



Studien und Tagungsberichte des Landesumweltamtes

Band 53

## **Bodenschutzsymposium 2005**

**Gebiete mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten  
Schadstoffgehalten**

**Erfassen – Bewerten – Handeln**





Studien und Tagungsberichte  
des Landesumweltamtes

Band 53

## **Bodenschutzsymposium 2005 – Tagungsbericht**

Gebiete mit großflächig siedlungs-  
bedingt erhöhten Schadstoffgehalten  
Erfassen – Bewerten – Handeln

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einladung /Presseinformation vom 22. April 2005</b>	<b>3</b>
<b>Grußwort</b>	<b>4</b>
Gundula Herwig – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg	
<b>1 Erfassen und Bewerten von siedlungsbedingt großflächigen Schadstoffanreicherungen in städtischen Räumen</b>	<b>6</b>
1.1 Großflächig siedlungsbedingt erhöhte Schadstoffgehalte im Boden ULRICH OBST – Landesumweltamt Brandenburg, Abteilung Technischer Umweltschutz	6
1.2 Ergebnisse zur anthropogenen Bodenbelastung brandenburgischer Haus- und Kleingärten in verschiedenen Untersuchungsräumen JÜRGEN RITSCHEL – Landesumweltamt Brandenburg, Referat Altlasten	12
1.3 Erfassung großflächig siedlungsbedingt erhöhter Schadstoffgehalte in der Stadt Brandenburg a. d. Havel ULRIKE MEYER – Umweltkonzept Dr. Meyer, Berlin	19
1.4 Darstellung von Flächen mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten MARTIN KRAUSMANN – greenlab, Berlin	25
<b>2 Handlungskonzepte</b>	<b>31</b>
2.1 Umgang mit Böden aus Gebieten mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten in der kommunalen Bodenschutzvorsorge ANNE BALDAUF – Amt für Umwelt- und Naturschutz der Stadtverwaltung Brandenburg a. d. Havel	31
2.2 Umsetzung der Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Bodenmaterial JÜRGEN REINHOLD – Bioplan GmbH Werder	35
2.3 Die Verordnung des „Bodenplanungsgebietes Harz im Landkreis Goslar“ – ein Instrument zum Vollzug des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) in einem Belastungsgebiet WALTER SCHMOTZ – Landkreis Goslar, Amt für Wasser- und Bodenschutz	47

# Einladung und Presseinformation

## Einladung

Siedlungsbereiche sind durch erhöhte Immissionsraten geprägt, die sich in großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten der dortigen Böden widerspiegeln. Auch die verstärkten Auf- und Umlagerungen von Substraten und technischen Materialien tragen zu einer erhöhten diffusen Belastung städtischer Böden bei.

Aus Sicht des vorsorgenden Bodenschutzes besteht die Verpflichtung, künftige Belastungen zu minimieren, um nachhaltig die Bodenfunktionen zu sichern.

Um zu beurteilen, ob unter der aktuellen Nutzung eine Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung besteht und spezielle vorsorgebezogene Bodenschutzregelungen zu treffen sind, ist die Kenntnis der aktuellen Schadstoffgehalte erforderlich. Besonders bei Böden mit einer sensiblen Nutzung, wie sie Haus- und Kleingärten darstellen, ist ein Überblick über vorhandene Belastungen wichtig. Hierzu werden durch systematische Beprobungen gebietsbezogene Hintergrundgehalte ermittelt. Im Rahmen der Veranstaltung wird beispielhaft an der Stadt Brandenburg eine Methode vorgestellt, mit der sich der Aufwand zur Ermittlung und Bewertung der räumlichen Belastung im Siedlungsbereich optimieren lässt.

Am Nachmittag werden anhand verschiedener siedlungsbedingter Problemfelder Möglichkeiten des Einsatzes vorsorgebezogener Regelungen dargestellt und die Nutzbarkeit von Belastungskarten wird diskutiert.

## Presseinformation vom 22.04.2005

### Bodenschutztagung zum Tag der Erde

Potsdam – Seit 1990 wird der 22. April als internationaler Tag der Erde begangen. Damit wird das Ziel verfolgt, insbesondere auf kommunaler Ebene eine wirksame Umweltpolitik und eine nachhaltige Entwicklung zu fördern. So nahm Brandenburgs Landesumweltamt den Tag zum Anlass, heute ein Bodenschutzsymposium unter dem Motto „Gebiete mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten: Erfassen – Bewerten – Handeln“ durchzuführen.

Das Landesumweltamt hat für heute Bodenschutzexperten in das Potsdamer BlauArt-Hotel auf der Havelinsel Hermannswerder eingeladen, um am Tag der Erde über dessen Schutz zu diskutieren und zugleich den Blick der Öffentlichkeit für dieses wichtige Schutzgut zu schärfen.

Siedlungsbereiche sind durch erhöhte Immissionen geprägt, die sich auch in erhöhten Schadstoffgehalten der Böden widerspiegeln. Deshalb sind städtische Böden besonders betroffen.

Aus Sicht des vorsorgenden Bodenschutzes besteht die Verpflichtung, künftige Belastungen zu minimieren, um nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern. Eine Beurteilung, ob das Entstehen von schädlichen Bodenveränderungen zu befürchten ist und welche speziellen vorsorgebezogenen Bodenschutzregelungen im Hinblick auf eine nachhaltige Stadtentwicklung zu treffen sind, setzt die Kenntnis der aktuellen Schadstoffgehalte voraus.

Besonders für Böden mit sensibler Nutzung, wie Haus- und Kleingärten, ist ein Überblick über vorhandene Belastungen wichtig. Im Rahmen der Potsdamer Veranstaltung wurde unter anderem für die Stadt Brandenburg beispielhaft eine Methode vorgestellt, mit der sich der Aufwand zur Ermittlung und Bewertung der räumlichen Belastung im Siedlungsbereich optimieren lässt.

# Grußwort

GUNDULA HERWIG, Ministerium für Landwirtschaft,  
Umwelt und Verbraucherschutz

Zur heutigen Veranstaltung des Landesumweltamtes, die sich nach 2000 und 2003 wieder einmal dem Boden widmet, heiÙe ich Sie herzlich willkommen. Besonders freut mich das breite Interesse aus Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft. Das Thema, mit dem wir uns heute befassen lautet „Gebiete mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten: Erfassen – Bewerten – Handeln“.

Zuvor einige Bemerkungen aus der Sicht des Ministeriums. Der Bodenschutz erhält im Land Brandenburg mit der Umstrukturierung des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz eine politische Aufwertung mit der Zusammenlegung von Bodenschutz, Altlasten und Wasseraufgaben zur neuen Abteilung „Wasser- und Bodenschutz“. Nun wird sich zeigen, ob diese neue Verbindung die erhoffte Wirkung für eine stärkere Wahrnehmung des Bodenschutzes nicht nur im eigenen Geschäftsbereich bringt. Das gewünschte Ergebnis hängt aber auch vom Eingang des Bodenschutzgedankens in andere Politikfelder ab.

Ob es dafür immer erst einer rechtlichen Regelung bedarf, ist eine andere Frage. Mit dem Bundes-Bodenschutzgesetz haben wir eine bundesweite Regelung und die Option, Weitergehendes umzusetzen. Wenn es für diese Option derzeit in Brandenburg keine politische Mehrheit gibt, und davon ist gegenwärtig auszugehen, sind Alternativen gefragt, um den bewussten und ressourcenschonenden Umgang mit dem Boden zu erreichen. Wir müssen davon ausgehen, dass uns der von vielen erwartete rechtliche Regelungsrahmen im Bodenschutz auf Landesebene kurzfristig nicht zur Verfügung steht. Über den weiteren Zeitrahmen will ich nicht spekulieren. Im Kern bedeutet das, wir sind darauf angewiesen, uns in die Debatten einzubringen, in denen es um den Boden geht. Das 1999 verabschiedete Recht setzt eine enge Verzahnung mit anderen Rechtsgebieten voraus. Für den Bodenschutz heißt es damit, sich nicht nur in angrenzenden Fachgebieten auszukennen, sondern sich gerade dort ins Gespräch zu bringen. Ob

nun das Ministerium ein Programm zum Moorschutz verabschiedet, Kreis oder Kommune bodenbezogene Fragestellungen in Angriff nehmen, der Bodenschutz ist da ebenso einzubeziehen, als wenn es um die Verbringung von Abfällen oder anderen stofflichen Belastungen z. B. aus der Landwirtschaft auf oder in den Boden geht. Das Thema Rieselfelder, die Nutzung von Auengebieten oder Überbauung wertvoller Böden, ob nun stoffliche oder physikalische Belastungen wie die Erosion, sind eng mit dem Bodenschutzgedanken verbunden. Es ist nach wie vor so, dass die etablierte Fachbereiche, ob sie nun Naturschutz, Land-, Forst- oder Abfallwirtschaft, Bauen, Verkehr oder Stadtentwicklung heißen, den Boden in ganz bestimmter Weise nutzen. Insofern möchte ich Sie wiederholt ermutigen, sich immer wieder einzubringen, Abstimmung einzufordern und – um die Bereitschaft dazu auch zu wecken – entsprechende Angebote zu machen. Der Bodenschutz ist dann stark, wenn andere Fachbereiche ihn wahrnehmen und sein Anliegen im eigenen Rechtsbereich durchsetzen. Das ist wohl für so manchen visionär, bleibt aber unsere Zielrichtung. Ich ermutige Sie ausdrücklich, die Zusammenarbeit immer wieder kreativ anzugehen und einzufordern, weil viele Schwierigkeiten und Kommunikationsdefizite auch im Ministerium oder Landesumweltamt bekannt sind. Fachegoismen lassen sich nicht per Anordnung abschaffen. Das ist ein langer Prozess, an dessen Beginn wir erst stehen. In der Situation sind positive Signale immer hilfreich, z. B. wenn die Kontakte auf der Arbeitsebene endlich besser funktionieren, ein Projekt bewilligt, oder ein Bodenlehrpfad gemeinsam geplant und umgesetzt wird. Insofern habe ich die positiven Signale aus dem Kreis Teltow-Fläming gerne aufgenommen.

Auch in der Öffentlichkeitsarbeit hat der Bodenschutz einen wichtigen Schritt zur besseren Wahrnehmung unternommen. Das werden Sie mit der neuen Ausgabe des Agrar-Umweltjournals Nr. 18 des Ministeriums feststellen, in dem sich Bodenschutz, Altlasten aber auch die Umweltgeologie in breitem Umfang vorstellen. Eine engere Verknüpfung des Bodenschutzes mit der Geologie ist durch Neuregelung der Fachaufsicht über das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) möglich geworden. Dadurch ist eine Stärkung des Bodenschutzanliegens zu erwarten.

Ein paar Worte zu den künftigen Zielen: Der Bodenschutz sollte zu einem zentralen Schwerpunkt in allen Ressortbereichen erklärt werden. Die intensive Verzahnung mit anderen betroffenen Fachbereichen wie Landwirtschaft, Abfallentsorgung, Bau- und Landesplanung, Geologie oder Naturschutz wird dabei unser Augenmerk sein.

Zentrale Ziele bleiben u. a.

- die Reduzierung von Schadstoffeinträgen in den Boden zur Sicherung von Trink-, Grundwasser- und Verbraucherschutz und höherer Qualität landwirtschaftlicher Produkte,
- der mittelfristige Ausstieg aus der Klärschlammverwertung auf den Boden,
- der Vorrang von Flächenrecycling vor der Inanspruchnahme un bebauter Flächen,
- die Entsiegelung vorrangig als Kompensationsmaßnahme für die Neuversiegelung von Flächen,
- Flächen mit hoher natürlicher Bodenfruchtbarkeit als wertvolles Naturgut in der Flächen- und Vorhabensplanung vor baulicher Nutzung zu schützen und Verluste von Flächen mit hoher natürlicher Fruchtbarkeit angemessen zu kompensieren.

In der Vergangenheit wurde darüber hinaus besonderer Wert auf die fachlichen Grundlagen für den Bodenschutzvollzug gelegt. So wurden durch das Landesumweltamt Brandenburg teilweise gemeinsam mit Fachleuten aus wissenschaftlichen Einrichtungen und Ingenieurbüros Handlungsanleitungen erarbeitet, die

- das Vorkommen und die Verteilung von Schwermetallen in brandenburgischen Böden,
- eine Entscheidungsmatrix zur Bewertung von Bodenfunktionen in Niedermooren,
- die Anforderungen des Bodenschutzes bei Planungs- und Zulassungsverfahren,
- die Bodenbelastung brandenburgischer Haus- und Kleingärten durch Schadstoffe sowie
- die Gefährdungsabschätzung und Sanierung von ehemaligen Rieselfeldern betreffen.

Herausgegeben wurden diese Handlungshilfen in den Fachbeiträgen des Landesumweltamtes.

Als Fortsetzung der Grundlagenarbeit brandenburgischen Bodenschutzes steht heute die Thematik „siedlungsbedingt erhöhte Schadstoffgehalte“ im Mittelpunkt. Dazu wurde am Beispiel der Stadt Brandenburg an der Havel eine „Untersuchung zur Kennzeichnung von Gebieten mit siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten in Böden gemäß BBodSchV“ durchgeführt. Dazu wird Sie Herr Dr. Obst, Leiter der Abteilung technischer Umweltschutz im Landesumweltamt in das Vorhaben einführen. Anschließend wird die Problematik weiter vertieft und im zweiten Teil mit länderübergreifenden Akzenten abgerundet. Ich freue mich auch auf den Beitrag von Herrn Dr. Schmotz aus Goslar, der Erfahrungen im Umgang mit siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Niedersachsen vermittelt wird.

In der nächsten Zukunft beabsichtigen wir, ergänzend zu den gedruckten Handlungshilfen, die Anleitung der unteren Bodenschutzbehörden zu erweitern. Die Vorbereitungen sind noch nicht abgeschlossen, es wird sich dabei um den Bereich der Vorsorge handeln. Einbezogen werden sollen hier auch universitäre und nichtuniversitäre Forschungseinrichtungen und Landesämter. Auch an einen „Praktischen Teil“ der Fortbildung ist gedacht. So arbeiten wir an einer Möglichkeit für einen Lehrgang zur Bodenansprache, um den Boden nach der KA 5, der „bundeseinheitlichen Kartieranleitung für Böden“ fachgerecht beschreiben zu können. Und nicht zuletzt will ich an dieser Stelle hervorheben, dass sich eine Neuauflage der Steckbriefe Brandenburger Böden abzeichnet.

Zunächst wünsche ich dem heutigen Symposium einen guten Verlauf und danke all den Kolleginnen und Kollegen, die an der Vorbereitung dieser Veranstaltung des Landesumweltamtes engagiert mitgewirkt haben.

# Erfassen und Bewerten von siedlungsbedingt großflächigen Schadstoffanreicherungen in städtischen Räumen

## 1.1 Großflächig siedlungsbedingt erhöhte Schadstoffgehalte im Boden

Ulrich Obst, Rüdiger Schultz-Sternberg

Landesumweltamt Brandenburg

Böden in Siedlungsgebieten werden durch menschliche Nutzungen besonders in Anspruch genommen. Das gilt sowohl für die aktuellen als auch für die ehemaligen Nutzungen. Die Funktionen der Böden in Siedlungsbereichen sind daher in stärkerem Maße beeinträchtigt als in den siedlungsfreien Bereichen. Erhöhte Belastungen werden vor allem durch Versiegelungen und Verdichtungen, aber auch durch Eutrophierung und Schadstoffanreicherungen hervorgerufen. Die Bodenanspruchnahme des städtischen Raums weist dabei sehr große Unterschiede auf. Im Bereich der alten Stadtkerne (Abb. 1.1.1 am Beispiel der Stadt Brandenburg an der Havel) hat sich um die ursprünglichen Siedlungszentren ein kleinräumiges Mosaik bestehend aus Wohnhäusern, aus gewerblich und handwerklich genutzten Flächen, aus Flächen des Handels und des Warenumschlages und aus Gärten entwickelt. Die siedlungsbedingten Einwirkungen auf den Boden existieren schon seit Hunderten von Jahren, großflächig oft auf niedrigem Niveau, kleinräumig jedoch können Altlasten vorhanden sein.



Abb. 1.1.1: Alter Siedlungskern der Stadt Brandenburg an der Havel



Abb. 1.1.2: Als Verwaltungs- und Gewerbegebiet umgenutzter Militärstandort in Cottbus (Foto: P. Radke)

Die Stadterweiterungen der letzten 100 Jahre ließen dagegen hinsichtlich der Nutzung einheitlichere Stadtgebiete entstehen. Aber auch hier tritt mit der Zeit ein Nutzungswandel ein, wie am derzeitigen Verwaltungs- und Gewerbegebiet in Cottbus (Abb. 1.1.2) dargestellt. Noch vor 15 Jahren wurden diese Flächen als Kasernen militärisch genutzt und anschließend im Rahmen der Konversion erfolgreich in zivile Nutzung überführt. Umwandlungen in sensiblere Flächennutzung sind mit erhöhten Anforderungen an die Schadstoffgehalte verbunden und können bei nutzungsbedingten Vorbelastungen zu erhöhten Sanierungsaufwendungen führen.

Der Handel, der sich früher in den innerstädtischen Bereichen konzentrierte, wird in zunehmendem Maße an die Peripherie verlagert und führt dort zu einem Verlust landwirtschaftlicher Nutzfläche. Die großflächig versiegelten Böden verlieren ihre natürlichen Bodenfunktionen. Die vorher weitgehend schadstofffreien Böden reichern sich mit der Zeit mit Schadstoffen aus Verkehr und Warenumschlag an.

Auch der Wohnungsbau entwickelt einen großen Flächenbedarf. Der Bedarf an individueller Wohnraumgestaltung und die damit verbundene Flächeninanspruchnahme ist planerisch zu optimieren, wie es z.B. über den Bau von Reihenhaussiedlungen versucht wird. Die Wohn- und Erholungsbereiche, insbesondere die Haus- und Kleingärten stellen die sensibelsten Nutzungen im Siedlungsbereich dar (Abb. 1.1.3). Hier sind die Anforderungen an die Bodenqualität, d.h. die Schadstofffreiheit am höchsten.

Im städtischen Raum finden sich aber auch Flächen ohne direkte Bodennutzung (Abb. 1.1.4). Vielfach handelt es sich um Brachflächen, auf denen die ehemalige Nutzung aufgegeben wurde. In Flussnähe findet man Überschwemmungs- und Retentionsflächen. Das Belastungspotenzial kann auch auf diesen gegenwärtig ungenutzten Flächen erheblich sein.

Um im vorsorgenden Bodenschutz die besondere Situation solch eines langjährigen Siedlungseinflusses bei der Bewertung der Bodenbelastung zu berücksichtigen, hat der Gesetzgeber den Begriff des „Gebiets mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten“



Abb. 1.1.3: In Kleingärten mit sensibler Nutzung ist ein besonderes Augenmerk auf kleinräumige Belastung zu legen (Foto: M. Monse)

eingeführt. Dieser Begriff taucht im § 8 des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG) auf, in dem die Werte und Anforderungen an die Vorsorge und die Gefahrenabwehr geregelt werden. Werden Vorsorgewerte überschritten, sind nach § 8 bei der Einschätzung, ob die Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung besteht, großflächig siedlungsbedingt erhöhte Schadstoffgehalte zu berücksichtigen.



Abb. 1.1.4: Ruderalflächen mit aufgelassener Nutzung (Stadt Brandenburg an der Havel) (Foto: M. Monse)

Nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) lassen sich drei Risikobereiche unterscheiden (Abb. 1.1.5):

- Im **Unbedenklichkeitsbereich**, können die Böden ihre Funktionen in vollem Umfang wahrnehmen. Nach heutigem Stand des Wissens ergeben sich in diesem Bereich keine Risiken für Schutzgüter. Ein Restrisiko bleibt insofern, als dass der Erkenntnisstand sich ändern kann.
- Im **Besorgnisbereich** ist bei weiteren Einwirkungen zukünftig ein Schadenseintritt zu besorgen. Hier beginnt das unerwünschte Risiko, d.h., negative Wirkungen sind für einzelne Schutzgüter und Organismen zu beobachten, schädliche Wirkungen treten jedoch für empfindliche Personen- bzw. Organismengruppen noch nicht auf. Für Böden, die sich in diesem Bereich befinden, sind gegebenenfalls Maßnahmen zur Abwehr einer schädlichen Bodenveränderung einzuleiten. Zusätzliche Schadstofffrachten sind zu begrenzen.
- Der Übergang zum **Bereich des Schadenseintritts** stellt den Beginn des nicht mehr hinnehmbaren Risikos dar, in dem Maßnahmen zur Gefahrenabwehr durchzuführen sind.

Abgegrenzt werden diese Bereiche durch die im Bundes-Bodenschutzgesetz genannten Vorsorgewerte (Unbedenklichkeitsbereich zu Besorgnisbereich) und Prüf- und Maßnahmewerte (Besorgnisbereich zu Bereich des Schadenseintritts). Wann genau die Besorgnis des Entstehens einer schädlicher Bodenveränderung vorliegt, gibt §9 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vor. Demnach besteht die Besorgnis **in der Regel** dann, wenn

- Schadstoffgehalte im Boden Vorsorgewerte überschreiten oder
- erhebliche Anreicherungen von Schadstoffen mit krebserzeugenden, erbgutverändernden, fortpflanzungsgefährdenden oder toxischen Eigenschaften vorliegen, die in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Bodenveränderungen herbeizuführen.

Diese Regelannahme der Besorgnis schädlicher Bodenveränderungen gilt jedoch nicht bei Böden mit naturbedingt oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten. In diesem Fall besteht die Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen erst dann, wenn zusätzlich zu einer Überschreitung der Vorsorgewerte nachteilige Auswirkungen auf die

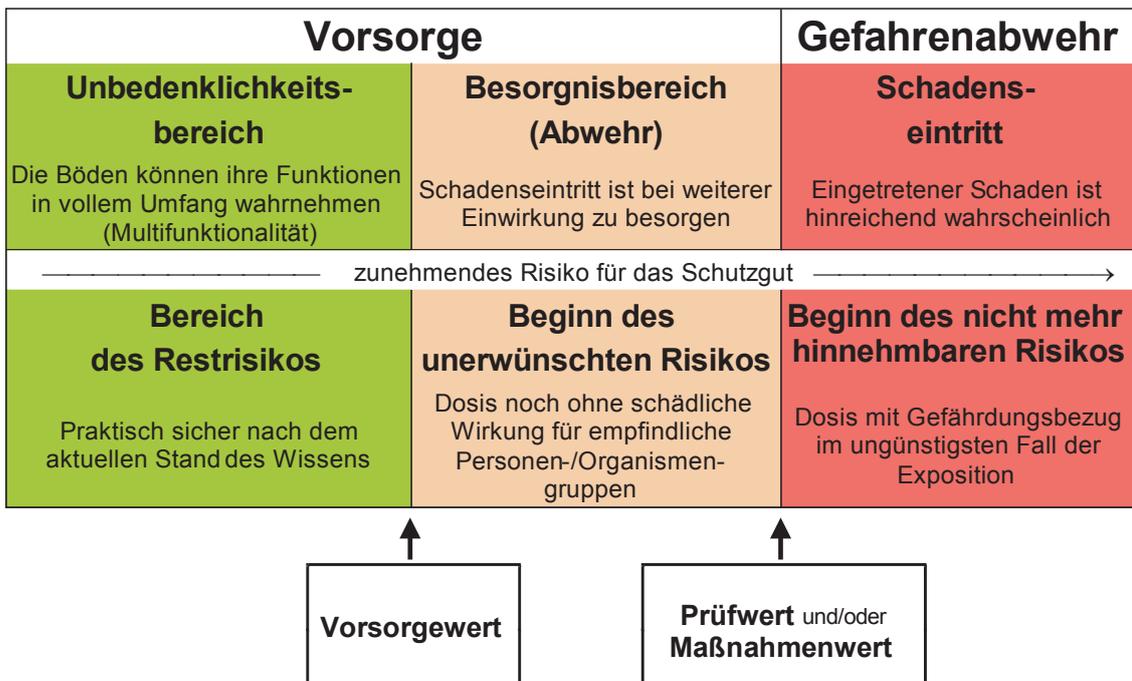


Abb. 1.1.5: Risikobereiche nach Bundes-Bodenschutzgesetz

Bodenfunktionen durch eine erhebliche Freisetzung von Schadstoffen oder durch zusätzliche Einträge durch die nach § 7 Satz 1 BBodSchG Verpflichteten zu erwarten sind (§ 9 Abs. 2 und 3 der BBodSchV).

**Praktisch wirkt sich die Besorgnis vor allem auf die Möglichkeit des Auf- und Einbringens von Materialien auf die betroffenen Böden aus. So gilt für das Aufbringen von Bodenmaterial nach § 12, Abs.10 der BBodSchV:**

*„In Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten in Böden ist eine Verlagerung von Bodenmaterial innerhalb des Gebietes zulässig, wenn die natürlichen Bodenfunktionen sowie die Nutzungsfunktionen als Fläche für Siedlungs- und Erholung und als Standort für land- und forstwirtschaftliche Nutzung nicht zusätzlich beeinträchtigt werden und insbesondere die Schadstoffsituation am Ort des Aufbringens nicht nachteilig verändert wird. Die Gebiete erhöhter Schadstoffgehalte können von der zuständigen Behörde festgelegt werden.“*

Ein weiteres Instrument zur Gebietsausweisung sieht das BBodSchG vor, wenn flächenhaft schädliche Bodenveränderungen auftreten oder zu erwarten sind. § 21 eröffnet den Ländern die Möglichkeit, Gebiete und die dort zu ergreifenden Maßnahmen zu bestimmen sowie weitere Regelungen über gebietsbezogene Maßnahmen des Bodenschutzes zu treffen. Frau Baldauf vom Umweltamt der Stadt Brandenburg und Herr Dr. Schmotz vom Landkreis Goslar berichten in ihren Beiträgen in diesem Band über die Anwendung verschiedener Instrumente im Vollzug des Bodenschutzes bei Bodenbelastungen im Siedlungsbereich.

Während im Land Brandenburg ein Vorkommen von Gebieten mit naturbedingt erhöhten Schadstoffgehalten nicht zu erwarten ist, muss insbesondere in Siedlungsbereichen von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten (kurz als GSE bezeichnet) ausgegangen werden. Wie lässt sich nun erkennen, ob ein Gebiet über Böden mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten verfügt? Zu dieser Frage hat das Umweltbundesamt eine Anleitung herausgegeben, die abgestimmt mit der Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) erarbeitet wurde [1].

Die Anleitung legt fest, was genau unter

- großflächig,
- siedlungsbedingt und
- erhöhte Schadstoffgehalte zu verstehen ist.

Als **großflächig** werden i. d. R. Gebiete ab einer Größe von 1 km<sup>2</sup> (= 100 ha) bezeichnet. Im Regelfall sind immer mehrere Grundstücke betroffen. Sonderfälle können berücksichtigt werden.

Als **siedlungsbedingt** gilt eine Fläche dann, wenn sie durch diffuse Stoffeinträge aufgrund einer Vielzahl menschlicher Tätigkeiten und über lange Zeiträume entstanden sind. „Großflächig siedlungsbedingt“ sind Schadstoffgehalte also nur dann, wenn kein dominierender Einfluss einer Einzelquelle oder einzelner Belastungsursachen vorhanden ist und somit eine diffuse Stoffbelastung vorliegt.

