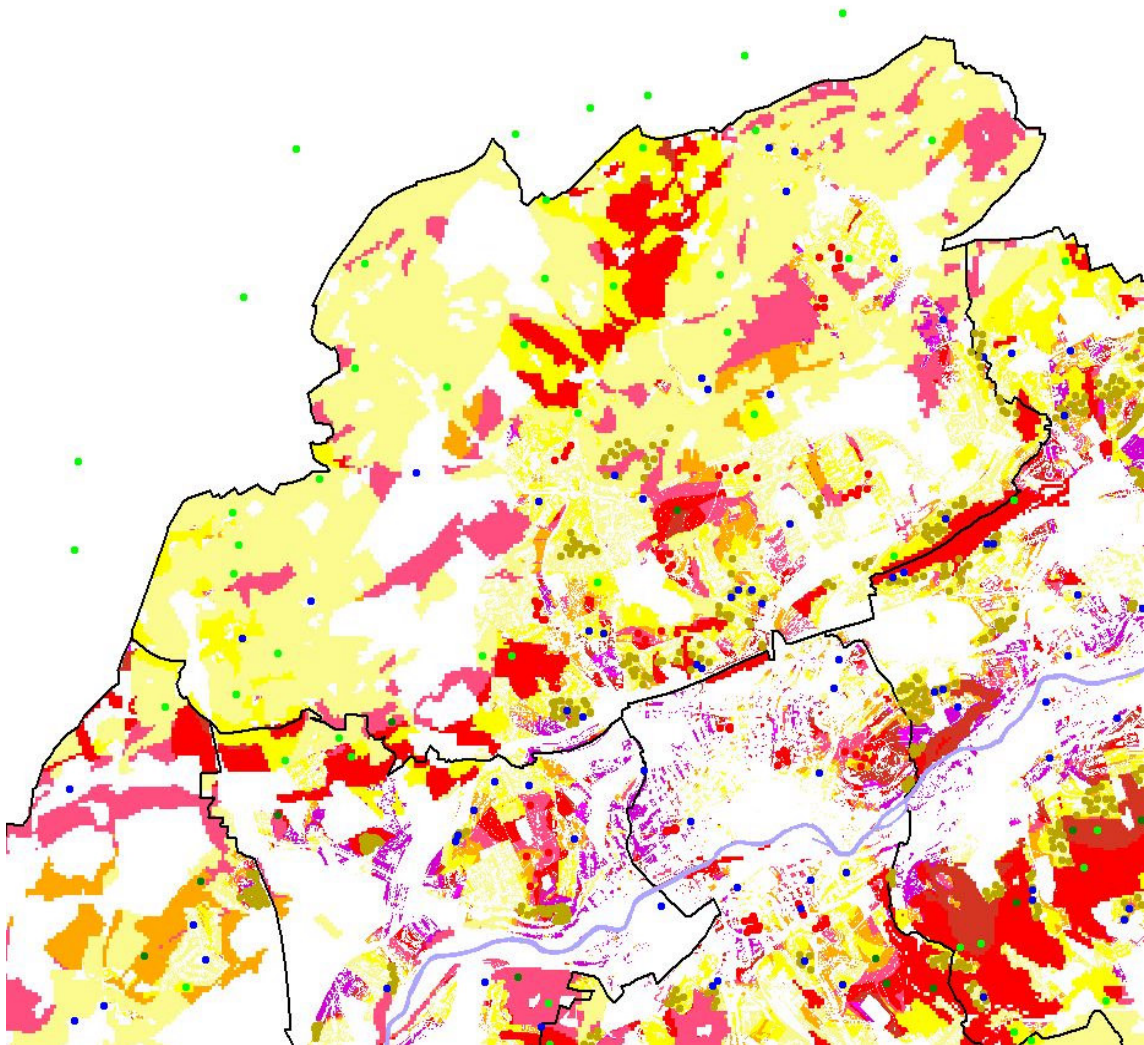
Umweltschutz in Wuppertal

Digitale Bodenbelastungskarten

Projektleitung und Bearbeitung

Reinhard Gierse (Stadt Wuppertal; R106)

Dr. Peter Reinirkens (Institut für Stadtökologie und Bodenschutz)



2004

1. Einleitung und Hintergrund

Die lange Industriege-
schichte von Wupper-
tal ...

... hat zu zahlreichen
Bodenbelastungen
geführt.

Einige wichtige Auf-
gaben des neuen
Bodenschutzrechts

.... können durch
Bodenbelastungskarten
(BBK) erfüllt werden.

Die Stadt Wuppertal weist eine über 200 Jahre lange Industriegeschichte auf. Sie zählt damit zu den ältesten Gewerbe- und Industriestädten Deutschlands. Hier stand die Wiege der Chemieindustrie, genauso wie ein Schwerpunkt der Textilindustrie mit Färbereien und Metallverarbeitung. Die frühindustriellen Verfahren haben zu größeren Umweltbelastungen geführt als die modernen Verfahren es heute tun. In den Böden der Stadt sind ihre Hinterlassenschaften bis heute erhalten geblieben, was sich auch durch das Vorhandensein von ca. 17.500 Altablagerungen und Altstandorte sowie den Bodenbelastungen auf Kinderspielflächen und in Kleingartenanlagen ausdrückt.

Durch das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG), die entsprechende Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) sowie das am 13.04.00 verabschiedete Landesbodenschutzgesetz (§5 Abs.1 LbodSchG) ist die Stadt Wuppertal verpflichtet, schädliche Bodenveränderungen und entsprechende Verdachtsflächen zu erfassen. Hierzu können auch digitale Bodenbelastungskarten (BBK) herangezogen werden (§5 Abs.2 LbodSchG). Darüber hinaus können diese Bodenbelastungskarten dazu genutzt werden, die folgenden gesetzlichen Aufgaben zu erfüllen:

- Ermittlung und Abgrenzung von Gebieten, in denen die Vorsorgewerte der BBodSchV überschritten sind.
- Ermittlung von Hintergrundwerten, wenn die Vorsorgewerte der BBodSchV überschritten sind.
- Ermittlung von ersten Grundlagen für die Festlegung von Bodenschutzgebieten.
- Ermittlung und Abgrenzung von Gebieten, die für das Auf- und Einbringen von Materialien nach BBodSchV sowie für die Verwertung von Abfällen nach Bioabfallverordnung (BioAbfV) und Abfallklärslammverordnung (AbfKlärV) geeignet sind.
- Ermittlung von Flächen mit Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen gemäß des §2 BBodSchG (Überschreitungen der Prüf- und Maßnahmenwerte).
- Ermittlung von Flächen gemäß §5 Abs.3 Nr.3 BauGB (FNP) zur Kennzeichnung von Flächen im Rahmen der Bauleitplanung.

Bodenbelastungskarte (BBK) ist für den Außenbereich seit 2000 fertig.

In den Jahren 1998 bis 2000 wurde diese digitale Bodenbelastungskarte (BBK) für land- oder forstwirtschaftlich genutzte Böden (Außenbereich) der Stadt Wuppertal erstellt. Damit liegen für diese naturnahen Böden flächenhafte Aussagen zu ihrer Belastung mit verschiedenen Metallen und den Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) vor. Die folgenden Ergebnisse wurden in der Sitzung des Umweltausschusses am 30.08.2002 vorgestellt (vgl. Drs. 3050/00):

Vorsorgewerte werden fast immer überschritten, ...

- Für die naturnahen Nutzungen im Stadtgebiet von Wuppertal liegen erstmals flächenhafte Darstellungen von Schadstoffgehalten der Böden vor.
- Die Vorsorgewerte der BBodSchV sind auf einem Großteil der Flächen überschritten. Einschränkungen beim Auf- und Einbringen von Bodenmaterialien und beim Aufbringen von Biokomposten und Klärschlämmen sind damit verbunden (s. Kap. 3.2).
- Die höheren Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV werden auf fast allen land- und forstwirtschaftlicher Flächen unterschritten. Ein Gefahrenverdacht ist nicht gegeben, sofern keine Altablagerungen oder Altstandorte vorhanden sind und die gute fachliche Praxis bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung angewendet wird (s. Kap. 3.3). Nur auf wenigen Flächen mit Prüf- und Maßnahmenwertüberschreitungen musste eine Einzelfallprüfung durchgeführt werden (s. Kap. 3.1).
- Die meisten Acker- und Grünlandböden unterschreiten die vorsorgeorientierten Beurteilungswerte und die sensibelsten Prüfwerte für eine potentielle Siedlungsentwicklung.

