



Das Lebensministerium

Handlungsempfehlungen für die Umsetzung des Bodenschutzes in Gebieten mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten

Stand 04/2006

Materialien Bodenschutz

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Zur Wetterwarte 11

01109 Dresden

Freistaat  Sachsen

Handlungsempfehlungen für die Umsetzung des Bodenschutzrechtes in Gebieten mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten

Stand 04/2006

Bearbeitet vom LfUG* auf der Grundlage von Werkverträgen mit:

Ingenieurbüro **Feldwisch**

Hindenburgplatz 1
51429 Bergisch Gladbach

Tel. 02204-4228-50

Fax 02204-4228-51

info@ingenieurbuero-feldwisch.de

www.ingenieurbuero-feldwisch.de

Dr. Norbert Feldwisch

Dipl.-Ing. Ellen Egbert

IFUA-Projekt GmbH

Milser Straße 37

33729 Bielefeld

Tel. 0521-97710-0

Fax 0521-97710-20

info@ifua.de

www.ifua.de

Dr. Dietmar Barkowski

Dipl.-Ing. Michael Bleier

Dipl. Biol. Petra Günther

*) **Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie**

Referat Bodenschutz

Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden

<http://www.umwelt.sachsen.de/lfug>

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung.....	1
2	Ursachen für großflächig erhöhte Schadstoffgehalte	2
3	Untersuchungsablauf einer gebietsbezogenen Vorgehensweise	3
4	Erfassung und Erkundung	5
5	Ausweisungsziele und Vorteile einer gebietsbezogenen Vorgehensweise.....	6
6	Abgrenzung von Gebieten mit gebietsbezogenen Bodenschutzaufgaben.....	8
6.1	Vorbemerkungen.....	8
6.2	Übertragen von Punktdaten auf die Fläche.....	9
6.3	Abgrenzung nach Außen in den unbelasteten Bereich	13
6.4	Abgrenzung nach Innen in Zonen unterschiedlicher Belastungshöhen	14
6.5	Bodenschutzrechtliche Relevanz von Mess- und Schätzwerten.....	15
6.6	Relevanz von Schadstoffgehalten in Pflanzen bei der bodenschutzrechtlichen Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Nutzpflanze.....	20
7	Orientierende Untersuchung.....	23
8	Untersuchung und Bewertung des Wirkungspfades Boden-Mensch (Direktpfad)	25
8.1	Differenzierung der Expositionsbedingungen.....	28
8.2	Schadstoff- und nutzungsabhängige gebietsbezogene Beurteilungswerte..	30
8.3	Abgleich der Schadstoffgehalte nach Schadstoffkarte mit gebietsbezogenen Beurteilungswerten.....	31
8.4	Vertiefende Prüfung	32
9	Untersuchung und Bewertung des Wirkungspfades Boden-Pflanze... 	33
9.1	Differenzierung der Expositionsbedingungen.....	33
9.2	Schadstoffabhängige gebietsbezogene Beurteilungswerte	33
9.3	Abgleich der Schadstoffgehalte nach Schadstoffkarte mit gebietsbezogenen Beurteilungswerten.....	33
9.4	Vertiefende Prüfung	34
10	Gebietsbezogene Umsetzung der Anforderungen des § 12 Abs. 10 BBodSchV.....	35
11	Grenzziehung bei der Festlegung von Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten bzw. mit flächenhaften schädlichen Bodenveränderungen	38
12	Adressaten gebietsbezogener Maßnahmen	39
13	Gebietsbezogene Maßnahmen zur Gefahrenabwehr	41
13.1	Wirkungspfad Boden-Mensch	42

13.1.1	Nutzungskategorie Kinderspielflächen	45
13.1.2	Nutzungskategorie Wohngebiet	46
13.1.3	Nutzungskategorie Park- und Freizeitanlagen	47
13.2	Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze.....	48
14	Gebietsausweisung.....	51
15	Zitierte und weiterführende Literatur	53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Ablaufschema der gebietsbezogenen Vorgehensweise.....	4
Abbildung 2:	Ableiten von homogenen Raumeinheiten als Grundlage für die Übertragung von Punktdaten in die Fläche.....	11
Abbildung 3:	Schematische Darstellung der Übertragung von Punktdaten auf die Fläche mit Hilfe verschiedener Verfahren	12
Abbildung 4:	Schematische Darstellung der Unterschiede zwischen der Aussagekraft messpunktbezogener Messwerte und flächenbezogenen Schätzwerten	17
Abbildung 5:	Fallunterscheidung der Unter- bzw. Überschreitung von Prüfwerten bei einseitigen Konfidenzintervallen.....	18
Abbildung 6:	Gebietsbezogene Detailuntersuchung.....	27
Abbildung 7:	Schema zur Differenzierung der Nutzungen nach BBodSchV in Subnutzungen und Zuordnen von bewertungsrelevanten Prüf- und Maßnahmenwerten	29
Abbildung 8:	Festlegen der Außengrenzen bei Gebieten mit bodenbezogenen Problemlagen	39
Abbildung 9:	Maßnahmen zur Gefahrenabwehr (Wirkungspfad Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze) in Anlehnung an MÜLLER & DELSCHEN 2000 und MARSCHNER & JANNUSCH 2002 (Vergrößerung, siehe Anlage).....	44

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Hinweise auf ein Gebiet mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten	6
Tabelle 2:	Bodenschutzrechtliche Aussagemöglichkeiten auf der Basis von Schätzwerten	16
Tabelle 3:	Faustzahlen für den Mindestprobenumfang bei der Erstellung von Schadstoffkarten (UMEG 2002).....	23
Tabelle 4:	Konkrete Anhaltspunkte für Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Pflanze	24
Tabelle 5:	Auswahl von möglichen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Kinderspielflächen.....	45
Tabelle 6:	Auswahl von möglichen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr in Wohngebieten.....	46
Tabelle 7:	Auswahl von möglichen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Park- und Freizeitanlagen.....	47
Tabelle 8:	Auswahl von möglichen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Ackerbau und Nutzgarten (verändert nach FELDWISCH & BARKOWSKI 2003)	49
Tabelle 9:	Auswahl von möglichen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Grünland (verändert nach FELDWISCH & BARKOWSKI 2003)	50

1 Einleitung und Zielsetzung

Der Bodenschutzvollzug steht in Gebieten mit flächenhaft auftretenden schadstoffbedingten Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen - im Folgenden auch als flächenhafte oder großflächige (stoffliche Boden-) Belastungen bezeichnet - vor einer großen Herausforderung. Insbesondere in besiedelten Belastungsgebieten sind die Anforderungen des Bodenschutzes an die Erfassung, Bewertung und ggf. an die Gefahrenabwehr auf einer großen Anzahl von Grundstücken umzusetzen. Der Umfang der dafür notwendigen Arbeiten macht es den zuständigen Bodenschutzbehörden nahezu unmöglich, diese Aufgaben grundstücksbezogen und mit Hilfe von Einzelanordnungen umzusetzen, da auf Grund der hohen Anzahl an betroffenen Grundstücken und der zumeist komplexen Wirkungspfadbetrachtungen der finanzielle und personelle Aufwand zu groß werden würde.

Stattdessen ist eine gebietsbezogene Vorgehensweise sinnvoll, welche die erforderlichen Untersuchungs- und Bewertungsschritte sowie die Ableitung und Umsetzung von Bodenschutzmaßnahmen so strukturiert, dass eine Vielzahl räumlich zusammenhängender Grundstücke oder sogar ganze Gebiete bzw. Verwaltungseinheiten (z.B. Gemeindeflächen, Landkreise) zusammen betrachtet werden können.

Die rechtlichen Grundlagen für eine gebietsbezogene Vorgehensweise sind im Bodenschutzrecht verankert, wobei im Hinblick auf schadstoffbedingte Bodenbelastungen zwei verschiedene Gebietskategorien differenziert werden können:

- Gebiete mit erhöhten Schadstoffgehalten nach § 12 Abs. 10 BBodSchV

- Gebiete, in denen flächenhaft schädliche Bodenveränderungen auf Grund erhöhter Schadstoffgehalte auftreten oder zu erwarten sind nach § 9 SächsABG

Dieser rechtliche Rahmen wird von den vorliegenden Handlungsempfehlungen mit bodenschutzfachlichen Hilfestellungen ausgefüllt.

Das fachliche Konzept zur Erfüllung der rechtlichen Anforderungen wird im Folgenden beschrieben. Anhand eines Ablaufschemas werden die wesentlichen Arbeitsschritte

- Erfassung und Abgrenzung von Gebieten mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten,
- orientierenden Untersuchung und Detailuntersuchung,
- Ableitung angepasster Sanierungs- bzw. Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen

beschrieben und die bodenschutzfachlichen und -rechtlichen Anforderungen an diese Arbeitsschritte benannt. Dabei beschränken sich diese Hinweise auf die Nutzungskategorien Kinderspielflächen, Wohngebiete sowie Park- und Freizeitanlagen.

Die Hinweise dieser Handlungsempfehlung beziehen sich nicht auf Altlasten und altlastenverdächtige Flächen. Diese sollen nach wie vor nach der für Sachsen vorgegebenen Altlastenmethodik bearbeitet werden. Das bedeutet u. a., dass wegen Durchführung einer gebietsbezogenen orientierenden Untersuchung nicht auch die Untersuchungspflicht für in dem Gebiet befindliche Altlasten oder altlastenverdächtige Flächen als abgeschlossen eingestuft werden kann.

Ebenfalls nicht Gegenstand dieser Handlungsempfehlung sind Regelungen zu weiteren, z. B. nicht schadstoffbezo-

genen, gebietsbezogenen Maßnahmen im Sinne von § 9 SächsABG.

2 Ursachen für großflächig erhöhte Schadstoffgehalte

Schadstoffgehalte im Boden sind als erhöht anzusehen, wenn sie gemäß § 9 Abs. 1 BBodSchV die Besorgnis der Entstehung einer schädlichen Bodenveränderung anzeigen, also die Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 BBodSchV überschreiten. Großflächig erhöht sind Schadstoffgehalte, wenn eine diffuse Stoffbelastung vorliegt und die flächenrepräsentativen statistischen Kennzahlen (z.B. Median) die Vorsorgewerte überschreiten.

Wenn diese flächenrepräsentativen Kennzahlen die Prüf- und Maßnahmewerte überschreiten, liegen Anhaltspunkte für das flächenhafte Auftreten schädlicher Bodenveränderungen vor.

Großflächig erhöhte Schadstoffgehalte bzw. flächenhaft auftretende schädliche Bodenveränderungen können verschiedene natur- und siedlungsbedingte Ursachen haben, die sich allerdings häufig überlagern. Je nach Belastungsursache sind spezifische Schadstoffspektren zu beachten.

Je nach Ausgangsgestein können naturbedingt erhöhte Schwermetallgehalte im Boden auftreten. Zum Beispiel treten Cr, Cu und Ni bei basischen Gesteinen wie Diabas deutlich hervor, wohingegen diese Elemente bei sandigen Sedimenten des Tertiärs und Quartärs sowie bei sauren Magmatiten extrem niedrige Gehalte aufweisen. Bei periglazialen Deckschichten bestimmt zudem das Verhältnis zwischen Festgesteinszersatz und weiteren Komponenten (z.B. Löss) das naturbedingte Schadstoffspektrum.

Ganz wesentlich werden die Schwermetallgehalte der Böden durch Vererzungen beeinflusst (insbesondere As, Cd, Co, Cu, Pb, Zn). Die Auswirkungen reichen durch geochemische Beeinflussungen der Nebengesteine und durch laterale Umlagerungsprozesse (Erosion) z. T. weit über die Erzgänge hinaus (bis mehrere Hundert Meter). In der Regel sind die Bodengehalte in Gebieten mit oberflächennahen Erzvorkommen zusätzlich durch bergbauliche Gewinnung und Verhüttungen der Erze erhöht, so dass geogene und siedlungsbedingte Ursachen nebeneinander stehen.

Die Bergbau- und Industriegeschichte kann im Zusammenhang mit der damit verbundenen Siedlungs- und Verkehrstätigkeit zu siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden geführt haben. Neben räumlich begrenzten Bodenbelastungen, die einer spezifischen Belastungsursache zugeordnet werden können, wurden großflächig stoffliche Bodenbeeinträchtigungen durch atmosphärische Immissionen, Staubabwehungen von Halden oder Schwebstoffablagerungen in Überschwemmungsgebieten / Auen verursacht. Zum Teil sind großflächig erhöhte Schadstoffgehalte auch auf die flächenhafte Ausbringung technogener Substrate wie Schlacken zurückzuführen.

Siedlungsbedingt werden vor allem folgende Parameter angetroffen: As, Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn, PAK. Dazu kommen je nach Emittenten weitere charakteristische Parameter.

Im Umfeld emittierender Anlagen (vor allem in Hauptwindrichtung) sowie in Gebieten mit sich überlagernden Immissionsbereichen verschiedener Belastungsursachen, aber auch in den Überschwemmungsgebieten unterhalb der Einleitstellen solcher Anlagen finden sich nicht unerhebliche Schadstoffkonzentrationen, die z. T. die Prüf- bzw.

Maßnahmenwerte der BBodSchV überschreiten.

Auch altlastverdächtige Flächen und Altlasten können Ursache großflächig erhöhten Schadstoffgehalten sein.

3 Untersuchungsablauf einer gebietsbezogenen Vorgehensweise

Das Bodenschutzrecht schreibt eine bestimmte Schrittfolge der Erfassung und Bewertung schädlicher Bodenveränderungen auf Grund stofflicher Einwirkungen vor. Die damit verbundenen Anforderungen sind auch in Gebieten mit flächenhaft erhöhten Schadstoffgehalten zu erfüllen.

Abbildung 1 zeigt die Hauptarbeitsschritte bei der gebietsbezogenen Bearbeitung des Untersuchungsablaufs.

Ergeben sich bei der Erfassung von stofflichen Bodenbelastungen Hinweise für eine flächenhafte Überschreitung der Vorsorgewerte oder gar Anhaltspunkte für das flächenhafte Vorliegen von Gefahren, erheblichen Nachteilen oder erheblichen Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit, dann empfiehlt sich bei den weiteren Untersuchungsschritten eine gebietsbezogene Vorgehensweise. Häufig können in Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten flächenhaft auftretende schädliche Bodenveränderungen erst nach einer orientierenden Untersuchung ausgeschlossen werden.

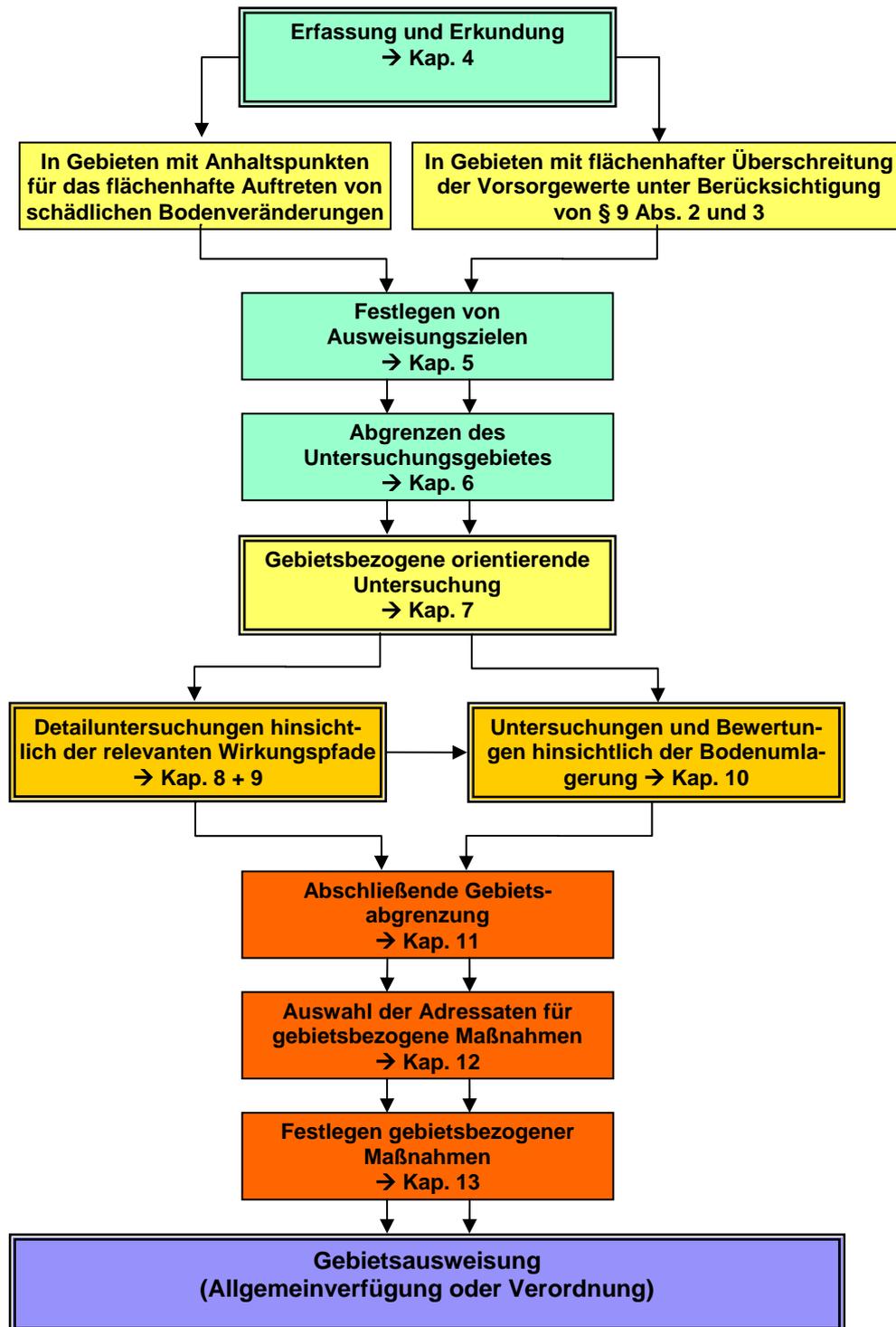
Wenn in einem Gebiet flächenhaft Vorsorgewerte überschritten werden, aber keine Anhaltspunkte für das flächenhafte Auftreten von schädlichen Bodenver-

änderungen (Überschreitung von Prüf- und Maßnahmewerten) vorliegen, ist gemeinhin keine flächenbezogene Gefahrenermittlung erforderlich. Die weiteren Untersuchungen dienen dann lediglich zur Umsetzung von § 12 Abs. 10 BBodSchV. Hierbei ist § 9 Abs. 2 und 3 BBodSchV zu beachten.

Im Falle einer orientierenden Untersuchung sollten im Vorfeld die möglichen Ausweisungsziele sowie die vorläufigen Grenzen des Untersuchungsgebietes festgelegt werden. Je nach Ergebnis der gebietsbezogenen orientierenden Untersuchung werden Detailuntersuchungen im Hinblick auf die bewertungsrelevanten Wirkungspfade sowie Untersuchungen und Bewertungen im Hinblick auf die Umlagerung von belastetem Bodenmaterial durchgeführt.

Auf der Grundlage dieser Untersuchungs- und Bewertungsschritte für ein gesamtes Gebiet kann die abschließende Gebietsabgrenzung nach außen zum unbelasteten Bereich und nach innen in Zonen unterschiedlicher Belastungshöhe und -art erfolgen.

Vor der abschließenden Gebietsausweisung ist zu klären, an wen die gebietsbezogenen Bodenschutzmaßnahmen adressiert werden sollen sowie welche



Maßnahmen für das Gebiet geeignet,
erforderlich und angemessen sind.

Abbildung 1: Ablaufschema der gebietsbezogenen Vorgehensweise

Die gebietsbezogenen Vollzugsaufga-
ben können je nach Sachverhalt ent-
weder in Form von Allgemeinverfü-

gungen oder Rechtsverordnungen um-
gesetzt werden. Öffentlichrechtliche Ver-
träge eignen sich eher für Einzelfalllö-

sungen. Auch zur Durchführung einer gebietsbezogenen Rechtsverordnung kommen öffentlichrechtliche Verträge mit einzelnen Pflichtigen in Frage.

Die in Abbildung 1 aufgeführten Arbeitsschritte sind Gegenstand dieser Handlungsempfehlung. Dazu werden die bodenschutzrechtlichen und -fachlichen Grundlagen mit konkreten Hinweisen

auf eine gebietsbezogene Vorgehensweise bei stofflichen Einwirkungen zur Unterstützung der zuständigen Behörden bei der Umsetzung der Vollzugsaufgaben vermittelt. Auf Grund der Komplexität der Aufgaben kann die Handlungsempfehlung jedoch keine umfassende und abschließende Anleitung darstellen.

4 Erfassung und Erkundung

Im Rahmen des Umweltmessnetzes des Freistaates Sachsen wurden die vorliegenden Daten zu organischen und anorganischen Schadstoffen in Böden landesweit ausgewertet. Mit Hilfe eines gezielt angelegten Bodenmessprogramms konnten flächendeckend für Sachsen die Arsen- und Schwermetallbelastungen der Böden im Maßstab der bodenkundlichen Übersichtskarte (BÜK 400) dargestellt und beurteilt werden. Für ausgewählte Belastungsgebiete wie zum Beispiel:

- Ehrenfriedersdorf,
- Freiberg – Brand-Erbisdorf – Halsbrücke,
- Schneeberg – Schwarzenberg – Johanngeorgenstadt,
- Dippoldiswalde – Altenberg sowie in
- Auengebieten (insbesondere des Muldesystems)

ist die Messstellendichte deutlich größer, so dass Abschätzungen der Schadstoffgehalte in Böden auf der Ebene mittelmaßstäbiger Karten möglich sind.

Die Daten des Bodenmessprogramms sind im FIS BODEN des LfUG dokumentiert. Auswertekarten finden sich im Bodenatlas des Freistaates Sachsen – Teil 3 (RANK et al. 1998). Auf der Ebene der Landkreise und insbesondere der

Gemeinden kann die vorgenannte Datenbasis durch weitere regionale oder lokale Messergebnisse ergänzt werden; zum Teil werden diese Daten bereits in einer Datenbank beim LfUG geführt und können dort von den zuständigen Bodenschutzbehörden abgerufen werden. Ergänzend zur Erfassung der vorliegenden Daten zur stofflichen Bodenbelastung sind historische Schadstoffquellen zu erkunden.

Liegen nach Abschluss der Erfassung und Erkundung Hinweise vor, die auf ein Gebiet mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten (Überschreitung von Vorsorgewerten) deuten, kann die zuständige Bodenschutzbehörde Maßnahmen zur Umsetzung von § 12 Abs. 10 BBodSchV ergreifen. Bei Anhaltspunkten für flächenhaftes Vorliegen schädlicher Bodenveränderung (Überschreitung von Prüf- und Maßnahmewerten) soll von der zuständigen Bodenschutzbehörde eine gebietsbezogene orientierende Untersuchung durchgeführt werden. Einen Überblick über mögliche Hinweise auf ein Gebiet mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten vermittelt Tabelle 1.