Im Sinne der Gebietsbearbeitung wird ein Stoffgehalt i. d. R. dann als „**erhöht**“ bezeichnet, wenn der aus flächenrepräsentativen Daten ermittelte Medianwert des Schadstoffs den Vorsorgewert der BBodSchV überschreitet. Dieses lässt sich anhand der Abbildung 1.1.6 veranschaulichen. Landesweit betrachtet liegt der Median (Hintergrundwert) der meisten untersuchten Schadstoffe bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzung unter der Hälfte des jeweiligen Vorsorgewertes. Hier besteht die Regelannahme der Besorgnis, wenn die Vorsorgewerte überschritten werden. Die gesetzlich vorgesehenen Maßnahmen sind einzuleiten.

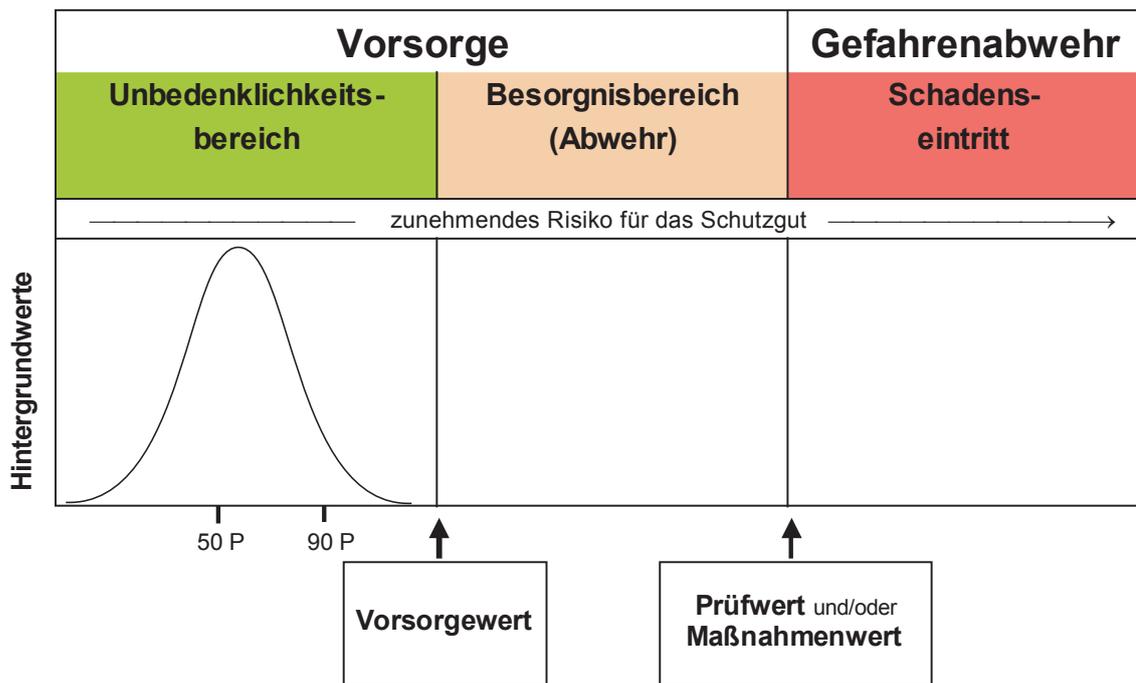


Abb. 1.1.6: Verteilung der Hintergrundgehalte im ländlichen Raum

Bei siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten wird der Vorsorgewert vom Medianwert überschritten. Auf Teilflächen können schädliche Bodenveränderungen eingetreten sein (Abb. 1.1.7). Hier gelten im Vollzug die in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung genannten Sonderregelungen.

Anhand mehrerer Projekte im Siedlungsgebiet der Stadt Brandenburg an der Havel und in Kleingärten verschiedener Städte wurde im Auftrag des Landesumweltamtes die Belastung der Oberböden untersucht und bewertet. Die Bodennutzung in Kleingärten muss im Siedlungsbereich als besonders sensibel angesehen werden. Hier kommt es zu einem direkten Bodenkontakt während der Bodenbearbeitung, oftmals spielen dort Kinder. Ein nicht unerheblicher Anteil der Nahrungsvorsorgung der Kleingärtner erfolgt über den Eigenverbrauch aus ihrem Garten. Vielfach wird eigenes Grundwasser zum Bewässern genutzt. Treten dort Bodenbelastungen auf, dann ist für diese Personengruppe eine besondere Gefährdung über verschiedene Wirkungspfade möglich. Für eine beispielhafte Abschätzung der Belastungssituation wurden landesweit in Kleingärten mit verschiedenen Belastungsmustern Recherchen und Untersuchungen zu den Gehalten von Nährstoffen, Schwermetallen und

organischen Schadstoffen durchgeführt. Herr Ritschel stellt in seinem Beitrag die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen vor.

Für die Frage, wie sich großflächig siedlungsbedingt erhöhte Schadstoffgehalte ermitteln und räumlich eingrenzen lassen, wurde die Stadt Brandenburg/Havel herangezogen. Zum einen lagen für die Stadt und für das Umland bereits aus vorherigen Untersuchungen Kenntnisse zur Bodenbelastung vor, zum anderen sind dort großflächige Bodenbelastungen durch die Folgen der 70-jährigen Betriebszeit eines Stahlwerkes bekannt.

Im Rahmen einer im Auftrag des Landesumweltamtes 1999 vom Fernerkundungszentrum Potsdam erstellten Studie wurden im Umfeld des dortigen Stahl- und Walzwerkes, dessen Betrieb 1992 eingestellt wurde, die durch Deposition verursachten Schwermetallanreicherungen der Böden des Umfeldes berechnet [2]. Die Daten ergeben sich aus einer Modellkalkulation auf Basis der Betriebsdauer (hier 70 Jahre), den über die Betriebszeit geschätzten Emissionsraten und der meteorologisch bedingten Ausbreitungsfahne. Für die dort vorherrschenden Sandböden muss mit flächenhaften Überschreitungen der Vorsorgewerte im Umfeld des Stahl- und Walzwerkes gerechnet werden. In größeren Arealen, die nicht im einzelnen bekannt sind,



### 1.1.2 Schlussfolgerungen

Der Bodenschutz braucht zur Vorsorge und Gefahrenabwehr gebietsbezogene Instrumente und Maßnahmen, die auf der Grundlage des Bundes-Bodenschutzgesetzes basieren. Notwendig sind praxisorientierte Erfassungs- und Bewertungsverfahren, die erfüllbare Anforderungen an die Datengrundlagen stellen, übersichtlich dokumentierte Bewertungsmethoden zur Grundlage haben und eine DV-gestützte einfache Handhabung ermöglichen.

### 1.1.3 Literatur

- [1] Umweltbundesamt (2002): Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten im Boden. UBA-Forschungsbericht (20071238)
- [2] FEZ Fernerkundungszentrum Potsdam GmbH (1999): Abschlußbericht des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens „Belastungsmusterkarten zur Kennzeichnung von Verdachtsflächen großräumiger Bodenbelastungen als fachliche Grundlage zu § 21 BBodSchG im Land Brandenburg“. Landesumweltamt Brandenburg, unveröffentlicht.
- [3] MONSE, M., VOLKMAN, I., SCHMIDT, R. (1999): Methodik der Ausgrenzung von Gebieten mit erhöhten, anthropogen bedingten Schadstoffgehalten in Böden. Abschlussbericht des Forschungsvorhabens A4 – 06/2000. Landesumweltamt Brandenburg, unveröffentlicht.

---

*Dr. Ulrich Obst*

*Prof. Dr. Rüdiger Schultz-Sternberg*

*Landesumweltamt Brandenburg,*

*Abteilung Technischer Umweltschutz*

*Michendorfer Chaussee 114, 14473 Potsdam*

## 1.2 Ergebnisse zur anthropogenen Bodenbelastung brandenburgischer Haus- und Kleingärten in verschiedenen Untersuchungsräumen

*Jürgen Ritschel,*

*Landesumweltamt Brandenburg*

### 1.2.1 Einleitung

Haus- und insbesondere Kleingärten stellen aufgrund bekannter Verdachtskriterien Flächen mit potenziellen Bodenbelastungen dar. So wurden früher Kleingärten insbesondere in Ballungsräumen häufig in Emittenten-nähe oder auf vorbelasteten Flächen, mitunter sogar auf Altlasten (z.B. Altdeponien) angelegt. Oft wurden auch z.T. schadstoffbelastete Materialien zu Düngungs- bzw. Bodenverbesserungszwecken eingesetzt (z.B. Aschen, Baggergut, Stäube und Schlämme).

Obst und Gemüse aus schadstoffbelasteten Gärten können zu einer erheblichen gesundheitlichen Gefährdung des Menschen führen, da einige Schadstoffe zu über 90% durch die Nahrung aufgenommen werden. Von Bedeutung für die Schadstoffaufnahme durch den Menschen bzw. den Schadstoffaustrag aus dem Boden sind bei Gärten die Transferpfade:

- Boden → Nahrungspflanze → Mensch,
- Boden → Mensch, insbesondere Kleinkinder (Direktpfad) und
- Boden → Grundwasser.

Da im Land Brandenburg leichte Sandböden mit einem relativ geringen Stoffrückhaltevermögen vorherrschen, ist an diesen Standorten von einer erhöhten potenziellen Mobilität der Schadstoffe auszugehen, welche einen Transfer von Schadstoffen aus dem Boden in die Pflanze aber auch in das Schutzgut Grundwasser begünstigt.

Daraus ergibt sich eine mögliche Gefährdung für die Umwelt sowie über den Verzehr von angebauten Nutzpflanzen für die menschliche Gesundheit. Für Brandenburg lagen einzelne Untersuchungsergebnisse vor, die diese Verdachtsmomente bestätigten. Somit bestand die Notwendigkeit, sowohl im Sinne eines vorsorgenden Schutzes von Umwelt und menschlicher Gesundheit als auch im Sinne der Gefahrenabwehr, konkrete Daten zur Schadstoffbelastung von Gärten zu erheben. Deshalb wurde 1996 durch das Landesumweltamt eine Studie an die Agrar- und Umweltanalytik GmbH Jena [1] mit folgenden Zielstellungen vergeben:

- Erarbeitung einer Übersicht über die Schadstoffbelastung brandenburgischer Haus- und Kleingärten,
- Abschätzung des Gefährdungspotenzials für betroffene Schutzgüter,
- Erstellung einer Handlungsanleitung für den Umgang mit möglichen Bodenbelastungen in Kleingärten für die zuständigen Behörden.

### 1.2.2 Auswahl der Untersuchungsstandorte

Im Rahmen der Studie wurden 16 Untersuchungsräume ausgewählt. Dabei sollten sowohl als „unbelastet“ eingestufte Standorte als auch Verdachtsstandorte mit spezifischen anthropogenen Belastungen erfasst werden. Die Untersuchungsräume wurden entsprechenden Siedlungs- und Belastungsmustern zugeordnet:

- Kernstadt im Verdichtungsraum ohne Altindustrie (Potsdam) und mit Altindustrie (Eberswalde I, Cottbus),
- Kernstadt im Verdichtungsraum mit Altindustrie auf Aufschüttungsfläche (Eberswalde II),
- Stahlindustrie (Brandenburg),
- Zementindustrie (Hennickendorf),
- Glasindustrie (Döbern),
- Braunkohlenverarbeitung (Lauchhammer),
- Flugplatz (Bohnsdorf, Selchow/ Waßmannsdorf),
- Verkehrsstraße (Seeberg/Neuenhagen),
- Kraftwerk (Vetschau I),
- Aschetransport über Bahn/Verwehungen (Vetschau II),
- Rieselfelder (Genshagener Heide),
- Deponie (Großräschen) und
- Aufbringung von belastetem Baggergut (Rangsdorf).

Die Nutzungsintensität der untersuchten Gärten war sehr unterschiedlich. Neben einem besonders in ländlichen Gegenden intensiven Anbau verschiedener Nutzpflanzen (Ertragsgarten) wurden auch Gärten mit fast reiner Erholungsfunktion angetroffen. Dort beschränkte sich der Anbau auf wenige Edelgemüsearten, Beeren und Sträucher. Die Übergänge zwischen den Nutzungsformen sind dabei fließend.

Um die Schadstoffdynamik hinsichtlich der Nahrungskette in einem Garten mit typischem Belastungsmuster zu charakterisieren, wurde für die Kleingartenanlage in Potsdam auch eine Untersuchung von Pflanzenteilen durchgeführt. Dabei erfolgte eine Bestimmung aller im Rahmen des Grundprogramms erfassten Schadstoffe in Boden und Pflanze.

Zur Ermittlung des Schadstofftransfers Boden-Pflanze aus Gartenböden mit erhöhten Schwermetallgehalten sind Ernteprodukte aus Gärten der Standorte Genshagener Heide, Großräschen und Rangsdorf untersucht worden. Bei diesen Gärten waren bereits aus älteren Untersuchungen toxikologisch relevante Vorbelastungen bekannt. Des Weiteren wurden bei diesen Standorten in den Ober- und Unterböden jeweils die Gehalte an pflanzenverfügbaren Schwermetallen bestimmt sowie die Gefährdung des Grundwassers abgeschätzt.

Zur Klärung der Frage, ob neben dem erwarteten typischen Grundbelastungsmuster auch branchenspezifische Belastungsmuster auftreten, wurden bei industriebeeinflussten Gartenanlagen folgende Zusatzparameter bestimmt (Tab. 1.2.1):

**Tab. 1.2.1: Untersuchte Zusatzparameter**

Standort	Belastungssituation	Zusatzparameter
Brandenburg	Stahlindustrie	P <sub>ges</sub> , Fe, Mn, CN <sup>-</sup> (gesamt), KW, EOX, Phenolindex
Hennickendorf	Zementindustrie	P <sub>ges</sub> , V, Fe, Mn, B, F, Al
Döbern	Glasindustrie	Se, Sn, Ba, Mn, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , S <sup>2-</sup> , P, F
Lauchhammer	Braunkohleverarbeitung	P <sub>ges</sub> , CN, Fe, Mn, Mg <sub>ges</sub> , Al, Sb, Co, Sn, F, B, Cl <sup>-</sup> , KW, BETX, LHKW, EOX, aromatische Amine, Phenolindex, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Vetschau II	Aschetransport über Bahn	B, F <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Salzgehalt
Cottbus	Kernstadt im Verdichtungsraum mit Altindustrie (Chemie)	MKW

### 1.2.3 Bodenkundliche Standortaufnahme, Probenahme und Analytik

Die bodenkundliche Standortaufnahme erfolgte nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 4 [2]. In allen Gärten wurden die Bodenzustandsparameter pH-Wert, Humus-, Tongehalt und Austauschkapazität bestimmt. Die Standortbedingungen (u.a. Lage, Geologie, Emitenten) und Vornutzung wurden jeweils dokumentiert.

Im Rahmen der Grunduntersuchung wurden je Gartenanlage 6 Bodenproben aus unterschiedlichen Einzelgärten gewonnen. Die Proben wurden als Mischprobe aus jeweils fünfzehn Einstichen mit einem 50 mm Edelstahlkernbohrer aus der Tiefe 0–30 cm entnommen. Zur Aufnahme des Bodenprofils wurde neben der Probenahme eine Nutstangensondierung bis in die Tiefe von einem Meter vorgenommen.

Die Grunduntersuchung auf Nährstoffe (N, P, K, Mg), Schwermetalle (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Tl, Zn) und As sowie organische Schadstoffe (PAK, PCB, Pflanzenschutzmittel: Aldrin, Dieldrin, Endrin, DDT und Abbauprodukte/Isomere, Hepta-Cl, HCB, HCH) erfolgte an 94 Oberbodenproben aus insgesamt 16 Haus- und Kleingärten verschiedener Untersuchungsräume. Untersuchungen auf PCDD/F wurden an 16 Proben (eine Mischprobe je Gartenanlage) durchgeführt.

Zur vertiefenden Untersuchung des Schadstofftransfers in kleingartentypische Ernteprodukte wurde in den Gartenanlagen Potsdam, Genshagener Heide, Großbränschen und Rangsdorf eine zweite Probenahme durch-

geführt. Sie betraf Pflanzenproben (je 6 x Blattfrucht, 6 x Spross-/Wurzelgemüse, 6 x Obst) und die dazugehörigen Ober- und Unterböden (mobile Gehalte).

Die analytische Bestimmung bodenphysikalischer und bodenchemischer Parameter erfolgte gemäß Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) [3] auf der Grundlage von DIN-Verfahren bzw. den in Brandenburg üblichen landwirtschaftlichen Untersuchungsmethoden. Dabei wurden Schwermetalle und As mit Königswasser aufgeschlossen und die mobilen Schwermetallgehalte mit NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>- und H<sub>2</sub>O- (S4-Verfahren) extrahiert.

### 1.2.4 Ergebnisse

#### 1.2.4.1 Nährstoffversorgung der Gartenböden

Die pH-Werte der Gartenböden spiegeln eine gute Kalkversorgung wider (arithm. Mittel von 6,5). Wie erwartet, ist der Tongehalt allgemein niedrig (im Mittel 2,3%). Der Gehalt an organischer Substanz ist durch die häufige und intensive Zufuhr von organischen Materialien sowie durch das Recycling von Ernte- und Wurzelrückständen im Mittel auf 4,1% angehoben. Im Vergleich dazu bewegen sich die Gehalte an organischer Substanz in Ackerböden bei 1–3%.

Der Gesamtstickstoffgehalt der untersuchten Gartenböden bewegt sich im Rahmen von Ackerböden. Die Nährstoffversorgung mit P, K und Mg liegt deutlich über der landwirtschaftlich genutzter Böden. Grund dafür dürfte die sehr intensive Bewirtschaftung sein. Im Mittel weisen die untersuchten Böden sehr hohe Nährstoffge-

halte auf. Entsprechend den Rahmenempfehlungen der LUFA zur Düngung im Land Brandenburg [4] wird bei solchen Standorten eine wirksame Nährstoffabschöpfung bei vorübergehender Aussparung der Düngung empfohlen.

#### 1.2.4.2 Schwermetalle und As in Böden sowie in Obst und Gemüse

Böden von Haus- und Kleingärten weisen in der Regel höhere Gehalte an Schwermetallen auf als landwirtschaftlich genutzte Böden. Die in den Gartenböden gefundenen Arsen- und Schwermetallkonzentrationen überschreiten die Brandenburger Hintergrundwerte für Ackerland [5]. Es zeigt sich, dass fast alle untersuchten Elemente (Ausnahme: As, Tl) in den Gartenböden im Vergleich zu Hintergrundwerten mindestens doppelte Gehalte aufwiesen (Tab. 1.2.2).

Die in der BBodSchV für Sandböden vorgegebenen Vorsorgewerte werden im Median bei Hg und Zn überschritten. Dieser Befund belegt, dass die in den Gartenböden gefundenen Schwermetallgehalte im Mittel unbedenklich sind. Über das „normale Maß“ hinaus mit Schwermetallen belastet sind die Gärten der Anlagen

Genshagener Heide (Cd, Hg, Zn), Großbräschen (Cd, Zn) und Rangsdorf (Cd, Cr, Zn). Pfaduntersuchungen (Boden-Pflanze, Boden-Grundwasser) zeigen, dass dort ein erhöhter Schwermetalltransfer in die Ernteprodukte bzw. in das Grundwasser nicht ausgeschlossen werden kann.

Dem gegenüber zeigt die Untersuchung von Obst und Gemüse aus der Kleingartenanlage in Potsdam ohne besondere Belastungssituation bzw. mit typischen Grundbelastungsmuster, dass sowohl bei Cd als auch bei Pb die Höchstgehalte der EU-Kontaminanten-Verordnung [6] unterschritten werden (vgl. Tab. 1.2.3). Auch die von CRÖSSMANN/WÜSTEMANN [7] ermittelten Gehalte werden unterschritten. Für die nicht nach EU-Kontaminanten-Verordnung geregelten Parameter As, Cr, Cu, Ni und Zn wurden zur Bewertung die ehemaligen Richtwerte des Bundesinstitutes für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin [8] herangezogen. Auch bei diesen Werten konnten keine Überschreitungen ermittelt werden, so dass davon ausgegangen werden kann, dass kein für die menschliche Ernährung bedenklicher Schadstofftransfer in Obst und Gemüse stattfindet.

Tab. 1.2.2: Schwermetall- und Arsen-Gehalte in Gartenböden

(n <sub>ges</sub> = 94)	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
	mg/kg TS							
Median	3,4	38	0,28	9,8	14	4,4	0,14	116
Min.	0,77	15	0,056	< 2	3,3	< 2	0,036	16
Max.	15	115	14	67	106	22	1,3	316
90 Perz.	6,5	78	1,0	28	33	9,1	0,52	195
LABO <sup>(1)</sup> Median	3	12	0,1	4	4	2	< 0,05	15
90 Perz.	4	21	0,2	7	9	5	0,06	25
Crößm./Wüstem. <sup>(2)</sup>	–	65	0,5	26	24	14	0,2	
BBodSchV								
VW Sand <sup>(3)</sup>	–	40	0,4	30	20	15	0,1	60
PW Acker/Gärten <sup>(4)</sup>	200	–	–	–	–	–	5	–
PW Wohngebiet <sup>(5)</sup>	50	400	20	400	–	140	20	–

<sup>(1)</sup> LABO: Hintergrundwerte org. und anorg. Stoffe in Böden hier: Hintergrundwerte für Sandböden Brandenburgs, Ackernutzung

<sup>(2)</sup> CRÖSSMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

<sup>(3)</sup> BBodSchV: Vorsorgewerte zum Schutz des Bodens. hier: Bodenart Sand

<sup>(4)</sup> BBodSchV: Prüfwerte für den Schadstoffübergang Boden/Nutzpflanze auf Ackerflächen und in Nutzgärten

<sup>(5)</sup> BBodSchV: Prüfwerte für die direkte Aufnahme von Schadstoffen in Wohngebieten

**Tab. 1.2.3: Cadmium-Gehalte (Cd mg/kg FS) in Obst und Gemüse der Kleingartenanlage Potsdam ohne besondere Belastungssituation**

Fruchtart	n	Median	Spannweite	EU-Konta-VO <sup>(1)</sup>	CröBm./Wüst. <sup>(2)</sup> (Median)
Blattgemüse	4	0,002	0,0006–0,004	0,2	0,04 (n = 384)
Stängelgemüse	6	0,004	0,003–0,006	0,1	0,02 (n = 796)
Küchenkräuter	2	–	0,004/0,01	0,2	–
Obst (Beeren-, Kern-, Steinobst)	6	0,0009	< 0,0006–0,003	0,05	0,01 (n = 20) <sup>(3)</sup>

**Tab. 1.2.4: Cadmium-Gehalte (Cd mg/kg FS) in Obst und Gemüse der Kleingartenanlage Genshagener Heide mit bekannter Belastungssituation**

Fruchtart	n	Median	Spannweite	EU-Konta-VO <sup>(1)</sup>	CröBm./Wüst. <sup>(2)</sup> (Median)
Blattgemüse	6	0,006	0,002–0,02	0,2	0,04 (n = 384)
Stängelgemüse	6	0,03	< 0,001–0,09	0,1	0,02 (n = 796)
Küchenkräuter	2	–	0,01/0,18	0,2	–
Obst (Beeren-, Kern-, Steinobst)	6	0,0008	0,005–0,06	0,05	0,01 (n = 20) <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Verordnung (EG) Nr. 466/2001 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln

<sup>(2)</sup> CRÖSSMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

<sup>(3)</sup> Kernobst

**Tab. 1.2.5: Organische Schadstoffe in brandenburgischen Gartenböden**

(n <sub>ges</sub> = 94)	Σ HCH/ Isomere	HCb	Σ DDT/ Isom./Abb	Σ PCB <sub>6</sub>	Σ PAK gem. EPA
	µg/kg TM				mg/kg TM
Median	< 5	< 1	104	< 7	3,7
Min.	< 5	< 1	< 6	< 7	0,15
Max.	212	6	4.109	55	221
90er Perzentil	7	2	693	27	14,7
<sup>(1)</sup> BbodSchV VW (≤ 8% OS)	–	–	–	50	30
<sup>(2)</sup> Leidraad B. Referenzwert	–	2,5	2,5	20	1 <sup>(3)</sup>
Eingreifwert	2.000	–	4.000	1.000	40 <sup>(3)</sup>
<sup>(4)</sup> Brandenburg häufige Gehalte (Acker)	n.n.	< 1	< 250	< 5	< 4,5

<sup>(1)</sup> Vorsorgewerte für organische Stoffe (Feinboden)

<sup>(2)</sup> Holland Liste/Leidraad Bodemsanering: Mitteilung des Rijksinstituut voor Volksgezondheit en Milieuhygiene

<sup>(3)</sup> Summe der 10 Verbindungen gemäß Leidraad Bodemsanering

<sup>(4)</sup> MUNR: „Bodennormwerte für das Land Brandenburg“ Abschlussbericht

Anders verhält es sich dagegen bei der Kleingartenanlage in Genshagener Heide, einer Anlage mit bekannter Cd-Vorbelastung (vgl. Tab. 1.2.4). Hier haben die Pflanzenuntersuchungen die Ergebnisse der Untersuchung auf pflanzenverfügbare Cd-Gehalte im Boden bestätigt.

Die Höchstgehalte der EU-Kontaminanten-Verordnung für Cadmium werden in zwei Proben dieses Standortes überschritten und in weiteren nur knapp unterschritten. Da die Überschreitungen insbesondere bei Schnittlauch und Erdbeeren auftraten, ist trotz gründlicher „küchenfertiger“ Aufbereitung eine exogene Kontamination nicht völlig auszuschließen.

#### 1.2.4.3 Organische Schadstoffe

Gartenböden weisen in der Regel auch höhere Gehalte an organischen Schadstoffen als landwirtschaftlich genutzte Böden auf. Die im vorliegenden Projekt in den Gartenböden ermittelten Gehalte an organischen Schadstoffen überschreiten die von Ackerböden [5].

In den untersuchten Gartenböden sind insbesondere die PAK im Vergleich zu den Hintergrundwerten von Ackerböden deutlich angereichert (vgl. Tab. 1.2.5).

Über die Hälfte der untersuchten Böden weist eine Überschreitung des PAK-Vorsorgewertes der BBodSchV für Böden mit Humusgehalten von  $\leq 8\%$  auf. In einem Einzelfall (Gartenanlage Cottbus) wird der Prüfwert für den Pfad Boden-Pflanze bei BaP im Median geringfügig überschritten.

Bei DDT/Isomeren/Abbauprodukten wird der Referenzwert der ‚Hollandliste‘ [9] deutlich, der Eingreifwert jedoch nur in einem Einzelfall überschritten (Gartenanlage Waßmannsdorf/Selchow). Die ermittelten PCB<sub>6</sub> und PCDD/F-Konzentrationen der Böden lassen eine multifunktionale Nutzung zu. Nicht nachgewiesen werden konnten die Pflanzenschutzmittel Aldrin und Dieldrin sowie die Parameter Nitroaromate, BETX und LHKW.

#### 1.2.4.4 Belastungsmuster

Für die untersuchten Gartenböden wurde ein typisches „Grundbelastungsmuster“ ermittelt. Im Vergleich zu den Hintergrundwerten für Ackerböden sind insbesondere Schwermetalle Zn, Cu, Pb, Hg, Cd, Cr, Ni und die organischen Schadstoffe PAK, PCDD/F, DDT/Isomere/Abbauprodukte angereichert. Die Vorsorgewerte der BBodSchV werden im Median nur bei Hg, Zn und PAK überschritten. Die Schadstoffakkumulation ist jedoch aus humantoxikologischer Sicht nicht relevant.