... Prüf- und Maßnahmenwerte dagegen selten.

BBK soll für den Siedlungsbereich fortgeschrieben werden.

Der Siedlungsbereich wurde bislang ausgeklammert, da es eine anerkannte Methode nur für den Außenbereich (Land- und Forstwirtschaft) gab. Die BBK soll aber für den Siedlungsbereich fortgeschrieben werden, da Informationen zur flächenhaften Bodenbelastung unbedingt benötigt werden:

- Die Schadstoffbelastung der Siedlungsböden ist höher und daher muss von Nutzungskonflikten ausgegangen werden.
- Bei Planungs- und Baugenehmigungsverfahren (Rechtssicherheit) sowie zum Schutz der Bürger und Bürgerinnen sind alle potentiellen Bodenbelastungen zu berücksichtigen.
- Für die Beurteilung von Altlastenfällen ist es notwendig, die Belastung von der regionalen Hintergrundbelastung abzugrenzen.

- Die Kenntnis der flächenhaften Bodenbelastung im gesamten Stadtraum ist notwendig für die Prioritätensetzung bei der Bearbeitung von schädlichen Bodenveränderungen.

Im Rahmen eines Pilotprojektes im Land Nordrhein Westfalen wurde in Wuppertal erstmals ein Verfahren entwickelt und angewendet, mit dem nun flächenhafte Aussagen zu Stoffgehalten in Siedlungsböden gemacht werden können. Mit der Durchführung wurde das Institut für Stadtökologie und Bodenschutz Dr. Reinirkens in Witten beauftragt. Das Projekt wurde vom Land NRW gefördert und durch das Landesumweltamt NRW fachlich begleitet.

2.

Bodenbelastungskarte - Siedlungsbereich

Vorhandene Daten und Karten ...

In einem Testgebiet wurde eine Methode entwickelt und angewendet, die dann in einem nächsten Schritt auf das gesamte Stadtgebiet übertragen wurde.

Zuerst wurden alle relevanten Daten und Karten zusammengestellt, auf ihre Eignung für die Bodenbelastungskarte geprüft und in das EDV-System eingestellt (s.a. Anhang 1). Hierzu zählen die folgenden Programme:

- Bodenmessprogramm
- Kinderspielplatzuntersuchungen
- Kleingartenuntersuchungen
- Waldbodenuntersuchungen
- Bodenuntersuchungen zu Planverfahren und Liegenschaftsverkehr

Als Flächeninformationen wurden darüber hinaus die folgenden Daten genutzt:

- Digitales Landschaftsmodell (ATKIS)
- Generalentwässerungsplan (versiegelte Flächen)
- Bodenbelastungskarte (Außenbereich)
- Grünanlagen (FNP und Grünflächendatei)
- Altablagerungen/Altstandorte
- Historische Karten zur Nutzungsgeschichte im Testgebiet
- Altersdifferenzierung in den Baublöcken (Kommunalstatistik)
- Luftbilder von 1928 und 1999
- Grundlagenkarten (z.B. Topografische Karte, Deutsche Grundkarte, Bodenkarten)

... wurden in ein GIS eingebunden.

Erreicht wurde dabei eine einheitliche Datenführung und eine Integration der räumlichen Daten in ein GIS (ArcView).

2.1

Vorgehen und Ergebnisse zum Testgebiet

Das Testgebiet liegt im nördlichen Bereich der Stadt Wuppertal. Es erstreckt sich über die Stadtbezirke Elberfeld, Elberfeld-West und Uellendahl-Katernberg und umfasst eine Gesamtfläche von etwa 19 km² (s. Abb. 1).

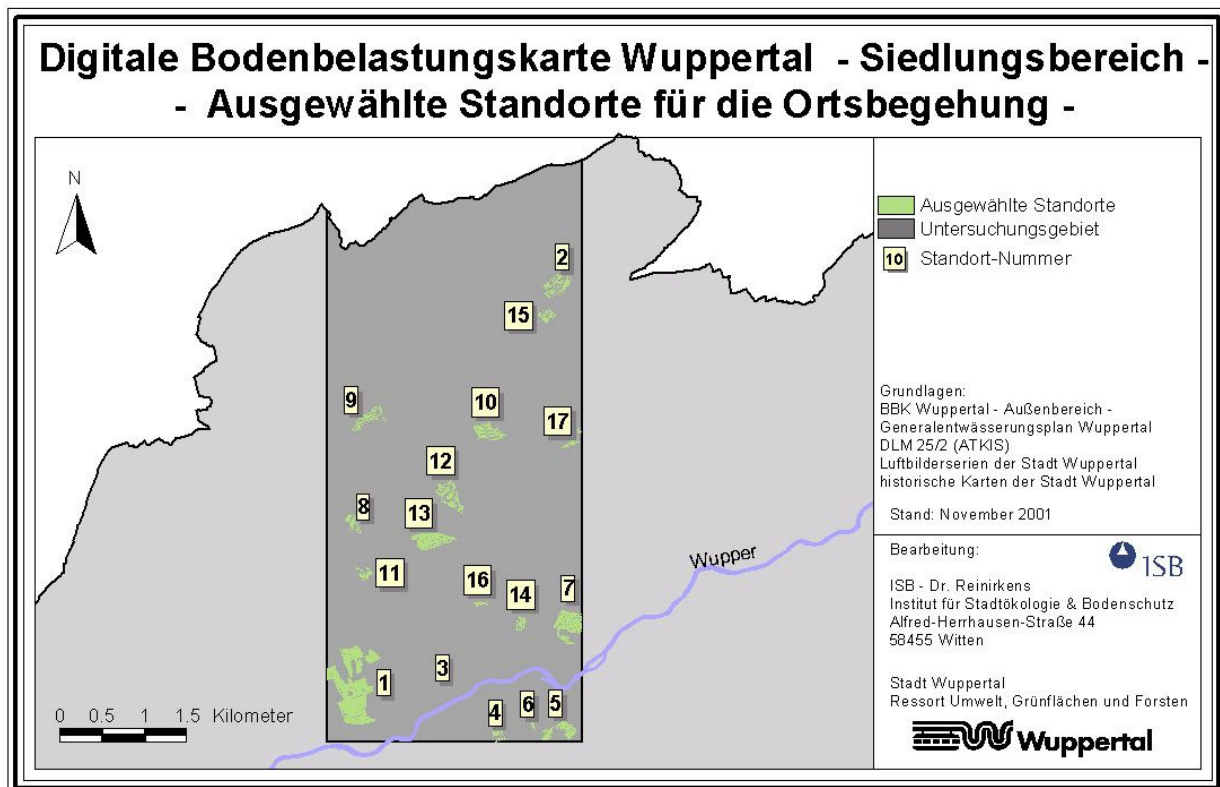


Abb. 1: Lage der ausgewählten Standorte für die Ortsbegehung und Probenahme (Testgebiet)

Bodenuntersuchungen
im Testgebiet ...

... an 17 Standorten.

Für das Untersuchungsgebiet lagen einige Ergebnisse von Bodenuntersuchungen vor. Darüber hinaus wurden noch weitere Bodenuntersuchungen durchgeführt.