Bevor die orientierende Untersuchung (vgl. Kap. 7) sachgerecht geplant und durchgeführt werden kann, sind sowohl die Untersuchungsziele (vgl. Kap. 5) als

auch der Untersuchungsraum (vgl. Kap. 6) festzulegen.

Tabelle 1: Hinweise auf ein Gebiet mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten

- Lage in einem
 - Überschwemmungsgebiet
 - Polder
 - Rieselfeld
 - Immissionsgebiet (Nähe zu emittierenden Betrieben, Randbereiche von großen Siedlungen, Bergbaugebiete)
- Böden aus Auensedimenten (auch ohne aktuellen Überschwemmungseinfluss)
- Böden auf geologischen Schichten mit naturbedingt hohen Schadstoffgehalten
- Böden im Bereich von Vererzungen
- Böden mit starker Versauerung (z.B. Immissionslagen der Kammlagen, Standorte mit Waldschäden)
- Güllehochlastflächen
- Böden, die umfangreich mit Abfallstoffen wie Klärschlamm beaufschlagt wurden
- Böden im (historischen) Einwirkungsbereich von Staubverwehungen oder von austretendem belasteten Wasser (z.B. von Halden, Altablagerungen)
- Flächenhaft erhöhte Schadstoffgehalte in Böden oder Nahrungs- und Futterpflanzen

5 Ausweisungsziele und Vorteile einer gebietsbezogenen Vorgehensweise

Vor dem Hintergrund der umfassenden Vollzugsaufgaben in Gebieten mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten bietet sich ein Untersuchungskonzept an, welches

- den notwendigen Aufwand mindert,
- als tolerabel anzusehende Unsicherheiten definiert,
- somit im Hinblick auf die weiteren Schritte ausreichend belastbare Ergebnisse auch für nicht untersuchte Grundstücke liefert und

auf diese Weise die Umsetzbarkeit und Vollzugssicherheit gewährleistet.

Die in Kapitel 1 genannten Gebietskategorien sind insbesondere für die Umset-

zung folgender Vollzugsaufgaben bedeutend:

- Ermitteln und Abgrenzen von Gebieten mit naturbedingt oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten im Hinblick auf § 4 Abs. 8, § 9 Abs. 2 und 3 sowie § 11 Abs. 2 BBodSchV;
- Ermitteln und Abgrenzen von Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten zur Umsetzung der Ausnahmeregeln nach § 12 Abs. 10 BBodSchV;
- Erfassen und Abgrenzen von Gebieten mit flächenhaft auftretenden oder zu erwartenden schädlichen Bodenveränderungen, um im Sinne des § 21 Abs. 3 BBodSchG bzw. § 9

SächsABG gebietsbezogene Maßnahmen ergreifen zu können;

- Die gebietsbezogenen Aussagen des Bodenschutzes können darüber hinaus als Abwägungs- und Kennzeichnungsgrundlage für besonders belastete Böden nach § 1a Abs. 2, § 5 und § 9 BauGB im Rahmen der Bauleitplanung genutzt werden.

Aus bodenschutzfachlicher und verwaltungspraktischer Sicht kann eine gebietsbezogene Vorgehensweise aus nachstehenden Gründen vorteilhaft sein:

- Eine über Einzelgrundstücke hinausgehende Vorgehensweise löst eine große Anzahl von Einzelanordnungen durch gebietsbezogene Regelungen ab. Damit gehen verwaltungspraktische Vereinfachungen bei der Erfassung, Bewertung und der Ableitung erforderlicher, geeigneter und angemessener Bodenschutzmaßnahmen einher.
- Durch die gebietsbezogene Umsetzung sind die erforderlichen Bodenschutzmaßnahmen den betroffenen Grundstückseigentümern, den Inhabern der tatsächlichen Gewalt und der Öffentlichkeit besser vermittelbar. Keiner fühlt sich willkürlich herausgegriffen, sondern kann die Gleichbehandlung mit Nachbarn unmittelbar erkennen.
- Ein weiterer Vorteil des gebietsbezogenen Bodenschutzes ist die Betrachtung eines Gebietes im Gesamtzusammenhang. Durch die Betrachtung eines Belastungsgebietes ist eine nachvollziehbare Prioritätensetzung und eine effektivere Maßnahmenabstufung möglich. Eine Verzettlung in eine große Anzahl von Einzelproblemen wird vermieden.
- Darüber hinaus können der insgesamt notwendige Untersuchungsauf-

wand und die damit verbundenen Kosten gesenkt werden. Denn durch die räumlich repräsentative und Wirkungspfadbezogene Untersuchung der stofflichen Bodenbelastungen in einem großflächigen Belastungsgebiet können aufwändige Untersuchungen auf jeder Einzelfläche eingespart werden. Dieser Aspekt bietet Einsparpotenziale sowohl bei der orientierenden Untersuchung als auch bei der Detailuntersuchung, kommt also sowohl der nach § 9 Abs. 1 BBodSchG zuständigen Bodenschutzbehörde als auch den Pflichten nach § 9 Abs. 2 BBodSchG zugute und befördert damit die Akzeptanz von Bodenplanungsgebieten.

- Ferner eröffnet eine gebietsbezogene Vorgehensweise auch Vereinfachungen in der Überwachung der angeordneten Maßnahmen, da die Maßnahmen entweder im ganzen Gebiet oder in abgegrenzten Teilgebieten gelten. Somit kann eine einzelfallbezogene Recherche der jeweils ergangenen Anordnungen im Vorfeld einer stichprobenartigen Überwachung entfallen.
- Der gebietsbezogene Bodenschutz trägt durch die klare Strukturierung der notwendigen Bodenschutzmaßnahmen auch zur Planungs- und Rechtssicherheit bei, was insbesondere der Siedlungsentwicklung Vorteile verschafft.

6 Abgrenzung von Gebieten mit gebietsbezogenen Bodenschutzaufgaben

6.1 Vorbemerkungen

Die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes sowie die kartografische Darstellung der Schadstoffgehalte im Boden bis hin zur Ausweisung eines Bodenplanungsgebietes bzw. eines Gebietes nach § 12 Abs. 10 BBodSchV stellen einen iterativen Arbeitsprozess dar. Im ersten Durchgang wird das Untersuchungsgebiet anhand der im Erfassungsschritt zusammengetragenen Daten in groben Zügen abgegrenzt. Diese erste Festlegung des Untersuchungsgebietes muss im weiteren Untersuchungsablauf eine sichere Abgrenzung des belasteten Gebietes nach außen vom unbelasteten Bereich ermöglichen.

Insofern dürfen die Grenzen am Anfang nicht zu eng gezogen werden, um zu vermeiden, dass während des weiteren Untersuchungsablaufs die Gebietsbetrachtung auf einen größeren Flächenumfang ausgedehnt werden muss.

Liegen nach der Erfassung bereits umfangreiche Ergebnisse zur stofflichen Bodenbelastung vor, dann können Arbeitskarten der geschätzten Schadstoffgehalte erstellt werden. Diese Arbeitskarten sind im Untersuchungsablauf nach der Recherche weiterer Bodendaten und nach ergänzend durchgeführten neuen Bodenbeprobungen sukzessive fortzuschreiben, bis nach Abschluss der orientierenden Untersuchung und der Detailuntersuchung qualifizierte Schadstoffkarten vorliegen, auf deren Basis eine hinreichend genaue Gebietsabgrenzung nach außen vom unbelasteten Bereich und nach innen in Teilgebiete unterschiedlicher Belas-

tungshöhe und/oder Belastungsart möglich ist.

Die Schadstoffkarten sind für alle bewertungsrelevante Schadstoffe zu erstellen. Dabei können sowohl für die Gesamtgehalte nach Königswasseraufschluss als auch Karten für die verfügbaren Schadstoffgehalte angefertigt werden.

Bei der Abgrenzung von Untersuchungsgebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten sind zwei Gebietskategorien zu differenzieren:

1. In Gebieten mit großflächigen Überschreitungen der Vorsorgewerte kann auf der Grundlage des § 12 Abs. 10 BBodSchV der Umgang mit belastetem Bodenaushub geregelt werden. Dazu existiert eine Vollzugshilfe der LABO, die alle wesentlichen Anforderungen beschreibt (vgl. Kap. 10). Auf Grundlage dieser Vollzugshilfe wurden vom SMUL entsprechende Hinweise an die Bodenschutzbehörden erlassen (vgl. SMUL 2003a). Allgemeine Hinweise zu den Anforderungen des § 12 BBodSchV hat das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie in einem Merkblatt übersichtlich zusammengestellt (vgl. LfUG 2001). Die Anforderungen an den Umgang mit belastetem Bodenmaterial können in solchen Gebieten entweder über Allgemeinverfügungen oder durch Ausweisung von Bodenplanungsgebieten festgelegt werden.
2. Gebiete mit großflächigen Überschreitungen von Prüfwerten oder sonstigen gebietsbezogenen Beur-

teilungswerten (vgl. Kap. 8.2) können auf der Grundlage des § 9 SächsABG als Bodenplanungsgebiete ausgewiesen werden.

Das methodische Gerüst zur Abgrenzung von Gebieten beider Belastungskategorien ist grundsätzlich gleich; auch werden die Arbeitskarten und abschließende Kartenwerke mit gleicher Methodik erstellt. Sie basieren lediglich auf einer unterschiedlich umfänglichen Da-

tenbasis und auf unterschiedlichen Bewertungsschritten. Aus diesen Gründen können die methodischen Aspekte der Gebietsabgrenzung und der Erstellung der Schadstoffkarten für die Untersuchungsschritte zusammen beschrieben werden. Diese methodischen Anforderungen werden in den nachstehenden Kapiteln zum weiteren Untersuchungsablauf vorausgesetzt.

6.2 Übertragen von Punktdaten auf die Fläche

In Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten ist eine grundstücksbezogene Messung der Schadstoffgehalte nicht mehr durchführbar. Die Vielzahl der Einzelflächen würde eine zu hohe personelle und finanzielle Belastung verursachen. Aus diesem Grund müssen sich die Untersuchungs- und Bewertungsschritte auf Punktmessungen stützen, deren Ergebnisse nach klaren Regeln in die nicht beprobte Fläche übertragen werden.

Das Übertragen von Punktdaten auf die Fläche ist an methodische Anforderungen gebunden, um systematische Fehler zu vermeiden und damit eine vergleichsweise aussagekräftige Schätzung auch für Grundstücke ohne Messwerte zu gewährleisten. Die methodischen Anforderungen sind u. a. in UW Umweltwirtschaft GmbH (2002) näher beschrieben. Darüber hinaus liegen weitere praxisbezogene Abhandlungen aus Nordrhein-Westfalen (vgl. LUA NRW 2001) und vom UBA (vgl. UMEG 2002) vor. Darin wird dargelegt, dass auch an die Datengrundlagen selbst (Messwerte) in qualitativer Sicht Anforderungen zu stellen sind, insbesondere im Hinblick auf eine einheitliche Probenahme und Analytik. Der ständige Ausschuss „Informationsgrundlagen“ der Länderarbeitsge-

meinschaft Boden (LABO) hat in einem Ad-hoc Unterausschuss "Flächenhafte Darstellung punktbezogener Daten über Stoffgehalte in Böden" Empfehlungen für die Anwendung von Auswerteverfahren zur flächenhaften Darstellung der stofflichen Belastung von Böden erarbeitet, die unter folgender Internetadresse dokumentiert sind:

<http://www.lua.nrw.de/index.htm?boden/adhoc-ua/adhoc-ua-index.htm>

Insofern werden in der vorliegenden Handlungsempfehlung nur die wesentlichen Arbeitsschritte beschrieben. Detaillierte methodische Aspekte sind den genannten und anderen Quellen zu entnehmen.

Als Voraussetzung für die Übertragung von Punktdaten auf die Fläche muss zwischen den Stoffgehalten an den Messpunkten ein räumlicher Zusammenhang bestehen. Mit anderen Worten, die Stoffgehalte dürfen nicht zufällig im Raum verteilt sein. Der räumliche Zusammenhang von Messpunkten kann mit geostatistischen Verfahren geprüft werden. Mit Hilfe einer Raumanalyse, die mögliche Einflussfaktoren auf den Schadstoffgehalt der Böden im Untersuchungsgebiet in ihrer räumlichen Verbreitung erfasst, kann eine erste Kon-

zeptkarte erstellt werden, die verschiedene Raumeinheiten differenziert.

Dabei zeichnen sich Raumeinheiten durch einheitliche Belastungsursachen und Standortexpositionen aus, mithin ist eine einheitliche Schadstoffsituation innerhalb einer Raumeinheit zu erwarten. Diese erste Einschätzung muss im Weiteren überprüft werden. Dazu wird die Konzeptkarte mit dem Ziel fortgeschrieben, dass am Ende die wesentlichen Einflussfaktoren für den Untersuchungsraum ermittelt worden sind, auf deren Grundlage dann homogene Raumeinheiten abgeleitet werden können. Homogene Raumeinheiten sind im Hinblick auf die flächenhaft anzutreffende Schadstoffsituation einheitliche Gebiete.

Für die Abgrenzung von homogenen Raumeinheiten ist u. a. zu berücksichtigen, dass die Schadstoffgehalte zumeist mit zunehmender Entfernung von Emissionsquellen abnehmen und oft von der Hauptwindrichtung geprägt sind.

Oft ist der Einfluss von Überschwemmungen auf den Schadstoffbestand sehr stark ausgeprägt, so sind Böden in Überschwemmungsgebieten in der Regel höher belastet als Böden außerhalb von Überschwemmungsgebieten. Nicht zuletzt prägt der Schwermetallgehalt des Ausgangssubstrats der Bodenbildung den Schadstoffgehalt und das Schadstoffspektrum von Böden.

Weiterhin unterscheiden sich die Schadstoffgehalte in Böden unterschiedlicher Nutzung bei ansonsten gleichen Randbedingungen; in der Regel nehmen die Schadstoffgehalte von Waldböden über Grünlandböden bis hin zu Ackerböden ab. Waldböden sind durchschnittlich höher belastet als landwirtschaftlich genutzte Böden, weil Baumbestände auf Grund ihrer großen Oberfläche Schadstoffe im größeren Umfang aus der Luft

„auskämmen“ als landwirtschaftliche Vegetationsbestände. Parallel eingetragene Säuren können bei starkem Absinken des pH-Wertes im Boden zu einer Verlagerung von Schwermetallen, insbesondere von Cadmium und Zink in tiefer gelegene Bodenhorizonte führen. Dieses kann im Extremfall bedeuten, dass in Waldböden geringere Konzentrationen angetroffen werden, als in Acker- oder Grünlandböden. Ackerböden sind zumeist geringer belastet als Grünlandböden, weil die krumentiefe Bodenbearbeitung eine Verdünnung der Schadstoffe auf eine Bodentiefe bis ca. 30 cm bedingt, während bei Grünlandböden die Schadstoffe sich vorwiegend im obersten humosen Bodenhorizont von rund 10 cm Mächtigkeit anreichern.

Die vorgenannten nutzungsbedingten Unterschiede sind insbesondere zwischen Waldböden und landwirtschaftlich genutzten Böden ausgeprägt. Die Unterschiede zwischen Acker- und Grünlandböden treten dagegen oftmals zurück.

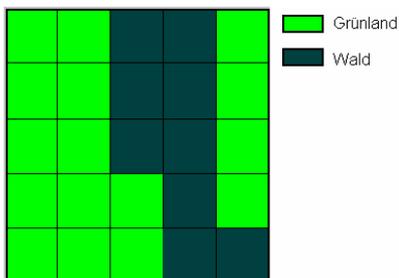
Bei der Bildung von homogenen Raumeinheiten sind die Nutzungseinflüsse zu berücksichtigen. Auf jeden Fall sind Waldflächen gegen landwirtschaftlich genutzte Flächen abzugrenzen. Eine Differenzierung zwischen Grünland- und Ackerflächen ist nur dann vorzusehen, wenn anhand der Bodendaten bewertungsrelevante Unterschiede im Niveau der Schadstoffgehalte festgestellt werden können.

Dazu können statistische Kennwerte wie Median sowie 10. und 90. Perzentil vergleichend herangezogen werden, die jeweils für Acker- und Grünlandproben getrennt zu berechnen sind. In den Vergleich dürfen nur Probandaten mit sonst gleichen Randbedingungen einbezogen werden, da ansonsten eine Trennung zwischen Nutzungseinflüssen und anderen Einflüssen (z.B. Überschwem-

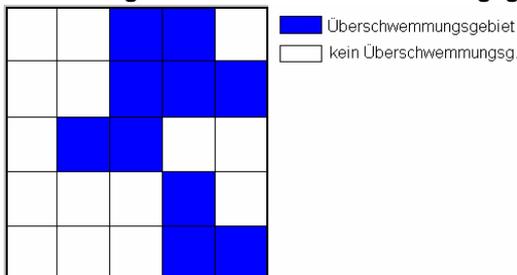
mung) nicht gewährleistet werden kann. Einer nutzungsübergreifenden Interpolation der Stoffgehalte sollte ein statistischer Test vorangehen, der erhebliche nutzungsbedingte Unterschiede ausschließt. Nach einem so erfolgten Zusammenschluss sollten die Teilflächen mit ihrer jeweiligen Nutzung attribuiert bleiben, da die Teilflächen bei der nachfolgenden Beurteilung und ggf. Zuweisung von Maßnahmen wieder nutzungspezifisch und damit getrennt zu betrachten sind.

Die vorgefundenen räumlichen Gesetzmäßigkeiten sind zu beschreiben und bei der Übertragung von Punktdaten auf die Fläche zu berücksichtigen. Zur räumlichen Abgrenzung und Beschreibung der Gesetzmäßigkeiten werden mit Hilfe der für den Betrachtungsraum wesentlichen Einflussgrößen auf die Schadstoffgehalte homogene Raumeinheiten gebildet. Der Ablauf zur Bildung von homogenen Raumeinheiten wird in Abbildung 2 exemplarisch verdeutlicht.

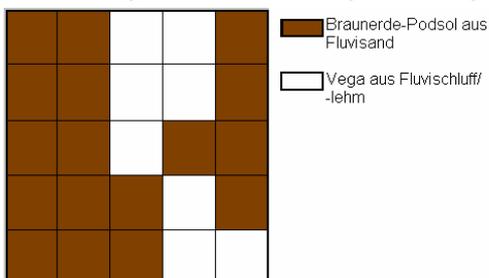
1. Grundlagenkarte der Landnutzung



2. Grundlagenkarte der Überschwemmungsgebiete



3. Grundlagenkarte der Geologie/Pedologie



4. Ergebniskarte der homogenen Raumeinheiten

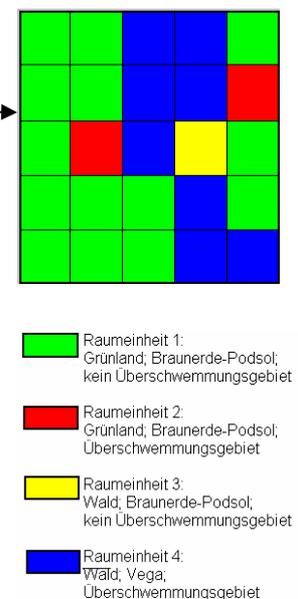


Abbildung 2: Ableiten von homogenen Raumeinheiten als Grundlage für die Übertragung von Punktdaten in die Fläche

Anhand der Karten zur Nutzung, zum Überschwemmungseinfluss und zur Geologie / Pedologie werden im Beispiel vier voneinander abgrenzbare Raumeinheiten gebildet. Neben den im Beispiel dargestellten Faktoren können auch andere relevante Einflussgrößen herangezogen werden. Die Bildung von Raumeinheiten zielt darauf ab, Flächeneinheiten mit unterschiedlichen Einflüssen auf den Schadstoffgehalt im Boden gegeneinander abzugrenzen.

Die Beschreibung der räumlichen Gesetzmäßigkeiten ermöglicht es, mit verschiedenen Verfahren Punktdaten auf die Fläche zu übertragen (Abbildung 3). So können zum Beispiel statistische Kennwerte zu Schadstoffgehalten in Böden, die für eine homogene Raumeinheit anhand von Messwerten zu berechnen sind, auf Flächen der gleichen homogenen Raumeinheit übertragen werden (Abbildung 3, schematischer Kartenausschnitt oben rechts).

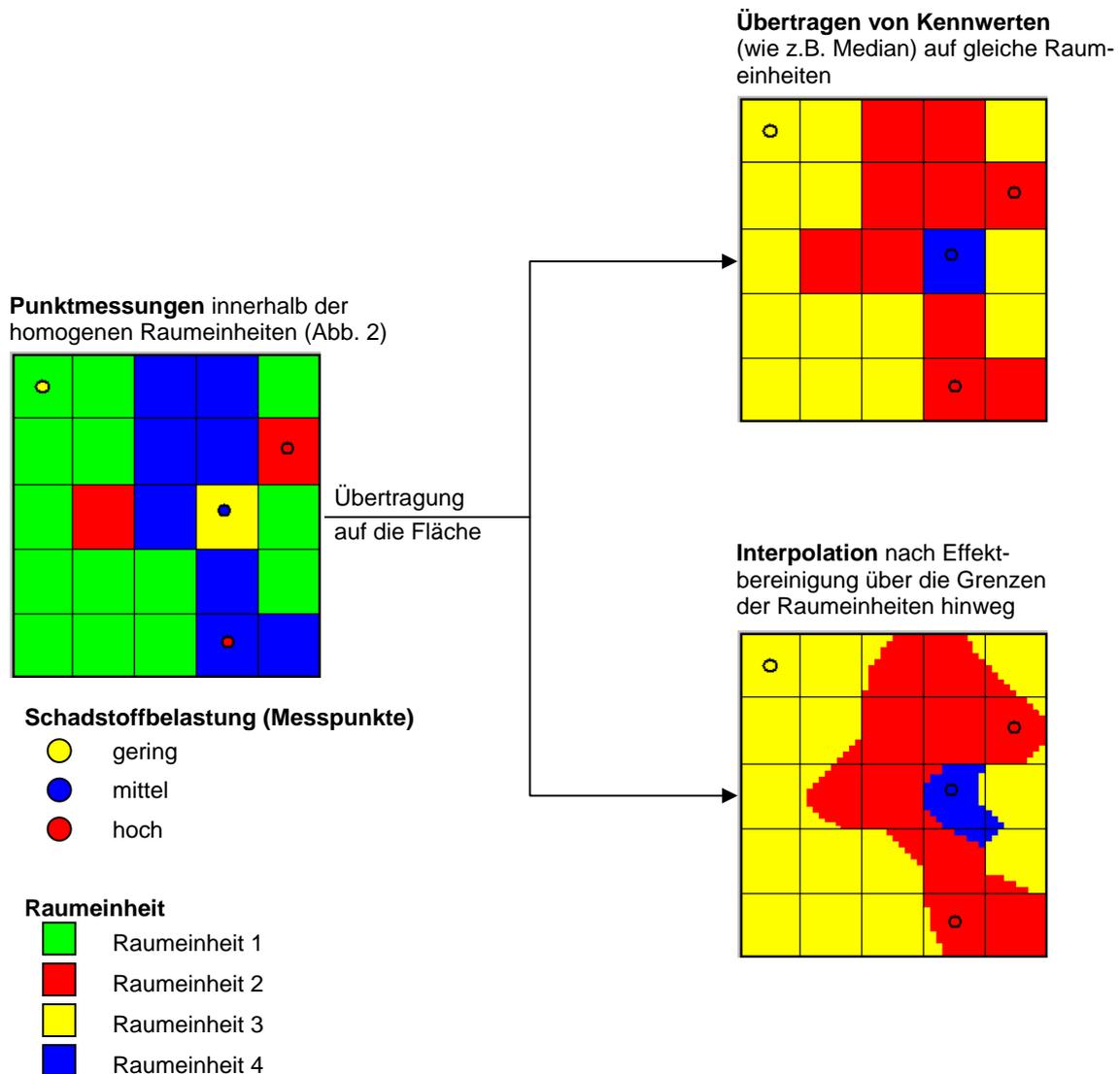


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Übertragung von Punktdaten auf die Fläche mit Hilfe verschiedener Verfahren

Die Ergebnisse der Punktmessungen können aber auch durch räumliche Interpolation auf den Raum übertragen werden. Dieses Verfahren ermöglicht eine stärkere räumliche Auflösung der geschätzten Stoffgehalte, setzt aber bestimmte statistische Anforderungen an die Datenstruktur und -aufbereitung voraus, die unbedingt eingehalten werden müssen, um Schätzfehler zu minimieren. So ist beispielsweise vor der räumlichen Interpolation zu entscheiden, ob die Messwerte effektbereinigt werden sollen, das heißt, ob die Einflüsse der

- Landnutzung,
- Überschwemmung,
- geogenen Ausgangsgehalte,
- Substrate und
- weiterer Einflussgrößen

mit Hilfe statistischer Verfahren aus den Datensätzen herausgerechnet werden sollen.