Ein quellenpezifisches Belastungsmuster konnte für die Untersuchungsräume (Industrie, Verkehr usw., vgl. Tab. 1.2.1) nicht festgestellt werden. Das ist mit hoher Sicherheit darauf zurückzuführen, dass die normale Grundbelastung das quellenspezifische Belastungsmuster überlagert bzw. die untersuchten Gärten nicht mehr dem direkten und intensiven Einfluss der Belastungsquellen ausgesetzt sind.

Spezifische Belastungsmuster anthropogenen Ursprungs wurden nur für die Belastungssituationen Rieselfelder (Cd, Hg, Zn) und Aufbringung von Materialien (Deponie: Cd, Zn und Baggergut: Cd, Cr, Zn) ermittelt.

### 1.2.5 Nutzungsempfehlungen

#### 1.2.5.1 Haus- und Kleingärten mit normalem bzw. typischen Belastungsmuster

Die Untersuchungsergebnisse belegen, dass brandenburgische Haus- und Kleingärten mit normalem bzw. typischen Belastungsmuster in der Regel nur gering mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen belastet sind, so dass im allgemeinen die vorgenannte „gute gärtnerische Praxis“ ausreicht, um einen geringen Schadstofftransfer in die Nahrungskette bzw. in das Grundwasser zu garantieren. Maßnahmen im Rahmen dieser Praxis sind u.a. nach [10]:

- bodenart- und nutzungsangepasste Bodenbearbeitung,
- bedarfsgerechte Nährstoffversorgung (P, K, Mg, N...),
- bei Mangel Zufuhr organischer Substanz,
- bodenschonender Pflanzenartenwechsel,

- bedarfsgerechte, ökologisch vertretbare Anwendung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln,
- Einsatz von schadstoffarmen Bodenverbesserungsmitteln und -hilfsstoffen zur Verbesserung des Filter-, Puffer- und Transformationsvermögens,
- kein Einsatz von belasteten Abfällen sowie
- Verwendung schadstoffarmer Gießwässer.

#### 1.2.5.2 Haus- und Kleingärten mit erhöhten Schadstoffgehalten im Boden

Gartenanlagen mit erhöhten Schadstoffbelastungen (spezifische Belastungsmuster) sollten detailliert untersucht werden. Besonders kritisch sind aus human-toxikologischer Sicht die Schadstoffe: Cd, Hg, Pb, (Tl), PCDD/F, PAK, PCB und Pflanzenschutzmittel zu bewerten.

Im Anschluss an die Analysen sind weitergehende Anbau- und Nutzungsempfehlungen in Abhängigkeit der Höhe der Belastung und den jeweils relevanten Schadstoffen festzulegen. Folgende Hinweise sollten jedoch generell beachtet werden [10]:

- Aufkalkung der Böden bis zum optimalen pH-Wert,
- sorgfältige Reinigung der Pflanzen/-teile bei der Zubereitung durch gründliches Waschen. Schälen von Wurzel- und Knollengemüse. Kein Verzehr der äußeren Blätter bei Blattgemüse,
- Vermeidung übermäßiger Verschmutzung der Pflanzen. Verschmutzungsgefährdet: Grünkohl, Wirsing, Blumenkohl/Brokkoli, Feldsalat, Spinat, Küchenkräuter, Erdbeeren,
- Mulchen zur Verhinderung von Bodenanhaftung,
- Bodenüberdeckung/-austausch, Anlegen von Hochbeeten,
- Einsatz von Folien zur zeitweisen Abdeckung des Bodens,
- Heckenanpflanzung zum Schutz vor luftgetragenen Stäuben und Bodenpartikeln (Ablagerungen auf Pflanzen) sowie
- Einschränkung des Anbaus von Gemüsearten mit elementspezifisch hohem Transfer, hohem Blattanteil und großer Blattfläche.

Bei der Auswahl der anzubauenden Nutzpflanzen sollte deren Schadstoffanreicherungsvermögen berücksichtigt werden. So sollten auf belasteten Böden für Nahrungs- und Futterzwecke nur Pflanzen mit einem geringen Schadstoffanreicherungsvermögen angebaut werden.

#### 1.2.6 Zusammenfassung

Haus- und insbesondere Kleingartenflächen stellen aufgrund bekannter Verdachtskriterien Flächen mit potenziellen Bodenbelastungen dar. Es bestand die Notwendigkeit, Daten zur Belastung von Gärten zu erheben, wozu 1996 durch das LUA eine Studie vergeben wurde. Die Untersuchungsergebnisse belegen, dass brandenburgische Haus- und Kleingärten in der Regel nur gering mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen belastet sind. Im Durchschnitt wurden jedoch im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Böden höhere Schadstoffgehalte ermittelt. Im Allgemeinen reicht die „gute gärtnerische Praxis“ aus, um einen Schadstofftransfer in die Nahrungskette bzw. in das Grund- und Oberflächenwasser zu begrenzen. Bei Gärten, deren Bodenbelastung über den Hintergrundgehalten liegt, sollten weitergehende Detailuntersuchungen durchgeführt und Nutzungsempfehlungen gegeben werden.

#### 1.2.7 Literatur

- [1] GRUN, M.; POHL, A.; DORNBERGER, U. et al. (1997): Die Belastung von Böden Brandenburger Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Schadstoffe. Forschungsbericht im Auftrag des LUA
- [2] Bodenkundliche Kartieranleitung. (1994), ad-hoc-AG Boden der Geologischen Landesämter und der BGR, 4. Auflage, Hannover
- [3] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). (1999), BMU
- [4] Rahmenempfehlungen zur Düngung im Land Brandenburg. (1997), MELF/LUFA
- [5] LABO: Hintergrundwerte org. und anorg. Stoffe in Böden hier: Hintergrundwerte für Sandböden Brandenburgs, Ackernutzung
- [6] Verordnung (EG) Nr. 466/2001 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln

- [7] CRÖSSMANN, G.; WÜSTEMANN, M. (1995): Belastung in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential, UBA-Texte
- [8] Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (1976): Richtwerte für As-, Pb-, Cd- und Hg-Gehalte in Lebensmitteln, Bundesgesundheitsblatt
- [9] Holland Liste/Leidraad Bodemsanering: Mitteilung des Rijksinstituut voor Volksgezondheit en Milieuhygiene
- [10] Eckpunkte zur Gefahrenbeurteilung des Wirkungspfadefes Bodenverunreinigung/Altlasten-Pflanze. (1997), ad-hoc-AG Schwermetalltransfer Boden/Pflanze des AK Bodenbelastung der LABO

**Dipl.-Ing. Jürgen Ritschel**

Landesumweltamt Brandenburg

Referat T6 Altlasten

Michendorfer Chaussee 114, 14473 Potsdam

### 1.3 Erfassung großflächig siedlungsbedingt erhöhter Schadstoffgehalte in der Stadt Brandenburg a. d. Havel

*Ulrike Meyer,*

*Umweltkonzept Dr. Meyer, Berlin*

#### 1.3.1 Einleitung

Es gibt vielfältige Ursachen dafür, dass großflächige Gebiete erhöhte Schadstoffgehalte aufweisen, die über den natürlichen und ubiquitären Hintergrundgehalten der Region liegen. Beispiele dafür sind Überschwemmungsgebiete, Industrieregionen, Trümmerschuttanreicherungen in Großstädten und ähnliches. *Großflächig siedlungsbedingt* sind Schadstoffgehalte nur dann, wenn kein dominierender Einfluss einer Einzelquelle oder Belastungsursache vorhanden ist, also eine diffuse Schadstoffbelastung vorliegt. *Großflächig siedlungsbedingt erhöhte* Schadstoffgehalte überschreiten Vorsorgewerte, erreichen aber nicht das Niveau von Prüfwerten (BR-Drs. 780/98) [3].

Wenn Schadstoffgehalte im Boden die Vorsorgewerte überschreiten, entsteht nach § 9 Abs.1 BBodSchV [2] in der Regel die Besorgnis schädlicher Bodenveränderungen. Um der zuständigen Behörde zu ermöglichen, *angemessen* auf die besondere Belastung solcher Gebiete im Rahmen der Bestimmungen des Bundes-Bodenschutzgesetzes [1] und der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung [2] zu reagieren, wird sie ermächtigt, Gebiete mit siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten festzulegen, in denen Ausnahmeregelungen von Bestimmungen des Bodenschutzrechts gelten.

Folgende Ausnahmeregelungen sind für Gebiete mit großflächig, siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in BBodSchG und BBodSchV genannt:

- § 4 (8) BBodSchV: Bewertung: Bei Böden mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten kann ein Vergleich dieser Gehalte mit den im Einzelfall ermittelten Schadstoffgehalten in die Gefahrenbeurteilung einbezogen werden.

- §9 (3) BBodSchV: Besorgnis schädlicher Bodenveränderungen: Bei Böden mit großflächig, siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten besteht die Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen bei einer Überschreitung der Vorsorgewerte ...nur, wenn eine erhebliche Freisetzung von Schadstoffen oder zusätzliche Einträge durch die nach § 7 (1) des BBodSchG Verpflichteten nachteilige Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen.
- § 12 (10) BBodSchV: Aufbringen von Bodenmaterial: In Gebieten mit großflächig, siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden ist eine Verlagerung von Bodenmaterial innerhalb des Gebietes zulässig, wenn die Bodenfunktionen nicht zusätzlich beeinträchtigt werden und insbesondere die Schadstoffsituation am Ort des Aufbringens nicht nachteilig verändert wird.
- §21 (3) BBodSchG: Landesrechtliche Regelungen: Die Länder können darüber hinaus in Gebieten, in denen flächenhaft schädliche Bodenveränderungen auftreten oder zu erwarten sind, die dort zu ergreifenden Maßnahmen bestimmen.

In der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung wird jedoch nicht geregelt, wie die zuständige Behörde betroffene Gebiete abgrenzen soll. Aus diesem Grund hat das Umweltbundesamt von der Firma UMEG unter Mitwirkung der „Projektgruppe GSE“ eine „Anleitung zur Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden“ erstellen lassen [6].

Ziel des vorliegenden Projektes war es, die GSE-Anleitung zur Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten an einem Beispielgebiet im Land Brandenburg zu testen und die Anwendbarkeit zu validieren. Als Beispielgebiet wurde die Stadt Brandenburg an der Havel ausgewählt, weil dort folgende Besonderheiten vorzufinden sind:

- Es handelt sich um ein Siedlungsgebiet mit altindustrieller Nutzung (punktuelle und diffuse Schadstoffeinträge) und nutzungsbedingten Einwirkungen.
- Erhöhte Schadstoffgehalte in Böden (Vorsorgewertüberschreitungen) sind zu erwarten bzw. bekannt.
- Boden- und Flächendaten in Teilgebieten der Stadt liegen bereits vor.

Das Verfahren lässt sich in vier chronologische Arbeitsschritte unterteilen:

- Schritt 1: Raumanalyse und Entwicklung der Konzeptkarte
- Schritt 2: Probenahmeplanung
- Schritt 3: Probenahme und Analyse der Proben
- Schritt 4: Geostatistische Analyse und Kennzeichnung der Gebiete

Die Arbeitsschritte (1), (2), und (4) wurden mit ArcView 8,0 bzw. ArcGIS Geostatistical Analyst [4] realisiert.

### 1.3.2 Raumanalyse und Entwicklung der Konzeptkarte

Grundgedanke des Verfahrens ist, dass der Untersuchungsraum repräsentativ statt rasterförmig oder zufallsverteilt beprobt werden soll. Nutzungen (wie Kleingarten oder Gewerbegebiet) und Substrate (wie Löß oder Bauschutt) sind wesentliche Merkmale eines Gebietes und können den Schadstoffgehalt im Boden beeinflussen. Durch eine gezielte Verteilung der Probestandorte, quotiert entsprechend dem Flächenanteil der gebietsinternen Merkmale, kann eine repräsentative Probenahme realisiert werden. Für diese gezielte Probenahme ist eine Raumanalyse erforderlich, in der relevante Flächendaten zu definierten Raumeinheiten (RE) verschnitten werden. Raumeinheiten stellen den Grundstein für die Gebietskennzeichnung dar und sind nach der GSE-Anleitung so zu gliedern, dass die erwartete Schadstoffverteilung angemessen am Datenbestand flächenhaft abgebildet werden kann.

Gebietsinterne Merkmale für Raumeinheiten sind Bodennutzung, Materialauftragsflächen, geogene Strukturen, Siedlungs- und Naturraumstrukturen u.a. Ausschlussflächen sind Raumeinheiten mit eventuell erhöhten Schadstoffgehalten aus identifizierbaren Quellen. Wichtig für die Bildung von Raumeinheiten und Ausschlussflächen ist eine ausreichende Grundlage an relevanten Geodaten, sowohl Flächen- als auch Punktdaten.

Als Untersuchungsraum wurden die *Ortslagen* innerhalb des Stadtgebietes von Brandenburg/Havel gewählt. Für die Bildung der Raumeinheiten (Tab. 1.3.1) wurden die Bodennutzungen, die Bodentypen und aufgrund der vielen Gewässer, die die Stadt prägen, auch die Überschwemmungsflächen als gebietsrelevante Merkmale herangezogen. Flächen, die punktuelle Kontaminationen aufwiesen oder erwarten ließen (Altlastenstandorte, Straßenränder u.a.) wurden als Ausschlussflächen (Tab. 1.3.2) ausgegrenzt und nicht beprobt.

Die Bodennutzung, die aus den ATKIS-Daten entnommen wurde, wurde anhand von aktuellen Luftbildern überprüft. Da in der Stadt Brandenburg Sandböden dominieren und Böden aus organogenen sowie anthropogen abgelagerten Sedimenten häufig vorkommen, wurden die 99 Bodentypen der Bodenübersichtskarte BÜK 300 in diese 3 Klassen gruppiert (Tab. 1.3.3).

**Tab. 1.3.1: Zur Bildung von Raumeinheiten verwendete gebietsinterne Merkmale**

Quelle der Daten	Merkmale und Verwendung
aktuelle Nutzungskarte: ATKIS-Daten	Objektarten der Bodennutzung
Bodenübersichtskarte BÜK 300	Legendeneinheiten der Bodentypen
Karte der amtlich ausgewiesenen Überschwemmungsflächen	Rezente und aktuelle Überschwemmungsflächen

**Tab. 1.3.2: Zur Bildung von Ausschlussflächen verwendete gebietsinterne Merkmale**

Quelle der Daten	Merkmale und Verwendung
Altlastenkataster ISAL; Stadt BB	Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen
Brachflächenkataster der Stadt Brandenburg	Stillgelegte Industrie- und Gewerbeflächen, die Altlastenverdachtsflächen sind
Aktuelle Nutzungskarte (ATKIS-Daten)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmte Objektarten (z.B. Brücken, Flugplatz, Gräben, Deponien)</li> <li>• Abstandsflächen zu Straßen und Eisenbahnen</li> </ul>

**Tab. 1.3.3: Klassenbildung von Bodentypen der BÜK 300**

Klasse	Legendeneinheiten	Böden in der Klasse
1	1–71	Böden aus Sand, z.T. mit Torf, und aus Lehmsand
2	72–83	Böden aus organogenen Sedimenten
3	84–99	Böden aus anthropogen umgelagerten Sedimenten



Die Kombination der Merkmale *Bodennutzung, Bodentyp, Überschwemmungsgebiet* ergab nach Verschneidung 44 unterschiedliche Raumeinheitentypen für das Untersuchungsgebiet (Tab. 1.3.4). Da Raumeinheiten mit einer Gesamtfläche unter 10 000 m<sup>2</sup> für die Beprobung zu klein und für das Gebiet wenig repräsentativ, wurden sie gestrichen. So entstanden 30 relevante Raumeinheitentypen, die in der Konzeptkarte farbig markiert wurden. Die Ausschlussflächen hoben sich als weiße Polygone ab (Abb. 1.3.1).

### 1.3.3 Probenahmeplanung

Die Probenanzahl wurde, wenn möglich, entsprechend der Vorgaben der GSE-Anleitung berechnet, in der für die verschiedenen Nutzungen unterschiedliche Probenzahlen pro Flächeneinheit angegeben sind. Da die Raumeinheitentypen häufig eine Flächengröße von

unter 1 km<sup>2</sup> aufwiesen, musste der Probenumfang daran angepasst werden. Die 201 geplanten Probestandorte wurden mittels eines geografischen Informationssystems (GIS) gesetzt. Sichtbar waren dabei immer die punktförmigen Altlastenstandorte (ISAL) und die Standorte der genehmigungsbedürftigen Anlagen, die bei der Setzung der Probestandorte berücksichtigt wurden. Die Altlastenstandorte wurden umgangen, von den Emittenten wurde wegen des vorherrschenden Westwindes ca. 1 km Abstand (v.a. in östlicher, direkter Entfernung) gehalten. Die ermittelte Probenanzahl war in den flächenmäßig dominierenden Wohngebieten deutlich größer als in den spärlich vorkommenden Ackerflächen.

**Tab. 1.3.4: Raumeinheitentypen (RET) inner- und außerhalb von Überschwemmungsgebieten**

Raumeinheitentypen (RET)					
○ Außerhalb von Überschwemmungsgebieten					
● Innerhalb von Überschwemmungsgebieten					
– Innerhalb von Überschwemmungsgebieten keine RET < 1 ha vorhanden					
Böden aus Sand, z.T. mit Torf; u. aus Lehmsand (1)		Böden aus organogenen Sedimenten (2)		Böden aus anthropogen umgelagerten Sedimenten (3)	
○ –	Park-/Freizeitanlagen	○ –	Park-/Freizeitanlagen	○ –	Park-/Freizeitanlagen
○ –	Reine Wohngebiete	○ –	Reine Wohngebiete	○ –	Reine Wohngebiete
○ –	Wohnmischgebiete	○ –	Wohnmischgebiete	○ –	Wohnmischgebiete
○ –	Kleingärten	○ ●	Kleingärten	○ –	Kleingärten
○ –	Industrie-, Gewerbeflächen	○ ●	Industrie-, Gewerbeflächen	○ –	Industrie-, Gewerbeflächen
○ –	Ackerbauflächen	○ –	Ackerbauflächen	○ –	Ackerbauflächen
○ ●	Grünlandflächen	○ ●	Grünlandflächen	○ –	Grünlandflächen
○ –	Forstfläche	○ –	Forstfläche	○ –	Forstfläche
○ –	sonstige Freiflächen	○ –	sonstige Freiflächen	○ –	sonstige Freiflächen

Um zu erkennen, wo ein Punkt genau platziert werden konnte, wurden das Luftbild sowie die TK 10 hinterlegt (Tab. 1.3.4). Danach wurde eine gleichmäßige Verteilung der gesamten Probestandorte auf die Ortslagen überprüft. Die Probestandorte wurden in die Konzeptkarte (Abb. 1.3.1) eingetragen, der die topografische Karte zur Orientierung im Gelände hinterlegt war.

#### 1.3.4 Probenahme und Analyse der Proben

Um belastbare Bodendaten zu gewinnen, wurde besonderes Augenmerk auf eine definierte Probenahmestrategie gelegt.

An jedem der 201 Standorte wurde folgendermaßen vorgegangen:

- Der Raumeinheitentyp wurde auf die tatsächliche Nutzung sowie Bodenart überprüft. Der Standort wurde u. U. ersetzt oder der RET wurde geändert und bei der Auswertung berücksichtigt.
- Es wurde ein Bodenprofil bis 1 m Tiefe gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung (KA 4) mit folgenden Kennwerten aufgenommen:
  - a) Bodenart,
  - b) Humusgehalt < 8 bzw. > 8 %,
  - c) Art und Volumenanteil technogener Substrate.
- Aus neun Einstichen wurde eine Mischprobe (ca. 500 g Bodenmaterial) entnommen.
- Die Entnahmetiefen entsprachen den Vorgaben der BBodSchV bzw. der LABO-Hintergrundwerte [2,7], d.h. 0–30 cm Tiefe in Kleingärten und Ackerland, in allen anderen Nutzungen 0–10 cm Tiefe.
- Die Proben wurden entsprechend der Methoden der BBodSchV auf folgende Parameter analysiert:
  - Cadmium, Blei, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Nickel, Zink und Arsen,
  - PCB, PAK, Benzo(a)pyren,
  - pH (CaCl<sub>2</sub>).

#### 1.3.5 Ergebnis der deskriptiven Auswertung

Um in einer Erstbewertung einen Eindruck von der Verteilung der Schadstoffgehalte zu bekommen, wurden die Probenahmepunkte entsprechend der Höhe der dort vorgefundenen Gehalte mit unterschiedlich großen Symbolen dargestellt. Punkte, an denen Vorsorgewerte überschritten waren, wurden zusätzlich durch ein rotes Kreuz im Symbol markiert (Beispiel: Zink-Gehalte in Abb. 1.3.1). So lässt sich abschätzen, für welche Schadstoffe eine Gebietskennzeichnung sinnvoll sein kann und ob eine räumliche Interpolation der punktförmig erhobenen Daten einen wesentlichen Informationsgewinn darstellen würde.

Aus den deskriptiven Ergebnisse lassen sich folgende Ableitungen treffen:

- In 82 % der untersuchten Proben wird mindestens einer der zehn Vorsorgewerte deutlich überschritten.
- Die *Quecksilber- und Zink-Gehalte* sowie die *Blei- und Cadmium-Gehalte* überschreiten die entsprechenden Vorsorgewerte. Bodenart und Nutzung scheinen dabei keine Rolle zu spielen.
- Die *Kupfer- und Nickel-Gehalte* sowie die *PAK-Gehalte* sind in den überwiegenden Fällen gering, nur in einzelnen Proben treten Vorsorgewertüberschreitungen auf.
- *PCB* ist nur in Spuren nahe der Bestimmungsgrenze zu finden, die Vorsorgewerte werden weit unterschritten.

**Dr. Dipl.-Agr.-Biol. Ulrike Meyer**

*Umweltkonzept Dr. Meyer*

*Fritschestraße 26, 10585 Berlin*

*Tel.: (030) 34 70 22 99, Fax: (030) 3 41 33 89*

*E-Mail: Umeyer@umweltkonzept-dr-meyer.de*

## 1.4 Darstellung von Flächen mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten

Hans-Martin Krausmann,  
greenlab-geoinformatics GmbH, Berlin

Die Darlegungen zur Darstellung von Flächen mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten stellen die Fortsetzung der Projektbearbeitung aus dem vorhergehenden Beitrag von Frau Dr. Meyer zur „Erfassung großflächig siedlungsbedingt erhöhter Schadstoffgehalten in der Stadt Brandenburg/Havel“ dar.

### 1.4.1 Ziele der geostatistischen Auswertung

In der deskriptiven Datenauswertung wurden die ermittelten Schadstoffgehalten durch Einbindung in den räumlichen Kontext und den darin lokalisierten Einflussfaktoren (wie Nutzungs- und Bodenarten oder evt. vorhandene Schadstoffquellen) interpretiert. Um Gebiete mit erhöhtem Schadstoffgehalt im Untersuchungsraum kennzeichnen zu können, ist darüber hinaus eine geostatistische Auswertung erforderlich, bei der eine räumliche Interpolation der punktförmig erhobenen Daten erfolgt (Abb. 1.4.1).

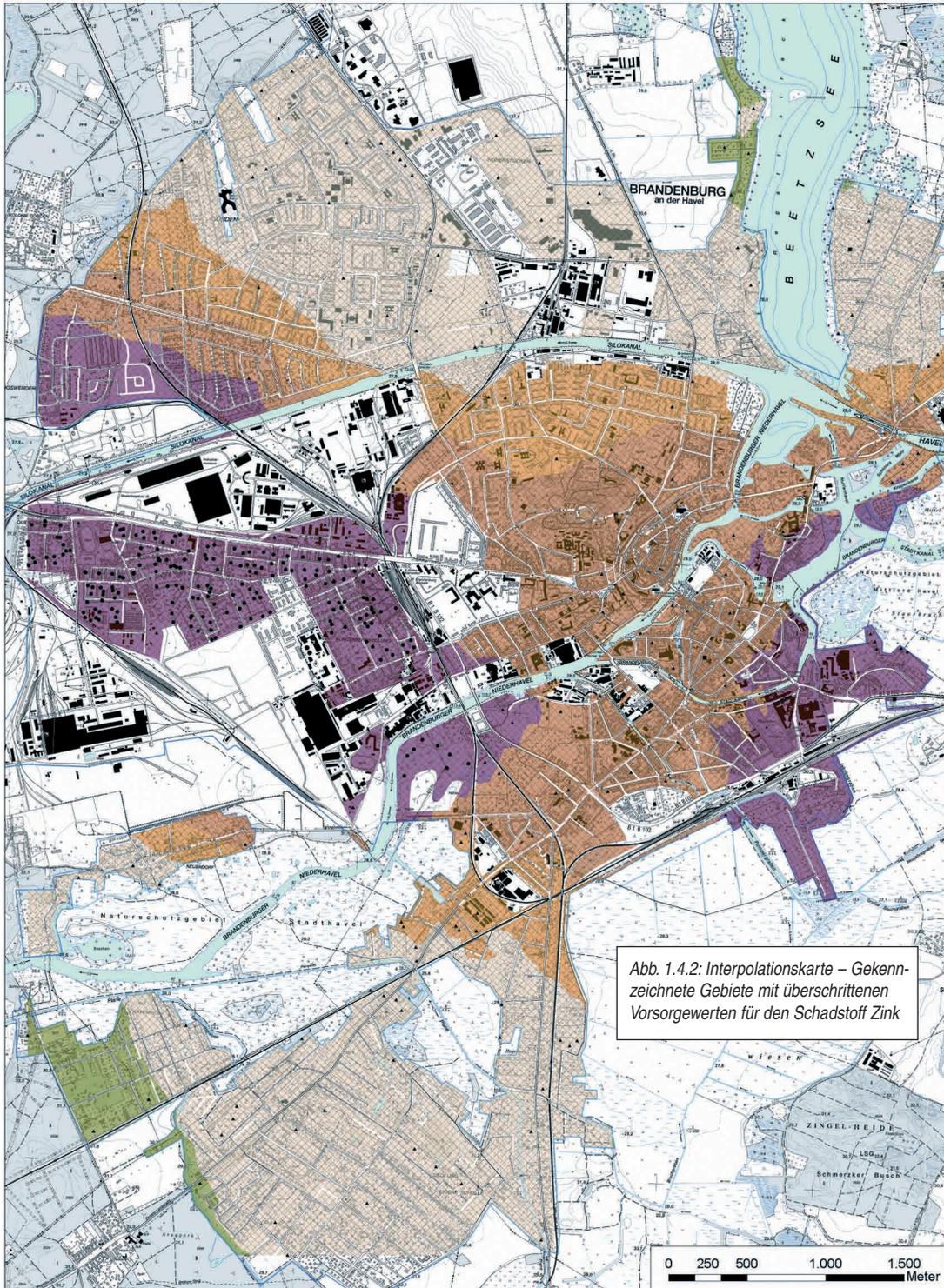
Dazu werden punktuelle Informationen – wie sie die Schadstoffgehalten der Probestandorte darstellen – in flächenhafte Informationen mit gleichen Schadstoffgehalten (Abb. 1.4.2) überführt. Mit der Verwendung des so genannten *Kriging-Verfahrens* als einem optimal geeigneten und statistisch abgesicherten Interpolationsverfahren ist eine inhaltlich korrekte Interpretation der Flächendaten gewährleistet, die aus dem Interpolationsprozess resultiert. Ein weiteres Ziel der geostatistischen Auswertung ist es, zu erkunden, ob zwischen den Boden- bzw. Nutzungsarten und den ermittelten Schadstoffgehalten ein Zusammenhang besteht. Im Ergebnis der Auswertung werden Interpolationskarten (Abb. 1.4.2) generiert, deren Interpolationsgenauigkeit durch die zusätzliche Erstellung von Schätzfehlerkarten (Abb. 1.4.3) dargestellt wird. Mit Hilfe der Schätzfehlerkarten lassen sich außerdem die Gebiete ermitteln, in denen ein zusätzlicher Beprobungsbedarf besteht. In den Interpolationskarten werden jene Gebiete, in denen die nach Bodenart differenzierten Vorsorgewerte überschritten werden, mit einer gitterförmigen Kennzeichnung flächenhaft markiert.