Insgesamt wurden 17 Standorte ausgewählt, an denen 63 Flächen beprobt wurden (s. Abb. 1). Im Anhang 2 sind die Standorte und die Anzahl der ausgewählten Teilflächen je Standort aufgeführt. Zur Vorbereitung der Bodenuntersuchungen wurden die folgenden Arbeiten durchgeführt:

- Besorgung von Leitungsplänen bei den Stadtwerken Wuppertal und der Deutschen Telekom
- Eigentümerermittlung und Terminabsprache mit den Grundstückseigentümern für die Beprobung

Ergebnisse zum Testgebiet

Raumeinheiten mit einheitlichen Belastungen wurden gebildet.

Das Verfahren der digitalen Bodenbelastungskarte beruht auf einem Raumeinheitenansatz. Es werden Raumeinheiten mit vergleichbaren Belastungen durch Kombinationen verschiedener Faktoren (z.B. Ausgangsgestein, Bodennutzung und Überschwemmungseinfluss) gebildet. Durch die Kombination von statistischen Kenngrößen (z.B. Mittelwert) der Raumeinheiten mit der räumlichen Verteilung entsteht eine Abschätzung der Stoffgehalte in den Oberböden.

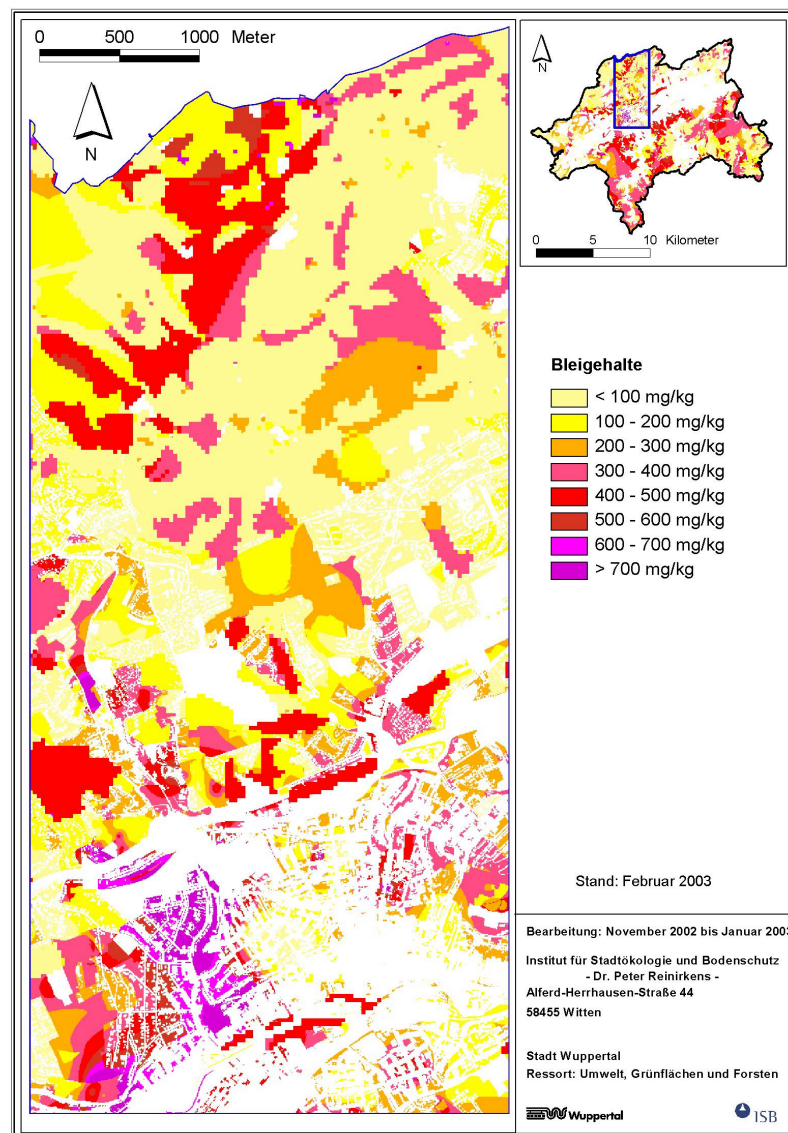


Abb. 2: Geschätzte Bleigehalte für das Testgebiet

Siedlungsalter ist entscheidendes Kriterium.

Das beste Ergebnis zeigt sich, wenn verschiedene Altersklassen differenziert werden. Das Alter der Bebauung ist somit ein Abgrenzungskriterium für Raumeinheiten gleicher Belastungen. Eine aufwändige Differenzierung nach Belastungsursachen (z.B. Bodenbearbeitungen, Immissionen, Hausbrandasche) kann so entfallen. Dabei ist völlig klar, dass diese Nutzung im Laufe der Zeit auch Wandlungen unterlegen ist. Allerdings sind auch diese Wandlungen zeitabhängig und als typisch einzustufen.

Für die acht Stoffe, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn und B(a)P sind Karten erstellt worden, wobei die Ergebnisse in die bereits vorhandenen Ergebnisse integriert werden können (s. Abb. 2).

Hohe Bleibelastung im städtischen Kern ...

Wichtig sind die Ergebniskarten der geschätzten Stoffgehalte sowie deren Auswertungen hinsichtlich der BBodSchV. Die höchsten Gehalte mit einer großen Schwankungsbreite befinden sich in den ältesten Teilen des Testgebietes. Hier ist der Kern von Wuppertal-Elberfeld zu nennen, soweit es sich um Wohn- oder Mischgebiete handelt. Erhöht sind aber auch die Gehalte in den Böden der Parkanlagen und teilweise auch in den Kleingärten.

... können zu Überschreitungen der Prüfwerte führen.

In den älteren Wohngebieten können Überschreitungen von Prüf- oder Maßnahmenwerten auftreten. Als problematische Stoffe können Blei und B(a)P, untergeordnet auch Cadmium oder Chrom, genannt werden. Die digitale Bodenbelastungskarte deckt für diese Böden Anhaltspunkte für schädliche Bodenveränderungen auf (§9 Abs. 1 BBodSchG).

2.2

Vorgehen und Ergebnisse zum gesamten Stadtgebiet

Ob eine Übertragbarkeit der Methodik auf das gesamte Stadtgebiet möglich ist, sollte als nächstes geprüft werden. Dies geschah ohne weitere Probenahmen im Stadtgebiet durch die Nutzung vorhandener Daten.

Das wichtigste Abgrenzungskriterium für die zu bildenden Raumeinheiten bleibt die Flächennutzung. Weiterhin berücksichtigt werden die oberflächennahen Gesteine sowie der Überschwemmungseinfluss. Als einzige neue Flächennutzung wurde die Kategorie „ländliche Streusiedlungen“ aufgenommen. Hierbei handelt es sich um alte Wohnbebauung, die als Einzelhäuser oder Weiler überwiegend im ländlichen Raum des Stadtgebietes liegen. Nicht betrachtet werden Altstandorte, Gewerbe- und Industrieflächen, alle Verkehrsflächen und Wasserflächen.

Ca. 83 % des Stadtgebietes werden erfasst.

Die Tabelle 1 zeigt alle betrachteten Flächennutzungen und deren Flächengröße. Ca. 83 % des Wuppertaler Stadtgebietes können mit dem gewählten Ansatz bearbeitet werden.

Tab. 1: Betrachtete Raumeinheiten und ihre Flächengrößen

Nr.	Flächennutzungen	Fläche (unversiegelt)	Fläche (gesamt)
0	Acker	13,16	13,45
1	Grünland	25,57	26,88
2	Wald, Grünanlage (Forst/Gehölz)	45,11	47,86
3	Grünanlage (Rasen)	0,62	0,64
4	Kleingartenanlagen	2,55	3,43
5	Wohn- und Mischgebiete (bis 1918)	2,73	7,59
6	Wohn- und Mischgebiete (1919-1948)	2,98	7,48
7	Wohn- und Mischgebiete (im 2. Weltkrieg zerstört und danach wiederaufgebaut)	3,21	8,09
8	Wohn- und Mischgebiete (1949-1968)	7,55	14,21
9	Wohn- und Mischgebiete (nach 1968)	4,32	8,46
10	Ländliche Streusiedlungen	1,45	2,33
alle Raumeinheiten		109,25	140,42

Ergebnisse zur Übertragung auf das gesamte Stadtgebiet

Alle geeigneten Daten aus den Bodenuntersuchungen sind mit den Rauminformationen kombiniert und statistisch ausgewertet worden. In den Tabellen 2 & 3 sind wesentliche Ergebnisse für einige Schadstoffe zusammengefasst. Dargestellt sind der Median¹ (50. Perzentil) und das 90. Perzentil², wobei ausschließlich Messergebnisse aus den Oberböden verwendet wurden. Wie beim Testgebiet weisen die verschiedenen Nutzungen unterschiedliche Stoffgehalte in den Oberböden auf. Bei der Betrachtung des 50. und des 90. Perzentils werden auch die zum Teil großen Spannen deutlich.