Mit einem derart bereinigten Datensatz sind dann Interpolationen über die Grenzen von Raumeinheiten möglich (Abbildung 3, schematischer Kartenausschnitt unten rechts). Jedoch ist bei der Interpolation über die Grenzen von Raumeinheiten zu prüfen, ob Teilgebiete mit besonderen Effekten, wie z.B. eng umgrenzte Flächen im unmittelbaren Nahbereich von Emittenten oder Überschwemmungsgebiete, aus der flächenhaften Interpolation ausgegliedert werden, um die Einflüsse auf den Schadstoffgehalt der Böden besser gegeneinander abgrenzen zu können.

Wird keine Effektbereinigung durchgeführt, dann ist nur eine Interpolation innerhalb von homogenen Raumeinheiten möglich. Die Ergebnisse für alle Raumeinheiten sind anschließend in einem Geografischen Informationssystem zusammenzuspielen, um eine flächendeckende Schadstoffkarte für das untersuchte Gebiet zu erhalten.

6.3 Abgrenzung nach Außen in den unbelasteten Bereich

Zwischen belastetem und unbelastetem Bereich muss anhand des Belastungsniveaus eine Grenze gezogen werden. Die Abgrenzung nach außen verläuft bei den zwei in Kapitel 1 genannten Gebietskategorien auf unterschiedlichen Isolinien der geschätzten Schadstoffgehalte.

Nach dem relevanten Bewertungsmaßstab wie Vorsorgewert, Prüf- und Maßnahmenwert oder gebietsbezogener Beurteilungswert können die Isolinien durch Wahl der Klassengrenzen so gesetzt werden, dass Über- oder Unterschreitungen des relevanten Bewertungsmaßstabes visualisiert werden.

In Gebieten, die durch großflächige Überschreitungen der Vorsorgewerte charakterisiert sind, kann eine Gebietsab-

grenzung nach § 12 Abs. 10 BBodSchV anhand der Isolinien der Vorsorgewerte nach BBodSchV vorgenommen werden. Überschreiten mehrere Schadstoffe die Vorsorgewerte, dann ist durch Verschneiden der Karten der geschätzten Stoffgehalte die Außengrenze festzulegen. Dabei ist die Gebietsgrenze zu meist an die äußerste Grenze zu legen, die sich durch die Verbindung der Isolinien aller Vorsorgewerteüberschreitungen ergibt.

Zur vorläufigen Gebietsabgrenzung bei der Ausweisung eines Bodenplanungsgebietes nach § 9 SächsABG können in einem Zwischenschritt die Prüf- und Maßnahmenwerte herangezogen werden.

Welche Prüf- und Maßnahmenwerte für die Gebietsabgrenzung ausgewählt werden sollen, hängt in erster Linie von den planungsrechtlich zulässigen Nutzungen im Gebiet, aber auch von den vorgeesehenen Regelungen ab.

Einfache Prüfwertüberschreitungen zeigen nur einen Gefahrenverdacht an. Im Rahmen der übergreifenden Detailuntersuchung können gebietsbezogene Beurteilungswerte aus den bewertungsrelevanten Prüfwerten insbesondere in Verbindung mit gebietsbezogenen Daten zur Schadstoffverfügbarkeit ermittelt werden (vgl. Kap. 8.2 und 9.2).

Anhand dieser Vorgehensweise ist für Gebiete mit großflächig erhöhten Schadstoffbelastungen eine abschließende gebietsbezogene Gefahrenbeurteilung möglich. Insofern bietet es sich an, bei der Gebietsabgrenzung auf die Isolinien der gebietsbezogenen Beurteilungswerte zurückzugreifen, die einen anderen Verlauf haben als die Isolinien der Prüfwerte nach BBodSchV.

Die exakte Grenzziehung nach Abschluss der gebietsbezogenen Detailuntersuchung erfolgt nach den Vorgaben des Kapitels 10.

6.4 Abgrenzung nach Innen in Zonen unterschiedlicher Belastungshöhen

Gebiete mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten sind nicht vollständig homogen. Zumeist sind räumliche Belastungsgradienten zu beobachten, das heißt es liegen Zonen unterschiedlicher Belastungshöhe vor. Des Weiteren kann das Schadstoffspektrum innerhalb eines Gebietes differieren. Aus diesen Gründen kann eine Aufteilung eines Gebietes in Zonen unterschiedlicher Belastung sinnvoll und erforderlich sein. Wichtige Informationen für die innere Differenzierung sind die homogenen Raumeinheiten sowie die Schätzwertekarten. Zur Klassifizierung der Schätzergebnisse bieten sich die Wirkungspfad- und nutzungsspezifischen Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV sowie ggf. weitere gebietsbezogene Beurteilungswerte an (vgl. Kap. 6.5, 8.2 und 9.2).

Im Siedlungsgebiet wird dabei auf die Werte für den Wirkungspfad Boden-Mensch zurückgegriffen. Ergänzend können in Wohngebieten die Werte für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze (Ackerbau, Nutzgarten) herangezogen

werden, um den Schadstofftransfer in Nutzpflanzen zur menschlichen Ernährung zu berücksichtigen.

In Gebieten mit landwirtschaftlicher Flächennutzung sind hauptsächlich die Prüf- und Maßnahmenwerte für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze nach Anhang 2 Nr. 2 der BBodSchV sowie ggf. weitere vorliegende Beurteilungswerte (siehe Kap. 9.2) zu verwenden. Bei landwirtschaftlichen Flächen im Siedlungsrandbereichen, für die Nutzungsumwidmungen konkret geplant oder wahrscheinlich sind, sollen zusätzlich auch die Werte für den Direktpfad zur Innendifferenzierung herangezogen werden.

Als weitere Informationsquelle kann auf Altlastenkataster zurückgegriffen werden. Altlastenflächen sind aus der Flächenkulisse der gebietsbezogenen Untersuchungen und Bewertungen auszuscheiden. Für diese Flächen sind i.d.R. keine gebietsbezogenen Aussagen möglich, stattdessen sind sie im Rahmen der Sächsischen Altlastenmethodik zu untersuchen und zu bewerten.

6.5 Bodenschutzrechtliche Relevanz von Mess- und Schätzwerten

Karten über die flächenhafte Verteilung von Schadstoffgehalten im Boden basieren auf Messungen an Punkten, deren Ergebnisse anhand von statistischen und geostatistischen Regeln auf die Fläche übertragen werden. Diese Vorgehensweise ist bei großflächigen gebietsbezogenen Regelungen aus Gründen der Verhältnismäßigkeit vertretbar. Die Übertragung von Punktdaten in die Fläche ist fachlich vertretbar, wenn bestimmte methodische Voraussetzungen erfüllt sind (vgl. Kap. 6.2).

Beim Vollzug des Bodenschutzrechtes und insbesondere bei der Anordnung von Sanierungsmaßnahmen oder Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen stellt sich die Frage nach der Rechtssicherheit, wenn diese anhand von Schadstoffkarten begründet werden, die durch Interpolation von Punktdaten erarbeitet wurden.

Messwerte erlauben eine unmittelbare Beurteilung der stofflichen Bodenbelastung für den Ort der Probenahme.

Interpolierte Schätzwerte bedürfen immer einer zusätzlichen geostatistischen Qualifizierung, um anhand der Schätzwerte die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung von Beurteilungswerten einordnen zu können.

Im Einzelnen sind die Aussagemöglichkeiten auf der Basis von interpolierten Schätzwerten in Tabelle 2 aufgeführt.

Die bodenschutzrechtliche Relevanz von interpolierten Schätzwerten muss vor allem bei der gebietsbezogenen Detailuntersuchung berücksichtigt werden. Bei der Bewertung der Schadstoffkarten sind nicht die absoluten geschätzten Schadstoffgehalte ausreichend, um einen Gefahrenverdacht zu verwerfen

oder zu bestätigen. Vielmehr muss bei der Gefahrenbeurteilung die Schätzwerte der Schadstoffkarte bekannt sein. Es muss sichergestellt sein, dass Prüf- oder Maßnahmenwerte bzw. gebietsbezogene Beurteilungswerte mit einer definierten Wahrscheinlichkeit überschritten werden.

Die unterschiedliche Aussagekraft von punktbezogenen Messwerten und flächenbezogenen Schätzwerten wird in Abbildung 4 noch einmal schematisch dargestellt. Betrachtet wird ein Ausschnitt aus einem größeren Untersuchungsgebiet mit zwei Messpunkten. Im weiteren Untersuchungsgebiet sind weitere Messstellen, die auf das Interpolationsergebnis des betrachteten Raumausschnittes einwirken; um die prinzipiellen Unterschiede zwischen Mess- und Schätzwerten im Hinblick auf deren Aussagekraft zu verdeutlichen, reicht jedoch die Betrachtung des Raumausschnittes.

Um für die Flächen eine bodenschutzrechtliche Bewertung vornehmen zu können, werden die Ergebnisse der Punktmessungen mit geeigneten Verfahren auf die Fläche übertragen (vgl. Kap. 6.2); im Beispiel wird das Ergebnis einer räumlichen Interpolation dargestellt. Diese Karte der geschätzten Stoffgehalte vermittelt einen Eindruck über die räumliche Verteilung der stofflichen Bodenbelastung.

Die Schätzung weist jedoch Schätzfehler auf, welche die Aussagekraft der Karte „Geschätzte Stoffgehalte“ einschränkt. Mit Hilfe der Schätzfehler kann man die Aussagesicherheit der Schätzung beschreiben.

Tabelle 2: Bodenschutzrechtliche Aussagemöglichkeiten auf der Basis von Schätzwerten

Bodendaten	Aussagemöglichkeit	Rechtlicher Bezug
Schätzwerte > Vorsorgewerte in Verbindung mit einer statistischen oder geostatistischen Bewertung	Beim Auf- und Einbringen von Materialien Untersuchung im Rahmen der Umsetzung von § 12 BBodSchV; bei flächenhaften Überschreitungen der Vorsorgewerte ggf. Befreiung von Untersuchungspflichten	§ 12 Abs. 3 und ggf. § 12 Abs. 10 BBodSchV
Schätzwerte > Prüf-/ Maßnahmenwerte ohne geostatistische Bewertung	Anhaltspunkte → Orientierende Untersuchung	§ 9 Abs. 1 Satz 1 BBodSchG i.V.m. § 3 Abs. 3 BBodSchV
Schätzwerte > Prüfwerte in Verbindung mit einer statistischen oder geostatistischen Bewertung (Schätzfehler)	Konkrete Anhaltspunkte → Detailuntersuchung: Gebietsbezogenes Beurteilen der Gefahren	§§ 8 Abs. 1 Nr. 1 und 2 sowie 9 Abs. 1 Sätze 1-3 BBodSchG i.V.m. § 3 Abs. 4 BBodSchV
Schätzwerte > gebietsbezogene Beurteilungswerte (= Prüfwerte korrigiert um Verfügbarkeit)* oder > Maßnahmenwerte in Verbindung mit einer zusätzlichen bodenschutzfachlichen Qualifizierung der Schätzwerte wie z.B. einer geostatistischen Bewertung	In der Regel unmittelbares Ableiten von Sanierungs- bzw. Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen	§ 10 Abs. 1 BBodSchG i.V.m. § 4 Abs. 4 BBodSchV

* Zur Ableitung gebietsbezogener Beurteilungswerte vgl. Kap. 8.2 und 9.2

Im Beispiel wird auf der Grundlage der geschätzten Stoffgehalte und der dazugehörigen Schätzfehler (nicht dargestellt) die Überschreitungswahrscheinlichkeit für den bewertungsrelevanten Prüfwert visualisiert (vgl. Karte der Überschreitungswahrscheinlichkeit). Dazu wird zwischen Überschreitungswahrscheinlichkeiten von 50, 75, 90 und 95 % differenziert (Zur Methodik vergleiche Ausführungen weiter unten).

Diese Darstellungsweise macht es möglich, auch für die Flächen zwischen den Messpunkten zu ermitteln, ob hier der bewertungsrelevante Prüfwert mit sehr großer Wahrscheinlichkeit überschritten

wird. In diesem Fall erhalten Schätzwerte die gleiche bodenschutzrechtliche Relevanz wie Messwerte.

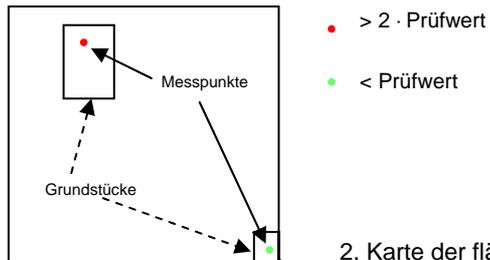
Als Konvention wird vorgeschlagen, die 90 %-Überschreitungswahrscheinlichkeit als statistische Anforderung an Schätzwerte zu definieren.

Im Ergebnis können Gebiete mit einer 90 %igen Wahrscheinlichkeit der Überschreitung von Beurteilungswerten hinsichtlich der Vollzugsaufgaben den Punkten mit Messwerten gleichgesetzt werden, ohne dass für jedes Grundstück in diesem Gebiet ein Messwert vorliegen muss.

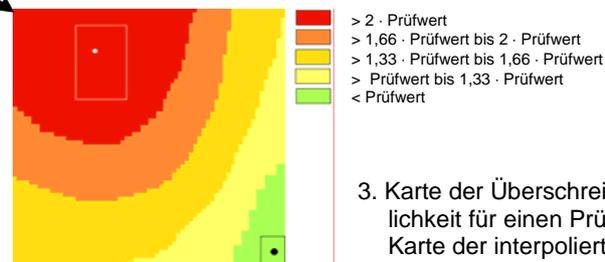
Im Bereich zwischen einer 50- und 90 %igen Überschreitungswahrscheinlichkeit sind die Schätzwerte nicht ausreichend sicher genug, um auf dieser Basis unmittelbar Anordnungen begründen zu können. Innerhalb dieser Flächen sind ggf. die Schätzfehler durch

weitere Untersuchungen zu reduzieren, um zu einer abschließenden Gefahrenbeurteilung zu kommen. Ferner bieten sich für solche Flächen Maßnahmen mit empfehlendem Charakter an.

1. Karte der Stoffgehalte an den Messpunkten



2. Karte der flächendeckend geschätzten Stoffgehalte (Interpolierte Stoffgehalte)



3. Karte der Überschreitungswahrscheinlichkeit für einen Prüfwert (Grundlage: Karte der interpolierten Stoffgehalte und zugehörige Schätzvarianzen)

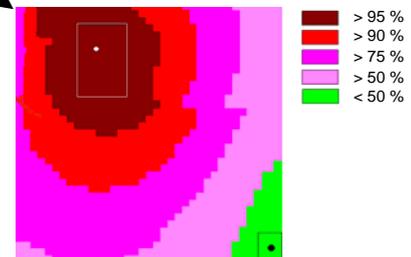


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Unterschiede zwischen der Aussagekraft messpunktbezogener Messwerte und flächenbezogenen Schätzwerten (Hinweis: Dargestellt sind jeweils Kartenausschnitte, das heißt, außerhalb des Ausschnittes befinden sich weitere Messpunkte, die zur Interpolation als Stützstellen herangezogen wurden.)

Methodische Grundlagen zur Berücksichtigung der Aussageunsicherheiten und Schätzfehler bei der Bewertung von Schadstoffkarten

Jede Übertragung von Messwerten auf unbeprobte Flächen ist mit einer Unsicherheit verbunden, unabhängig von der dafür gewählten Methode. Bei der Bewertung der Schadstoffkarten z. B. an

hand eines Prüfwertes muss diese Aussageunsicherheit berücksichtigt werden. Zur Kennzeichnung der Schätzgüte bietet sich die Ausweisung eines Vertrauensbereichs oder Konfidenzintervalls

(Abb. 5) an, innerhalb dessen der wahre Wert mit einer vorgegebenen statistischen Sicherheit liegt. Voraussetzung für die Berechnung von Konfidenzintervallen ist das Vorliegen von normalverteilten Messwerten. Weicht die Werteverteilung signifikant von der Normalver-

teilung ab, kann vor der Bildung des Konfidenzintervalls durch eine Transformation (in der Regel Logarithmierung) versucht werden, eine Normalverteilung zu erzielen.

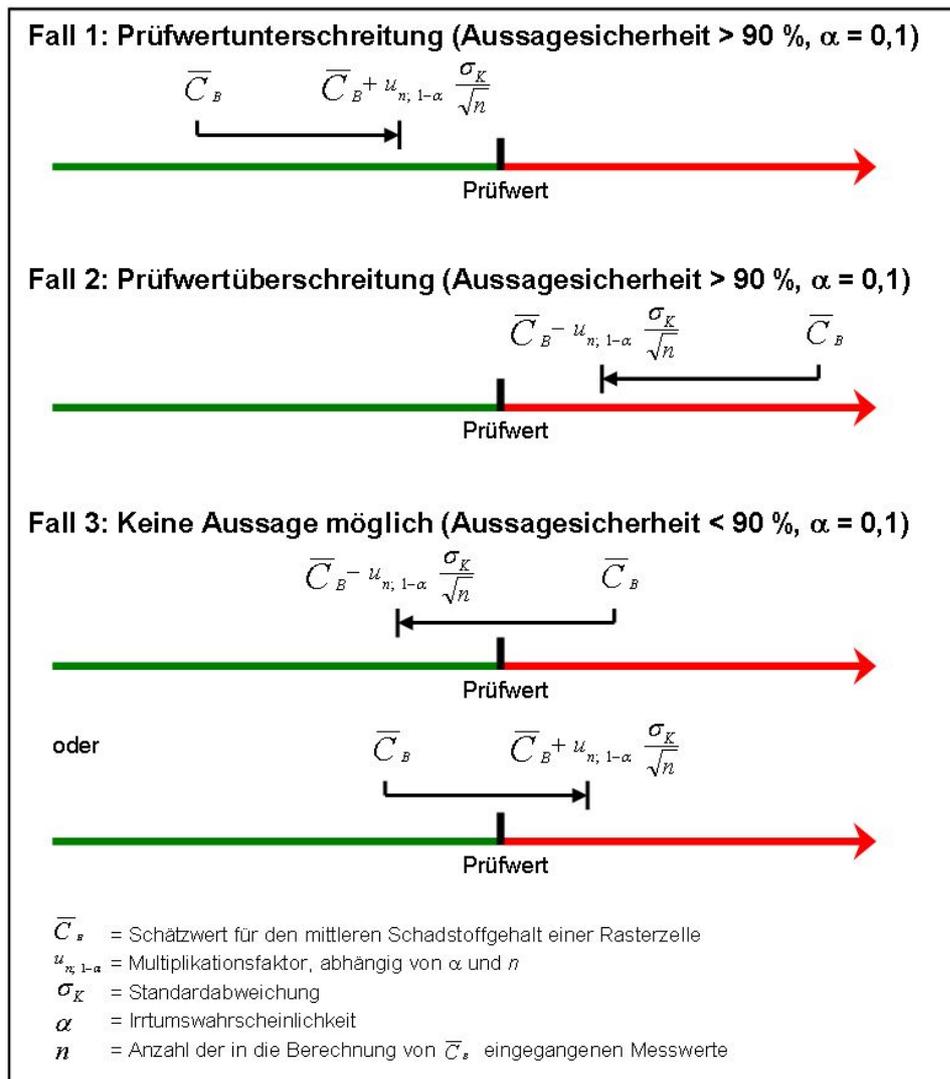


Abbildung 5: Fallunterscheidung der Unter- bzw. Überschreitung von Prüfwerten bei einseitigen Konfidenzintervallen

Durch die Berechnung von einseitigen Konfidenzintervallen können auf diese Weise Bereiche ausgewiesen werden, in denen ein bestimmter Wert, z. B. ein Prüfwert mit einer vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzniveau α) bzw. Aussagesicherheit $(1-\alpha)$,

über- oder unterschritten wird (Abb. 5). Werden statistische Kenndaten (z. B. Median) auf alle Flächen einer homogenen Raumeinheit ohne Interpolation übertragen (vgl. Kap. 6.2), so ist für jede Raumeinheit und jedes betrachtete Element ein Konfidenzintervall zu berech-

nen. Die Anzahl der zur Berechnung des mittleren Stoffgehaltes herangezogenen Messwerte geht in die Berechnung des Konfidenzintervalls zweimal ein: zum einen bei der Berechnung des Standardfehlers, zum anderen in den Multiplikationsfaktor $u_{n;1-\alpha}$. Dieser Faktor beträgt z. B. bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 % für sehr große Anzahlen ($n > 1000$) 1,28 und steigt mit abnehmendem n langsam an, auf 1,38 für $n=10$ und 2,13 für $n=5$. Damit wird deutlich, dass gerade bei geringen Messwertanzahlen in einer Raumeinheit durch eine Erhöhung der Messpunkte eine erhebliche Verkleinerung des Konfidenzintervalls erzielt werden kann. Dieser Zusammenhang ist auch als Argument dafür zu werten, das Untersuchungsgebiet nur in die unbedingt erforderliche Anzahl an Raumeinheiten zu untergliedern.

Bei der Anwendung der einseitigen Konfidenzintervalle können grundsätzlich drei Beurteilungsfälle auftreten (Abb. 5):

- Fall 1:

Prüfwert unterschreitung mit einer Aussagesicherheit größer als $1-\alpha$.