Abb. 1.4.1: Geostatistischer Auswertungsprozess

# GSE-Projekt: Zink-Gehalte im Oberboden

## Stadt Brandenburg - Zentrum / Interpolationskarte



<p>1:10000</p>	<p>Übersicht Stadt Brandenburg</p> <p>Karten-ausschnitt</p>	<p>Interpolation der Schadstoffwerte durch Kriging</p> <p>Datengrundlage für Schadstoffwerte:</p> <p>Umweltkonzept Meyer (Pb, Cd, Cu, Ni, Hg, Zn, PAH, B(a)P, PCB)</p> <p>Fachhochschule Eberswalde (Pb, Cd, Cu, Ni, Zn)</p> <p>Stadt Brandenburg (Pb, Cd, Cu, Zn)</p> <p>Anzahl der Probenpunkte: 360</p>	<p><b>Zink-Gehalte in mg/kg TS</b></p> <p>Gehaltklassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>0 - 44</li> <li>45 - 59</li> <li>60 - 99</li> <li>100 - 149</li> <li>150 - 169</li> <li>170 - 199</li> <li>&gt; 200</li> </ul> <p>Probennahmepunkte und Herkunft</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Stadt Brandenburg</li> <li>FH Eberswalde</li> <li>Umweltkonzept Meyer</li> </ul> <p>Stadtdgrenze (Stadt Brandenburg)</p> <p>Ortslage (ATKIS)</p> <p>Ausschufflächen</p> <p>Vorsorge-/Hintergrundwert überschritten</p> <p>Hintergrundwert Zn (Bismutgehalt &gt; 8%): 30 mg/kg TS</p> <p>Vorsorgewert Zn (Sand): 60 mg/kg TS</p> <p>Vorsorgewert Zn (Lehm): 150 mg/kg TS</p>	<p>Auftraggeber: Landesumweltamt Brandenburg</p> <p>Auftragnehmer: Umweltkonzept Dr. Meyer Fritschestr. 68 10585 Berlin</p> <p>greenlab geoinformatics GmbH Regattastr. 55 12527 Berlin</p> <p>November 2003</p>
----------------	---	--	---	--

GSE-Projekt: Zink-Gehalte im Oberboden  
 Stadt Brandenburg - Zentrum / Schätzfehlerkarte

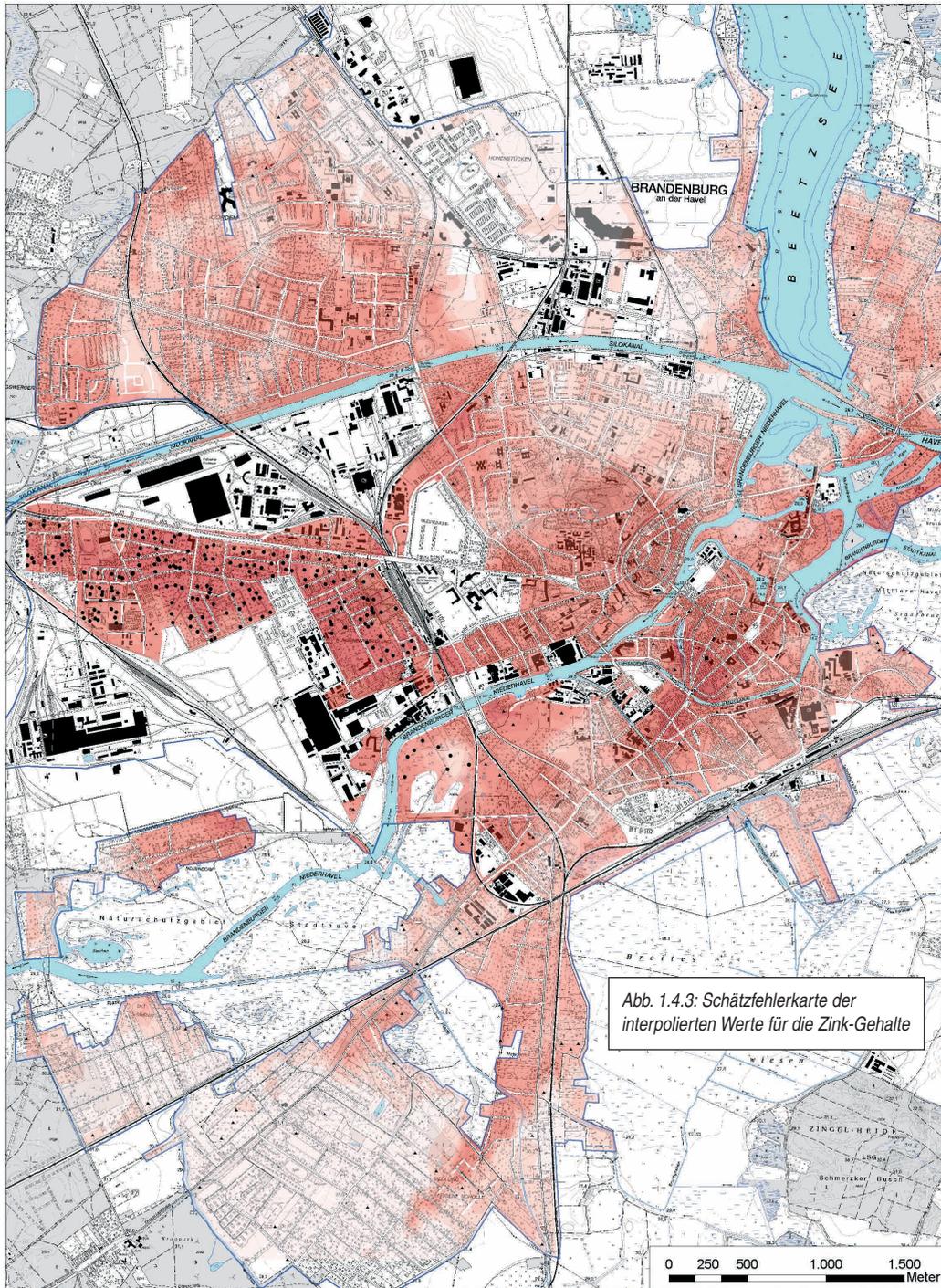


Abb. 1.4.3: Schätzfehlerkarte der interpolierten Werte für die Zink-Gehalte

	<p>Übersicht Stadt Brandenburg</p>	<p>Interpolation der Schadstoffwerte durch Kriging                  Datengrundlage für Schadstoffwerte:                  Umweltkonzept Meyer (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn, PAK, Bklap, PCB)                  Fachhochschule Eberswalde (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn)                  Stadt Brandenburg (Pb, Cd, Cu, Zn)                  Anzahl der Probenorte: 366                  Die Schätzfehlerkarte wurde für die bei der zugehörigen Interpolationskarte verwendeten Meßstationen aus experimentellen Datenmaterialien berechnet.</p> <p><small>Bei der Interpretation ist zu beachten, dass die Probenwerte unterschiedlichen Messmethoden entsprechen. Deshalb ist eine genaue Zuordnung der Meßstationen zu den Meßwerten nicht unbedingt möglich, insbesondere in der Schätzfehlerkarte.</small></p>	<p><b>Zink-Gehalte (Schätzfehler)</b></p> <p>Schätzfehlerklassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>0 - 75</li> <li>76 - 104</li> <li>105 - 132</li> <li>133 - 160</li> <li>161 - 178</li> <li>180 - 227</li> <li>228 - 307</li> <li>308 - 658</li> </ul> <p>Probenahmeorte und Herkunft</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Stadtgrenze (Stadt Brandenburg)</li> <li>— Offiziale (ATKIS)</li> <li>● FH Eberswalde</li> <li>▲ Umweltkonzept Meyer</li> </ul>	<p>Auftraggeber:                  Landesumweltamt Brandenburg</p> <p>Auftragnehmer:                  Umweltkonzept Dr. Meyer                  Fritschestr. 68                  15555 Berlin</p> <p>gremial geoinformatics GmbH                  Regattastr. 55                  12527 Berlin</p> <p>November 2003</p>
--	------------------------------------	---	--	---

#### 1.4.2 Datenaufbereitung zur geostatistischen Auswertung

Zu Beginn dieses Projektabschnittes mussten die notwendigen Voraussetzungen auf der Datenebene geschaffen werden, um die statistischen und geostatistischen Verfahren korrekt durchführen zu können. Dabei wurden Datensätze als „Ausreißer“ ermittelt und eliminiert, wenn sie die im Gesamtdatenbestand auftretenden Höchstwerte um das Zehn- bis Hundertfache überschritten (nur bei den einbezogenen Fremddaten erforderlich). Neben den 201 im Projekt erhobenen Messwerten sollten weitere Daten der betrachteten Schadstoffe aus bereits vorhandenen Untersuchungen in die Auswertung mit einbezogen werden. Insgesamt standen somit für das Stadtgebiet Brandenburg (Ortslage) die Daten aus folgenden Quellen zur Verfügung:

- Daten ermittelt durch Umweltkonzept Dr. Meyer (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn, PAK, B(a)p, PCB),
- Daten ermittelt durch die FH Eberswalde (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn) [5] und
- Daten ermittelt durch die Stadt Brandenburg (Pb, Cd, Cu, Zn).

#### 1.4.3 Der Kriging-Prozess

Für jeden einzelnen Schadstoff wurde eine Interpolationskarte erstellt.

Die Interpolation mittels Kriging setzt voraus, dass bei jedem Interpolationsvorgang die notwendigen Parameter für das Verfahren optimal an die Gegebenheiten im Datenbestand angepasst werden. Grundlage eines Kriging-Prozesses ist stets ein experimentelles Semivariogramm, in dem die räumliche Korrelation zwischen den vorhandenen regionalen Variablen in Bezug auf ihre Veränderung bei größerer Entfernung zwischen den einzelnen Messwerten dargestellt wird. Auf Grundlage der experimentellen Semivariogramme wurden dann die Kriging-Interpolationen mittels geostatistischer Werkzeuge in einem GIS durchgeführt.

#### 1.4.4 Erstellung der Interpolationskarten

Die Umsetzung des Kriging erfolgte mit dem ArcGIS Geostatistical Analyst Kriging-Werkzeug [4]. Im Ergebnis des Kriging-Prozesses wurde für jeden betrachteten Schadstoff ein Polygon erzeugt, das die Schadstoffwerte des Untersuchungsgebietes flächenhaft interpoliert enthält (Abb. 1.4.2). Um die Genauigkeit der erstellten Interpolationskarten bewerten zu können, wurde für jede Interpolationskarte eine Schätzfehlerkarte (standard prediction error map) (Abb. 1.4.3) generiert.

Die entstandenen Polygone bildeten gleichzeitig die Grundlage für die weitere Analyse, um diejenigen Gebiete zu ermitteln, in denen Vorsorgewerte für Schadstoffe (BBodSchV 1999) [2] überschritten sind. Um den notwendigen räumlichen Bezug zwischen der Schadstoffkonzentration und der jeweiligen Bodenart herzustellen, wurden alle Schadstoffinterpolationskarten mit der zugehörigen Bodenartenkarte des Untersuchungsgebiets mit Hilfe von Geoprozess-Werkzeugen verschnitten.

Die in der Bodenübersichtskarte (BÜK 300) enthaltenen Böden sind für den beschriebenen Verschneidungsprozess nicht verwendbar, da in der BÜK 300 weder eine scharfe Trennung nach Bodenarten für Oberböden erfolgt noch eine konkrete Aussage über den Humusgehalt getroffen wird. Da aber sowohl die Vorsorgewerte nach den Hauptbodenarten Sand, Lehm und Ton zu unterscheiden sind als auch der Humusgehalt zu berücksichtigen ist, muss mittels eines geeigneten Interpolationsverfahrens aus den vorhandenen Probestandorten eine flächenhafte Hauptbodenartenkarte mit den o.g. Eigenschaften erzeugt werden.

Die Daten hierfür stammen aus der Geländeansprache. Gebiete mit Hauptbodenarten, in denen Vorsorgewertüberschreitungen auftreten, wurden in der Karte mit einer Schraffierungssignatur markiert. In der Untersuchung wurden die Vorsorgewerte für Schwermetalle anhand der BBodSchV verwendet. Bei Humusgehalt über 8% sind die Vorsorgewerte nicht anwendbar, so dass in diesen Fällen die Hintergrundwerte zur Bewertung herangezogen wurden. Für die Darstellung der Zusammenhänge zwischen Boden- und Nutzungsarten sowie den gemessenen Schadstoffwerten ist es notwendig, Aggregationen der beprobten Raumeinheitentypen (RET) analog zu der Vorgabe in der GSE [5] vorzunehmen, so

dass daraus vier neue Raumeinheitentypen entstehen. Mit den auf diese Weise standardisierten Werten wird die Kriging-Interpolation für fünf Leitschadstoffe (Blei, Kupfer, Quecksilber, Zink und PAK) durchgeführt. Die Standardisierung der Raumeinheitentypen ermöglicht es, vorhandene Einflüsse zwischen Nutzungsarten, Bodenarten und Schadstoffkonzentration zu ermitteln (hier nicht als Karte mitgeteilt).

#### 1.4.5 Fazit

In enger Zusammenarbeit des Auftraggebers mit den beteiligten Firmen wurde eine praxisorientierte Methode zur Kennzeichnung von Gebieten mit siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten aus der GSE-Anleitung entwickelt.

Die eingesetzte Software (ArcView 8.3 und Geostatistical Analyst) ist für die Bearbeitung der kartografischen und geostatistischen Aufgaben sehr gut geeignet. Mit Hilfe des GIS konnten sowohl die Probestandorte effizient geplant als auch die Flächenanalysen mit der geforderten statistischen Sicherheit durchgeführt werden.

Mit der GSE-Anleitung wurden folgende Erfahrungen gemacht:

- Da es sich um siedlungsbedingt erhöhte Schadstoffgehalte handelt, sollte man die für die Raumeinheiten relevanten Objektdaten auf die „Ortslagen“ einer Stadt einschränken.
- Die Beprobungsdichte der meisten Raumeinheiten ist, wie vorgesehen, praktikabel. Da aber *Forstfläche*, *Grünlandfläche* und *Ackerfläche* in den Ortslagen einer Stadt nur sehr geringe Flächengrößen aufweisen, wird die Beprobungsdichte von 1 Probe pro 10 ha zu gering eingeschätzt. Empfehlenswert wäre 1 Probe pro 1 ha.
- Bei der Setzung der Probestandorte in die Karte hat sich bewährt, dass die jeweilige Raumeinheit noch einmal durch Überlagerung der digitalen Luftbilder überprüft wurde. Dieses Vorgehen spart im Gelände das Aufsuchen von Ersatz-Probestandorten.
- Bei der Probenahme ist wichtig, dass alte Bodenbereiche beprobt werden, jedoch nicht frisch oder erst kürzlich aufgebrachtes Bodenmaterial.

- An keinem der 201 Probestandorte wurden Prüfwerte der BBodSchV überschritten, was auf die definierte Probenahmeplanung zurückzuführen ist.

Folgende Ergebnisse wurden aus der geostatistischen Analyse abgeleitet:

- Innerhalb der Ortslage der Stadt Brandenburg können Gebiete mit erhöhten Hintergrundgehalten (Vorsorgewerteüberschreitungen) für die Schadstoffe *Quecksilber*, *Zink*, *Blei* und *Cadmium* gekennzeichnet werden, die je nach Schadstoff eine unterschiedliche Flächengröße aufweisen. Die Flächen, in denen der Vorsorgewert für *PAK- bzw. Benzo(a)pyren* überschritten wird, haben nur eine geringe Ausdehnung.
- Die gekennzeichneten Gebiete liegen im Siedlungsbereich und in den ehemaligen Gewerbe- und Industriebereichen. Fast die gesamte Umgebung des früheren Stahlwerkes liegt im gekennzeichneten Gebiet.
- Die Schätzfehlerkarten machen deutlich, dass nur ein geringer weiterer Beprobungsbedarf besteht (Beispiel Zink in Abb. 1.4.3). Die peripheren Bereiche sind ausreichend untersucht. Ein vermeintlicher Bedarf wird durch das GIS dort signalisiert, wo aufgrund des Randbereichs der Ortslagen wenige Proben genommen wurden und wo Schadstoffgehalte aus drei Messreihen in die Berechnungen mit eingehen. Letzteres ist vor allem im zentralen Bereich der Stadt Brandenburg gegeben.
- Es konnte festgestellt werden, dass zwischen dem Raumeinheitentyp und den Schadstoffgehalten kein direkter Zusammenhang besteht. Das bedeutet, dass Nutzung und Bodenart nicht die Schadstoffgehalte beeinflussen.

Das Projekt wurde vom Landesumweltamt Brandenburg beauftragt und von Herrn Dr. Dinkelberg und Herrn Prof. Schultz-Sternberg fachlich begleitet.

#### 1.4.6 Literatur

- [1] Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG vom 17.3.1998, BGBl. I. G 5702, Nr. 16 vom 24.3.1998, S. 502–510.
- [2] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung – BBodSchV vom 16.6.1999; BGBl, I. Teil, Nr. 36 vom 16.7.1999, S. 1554 ff.
- [3] BR-Drs. 780/98: Drucksache des Bundesrates 1998, Nr. 780.
- [4] ESRI (2001): ArcGIS Geostatistical Analyst (2001), ESRI White Paper.
- [5] FH Eberswalde (2000): Regionalisierung von Bodenbelastungen als fachliche Grundlage für gebietsbezogene Maßnahmen nach BBodSchG in Brandenburg (2000), Hrsg.: FH Eberswalde im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg.
- [6] UBA (2002): Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten im Boden (2002), Teil A: GSE-Anleitung mit Erläuterungen; Teil B: Objektschlüssel mit Erläuterungen; Teil C Statistische Beispielberechnungen. Hrsg. Umweltbundesamt (UBA-Forschungsbericht 200 71 238).
- [7] LABO (2004): LABO Hintergrundwerte Böden – Brandenburg (2004), Hrsg. Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO).

**Dipl. Geogr. Hans-Martin Krausmann**

*greenlab geoinformatics GmbH*

*Regattastraße 55, 12527 Berlin*

*Tel.: (030) 679 001 0, Fax: (030) 679 001 20*

*E-Mail: mk@greenlab.de*

## 2.1 Umgang mit Böden in Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten in der kommunalen Bodenschutzvorsorge

**Anne Baldauf**

*Amt für Umwelt- und Naturschutz der Stadtverwaltung*

*Brandenburg a. d. Havel*

### 2.1.1 Einleitung

Durch die vorliegenden Altlastengutachten, durch die Erkenntnisse im Großprojekt „Stadt Brandenburg“ und eigene Untersuchungsmaßnahmen von Amts wegen (Amtsermittlung) liegen für das Stadtgebiet Brandenburg an der Havel mittlerweile zahlreiche Werte für Schadstoffgehalte im Boden vor. Doch Schadstoffgehalte im Boden außerhalb der bekannten Flächen des Altlastenkatasters waren in den meisten Fällen nicht bekannt.

Im Jahr 2003 wurde in der Stadt Brandenburg an der Havel im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg das Projekt zur Untersuchungen zur Kennzeichnung von Gebieten mit siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten in Böden gemäß BBodSchV, bearbeitet von Umweltkonzept Dr. Meyer und Green Lab, durchgeführt.

Die im Rahmen des Projektes durchgeführten Untersuchungen werden von der unteren Bodenschutzbehörde als Chance betrachtet, mehr über Hintergrundbelastungen im Stadtkreis zu erfahren. Unter dem Hintergrund der Historie der Stadt war davon auszugehen, dass die Stahlindustrie und die zahlreichen Industrie- und Gewerbebetriebe in Brandenburg ihre Spuren im Boden hinterlassen haben mussten.

Zusätzlich zur industriellen Nutzung wurden in der Vergangenheit weite Bereiche Brandburgs mit den verschiedensten Materialien aufgefüllt, um auch in Niederungsgebieten eine Bebauung zu ermöglichen. Eine partiell nicht ganz unproblematische Herkunft des Auffüllungsmaterials war zu erwarten.

Die untere Bodenschutzbehörde in der Stadt Brandenburg kann sich derzeit auf Grund der personellen Situation nur wenig mit dem Thema Vorsorgender Bodenschutz im Sinne des Gesetzes befassen. Die erhobenen Daten sind jedoch für die tägliche Arbeit trotzdem von Bedeutung. Denn das Thema Vorsorgender Bodenschutz ergibt sich regelmäßig aus den Fragestellungen und Anforderungen, mit denen eine Behörde täglich konfrontiert wird.

Im Rahmen dieses Vortrags soll dargestellt werden, wie die untere Bodenschutzbehörde der Stadt Brandenburg an der Havel mit den neu gewonnenen Daten umgeht. Dazu sollen beispielhaft einige Fragestellungen und Flächen herausgegriffen werden.

### 2.1.2 Prüfung des Handlungsbedarfes hinsichtlich Gefahrenabwehr

Die untere Bodenschutzbehörde prüft neu gewonnene Bodendaten an erster Stelle hinsichtlich der Ableitung von Maßnahmen der Gefahrenabwehr. Besonderes Augenmerk legte die Behörde auf die Auswertung der Ergebnisse der Studie auf Gebiete mit extrem sensibler Flächennutzung, z.B. Einfamilienhausgebiete, Kleingärten und reine Wohngebiete.

Obwohl im Stadtgebiet flächendeckend ein Nachweis erhöhter Hintergrundwerte erfolgte, wurden in den wenigsten Fällen die Prüfwerte überschritten. In den besonders sensibel genutzten Kleingartenanlagen konnten zum Beispiel keine Überschreitungen der relevanten Prüfwerte festgestellt werden.

Von Seiten der Behörde besteht daher derzeit kein Handlungsbedarf für Maßnahmen der Gefahrenermittlung gemäß § 9 Abs. 1 BBodSchG (Amtsermittlung) oder sogar für Gefahrenabwehrmaßnahmen. Damit konnte die Gefahrenbeurteilung relativ schnell mit einem zufrieden stellenden Ergebnis abgeschlossen werden.

### 2.1.3 Einbindung der Daten/Datenhaltung

Das Umweltamt der Stadt Brandenburg verwaltet alle boden- und grundwasserbezogenen Daten in einer Datenbank (GeODin), die mit einem GIS (ArcView) verknüpft ist. Es ist vorgesehen, die Bodendaten in die Datenbank mit einzupflegen. Ziel ist es, alle Boden- und Grundwasserdaten im Stadtkreis möglichst schnell und unkompliziert über den PC abrufen und sie für einzelne Fragestellungen gezielt und übersichtlich auswerten zu können.

### 2.1.4 Brachflächenkataster

Die Revitalisierung von Brachflächen in der Stadt Brandenburg ist für die untere Bodenschutzbehörde ein wichtiges Thema im Rahmen des vorsorgenden Bodenschutzes, um den Flächenverbrauch und die Zerstörung/Versiegelung von Boden einzudämmen.

Die Stadt Brandenburg hat in den vergangenen Jahren ein Brachflächenkataster erstellt, in dem alle Brachflächen erfasst und beschrieben sind. Ziel des Brachflächenkataster ist es, die Rahmenbedingungen für eine Revitalisierung und Vermarktung der Flächen stets aktuell und in ausreichender Detailschärfe zur Verfügung zu haben. Potenzielle Investoren sollen sofort kompetent beraten werden können.

Im Brachflächenkataster sind auch die Flächen des Altlastenkatasters erfasst und beschrieben. Gleichzeitig wurde der Handlungsbedarf hinsichtlich Altlasten-Untersuchungs- und Gefahrenabwehrmaßnahmen sowie entwicklungs- und erschließungsbedingter Restriktionen abgeschätzt.

Die in der Studie erhobenen Bodendaten sollen, wenn fachlich sinnvoll, in das Brachflächenkataster eingepflegt und über ArcView zur Verfügung gestellt werden.

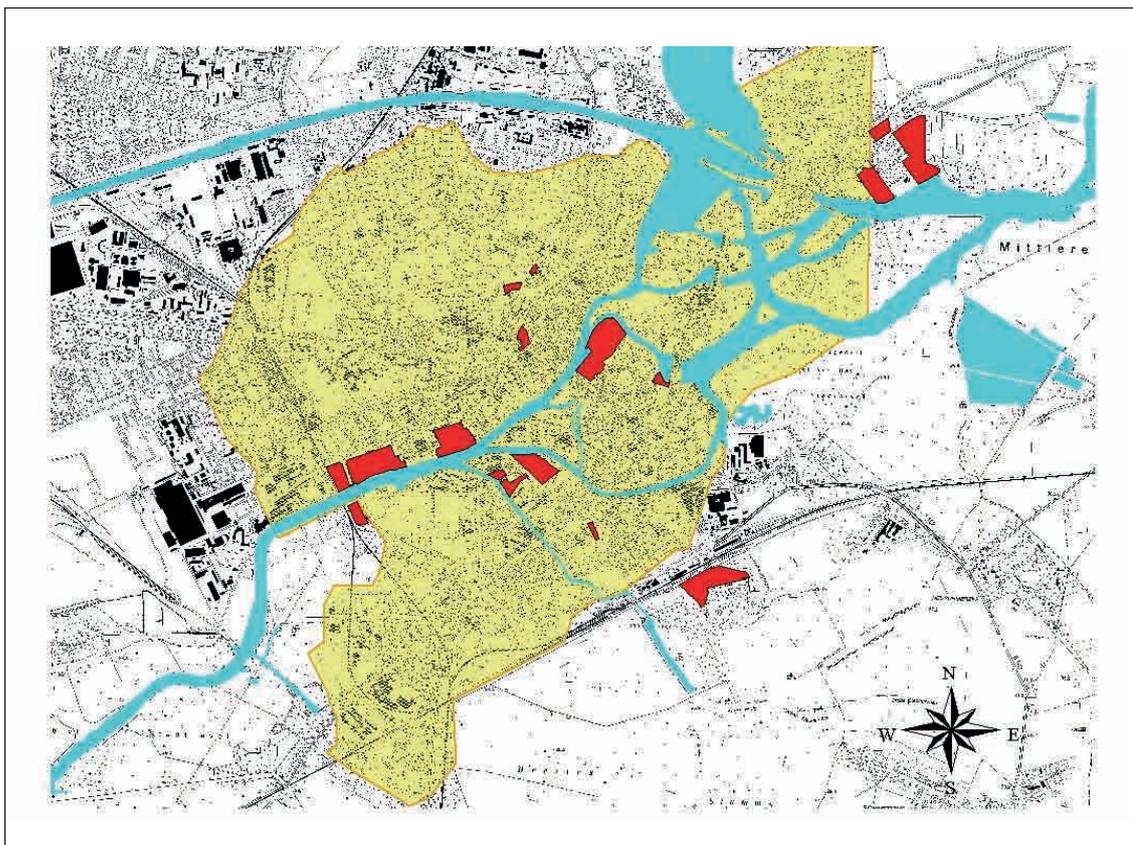


Abb. 2.1.1: Flächenhafte Überschreitung der Vorsorgewerte durch PAK (gelb) im Bereich von Brachflächen (rot) mit geplanter Wohnnutzung

### 2.1.5 Bauleitplanung: Aufstellung von Bebauungsplänen

Ein klassisches Vorsorgethema im Rahmen des Bodenschutzes ist in der Stadt Brandenburg die Bauleitplanung. Hier haben wir die Möglichkeit, bereits im Vorfeld regelnd einzugreifen und Konflikte zwischen geplanter Nutzung und nachgewiesener Schadstoffbelastung frühzeitig zu vermeiden.