Bei der ältesten Nutzung (Wohn- und Mischgebiete bis 1918) erreicht bereits der Median für Blei das Niveau des Prüfwertes (400 mg/kg). Bezüglich des 90. Perzentils für Blei liegen auch die Böden der Wohn- und Mischgebiete, die im Krieg zerstört und heute wiederaufgebaut wurden, über den Prüfwerten. Gleiches gilt für B(a)P in den Böden der ältesten Wohn- und Mischgebiete (4 mg/kg). In diesen Gebieten ist für Blei und B(a)P häufig mit Prüfwertüberschreitungen zu rechnen.

¹ Sortiert man eine Reihe von Messwerten der Größe nach, so ist der Wert in der Mitte dieser Reihe der **Median**. Das heißt 50% der Messwerte liegen darunter.

² Sortiert man eine Reihe von Messwerten der Größe nach, so liegen 90% der Messwerte unterhalb des Wertes.

Tab. 2: Stoffgehalte in Oberböden getrennt nach Flächennutzungen (Mediane)

Flächennutzungen	As	Pb	Cd	BAP	Anzahl
0 Acker	6	52	0,7	0,04	43-54
1 Grünland	7	94	1,0	0,09	106-108
2 Wald / Grünanlage (Forst, Gehölz)	30	360	0,7	0,4	135
3 <i>Grünanlage (Rasen)</i>	<i>17</i>	<i>160</i>	<i>1,0</i>	<i>0,8</i>	<i>5</i>
4 Kleingarten	21	149	1,0	0,5	174-1018
5 Wohn- und Mischgebiete (bis 1918)	16	405	1,2	1,3	26
6 Wohn- und Mischgebiete (1919-1948)	13	174	1,1	1,4	24
7 Wohn- und Mischgebiete (im 2. Weltkrieg zerstört und wieder aufgebaut)	12	264	1,0	0,9	49-51
8 Wohn- und Mischgebiete (1949-1968)	8	100	0,8	0,4	49-50
9 Wohn- und Mischgebiete (nach 1968)	9	95	0,7	0,3	35
10 Ländliche Streusiedlungen	11	174	1,2	0,4	19

(kursiv: nicht aussagefähige Datengrundlage)

Tab. 3: Stoffgehalte in Oberböden getrennt nach Flächennutzungen (90. Perzentil)

Flächennutzungen	As	Pb	Cd	BAP	Anzahl
0 Acker	9	86	1,0	0,14	43-54
1 Grünland	17	167	2,0	0,5	106-108
2 Wald / Grünanlage (Forst, Gehölz)	41	540	1,9	1,1	135
3 <i>Grünanlage (Rasen)</i>	<i>21</i>	<i>300</i>	<i>1,3</i>	<i>3,3</i>	<i>5</i>
4 Kleingarten	46	541	1,8	2,1	174-1018
5 Wohn- und Mischgebiete (bis 1918)	30	1091	2,2	5,3	26
6 Wohn- und Mischgebiete (1919-1948)	20	290	1,9	2,5	24
7 Wohn- und Mischgebiete (im 2. Weltkrieg zerstört und wieder aufgebaut)	19	628	2,7	3,3	49-51
8 Wohn- und Mischgebiete (1949-1968)	18	304	1,4	2,6	49-50
9 Wohn- und Mischgebiete (nach 1968)	17	238	1,3	1,5	35
10 Ländliche Streusiedlungen	16	274	1,7	1,8	19

(kursiv: nicht aussagefähige Datengrundlage)

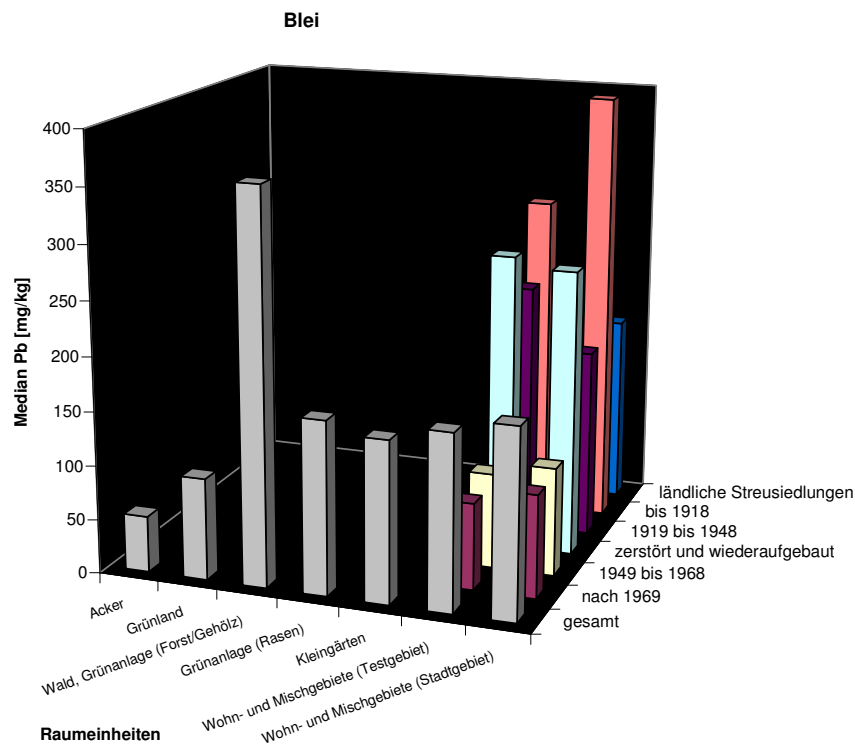


Abb. 3: Mediane für Blei der unterschiedlichen Nutzungen in mg/kg

Ergebnisse des Testgebietes werden bestätigt.

Bei einem Vergleich der Auswertungen aus dem Testgebiet mit denen des gesamten Stadtgebietes sind relativ gute Übereinstimmungen feststellbar. Die Abbildung 3 zeigt dies exemplarisch anhand des Medians für Blei.

Jüngere Wohngebiete sind geringer belastet.

Deutlich werden die großen Belastungsunterschiede, die in Böden der Wohn- und Mischgebiete unterschiedlichen Alters auftreten können. Die jüngeren Wohn- und Mischgebiete zeigen Mediane für Blei, die in der Größenordnung der Mediane für landwirtschaftlich genutzte Böden liegen. Das gilt im Grundsatz für alle Schwermetalle. Ausnahmen sind Arsen und B(a)P.

Der Vorteil der flächenhaften Darstellung besteht darin, dass bestimmte Räumuster der Bodenbelastung aufgedeckt werden können. Grundlage für eine Übertragung von Einzelmesswerten in die Fläche ist dabei eine ausreichende Zahl von Messwerten und eine ausgewogene räumliche Verteilung. Es zeigte sich jedoch, dass in einigen Stadtbezirken keine oder zu wenig Daten vorliegen. Damit können noch keine lokalen Auswertungen (z.B. stadtbezirksbezogene Betrachtungen) oder Auswertungen einzelner Raumeinheiten durchgeführt werden.