- Fall 2:

Prüfwert überschreitung mit einer Aussagesicherheit größer als $1-\alpha$.

- Fall 3:

Die Aussagesicherheit ist kleiner als $1-\alpha$. In diesem Fall ist keine Aussage möglich.

Die drei dargestellten Fälle zeichnen sich durch unterschiedliche Relevanz für den gebietsbezogenen Bodenschutz aus. Die Fälle 1 und 2 ermöglichen eine abschließende Gefahrenbeurteilung und können damit als Grundlagen für gebietsbezogene Maßnahmen herangezogen werden. Dahingegen ist im Fall 3

keine gesicherte Aussage möglich, so dass eine Nachqualifizierung der Datengrundlage notwendig ist, um gebietsbezogene Bewertungen durchführen zu können.

Wird bei der Kartenerstellung ein geostatistisches Interpolationsverfahren (z.B. Kriging) eingesetzt, sind Schätzungen für Rasterzellen angegeben, für die keine Messwerte vorliegen. Bei der Interpolation wird für jede Rasterzelle ein Schätzwert für ihren mittleren Gehalt (\bar{C}_b) berechnet. Auch dieser Schätzwert ist mit einem Fehler behaftet. Zugleich kann beim so genannten Block-Kriging (erläuternde Hinweise z. B. unter <http://www.lua.nrw.de/index.htm?boden/adhoc-ua/adhoc-ua-index.htm>) über die Krigingvarianz ebenfalls für jede Zelle ein Konfidenzintervall berechnet werden. Dieses Konfidenzintervall ist nicht nur von den Messwerten und vom Stichprobenumfang abhängig, sondern auch vom Semivariogramm und damit von der räumlichen Verteilung der Probenahmeplätze. Die Beurteilung einer Über- oder Unterschreitung eines Beurteilungswertes kann analog zu den vorgenannten drei Fallgestaltungen vorgenommen werden.

Schwieriger wird die Beurteilung, wenn die Interpolation nach einer Effektbereinigung erfolgte. Zum einen muss die Grenze des Konfidenzintervalls zunächst als Relativzahl erfasst und nach der Rückrechnung durch die Korrekturfaktoren wieder als absolute Zahl angegeben werden. Zum anderen geht in das Konfidenzintervall nur die statistische Unsicherheit bei der Interpolation ein, nicht aber der ebenfalls zu berücksichtigende Fehler des Korrekturfaktors. Dieser kann gegebenenfalls analog berechnet werden; der relative Fehler des Mittelwertes aus der Interpolation und aus der Korrekturfaktorbildung addieren sich

dann zum relativen Fehler des Gesamtschätzwertes (Beispiel: Interpolationsfehler nach Effektbereinigung 3,5 % und

Fehler des Korrekturfaktors 4,5 % ergeben einen Gesamtfehler von 8 %).

6.6 Relevanz von Schadstoffgehalten in Pflanzen bei der bodenschutzrechtlichen Beurteilung des Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze

Bei der Untersuchung und Bewertung des Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze stellt sich die Frage, ob die Gefahrenbeurteilung allein auf der Grundlage von Bodenuntersuchungen erfolgen kann oder ob zwingend Pflanzenuntersuchungen mit einbezogen werden müssen. Dazu ist es hilfreich, sich die Ableitungsgrundsätze der bodenbezogenen Prüf- und Maßnahmenwerte zu vergegenwärtigen.

Ausgangspunkt für die Ableitung von Prüf- und Maßnahmenwerten zum Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze war die Reinhaltung von Nahrungs- und Futterpflanzen. Wie in der Bekanntmachung über Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte dargelegt, wurden als pflanzenbezogener Bewertungsmaßstab unter anderem die doppelten ZEBS-Werte herangezogen (vgl. Kap. 3.1 der Ableitungsmaßstäbe¹). Sie galten bisher überwiegend als lebensmittelrechtliche Eingriffsschwelle und wurden als Konvention für „höchstzulässige“ Schadstoffkonzentrationen in Nahrungspflanzen heran gezogen. Diese Werte wurden am 16.03.2001 durch die EU-KontaminantenVO zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln rechtlich verbindlich abgelöst.

Auch für Futterpflanzen hat sich zwischenzeitlich die Beurteilungsgrundlage geändert. Die Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 07.05.2002 (Abl. Nr. 140) über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung gibt zulässige Schadstoff-Höchstgehalte in zur Tierernährung bestimmten Erzeugnissen vor und untersagt das Verdünnen von Futtermittelerzeugnissen, die diese Gehalte überschreiten. Die Vorgaben dieser Richtlinie wurden mit der 24. Verordnung zur Änderung der Futtermittelverordnung vom 09.12.2003 in nationales Recht umgesetzt.

Als Datenbasis der Prüf- und Maßnahmenwerte wurde die so genannte TRANSFER-Datenbank verwendet, in der Datenpaare aus Boden- und Pflanzenuntersuchungen eingestellt sind (KNOCHE et al. 1999). Mit Hilfe von Regressionsberechnungen wurde der statistische Zusammenhang zwischen Boden- und Pflanzengehalten ermittelt. Anschließend wurden die Bodengehalte berechnet, ab denen die zulässigen Pflanzengehalte mit definierten Wahrscheinlichkeiten überschritten werden. Die Ableitungsgrundsätze sind wie folgt definiert: Im Sinne eines „realistic worst case“ (= ungünstiger Fall) wird dann von einem konkreten Anhaltspunkt für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung (= Prüfwert) ausgegangen, wenn die Wahrscheinlichkeit, dass der zulässige Höchstgehalt in einer empfind-

¹ Bekanntmachung über Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) v. 18. Juni 1999, Bundesanzeiger v. 28.08.1999, Jg. 51, Nr. 161a

lichen Pflanzenart überschritten würde, > 50 % beträgt. Von der Regelvermutung des Vorliegens einer schädlichen Bodenveränderung (= Maßnahmenwert) wird ausgegangen, wenn mit einer Wahrscheinlichkeit von $\gg 50\%$ (i.d.R. 80 %) eine Überschreitung des höchst zulässigen Pflanzenwertes zu erwarten ist und der durch Regressionsgleichung beschriebene statistische Zusammenhang zwischen Boden- und Pflanzengehalten als „ausreichend eng“ angesehen wird.

Die Bedeutung von Pflanzenuntersuchungen im Rahmen der bodenschutzrechtlichen Beurteilung wird stark durch die zum Teil eingeschränkte Aussagekraft von Einzeluntersuchungen geprägt. So ist zu bedenken, dass die Schadstoffkonzentrationen in den Pflanzen in Abhängigkeit von:

- Jahreszeit,
- Witterung,
- Entwicklungsstadium der Pflanze,
- Pflanzenart und
- Pflanzensorte

sehr stark schwanken. Daraus ergibt sich in der Regel die Notwendigkeit, dass mehrjährige und umfangreiche Messprogramme aufgelegt werden müssen, um repräsentative Ergebnisse zur Belastung der bewertungsrelevanten Nutzpflanzen vorlegen zu können.

Vor diesem Hintergrund helfen bei der bodenschutzrechtlichen Beurteilung einzelne Pflanzenuntersuchungen nicht wesentlich weiter; auch diese Untersuchungen müssen die Anforderungen an Repräsentativität belegbar erfüllen. Um die Aussagekraft der Pflanzenuntersuchungen einschätzen zu können, sind Informationen zu den oben vorgenannten Einflussfaktoren auf den Schadstofftransfer vom Boden in Nutzpflanzen zu

dokumentieren. Des Weiteren muss die Flächenrepräsentanz der Pflanzenuntersuchungen gegeben sein. Von wesentlicher Bedeutung ist auch die Offenlegung der Probenahmemethoden. Bei der Gewinnung von Futtermittelproben muss die Verschmutzung des Pflanzengutes durch Bodenanhang praxisgerecht berücksichtigt werden; so ist ein Waschen von Futtermittelproben vor der Schadstoffanalytik zu unterlassen, um realistische Schadstoffgehalte des von den Nutztieren aufgenommen Futters zu erhalten.

Zur Frage der Funktion von Pflanzenuntersuchungen im Rahmen der bodenschutzrechtlichen Beurteilung ergeben sich im Hinblick auf das Schutzgut „Lebensmittel“ folgende Differenzierungen (siehe auch SMUL, 2003b):

- Bei Maßnahmenwert - Überschreitungen benötigt die Bodenschutzbehörde keine Pflanzenuntersuchungen für die Feststellung einer schädlichen Bodenveränderung. Allerdings hat der Pflichtige die Möglichkeit, durch Vorlage der Ergebnisse repräsentativer Pflanzenuntersuchungen mit Unterschreitungen der Höchstwerte der EU-KontaminantenVO die Regelvermutung einer schädlichen Bodenveränderung zu widerlegen.
- Bei Überschreitungen von Prüfwerten im Boden und eines Pflanzenwertes liegt i.d.R. eine schädliche Bodenveränderung vor, wenn die Schadstoffe durch Einwirkungen im Boden freigesetzt wurden.
- Liegt zunächst (nur) ein Pflanzenwert vor (beispielsweise aus der Lebensmittelüberwachung von einem Direktvermarkter), der die Höchstwerte der Kontaminantenverordnung überschreitet, ist stets eine Bodenuntersuchung zur Feststellung einer

schädlichen Bodenveränderung erforderlich. Damit kann die Über-/ Unterschreitung von Prüf- oder Maßnahmenwerten festgestellt werden und gleichzeitig die Kausalität Lebensmittelqualität / Bodenfunktionsbeeinträchtigung beurteilt werden.

- Bei Überschreitungen von Prüfwerten im Boden und Unterschreitungen von Pflanzenwerten aus repräsentativen Pflanzenuntersuchungen ist i.d.R. der Gefahrenverdacht insoweit ausgeräumt. Liegen Ergebnisse aus repräsentativen Pflanzenuntersuchungen nicht vor, ist weiterhin von konkreten Anhaltspunkten auszugehen.
- Unterschreitungen von Prüfwerten im Boden und Überschreitungen von Pflanzenwerten aus repräsentativen Pflanzenuntersuchungen (widersprüchliche Verdachtsmerkmale) können im Einzelfall zur Feststellung einer schädlichen Bodenveränderung führen, weil § 4 Abs. 2 Satz 1 BBodSchV den Gefahrenverdacht nur „insoweit“ (d.h. bezogen auf den jeweiligen Prüfwert) ausschließt. Außerdem gebietet die Grundsatz-Regelung des § 4 Abs. 1 BBodSchV, dass die Ergebnisse der orientierenden Untersuchungen nach der BBodSchV unter Beachtung der Gegebenheiten des Einzelfalles zu bewerten sind. Bei entsprechenden Fallgestaltungen oder auf Grund neuer Erkenntnisse ist zu prüfen, ob eine Anwendung der Prüfwerte der BBodSchV bei der konkreten Sachlage zu einer sachgerechten Bewertung führt. Dies beinhaltet auch die Berücksichtigung der geltenden lebensmittelrechtlichen Maßstäbe.

Durch die Ablösung der ZEBS-Werte, die Grundlage der derzeit geltenden Prüf- und Maßnahmenwerte der

BBodSchV waren, durch die verbindlichen Höchstgehalte der EU-KontaminantenVO und die Änderungen in der Futtermittelverordnung sind für Blei deutlich niedriger Höchstgehalte in der EU-KontaminantenVO festgelegt worden, als die seinerzeit herangezogenen ZEBS-Werte. Daher ist damit zu rechnen, dass auch bei Konzentrationen im Boden unterhalb des Prüfwertes für Blei insbesondere Überschreitungen der lebensmittelrechtlichen Höchstgehalte in Möhren auftreten können. Dieses könnte dann im Einzelfall auch die Feststellung einer schädlichen Bodenveränderung begründen.

Hinsichtlich der unterschiedlichen gärtnerischen Nutzungsarten (Erwerbsgartenbau, Klein-/Nutz- und Hausgärten) ist der Maßnahmenwert für Cadmium einheitlich, nur die Maßnahmenkonzepte unterscheiden sich je nach Nutzungskategorie (Ackerbau / Erwerbsgemüsebau oder privater Nutzgarten). Auch die Prüfwerte sind für alle Nutzungsarten gleich, hier unterscheidet sich aber neben den Maßnahmenkonzepten auch schon bewertungsseitig die weitere Sachverhaltsermittlung. Während die lebensmittelrechtlichen Maßstäbe nach der Verordnung (EG) Nr. 466/2001 für den Privatgartenbereich zur Orientierung herangezogen werden können, sind sie bei Marktfruchtbau und Erwerbsgartenbau generell als materieller Maßstab heranzuziehen. Darüber hinaus kann für Privatgärten eine toxikologische Beurteilung (z.B. unter Berücksichtigung von Gartengröße, Produktionsmenge, Anbauspektrum, Verzehranteil) vorgenommen werden, die der abschließenden Feststellung einer schädlichen Bodenveränderung bzw. der Aufstellung von Maßnahmenkonzepten zugrunde gelegt wird.

7 Orientierende Untersuchung

Die orientierende Untersuchung zielt auf die Erhärtung oder Verwerfung des Gefahrenverdacht ab. Dabei sind die Anhaltspunkte anhand der Bedingungen des Einzelfalls zu beurteilen. Im Rahmen der orientierenden Untersuchung sind Recherchen zur Nutzungsgeschichte, zu Emissionsquellen, zu Analysedaten und sonstigen relevanten Einflussgrößen auf die stoffliche Bodenbelastung durchzuführen (vgl. auch Tabelle 1).

Gegebenenfalls sind bei nicht ausreichender Datenlage, die anhand statistischer und geostatistischer Verfahren beurteilt werden kann, Nachbeprobungen zur Verdichtung der Messpunkte und zur Herstellung einer ausreichenden räumlichen Repräsentanz / Verteilung

der Messpunkte durchzuführen. Tabelle 3 vermittelt Faustzahlen für Mindestprobenumfänge in Abhängigkeit von der Flächennutzung, anhand derer die Datenlage in Untersuchungsgebieten beurteilt werden kann. Entscheidend für den tatsächlich notwendigen Probenumfang ist die geostatistisch ermittelte Aussagekraft der aus vorliegenden Messwerten geschätzten Stoffgehalte (Schätzgüte).

Statistische Auswertungen der Bodendaten sowie eine Fortschreibung der kartografischen Darstellungen der Schadstoffverteilung runden die orientierende Untersuchung ab.

Tabelle 3: Faustzahlen für den Mindestprobenumfang bei der Erstellung von Schadstoffkarten (UMEG 2002)

Flächennutzung bzw. Objekte	Mindestprobenumfang
Spiel-, Park- und Freizeitanlagen	10 % der Spiel-, Park- und Freizeitanlagen
Wohngebiete	4 Probennahmestellen/km ²
Kleingärten	10 % der Kleingartenanlagen und mindestens 3 Probennahmestellen je Anlage
Industrie- und Gewerbegrundstücke	4 Probennahmestellen/km ²
Landwirtschaftsflächen	1 Probennahmestelle/km ²
Gartenbauflächen	4 Probennahmestellen/km ²
Forstflächen	0,1 Probennahmestelle/km ²
Geogene Besonderheiten	3 Bodenprofile je Einheit
Überschwemmungsgebiete	1 Probennahmestelle je 5 km Auenabschnitt bzw. gezielt nach bedeutenden Einleitern; Heterogenität innerhalb der Aue, insbesondere hinsichtlich Überschwemmungshäufigkeit und zwischen Senken- und Rückenlagen, unbedingt zu berücksichtigen
Flächen mit Materialauftrag	1 Probennahmestelle je Fläche

Wurde der Gefahrenverdacht erhärtet und liegen somit konkrete Anhaltspunkte vor (vgl. Tabelle 4), dann ist zu überprüfen, ob die von der schädlichen Bodenveränderung ausgehenden Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen nach Feststellung der zuständigen Behörde mit einfachen Mitteln abgewehrt oder sonst beseitigt werden können (§ 3 Abs. 5 Satz 2 BBodSchV). Damit zielt der Gesetzgeber auf die Verhältnismäßigkeit der Mittel ab: Wenn die

vermuteten Gefahren leicht abzuwehren sind, dann kann auf die verhältnismäßig teure Detailuntersuchung verzichtet werden.

Gibt es einfache Mittel, dann sind sie zu ergreifen und von einer Detailuntersuchung kann abgesehen werden.

Anstelle der Durchführung einfacher Mittel im Einzelfall kann die zuständige Bodenschutzbehörde auch die Ausweisung eines Bodenplanungsgebietes vornehmen.

Tabelle 4: Konkrete Anhaltspunkte für Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Pflanze

Konkrete Anhaltspunkte

- | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">• Geostatistisch gesicherte Prüfwertüberschreitungen nach BBodSchV• Geostatistisch gesicherte Überschreitung von lebensmittel- oder futtermittelrechtlichen Grenzwerten, die auf Bodenbelastungen zurückzuführen ist• Geostatistisch gesicherte Überschreitungen anderer Beurteilungswerte, die den Anforderungen der Bekanntmachung über Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach BBodSchV genügen. Beispiel:
Überschreitung von bodenbezogenen Beurteilungswerten für bisher in der BBodSchV nicht geregelte Stoffe, die anhand von Qualitätsanforderungen an Futter- und Nahrungspflanzen abgeleitet werden können. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Folgende Ergebnisse der orientierenden Untersuchung sind zu differenzieren:

- Fall 1:

Die geschätzten Schadstoffgehalte in Böden (Schadstoffkarten) überschreiten flächenhaft die Prüf- oder Maßnahmenwerte der BBodSchV. Die Umsetzung einfacher Maßnahmen im Sinne von § 3 Abs. 5 Satz 2 BBodSchV zur hinreichend sicheren Gefahrenabwehr im gesamten Untersuchungsgebiet ist in der Regel nicht möglich. Aus diesem Grund sind entsprechend der bewertungsrelevanten Wirkungspfade darauf ausgerichtete gebietsbezogene Detailuntersuchungen vorzunehmen. Da die Bewertungsschritte bei der Betrachtung der Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze von einander abweichen, werden sie nachfolgend in getrennten Kapiteln ausgeführt (vgl. Kap. 8 und 9).

- Fall 2:

Die geschätzten Schadstoffgehalte in Böden (Schadstoffkarten) überschreiten nicht flächenhaft die Prüf- oder Maßnahmenwerte der BBodSchV. Insofern ist keine gebietsbezogene Vorgehensweise zu wählen, sondern mit Hilfe von einzelfallbezogenen Detailuntersuchungen die weitere Sachverhaltsermittlung zu betreiben; zuvor ist zu überprüfen, ob mit Hilfe einfacher Mittel eine hinreichende Gefahrenabwehr gewährleistet werden kann. Die mit der einzelfallbezogenen Detailuntersuchung verbundenen Anforderungen entsprechen dem bekannten Regeluntersuchungsablauf und werden deshalb in dieser Handlungsempfehlung nicht gesondert beschrieben.

- Fall 3:

Die geschätzten Schadstoffgehalte in Böden (Schadstoffkarten) überschreiten flächenhaft die Vorsorgewerte, jedoch nicht flächenhaft die Prüf- oder Maßnahmenwerte der BBodSchV. Damit ist der Gefahrenverdacht für das flächenhafte Vorliegen von schädlichen Bodenveränderungen ausgeräumt; ggf. identifizierte Teilbereiche mit Prüf- oder Maßnahmenwertüberschreitungen sind wie Fall 2 zu bearbeiten. Das Untersuchungsgebiet kann jedoch auf Grund der flächenhaften Überschreitungen der Vorsorgewerte gemäß § 12 Abs. 10 BBodSchV festgelegt werden. Dazu bietet sich die Vorgehensweise an, welche in Kapitel 10 beschrieben wird.

8 Untersuchung und Bewertung des Wirkungspfades Boden-Mensch (Direktpfad)

Liegen konkrete Anhaltspunkte für flächenhaft schädliche Bodenveränderungen in einem Gebiet vor (z.B. durch geostatistisch gesicherte Prüfwertüberschreitung im Gebiet) und sind keine einfachen Maßnahmen umsetzbar, kann eine gebietsbezogene Detailuntersuchung durchgeführt werden.

Die methodischen Anforderungen an die gebietsbezogene weitere Sachverhaltsermittlung werden im Folgenden näher ausgeführt, wobei im Ansatz das Ziel verfolgt wird, auf Grund von flächenübergreifend gültigen Erkenntnissen und Zusammenhängen eine Vielzahl von Einzelfallprüfungen mit entsprechend aufwändigen Untersuchungen auf jedem Grundstück zu vermeiden. Stattdessen sollen die einzelnen Flächen (Grundstücke, Parzellen) anhand von flächenunabhängigen Kriterien maßnahmenbe-

zogenen Kategorien zugeordnet werden.

Bei festgestellter Prüfwertüberschreitung erfolgt in der Regel die schutzgutbezogene Ermittlung der Verfügbarkeit der Schadstoffe, um den Gefahrenverdacht zu bestätigen oder auszuräumen. Auch dieser Schritt kann flächenübergreifend durchgeführt werden, sofern auf Grund kategorisierbarer Belastungsursachen Zusammenhänge zwischen Belastung und Verfügbarkeit erkennbar sind.

Eine darüber hinaus mögliche Berücksichtigung der Expositionsbedingungen ist flächenübergreifend durch eine Kategorisierung von Subnutzungen möglich, die innerhalb einer Nutzungsart (z.B. Parkanlage) verschiedene Nutzungsin Intensitäten differenziert (z.B. Kinderspielfeld, Rasen und Rabatten, Gehölze; vgl. Kap. 8.1).

Um den hier verfolgten Ansatz weiterer Sachverhaltsermittlungen umsetzen zu können, sind zwei Voraussetzungen zu betrachten:

- I. Die Ermittlung der Prüfwertüberschreitung erfolgt anhand der Schadstoffkarte. Aus der Schadstoffkarte müssen die geschätzten Stoffgehalte der in den nach BBodSchV je nach Nutzung zu betrachtenden Horizonten zu entnehmen sein. Es müssen nach Nutzung differenziert flächenhafte Vergleiche mit den Prüfwerten der BBodSchV sowie weiteren zu definierenden Beurteilungswerten möglich sein. Bereiche einheitlicher Belastungsursachen müssen zu entnehmen und mit den Stoffgehalten zu verschneiden sein. Die Expositionsbedingungen werden durch eine differenzierte Beachtung von Subnutzungen bei der Auswahl des jeweils anzunehmenden Prüf- und Beurteilungswertes berücksichtigt (vgl. Kap. 8.1).
- II. Sofern über die Ableitungsmethodik der Prüf- und Maßnahmenwerte hinaus Aspekte der Schadstoffverfügbarkeit (resorptionsverfügbarer Anteil) der in den Bereichen großflächiger Bodenverunreinigungen relevanten Schadstoffe berücksichtigt werden soll, wird diese einzelflächenübergreifend erhoben (übergreifende Detailuntersuchung) oder aus für das Gebiet vorliegenden bzw. anwendbaren Untersuchungsergebnissen übernommen. Die so gewonnenen Daten sind einer statistischen Auswertung zu unterziehen. Diese liefert letztlich schadstoff- und nutzungsabhängige gebietsbezogene Beurteilungswerte, die der weitergehenden Bewertung dienen. Dabei wird unter Beachtung vorgegebener Aussagewahrschein-

lichkeiten bzw. Aussagesicherheiten in unterschiedliche Fallgestaltungen differenziert, die im Anschluss spezifischer zu prüfen oder abschließend zu beurteilen sind.