#### 2.1.5.1 Rechtlicher Rahmen

Bei der Aufstellung der Bauleitpläne sind gemäß § 1 Abs. 5 Baugesetzbuch insbesondere zu berücksichtigen „... die allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse und die Sicherheit der Wohn- und Arbeitsbevölkerung ... und auch die Belange des Bodens“. Nach § 9 Abs. 5 des Baugesetzbuches sind alle Flächen im Bebauungsplan zu kennzeichnen, deren Böden erheblich mit umweltgefährdenden Schadstoffen belastet sind.

Bei der Aufstellung des Bebauungsplanes sollen dabei nicht nur Gefahren im Sinne des Bundes-Bodenschutzgesetzes verhindert, sondern vorbeugend städtebauliche Missstände vermieden werden. Der Bebauungsplan hat bereits unterhalb der Gefahrenschwelle Schutz vor unzumutbaren Nachteilen oder Belästigungen zu gewährleisten.

Die untere Bodenschutzbehörde orientiert sich dabei am „Mustererlass der Bauministerkonferenz zur Berücksichtigung von Flächen mit Bodenbelastungen, insbesondere Altlasten, bei der Bauleitplanung und Baugenehmigungsverfahren“ von 2001. Im Mustererlass wird die Frage der Vorsorge- und Prüfwerte betont offen gelassen. So heißt es „Grundsätzlich ist anzustreben, die Prüfwerte so weit wie möglich zu unterschreiten“, sie also nicht als „Auffüllwerte“ zu betrachten. Weiterhin wird auf eine erforderliche Einzelfallprüfung und Möglichkeiten der Konfliktbewältigung verwiesen.

### 2.1.5.2 Beispiel zum Umgang mit erhöhten Hintergrundwerten im B-Plan-Verfahren

In der Vergangenheit hat die untere Bodenschutzbehörde bei Bebauungsplänen im Bereich von bekannten Altlasten- und Verdachtsflächen Altlastenuntersuchungen veranlasst und bei nachgewiesener Belastung entweder vorher saniert, kontaminierte Flächen gekennzeichnet oder Sanierungsvereinbarungen geschlossen. Im Verfahren wurden entsprechende Stellungnahmen und Begründungen sowie Handlungsanweisungen für zukünftige Bauherren zum Umgang mit belastetem Material erstellt.

Bei bekannten Kontaminationsproblemen hat sich die Gemeinde also entsprechend abgesichert. Bislang ist man in der Verwaltung der Stadt Brandenburg davon ausgegangen, dass außerhalb von Flächen des Altlastenkatasters keine Bodenbelastungen auftreten.

#### **Der Sachverhalt stellt sich nun allerdings etwas anders dar, wie das folgende Beispiel erläutern soll:**

Im Stadtgebiet wurde im Jahr 2000 im Bereich einer ehemaligen Aufschüttungsfläche aus der Zeit nach dem 2. Weltkrieg für eine unsensibel genutzte Sonderbaufläche ein Bebauungsplan aufgestellt. Zum B-Plan-Gebiet gehörten jedoch auch Bereiche der benachbarten Wohnblocks, welche nachweislich nicht im Bereich der Aufschüttung liegen. Neben der Untersuchung des Aufschüttungsbereiches wurden stichprobenhaft auch die Grünflächen des Wohngebietes untersucht. Überraschenderweise fand man fast flächendeckend Belastungen durch Schwermetalle, PAK und auch Benzo(a)pyren. Die Vorsorgewerte wurden flächendeckend überschritten, die Prüfwerte der Bundes-Bodenschutzverordnung für Wohngebiete zum Teil. Teilweise lagen die Werte sogar oberhalb der LAGA Z2-Werte.

Ausgehend von den Vorgaben des Baugesetzbuches und der bekannten Rechtsprechung stand die Behörde vor einem großen Problem, denn das Wohngebiet war ja schon vorhanden. Im Rahmen der Bearbeitung wurde folgende Lösung gefunden: Das Problem des bestehenden Nutzungskonfliktes wurde mit einer ausführlichen B-Plan-Abwägung gelöst, und die Behörde hat ihr Ermessen ausgeübt. Für die Flächennutzung im

Wohngebiet und für das Anlegen von Kinderspielflächen wurden entsprechende Auflagen erteilt. Eine gärtnerische Nutzung der betreffenden Grünflächen für den Nutzpflanzenanbau wurde generell ausgeschlossen.

Weiterhin erfolgte in der Begründung die Regelung abfallrechtlicher Maßnahmen. Denn die Belastungen führten zu der grotesken Situation, dass eine Wohnnutzung und eine Erholungsnutzung der Grünflächen zwar zugelassen wurde, jedoch bei Tiefbaumaßnahmen eine Beprobung des Bodens zu erfolgen hat und dieser ggf. nicht wieder eingebaut werden darf (oder sogar als Sonderabfall zu entsorgen ist!). Diesen Sachverhalt einem Planungsamt rechtlich zu begründen, ist eine der besonderen Herausforderungen im Alltag einer unteren Bodenschutzbehörde.

#### 2.1.5.3 Vorgehen bei zukünftigen Bebauungsplanverfahren

In zukünftigen Bebauungsplänen muss die untere Bodenschutzbehörde mit dem Problem einer möglichen Hintergrundbelastung außerhalb von Altlastenverdachtsflächen umgehen und diese in ihrer Ermessensentscheidung berücksichtigen. Die Behörde ist nun sensibilisiert. Die erstellten Belastungskarten geben der Behörde einen Hinweis auf möglicherweise problematische Siedlungsgebiete. Bei Umnutzungen zu einer empfindlicheren Nutzung (z. B. Spielplatz) muss die Behörde die ermittelten Hintergrundgehalte in bestimmten Siedlungsgebieten berücksichtigen. Nach der Prüfung sind von der Gemeinde im Vorfeld der Bauleitplanung ggf. Untersuchungen durchzuführen. Die Prüfwerte der Bundes-Bodenschutzverordnung sind dabei nicht das allein gültige Maß. Dies ist der klassische Fall für die Hinzuziehung von Vorsorgewerten, denn bei der Bauleitplanung steht der Vorsorgegedanke im Vordergrund und keine Gefahrenbeurteilung.

Jeder Bebauungsplan im Stadtgebiet bedarf auch weiterhin einer Fall bezogenen bodenschutzrechtlichen Abwägung. Es gilt, intelligente Lösungsansätze zu finden, um den Flächenverbrauch einzudämmen und das Bauen „auf der grünen Wiese“ zu vermeiden. Als Gemeinde ist es dann auch erforderlich, Mittel in das eine oder andere Gutachten eines fachkundigen Ingenieurbüros mit entsprechender Erfahrung zu investieren.

#### 2.1.6 Abfallrecht/Entsorgungsproblematik

Im Stadtgebiet wurden im Rahmen der Studie punktuell PAK-Werte ermittelt, die zum Teil sogar oberhalb des Z2-Wertes der LAGA liegen. Für die untere Bodenschutzbehörde und die Abfallwirtschaftsbehörde stellt sich nun die Frage, ob Bodenaushub aus bestimmten Bereichen des Stadtgebietes vor einer Verwertung generell auf seinen Schadstoffgehalt zu untersuchen ist.

Besonders kritisch ist es, wenn dieser potenziell belastete Boden in Gebieten ohne charakteristische Hintergrundbelastung wieder eingebaut werden soll oder eine Verwertung oberflächennah in besonders sensiblen nutzenden Teilbereichen geplant ist. Die Diskussionen zu diesem Thema sind innerhalb des Umweltamtes noch nicht abgeschlossen. Die untere Bodenschutzbehörde und die Abfallwirtschaftsbehörde prüfen noch die rechtlichen Rahmenbedingungen und werden gemeinsam eine Ermessenentscheidung treffen, die verhältnismäßig, umsetzbar und möglichst pragmatisch ist.

#### 2.1.7 Ausblick

**Die hier vorgestellte Arbeit zur Kennzeichnung von Gebieten mit siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten in Böden ist für die Stadt Brandenburg ein gutes Handwerkszeug. Die Daten werden in der täglichen Arbeit, vor allem bei Entwicklungs- und Planvorhaben, sinnvoll eingesetzt werden können.**

Wichtig ist es vor allem, die Flut der vorhandenen Bodendaten in der Behörde digital zu erfassen und so für den Sachbearbeiter leicht nutzbar zu machen. Das Umweltamt der Stadt Brandenburg an der Havel hat schon seit vielen Jahren in dieser Hinsicht einen thematischen Schwerpunkt. Die digitale Datenhaltung hat sich bei der Bearbeitung komplexer Entwicklungsvorhaben, vor allem auf Brachflächen, bereits ausgezahlt. In diesem Jahr wurde für die Thematik Datenverarbeitung und Datenhaltung in der unteren Bodenschutzbehörde eine Diplomarbeit vergeben, deren Ergebnisse uns die tägliche Arbeit erleichtern wird. Bei Beauftragungen zur Erstellung digitaler Daten sollten jedoch die Daten stets in einer Form erstellt werden, in der sie ohne großen Aufwand in das bestehende System der betreffenden Behörde importiert werden können. Hierzu sollten entsprechende Abstimmungen intensiviert werden.

Projektideen zum Thema Vorsorgender Bodenschutz sind im Umweltamt vorhanden, vor allem auch in Zusammenarbeit mit der unteren Naturschutzbehörde, deren Aufgabe es ist, den Boden als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu schützen (Stichwort Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, Entsiegelungskataster etc.).

Es ist jedoch zu befürchten, dass die Kommunen die personellen Kapazitäten auch in Zukunft weiter einschränken werden. Der Vorsorgende Bodenschutz wird dann weiterhin im Wesentlichen bei den Bundesbehörden oder bei den Landesbehörden eher wissenschaftlich bearbeitet werden. Und vermutlich kann auch in der Zukunft in den Kommunen konzeptionell nur wenig umgesetzt werden. Man darf gespannt sein, wie diese Entwicklung weiter gehen wird.

**Anne Baldauf**

Stadtverwaltung Brandenburg a.d. Havel  
Amt für Umwelt und Naturschutz  
Potsdamer Straße 18, 14776 Brandenburg/Havel  
Tel.: (03381) 583-100  
E-Mail: umweltamt@stadt-brb.brandenburg.de

## 2.2 Umsetzung der Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Bodenmaterial

**Dr. Jürgen Reinhold,**

*Bioplan Dr. Reinhold und Dr. Müller GmbH*

Insbesondere die §§ 6 und 17 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) und der § 12 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) regeln die bodenschutzgerechte Anwendung von Bodenmaterialien als durchwurzelbare Bodenschicht. Das betrifft sowohl naturnahe Bodenherkünfte (Mutterboden) als auch für den Garten- und Landschaftsbau hergestellte Oberböden. Ziel ist es, die bedarfsangepassten Nährstoff- und Humusgehalte im Boden zu gewährleisten und eine Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen auszuschließen.

Nachfolgend sollen einige Grundsätze über den Ist-Zustand der Einhaltung von Vorsorgeaspekten bei der Herstellung und Anwendung von sandigen Bodenmaterialien in der Region Berlin-Brandenburg und über einen Vorschlag für ein Regelwerk zur Qualität von Bodensubstraten im Landschaftsbau vorgestellt werden.

### 2.2.1 Ist-Zustand der Vorsorgeaspekte

Bussian, Reinhold (2003) haben die schadstoffseitigen Aspekte beim Einsatz von Bodenmaterialien aus der Region Berlin-Brandenburg untersucht und bewertet. Daraus können folgende zusammenfassende Aussagen abgeleitet werden:

Die Anforderungen an die besorgnisfreie Anwendung von Bodenmaterialien als durchwurzelbare Bodenschicht sind im deutschen Bodenschutzrecht dreistufig geregelt:

- a) Regelannahme: Einhaltung der Vorsorgewerte nach BBodSchV bzw. Unterschreitung erheblicher Anreicherungen anderer Schadstoffe, die einen freien Bodenaustausch ohne flächige Einschränkungen zulassen.
- b) Ausweisung von Bodenplanungsgebieten mit standortbezogen erhöhten Schadstoffgehalten geogener bzw. anthropogener Herkunft. Innerhalb eines Bodenplanungsgebietes ist ein freier Bodenaustausch zugelassen, nicht aber zu Einfuhr gleicher Bodenmaterialqualitäten von außerhalb.

- c) Einhaltung der geltenden Prüfwerte (Gefahrenwerte) für den Hauptnutzungszweck eines Grundstücks, für die der Wiedereinbau hier anstehender und entnommener Bodenmaterialien zugelassen ist, wenn sichergestellt wird, dass dadurch das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird.

Die gewerbsmäßige Herstellung von Bodenmaterial ist stets daran gebunden, dass ein Inverkehrbringen dieser Erzeugnisse unabhängig von den speziellen Anwendungsoptionen des Käufers zu gewährleisten ist. Frei auf dem Markt handelbare Bodenmaterialien müssen demnach der unter a) genannten Regelannahme entsprechen.

Die Regelannahme unter a) lässt es jedoch zu, Ausnahmen zu definieren, in denen die Vorsorgewerte zwar nicht eingehalten werden, es aufgrund der sonstigen Randbedingungen der Maßnahmen aber dennoch nicht zur Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen kommen kann. Aus Sicht des vorsorgenden Bodenschutzes ist in diesen Fällen eine schädliche Bodenveränderung grundsätzlich nicht zu besorgen, wenn die Geringfügigkeitsschwellen (GFS) des vorsorgenden Grundwasserschutzes im Sickerwasser, das aus der Verwertungs- bzw. Baumaßnahme austritt, sicher unterschritten werden.

Da bei urbanen Sandböden die hier sehr restriktiven Vorsorgewerte im Landschaftsbau besonders oft überschritten werden können, wurden unter den Bedingungen des Großraums Berlin (Berlin und angrenzende Regionen Brandenburgs) die Möglichkeiten einer Inanspruchnahme der oben genannten Ausnahmeregelung für den Umgang mit Bodenmaterialien im Landschaftsbau untersucht und bewertet.

Es wurden fast 70 Beprobungen an Sandbodenmaterialien und deren Ausgangsstoffen von durch den Verband der Humus- und Erdenwirtschaft bzw. die Ga-LaBau-Fachverbände ausgewählten Inverkehrbringern (Kompostierer) und Landschaftsbaufirmen der Region Berlin-Brandenburg durchgeführt. Das Probenmaterial wurde durch das Umweltbundesamt auf relevante Bodenmerkmale, insbesondere Schadstoffe untersucht.

Das Ziel der Untersuchungen und Auswertungen besteht darin, die Situation zur Einhaltung der Vorsorgewerte der BBodSchV in einer Sandbodenregion darzustellen und Abschätzungen über aktuelle Gefährdungspotenziale durch Einbeziehung von Eluatmesswerten vorzubereiten. Die Bodenproben wurden ausschließlich in Anlagen bzw. bei Firmen entnommen, die ein Qualitätsmanagement nach guter fachlicher Praxis einhalten. Somit wird bei den Untersuchungen der derzeit erreichte Stand der Technik bei der Bodenmaterialanwendung repräsentiert.

**Tab. 2.2.1: Bewertungsmaßstäbe für die Betroffenheitsanalyse von Sandbodenmaterialien aus der Region Berlin-Brandenburg**

	Untersuchung im Feststoff	Untersuchung im Bodensättigungsextrakt	Untersuchung im S4-Eluat	
Maßeinheit	mg/kg TS		µg/l Eluat	
Bewertungsvorgabe nach	BBodSchV für Sandboden	BBodSchV für Grundwasser	LAGA M 20 für Z0 (alt)	GFS/Z0 nach LEUCHS
Blei	40	25	20	10
Cadmium	0,4	5	2	1,5
Chrom	30	50	15	12
Kupfer	20	50	50	14
Nickel	15	50	40	14
Zink	60	500	100	270

**Tab. 2.2.2: Betroffenheitsanalyse für 6 ausgewählte Schwermetalle in Sandbodenmaterial aus der Region Berlin-Brandenburg**

Untersuchung im	Produkt	Grenzwerteinhaltung nach	
		LAGA-M 20 ZO (alt)	Vorsorgewert BBodSchV
Feststoff	Oberboden	<b>35,1% für Cd</b>	<b>18,9% für Cd</b>
	Unterboden	<b>33,3% für Cd</b>	<b>19,0% für Cd, Zn</b>
		<i>Wirkungspfad Grundwasser BBodSchV</i>	
Bodensättigungsextrakt	Oberboden	33,3% für Cu	
	Unterboden	85,0% für Cu	
		LAGA-M 20 ZO (alt)	GFS nach LEUCHS
S4-Eluat	Oberboden	78,4% für Cd	75,7% für Pb
	Unterboden	<b>71,4% für Zn</b>	81,0% für Pb

*Fettdruck – Mindestgewährleistung von 75% unterschritten*

Diese Veröffentlichung baut auf dem Bericht über die statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse des Umweltbundesamtes Berlin an Sandbodenmaterialien für den Landschaftsbau aus der Region Berlin-Brandenburg auf, der durch die Bioplan Dr. Reinhold und Dr. Müller GmbH im Auftrag des Verbandes der Humus- und Erdenwirtschaft Berlin, Brandenburg, Sachsen-Anhalt e.V. unter wesentlicher Mitwirkung des Umweltbundesamtes und von darüber hinaus von Vertretern der Bundesländer Berlin, Brandenburg und Sachsen-Anhalt sowie der Fachverbände für Garten- und Landschaftsbau der Länder Berlin und Brandenburg erstellt worden ist

Der erste Schwerpunkt der Auswertungsarbeiten bestand in einer Betroffenheitsanalyse. Hier wurden die einzelnen beprobten Chargen nach derzeit geltender bzw. diskutierter Grenz- bzw. Richtwertlage bezüglich einzelner Merkmale bewertet. Für die vorsorgebestimmenden Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink wurden folgende Grenz- bzw. Richtwerte auf Einhaltung geprüft (Tab. 2.2.1).

Die Bewertung wird hier am Beispiel der Produkte Oberboden und Unterboden dargestellt. Die Oberböden weisen einen kulturfähigen Humusgehalt auf, der im Durchschnitt bei 2,5 % TS liegt. Die Unterböden sind weitgehend humusfrei mit mittleren Gehalten organischer Substanz von 0,6 % TS.

Eine Zusammenstellung der Betroffenheitsanalysen der bewerteten Schwermetalle ist nachfolgend aufgeführt (Tab. 2.2.2). Hier ist jeweils die niedrigste Grenzwerteinhaltung einbezogen mit Angabe des betreffenden Schwermetalls.

Die Zusammenstellung zeigt, dass die derzeitigen Feststoff-Vorsorgewerte der BBodSchV durch städtische Sandbodenmaterialien aus der Region Berlin-Brandenburg, die nach dem derzeitigen Stand der Technik im Qualitätsmanagement hergestellt bzw. eingesetzt werden, nicht einzuhalten sind. Mit über 80% Überschreitungen der Vorsorgewerte, ist auch durch ein erweitertes Qualitätsmanagement keine marktfähige Lösung in Aussicht zu stellen. Die gesamte Bodenlogistik des Berliner Raumes wäre somit von bisher überschaubaren großtechnischen Lösungen auf künftig kleinräumige, nicht effizient kontrollierbare Einzelfalllösungen umzustellen.

Die bauausführenden Firmen betrachten diese Entwicklung als Überregulierung und die zuständigen Bodenschutzbehörden fühlen sich durch die Vielzahl der dafür erforderlichen Einzelfallentscheidungen und deren differenzierten Kontrolle überfordert. Entsprechend den Erfahrungen der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.

bei der bundeseinheitlichen Qualitätssicherung in der Bioabfallkompostierung sind auf dieser Grundlage freiwillige Deregulierungssysteme in der Abfallwirtschaft nicht gewährleistet.

Die durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) unterbreiteten Vorschläge zur Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für eine Grundwassergefährdung bei Schwermetalluntersuchungen im Bodensättigungsextrakt bzw. im S4-Eluat (nach LAGA M 20) bieten grundsätzlich einen Ansatz für eine flächendeckende Lösung im Qualitätsmanagement bei der boden- und grundwasserschutzgerechten Herstellung und Anwendung von Sandbodenmaterialien. Humushaltige Oberbodenmaterialien zeigen dabei deutliche Tendenzen zu erhöhten löslichen Gehalten, die bei der Grenz- bzw. Richtwertableitung berücksichtigt werden sollten.

Die Untersuchungen im Bodensättigungsextrakt erwiesen sich durchgehend als methodisch schwierig. Auch aus dieser Sicht und wegen der notwendigen

Harmonisierung zu den abfallseitigen Untersuchungsmethoden, wird aus der Sicht des Bodenmanagements die Untersuchung im S4-Eluat als Vorzugsverfahren angesehen.

Für die an Sandbodenmaterial aus der Region Berlin-Brandenburg durchgeführten Untersuchungen wurden die Beziehungen von Schwermetallmesswerten im S4-Eluat und im Bodensättigungsextrakt betrachtet. Dabei sind humushaltige Oberbodenmaterialien und humusarmer Unterboden getrennt ausgewertet worden.

Das allgemeine Konzentrationsverhältnis zwischen S4-Eluat und im Bodensättigungsextrakt kann aus den Mittelwerten der Untersuchungen abgeleitet werden (Tab. 2.2.3). Hier zeigt sich, dass das Konzentrationsverhältnis je nach Schwermetall breit gefächert ist. Der Humusgehalt im Oberboden scheint dabei keinen Einfluss auf das Konzentrationsverhältnis zu haben.

**Tab. 2.2.3: Mittelwerte der Schwermetallgehalte bei der Elution von Sandbodenmaterial aus der Region Berlin-Brandenburg und Ableitung des Konzentrationsverhältnisses**

Schwermetall	Bodenmaterial	S4-Eluat	Bodensättigungsextrakt	Konzentrationsverhältnis	gesicherte Beziehung
		µg/l		S4 / BSE	S4 : BSE
Blei	Oberboden	6,90	46,90	0,15	ohne
	Unterboden	3,60	55,90	0,16	ohne
Cadmium	Oberboden	0,92	0,81	1,14	ohne
	Unterboden	0,43	0,71	0,61	ohne
Chrom	Oberboden	7,80	3,50	2,23	ja
	Unterboden	6,50	2,50	2,60	ohne
Kupfer	Oberboden	3,90	72,10	0,05	ja
	Unterboden	0,00	35,30	0,00	ohne
Nickel	Oberboden	1,27	18,10	0,07	ja
	Unterboden	0,38	4,70	0,08	ohne
Zink	Oberboden	71,7	27,60	2,60	ja
	Unterboden	77,1	28,90	2,67	ja

Für Chrom, Kupfer, Nickel und Zink sind im humushaltigen Oberboden deutliche Beziehungen zwischen den Messwerten im S4-Eluat und im Bodensättigungsextrakt erkennbar. Hier sind die Grundlagen für eine Ableitung von Geringfügigkeitsschwellwerten aus S4-Eluat-Untersuchungen als gegeben anzunehmen. Bei humusarmen Unterböden war diese Beziehung nur für Zink ausgeprägt. Blei und Cadmium sowie (außer für Zink) alle Unterbodenmaterialien zeigen keine Beziehungen von Messwerten im S4-Eluat bzw. Bodensättigungsextrakt. Es besteht somit noch Forschungsbedarf bei der Umstellung von Geringfügigkeitsschwellwerten.

Aus der Sicht der Sandbodenmaterialuntersuchungen in der Region Berlin-Brandenburg bestehen reale Chancen, die Anforderungen des § 12 BBodSchV auch für Bodenmaterialien im städtischen Bereich zu erfüllen, wenn die Vorsorge für städtische Böden neu in die BBodSchV aufgenommen und definiert wird. Für eine ordnungsgemäße Herstellung und Anwendung von urbaner Sandbodenmaterialien sind jedoch die nur bodenartbezogenen Feststoff-Vorsorgewerte der BBodSchV völlig ungeeignet.

Ein geeigneter Weg ist darüber hinaus die Ermittlung und Festlegung von Geringfügigkeitsschwellen für Grundwassergefährdungen. Dazu wird empfohlen, vorläufige S4-Eluat-Richtwerte getrennt für humusfreie bzw. -arme Unterböden und humushaltige, belebte Oberböden abzuleiten, die im Rahmen gemeinsamer praxisnaher F&E-Vorhaben der zuständigen Fachbehörden und Fachverbände, vor allem unter Berücksichtigung von Nachweisfehlern bei der Beprobung und Analytik von Bodenmaterialien, zu konkretisieren und an Beispielen von Bodenmanagementsystemen, die der guten fachlichen Praxis entsprechen, zu validieren sind.

Die aus den Untersuchungen in Sandbodenmaterialien der Region Berlin-Brandenburg abgeleiteten Verhältnisse von Schwermetallmesswerten im S4-Eluat zu denen im Bodensättigungsextrakt sind nicht geeignet, die bisher vorliegenden Überlegungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser vorbehaltlos zu bestätigen. Die Differenziertheit im Lösungsverhalten der einzelnen Schwermetalle und die erheblichen Randeinflüsse über den Humusgehalt sollten stärker berücksichtigt werden.

Die erforderlichen Weiterführungen von Untersuchungen an Bodenmaterialien und von Auswertungen vorhandener Datensätze müssen praxisnah erfolgen, was am ehesten durch gemeinsame Projekte von zuständigen Fachbehörden und Fachverbänden gewährleistet wird. Bei solch einem Herangehen ist auch die Frage der Akzeptanz und Gewährleistung der daraus abzuleitenden Grenz- und Richtwertvorschläge auf dem Prüftisch.

Die Ableitungen der Geringfügigkeitsschwellen für Grundwassergefährdungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser erscheinen für humusarme Unterbodenmaterialien nach Berücksichtigung von objektiv vorhandenen Nachweisfehlern als praktisch machbar. Für kulturfähige, humushaltige Oberböden sind dagegen aus der Sicht des Landschaftsbaus zusätzliche Betrachtungen zu den geringen Besorgnispotenzialen dieser flachen Bodenschichten (10 bis 50 cm) und zu den Auswirkungen organischer Bodensubstanz auf die Schwermetalllöslichkeit erforderlich.

### **2.2.2 Vorschlag für ein Regelwerk zur Qualität von Bodensubstraten im Landschaftsbau**

Von ROTH-KLEYER, REINHOLD (2005) wurde ein Vorschlag für ein Regelwerk zur Qualität von Bodensubstraten im Landschaftsbau vorgelegt, der hier in wesentlichen Teilen vorgestellt und zur Diskussion gestellt werden soll. Die Ergebnisse der Untersuchungen von BUSSIAN, REINHOLD (2003) wurden in die Erarbeitung dieses Vorschlags einbezogen.