2.3

Weiteres Vorgehen

Geforderter Maßstab 1:5.000 für den Siedlungsbereich ...	Die Bearbeitung im Siedlungsbereich erfordert andere Raumaufösungen und kleinräumigere Betrachtungen. Die Grundlagen und Empfehlungen zur Erstellung von Bodenbelastungskarten im Siedlungsbereich führen aus, dass ein Maßstab von 1:5.000 erreicht werden soll (BARKOWSKI et al. 2002).
... ist nicht immer notwendig.	Eine Fortschreibung der Untersuchungsichte, wie sie für die land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden besteht, würde 100 Standorte pro km² bedeuten. Der zusätzliche Untersuchungsaufwand für das Stadtgebiet würde sich somit auf rund 5000 Standorte belaufen. Auch eine Reduzierung auf 25/50 Standorte je km² ergibt einen zusätzlichen Untersuchungsaufwand von ca. 1250/2500 Standorten. Der damit verbundene erhebliche zeitliche und finanzielle Aufwand soll nicht zum Tragen kommen. Der integrative Ansatz von Wuppertal benötigt diese Kleinräumigkeit nicht. Für jede Raumeinheit können unterschiedliche Untersuchungsmaßstäbe und -dichten festgelegt werden. Diese richten sich nach der Größe der Einheiten sowie der Höhe und Heterogenität der Bodenbelastung.
Angepasste Methodik führt ...	Ausgegangen wird zunächst von einer Untersuchungsichte von 25 Standorten pro km². Diese Dichte wird bezogen auf die tatsächlich zu untersuchende Bodenfläche (unversiegelte Fläche). Dies führt zu einer erheblichen Reduzierung der Untersuchungsstandorte, da der Versiegelungsgrad im Durchschnitt bei ca. 50% liegt.
... zu erheblichen Reduzierungen des Untersuchungsaufwandes.	In älteren Wohngebieten sind höhere und heterogenere Bodenbelastungen zu erwarten. Folglich wird die Regeluntersuchungsichte beibehalten. Bei der Bebauung der Nachkriegszeit gibt es kaum Unterschiede zu den landwirtschaftlichen Nutzungen. Eine Reduzierung der Untersuchungsichten ist daher möglich. Auch im Randbereich der Wälder werden weitere Standorte vorgeschlagen, um die Messpunktdichte im Übergangsbereich "Wald ↔ Siedlung" zu erhöhen und die Interpolation zu verbessern.
Ca. 250 neue Untersuchungsstandorte.	In der Summe werden für die Bearbeitung des gesamten Stadtgebietes ca. 250 weitere Untersuchungsstandorte veranschlagt (s. Tab.4). Die Ergebnisse werden geostatistisch ausgewertet und darauf aufbauend die Darstellung der Ergebnisse gewählt.

Tab. 4: Untersuchungsaufwand für eine vollständige Bodenbelastungskarte

Nr.	Flächennutzungen	Untersuchungs- dichte An- zahl/km ²		Fläche unver- siegelt [km ²]	Vorhandene Untersu- chungs- standorte	Anzahl Anlagen	Untersu- chungs- maßstab	Noch er- forderliche Untersu- chungs- standorte
		Ist	Soll					
0	Acker	4	4	13,16	54		1:50.000	0
1	Grünland	4	4	25,57	108		1:50.000	0
2a	Wald	2,5	3	45,11	121		1:50.000	14
2b	Grünanlage (Forst/Gehölz)	4	10	3,30	14	300	1:15.000	19
3	Grünanlage (Rasen)	8	25	0,62	5	300	1:5.000	11
4	Kleingartenanlagen	400	–	2,55	1018	158 (95)		0
5	Wohn- und Mischgebiete (bis 1918)	9,5	25	2,73	26		1:5.000	42
6	Wohn- und Mischgebiete (1919-1948)	8	25	2,98	24		1:5.000	51
7	Wohn- und Mischgebiete (im 2. Weltkrieg zerstört und danach wiederaufgebaut)	16	35	3,21	51		1:5.000 / 1:3.500	61
8	Wohn- und Mischgebiete (1949-1968)	6,5	12,5	7,55	50		1:15.000	44
9	Wohn- und Mischgebiete (nach 1968)	8	10	4,32	35		1:25.000	8
10	Ländliche Streusiedlungen	13	(12,5)	1,45	19		1:5.000	0
	alle Raumeinheiten			109,25	1525			250

3. **Konsequenzen aus der Bodenbelastungskarte**

Aus der Bodenbelastungskarte (Außenbereich) haben sich einige rechtliche Erfordernisse ergeben, die im Folgendem dargestellt sind.

3.1 **Untersuchungen in Flußauen und Überschwemmungsgebiete**

Gefahrenverdacht Auf mehreren Flächen gab es Anhaltspunkte für das Vorliegen von schädlichen Bodenveränderungen. Alle Gebiete liegen im Überschwemmungsgebiet der Wupper unterhalb von Sonnborn bzw. in den Auen von Gelpe bzw. Morsbach. Sie wurden zumeist aufgrund einer Interpolationen zwischen einzelnen Messpunkten ermittelt. Nach einer konkreten Untersuchung (Ortsbegehung, Probenahme und chemische Analyse) wurden die meisten Flächen aus dem Gefahrenverdacht entlassen. Auf zwei Grünlandflächen kommt es jedoch zu Überschreitungen von Maßnahmenwerten.

... auf zwei Flächen

Fläche: Wupperaue "Klärwerk Kohlfurth"

Belastungen durch die Schwermetalle Kupfer und Quecksilber.

Der Maßnahmenwert für Kupfer von 200 mg/kg¹ wird mit einem Gehalt von 276 mg/kg überschritten. Die Fläche wird jedoch nicht zur Beweidung genutzt (Wiesenbrache). Es gehen keine Gefahren von der Bodenbelastung aus, sofern die bestehende Nutzung erhalten bleibt und keine Schafbeweidung stattfindet.

Fläche: Wupperaue "In der Rutenbeck"

Auch hier wird der Maßnahmenwert für Kupfer mit einem Gehalt von 438 mg/kg überschritten. Darüber hinaus überschreitet auch der Quecksilbergehalt mit 3 mg/kg den Maßnahmenwert für Grünlandnutzung (2 mg/kg). Es wird derzeit eine weitergehende Gefahrenbeurteilungen im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze für Kupfer - im Falle einer Schafbeweidung - und für Quecksilber durchgeführt. Insbesondere die zukünftige Nutzung dieser Flächen wird überprüft.

¹ Bei Grünlandnutzung durch Schafe.

3.2

Hintergrundwerte

Aufgrund von Vorsorgewertüberschreitungen ...

Beim Auf- und Einbringen von Materialien in den Boden oder zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht sind die Vorsorgewerte einzuhalten (§12 BBodSchV). Durch das großflächige Überschreiten der Vorsorgewerte im Stadtgebiet von Wuppertal (s. Abb. 4) kann es daher zu Problemen kommen, da Ausnahmen nur unter gewissen Rahmenbedingungen (z.B. keine Schadstofffreisetzung) und nur im Einzelfall zugelassen werden können. Dies ist mit einem zusätzlichen und deutlich erhöhten Aufwand (Untersuchung und Beweisführung) für den Antragsteller verbunden (Mehrkosten und Zeitverlust).

... wurden Hintergrundwerte abgeleitet.

Der §12 (10) BBodSchV enthält aber eine Ausnahmeregelung für die Verlagerung von Bodenmaterialien innerhalb von Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten in Böden. Hierzu kann die Untere Bodenschutzbehörde aus vorliegenden Messdaten "lokale Hintergrundwerte" ableiten.