Das Ergebnis der Gefahrenbeurteilung wird dann anhand der Überschreitung der Beurteilungswerte (vgl. Kap. 8.2) in vier Gruppen unterteilt:

1. Kein Gefahrenverdacht liegt vor, wenn die Bodenschadstoffgehalte BW_5 unterschreiten.
2. Der Gefahrenverdacht ist als nicht ausgeräumt anzusehen, wenn BW_5 überschritten, aber BW_{50} unterschritten wird.
3. Ein hinreichender Gefahrenverdacht liegt vor, wenn BW_{50} überschritten und BW_{95} unterschritten wird.
4. Der Gefahrenverdacht ist abschließend bestätigt, wenn BW_{95} überschritten wird.

Je nach Ergebnis der Gefahrenbeurteilung sind unterschiedliche Maßnahmen der Gefahrenabwehr zu ergreifen. Während im Fall, dass kein Gefahrenverdacht weiterhin besteht, keine Maßnahmen der Gefahrenabwehr notwendig sind, können bei den anderen Fallgestaltungen Maßnahmen der Stufe 1 oder 2 angezeigt sein (Differenzierung der Maßnahmen der Stufe 1 und 2 vgl. Kap. 13.1, bes. Tab. 5 bis 9).

Der skizzierte methodische Ansatz ist in Abbildung 6 als Ablaufschema zusammengefasst.

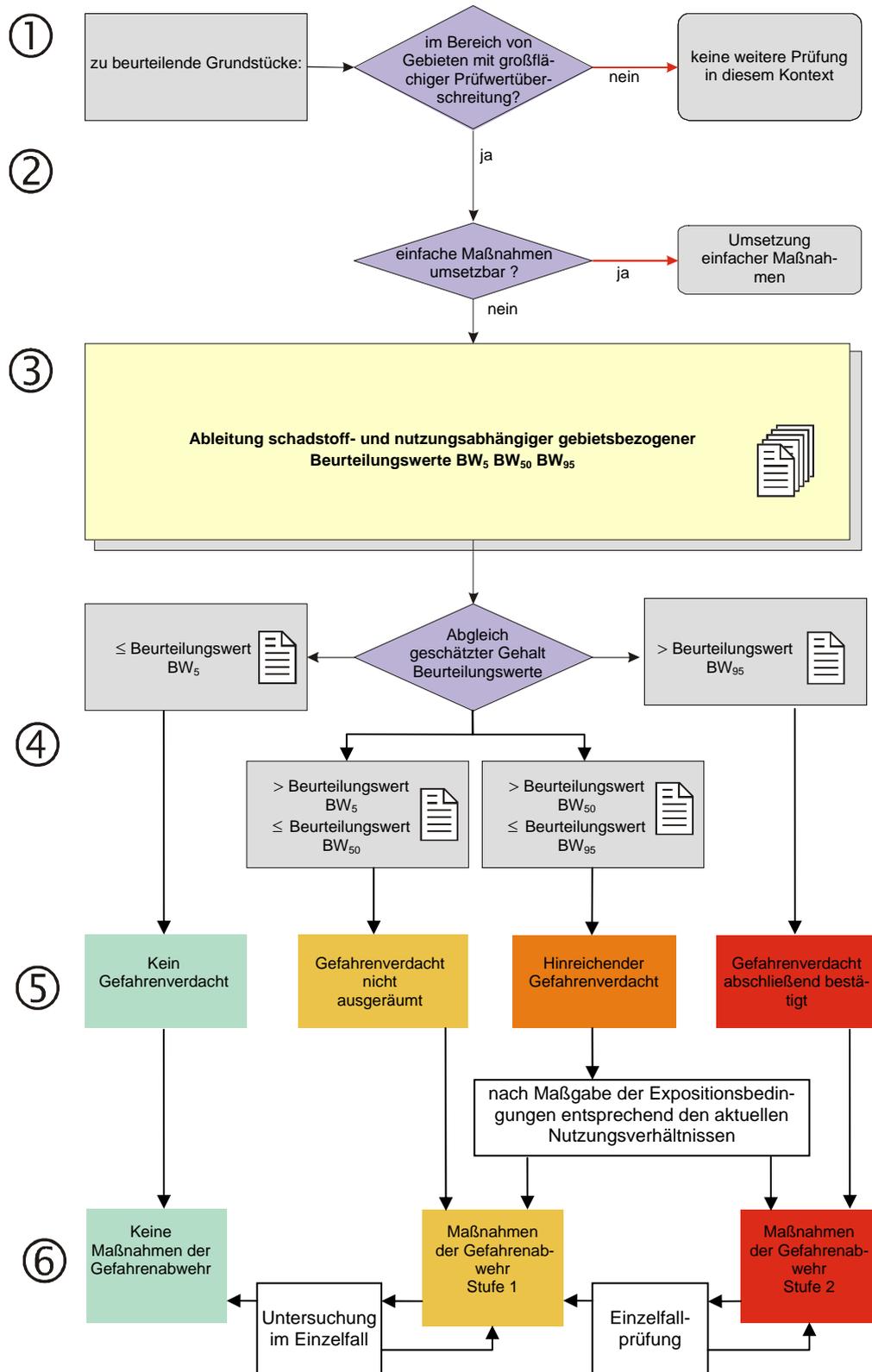


Abbildung 6: Gebietsbezogene Detailuntersuchung

8.1 Differenzierung der Expositionsbedingungen

Bei der Gefahrenbeurteilung des Wirkungspfad Boden-Mensch unterscheidet die BBodSchV zwischen vier Nutzungskategorien, denen bestimmte Expositionsbedingungen zugeordnet sind. Die Nutzungskategorien fassen zum Teil sehr heterogene Nutzungsformen zusammen, die sich hinsichtlich der Exposition deutlich unterscheiden lassen.

Vor diesem Hintergrund sind Subnutzungen bei der Gefahrenbeurteilung zu berücksichtigen. Entsprechend der Überlegungen des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen (LUA NRW 2000) ist z. B. in Wohngebieten zu beachten, dass die differenzierten Nutzungsformen und -intensitäten anhand der Pauschalannahmen der BBodSchV nur unzureichend abgebildet werden. Insbesondere in Hausgärten mit Kinderspielflächen unterscheiden sich die Expositionsbedingungen deutlich von denen in Vorgärten (Ziergärten) oder Abstandsgrün zwischen Wohnblöcken. Um dies zu berücksichtigen, kann pragmatisch in folgende Fallgestaltungen differenziert

werden (vgl. LUA NRW 2000; vereinfacht):

- Wohngärten: Heranziehen der Prüfwerte für das Wohngartenszenario und für Kinderspielflächen,
- Nutz- und Kleingärten: Heranziehen der Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze und der Prüfwerte für Wohngebiete. Im Falle einer dem Gartenbau oder Ackerbau ähnlichen Nutzung kann die Betrachtung des Direktpfades entfallen,
- Übrige Hausgärten: Heranziehen der Prüfwerte für Wohngebiete.

Ähnliche Überlegungen können für die Nutzungskategorien „Kinderspielplatz“ und „Park- und Freizeitanlage“ angestellt werden. Die mögliche Berücksichtigung von Subnutzungen und deren besondere Expositionsbedingungen sind in Abbildung 7 zusammengefasst.

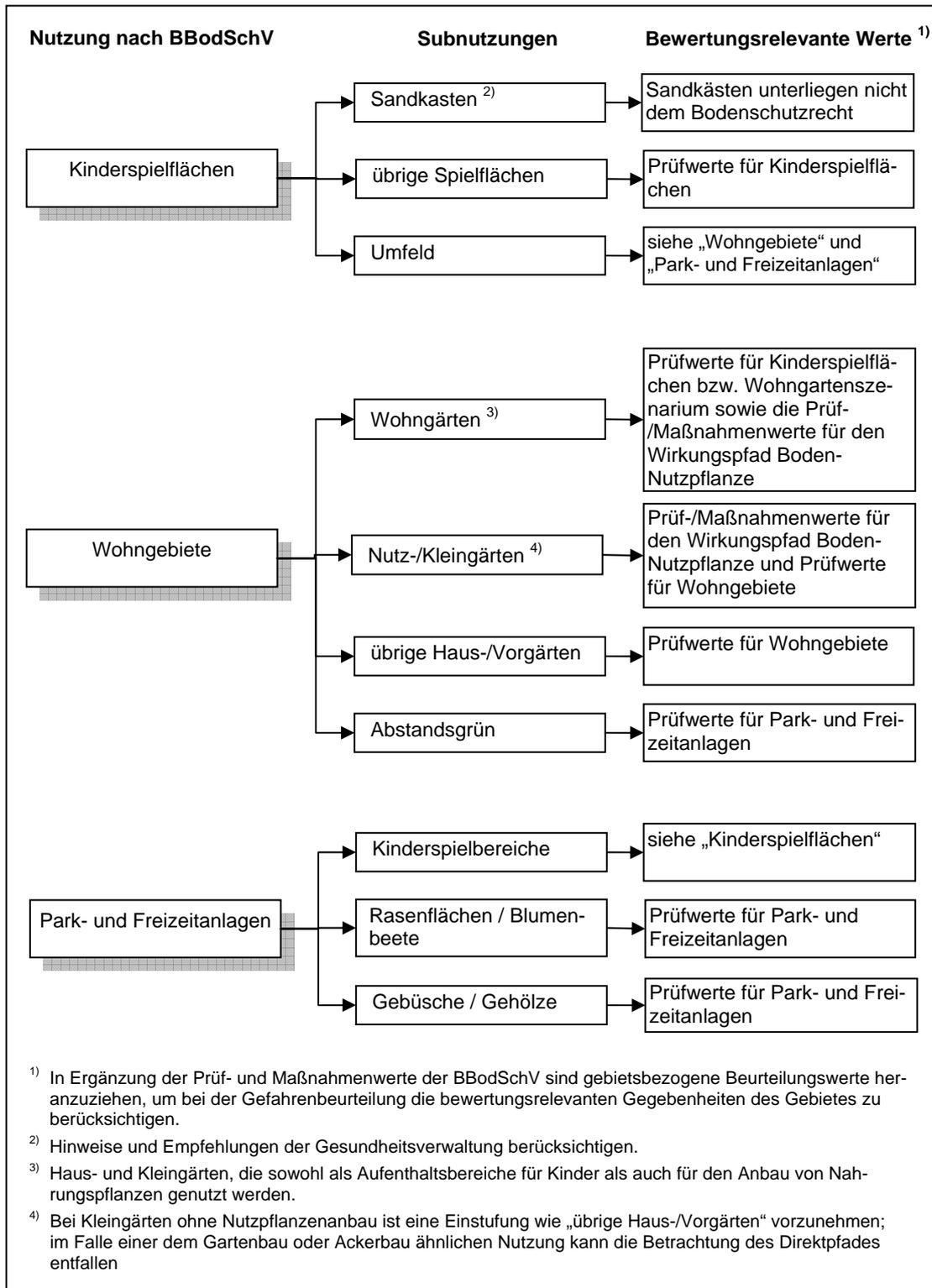


Abbildung 7: Schema zur Differenzierung der Nutzungen nach BBodSchV in Subnutzungen und Zuordnen von bewertungsrelevanten Prüf- und Maßnahmenwerten

8.2 Schadstoff- und nutzungsabhängige gebietsbezogene Beurteilungswerte

Letztlich bedient sich die übergreifende Detailuntersuchung der Begründung und Ableitung stoff- und nutzungsbezogener zusätzlicher Beurteilungswerte für bestimmte Schadstoffe für den Direktpfad, in die statistische Kennwerte der Resorptionsverfügbarkeit eingehen. Hierzu ist eine repräsentative Stichprobe jedes Gebietes mit einheitlicher Belastungsursache auf Gesamtgehalte und resorptionsverfügbare Anteile der relevanten Schadstoffe zu untersuchen und statistisch auszuwerten.

Bei der Ermittlung der Resorptionsverfügbarkeit wird mit Hilfe spezieller Analyseverfahren die Aufnahme von Schadstoffen im Magen-Darm-Trakt simuliert. Die Methode befindet sich zurzeit noch in der Erprobung. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Umweltbundesamtes (UBA 1999) konnte jedoch gezeigt werden, dass die Methodik für ein physiologienahes Elutionsverfahren zur Ermittlung der Resorptionsverfügbarkeit im Laborversuch mittlerweile weit fortgeschritten ist. Seit Juli 2004 liegt die DIN 19738 dazu vor.

Als statistische Kenndaten werden das 5. Perzentil, der Median (50. Perzentil) sowie das 95. Perzentil der Verteilung der ermittelten Verfügbarkeiten zur Verwendung vorgeschlagen.

Für jeden in Frage kommenden Schadstoff und jeden nutzungsabhängigen bzw. subnutzungsabhängigen Prüfwert können nach diesem Vorgehen die Beurteilungswerte (BW_5 für das 5. Perzentil, BW_{50} für den Median und BW_{95} für das 95. Perzentil der jeweils vorliegenden Verfügbarkeitsspanne) ermittelt nach Kap. 6.5 auf die Fläche übertragen und im Weiteren verwendet werden.

Die Ableitung von gebietsbezogenen Beurteilungswerten nach der vorgestellten Methodik ist für bestimmte Schadstoffe möglich, die in Sachsen flächenhaft erhöhte Gehalte aufweisen, insbesondere für Arsen und das Schwermetall Cadmium. Dies begründet sich darin, dass für den Wirkungspfad Boden-Mensch im Hinblick auf die Prüfwertableitung für Arsen und Schwermetalle im Regelfall die orale Aufnahme bewertungsrelevant ist. Jedoch wurden die Bleiprüfwerte für den Direktpfad aus epidemiologischen Erkenntnissen abgeleitet. Daher kann der Prüfwert für Blei nicht ohne weiteres über die Resorptionsverfügbarkeit modifiziert werden. Beim Chrom-Prüfwert wurde die inhalative Aufnahme von Cr^{VI} zu Grunde gelegt, wengleich der Prüfwert für Cr_{gesamt} gilt². Auch bei Nickel ist die inhalative Aufnahme nicht zu vernachlässigen. Aus diesem Grund sind bei der Ableitung gebietsbezogener Beurteilungswerte für flächenhafte Chrom- und Nickelbelastungen zusätzlich Kriterien zur Differenzierung der inhalativen Aufnahme zu berücksichtigen.

Für organische Schadstoffe ist die vorgestellte Methodik nicht generell geeignet, weil neben der oralen Aufnahme häufig auch die dermale Aufnahme bewertungsrelevant sein kann.

² Bei der Ableitung des Prüfwertes für Chrom wurde regelhaft angenommen, dass 10 % des Cr_{gesamt} als Cr^{VI} vorliegen. Untersuchungen aus Nordrhein-Westfalen zeigen, dass Böden, die nicht explizit mit Cr^{VI} belastet sind, Cr^{VI} -Anteile von weit unter 0,5 % aufweisen (Kim et al. 2002). Daher ist bei Überschreitung des Prüfwertes für Chrom auch eine Untersuchung im Hinblick auf die enthaltenen Mengen an Cr^{VI} nach DIN 19734 im Rahmen der Detailuntersuchung in Betracht zu ziehen.

Beispiel: Ein Schadstoff sei bei Vorliegen einer speziellen Belastungsursache auf Grund der entsprechenden Untersuchung einer repräsentativen Anzahl Proben zu 10 % bis 50 % resorptionsverfügbar (5. Perzentil bzw. 95. Perzentil der angenommenen Verteilung); der Median dieser Verteilung liege bei 25 %. Der Prüfwert betrage 100 mg/kg.

Aus dem Verhältnis von Prüfwert und den Perzentilen der Verfügbarkeit ergeben sich neue, an die Fallgestaltung angepasste Beurteilungswerte. Je geringer die Verfügbarkeit eines Stoffes ist, desto höher kann (wie das Beispiel zeigt) die Prüfwertüberschreitung sein, ohne dass dieser Beurteilungswert überschritten wird:

Resorptionsverfügbarer Anteil (RV)		Prüfwert (P)	gebietsbezogener Beurteilungswert (P/RV)
5.Perzentil	10 % (0,1)	100 mg/kg	⇒ BW ₉₅ 1.000 mg/kg
Median	25 % (0,25)		⇒ BW ₅₀ 400 mg/kg
95.Perzentil	50 % (0,5)		⇒ BW ₅ 200 mg/kg

Bei einer 50 %igen Resorptionsverfügbarkeit (95. Perzentil) des Beispiels ergibt sich bei einem Prüfwert von 100 mg/kg ein Beurteilungswert BW₅ von 200 mg/kg. Der Prüfwert (Gesamtgehalt) kann somit bis zum Zweifachen überschritten werden, ohne dass mit einer 95 %igen Wahrscheinlichkeit der verfügbare Anteil den Prüfwert überschreitet.

Bei einer hier angenommenen unteren Resorptionsverfügbarkeit (5. Perzentil) von 10 % ergibt sich ein Beurteilungswert BW₉₅ von 1.000 mg/kg. Ab einer Prüfwertüberschreitung um somit mehr als das Zehnfache überschreitet der verfügbare Anteil den Prüfwert mit einer 95 %igen Wahrscheinlichkeit.

Liegt die Prüfwertüberschreitung zwischen diesen beiden Extremen, ist keine eindeutige Entscheidung möglich. Eine weitere Differenzierung erfolgt mit Hilfe des Medians der Verteilung. Bei einem angenommenen Median der Verfügbarkeitsverteilung von 25 % ist der Beurteilungswert BW₅₀ 400 mg/kg. Bei Überschreitung dieses sich aus dem Median ergebenden Beurteilungswertes ist eine Überschreitung des Prüfwertes durch den verfügbaren Anteil wahrscheinlich, bei einer Unterschreitung hingegen unwahrscheinlich.

8.3 Abgleich der Schadstoffgehalte nach Schadstoffkarte mit gebietsbezogenen Beurteilungswerten

Gemäß dem in Abbildung 6 dargestellten Ablaufschema besteht der nächste Schritt der Detailuntersuchung darin, einen Abgleich des nach Schadstoffkarte für die Fläche anzunehmenden

Schadstoffgehalts im Boden mit dem im Rahmen der übergeordneten Detailuntersuchung ermittelten gebietsbezogenen Beurteilungswert vorzunehmen (vgl. dort ④).

Dadurch wird eine Unterscheidung in 4 Kategorien möglich (vgl. ⑤ in Abbildung 6):

Für das zu betrachtende Grundstück kann gelten:

- Es besteht kein Verdacht auf schädliche Bodenveränderungen (kein Gefahrenverdacht). Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sind nicht erforderlich.
- Der Gefahrenverdacht kann weder ausgeschlossen noch hinreichend bestätigt werden. Wenn nicht einfache Maßnahmen (Stufe 1) der Gefahrenabwehr ergriffen werden sollen, ist eine für diese Fläche weitergehende Prüfung zur abschließenden Gefahrenbeurteilung erforderlich.
- Das flächenhafte Auftreten von schädlichen Bodenveränderungen kann als hinreichend wahrscheinlich angesehen werden. Es sollen nutzungsbezogene Maßnahmen zur Gefahrenabwehr ergriffen werden. Nach Maßgabe der Expositionsbedingungen bei aktuellen Nutzungsverhältnissen sind Maßnahmen der Stufe 1 oder 2 erforderlich.
- Der Gefahrenverdacht ist abschließend bestätigt. Es sind i. d. R. Maßnahmen der Gefahrenabwehr in der Stufe 2 erforderlich. Ob Maßnahmen der Stufe 1 doch ausreichen, kann durch eine Einzelfallprüfung ermittelt werden.

8.4 Vertiefende Prüfung

Ziel im vorliegenden Zusammenhang ist es, das Ausmaß notwendiger Einzelfallprüfungen so gering wie möglich zu halten. Wenn eine vertiefende Prüfung notwendig wird, kann differenziert werden in:

- Untersuchungen am Donator (boden- und stoffbezogene Prüfungen, z.B. Bestimmung bestimmter Bindungsformen),
 - Untersuchungen zur Transmission (Abschätzung des Stoffübergangs vom Donator zum Akzeptor; hier: einzelfallbezogene Expositionsabschätzungen) und
 - Untersuchungen am Akzeptor (schutzgutbezogene Prüfungen; hier: Biomonitoring).
- Die im Einzelfall anzuwendenden Möglichkeiten und in Abhängigkeit von der konkreten Fallgestaltung sachgerechten Prüfschritte sind im Merkblatt 22 des Landesumweltamtes NRW aufgeführt und können auch hier Anwendung finden.
- Die sächsische Altlastenmethodik ist zu beachten.

9 Untersuchung und Bewertung des Wirkungspfad Boden-Pflanze

9.1 Differenzierung der Expositionsbedingungen

Beim Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze sind die Bedingungen für den Schadstofftransfer Boden-Nutzpflanze mit Hilfe der wesentlichen Einflussfaktoren wie den Schadstoffgehalten der Böden und deren Pflanzenverfügbarkeit abzuschätzen.

Dabei sind Teilwirkungspfade zu betrachten und maßnahmenspezifisch nach Möglichkeit zu berücksichtigen, die je nach Expositionsbedingungen und Schadstoffeigenschaften eine unterschiedliche Relevanz haben können:

- Systemischer Pfad: Schadstoffaufnahme erfolgt über die Wurzeln

- Luftpfad: Flüchtige Schadstoffe gelangen in die bodennahe Luft und werden über die Pflanzenoberfläche bzw. über die Spaltöffnungen aufgenommen.
- Verschmutzungspfad: Verschmutzungen des Erntegutes durch Bodenanhang bestimmen den Schadstoffgehalt. Dieser Pfad hat besondere Relevanz bei Futtermitteln, da sie im Regelfall ungewaschen verwendet werden.

9.2 Schadstoffabhängige gebietsbezogene Beurteilungswerte

Im Rahmen der gebietsbezogenen Detailuntersuchung für den Pfad Boden-Pflanze ist die tatsächliche Gefährdung durch den Übergang von Schadstoffen aus dem Boden in Nahrungsmittel und Futterpflanzen letztendlich abzuschätzen. In der Regel ist es sinnvoll und notwendig gebietsspezifisch die Beziehung zwischen den Schadstoffgehalten im durchwurzelt Boden und den Schad-

stoffgehalten in der Pflanze heranzuziehen. Aus den Ergebnissen dieses Vergleiches können kritische Gesamtgehalte abgeleitet werden, bei deren Überschreitung mit hoher Wahrscheinlichkeit mit einer Überschreitung der lebensmittel- sowie der futtermittelrechtlichen Höchstgehalte zu rechnen ist (vgl. LfL 2003).