Böden und Bodenmaterial (Bodensubstrate) sind für den Sportplatz-, Garten- und Landschaftsbau mengenmäßig der bedeutendste und ein im grünen Bereich qualitätsbestimmender Baustoff. Aus diesem Grunde haben sich die Fachgremien des Sportplatz-, Garten- und Landschaftsbaus seit langem mit Qualitätsfragen bei der Herstellung und dem Einbau von Böden und Bodensubstrate befasst und in entsprechenden DIN-Normen zusammengestellt.

Der Umgang mit dem Schutzgut Boden allerdings wird mit dem Gesetz zum Schutz des Bodens (BBodSchG) 1998 im Vergleich zu den Ressourcen Wasser und Luft erst erstaunlich spät komplex gesetzlich geregelt. In der Februar-Ausgabe der Fachzeitschrift des Landschaftsbaus „Neue Landschaft“ wurden erstmals um-

fassende Betrachtungen zu Rechtsbestimmungen des Bodenschutzes aus der Sicht des Landschaftsbaus veröffentlicht (NIESEL, 2004; GROSS, 2004).

In ihrer Einschätzung verdeutlichen die Autoren, dass die gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerke zum Bodenschutz auch im Landschaftsbau uneingeschränkt gelten. Vor allem § 12 BBodSchV wird mit seinen Vorgaben zu den Themenbereichen „Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in eine durchwurzelbare Bodenschicht“ und „Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht“ als bedeutsam hervorgehoben. Die dahinter stehenden Detailfragen werden nach nunmehr fünf Jahren nach Inkrafttreten der Regelungen kritisch hinterfragt.

Während NIESEL (2004) in der Hauptsache Kritik an den gesetzlichen Auflagen übt, nimmt GROSS (2004) eine sachliche Darstellung der Befindlichkeiten des Landschaftsbaus im Umgang mit den gesetzlichen Vorgaben vor. Weiterhin werden konstruktive Vorschläge zur praxisgerechten Umsetzung im Landschaftsbau vorgelegt, das betrifft:

- Kleinmengenregelungen für den Umgang mit Bodenmaterial (Vorschlag bis 800 m<sup>3</sup>),
- Deregulierung der Melde- und Untersuchungspflichten (betrifft insbesondere Verdachtsflächen und altlastverdächtige Flächen),
- stärkere Berücksichtigung landschaftsbaulicher Zielstellungen (neben den schon enthaltenen landwirtschaftlichen Orientierungen),
- Erweiterung um Herkunftsregelungen für die Anwendung von Bodenmaterial in Regionen gleicher Nutzungs- und Strukturarten bzw. gleicher regionaler Hintergrundbelastung,
- klare Festschreibung von Haftungspflichten des Bauherrn hinsichtlich Untersuchungs- und Meldepflichten sowie Ausschreibungsvorgaben sowie
- Durchsetzung von Ausnahmeregelungen für Gebiete mit erhöhten Schadstoffgehalten.

Die derzeit vorhandenen Regelwerke (DIN, TS) des Sportplatz-, Garten- und Landschaftsbaus berücksichtigen die Vorgaben des Bodenschutzrechtes und die neueren landwirtschaftlichen Entwicklungen zur quantitativen Bewertung von wertgebenden Bodeninhalts-

stoffen nur unzureichend. Diesem Mangel stellt sich der vorliegende Beitrag, der als ein Vorschlag für ein Regelwerk zur Qualität von Bodensubstraten im Landschaftsbau zu verstehen ist.

Der Vorschlag von ROTH-KLEYER, REINHOLD (2005) baut auf den Ergebnissen (unveröffentlichter Gelbdruck) des Regelwerksausschusses Bodenmaterialien der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) auf, dessen Arbeit durch die Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. BGK finanziell unterstützt worden ist. Die wesentlichen Inhalte des Vorschlags sind nachfolgend zusammengestellt:

### **Anwendungs-/Geltungsbereich**

Der Regelwerk-Vorschlag gilt für die Qualität und Anwendung von in Erdenwerken bzw. auf Baustellen hergestellten Bodensubstraten für Vegetationstragschichten mit Bodenanschluss für den punktuellen oder flächigen Einbau im Garten- und Landschaftsbau. Er gilt dagegen nicht für:

- Rasensportplätze – s. DIN 18035 Teil 4 „Rasenflächen“ und „werkseitig hergestellte Rasentragsschichten für Sportplätze“,
- Dachbegrünungen – s. FLL- „Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen“,
- Golfplatzbau – s. FLL-„Richtlinie für den Bau von Golfplätzen“,
- Schotterrasenflächen – s. FLL-„Empfehlungen für Bau und Pflege von Flächen aus Schotterrasen“,
- Innenraumbegrünungen – s. FLL-„Richtlinie für Innenraumbegrünungen“.

### **Definitionen**

- **Bodensubstrat**  
Ein in Erdenwerken bzw. auf Baustellen hergestelltes Bodenmaterial, das zumeist aus mehreren miteinander vermischten Stoffen besteht. Bei zweischichtigem Aufbau der Vegetationstragschicht werden unterschieden:

- Oberbodensubstrat  
Substrat für den oberen Bereich der Vegetationstragschicht, i.d.R. mit höherem Anteil an organischer Substanz
- Unterbodensubstrat  
Substrat für den unteren Bereich der Vegetationstragschicht, i.d.R. ohne oder nur mit geringem Anteil an organischer Substanz
- Vegetationstragschicht (gem. DIN 18915)  
oberste Bodenschicht, die auf Grund ihrer Zusammensetzung und Eigenschaften für den Bewuchs mit Pflanzen geeignet ist
- **Oberboden (gem. DIN 18915)**  
die oberste Schicht des durch physikalische, chemische und biologische Vorgänge entstandenen belebten Bodens. Er ist für vegetationstechnische Zwecke besonders geeignet und enthält Wurzeln und Samen von standorttypischen Pflanzen
- **Unterboden (gem. DIN 18915)**  
unter dem Oberboden liegende verwitterte Bodenschicht. Er kann durch entsprechende Maßnahmen für Vegetationszwecke verwendbar gemacht werden

### Normative Verweisungen

- **Rechtsbestimmungen von Bund/Bundesministerien**
  - Gesetz zum Schutz des Bodens (BBodSchG)
  - Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)
  - Düngemittelgesetz (DüMG)
  - Düngemittelverordnung (DüMV)
  - Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG)
  - Klärschlammverordnung (AbfKlärV)
  - Bioabfallverordnung (BioAbfV)
- **DIN-Normen**
  - DIN 18035-4 Sportplätze; Rasenflächen
  - DIN 18122 Baugrund; Untersuchung von Bodenproben; Zustandsgrenzen; Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
  - DIN 18196 Erd- und Grundbau; Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
  - DIN 18300 Allg. Technische Vertragsbedingungen (ATV) – Erdarbeiten
  - DIN 18320 Allg. Technische Vertragsbedingungen (ATV) – Landschaftsbauarbeiten
  - DIN 18915 Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten
  - DIN 18916 Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Pflanzen und Pflanzarbeiten
  - DIN 18917 Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Rasen und Saatarbeiten
  - DIN 18918 Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Ingenieurbiologische Sicherungsbauweisen
  - DIN 18919 Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Entwicklungs- und Unterhaltungspflege von Grünflächen
  - DIN 18920 Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und Vegetationsflächen bei Baumaßnahmen
  - DIN 19731 Bodenbeschaffenheit; Verwertung von Bodenmaterial
- **Richtlinien und Empfehlungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. FLL (Hrsg.)**
  - Qualitätsanforderungen und Anwendungsempfehlungen für organische Mulchstoffe und Komposte im Landschaftsbau
  - Empfehlungen für das Pflanzen von Bäumen
  - Richtlinie für den Bau von Golfplätzen
  - Beschreibendes Düngemittelverzeichnis für den Landschafts- und Sportplatzbau
  - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Baumpflege und Baumanieuerung, ZTV Baumpflege
  - Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Innenraumbegrünungen
  - Bau und Pflege von Schotterrasen
  - Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen
  - Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen
  - Leitfaden für die funktionsgerechte Ausführung und Pflege von Gehölzpflanzungen im besiedelten Bereich
  - ZTV-Großbaumverpflanzung (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für das Verpflanzen von Großbäumen und Großsträuchern)
  - Standortoptimierung von Straßenbäumen

- **Länderarbeitsgemeinschaft Abfall LAGA (Hrsg.)**

Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Rohstoffen/Abfällen – Technische Regeln

- **RAL Gütesicherungen**

- Werkseitig hergestellte Rasentragschichtgemische für Sportplätze – RAL-GZ 525/2
- Güte- und Prüfbestimmungen für Dachsubstrate – RAL-GZ 253
- Güte- und Prüfbestimmungen für Bodensubstrate (in Vorbereitung)
- Güte- und Prüfbestimmungen für Kompost – RAL-GZ 251

### Qualitätsanforderungen für Bodensubstrate

- **Ausgangsstoffe**

Ausgangsstoffe müssen geeignet sein, kulturfähige Bodenmaterialien herzustellen und den Vorgaben der BBodSchV entsprechen. Ausgangsstoffe können sein:

- Bodenmaterialien (z.B. Oberboden/Unterboden)
- Komposte (z.B. Fertigkomposte, Rindenhumus, insbesondere RAL-gütegesicherte)
- Baggergut
- Sonstige mineralische und/oder organische Zuschlagstoffe (z.B. Lava, Ziegelsplitt, Torf)

Nach Möglichkeit sollte Bodenmaterial des Umfeldes mit regionaltypischer Beschaffenheit verwendet werden.

**Tab. 2.2.4: Richtwerte für wertgebende Inhaltsstoffe von Oberbodensubstraten**

(bezogen auf Probenvorbereitung nach VDLUFA – Absiebung <2mm)

Merkmal	Maßeinheit	Bodengruppe nach DIN 18915			
		nicht bindig BG 2+3	schwach bindig BG 4+5	bindig BG 6+7	stark bindig BG 8+9
Körnung < 0,02 mm <sup>3)</sup>	TS-%	bis 10	10 bis 20	20 bis 40	über 40
Organische Substanz <sup>1)</sup>	TS-%	1,5 bis 2,5	2,0 bis 3,5	3,0 bis 4,5	4,0 bis 8,0
<b>pH-Wert <sup>2)</sup> in:</b>					
gut kalkversorgten Böden		5,4 bis 6,7	5,8 bis 7,0	6,1 bis 7,4	6,4 bis 7,7
Böden für kalkfliehende Pflanzen		4,0 bis 4,9	4,0 bis 5,1	4,1 bis 5,5	4,3 bis 5,6
<b>pflanzenverfügbare Nährstoffe <sup>2)</sup></b>					
Stickstoff	NH <sub>4</sub> -N + NO <sub>3</sub> -N mg/l	bis 30	bis 40	bis 50	bis 70
Phosphor <sup>4)</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/l	210 bis 450	200 bis 450	180 bis 440	160 bis 430
Kalium <sup>5)</sup>	K <sub>2</sub> O mg/l	120 bis 440	150 bis 550	180 bis 760	230 bis 1.100
Magnesium <sup>5)</sup>	MgO mg/l	100 bis 270	120 bis 350	140 bis 590	190 bis 740

<sup>1)</sup> abgeleitet aus Richtwerten für landwirtschaftliche Ackerstandorte nach KÖRSCHENS und GREILICH (1982) und für Zusatz von organischen Bodenverbesserungsmitteln um 1,0 TS-% erhöht

<sup>2)</sup> zu untersuchen nach Methodenbuch VDLUFA

<sup>3)</sup> zu untersuchen nach DIN 18915

<sup>4)</sup> abgeleitet aus landwirtschaftlichen Nährstoffgehaltsklassen (untere Grenze C bis obere Grenze D) nach MLUR

<sup>5)</sup> abgeleitet aus landwirtschaftlichen Nährstoffgehaltsklassen (untere Grenze C bis 1,5 x obere Grenze D) nach MLUR

- **Produktqualität**

Gemäß DIN 18915 (Stand August 2002) müssen Substrate für den jeweils vorgesehenen Verwendungszweck geeignet sein. Sie dürfen keine Stoffe enthalten, die den vorgesehenen Gebrauch mindern oder die Umwelt belasten. Es gelten die Vorsorge- und Richtwerte der Tabellen 2.2.4 bis 2.2.8. In Anlehnung an die gute fachliche Praxis der Kultursubstratherstellung wurde für die Nährstoffgehalte eine volumetrische Kennzeichnung gewählt. Entsprechend den weit verbreiteten Zuordnungswerten zur Verwertung von Bodenaushub (LAGA 2003) wurde auf die löslichen Schadstoffgehalte im S4-Eluat zurückgegriffen.

Das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen auf nicht vorbelasteten Böden ist nicht zu besorgen, wenn die Grenzwerte nach Tabelle 6 eingehalten werden und keine erhebliche Anreicherung von anderen Schadstoffen zu erwarten ist.

Für Grundstücke mit Vorbelastung können nach Bodenschutzrecht die zuständigen Bodenschutzbehörden Einzelfallentscheidungen über die Zulässigkeit von Überschreitungen der Vorsorgewerte nach BBodSchV treffen. In der Tabelle 2.2.7 sind Vorschläge enthalten, die als Grundlage für Einzelfallentscheidungen durch die zuständige Bodenschutzbehörde dienen können. Hier wird der Vorsorgegrundsatz den weit verbreiteten Mindestvorbelastungen urbaner Böden angenähert.

**Tab. 2.2.5: Richtwerte für wertgebende Inhaltsstoffe von Unterbodensubstraten**  
(bezogen auf Probenvorbereitung nach VDLUFA – Absiebung <2mm)

Merkmal	Maßeinheit	Bodengruppe nach DIN 18915			
		nicht bindig BG 2+3	schwach bindig BG 4+5	bindig BG 6+7	stark bindig BG 8+9
Körnung < 0,02 mm <sup>3)</sup>	TS-%	bis 10	10 bis 20	20 bis 40	über 40
Organische Substanz <sup>1)</sup>	TS-%	bis 0,5	bis 1,0	bis 2,0	bis 3,0
<b>pH-Wert <sup>2)</sup> in:</b>					
gut kalkversorgten Böden		5,4 bis 6,7	5,8 bis 7,0	6,1 bis 7,4	6,4 bis 7,7
Böden für kalkfliehende Pflanzen		4,0 bis 4,9	4,0 bis 5,1	4,1 bis 5,5	4,3 bis 5,6
<b>pflanzenverfügbare Nährstoffe <sup>2)</sup></b>					
Stickstoff	NH <sub>4</sub> -N +NO <sub>3</sub> -N mg/l	bis 10	bis 15	bis 20	bis 30
Phosphor <sup>4)</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/l	bis 210	bis 200	bis 180	bis 160
Kalium <sup>5)</sup>	K <sub>2</sub> O mg/l	bis 170	bis 210	bis 290	bis 420
Magnesium <sup>5)</sup>	MgO mg/l	bis 140	bis 180	bis 270	bis 370

<sup>1)</sup> abgeleitet aus Richtwerten für landwirtschaftliche Ackerstandorte nach KÖRSCHENS und GREILICH (1982)

<sup>2)</sup> zu untersuchen nach Methodenbuch VDLUFA

<sup>3)</sup> zu untersuchen nach DIN 18915

<sup>4)</sup> abgeleitet aus landwirtschaftlichen Nährstoffgehaltsklassen (untere Grenze C) nach MLUR

<sup>5)</sup> abgeleitet aus landwirtschaftlichen Nährstoffgehaltsklassen (obere Grenze C) nach MLUR

**Tab. 2.2.6: Vorsorgewerte für Fremd- und Schadstoffe von Bodensubstraten für Grundstücke ohne Vorbelastung**

(bezogen auf Probenvorbereitung nach VDLUFA – Absiebung <2mm)

Merkmal	Maßeinheit	Bodengruppe nach DIN 18915			
		nicht bindig BG 2+3	schwach bindig BG 4+5	bindig BG 6+7	stark bindig BG 8+9
Salzgehalt 2)	KCl g/l	bis 1,5	bis 1,7	bis 2,0	bis 3,0
<b>Mineralische Schadstoffe in gut kalkversorgten Böden</b>					
Arsen 3)	mg/kg	bis 20			
Blei 1)	mg/kg	bis 40		bis 70	bis 100
Cadmium 1)	mg/kg	bis 0,4		bis 1,0	bis 1,5
Chrom 1)	mg/kg	bis 30		bis 60	bis 100
Kupfer 1)	mg/kg	bis 20		bis 40	bis 60
Nickel 1)	mg/kg	bis 15		bis 50	bis 70
Quecksilber 1)	mg/kg	bis 0,1		bis 0,5	bis 1,0
Zink 1)	mg/kg	bis 60		bis 150	bis 200
<b>Mineralische Schadstoffe in Böden für kalkfliehende Pflanzen 1)</b>					
Arsen 3)	mg/kg	bis 20			
Blei 1)	mg/kg	bis 40			bis 70
Cadmium 1)	mg/kg	bis 0,4			bis 1,0
Chrom 1)	mg/kg	bis 30		bis 60	bis 100
Kupfer 1)	mg/kg	bis 20		bis 40	bis 60
Nickel 1)	mg/kg	bis 15			bis 50
Quecksilber 1)	mg/kg	bis 0,1		bis 0,5	bis 1,0
Zink 1)	mg/kg	bis 60			bis 150
<b>Organische Schadstoffe in Böden mit organischer Substanz bis 8 TS-%</b>					
PCB (je Congener) 1)	mg/kg	bis 0,05			
PAK 1)	mg/kg	bis 3,0			
Benzo(a)pyren 1)	mg/kg	bis 0,3			
Kohlenwasserstoffe 3)	mg/kg	bis 100			
EOX 3)	mg/kg	bis 1,0			
<b>Fremdstoffe</b>					
Glas + Kunststoffe + Metalle	TS-%	bis 0,5			
Bauschutt + Schlacke 3)-visuell	Vol.-%	bis 3,0			

1) bewertet und zu untersuchen nach BBodSchV

2) zu untersuchen nach Methodenbuch VDLUFA

3) bewertet und zu untersuchen nach LAGA – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln

**Tab. 2.2.7: Vorsorgewerte für Fremd- und Schadstoffe von Bodensubstraten für Grundstücke mit Vorbelastung als Grundlage für Einzelfallentscheidungen durch die zuständige Bodenschutzbehörde**  
(bezogen auf Probenvorbereitung nach VDLUFA – Absiebung <2mm)

Merkmal	Maßeinheit	Bodengruppe nach DIN 18915	
		Unterboden	Oberboden
<b>Mineralische Schadstoffe im Feststoff (Neufassung Zuordnungswert Z O *)</b>			
Blei <sup>1)</sup>	mg/kg	bis 140	
Cadmium <sup>1)</sup>	mg/kg	bis 1,0	
Chrom <sup>1)</sup>	mg/kg	bis 120	
Kupfer <sup>1)</sup>	mg/kg	bis 80	
Nickel <sup>1)</sup>	mg/kg	bis 100	
Quecksilber <sup>1)</sup>	mg/kg	bis 1,0	
Zink <sup>1)</sup>	mg/kg	bis 300	
<b>Mineralische Schadstoffe im S4-Eluat (Zuordnungswerte Z 0)</b>			
Blei <sup>1) 2)</sup>	µg/l	bis 15	bis 25
Cadmium <sup>1)</sup>	µg/l	bis 2	bis 2
Chrom <sup>1)</sup>	µg/l	bis 15	bis 15
Kupfer <sup>1)</sup>	µg/l	bis 50	bis 50
Nickel <sup>1)</sup>	µg/l	bis 40	bis 40
Quecksilber <sup>1)</sup>	µg/l	bis 0,2	bis 0,2
Zink <sup>1)</sup>	µg/l	bis 100	bis 100

<sup>1)</sup> bewertet und zu untersuchen nach LAGA – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln

<sup>2)</sup> nach Bussian und Reinhold (2003) eingeschränkt auf Hintergrundwerte [90-Perzentil] aus Bodenmaterialprojekt Berlin-Brandenburg

**Tab. 2.2.8: Grenzwerte für Steingehalte von Bodensubstraten**  
(bezogen auf lufttrockene Originalsubstanz)

Merkmal	Maßeinheit	Bodengruppe nach DIN 18915			
		nicht bindig BG 2+3	schwach bindig BG 4+5	bindig BG 6+7	stark bindig BG 8+9
<b>Steine in nicht steinigen Böden</b>					
Körnung > 20 mm <sup>1)</sup>	TS-%	bis 10			
Größtkorndurchmesser <sup>1)</sup>	mm	bis 50			
<b>Steine in steinigen Böden</b>					
Körnung > 20 mm <sup>1)</sup>	TS-%	10 bis 30			
Größtkorndurchmesser <sup>1)</sup>	mm	bis 200			

<sup>1)</sup> bewertet und zu untersuchen nach DIN 18915

Für einen qualitätsgerechte Einbau hergestellter Bodenmaterialien sind über die in den Tabellen 2.2.1 bis 2.2.4 genannten Parametern hinaus sind folgende Deklarationsangaben erforderlich:

- Bodenart/-gruppe,
- Korngrößenverteilung/Sieblinie,
- (Haupt-)Bestandteile ,
- Basisch wirksame Bestandteile (CaO) in % TS,
- Schüttgewicht in g/l,
- Trockenrohichte in g/l,
- Porenvolumen und
- Wasserdurchlässigkeit in cm/s.

### 2.2.3 Literatur

- BUSSIAN, B., REINHOLD, J.: Bodenmaterial in der Stadt – sind die Anforderungen des § 12 BBodSchV einzuhalten? In: Verwertung von Abfällen in und auf Böden, BEW-Bildungsstätte Duisburg, 25. und 26. Juni 2003.
- DINKELBERG, W., BANNICK, C., BERTRAM, H.-U., FREYTAG, K.: Anforderungen der Bodenschutzes an die Verfüllung von Abgrabungen, Bodenschutz, Erich Schmidt Verlag Berlin-Bielefeld-München 7 (2002) 4. Quartal, S. 120–125.
- HOFFMANN, G.: Die Untersuchung von Böden, Methodenbuch Band 1, VDLUFA-Verlag Darmstadt 1991.
- GROSS, W.: Das Bodenschutzrecht im Garten- und Landschaftsbau. In: Neue Landschaft, 49. Jg., S. 27-30.
- KÖRSCHENS, M., GREILICH, J.: Beziehungen zwischen der organischen Substanz des Bodens und wichtigen Bodeneigenschaften, Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin (1982), 24 S.
- NIESEL, A.: Bodenschutz – was ist wichtig? in: Neue Landschaft, 49. Jg., S. 21-26.
- ROTH-KLEYER, S., REINHOLD, J.: Landschaftsbau und Bodenschutz: Lösungen gefragt, unveröffentlicht 2005.
- LAGA Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln, Stand September 1995.
- MLUR Rahmenempfehlungen zur Düngung 2000 im Land Brandenburg, Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (2000).

**Dr. Jürgen Reinhold,**

*Bioplan Dr. Reinhold und Dr. Müller GmbH*

*Am Phöbener Bruch 2c, 14542 Werder*

### 2.3 Die Verordnung des „Bodenplanungsgebietes Harz im Landkreis Goslar“ – ein Instrument zum Vollzug des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) in einem Belastungsgebiet

Dr. Walter Schmotz,

Landkreises Goslar, Amt für Wasser- und Bodenschutz

#### Zusammenfassung

Auf der Grundlage des § 21 des BBodSchG wird in § 4 des Niedersächsischen Bodenschutzgesetzes (NBodSchG) die untere Bodenschutzbehörde ermächtigt, ein sogenanntes Bodenplanungsgebiet auszuweisen, wenn großflächig schädliche Bodenveränderungen auftreten oder zu erwarten sind. Wegen der großflächig mit Arsen- und Schwermetallen belasteten Böden hat der Landkreis Goslar von dieser Regelung Gebrauch gemacht und in einer Rechtsverordnung ein Bodenplanungs-

gebiet ausgewiesen. Darin werden die Maßnahmen zur Gefahrenabwehr und der Umgang mit Bodenaushub geregelt. Die Verordnung stellt eine Ergänzung zu der bereits fest etablierten Altlastenbearbeitung bei klar abgrenzbaren Ablagerungen oder Altstandorten dar. Während der Schwerpunkt der Altlastenbearbeitung auf dem Transferpfad Boden – Wasser liegt, sind die Regelungen der Bodenplanungsgebietsverordnung weitgehend auf den Direktpfad und den Transferpfad Boden-Nutzpflanze beschränkt. Die Regelungen sollen den Vollzug des Bodenschutz- und des Abfallrechts erleichtern und möglich machen sowie bei der Bevölkerung die dafür notwendige Akzeptanz schaffen. In dem vorliegenden Artikel werden die fachlichen und rechtlichen Grundlagen sowie die wichtigsten Regelungsinhalte dargestellt. Daneben wird auf den Prozess der Öffentlichkeitsarbeit eingegangen, mit dem den betroffenen gesellschaftlichen Gruppen die Notwendigkeit für die Verordnung aufgezeigt und der politische Willensbildungsprozess begleitet wurde.



Abb. 2.3.1: Lage des Landkreises Goslar

### 2.3.1 Einleitung

Der Landkreis Goslar (Abb. 2.3.1) ist durch Buntmetallbergbau und Verhüttung geprägt. Als Folge davon überschreiten die Schadstoffgehalte der Böden großflächig die Prüf- und Maßnahmenwerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). Wegen der drohenden Investitionshemmnisse und der umfangreichen Vollzugsaufgaben für die Bodenschutz- und Abfallbehörde hat der Kreistag am 18.06.2001 die Verordnung des „Bodenplanungsgebietes Harz im Landkreis Goslar“ beschlossen. Am 26.08.2005 trat die erste Änderungsverordnung in Kraft [12a].

Ziel ist ein Bodenmanagement im Kreisgebiet, das den Dritten Teil des BBodSchG umsetzt und beim Umgang mit Bodenmaterial die „ordnungsgemäße“ und „schadlose“ Entsorgung nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) unter Beachtung des § 12 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) sicherstellt. Die erforderlichen Maßnahmen werden nach der Höhe der Schadstoffbelastungen in den Böden und der Nutzung der Grundstücke abgestuft.

Städte, Gemeinden und Landkreis Goslar sind davon überzeugt, dass die bundesgesetzlich geforderten Maßnahmen nur auf der Grundlage dieser Verordnung in der Praxis umgesetzt werden können. Die Regelungen erarbeiteten die untere Bodenschutz- und die Abfallbehörde in Abstimmung mit Kreisgesundheitsamt, Landwirtschaftskammer, der ehemaligen Bezirksregierung Braunschweig sowie dem Niedersächsischen Umweltministerium u.a. und sind das Ergebnis einer breit und langfristig angelegten Diskussions- und Öffentlichkeitsarbeit.

### 2.3.2 Ursachen der Bodenbelastung

Der Harz mit seinen reichen Erzlagerstätten ist stark durch den Bergbau geprägt. Die Gewinnung von Buntmetallerzen sowie deren Aufbereitung und Verhüttung standen dabei im Vordergrund. Bereits seit dem 8. Jahrhundert v. Chr. ist der Erzabbau am Rammelsberg in Goslar belegbar [16]. Während des Mittelalters sind viele kleinere Bergwerke und Röstplätze entstanden. Aufgrund des Wasserbedarfs erfolgte die Erzverarbei-

tung überwiegend entlang der Flussläufe. Dadurch sind die Flussniederungen in besonderem Maße mit Schwermetallen belastet. Überschwemmungen und Hochwässer trugen die Erzurückstände und Schlacken bis weit in das Harzvorland hinein.