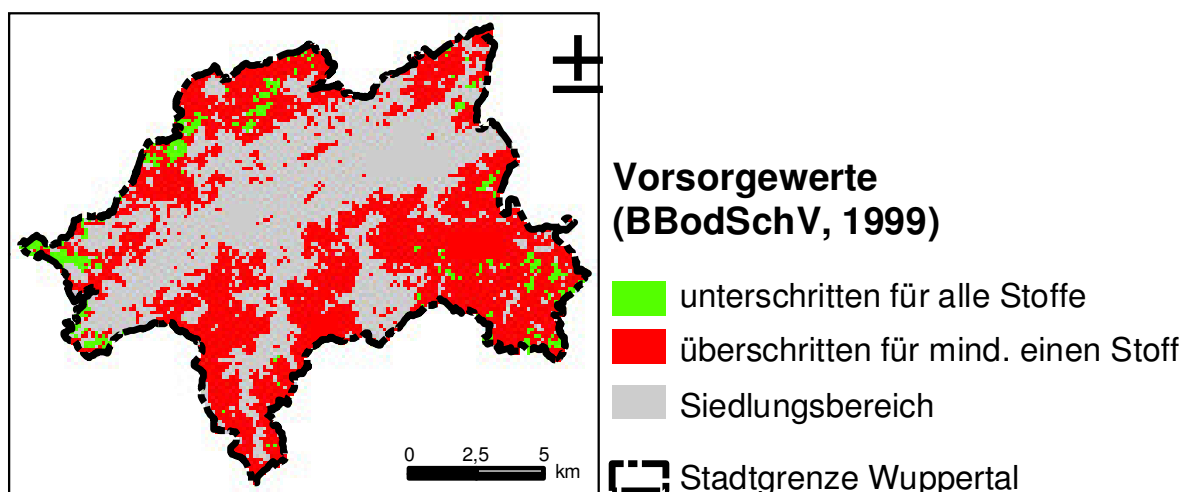


Abb. 4: Geschätzte Stoffgehalte im Vergleich zu den Vorsorgewerten der BBodSchV

BBK und Diplomarbeit bilden die Grundlage ...

Basis für die Auswertungen sind die Daten der BBK (ISB 2003). Gleichzeitig wurde eine Diplomarbeit an der Uni Bochum zusammen mit dem Landesumweltamt NRW erarbeitet (Kaufmann 2004). Diese hatte das Ziel, verschiedene Methoden zur Ableitung lokaler Hintergrundwerte zu vergleichen. Es hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse der verschiedenen Methoden zur Ableitung von lokalen Hintergrundwerten in vergleichbarer Höhe liegen. Die BBK hat sich dabei als geeignete Datengrundlage zur Ermittlung von Hintergrundwerten erwiesen. Mit geringem Aufwand können aus den Messdaten Hintergrundwerte ermittelt werden.

... für die Auswertung.

Hintergrundwerte für
Arsen, Blei und Zink ...

Als statistische Kenngrößen werden das 50. Perzentil (Median) und das 90. Perzentil herangezogen (s. Tab. 5 und Anhang 3). Nach dem LUA-Merkblatt 44 liegen erhöhte Schadstoffgehalte dann vor, wenn auf der Basis flächenrepräsentativer Daten der Median eines Schadstoffes oberhalb des Vorsorgewertes der BBodSchV liegt (LUA 2004). Dies ist für die Schadstoffe Blei und Zink bei Grünlandnutzung der Fall. Für Arsen liegen außerdem noch keine Vorsorgewerte vor. Daher werden für Blei, Zink und Arsen auf der Basis des 90. Perzentils die folgenden Hintergrundwerte festgelegt:

Arsen 10 mg/kg
Blei 130 mg/kg
Zink 270 mg/kg

Die Hintergrundwerte besitzen dabei einen ausreichenden Abstand zu den sensibelsten Prüf- und Maßnahmenwerten, so dass keine Gefährdung zu erwarten ist.

... erleichtern Bodenumlagerungen innerhalb des Stadtgebietes.

Die Hintergrundwerte werden beim Auf- und Einbringen von Bodenmaterialien verwendet und erleichtern damit Bodenumlagerungen innerhalb des Stadtgebietes von Wuppertal. Beim Bau von Grünanlagen werden z.B. die Hintergrundwerte berücksichtigt.

Tab. 5: Statistische Kenngrößen und Vorsorgewerte für Arsen, Blei, und Zink [mg/kg]

		As	Pb	Zn
Vorsorgewert (Schluff/Lehm)		- ¹⁾	70	150
Acker	50. Perzentil (Median)	6	61	146
	90. Perzentil	8	89	166
Grünland ²⁾	50. Perzentil (Median)	7	89	158
	90. Perzentil	10	129	268

¹⁾ Für Arsen liegen keine Vorsorgewerte vor.

²⁾ Grünland ohne Überschwemmungsgebiete

3.3

Bodenbelastungen und Landwirtschaft

Prüf- und Maßnahmenwerte werden auf landwirtschaftlichen Flächen ...

... i.d.R. nicht überschritten.

Erhöhte Mobilität von Schadstoffen durch zu niedrige pH-Werte...

... müssen jedoch zu einer Aufkalkung führen.

Zur Ermittlung von schädliche Bodenveränderungen wurden die Ergebnisse der Bodenbelastungskarte mit den Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV verglichen. Betrachtet wird dabei der Wirkungspfad Boden/Pflanze auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen. Nach den vorliegenden Ergebnissen besteht i.d.R. kein Verdacht auf schädliche Bodenveränderungen auf landwirtschaftlich genutzten Böden (Ausnahmen s. 3.1).

Dies gilt aber nur, wenn die gute fachliche Praxis im Rahmen der landwirtschaftlichen Bodennutzung angewendet wird (§17 BBodSchG). Allerdings ist dies in Bezug auf den pH-Wert nicht immer der Fall. Die tatsächlichen pH-Werte unterschreiten die Ziel-pH-Werte im Durchschnitt um 0,5 Einheiten. Hierdurch besteht die Gefahr von erhöhten mobilen Schadstoffgehalten im Boden (insb. bei Blei und Cadmium). Dieser Zusammenhang konnte schon in anderen Regionen in NRW bestätigen werden.

Der Sachverhalt wurde im Rahmen einer Informationsveranstaltung "Bodenschutz und Landwirtschaft" im Frühjahr 2004 den Landwirten und den Vertretern der Landwirtschaftskammer vorgetragen. In weiteren Gesprächen mit den Vertretern der Landwirtschaft und der Landwirtschaftskammer soll erreicht werden, dass die Landwirte die eigene Verantwortung zur guten fachlichen Praxis wahrnehmen und mit einer Aufkalkung die Ziel-pH-Werte erreichen.

4.**Zusammenfassung und Ausblick**

Bodenbelastungskarten werden herangezogen, um die vielfältigen Anforderungen des BBodSchG, der BBodSchV und weiterer Gesetze zu erfüllen. Nur mit ihnen können Informationen zu flächenhaften Bodenbelastungen in kommunales Handeln einfließen.

Mit der BBK-Außenbereich wurde die Schadstoffbelastung der land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden flächenhaft dargestellt. Es wurden Überschreitungen der Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV auf einigen Grünlandflächen im Überschwemmungsbereich der Wupper ermittelt. Entsprechende Maßnahmen zur Begrenzung einer Gefährdung wurden eingeleitet.

Aufgrund der fast flächendeckenden Überschreitung der Vorsorgewerte der BBodSchV wurden zur Erleichterung von Bodenumlagerungen Hintergrundwerte abgeleitet.

Die Gefahr von erhöhten mobilen Gehalten in landwirtschaftlich genutzten Böden durch zu geringe pH-Werte wurde erkannt. Gemeinsam mit den Vertretern der Landwirtschaft werden hierfür Lösungen gesucht.

Die BBK-Siedlungsbereich konnte nur für das Testgebiet, aber nicht für das gesamte Stadtgebiet abgeschlossen werden. Die Ergebnisse belegen jedoch einen deutlich Unterschied in der Bodenbelastung aufgrund der Nutzungshistorie. In älteren Siedlungsgebieten muss mit Überschreitungen der Prüf- und Maßnahmenwerte gerechnet werden. Diese Ergebnisse werden bei den verschiedenen Planungsprozessen und räumlichen Entwicklungen berücksichtigt.

Die letzten abschließenden Untersuchungen zur Fertigstellung der BBK sollen 2005 und 2006 in Angriff genommen werden. Hierzu werden Fördermittel des Landes beantragt.