9.3 Abgleich der Schadstoffgehalte nach Schadstoffkarte mit gebietsbezogenen Beurteilungswerten

Für den zu betrachtenden Einzelfall kann wie in der Bewertung des Direktpfades gelten:

- Es besteht kein Verdacht auf schädliche Bodenveränderungen (kein Gefahrenverdacht). Maßnahmen zur

Gefahrenabwehr sind nicht erforderlich.

- Der Gefahrenverdacht kann weder ausgeschlossen, noch hinreichend bestätigt werden. Wenn nicht einfache Maßnahmen (Stufe 1) der Ge-

fahrenabwehr ergriffen werden sollen, ist für diese Fläche eine weitergehende Prüfung zur abschließenden Gefahrenbeurteilung erforderlich.

- Das flächenhafte Auftreten schädlicher Bodenveränderungen kann als hinreichend wahrscheinlich angesehen werden. Es sollen nutzungsbezogene Maßnahmen zur Gefahrenabwehr ergriffen werden. Nach Maßgabe der Expositionsbedingungen bei aktuellen Nutzungsverhältnissen

sind Maßnahmen der Stufe 1 oder 2 erforderlich.

- Der Gefahrenverdacht ist abschließend bestätigt. Es sind i. d. R. Maßnahmen der Gefahrenabwehr in der Stufe 2 erforderlich. Ob Maßnahmen der Stufe 1 ausreichen, kann durch eine Einzelfallprüfung ermittelt werden.

9.4 Vertiefende Prüfung

Sofern eine vertiefende Prüfung nach festgestellter Prüfwertüberschreitung notwendig wird, ist wiederum zu differenzieren in:

- Untersuchungen am Donator (boden- und stoffbezogene Prüfungen, z.B. Bestimmung bestimmter Bindungsformen),
- Untersuchungen zur Transmission (Abschätzung des Stoffübergangs vom Donator zum Akzeptor; hier: Transferabschätzungen) und
- Untersuchungen am Akzeptor (schutzgutbezogene Prüfungen; hier: Pflanzenuntersuchungen).

Die im Einzelfall anzuwendenden Möglichkeiten und in Abhängigkeit von der konkreten Fallgestaltung sachgerechten Prüfschritte sind im Merkblatt 22 des Landesumweltamtes NRW aufgeführt und können auch hier Anwendung finden. Weitere Hilfestellungen bietet die Arbeitshilfe des Landesumweltamtes Brandenburg zum Wirkungspfad Boden-Pflanze-Tier (LUA BB 2003).

10 Gebietsbezogene Umsetzung der Anforderungen des § 12 Abs. 10 BBodSchV

Die Untersuchungen können ergeben, dass im betrachteten Untersuchungsgebiet flächenhaft Überschreitungen der Vorsorgewerte oder auch flächenhaft schädliche Bodenveränderungen auftreten oder zu erwarten sind, die eine gebietsbezogene Umsetzung von Maßnahmen des Bodenschutzes sinnvoll macht (vgl. Kap. 7). In beiden Fällen sind die Anforderungen nach § 12 Abs. 10 BBodSchV an die Verlagerung von Bodenmaterial im abgegrenzten Belastungsgebiet zu erfüllen.

Die gebietsbezogene Umsetzung der Anforderungen an die Umlagerung von Bodenmaterial kann in Abhängigkeit von der Belastungssituation auf zwei Wegen erfolgen (vgl. Kap. 6.1):

1. Bei flächenhaften Überschreitungen der Vorsorgewerte können die Anforderungen an die Bodenumlagerung auch ohne Rechtsverordnung nach § 9 SächsABG gebietsbezogen umgesetzt werden. Dazu bieten sich Allgemeinverfügungen auf der Grundlage des § 12 Abs. 10 BBodSchV an. Es existiert hierzu eine Vollzugshilfe von Seiten der LA-BO, die alle wesentlichen Anforderungen beschreibt. Auf Grundlage dieser Vollzugshilfe wurden seitens SMUL entsprechende Hinweise an die Bodenschutzbehörden erlassen (SMUL 2003a). Allgemeine Hinweise zu den Anforderungen des § 12 BBodSchV hat das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie in einem Merkblatt übersichtlich zusammengestellt (LfUG 2001).
2. Beim Vorliegen flächenhafter schädlicher Bodenveränderungen können

die Anforderungen an die Bodenumlagerung bevorzugt zusammen mit den sonstigen gebietsbezogenen Regelungen in Form von Rechtsverordnungen zu Bodenplanungsgebieten umgesetzt werden. Grundlage für die Umsetzung bildet in diesem Fall § 9 SächsABG. In einem ersten Schritt kann auch bei einer Gebietsausweisung nach § 9 SächsABG vorerst nur der Umgang mit belastetem Bodenmaterial geregelt werden. Weitere Regelungen können zeitlich versetzt folgen.

Um die Ausnahmeregelungen des § 12 Abs. 10 BBodSchV in Anspruch nehmen zu können, sollte in jedem Fall eine Gebietsausweisung in Form eines Bodenplanungsgebietes oder einer Allgemeinverfügung geprüft werden. Zwar ist grundsätzlich die Inanspruchnahme der Ausnahmeregelung auch ohne behördliche Gebietsausweisung möglich, da Satz 2 des benannten Absatzes nur eine Kann-Bestimmung enthält. Jedoch wird in nicht ausgewiesenen Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten im Regelfall vom Pflichtigen die Vorlage repräsentativer Bodenuntersuchungsergebnisse nach § 12 Abs. 3 BBodSchV zu verlangen sein, wenn die zuständige Bodenschutzbehörde Fehlentscheidungen vermeiden möchte.

Zu den wesentlichen materiellen Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Bodenmaterial auf oder in Böden zählen hier insbesondere:

- Verschlechterungsverbot: Die Schadstoffsituation sowie die Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 und Nr. 3 Buchstaben b + c BBodSchG

dürfen durch das auf- bzw. eingebrachte Bodenmaterial nicht verschlechtert werden.

- Qualitätsanforderungen: Die Eigenschaften des Bodenmaterials müssen für die Ansprüche der Zielnutzung am Ort der Aufbringung geeignet sein. Es gilt der Grundsatz „Gleiches zu Gleichem“ (siehe DIN 19731), von dem nur begründet abgewichen werden soll.

Die bodenschutzrechtlichen und -fachlichen Anforderungen sind entsprechend den Ausführungen der Hinweise zum Vollzug von § 12 BBodSchV (SMUL 2003a) zu beachten.

Bei Verlagerungen von Bodenmaterial innerhalb von ausgewiesenen Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten bzw. mit schädlichen Bodenveränderungen kann im Regelfall von der Untersuchungserfordernis im Sinne des § 12 Abs. 3 BBodSchV abgesehen werden, wenn nachstehende Vorgaben eingehalten werden.

- Die Abgrenzung des Gebietes erfolgt entsprechend den methodischen Vorgaben der Kapitel 6 und 11. Dazu sind gebietstypische Schadstoffbelastungen der Böden nach Belastungshöhe und -art zu ermitteln; in der Regel ist die Schadstoffsituation mit Hilfe gebietsspezifischer Medianwerte und 90. Perzentilwerte zu beschreiben. Genügen die vorliegenden Bodendaten nicht den statistischen und geostatistischen Anforderungen, dann sind Nachbeprobungen vorzunehmen, um ein flächenrepräsentatives Messnetz zu garantieren.
- Im Falle eines vergleichsweise homogenen flächenhaft belasteten Gebietes können gebietstypische Schadstoffbelastungen für das ganze Gebiet einheitlich definiert werden. Bei

räumlich heterogener Belastungssituation sind Teilgebiete abzugrenzen und dafür die typischen Belastungsparameter anzugeben.

- Das Auf- und Einbringen von gebietstypisch belastetem Bodenmaterial auf oder in Böden innerhalb des ausgewiesenen Gebietes ist nur innerhalb der jeweiligen Teilgebiete selbst zulässig. Zulässig ist auch eine Verlagerung von Bodenmaterial aus geringer belasteten Teilgebieten in höher belastete Teilgebiete.
- Eine Zufuhr von belastetem Bodenmaterial von außerhalb des ausgewiesenen Gebietes ohne Untersuchungen nach § 12 Abs. 3 BBodSchV ist nicht zulässig, das heißt die Ausnahmeregelungen gelten in diesem Fall nicht. Von der Beschränkung können ggf. Bodenumlagerungen ausgenommen werden, die aus unmittelbar benachbarten, amtlich festgelegten Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten stammen, wobei das Verschlechterungsverbot einzuhalten ist.
- Flächen innerhalb des Gebietes mit erhöhten Schadstoffgehalten, die keine gebietstypischen Belastungen aufweisen, sind vom Geltungsbereich der gebietsbezogenen Regelungen auszunehmen. Sie sind in Kartenwerken zu kennzeichnen. Dazu gehören insbesondere
 - o Flächen mit bekannten oder vermuteten spezifischen, das heißt nicht naturbedingten oder großflächig siedlungsbedingten Belastungen, mithin schädlichen Bodenveränderungen oder Altlasten sowie Verdachtsflächen oder altlastverdächtige Flächen,
 - o Flächen ohne erhöhte Schadstoffgehalte oder

- o Flächen gemäß § 12 Abs. 8 BBodSchV.
- Die Umlagerung von Bodenmaterial mit Prüfwertüberschreitungen sollte grundsätzlich für sensible Nutzungen wie Kinderspielflächen, Wohngebiete und Acker- oder Grünlandflächen ausgeschlossen werden.
- Weiterhin ist in den gebietsbezogenen Regelungen die Umlagerung von Bodenmaterial generell für die folgenden Fälle auszuschließen:
 - o Bodenmaterial, bei dessen Aushub sich Anhaltspunkte auf stoffliche Bodenbelastungen ergeben, die über die gebietstypischen Belastungen hinausgehen.
 - o Bodenmaterial mit Beimengungen wie insbesondere Bauschutt, Aschen oder organische Fremdstoffe.

Diese beiden letztgenannten Punkte sind insofern von Bedeutung, als der Pflichtige auch bei einer gebietsbezo-

genen Regelung der Ausnahmen von den Untersuchungspflichten und einer grundsätzlichen Genehmigung der Bodenumlagerung dafür Sorge zu tragen hat, dass das Verschlechterungsverbot eingehalten wird. Selbstverständlich sind bei der Aufbringung von Materialien in jedem Fall - auch in Gebieten, in denen flächenhafte schädliche Bodenveränderungen vorliegen - die Pflichten zur Gefahrenabwehr zu beachten. Das heißt, das Material, dessen Schadstoffgehalte die Prüfwerte überschreiten, darf im selben Gebiet nur aufgebracht werden, wenn am Ort der Aufbringung die Pflichten zur Gefahrenabwehr eingehalten werden.

Dies kann i.d.R. nur dann sichergestellt werden, wenn zuvor im Rahmen einer gebietsbezogenen Detailuntersuchung eine Gefährdungsabschätzung z.B. anhand gebietstypischer Beurteilungswerte vorgenommen wird oder worden ist.

11 Grenzziehung bei der Festlegung von Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten bzw. mit flächenhaften schädlichen Bodenveränderungen

Nach Abschluss der gebietsbezogenen orientierenden Untersuchung und Detailuntersuchung sowie der Bestätigung, dass

- flächenhafte Vorsorgewertüberschreitungen oder
- flächenhaft auftretende schädliche Bodenveränderungen

vorliegen, soll die endgültige Abgrenzung des Gebietes nach außen erfolgen. Auf der Grundlage der Ergebnisse der Detailuntersuchungen werden abschließende Schadstoffkarten erstellt, deren geostatistische Aussagesicherheit eine hinreichende Gefahrenbestätigung gewährleisten. Methodisch sind dabei die Hinweise des Kapitels 6 zu berücksichtigen.

Anhand der abschließenden Schadstoffkarten und darauf aufbauender Auswertekarten werden die Grenzen des Gebietes festgelegt. Die Grenzziehungen müssen in der freien Landschaft leicht erkennbar sein. Dies macht den räumlichen Gültigkeitsbereich für gebietsbezogene Sanierungs- sowie Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen gegenüber den betroffenen Grundstückseigentümern oder den Inhabern der tatsächlichen Gewalt transparenter. Ferner wird der Vollzug und insbesondere die Kontrolle der gebietsbezogenen Maßnahmen durch die zuständige Bodenschutzbehörde erleichtert.

Ist also die Außengrenze des Gebietes mit flächenhaft erhöhten Schadstoffgehalten bzw. mit flächenhaft auftretenden schädlichen Bodenveränderungen auf Grund der erstellten Schadstoffkarten bekannt, dann wird im zweiten Schritt die Grenze des Bodenplanungsgebietes an markante Geländegrenzen gelegt. Solchen Geländegrenzen können beispielsweise Wege / Straßen, Böschungen oder Nutzungsgrenzen sein.

Es ist darauf zu achten, dass nur vergleichsweise „stabile“ Grenzen herangezogen werden.

So eignen sich Grenzen zwischen Ackerschlägen oder zwischen Acker- und Grünlandflächen nicht oder nur bedingt, da durch Bewirtschaftungsänderungen diese Grenzen schnell verloren gehen können.

Bei der Grenzziehung können im Interesse der eindeutigen Außengrenzen sowohl Ausdehnungen über die eigentliche Belastungsfläche hinaus als auch Rückverlegungen an markante Grenzen notwendig sein (vgl. Abbildung 8).

In gleicher Weise ist auch eine Abgrenzung zwischen Teilgebieten vorzunehmen.

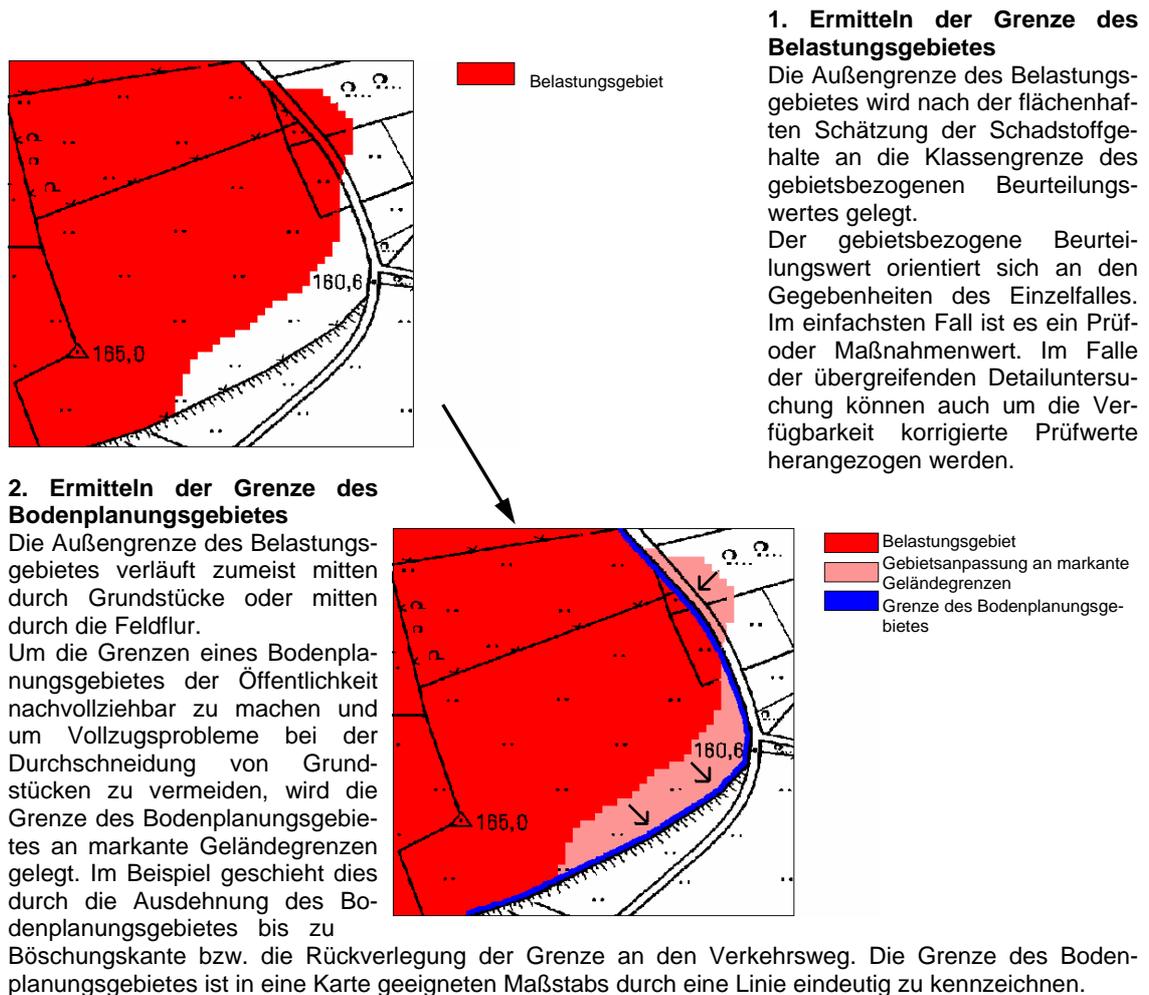


Abbildung 8: Festlegen der Außengrenzen bei Gebieten mit bodenbezogenen Problemlagen

12 Adressaten gebietsbezogener Maßnahmen

Das Bodenschutzrecht ermöglicht den Rückgriff auf einen oft großen Kreis von Pflichtigen bzw. Verantwortlichen.

Die Auswahl der in Anspruch zu nehmenden Pflichtigen durch die zuständige Bodenschutzbehörde ist eine Ermessensentscheidung. Im Grundsatz können alle Verpflichteten herangezogen werden.

Besteht, wie meist, die Auswahl zwischen mehreren Verantwortlichen, so sind auch im Bodenschutzrecht prinzipiell die allgemeinen ermessensleitenden Grundsätze für die Entscheidung bei der Auswahl zwischen mehreren

Verantwortlichen anzuwenden. Im Ergebnis ist jede Auswahl eines Adressaten unter mehreren Verantwortlichen zulässig, wenn sie im Rahmen des Ermessensspielraums liegt. In der Rechtsprechung und im juristischen Schrifttum wurden für die Ermessensauswahl insoweit unter anderem die folgenden Kriterien erarbeitet:

- Nähe des Verantwortlichen zur Gefahr,
- Beherrschbarkeit der Gefahr durch den Verantwortlichen,
- Verantwortlichkeit für die zeitlich letzte, unmittelbare Ursache,

- Maß des Verursachungsbeitrags,
- Beweisbarkeit des Verursachungsbeitrags,
- Zumutbarkeit der geforderten Maßnahmen (auch im Vergleich zu anderen Verantwortlichen),
- finanzielle Leistungsfähigkeit des Verantwortlichen (da eine hohe Leistungsfähigkeit eher erwarten lässt, dass die Pflicht auch wirklich effektiv erfüllt wird),
- Effektivität der Gefahrenabwehr.

Gerade in Gebieten mit flächenhaften Belastungen besteht die Möglichkeit, Fallgruppen zu bilden. Dadurch wird es ermöglicht, Einzelfälle und potenzielle Pflichtige gleich zu behandeln, die sich im Hinblick auf das angestrebte Regelungsziel im Wesentlichen gleichen.

Für die Ermessensauswahl, wer die geeigneten, erforderlichen und angemessenen Maßnahmen umsetzen muss, sind insbesondere die Effektivität der Rechtsverwirklichung sowie die Nähe zur Gefahr entscheidend. Angesichts dieser leitenden Kriterien kann es bei der Auswahl des Verantwortlichen entscheidend sein, ob die durchzuführenden Bodenschutzmaßnahmen überwiegend auf die dauerhafte Verbesserung oder Wiederherstellung bestimmter Bodeneigenschaften oder auf die Handlungen auf Böden bzw. Nutzungen von Böden abzielen; mit anderen Worten, der Charakter der Maßnahme kann Hinweise auf den Adressaten geben. Als Hilfestellung können drei praxisrelevante Maßnahmengruppen unterschieden werden:

1. Die dauerhafte Veränderung von Bodeneigenschaften wird lediglich durch vergleichsweise aufwändige Sanierungsmaßnahmen, z.B. Dekontaminationsmaßnahmen, Bodenaustausch oder Bodenüberdeckung,

erreicht. Für die Verantwortlichkeit bei Sanierungsmaßnahmen gilt die ausführliche Spezialregelung des § 4 Abs. 3 bis 6 BBodSchG. Dies wird in den meisten Fällen zur Inanspruchnahme des Grundstückseigentümers führen, jedoch können auch andere Verantwortliche in Betracht kommen.

2. Anders liegt der Fall insoweit, wenn die Bodenschutzmaßnahmen auf die Steuerung von Handlungen auf Böden oder die Nutzung von Böden abzielen. Derartige Maßnahmen, die im Bodenschutzrecht als Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen bezeichnet werden, richten sich oft an den Inhaber der tatsächlichen Gewalt, also denjenigen, der Böden nutzt bzw. bewirtschaftet (z.B. Landwirt, Gärtner), oder denjenigen, der Handlungen auf Böden vornimmt. Auch Schutzmaßnahmen, die den Schadstoffübergang vom Boden zum Schutzgut vermindern sollen, beispielsweise die Anlage einer dauerhaften Vegetationsdecke sowie die Steuerung der Verfügbarkeit der Schadstoffe, werden sich häufig an den Inhaber der tatsächlichen Gewalt richten.

- Die über das Düngemittelrecht hinausgehende Zugabe von Sorbentien wie Eisen- und Manganoxiden zur Steuerung der Verfügbarkeit von Schwermetallen fällt nach landwirtschaftlicher Rechtspraxis in der Regel nicht in die Bewirtschaftungsrechte des Pächters bzw. des Inhabers der tatsächlichen Gewalt. Dies ergibt sich etwa aus in vielen Musterpachtverträgen enthaltenen Regelungen zur Klärschlamm- oder Bioabfallabfuhr, wonach letztere vom Grundstückseigentümer (Verpächter) dem Pächter genehmigt werden

muss (vgl. hierzu OLG Köln, AgrarR 1991, 323 f.; OLG Celle, AgrarR 1997, 259-260). Vor diesem Hintergrund sind entsprechende Festlegungen in Verordnungen zu Bodenplanungsgebieten an den Grundstückseigentümer zu adressieren. Dies kann auch in der Form erfolgen, dass vom Inhaber der tatsächlichen Gewalt die Durchführung einer Maßnahme und vom Eigentümer die Duldung dieser Maßnahme gefordert wird.

Grundsätzlich bleiben zivilrechtliche Regelungen des internen Ausgleichs innerhalb des Kreises der Pflichtigen durch die Adressierung unberührt.

Bei der Auswahl des Adressaten sind auch Fragen des finanziellen Ausgleichs zu berücksichtigen. Nach § 10 Abs. 2 BBodSchG ist nach Maßgabe des Landesrechts bei der Beschränkung der land- und forstwirtschaftlichen Bodennutzung sowie der Bewirtschaftung von Böden für die nach zumutbaren innerbetrieblichen Anpassungen verbliebenen wirtschaftlichen Nachteile ein Ausgleich zu gewähren, wenn 1. die Pflichtigen nicht Verursacher der schädlichen Bodenveränderungen sind und 2. die Nutzungsbeschränkungen andernfalls zu einer über die damit verbundene allgemeine Belastung erhebliche hinausgehende besondere Härte darstellen würde.