In den letzten Jahrhunderten erfolgte die Erzaufbereitung und Verhüttung im industriellen Stil und konzentrierte sich immer stärker auf einzelne Standorte im nördlichen Harzvorland und im Oberharz [13], [14]. Im Zuge dieser Montanindustrie kam es zu einem verstärkten und zunehmend weitreichenden Schwermetallaustrag über die Luft. Noch heute sind viele Böden stark belastet und durch die gleichzeitigen Schwefelimmis-sionen versauert.

Die Rest- und Abfallprodukte der Erzverarbeitung wurden bevorzugt als Baustoff (z.B. Schlackensteine) verwendet. Pochsande, Abraummateriale und Schlacken wurden häufig im Wegebau und zur Urbarmachung feuchter Niederungen eingesetzt. Auf diese Art und Weise kam es zu einer großflächigen Verbreitung der Schwermetalle und zu erheblichen Anreicherungen dieser Schadstoffe in den Böden. Je nach Eintragspfad ist diese Belastung auf wenige Dezimeter beschränkt (durch atmosphärische Deposition) oder aber durch Eintrag kontaminierter Baumaterialien bis in 2 oder 3 Meter Tiefe deutlich erkennbar.

### 2.3.3 Rechtliche Grundlagen

#### 2.3.3.1 Recht des „liegenden“ und „beweglichen“ Bodens

Der Schutz der Funktionen des Bodens und vor Gefahren durch den Boden unterliegt als „liegender Boden“ den Regelungen des BBodSchG und als „beweglicher Boden“ (Bodenmaterial als Abfall) dem KrW-/AbfG. Das BBodSchG sichert die Bodenfunktionen und zielt darauf ab, schädliche Bodenveränderungen abzuwehren und zu sanieren. Das KrW-/AbfG soll sicherstellen, dass Bodenmaterial zur Schonung natürlicher Ressourcen verwertet bzw. falls die Schadstoffbelastungen zu hoch sind, das Material aus dem wirtschaftlichen Bodenkreislauf entfernt wird. Die noch unzureichende Harmonisierung des Bodenschutz- und Abfallrechts, insbesondere bei Prüf- und Grenzwerten, wirkte sich auch auf die Erarbeitung des Bodenmanagements im Landkreis Goslar erschwerend aus.

### 2.3.3.2 Bodenschutzrecht

Im März 1998 verabschiedete der Bundestag das BBodSchG und legte für die vollzugsrelevanten Regelungen das In-Kraft-Treten auf den 01.03. 1999 fest. Für die Untersuchung und Bewertung von schädlichen Bodenveränderungen werden gesetzliche Standards durch Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmewerte festgelegt. An diese Standards sind für Bürgerinnen und Bürger unmittelbare Rechtsverpflichtungen geknüpft.

Bei belasteten Böden, wie im Landkreis Goslar, von denen wegen der Schadstoffgehalte oberhalb der Prüfwerte Gefahren für Mensch und Umwelt ausgehen können, sind Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung und ggf. Sanierungen vom Verursacher oder Grundstückseigentümer durchzuführen. Bei gut 50 000 belasteten Grundstücken im Harzgebiet wurden hierfür Kosten von bis zu 250 Mio. DM prognostiziert. Diese Schätzung bezieht sich auf Bodenschutzmaßnahmen außerhalb definierter Altablagerungen und Altstandorte, für deren Erkundung und Sanierung noch erheblich höhere Kosten anzusetzen wären. Trotz der unmittelbar für die Betroffenen geltenden gesetzlichen Pflichten war absehbar, dass ohne Eingriffe der Bodenschutzbehörde im Einzelfall Bodenschutz im Landkreis nicht oder nur in wenigen Fällen stattfinden würde. Dieser Gesetzesvollzug wäre von der Bodenschutzbehörde nicht zu leisten – ganz zu schweigen von der fehlenden Akzeptanz der Bevölkerung.

Diese Probleme führten 1999 zum Beschluss des Kreistages des Landkreises Goslar, auf der Grundlage des §21 BBodSchG und §4 NBodSchG ein sogenanntes „Bodenplanungsgebiet“ auszuweisen und in der entsprechenden Verordnung den bundesrechtlichen Bodenschutz umzusetzen. Ein solches Gebiet kann ausgewiesen werden, wenn schädliche Bodenveränderungen flächenhaft auftreten oder zu erwarten sind. Mit diesem Beschluss war der Vollzug des BBodSchG im Landkreis grundsätzlich für längstens zwei Jahre aufgeschoben. Im Juni 2001 verabschiedete der Kreistag die Verordnung des „Bodenplanungsgebiets Harz im Landkreis Goslar“, die am 01.10. 2001 in Kraft getreten ist. Wegen der verbesserten Kenntnislage und einer geänderten Rechtslage in Bezug auf Lebens- und Futtermittel u.a. wurden Fortschreibungen mit der ersten Änderungsverordnung vom 26.08. 2005 in Kraft gesetzt.

### 2.3.3.3 Abfallrecht

Im Zuge der intensiven Diskussion über die in der BBodSchV festgelegten Prüf- und Maßnahmewerte und deren Auswirkungen auf die Situation im Landkreis Goslar wurden auch abfallrechtliche Probleme beim Umgang mit Bodenmaterial sehr deutlich. So werden die Vorsorgewerte der BBodSchV auf mindestens 400 km<sup>2</sup> von insgesamt 967 km<sup>2</sup> Landkreisfläche überschritten. Belastetes Bodenmaterial, das nach Einbau als „liegender Boden“ die gefahrenbezogenen Prüfwerte überschreitet oder eine höhere Schadstoffbelastung aufweist als die Umgebung, verstößt gegen die abfallrechtlich geforderte ordnungsgemäße und schadlose Bodenverwertung.

Durch die Erlassregelung des Niedersächsischen Umweltministeriums, die bei Überschreitung eines Schadstoffparameters der Zuordnungswerte Z 2 im „Feststoff“ (LAGA 1995 [10]) den „beweglichen Boden“ den „besonders überwachungsbedürftigen Abfallarten“ zuordnet, werden die Probleme im Landkreis Goslar zusätzlich verschärft. Dieser verwaltungsinterne Erlass macht die behördliche Überwachung der Bodenentsorgung nach §§ 40 ff KrW-/AbfG mit dem obligatorischen Nachweisverfahren erforderlich. Die rechtliche Folge wäre, dass das harztypisch belastete Bodenmaterial der höchst belasteten überwiegend dicht besiedelten Flächen (ca. 40 km<sup>2</sup>) dem wirtschaftlichen Kreislauf entzogen und mit hohem Kosten- und Zeitaufwand auf geeigneten Sonderdeponien entsorgt werden müsste. Diese Konsequenz hätte gravierende Auswirkungen auf die Investitionen und damit erhebliche Nachteile für die wirtschaftliche Entwicklung des Landkreises Goslar. Die damit angestrebte Steuerung der Bodenentsorgung durch die Abfall- bzw. Bodenschutzbehörde wird aber wegen der in Niedersachsen nach Abfallarten aufgeteilten Zuständigkeiten erschwert.

Im Gegensatz zum Bodenschutzrecht, das durch den Beschluss des Kreistages auf der Grundlage des §5 NBodSchG im Vollzug bis 2001 weitgehend ausgesetzt wurde, bestand für die abfallrechtlichen Bodenprobleme sofortiger Handlungsbedarf. Die Empfehlung des Niedersächsischen Umweltministeriums, ein „Bodenmanagement“ zu gestalten und rechtlich verbindlich einzuführen, wurde von der Abfall- und Bodenschutzbehörde aktiv aufgegriffen und mit der „Allgemeinverfügung zum Umgang mit belastetem harztypischen Bodenmaterial“

umgesetzt. Nach aktueller Auslegung der Rechtslage wurde festgestellt, dass diese Regelungen im Bodenplanungsgebiet nahezu ausschließlich unter dem Regime des Bodenschutzrechts erlassen werden können. Im Zuge der ersten Änderungsverordnung wurden die abfallrechtliche Regelung insofern nahezu ausschließlich in die Verordnung integriert. Diese Maßnahme soll zu mehr Transparenz und einfacheren Zuständigkeiten führen.

### 2.3.4 Methodik der Gebietsausweisung

#### 2.3.4.1 Datenerhebung

Gebietsbezogene Regelungen zum Bodenschutz und zum Umgang mit belastetem Bodenaushub können nur auf der Basis verlässlicher Informationen und exakter Bodenbelastungskarten festgelegt werden. Seit Mitte der 80er Jahre wurden beim Landkreis Goslar Daten von allen verfügbaren Bodenuntersuchungen in einer Datenbank erfasst und seit Mitte der 90er Jahre zusammen mit einem Geographischen Informationssystem (TopoL) zu einem Bodeninformationssystem weiterentwickelt. Im Jahre 1998 sind dann eigene ergänzende Untersuchungen der Böden mit Methoden der BBodSchV durchgeführt worden [19] [20] [21] [26]. Das Bodeninformationssystem wurde nur für Böden außerhalb definierter Altstandorte und Altablagerungen erstellt. Daten von Waldböden wurden bisher noch nicht erfasst. Alle Auswertungen und Gebietsabgrenzungen beziehen sich also auf Flächen ohne Altlasten, Verdachtsflächen und Wald- bzw. Forstflächen. Folgende Daten zur flächenhaften Bodenbelastung sind zur Zeit vorhanden:

- ca. 3500 Probenahmestellen = ca. 30000 Einzelmesswerte,
- Gesamtgehalte von Proben bis 3 Meter Tiefe, Arsen, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Quecksilber, Nickel, Thallium, Antimon, Zink, pH-Wert
- Teile der Proben wurden auch auf pflanzenverfügbare und wasserlösliche Anteile sowie resorptionsverfügbare Anteile untersucht, um die Wirkung auf die Schutzgüter gemäß der BBodSchV genauer einschätzen zu können. Besonderer Handlungsbedarf ergibt sich insbesondere für die Elemente Arsen, Blei und Cadmium sowie abgeschwächt für Kupfer und Zink.

#### 2.3.4.2 Gebietsabgrenzung

Die Flächenausweisung erfolgt durch Auswertung aller im Bodeninformationssystem des Landkreises Goslar vorgehaltenen Bodenproben für die Oberböden mit einer standardisierten Bezugstiefe von 0–30 cm unter Geländeoberfläche. Daten von Altlasten und Verdachtsflächen wurden bei dieser Auswertung nicht berücksichtigt. Die Berechnung gleichartig belasteter Flächen erfolgte durch geostatistische Flächenschätzung der Gesamtgehalte (jeweils für die Elemente separat), wobei für Talauen, landwirtschaftlich genutzte Flächen und Siedlungsböden aus statistischen Gründen getrennte Berechnungen durchgeführt wurden. Wegen der unterschiedlichen dominierenden Schadstoffquellen (Immissionen, Flusssedimente oder Direkteintrag von belasteten Materialien) sind an den Grenzen der drei genannten Gebiete abrupte Änderungen der Schadstoffgehalte zu beobachten [27]. Aus diesem Grund mussten sie im Rahmen der geostatistischen Analyse als getrennte Grundgesamtheiten behandelt werden. Der Bezug zu den Flächentypen wurde mittels ATKIS-Flächennutzung [28] und Bodenkarte BÜK 50 [29] hergestellt.

Um eine praktische Vollziehbarkeit zu erreichen, sind die Belastungsgrenzen auf der Grundlage des NBodSchG für alle Nutzungen anschließend an die jeweils nächstgelegenen markanten Geländegrenzen (Straßen, Häuserblocks, Flurgrenzen, Grenzlinien, Gewässer etc.) gelegt worden. Daraufhin erfolgte noch einmal ein Abgleich mit den regionalen und kommunalen Planungen. Dies ist notwendig, da nur diejenigen Flächen einbezogen werden sollen, bei denen prüfwerterelevante Nutzungen zumindest potentiell zu erwarten sind. Den schematischen Ablauf des Weges vom Bodeninformationssystem zur Gebietsausweisung gibt Abbildung 2.3.2 wieder.

# Der Weg von der Bodendatenbank zur Karte des Bodenplanungsgebietes

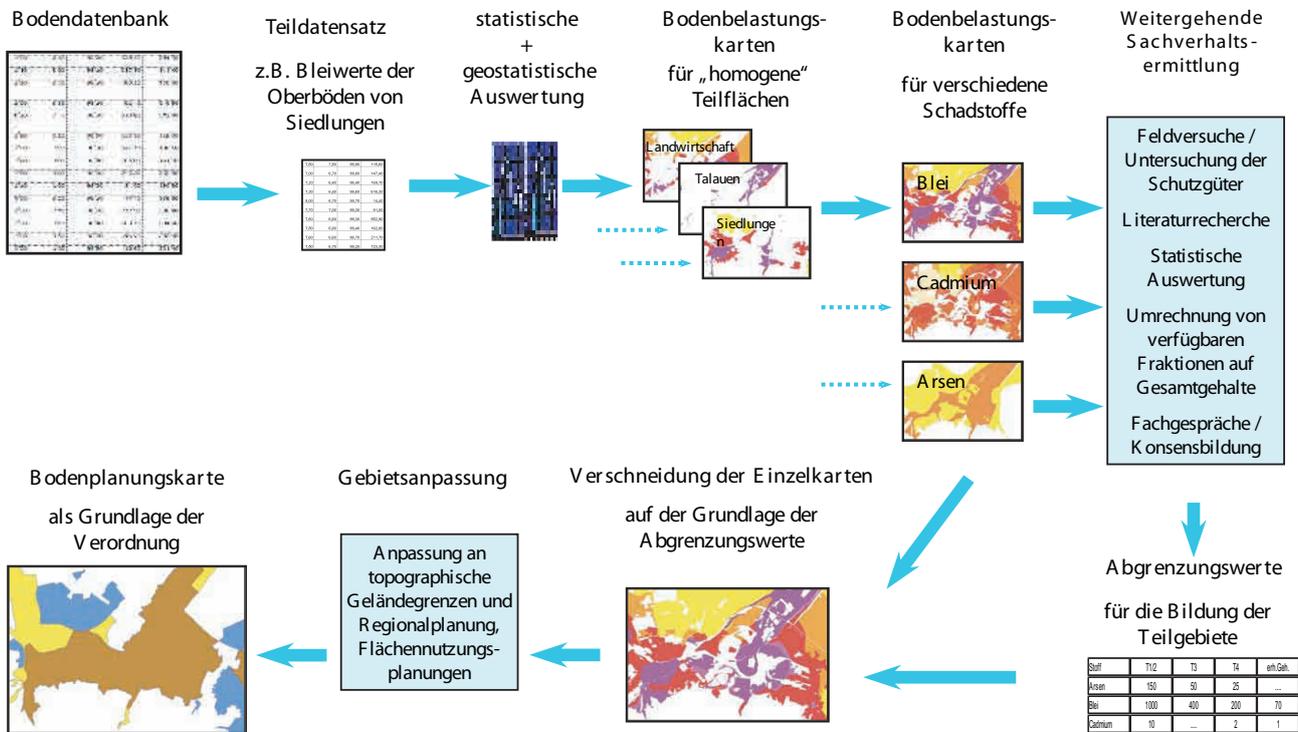


Abb. 2.3.2: Weg von der Bodendatenbank zur Karte des Bodenplanungsgebietes

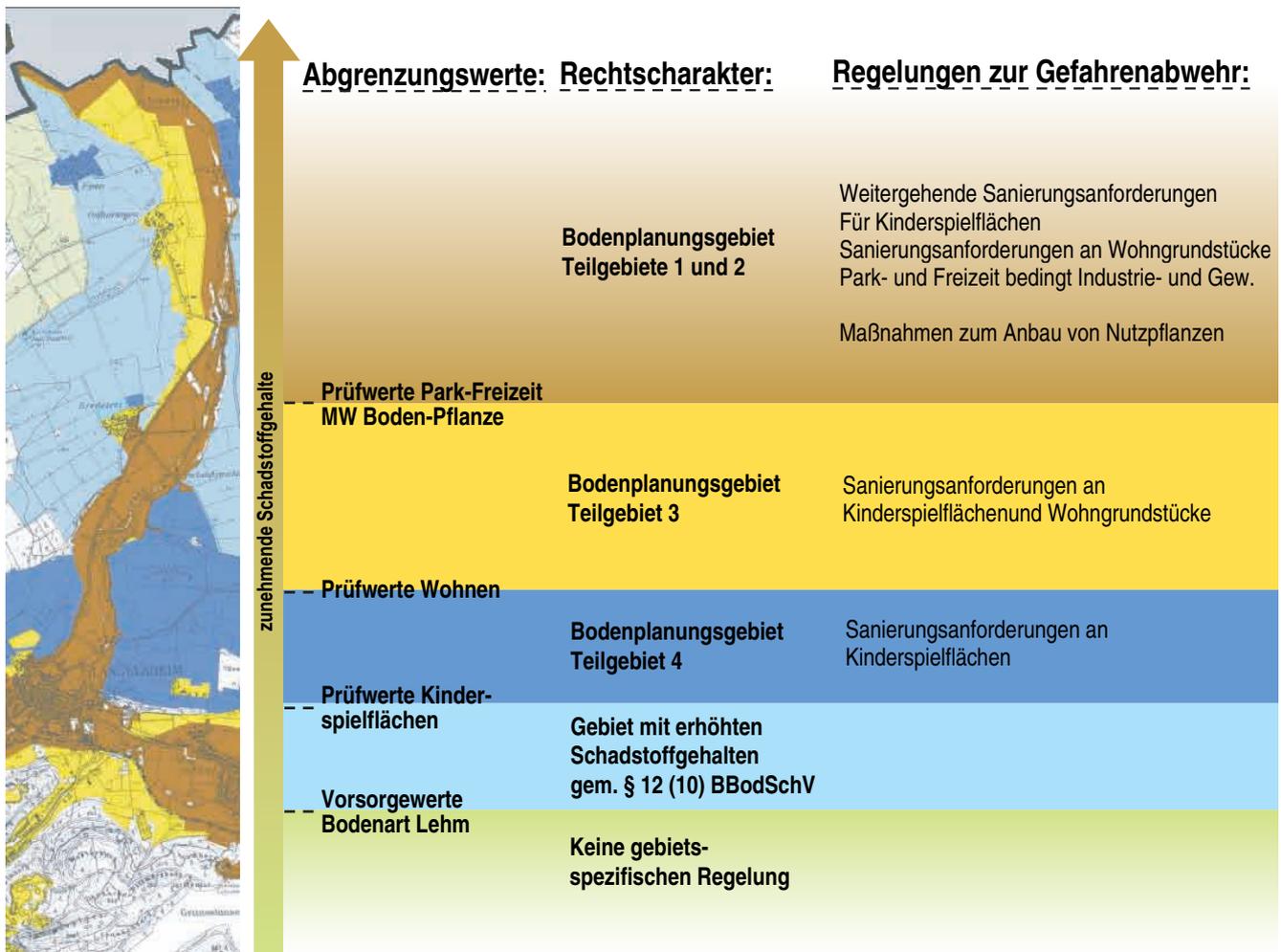


Abb. 2.3.3: Abgrenzungswerte und Regelungen zur Gefahrenabwehr

Die Gebietsabgrenzung für das Bodenplanungsgebiet ist an den Prüfwerten für Kinderspielflächen nach BBodSchV festgemacht. Je nach Belastungsniveau sind verschiedene Teilgebiete ausgewiesen worden. Regelungen unterhalb dieser Werte sind rechtlich nicht möglich, da nach § 4 NBodSchG ein entsprechendes Gebiet nur ausgewiesen werden kann, wenn „schädliche Bodenveränderungen auftreten oder zu erwarten sind“. Es muss also mindestens eine hinreichende Eintrittswahrscheinlichkeit für das Vorliegen schädlicher Bodenveränderungen bestehen [15].

Die Regelungen zum Umgang mit Bodenaushub bei überschrittenen Vorsorgewerten (Gebiete mit erhöhten Schadstoffgehalten) basieren deswegen direkt auf der Grundlage der BBodSchV (§12, Abs. 10 [4]). Ein Überblick zu den Abgrenzungswerten und Regelungsfeldern der einzelnen Teilgebiete der Verordnung findet sich in den Abbildungen 2.3.3 und 2.3.4.

Dadurch, dass die Oberbodengehalte zugrundegelegt werden und die tatsächlichen Schadstoffgehalte i.d.R. mit der Tiefe abnehmen, ist mit der genannten Vorgehensweise für abfallrechtliche Einstufungen von Böden überwiegend der ungünstigste Fall (worst-case-Bedingungen) beschrieben. Die Gefahr einer Überschreitung der angenommenen Schadstoffgehalte im Überschussboden ist nur gering, da bei Baumaßnahmen überwiegend Unterboden anfällt.

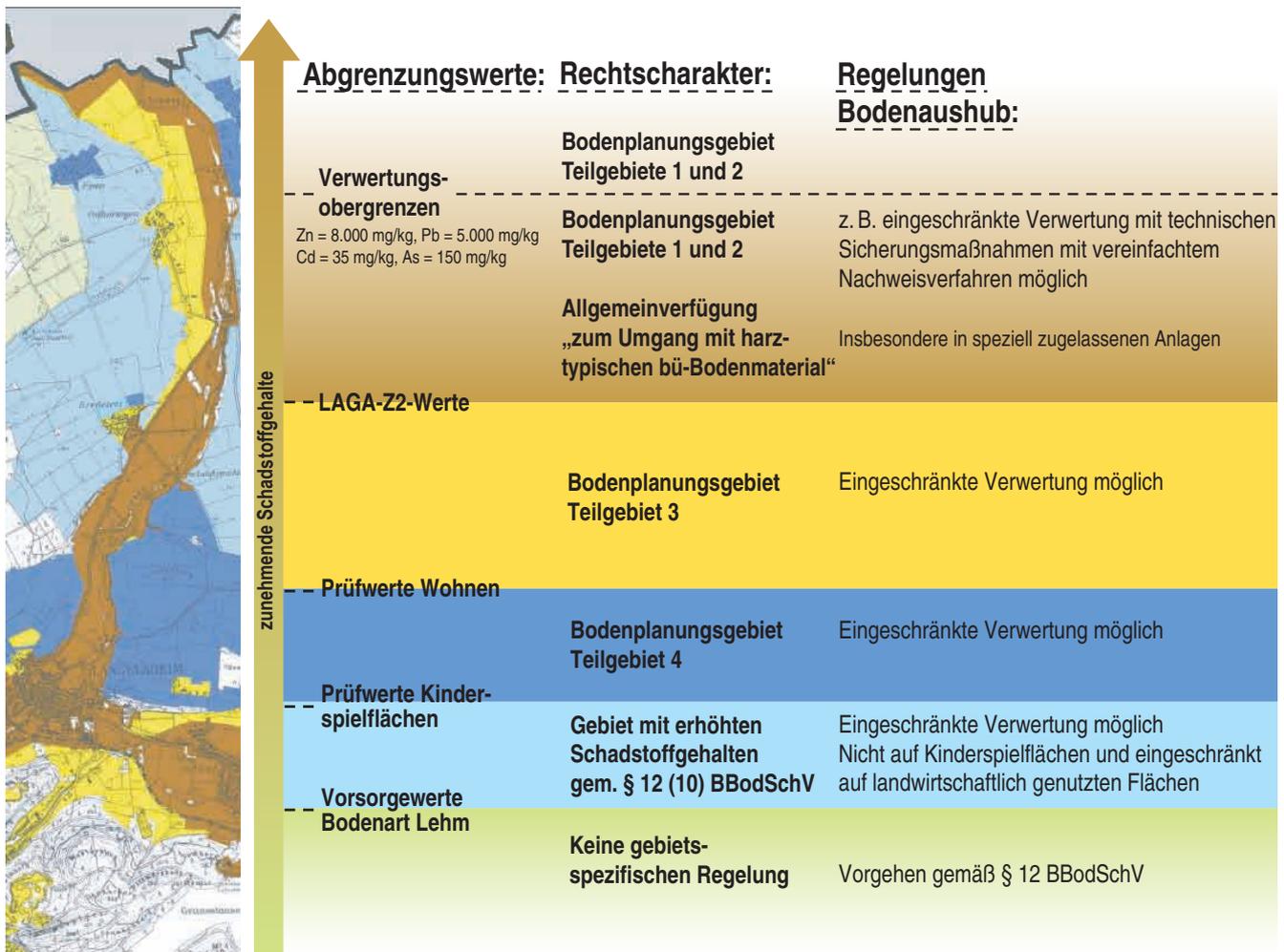
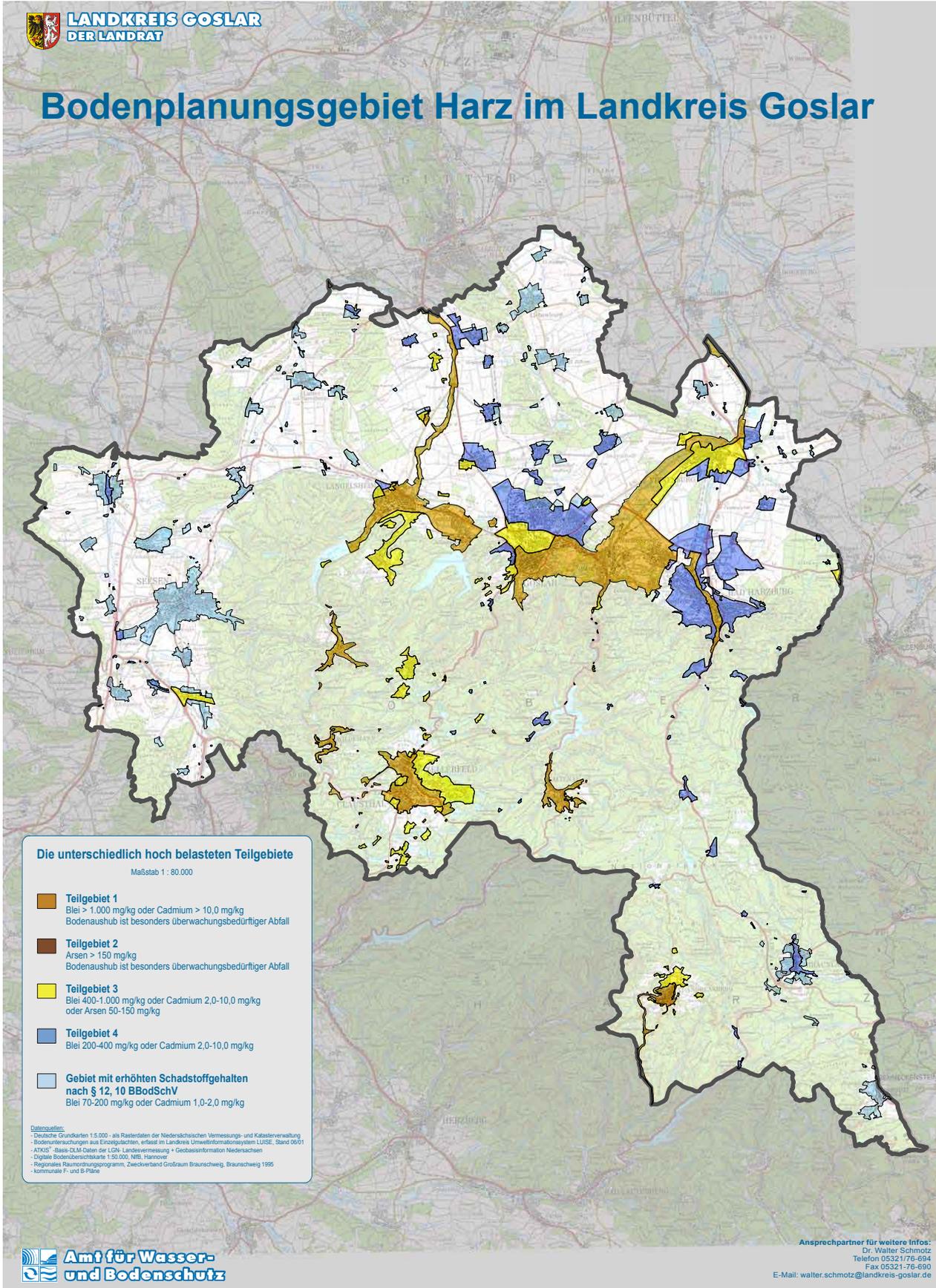


Abb. 2.3.4: Abgrenzungswerte und Regelungen zum Bodenaushub

Wegen der grundsätzlich unterschiedlichen Schadstoffgehalte und deren jeweiliger Verteilung wurden bei den höchst belasteten Gebieten zwei verschiedene Kategorien ausgewiesen (Abb. 2.3.5): Teilgebiet 1 weist als Leitparameter insbesondere hohe Blei- und Cadmiumgehalte auf, die zur Gebietsabgrenzung maßgeblich beigetragen haben. Teilgebiet 2 ist aufgrund der hohen Arsengehalte ausgewiesen worden. Die Abgrenzung soll sicherstellen, dass die Verlagerung von Bodenmaterial zwischen diesen Teilgebieten nicht zu Verschlechterungen für einzelne Schutzgüter führen kann.