Literatur:

- BANG, M.; GIERSE, R. (1993):** Bodenbericht. 76 S.; Wuppertal.
- BARKOWSKI, D.; BLEIER, M.; KRÜGER, G.; MEUSER, H.; STELLMACHER, G. (2002):** Grundlagen und Empfehlungen zur Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten im Siedlungsbereich. 72 S. + Anhang; unveröffentlicht.
- BBODSCHG (1998):** Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17. März 1998.- Bundesgesetzblatt, Teil I, Nr. 16. S. 502-510; Berlin.
- BBODSCHV (1999):** Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999.- Bundesgesetzblatt, Teil I, Nr. 36. S. 1554-1582; Berlin.
- GARBE, M. (2002):** Untersuchung von Siedlungsböden im Rahmen der Fortführung der Digitalen Bodenbelastungskarte Wuppertal. Diplomarbeit an der Fachhochschule Osnabrück, Studiengang Bodenwissenschaften.
- GIERSE, R. (1996):** Bodenbericht Heft 2- Schadstoffbelastung auf Spielplätzen. 21 S.; Wuppertal.
- GIERSE, R. (1999):** Schadstoffbelastung von Böden in Kleingartenanlagen im Stadtgebiet Wuppertals.- Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 91. S. 1455-1458; Oldenburg.
- GIERSE, R.; REINIRKENS, P. (2000):** Anwendungsmöglichkeiten von Bodenbelastungskarten in der kommunalen Praxis am Beispiel der Stadt Wuppertal.- Flächenhafte Darstellung punktbezogener Daten über Stoffgehalte in Böden. S.108-118; Berlin.
- GIERSE, R., REINIRKENS, P. (2002):** Bodenbelastungskarten der Stadt Wuppertal. In: Bodenschutz (01/2002), S. 11-17, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- ISB (2002):** Digitale Bodenbelastungskarte Wuppertal Siedlungsböden (Testgebiet), Dokumentation.- Witten, 78 S. + Anhang
- ISB (2003):** Untersuchungen von Rückstellproben des Bodenmessprogramms und Berechnung von stadtweiten Hintergrundwerten für verschiedene Bodennutzungen.- Witten 12 S. + Anhang.
- ISB (2003A):** Ergänzende Untersuchungen zur digitalen Bodenbelastungskarte Stadt Wuppertal.- Weitergehende Untersuchungen auf Flächen mit Belastungsverdacht hinsichtlich Arsen und Kupfer.- Witten, 20S.
- ISB (2003B):** Dokumentation zur Weiterführung der ergänzenden Untersuchungen zur digitalen Bodenbelastungskarte Stadt Wuppertal.- Witten, 3 S. + Anhang
- KAUFMANN, C. (2004):** Möglichkeiten der GIS-gestützten Abgrenzung von Gebieten gleicher Hintergrundwerte für Schwermetalle in Oberböden am Beispiel der Stadt Wuppertal. Diplomarbeit, Fakultät Geowissenschaften, Ruhr- Universität Bochum. 163 S.; Bochum.

- LIEBE, F., WELP, G. UND BRÜMMER, G.W. (1997):** Mobilität anorganischer Schadstoffe in Böden Nordrhein-Westfalens. Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Band 2. 383 S., Düsseldorf.
- LABO (BUND-LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ) (1994):** Hintergrund- und Referenzwerte für Böden. 146 S.; Berlin.
- LbodSchG (2000):** Gesetz zur Ausführung und Ergänzung des Bundes-Bodenschutzgesetzes in Nordrhein-Westfalen vom 30. Mai 2000.- Landesbodenschutzgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (LbodSchG).- Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, 53.Jg., Nr. 29. S. 439-444; Düsseldorf.
- LUA (LANDESUMWELTAMT NRW) (2000):** Leitfaden zur Erstellung digitale Bodenbelastungskarten Teil 1: Außenbereich – LUA Merkblätter Nr.24. 115 S.; Essen.
- LUA (LANDESUMWELTAMT NRW) (2002):** Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Oberböden Nordrhein-Westfalens. – Auswertung aus dem Fachinformationssystem Stoffliche Bodenbelastung (FIS Sto Bo). 17 S.; unveröffentlicht.
- LUA (LANDESUMWELTAMT NRW) (2004):** Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden gemäß §12 BBodSchV. LUA Merkblätter Nr.44. 66 S.; Essen.
- MURL (MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT) (1999):** Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für Maßnahmen des Bodenschutzes.- Runderlass vom 18.12.1998.– IV C 3 – 340 – 04 –01, Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, 52.Jg., Nr. 32. S. 599-624; Düsseldorf.
- REINIRKENS, P. (2003):** Digitalen Bodenbelastungskarte Wuppertal: 66 S.; unveröffentlicht.
- SOPPE, I. (1994):** Das Verteilungsmuster der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) in Böden der Stadt Wuppertal. Diplomarbeit, Fakultät Geowissenschaften, Ruhr- Universität Bochum. 104 S.; Bochum.
- STAACK, J.; VOSTEEN, A. (1992):** Maßnahmenprogramm der Stadt Wuppertal zur Verringerung der neuartigen Waldschäden. 90 S.; Wuppertal.
- STADT ELBERFELD (HRSG.) (1912):** Karte der Bebauungsentwicklung von 1770 bis 1910. 8 Einzelkarten mit vier Zeitschnitten. Elberfeld.
- UMEG (2002):** Anleitung zur Kennzeichnung von Gebieten mit siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden (GSE_Anleitung.pdf).- Im Auftrag des Umweltbundesamtes.

Anhang 1: Auswertung vorhandener Informationen im Rahmen der BBK- Siedlungsbereich

Untersuchungsprogramme:

- **Bodenmessprogramm**
In den Jahren 1990/1991 wurde zur Ermittlung der Bodenbelastung ein Bodenmessprogramm durchgeführt. Die vorliegenden Daten wurden in die laufenden Arbeiten der BBK einbezogen. Die notwendigen räumlichen Zuordnungen lassen sich aus den vorliegenden Dokumentationen herstellen. Bereits bei der Bearbeitung der naturnahen Nutzungen im Stadtgebiet war jedoch aufgefallen, dass eine bedeutende Anzahl von Messergebnissen nicht korrekt sind. Daher wurden Nachanalysen durchgeführt (Reinirkens 2000, ISB 2003). Im Rahmen dieser Arbeiten sind auch die räumlichen Zuordnungen der Daten geprüft worden. Die Änderungen sind in die digitale Datenhaltung eingepflegt worden.
- **Kinderspielplatzuntersuchungen**
Seit 1991 wurden mehr als 200 Kinderspielplätze mit ca. 2500 Bodenproben (Ober- und Unterböden) untersucht. Hierbei sind neben wassergebundenen Decken, Sandkästen und das direkte Umfeld der Spielflächen auch humose Oberböden von größeren naturnahen Rasenflächen und Rabatten untersucht worden. Die Abgrenzungen der Kinderspielplätze konnten aus der Grünflächendatei separiert und mit analogen Abgrenzungen aus Detailplänen abgeglichen werden. Für jede Anlage wurde ermittelt, welcher ATKIS-Nutzung sie zugeordnet ist. Gleichzeitig wurde ihre Größe ermittelt und überprüft, ob ein Bolzplatz integriert ist. Zusätzlich sind Anlagen ab einer Flächengröße von ca. 3000 m² hinsichtlich ihrer Subnutzungen betrachtet worden. Größere Rasen- oder Gehölzflächen konnten so identifiziert und in einer tabellarischen Aufstellung vermerkt werden.
- **Kleingartenuntersuchungen**
Aus dem Kleingartenuntersuchungsprogramm liegen umfangreiche Analyseergebnisse vor. Für die stadtweite Bearbeitung der Siedlungsböden sind die Abgrenzungen der 158 Kleingartenanlagen aus der Grünflächendatei der Stadt Wuppertal übernommen und überprüft worden. Für 95 Anlagen liegen auch Ergebnisse aus Bodenuntersuchungen vor. Sie beziehen sich auf über 1000 Parzellen. Um diese auch räumlich in einem GIS verarbeiten zu können, sind allen untersuchten Kleingartenparzellen Referenzkoordinaten zugeordnet worden.
- **Waldbodenuntersuchungen**
Die Stadt Wuppertal verfügt über ein Walduntersuchungsprogramm, welches bereits für die Bodenbelastungskarte der Freilandböden verwendet worden ist. Vorhandenen Rückstellproben von Auflagen und Oberböden (0-5 cm) sind inzwischen gesichtet und hinsichtlich ihrer Eignung für die BBK bewertet worden. Im Ergebnis sind für alle Proben Nachanalysen veranlasst worden. Gleichzeitig konnte so die vorhandene Stoffpalette um Quecksilber (Hg) erweitert werden.