13 Gebietsbezogene Maßnahmen zur Gefahrenabwehr

Die notwendigen gebietsbezogenen Maßnahmen können nicht von der zuständigen Bodenschutzbehörde allein abgeleitet und durchgesetzt werden. Dazu bedarf es einer intensiven Abstimmung mit anderen betroffenen Behörden insbesondere aus den Bereichen Gesundheits- bzw. Verbraucherschutz, Gewässerschutz, Land- und Forstwirtschaft, Abfallwirtschaft und Bauleitplanung.

Besondere Bedeutung kommt der Regelung von Nachweis-, Anzeige- und Informationspflichten der Verpflichteten sowie Kontrollpflichten und Datenerhebungen der zuständigen Behörden zu. Dies ist nicht weiter Gegenstand der vorliegenden Handlungsempfehlungen und bedarf daher gesonderter Betrachtung.

Auch ist zu empfehlen, die Öffentlichkeit frühzeitig in den Entscheidungsprozess für eine gebietsbezogene Vorgehensweise einzubeziehen. Nur so lassen sich

eine breite Akzeptanz und eine zuverlässige Umsetzung der gebietsbezogenen Maßnahmen sicherstellen.

Beim Vorliegen von schädlichen Bodenveränderungen und der Feststellung einer Gefahrensituation sind in einem angemessenen Zeitrahmen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr zu ergreifen, wobei entweder Sanierungsmaßnahmen oder aber Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen in Frage kommen. Im Grundsatz beinhaltet § 4 Abs. 3 BBodSchG die Verpflichtung, dass die Gefahrenabwehr in erster Linie mit Hilfe von Sanierungsmaßnahmen zu bewerkstelligen ist. Erst wenn Sanierungsmaßnahmen nicht möglich oder aber unzumutbar sind, können stattdessen Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen ergriffen werden.

Im Falle des gebietsbezogenen Bodenschutzes stellt sich die Frage, ob Sanierungsmaßnahmen großflächig durchgeführt werden können. In der Regel

werden auf Grund der deutlich höheren Kosten und des deutlich höheren technischen Aufwands Sanierungsmaßnahmen bei flächenhaften schädlichen Bodenveränderungen nicht verhältnismäßig sein. Stattdessen wird der Schwerpunkt möglicher Maßnahmen sicher im Bereich der Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen liegen. Zur Umsetzung der notwendigen Bodenschutzmaßnahmen sollte den Pflichtigen eine angemessene Frist eingeräumt werden. Dies erscheint gerechtfertigt, weil im Regelfall keine akuten sondern chronische Gefahren von flächenhaften schädlichen Bodenveränderungen ausgehen, die keine unmittelbare Umsetzung zwingend erforderlich machen.

An dieser Stelle ist hervorzuheben, dass vor bzw. mit der Anordnung von Maßnahmen der Gefahrenabwehr auch betrachtet werden sollte, ob erneute

Schadstoffimmissionen nicht zu weiteren schädlichen Bodenveränderungen führen.

Im Falle von Sicherungsmaßnahmen oder Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen, die zur Abwehr von Gefahren über den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze angeordnet werden, wird es in der Regel angemessen sein, die Umsetzung für die Vegetationsperiode vorzuschreiben, die dem Zeitpunkt des Inkraft-Tretens der Anordnung unmittelbar folgt.

In den folgenden Unterkapiteln werden geeignete gebietsbezogene Maßnahmen für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze aufgeführt. Dabei werden Hinweise gegeben, wie angemessene Maßnahmen bei unterschiedlicher Gefahrenlage ausgewählt werden können.

13.1 Wirkungspfad Boden-Mensch

Hat die gebietsbezogene Detailuntersuchung bestätigt, dass flächenhaft schädliche Bodenveränderungen vorliegen, dann sind geeignete, erforderliche und angemessene Maßnahmen auszuwählen.

Zu differenzieren sind Sanierungsmaßnahmen sowie Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen. Sanierungsmaßnahmen wiederum können sowohl eine Dekontamination (Beseitigung oder Verminderung der Schadstoffe) als auch eine Sicherung (Verhinderung der Ausbreitung der vor Ort verbleibenden Schadstoffe) zum Inhalt haben, wobei in jedem Fall sicher zu stellen ist, dass der Ausschluss einer Gefahr für die Schutzgüter dauerhaft gewährleistet werden kann. Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen hingegen sehen i.d.R. keine technischen Eingriffe in

den Boden zur Abwehr von Gefahren ausgehend von schädlichen Bodenveränderungen vor. Vielmehr wird durch Anpassung der Nutzung und/oder der Bewirtschaftung, die wiederum Einfluss auf die Mobilität und Verfügbarkeit der Schadstoffe haben, das Ausmaß der Gefahr auf ein akzeptables Maß begrenzt.

Im Einzelfall ist die Zuordnung einer Maßnahme in eine der hier beschriebenen Kategorien nicht immer eindeutig. Insbesondere betrifft dies die Differenzierung in Sicherungs- oder Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen. In Anlehnung an MÜLLER & DELSCHEN (2000) wird diesbezüglich das Kriterium der zeitlichen Wirksamkeit der vorzusehenden Maßnahme mit hinzugezogen. So hat danach eine Sicherungsmaßnahme dauerhaft / lang bis mittelfristig (Betrach-

tungszeitraum mindestens > 10-20 Jahre) den Ausschluss einer Gefahr zu gewährleisten, während eine vergleichbare Maßnahme mit lediglich relativ kurzfristiger Wirksamkeit (< 5 Jahre) als Schutz- und Beschränkungsmaßnahme zu bezeichnen wäre, die bei Erforderlichkeit gegebenenfalls auch mehrfach bzw. dauerhaft zur Anwendung zu bringen ist.

In Abhängigkeit von der jeweilig favorisierten Vorgehensweise betreffen die Maßnahmen entweder den belasteten Boden (Donator), setzen am Ausmaß des Übergangs von Schadstoffen aus dem Boden in das Schutzgut an (Transfer) oder betreffen das Schutzgut selbst (Akzeptor). In Abbildung 9 sind die entsprechenden Ansatzpunkte durch die Kürzel D, T und A den jeweiligen Maßnahmen zugeordnet. Um die Zusam-

menhänge und Zuordnungen zu verdeutlichen, ist hier der Wirkungspfad Boden-Pflanze, dem ansonsten das Kapitel 13.2 gewidmet ist, mit dargestellt.

Die nachstehenden Ausführungen sollen die in diesem Zusammenhang in Frage kommenden Maßnahmen näher erläutern, ohne dem Anspruch auf Vollständigkeit genügen zu wollen. Aus Gründen der besseren Handhabbarkeit in der Praxis wird dabei eine nach Nutzungskategorien differenzierende Gliederung gewählt, auch wenn dies inhaltliche Wiederholungen zur Folge hat, weil bestimmte Maßnahmen nutzungsübergreifend Anwendung finden können und somit mehrfach genannt werden müssen. Bei der Ermittlung eines etwaigen Maßnahmenbedarfs sind charakteristische Subnutzungen zu berücksichtigen

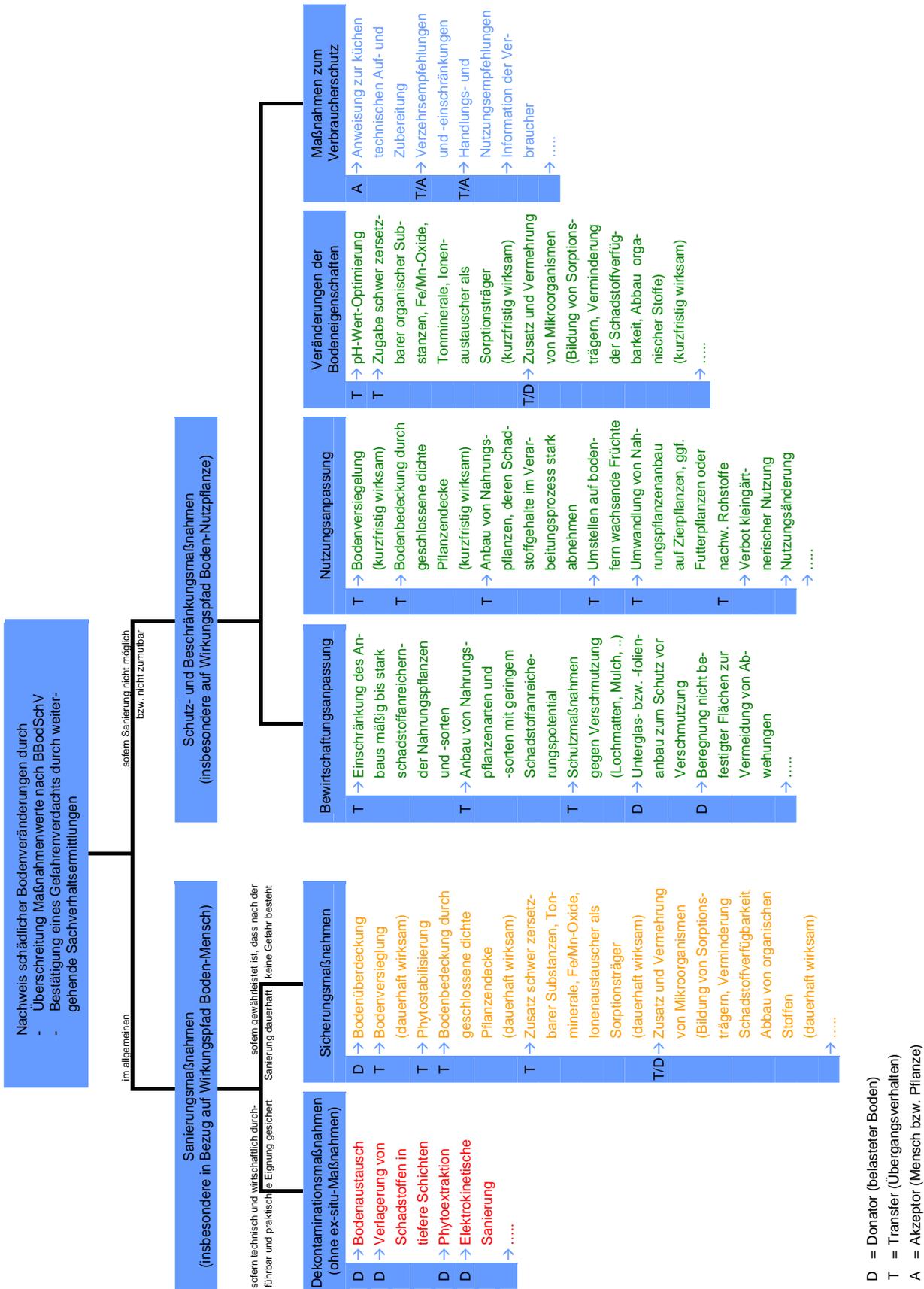


Abbildung 9: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr (Wirkungspfad Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze) in Anlehnung an MÜLLER & DELSCHEN 2000 und MARSCHNER & JANNUSCH 2002

13.1.1 Nutzungskategorie Kinderspielflächen

Die im Folgenden genannten Maßnahmen gelten für die außerhalb des eigentlichen Sandkastenbereiches befindlichen und bei Kinderspielaktivitäten stark frequentierten Flächen. Das weitere Umfeld ist nach den Vorgaben für Park- und Freizeitanlagen zu bewerten (vgl. Kap. 8).

Tabelle 5: Auswahl von möglichen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Kinderspielflächen

Maßnahmenebene	einfache Maßnahmen Stufe 1	weitere Maßnahmen Stufe 2
Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen <ul style="list-style-type: none"> Nutzungsanpassung Maßnahmen Verbraucherschutz 	<u>Bodenbedeckung</u> durch dichte Vegetation (Rasen) als Übergangslösung <u>Information</u> und Kommunikation	<u>Nutzungsänderung</u> in eine weniger sensible Nutzung
Sanierungsmaßnahmen <ul style="list-style-type: none"> Sicherungsmaßnahmen Dekontaminationsmaßnahmen 	<u>Bodenbedeckung</u> durch geschlossene dichte, langlebige Vegetation (bodenbedeckende Gehölze)	<u>Bodenversiegelung</u> durch fachgerechte Pflasterung oder Plattierung offener Bereiche <u>Bodenüberdeckung</u> durch Auftrag von qualitätsgesichertem Bodenmaterial in hinreichender Mächtigkeit (i. d. R. 35 cm) und Einbau Trennelement <u>Bodenaustausch</u> der oberen Bodenschicht in ausreichender Mächtigkeit (i. d. R. 35 cm) durch Entsorgung des bestehenden Bodens und Ersatz durch qualitativ geeignetes neues Bodenmaterial und Einbau Trennelement

13.1.2 Nutzungskategorie Wohngebiet

Die im Folgenden genannten Maßnahmen sind unterschiedliche Expositionsbedingungen gelten für wohnbaulich genutzte Flächen. Hinsichtlich der Subnutzungen sind unterschiedliche Expositionsbedingungen zu beachten (vgl. Kap. 8.1).

Tabelle 6: Auswahl von möglichen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr in Wohngebieten

Maßnahmenebene	einfache Maßnahmen Stufe 1	weitere Maßnahmen Stufe 2
Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen <ul style="list-style-type: none"> Nutzungsanpassung Maßnahmen Verbraucherschutz 	<u>Bodenbedeckung</u> durch geschlossene Vegetation (Rasen) als Übergangslösung <u>Handlungs- und Nutzungsempfehlungen</u> zur Minderung möglicher Expositionen	<u>Nutzungsänderung</u> in eine weniger sensible Nutzung (nur im Ausnahmefall möglich) <u>Handlungs- und Nutzungseinschränkungen</u> zur Minderung möglicher Expositionen (Auflagen)
Sanierungsmaßnahmen <ul style="list-style-type: none"> Sicherungsmaßnahmen Dekontaminationsmaßnahmen 	<u>Bodenbedeckung</u> durch geschlossene dichte, langlebige Vegetation (bodenbedeckende Gehölze)	<u>Bodenversiegelung</u> durch fachgerechte Pflasterung oder Plattierung offener Bereiche (nur im Ausnahmefall möglich) <u>Bodenüberdeckung</u> durch Auftrag von qualitätsgesichertem Bodenmaterial; Einbau Trennelement <u>Bodenaustausch</u> in hinreichender Mächtigkeit in Abhängigkeit von den Sanierungszielen, durch Entsorgung des bestehenden Bodens und Ersatz durch qualitativ geeignetes neues Bodenmaterial und Einbau Trennelement

13.1.3 Nutzungskategorie Park- und Freizeitanlagen

Auf Grund der eher als gering einzuschätzenden Expositionsmöglichkeiten bei dieser Nutzungskategorie ist erst bei höheren Schadstoffgehalten im Boden eine Gefahr über den Direktpfad zu besorgen.

Zudem ist es zweckmäßig, bei der Nutzungskategorie Park- und Freizeitanlage

spezifische Subnutzungen zu unterscheiden (vgl. Kap. 8.1).

Insofern gelten die folgenden Ausführungen im Wesentlichen für freizugängliche und im üblichen Rahmen genutzte Rasenflächen, Rabatten und Zierbeete.

Tabelle 7: Auswahl von möglichen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Park- und Freizeitanlagen

Maßnahmenebene	einfache Maßnahmen Stufe 1	weitere Maßnahmen Stufe 2
Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen <ul style="list-style-type: none"> Nutzungsanpassung Maßnahmen Verbraucherschutz 	<u>Bodenbedeckung</u> durch dichte Vegetation (Rasen) als Übergangslösung <u>Information</u> und Kommunikation	<u>Nutzungsänderung</u> in eine weniger sensible Nutzung (wohl nur im Ausnahmefall möglich)
Sanierungsmaßnahmen <ul style="list-style-type: none"> Sicherungsmaßnahmen Dekontaminationsmaßnahmen 	<u>Bodenbedeckung</u> durch geschlossene dichte, langlebige Vegetation (bodenbedeckende Gehölze)	<u>Bodenversiegelung</u> durch fachgerechte Pflasterung oder Plattierung offener Bereiche (nur im Ausnahmefall möglich) <u>Bodenüberdeckung</u> durch Auftrag von qualitätsgesichertem Bodenmaterial in hinreichender Mächtigkeit und Einbau Trennelement <u>Bodenaustausch</u> der oberen Bodenschicht in hinreichender Mächtigkeit durch Entsorgung des bestehenden Bodens und Ersatz durch qualitativ geeignetes neues Bodenmaterial und Einbau Trennelement

13.2 Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze

Während im vorigen Kapitel in Bezug auf den Wirkungspfad Boden-Mensch nach Nutzungskategorien differenzierende Möglichkeiten zur Gefahrenabwehr skizziert sind, soll im Folgenden analog im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Pflanze verfahren werden. Die folgende Auflistung soll die im Kontext des Wirkungspfades Boden-Nutzpflanze in Frage kommenden Maßnahmen in Kürze näher vorstellen, wobei kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird.

Maßnahmen der Gefahrenabwehr für den Pfad Boden-Pflanze müssen sich an den lebens- und futtermittelrechtlichen Anforderungen orientieren. Denn über den Pfad Boden-Nutzpflanze geht eine Gefahr für Mensch und Nutztier in der Regel nur über kontaminierte Lebens- und Futtermittel (einschließlich Weideaufwuchs) aus. Bodenschutzrechtliche Anordnungen sind i.d.R. - auch bei flächenhaftem Überschreiten der Maßnahmewerte - dann nicht erforderlich, wenn die Anforderungen nach dem Lebens- und Futtermittelrecht sicher erfüllt werden.

Es ist daher notwendig und sinnvoll, die Maßnahmen der Bodenschutzbehörde mit den Maßnahmen der jeweils zuständigen Behörden im lebens- und futtermittelrechtlichen Bereich abzustimmen.

Insbesondere ist zu prüfen, ob die erforderliche Gefahrenabwehr schon alleine auf Grund der lebensmittel- und futtermittelrechtlich vorgeschriebenen Eigenkontrollen der betroffenen Landwirte in Verbindung mit der Überwachung durch die Lebens- und Futtermittelbehörden erreicht werden kann. Bei Maßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sollte bereits im Vorfeld die landwirt-

schaftliche Fachbehörde beteiligt werden; spätestens über die zu ergreifenden Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen ist Einvernehmen zu erzielen (§ 5 BBodSchV Abs. 5). Zur Erfüllung der erforderlichen Aufzeichnungspflicht können u.a. Schlagkarteien dienen.

Die Anordnung von Maßnahmen der Gefahrenabwehr sollte dem Pflichtigen Handlungsoptionen offen lassen. Im Rahmen der Gefahrenabwehr kann es notwendig sein, bestimmte Nutzungen oder den Anbau bestimmter Fruchtarten zu untersagen. In der Regel werden aber verschiedene Alternativen zur Gefahrenabwehr bestehen (vgl. Tabelle 8 und 9) zwischen denen der Pflichtige dann in Abstimmung mit den beteiligten Behörden eigenverantwortlich wählen kann. Der Erfolg von Maßnahmen sollte regelmäßig überprüft werden. Falls die ergriffenen Maßnahmen die Gefahren nicht hinreichend abwehren, sind im Sinne einer Handlungskaskade weitergehende Maßnahmen zu prüfen und umzusetzen.

Weitere fachliche Hilfestellungen zur Maßnahmenableitung beim Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze bieten Berichte aus Brandenburg (LUA BB 2003) und von der LABO (2005) sowie die Hinweise und Empfehlungen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL, 2006) und des Landesumweltamtes NRW (LUA 2006).

Tabelle 8: Auswahl von möglichen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Ackerbau und Nutzgarten (verändert nach FELDWISCH & BARKOWSKI 2003)

Maßnahmenebene	einfache Maßnahmen Stufe 1	weitere Maßnahmen Stufe 2
<p>Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 479 675 539">• Bewirtschaftungs- und Nutzungsanpassung <li data-bbox="304 1753 639 1814">• Veränderung der Bodeneigenschaften 	<p><u>Anbau</u> von bodenfern wachsenden Früchten zur Verminderung der Verschmutzungsgefahr** (Empfehlung)</p> <p><u>Umstellen</u> von Nutzpflanzenanbau auf Zierpflanzen (Empfehlung)</p> <p>Umstellen von Nahrungspflanzenanbau auf nachwachsende Rohstoffe oder ggf. Futtermittel (Empfehlung)</p> <p><u>Einschränkung</u> des Anbaus mäßig bis stark schadstoffanreichernder Nahrungspflanzenarten und -sorten (Empfehlung)</p> <p><u>Anbau</u> von Nahrungspflanzenarten und -sorten mit geringem Schadstoffanreicherungspotenzial</p> <p><u>Schutz- und Bewirtschaftungsmaßnahmen</u> gegen Verschmutzung, z.B. Mulchen; verschmutzungsarme Nutzpflanzenernte** (Empfehlung)</p> <p><u>optimale pH- Wert-Einstellung</u></p> <p><u>Zugabe</u> von Humus, Ton oder anderen Sorptionsträgern</p>	<p><u>Einschränkung</u> des Anbaus mäßig bis stark schadstoffanreichernder Nahrungspflanzenarten und -sorten (Anordnung)</p> <p><u>Verbot</u> bestimmter Nutzungen, z. B. der kleingärtnerischen Nutzung</p> <p>Verbot des Anbaus bestimmter Fruchtarten (Anordnung)</p>

Maßnahmenebene	einfache Maßnahmen Stufe 1	weitere Maßnahmen Stufe 2
<ul style="list-style-type: none"> Maßnahmen Verbraucherschutz 	<p>Handlungs- und Nutzungsempfehlungen zur Minimierung möglicher Expositionen, Anweisungen zur küchentechnischen Zubereitung, Verzehrsempfehlungen</p>	<p>Handlungs- und Nutzungseinschränkungen zur Minimierung möglicher Expositionen</p>
<p>Sanierungsmaßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> Sicherungsmaßnahmen Dekontaminationsmaßnahmen 		<p><u>Bodenüberdeckung</u> durch Auftrag von qualitätsgesichertem Boden (mindestens 0,6 m); Einbau Trennelement</p> <p><u>Anlage von Hochbeeten</u></p> <p><u>Bodenaustausch</u> (i.d.R.: 0,6 m) durch Entsorgung des bestehenden Bodens und Ersatz durch qualitativ geeigneten neuen Boden; Einbau Trennelement</p>

*) siehe auch LfL 2003

**) siehe auch LABO (2005)

Tabelle 9: Auswahl von möglichen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Grünland* (verändert nach FELDWISCH & BARKOWSKI 2003)

Maßnahmenebene	einfache Maßnahmen Stufe 1	weitere Maßnahmen Stufe 2
<p>Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> Bewirtschaftungsanpassung 	<p><u>Anpassen der Erntetechnik</u>, um Verunreinigungen des Erntegutes mit Bodenmaterial zu reduzieren (kein zu tiefer Schnitt etc.)</p> <p><u>Vermeiden</u> von Grasnarbenschäden durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> Beweidung nur bei ausreichendem Aufwuchs nicht zu hohen Viehbesatz kurze Beweidungszeiten bei nasser Witterung 	<p><u>Wiesen- statt Weidenutzung</u></p> <p><u>keine Dauerbeweidung</u>, ggf. Zukauf betriebsfremder unbelasteter Futtermittel</p> <p><u>Ausgrenzen/Abzäunen</u> von Senken in Überschwemmungsgebieten</p> <p><u>Nutzungsänderung</u> oder -aufgabe</p>

Maßnahmenebene	einfache Maßnahmen Stufe 1	weitere Maßnahmen Stufe 2
<ul style="list-style-type: none"> • Veränderung der Bodeneigenschaften 	<p><u>Anpassen des Erntezeitpunktes</u>: keine Ernte unmittelbar nach aktuellen (Staub-)Immissions- oder Überschwemmungsereignissen, sondern nach Niederschlägen oder Beregnungen, welche eine ausreichende Reinigung der Pflanzenoberfläche gewährleisten; ggf. Verwerfen des Aufwuchses</p> <p><u>Vermeiden der (erhöhten) Freisetzung der Schadstoffe</u> durch Mineralisationsschübe: Verbot des Grünlandumbruchs und Gebot der umbruchslosen Grünlanderneuerung</p> <p><u>Verringern der Pflanzenverfügbarkeit</u> der Schwermetalle durch Überprüfen und ggf. Erhöhen des pH-Wertes (wegen besonderer Relevanz des Verschmutzungspfades nur eingeschränkt wirksam)</p>	
Sanierungsmaßnahmen	siehe Tabelle 8	siehe Tabelle 8

*) siehe auch LABO (2005)

14 Gebietsausweisung

Auf der Grundlage der gebietsbezogenen Untersuchungs- und Bewertungsschritte können je nach Sachverhalt auf zwei Wegen Gebietsfestlegungen erfolgen:

1. Im Falle von Gebieten mit flächenhaften Überschreitungen der Vorsorgewerte können die Regelungen zur Umlagerung von Bodenmaterial auf der Grundlage einer Allgemeinverfü-

gung gebietsbezogen umgesetzt werden.