# Bodenplanungsgebiet Harz im Landkreis Goslar



**Die unterschiedlich hoch belasteten Teilgebiete**  
Maßstab 1 : 80 000

**Teilgebiet 1**  
Blei > 1.000 mg/kg oder Cadmium > 10,0 mg/kg  
Bodenaushub ist besonders überwachungsbedürftiger Abfall

**Teilgebiet 2**  
Arsen > 150 mg/kg  
Bodenaushub ist besonders überwachungsbedürftiger Abfall

**Teilgebiet 3**  
Blei 400-1.000 mg/kg oder Cadmium 2,0-10,0 mg/kg  
oder Arsen 50-150 mg/kg

**Teilgebiet 4**  
Blei 200-400 mg/kg oder Cadmium 2,0-10,0 mg/kg

**Gebiet mit erhöhten Schadstoffgehalten nach § 12, 10 BBodSchV**  
Blei 70-200 mg/kg oder Cadmium 1,0-2,0 mg/kg

Datenquellen:  
- Deutsche Grundkarten 1:5.000 als Roherdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung  
- Bodenuntersuchungen aus Einzugsflächen, erfasst im Landkreis Umweltdateninformationssystem LUISE, Stand 06/01  
- ATKIS® - Basis-DLM-Daten der LGN - Landesvermessung + Geobasisinformation Niedersachsen  
- Digitale Bodenbeschreibkarte 1:50.000, WBG, Hannover  
- Regionales Raumordnungsprogramm, Zweckverband Großraum Braunschweig, Braunschweig 1995  
- Normierte F- und B-Pläne

Abb. 2.3.5: Bodenplanungsgebiet Harz im Landkreis Goslar

#### 2.3.4.3 Weitergehende Sachverhaltsermittlung

Aus Abbildung 2.3.2 geht hervor, dass die Gebietsausweisung und die Definition der Abgrenzungswerte auf Grundlage der Ergebnisse einer weitergehenden Sachverhaltsermittlung erfolgt. Die dazu erforderlichen Untersuchungen [27] wurden an möglichst großen Stichprobenzahlen durchgeführt und mittels statistischer Auswertungen einer regionalen Verallgemeinerung zugeführt.

Zur näheren Untersuchung des Transferpfades Boden-Nutzpflanze wurden beispielsweise knapp 100 Bodenproben auf ammoniumnitratlösliche Gehalte untersucht. An ca. 200 Ackerstandorten wurden zusätzlich auch die zugehörigen Gehalte im Weizenkorn untersucht [26]. Ein Handlungsbedarf nach Bodenschutzrecht ergibt sich danach insbesondere für Böden mit Cadmium-Gesamtgehalten  $> 10$  mg/kg. Nach Untersuchungen der Landwirtschaftskammer Hannover sind bei Böden unterhalb dieser Cadmiumbelastung ( $> 3$  mg/kg) Überschreitungen der Werte der „EU-Kontaminantenverordnung“ wahrscheinlich. Hier sollen Beratungen hinsichtlich der guten landwirtschaftlichen Praxis und die Auswahl geeigneter Pflanzenarten bzw. -sorten dazu beitragen, den Schadstoffgehalt in landwirtschaftlichen Erzeugnissen zu reduzieren.

Für die Beurteilung des Sickerwasserpfades wurden die Tiefenprofile der Gesamtgehalte zusammen mit 290 S4-Eluatwerten ausgewertet. Auf der Grundlage der Schadstoffgehalte der Unterböden und den mittels S4-Eluatgehalten abgeschätzten Wahrscheinlichkeiten von Prüfwertüberschreitungen wurde eine Karte des Grundwassergefährdungspotenzials erstellt [27]. Anhand des Grundwasserinformationssystems wurden die Ergebnisse überprüft und bestätigt. Nach den bisherigen Kenntnissen sind Grundwasserbelastungen insbesondere im Umfeld der großen Halden und Altstandorte zu beobachten. Im Zuge der Verordnung wurde dieser Pfad deswegen lediglich bei den Regelungen für den Bodenaushub berücksichtigt.

Die Regelungen für den Direktpfad wurden gemeinsam mit dem Kreisgesundheitsamt und den betroffenen Gemeinden im Rahmen eines gemeinsamen Workshops festgelegt [22]. Die Bewertung basiert dabei insbesondere auf regionalen umweltmedizinischen Studien [vgl. 8]. Darüber hinaus ist ein Vorschlag für die Ableitung

regionaler Maßnahmenwerte auf der Grundlage der resorptionsverfügbaren Arsen- und Schwermetallgehalte erarbeitet worden [18]. Auf die Einbeziehung dieser Ergebnisse wurde aber mit Blick auf den geringen Stichprobenumfang und die noch nicht abgeschlossene Methodvalidierung zunächst verzichtet.

#### 2.3.5 Die Regelungen

Für den Bodenschutz entfällt grundsätzlich die nach §9 BBodSchG geforderte Einzelfalluntersuchung der Grundstücke gemäß BBodSchV. Stattdessen werden in Abhängigkeit von der Belastungshöhe und der Nutzung der Grundstücke die zu ergreifenden Maßnahmen vorgegeben.

- Folgende Regelungen gelten generell:
  - (1) Freistellung von den Untersuchungspflichten für den „liegenden Boden“ und Bodenaushub
  - (2) In den vier Teilgebieten sind die Anbau- und Verzehrempfehlungen des Gesundheitsamtes zu beachten
  - (3) Wer durch Einzelfalluntersuchungen nachweist, dass geringer belasteter Boden oder Bodenaushub vorhanden ist, wird von den Regelungen der Verordnung befreit
- Minimale Regelungen für den „liegenden Boden“:

Im Teilgebiet 4 ist der direkte Kontakt Boden-Mensch auf Kinderspielflächen zu unterbrechen. Dies kann z.B. durch eine dichte Rasendecke erreicht werden.
- Maximale Regelungen für den „liegenden Boden“:
  - In den Teilgebieten 1 und 2 ist der direkte Kontakt auf Kinderspielflächen, Wohngrundstücken und Park- und Freizeiflächen zu unterbrechen. Dazu ist auf Kinderspielflächen eine Abdeckung oder ein Bodenaustausch vorzunehmen.
  - Spezielle Verbote für den Anbau von Pflanzen werden mit der ersten Änderungsverordnung nicht mehr formuliert, da mittlerweile eine hinreichende Regelungslage im Futtermittel- und Lebensmittelrecht besteht.

- Minimale Regelungen für den Umgang mit Bodenaushub:  
Bodenaushub aus Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten soll nicht auf Kinderspielflächen und nur eingeschränkt auf landwirtschaftlich genutzten Flächen aufgebracht werden.
- Maximale Regelungen für den Umgang mit Bodenaushub:  
In den Teilgebieten 1 und 2 kann der Boden nur gesichert und mit hinreichendem Abstand zu Grund- und Oberflächengewässern wiedereingebaut/verwertet werden.
- Für den Umgang mit Bodenaushub gilt generell:
  - Keine Verschlechterung am Ort des Auf- oder Einbringens des Bodens. Das heißt, grundsätzlich keine Verwertung in geringer belasteten Teilgebieten und Verbleib des Bodenmaterials in den Teilgebieten 1 und 2 des Bodenplanungsgebietes.
  - Kein Einbau in besonders sensiblen Nutzungsformen, wenn Prüf- oder Maßnahmenwerte überschritten werden (Kinderspielflächen, Wohngebiete, Landwirtschaft).
  - Liegen Anhaltspunkte vor, dass es sich um für den Harz untypisch belastetes Bodenmaterial (z. B. von Altlastenflächen) handelt, ist eine Untersuchung gemäß BBodSchV durchzuführen.

- die abfall- und bodenschutzrechtlichen Voraussetzungen für die Gestaltung und Umsetzung eines gebietsbezogenen Bodenschutzes schafft und
- die Finanzierung der besonderen Bodenschutz- und Altlastenaufgabe in diesem Gebiet regelt.

Außerdem fand ein vom Landkreis Goslar initiiertes Workshop der beteiligten Behörden statt, bei dem die durch das Bodenschutzgesetz betroffenen Zielgruppen bestimmt und die Art und Weise der Öffentlichkeitsinformation erarbeitet wurde. Innerhalb eines knappen Jahres wurden dann bei den folgenden Zielgruppen umfassende Informationsveranstaltungen zum Thema „Bodenschutz“ vom Landkreis Goslar durchgeführt:

- Banken,
- Baugewerbe/Architekten/Makler,
- Bürger/Grundstückseigentümer,
- Kindergärten/Grundschulen,
- Rechtsanwälte und Notare,
- Landwirtschaft,
- Umweltverbände,
- Arbeitgeberverband,
- Finanzamt/Steuerämter.

Anschließend wurden drei aufeinander aufbauende Informationsbroschüren erarbeitet, mit denen der Landkreis Goslar seine Einwohnerinnen und Einwohner umfassend zum Bodenschutz informiert. Im Jahr 1999 begann er mit der ersten Broschüre „Informationen zum Bodenschutz“ [23]. Inhalt dieses Infoheftes waren allgemeine Erläuterungen zu den Bodenbelastungen, den Auswirkungen des Bundesbodenschutzgesetzes und dem umweltverträglichen Umgang mit Bodenaushub.

Im Jahr 2000 erschien dann das „Handbuch zum Bodenmanagement“ [24]. In dieser Broschüre werden insbesondere die abfallrechtlichen Regelungen für die Verwertung und Beseitigung der besonders hoch belasteten (besonders überwachungsbedürftigen) Böden sowie die Nachweisverfahren und die Bodenbörse im Internet erläutert. Die dritte und vorläufig letzte Broschüre wurde nach dem 01.10.2001, also nach Inkrafttreten der Bodenplanungsgebietsverordnung verteilt [25]. Unter dem Titel „Informationen zur Verordnung des Bodenplanungsgebietes Harz im Landkreis Goslar“ wurde ausführlich beschrieben welchen Zweck die Verordnung verfolgt, welche Vorteile sie bringt, was

### 2.3.6 Ablaufplanung und Öffentlichkeitsarbeit

Bereits im September 1996 hat der Landkreis Goslar der damaligen Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit die Sorgen der hiesigen Region vorgetragen, die sich aufgrund des in Vorbereitung befindlichen Bundes-Bodenschutzgesetzes ergaben. Nach Inkrafttreten des Gesetzes hat der Kreistag und die Räte der Städte und Gemeinden des Landkreises Goslar eine Resolution zur Notwendigkeit eines Landes-Bodenschutzgesetzes beschlossen, das

- die durch das Bundes-Bodenschutzgesetz eröffneten bundes- und landesgesetzgeberischen Möglichkeiten (§ 12 BBodSchV und § 4 NBodSchG) im Sinne dieser Resolution ausschöpft,

zu beachten ist und wie der Boden zu entsorgen ist. Zudem sind in den Broschüren die Ansprechpartner für Bürgerinnen und Bürger genannt. Auf Initiative des Umweltschutzausschusses hat das Amt für Wasser- und Bodenschutz des Landkreises Goslar zusätzlich ein Infoblatt über die wichtigsten Inhalte der Verordnung des Bodenplanungsgebietes Harz im Landkreis Goslar erstellt und in alle betroffenen Haushalte verteilt. Außerdem wurde in der regionalen Presse die Thematik durch eine aktuelle, sachliche und offene Berichterstattung den Bürgerinnen und Bürgern nahe gebracht.

### 2.3.7 Ausblick

Mit der Bodenplanungsgebietsverordnung wurde der rechtliche Rahmen gesetzt, um mit den hoch belasteten Böden in der Region ohne unangemessene Nachteile umgehen zu können. Sie soll sicherstellen, dass die Vorgaben des BBodSchG und des KrW-/AbfG vor dem Hintergrund der sehr hohen Bodenbelastungen der Region auch in der Praxis umgesetzt werden können. Mit den Regelungen soll gleichzeitig ein hohes Maß an Rechts- und Planungssicherheit für alle Beteiligten sichergestellt werden. Aber auch nach fünfjähriger Praxis bedarf es noch erheblicher Anstrengungen, um die Regelungen bekannt und transparent zu machen und das notwendige Bewusstsein zu schaffen. In der Bauleitplanung haben sich die Regelungen zum Bodenschutz bewährt, da durch Kennzeichnung der Flächen, nachrichtliche Übernahmen und textliche Festsetzungen im ganzen Landkreis Goslar nach einheitlichen Maßstäben und Regeln umgegangen wird.

Es bedarf aber weiterhin einer aktiven Unterstützung der Bodenwirtschaft durch den Landkreis Goslar, damit umweltgerechte und gleichzeitig finanzierbare Verwertungs- und Beseitigungswege gefunden werden. Zur Zeit wandert noch zu viel unbelastetes und gering belastetes Bodenmaterial in Verwertungsmaßnahmen mit zweifelhaftem Nutzen für die Umwelt. Es hat sich noch zu wenig in den Köpfen festgesetzt, dass eine sinnvolle Kreislaufwirtschaft auf ein planendes Bodenmanagement angewiesen ist. Die Internet-Bodenbörse des Landkreises Goslar wird nicht angenommen. Bei der Umsetzung des § 12 BBodSchV gibt es erhebliche Vermittlungsprobleme für die untere Bodenschutzbehörde.

### 2.3.8. Literatur

- [1] BACHMANN, G.; BANNICK, C. G.; GIESE, E.; GLANTE, F.; KEINE, A.; KONIETZKA, R.; RÜCK, F.; SCHMIDT, S.; TERYTZE, K.; und BORRIES, D. V. (1998): Fachliche Eckpunkte zur Ableitung von Bodenwerten im Rahmen des Bundesbodenschutzgesetzes; ESV-Verlag, Berlin, ISBN 3-503-04383-7
- [2] BACHMANN, G., OLTMANN, J.; KONIETZKA, R. und SCHNEIDER, K. (1999): Berechnung von Prüfwerten zur Bewertung von Altlasten, Ableitung und Berechnung von Prüfwerten der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung für den Wirkungspfad Boden-Mensch aufgrund der Bekanntmachung der Ableitungsmethoden und -maßstäbe im Bundesanzeiger Nr. 161a vom 28. August 1999; ESV-Verlag, Berlin, ISBN 3 503 05825 7
- [3] BARKOWSKI, D. und DELSCHEN, TH. (2001): Arbeitshilfe zur weitergehenden Sachverhaltsermittlung bei Überschreitung von Prüfwerten nach BBodSchV; In: ROSENKRANZ, D., G. BACHMANN, W. KÖNIG UND G. EINSELE (Hrsg.) (1988): Bodenschutz: ergänzbares Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser; Band 3, Abschnitt 7750, S.1–13 (Lieferung März 2001)
- [4] BUNDES-BODENSCHUTZ- UND ALTLASTENVERORDNUNG (BBodSchV), veröffentlicht im Bundesgesetzblatt Nr. 36 vom 16.07.99, Seite 1554
- [5] BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ (BMJ)(1999): Bekanntmachung über Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). Bundesanzeiger 51, 161a.
- [6] DELSCHEN, TH. (1998): Pfadintegrierte Bewertung von Bodenbelastungen in Haus- und Kleingärten, Teil 2: Prüfwerte für das Nutzungsszenario „Wohngärten“; altlasten spektrum 6: 336-342
- [7] GESETZ ZUM SCHUTZ DES BODENS (BBodSchG), Artikel 1: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz), veröffentlicht im Bundesgesetzblatt Nr. 16 vom 24.03.98, Seite 502
- [8] HENNIGHAUSEN, R.H. (2001): Risikobewertung und Bauleitplanung in einer hochbelasteten Region. Gesundheitswesen Nr. 63, 2001, S. 70–75. Stuttgart.

- [9] KREISLAUFWIRTSCHAFTS- UND ABFALLGESETZ (KrW-/AbfG) vom 27.09.1994 (BGBl. I S. 2705) in der zurzeit geltenden Fassung
- [10] LAGA (1995): Technische Regeln-LAGA-Richtlinie zur Verwertung mineralischer Abfälle -Technische Regeln- LAGA Nr. 20; ISBN3503050116; Schmidt-Verlag 1998; 4. erweiterte Auflage
- [11] LANDKREIS GOSLAR (2000): Allgemeinverfügung zum Umgang mit belastetem harztypischen Bodenmaterial, Landkreis Goslar (Amtsblatt für den Landkreis Goslar Nr. 15 vom 07.09. 2000, S. 321)
- [12] LANDKREIS GOSLAR (2001): Verordnung des „Bodenplanungsgebietes Harz im Landkreis Goslar“ (Amtsblatt für den Landkreis Goslar Nr. 13 vom 27.08. 2001, S. 571)
- [12a] LANDKREIS GOSLAR (2005): Erste Verordnung zur Änderung der Verordnung des „Bodenplanungsgebietes Harz im Landkreis Goslar“ (BPG-VO) (Amtsblatt für den Landkreis Goslar Nr. 13, Teil II vom 25.08.2005, S. 322– 352)
- [13] MEHNERT, W. (1991): Geschichte der Zinkmetallurgie am Harz. Goslar
- [14] MEHNERT, W. (1993): Geschichte der Blei- und Kupfererzeugung am Unterharz. Goslar.
- [15] Niedersächsisches Bodenschutzgesetz vom 19.02. 1999 (NBodSchG); komplett veröffentlicht in TerraTech 2/1999: 20-2
- [16] ROSENECK, R. (Hrsg.) (2001): Der Rammelsberg. Mensch – Natur – Technik. Goslar.
- [17] SCHRÖDER et al. (1994): Neuere statistische Verfahren und Modellbildung in der Ökologie. Göttingen.
- [18] TÜRK, TH., PELZER, G. SCHMOTZ, W. (2001): Zur Rolle der Resorptionsverfügbarkeit bodengebundener Schadstoffe für den Direktpfad. Ableitung von regionalen Maßnahmenwerten am Beispiel einer Region mit großflächig schädlichen Bodenveränderungen. In Bodenschutz 4/2001. Berlin.
- [20] DR. PELZER UND PARTNER (1999): Bodenkataster Landkreis Goslar. Dokumentation von bodenkundlicher Aufnahme, Beprobung und Analytik an 15 repräsentativ ausgewählten Standorten in Sankt Andreasberg. Hildesheim.
- [21] DR. PELZER UND PARTNER (1999): Kinderspielflächen im Landkreis Goslar. Ableitung von Handlungsschwellenwerten, Erstellung einer Handlungsrichtlinie. Hildesheim.
- [22] LANDKREIS GOSLAR (2000): Verwaltungsvereinbarung mit 6 kreisangehörigen Städten und Gemeinden über den Umgang mit öffentlichen Kinderspielflächen einschließlich Handlungsempfehlungen. Goslar.
- [23] LANDKREIS GOSLAR (1999): Landkreis Goslar der Landrat – Informationen zum Bodenschutz 1999
- [24] LANDKREIS GOSLAR (2000): Landkreis Goslar der Landrat – Handbuch zum Bodenmanagement 2000
- [25] LANDKREIS GOSLAR (2001): Landkreis Goslar der Landrat – Informationen zum Bodenplanungsgebiet 2001
- [26] LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER (2000): Orientierende Untersuchungen zum Cadmium- und Bleigehalt landwirtschaftlich genutzter Böden und Kulturpflanzen im Landkreis Goslar. Untersuchungen 2000. Braunschweig.
- [27] SCHMOTZ (1999): Bodenuntersuchungen im Landkreis Goslar 1998. Ergebnisbericht. Goslar 1999.

### Datengrundlagen

- [28] LGN (1998): ATKIS® Basis-DLM-Daten der LGN, Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen. Hannover 1998.
- [29] NLF 1998): Bodenübersichtskarten im Maßstab 1:50.000 (BÜK50). Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung. Hannover.

### Walter Schmotz

Landkreis Goslar, Amt für Wasser- und Bodenschutz

Klubgartenstraße 6, 38640 Goslar

Tel.: 05321/76-694, Fax: 05321/77-690

Email: [walter.schmotz@landkreis-goslar.de](mailto:walter.schmotz@landkreis-goslar.de)

Weitere Infos im Internet: [www.landkreis-goslar.de/Umweltschutz](http://www.landkreis-goslar.de/Umweltschutz)

### Gutachten, Berichte und Informationsmaterial

- [19] DR. PELZER und Partner (1998): Bodenkataster Landkreis Goslar. Dokumentation von bodenkundlicher Aufnahme, Beprobung und Analytik an 149 repräsentativ ausgewählten Standorten. Band 1 und 2. Hildesheim.



## Impressum

Studien und Tagungsberichte, Schriftenreihe – ISSN 0948-0838

Herausgeber: Landesumweltamt Brandenburg (LUA)  
Berliner Str. 21–25  
14467 Potsdam  
Tel.: (03 31) 2 32 32 59  
Fax: (03 31) 29 21 08  
E-Mail: [infoline@lua.brandenburg.de](mailto:infoline@lua.brandenburg.de)  
[www.mlub.brandenburg.de/info/lua](http://www.mlub.brandenburg.de/info/lua)

### Band 53

#### Bodenschutzsymposium 2005 – Tagungsbericht

Gebiete mit großflächig siedlungsbedingt erhöhte  
Schadstoffgehalten  
Erfassen – Bewerten – Handeln

Fachliche Vorbereitung  
und Leitung der  
Tagung, Bearbeitung  
der Texte:

LUA, Abt. Technischer Umweltschutz,  
Referat Bodenschutz  
Prof. Dr. Schultz-Sternberg  
Tel.: (03 31) 2 77 64 54  
E-Mail: [Ruediger.Schultz-Sternberg@  
lua.brandenburg.de](mailto:Ruediger.Schultz-Sternberg@lua.brandenburg.de)

Schutzgebühr 7 EUR

Redaktion: LUA, Referat Öffentlichkeitsarbeit  
Dr. Barbara Herrmann

Gesamtproduktion: Werbeagentur PoWer-DesignThing

Potsdam, im Dezember 2005

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbenden zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet.

**Schriftenreihe „Studien und Tagungsberichte“  
(ISSN 0948-0838)**

Band 1	Geotechnik im Deponiebau (1994)	Band 32	Weiterentwicklung von Schutzgebietssystemen ... (2001)
Band 2	Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg (1993)	Band 33	Morphologische Referenzzustände in Bächen ... (2001)
Band 3	Das Trockenjahr 1992 im Land Brandenburg (1994)	Band 34	Humantoxikologisches Potenzial von Holzstäuben (2001)
Band 4	Abfallwirtschaft und Bergbau (1995)	Band 35	Tagebaurestseen: Wasserbeschaffenheit ... (2001)
Band 5	Luftqualität 1975–1990 (1995)	Band 36	Niederschlagsdeposition im Land Brandenburg (2002)
Band 6	Wasserbeschaffenheit in Tagebaurestseen (1995)	Band 37	Strukturgüte von Fließgewässern Brandenburgs (2002)
Band 7	Rüstungsalftasten (1995)	Band 38	Naturschutz in der Bergbaufolgelandschaft (2002)
Band 8	Die Havel (1995)	Band 39	Ökotoxische Bewertung von Humanarzneimitteln ... (2002)
Band 9	Rieselfelder Brandenburg-Berlin (1995)	Band 40	Luftqualität 1991 bis 2000 – Ein Überblick ... (2002)
Band 10	Ausweisung von Gewässerrandstreifen (1996)	Band 41	Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit 1995–2000 ... (2002)
Band 11	Brandenburger Ökologietage I (1996)	Band 42	Schutz vor verkehrsbedingten Immissionen ... (2002)
Band 12	Radioaktive Altlasten auf WGT-Flächen (1996)	Band 43	Schallimmissionen an Verkehrslandeplätzen ... (2003)
Band 13/14	Rieselfelder südlich Berlins (1996)	Band 44	Pflanzenschutzmittel in der Umwelt II (2003)
Band 15	Die sensiblen Fließgewässer ... (1998)	Band 45	Versauerungserscheinungen ... in Grundwasserleitern ... (2003)
Band 16	Das Sommerhochwasser an der Oder 1997 ... (1998)	Band 46	Demographie/ökologische Situation der ... Sumpfschildkröte ... (2003)
Band 17	Naturschutz in der Bergbaufolgelandschaft ... (1998)	Band 47	... Gewässer Brandenburgs in historischer Zeit (2003)
Band 18	Landschaftsökologische Untersuchungen ... (1998)	Band 48	... Koexistenz und Umweltbeobachtung im Agrarraum ... (2004)
Band 19	Umweltradioaktivität – Bericht 1998 (1999)	Band 49	Einfluss von Pestiziden auf Laich/Larven von Amphibien ... (2004)
Band 20/21	Untersuchungen der Oder ... 1998 (1999)	Band 50	Leitfaden zur Renaturierung von Feuchtgebieten (2004)
Band 22	Schadstoffbelastung von Böden ... vor/nach Oderhochwasser 1997 (1999)	Band 51	Pflanzenschutzmittel in der Umwelt III (2005)
Band 23	Geogene Grundbelastung der Fließgewässer ... (1999)	Band 52	Vollzugshilfe zur Ermittlung ... Stoffeinträge in Natura 2000-Gebiete (2005)
Band 24	Brandenburgisches Symposium – bodenschutz bezogene Forschung (2000)	Band 53	Bodenschutzsymposium 2005 – Tagungsbericht (2005)
Band 25	Humanarzneimittel in der Umwelt (2000)		
Band 26	Endokrin wirksame Stoffe in der Umwelt (2001)		
Band 27	... Modellierung von Wasserhaushaltsgrößen ... (2001)		
Band 29	Tierarzneimittel in der Umwelt (2001)		
Band 30	Pflanzenschutzmittel in der Umwelt (2001)		
Band 31	Grundlagen...wasserwirtschaftliche Rahmenplanung ... (2001)		

**Ministerium für Ländliche Entwicklung,  
Umwelt und Verbraucherschutz  
des Landes Brandenburg**

**Landesumweltamt Brandenburg**  
Referat Öffentlichkeitsarbeit

Berliner Straße 21–25  
14467 Potsdam  
Tel: (0331) 2323259  
Fax: (0331) 292108  
E-Mail: [info@lua.brandenburg.de](mailto:info@lua.brandenburg.de)  
[www.mluv.brandenburg.de/info/lua](http://www.mluv.brandenburg.de/info/lua)