- Bodendaten aus Untersuchungen zu Planungsverfahren und zum Liegenschaftsverkehr
Von der Unteren Bodenschutzbehörde der Stadt Wuppertal wurden acht Bodengutachten ausgewertet, die im Zusammenhang mit laufenden Planverfahren stehen oder im Rahmen des Liegenschaftsverkehrs erstellt worden sind. Sie enthalten Untersuchungsergebnisse von Böden mit naturnahem Profilaufbau. Der größere Teil der betrachteten Flächen liegt jedoch auf Altablagerungen.

Rauminformationen:

- Digitales Landschaftsmodell
Das Digitale Landschaftsmodell (DLM) ist ein Baustein des Amtlichen Topographischen Kartographischen Informationsmodell (ATKIS).
- Generalentwässerungsplan
Der Generalentwässerungsplan beinhaltet die genauen Geometrien der versiegelten und überbauten Flächen. Die Ermittlung erfolgte im Jahr 1995 durch eine Luftbildphotogrammetrie.
- Bodenbelastungskarte
In der Stadt Wuppertal liegt seit Anfang 2001 für die Böden mit den Nutzungen Acker, Grünland und Wald eine digitale Bodenbelastungskarte vor. Der größte Teil der dort eingeflossenen Daten konnte dem Bodenmessprogramm entnommen werden. Insgesamt werden bisher etwa 55 % der Stadtfäche durch die BBK erfasst. Der restliche Teil wurde bisher nicht betrachtet (Ausschlussflächen).
- Grünanlagen
Die Stadt Wuppertal verfügt auch über eine eigene digitale Abgrenzungen der Grünflächen. Die Angaben sind sehr differenziert und werden zusätzlich in einer Datenbank vorgehalten.
- Altablagerungen/Altstandorte
Die Stadt Wuppertal führt ein Altlastenhinweisflächenkataster in dem ca. 17.500 Flächen enthalten sind. Auf Grundlage einer multitemporalen Luftbild- und Kartenauswertung wurden ca. 3.000 Altablagerungen ermittelt. Etwa 14.000-15.000 Altstandorte ergaben sich aus der Auswertung von Adressbüchern.
- Historische Karten zur Nutzungsgeschichte
Die Stadt Wuppertal verfügt über eine Vielzahl von historischen Karten zu verschiedenen geschichtlichen Themen. Aus ihnen können geschichtliche Entwicklungen in der Siedlungsentwicklung abgeleitet werden.
- Altersdifferenzierung
Die Altersdifferenzierung wurde auf Grundlage von Daten aus den Kommunalstatistik vorgenommen. Hierfür musste jedem der 2825 Baublöcke eine Altersangabe zugewiesen werden. Die Wohn- und Mischgebiete, die im 2. Weltkrieg zerstört und danach wieder aufgebaut wurden, konnten zusätzlich mit Abgrenzungen der bekannten Altablagerungen abgeglichen werden. Zeitlich unabhängig werden

„ländliche Streusiedlungen“ als eine eigene Einheit ausgewiesen. Sie zählen zu den Wohnbauflächen, nehmen hier aber eine Sonderstellung ein. Es handelt sich im Wesentlichen um Einzelhöfe oder Weiler, die u.U. auch mehrere Jahrhunderte alt sein können. Die folgenden sechs Klassen konnten so unterschieden werden:

bis 1918

1919 bis 1948

im 2. Weltkrieg zerstört und danach wiederaufgebaut

1949 bis 1968

nach 1968

ländliche Streusiedlung

- Luftbilder

Seit 1928 werden für das Gebiet der Stadt Wuppertal amtliche Luftbilder erstellt. Daher wurden Luftbilder aus dem Jahren 1928 und 1999 verwendet.

- Grundlagenkarten

Für das Gebiet der Stadt Wuppertal stehen verschiedene topographische und thematische Grundlagenkarten zur Verfügung, von denen die folgenden genutzt wurden:

Amtlicher Stadtplan im Maßstab 1:15.000 (14. Auflage)

Topographische Karte im Maßstab 1:25.000 (TK 25)

Geologische Karte im Maßstab 1:25.000 (GK25)

Bodenkarte im Maßstab 1:50.000 (BK 50)

Deutschen Grundkarten im Maßstab 1:5.000

Topographische Karte im Maßstab 1:25.000

Stadtkarte Wuppertal im Maßstab 1:25.000

Anhang 2: Standorte und Probenanzahl im Testgebiet

Tabelle 1: Anzahl der ausgewählten Teilflächen je Standort

Standortname	Standortnummer	Anzahl der Teilflächen
Nützenberg	1	7
Zedernweg	2	6
Grünwalder Berg	3	6
Prinzenstraße	4	10
Dürerstraße	5	4
Lischkestraße	6	5
Hardtanlage	7	5
Schuckerstraße	8	6
Dornröschenweg	9	5
Domagkweg	10	8
Böcklinstraße	11	7
Asternstraße	12	5
Kaiser-Wilhelm-Hain	13	4
Oberstraße	14	5
Am Eickhof	15	4
Lederstraße	16	5
Norkshäuschen	17	9
Anzahl (n)	17	101

Tabelle 2: Anzahl der entnommene und analysierte Bodenproben

	Entnommene Boden		Probenauswahl	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Auflagen	10	100	10	100
Oberboden	101	100	99	98
Unterboden	182	100	81	45

Anhang 3: Hintergrundwerte für Arsen, Blei, Cadmium, Zink, Benzo(a)Pyren (BAP) in mg/kg

		As	Pb	Cd	Zn	BAP
Vorsorgewert für Schluff		- ¹⁾	70	1,0	150	0,3/ 1,0 ²⁾
Acker	n	35	35	35	35	35
	50. P.	6	61	0,8	146	0,04
	90. P.	8	89	1,0	166	0,15
Grünland	n	107	108	108	108	107
	50. P.	7	94	1,0	163	0,09
	90. P.	17	170	1,9	320	0,70
Grünland ohne ÜG	n	93	94	94	94	93
	50. P.	7	89	0,9	158	0,09
	90. P.	10	129	1,6	268	0,26
Wald (Of/Oh)	n	63	63	63	63	63
	50. P.	36	380	0,6	120	0,38
	90. P.	46	570	1,0	170	0,56
Wald (0 - 5 cm)	n	63	63	63	63	63
	50. P.	27	175	0,3	54	0,14
	90. P.	38	290	0,6	100	0,39

¹⁾ Für Arsen liegen keine Vorsorgewerte vor; ²⁾ Für BAP gilt der Wert ab einem Humusgehalt >8% der Wert 1,0

Grünland (Hauptlage)

		As	Pb	Cd	Zn
	n	82	83	83	83
	50. P.	7	88	0,9	155
	90. P.	10	127	1,1	256

Grünland (Fluviale Sedimente)

		As	Pb	Cd	Zn
	n	25	25	25	25
	50. P.	16	124	1,6	220
	90. P.	42	460	3,4	414
ohne ÜG	n	11	11	11	11
	50. P.	10	110	1,4	196
	90. P.	17	130	2,0	280
nur ÜG	n	14	14	14	14
	50. P.	20	170	2,1	256
	90. P.	61	467	4,2	700