2. Im Falle von Gebieten mit flächenhaft schädlichen Bodenveränderungen können Bodenplanungsgebiete mit Hilfe von Rechtsverordnungen ausgewiesen werden. In der Rechtsverordnung sind die gebietsbezogenen Bodenschutzmaßnahmen festzusetzen. Rechtsgrundlage für

die Ausweisung von Bodenplanungsgebieten ist § 9 SächsABG. Als Regelungsgegenstände kommen sowohl Maßnahmen der Gefahrenabwehr als auch der Umgang mit belastetem Bodenmaterial in Frage.

In den gebietsbezogenen Regelungen § 9 SächsABG sollten neben den Ge- und Verboten u. a. auch Ausnahmetatbestände aufgeführt werden:

- Erbringen der Grundstückseigentümer oder der Inhaber der tatsächlichen Gewalt im Einzelfall gegenüber der zuständigen Bodenschutzbehörde den Nachweis, dass auf dem konkreten Grundstück keine schädlichen Bodenveränderungen vorliegen, dann entfällt für diese Personen die Pflichtigkeit.
- Des Weiteren gelten die Regelungen nicht, wenn im Einzelfall gegenüber der zuständigen Bodenschutzbehörde der Nachweis erbracht wird, dass auf dem konkreten Grundstück durch eine bereits sachgerecht durchgeführte Sanierung keine schädliche Bodenveränderung mehr vorliegt.
- Die Regelungen finden auch keine Anwendung, wenn die zuständige Bodenschutzbehörde auf Grund punktueller oder auf einzelne Grundstücke beschränkter schädlicher Bodenveränderungen einzelfallbezogene Maßnahmen zur Gefahrenabwehr verlangt.

Für die Untersuchungspflichten sollte in den gebietsbezogenen Regelungen insbesondere Folgendes aufgenommen werden:

- Im ausgewiesenen Gebiet sind - Altlasten und altlastenverdächtige Flächen ausgenommen - weitergehende Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung nach § 9 Abs. 2

BBodSchG durch den Pflichtigen in der Regel nicht erforderlich.

- Ferner sind bei der Verlagerung von Bodenmaterial innerhalb des ausgewiesenen Gebietes bzw. von ausgewiesenen Teilgebieten in der Regel keine Untersuchungen im Sinne des § 12 Abs. 3 BBodSchV erforderlich, wenn die Anforderungen des Kapitels 10 eingehalten werden.

Fristen zur Umsetzung der Bodenschutzmaßnahmen sollten in Abhängigkeit vom Maßnahmencharakter festgelegt werden. Bei angeordneten Dekontaminationsmaßnahmen sollten bei bestehenden Nutzungen angemessene Fristen eingeräumt werden. Ein zeitlicher Spielraum erscheint gerechtfertigt, da in großflächigen Belastungsgebieten zu meist keine akuten Gefahren, sondern Gefahren auf Grund chronischer Einwirkungen abzuwehren sind.

Im Falle von Nutzungswechseln sollten notwendige Sanierungsmaßnahmen jedoch vor der Innutzungnahme eingefordert werden.

Bei Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen sowie bei Sicherungsmaßnahmen sollte im Regelfall eine Umsetzung innerhalb der Vegetationsperiode gefordert werden, die dem In-Kraft-Treten der gebietsbezogenen Regelung unmittelbar folgt. Diese zeitliche Befristung erscheint gerechtfertigt, weil Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen sowie Sicherungsmaßnahmen in den meisten Fällen vergleichsweise leicht und ohne große technische Vorarbeiten umgesetzt werden können.

Die gebietsbezogenen Regelungen nach § 9 SächsABG können auch Ordnungswidrigkeiten definieren und die Höhe des Bußgeldes im Rahmen von § 17 Abs. 2 SächsABG für die verschiedene Tatbestände festlegen.

15 Zitierte und weiterführende Literatur

- ALEXOWSKY, W., HORNA, F.: Das Kartenwerk "Geologische Karte der eiszeitlich bedeckten Gebiete von Sachsen 1 : 50.000" (GK50). Z. geol. Wiss. 28 (3/4), S. 451-456.
- BACHMANN, G., OLTMANN, J., KONIETZKA, R., SCHNEIDER, K. (1999): "Berechnung von Prüfwerten zur Bewertung von Altlasten". Hrsg. Umweltbundesamt, Berlin, Erich Schmidt-Verlag.
- BARKOWSKI, D., GÜNTHER, P., KRAUSE, H., MACHTOLF, M. (1999): Methoden und Ergebnisse zur Resorptionsverfügbarkeit relevanter Schadstoffe in kontaminierten Böden und Materialien. Forschungsbericht 29772766, UBA-Texte 6/99, Berlin.
- BBodSchG: Gesetz zum Schutz des Bodens (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17. März 1998, BGBl. I, S. 502 ff.
- BBodSchV: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 16. Juni 1999, BGBl. I, S. 1554 ff.
- BUWAL - Bundesamt für Umwelt, Wald und Landwirtschaft (Schweiz) (1999): Richtlinie für die Verwertung, Behandlung und Ablagerung von Aushub-, Abraum- und Ausbruchmaterial (Aushubrichtlinie). Bern.
- DELSCHEN, T., LEISNER-SAABER, J. (1998): Selbstversorgung mit Gemüse aus schwermetallbelasteten Gärten: Eine Gefährdungsabschätzung auf toxikologischer Basis. Bodenschutz 1, S. 17-30.
- DELSCHEN, TH., KÖNIG, W. (1998): Untersuchung und Beurteilung der Schadstoffbelastung von Kulturböden im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Pflanze. In: ROSENKRANZ (Hrsg.): Bodenschutz: ergänzbares Handbuch d. Maßnahmen u. Empfehlungen für Schutz, Pflege u. Sanierung von Böden, Landschaft u. Grundwasser. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin, 1988: Nr. 3550.
- EU-KontaminantenVO (2001): Verordnung Nr. 466/2001 der Kommission der Europäischen Gemeinschaften vom 08.03.2001 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln (EU-KontaminantenVO); Abl. L 77/1 vom 16.03.2001, S. 1-13.
- FELDWISCH, N., MÜLLER, I., MARSCHNER, B. (2004): Immobilisierung von Schadstoffen – ein neuer Weg der Gefahrenabwehr bei flächenhaften schädlichen Bodenveränderungen für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze? Bodenschutz 4'04, S. 124-131.
- FELDWISCH, N., BARKOWSKI, D. (2003): Gebietsbezogene Maßnahmen - Stoffliche Einwirkungen. In: FELDWISCH, N., HENDRISCHKE, O., SCHMEHL, A. (2003): Gebietsbezogener Bodenschutz. Bodenschutzgebiete, Bodenplanungsgebiete und Bodenbelastungsgebiete im Gefüge des Umwelt- und Planungsrechtes - rechtliche und bodenschutzfachliche Grundlagen. Bodenschutz & Altlasten, Band 13. Berlin: Erich Schmidt Verlag. Rdnr. 382ff.
- FELDWISCH, N., HENDRISCHKE, O., SCHMEHL, A. (2003): Gebietsbezogener Bodenschutz. Bodenschutzgebiete, Bodenplanungsgebiete und Bodenbelastungsgebiete im Gefüge des Umwelt- und Planungsrechtes - rechtliche und bodenschutzfachliche Grundlagen. Bodenschutz & Altlasten, Band 13. Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- FELDWISCH et al. (2002): Handlungsempfehlungen für die Umsetzung des Bodenschutzrechtes in Gebieten mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten – Los 2: Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für Maßnahmen der Vorsorge und Gefahrenabwehr sowie für die weitergehende Gefährdungsabschätzung in Gebieten mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten auf der Grundlage des Bodenschutzrechtes. Abschlussbericht im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, 1. November 2001.

- HINDEL, R., GEHRT, E., KANTOR, W., WEIDNER, E. (1998): Spurenelementgehalte in Böden Deutschlands: Geowissenschaftliche Grundlagen und Daten. In: ROSENKRANZ (Hrsg.): Bodenschutz: ergänzbares Handbuch d. Maßnahmen u. Empfehlungen für Schutz, Pflege u. Sanierung von Böden, Landschaft u. Grundwasser. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin, 1988: Nr. 1520.
- KIM, R.Y.; WELP, G.; MÜLLER, I.; BRÜMMER, G.W. (2002): Probleme mit der DIN 19734 sowie Cr(VI)-Gehalte und –Stabilität in belasteten und unbelasteten Böden Nordrhein-Westfalens. Altlasten Spektrum Bd. 2; S. 59-65.
- KIRCHGESSNER, M (1987): Tierernährung. DLG-Verlag.
- KNOCHE, H., BRAND, P., VIERECK-GÖTTE, L., BOCKEN, H. (1999): Schwermetalltransfer Boden-Pflanze: Ergebnisse der Auswertungen hinsichtlich der Königswasser- und Ammoniumnitrat-Extraktion anhand der Datenbank TRANSFER; UBA-Texte 11/99, Berlin.
- KUNTZE, H., FLEIGE, H., HINDEL, R., WIPPERMANN, T., FILIPINSKI, M., GRUPPE, M., PLUQUET, E. (1998): Empfindlichkeit der Böden gegenüber geogenen und anthropogenen Gehalten an Schwermetallen – Empfehlungen für die Praxis. In: ROSENKRANZ (Hrsg.): Bodenschutz: ergänzbares Handbuch d. Maßnahmen u. Empfehlungen für Schutz, Pflege u. Sanierung von Böden, Landschaft u. Grundwasser. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin, 1988: Nr. 1530.
- LABO ad-hoc-AG „Schwermetalltransfer Boden / Pflanze“ des AK „Bodenbelastung“ (1998): Eckpunkte zur Gefahrenbeurteilung des Wirkungspfades Bodenverunreinigung/Altlasten - Pflanze. Hrsg.: ROSENKRANZ, D., BACHMANN, G., KÖNIG, W., EINSELE, G.: Kennnummer 9009, Erich Schmidt Verlag Berlin.
- LABO - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2005): Maßnahmenkonzept zur verschmutzungsarmen Nutzpflanzenernte – Handlungsempfehlungen für die Bodenschutzbehörden (in Bearbeitung). auf Grundlage des Abschlussberichts zum LABO-Projekt B 4.03, bearbeitet von ELSÄßER, M., FELDWISCH, N., NUßBAUM, H. und EHRMANN, O..
- LABO (2002): Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV - Vollzugshilfe zu den Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden (§ 12 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung). LABO in Zusammenarbeit mit LAB, LAGA und LAWA. Stand 11.09.2002.
- LABO (1998a): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. In: ROSENKRANZ (Hrsg.): Bodenschutz: ergänzbares Handbuch d. Maßnahmen u. Empfehlungen für Schutz, Pflege u. Sanierung von Böden, Landschaft u. Grundwasser. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin, 1988: Nr. 9006.
- LABO (1998b): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden; in Bodenschutz. Loseblattsammlung, Hrsg.: ROSENKRANZ, D., BACHMANN, G., KÖNIG, W., EINSELE, G., Kennnummer 9006, Erich Schmidt Verlag Berlin.
- LAGA - Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (Hrsg.) (2002): Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung / Beseitigung von Abfällen. Grundregeln für die Entnahme von Proben aus festen und stichfesten Abfällen sowie aus abgelagerten Materialien – PN 02.
- LfL - Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2006): Hinweise und Empfehlungen zum Umgang mit arsen- und schwermetallbelasteten landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden. Dresden.

- LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (2001): Arbeitshilfe zur Bearbeitung von Verdachtsflächen / altlastverdächtigen Flächen und schädlichen Bodenveränderungen nach BBodSchG. Weber Ingenieure (Bearbeitung), Bodenschutz 6, Karlsruhe.
- LfU (1999): Bodenaushub ist mehr als Abfall. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.), Bodenschutz 3, Karlsruhe.
- LfUG - Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.) (2001): Bodenaushub und Bodenauffüllungen. Merkblatt zur Auf- und Einbringung von Materialien auf und in Böden. Materialien zum Bodenschutz, Dresden.
- LfUG (Hrsg.) (1999): Bodenatlas des Freistaates Sachsen, Teil 3, Bodenmessprogramm, Bodenmessnetz Raster 4 km x 4 km; Dresden.
- LfUG (Hrsg.) (1998): Probenahme bei der Technischen Erkundung von Altlasten. Materialien zur Altlastenbehandlung 3/1998, Dresden.
- LfUG (Hrsg.) (1996): Bodenatlas des Freistaates Sachsen, Teil 1: Hintergrundwerte für Schwermetalle und Arsen in landwirtschaftlich genutzten Böden. Materialien zum Bodenschutz, Dresden.
- LfUG (Hrsg.) (1996): Geochemischer Atlas des Freistaates Sachsen, Teil 1: Spurenelementgehalte in Gesteinen. Materialien zum Bodenschutz, Landesamt für Umwelt und Geologie.
- LK Goslar: Verordnung des "Bodenplanungsgebietes Harz im Landkreis Goslar. Amtsblatt für den Landkreis Goslar, Nr. 13 vom 27. August 2001, S. 571 ff.
- LUA BB - Landesumweltamt Brandenburg (2003): Arbeitshilfe zur Untersuchung und Bewertung von altlastverdächtigen Flächen und Verdachtsflächen - Wirkungspfad Boden(-Pflanze)-Tier. Fachbeiträge, Potsdam. Heft Nr. 81. Der Bericht ist im Internet als PDF-Datei abrufbar: http://www.mlur.brandenburg.de/oe_a/luab_bd81.pdf
- LUA NRW (2000): Weitere Sachverhaltsermittlung bei der Überschreitung von Prüfwerten nach der Bundes-Bodenschutz und Altlastenverordnung für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.); LUA-Merkblatt Nr. 22, Essen.
- LUA NRW (2001): Leitfaden zur Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten. Teil I: Außenbereiche. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.); LUA-Merkblatt Nr. 24, Essen.
- LUA NRW (2006): Handlungsempfehlungen zu Maßnahmen der Gefahrenabwehr bei schädlichen stofflichen Bodenveränderungen in der Landwirtschaft. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.); LUA-Merkblatt Nr. 55, Essen
- MACHTOLF, M., BARKOWSKI, D. (2000): Ableitung von Orientierungswerten für die Bauleitplanung. In: FISCHER, KÖCHLING, NABERT (Hrsg.): Boden schützen, Altlasten sanieren: Konzepte – Lösungen – praktische Umsetzung. Kapitel 5.6.1, Lieferung Dezember 2000.
- MARSCHNER, B., JANNUSCH, B. (2002): Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Gefahrenabwehr bei schädlichen Bodenveränderungen, Literaturlauswertung im Auftrag des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen, Ruhr-Universität Bochum (unveröffentlicht).
- MÜLLER, I., DELSCHEN, T. (2000): Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei schädlichen Bodenveränderungen - Wirkungspfade Boden-Mensch (Direktpfad) und Boden-Nutzpflanze. Sachstandsbericht des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen vom 12.12.2000 (unveröffentlicht).

- OELKERS, K.-H., VOSS, H.-H. (1995): Konzeption, Aufbau und Nutzung von Bodeninformationssystemen: Das Fachinformationssystem Bodenkunde (FIS BODEN) des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS. In: ROSENKRANZ (Hrsg.): Bodenschutz: ergänzbares Handbuch d. Maßnahmen u. Empfehlungen für Schutz, Pflege u. Sanierung von Böden, Landschaft u. Grundwasser. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin, 1988: Nr. 3060.
- PÄLCHEN, W., MEYER-STEINBRENNER, H., SIEMER, B.: Bodenschutz als Handlungsfeld einer nachhaltigen Entwicklung in Sachsen. Z. geol. Wiss. 26 (1/2), S. 97-101.
- PÄLCHEN, W., RANK, G.: Von der Prospektionsgeochemie zur Umweltgeochemie - die angewandte Geochemie im Wandel. Z. geol. Wiss. 27 (5/6), S. 471-487.
- PRÜß, A (1994): Einstufung mobiler Spurenelementgehalte in Böden. In: ROSENKRANZ, D., EINSELE, G., und HARREß, H. M. (Hrsg.): Bodenschutz; 15. Lfg. I/94, Nr. 3600, Berlin, E. Schmidt.
- RANK, G., KARDEL, K., PÄLCHEN, W.: Zur Belastung sächsischer Böden mit anorganischen und organischen Stoffen - Verteilung, Intensität, Ursachen. Z. geol. Wiss. 26 (1/2), S. 61-78.
- RASEMANN, W. (2002): Ein statistisches Modell für die Bildung von Mischproben aus heterogenen Haufwerken. AufbereitungsTechnik 43, im Druck.
- RASEMANN, W. (2000): Ein neues mathematisches Modell zur Mischprobenbildung. In: RASEMANN, W. (Hrsg.): Probenahme und Qualitätssicherung bei biologischen Stoffsystemen, Abfällen und im Umweltbereich. Preprints der 6. Tagung des Arbeitskreises "Probenahme", Freiberg, S. I-1 bis I-13.
- RASEMANN, W. (1996): Zum Begriff des Risikos bei der Probenahme und Datenanalyse zur Bewertung im Umweltbereich. In: SCHULTE-HOSTEDE, S., FREITAG, R., KETTRUP, A., FRESENIUS, W. (Hrsg.): Altlastenbewertung - Datenanalyse und Gefahrenbewertung. ecomed verlagsgesellschaft, Landsberg, S. 51-85.
- RASEMANN, W. (1995): The risk of risk assessment and site investigation in dependence on sampling and data analysis – a case history of a Saxonian industrial site. Contaminated Soil '95, Proceedings of the Fifth Internat. FZK/TNO Conference on Contaminated Soil, 30 Oct. – 3 Nov. 1995, Maastricht/The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London, vol. 1, S. 251-252.
- RASEMANN, W., BAJAR, D. (1986): Anwendung von Methoden der Multivariatstatistik in der Montanhydrogeologie, dargestellt am Beispiel von Braunkohle-Lagerstätten der DDR. Z. angew. Geol. 32 (8), S. 211-216.
- SächsABG (1999): Sächsisches Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetz vom 20. Mai 1999, SächsGVBl., S. 256 ff.
- SMUL - Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2003a): Hinweise zum Vollzug von § 12 BBodSchV; Schreiben an die nachgeordneten Behörden vom 18.06.2003.
- SMUL - Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2003b): Hinweise zur Umsetzung der bodenschutzrechtlichen Anforderungen hinsichtlich des Wirkungspfades Bodennutzpflanze; Schreiben an die nachgeordneten Behörden vom 24.08.2003.
- SMUL (Hrsg.) (1999): 3. Sächsische Bodenschutztagung, 24./25. Juni 1999 in Görlitz. Tagungsband, Dresden.
- SMUL (Hrsg.) (1997): Leitlinien des Bodenschutzes. Materialien zum Bodenschutz 1/1997, Dresden.

- SMUL (Hrsg.) (1995): Empfehlung zur Handhabung von Prüf- und Maßnahmenwerten für die Gefährdungsabschätzung von Altlasten in Sachsen. Materialien zur Altlastenbehandlung, Band 2, Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung und Staatsministerium für Soziales, Gesundheit und Familie, Dresden.
- StUFA Chemnitz - Staatliches Umweltfachamt Chemnitz (Hrsg.) (1994): Beiträge zum Bodenschutz in der Region Chemnitz - Erzgebirge.
- THIERGÄRTNER, H.: Static models for the migration of hazardous substances in Pleistocene sediments. Z. geol. Wiss. 27 (5/6), S. 489-502.
- TR LAGA (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen – Technische Regeln -. Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Nr. 20, Stand: 06.
- UBA - Umweltbundesamt (Hrsg.) (2000): Flächenhafte Darstellung punktbezogener Daten über Stoffgehalte in Böden. Texte 49/00, Berlin.
- UM BW - Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (1994): Leitfaden zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub. KOHL, R., M. LEHLE, H. REINFELDER, R. SCHLECHTER (Bearbeiter), Luft, Boden, Abfall, Heft 28, Stuttgart, Eigenverlag.
- UMEG (2002): Anleitung zur Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden (GSE-Anleitung). UBA-Vorhaben. Auszug aus dem Forschungsbericht 200 71 238 „Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden. Veröffentlicht im Internet unter:
http://www.umweltbundesamt.de/fws/themen/fue/gse/gse_anleitung.pdf
- UW Umweltwirtschaft GmbH (2002): Handlungsempfehlungen für die Umsetzung des Bodenschutzrechtes in Gebieten mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten - Los 1: Entwicklung und Darstellung einer Methodik für die Abgrenzung und Beschreibung sowie für eine erste Gefährdungsabschätzung von Gebieten mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten im Hinblick auf den Vollzug des Bodenschutzrechtes. Abschlussbericht im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, 1. März 2002.
- VILLWOCK et. al (1998): Kataster großräumiger Bodenkontaminationen als Grundlage für den Bodenschutz. Z. geol. Wiss. 26 (1/2), S. 103-110, Berlin.
- VORDERBRÜGGE, T. (2001): Fachbehördliche Grundlagen und Aufgaben bei der bodenbezogenen Abfallverwertung. Umwelt und Geologie, Böden und Bodenschutz in Hessen, Heft 3, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.), Wiesbaden.