

Handlungsempfehlungen zu Maßnahmen der Gefahrenabwehr bei schädlichen stofflichen Bodenveränderungen in der Landwirtschaft. **Merckblatt 55**



Handlungsempfehlungen zu Maßnahmen der Gefahrenabwehr bei schädlichen stofflichen Bodenveränderungen in der Landwirtschaft.

Merkblatt 55

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen 2006

IMPRESSUM

Herausgeber: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW)
Wallneyer Straße 6 • D-45133 Essen
Telefon (02 01) 79 95-0
Telefax (02 01) 79 95-14 46
Email: poststelle@lua.nrw.de

Das vorliegende Merkblatt basiert in weiten Teilen auf dem Abschlussbericht des Projektes „Leitfaden zu Maßnahmen der Gefahrenabwehr bei schädlichen stofflichen Bodenveränderungen in der Landwirtschaft“, das im Auftrag des Landesumweltamtes NRW durchgeführt wurde vom Ingenieurbüro Feldwisch, Bodenschutz - Gewässerschutz – Landnutzung, Hindenburgplatz 1 51429 Bergisch Gladbach, Tel. 02204 - 4228 - 50, Fax 02204 - 4228 - 51 info@ingenieurbuero-feldwisch.de, www.ingenieurbuero-feldwisch.de

Redaktion: Dr. Ingo Müller, Landesumweltamt NRW
Dr. Thomas Delschen, Landesumweltamt NRW

Bildnachweis: Das Bild auf Seite 18 wurde freundlicherweise von Herrn Dr. M. Peter, Ober-Mörlen zur Verfügung gestellt. Die restlichen Fotos in diesem Merkblatt stammen vom Ingenieurbüro Feldwisch und dem LUA NRW.

ISSN: 0947-5788 Merkblätter

Informationsdienste: Aktuelle Umweltdaten aus NRW sowie Informationen zu Umweltthemen (Wasser, Boden, Luft, Abfall, Altlasten, Anlagen/Umwelttechnik, Lärm/Erschütterungen, Radioaktivität, Licht/Elektromog, Gentechnik, Stoffdaten) unter

- www.landesumweltamt.nrw.de

Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im

- Telefonansagedienst (02 01) 1 97 00
- WDR-Videotext Tafeln 177 bis 179

Bereitschaftsdienst: Nachrichtenbereitschaftszentrale des LUA NRW (24-Std.-Dienst): Telefon (02 01) 71 44 88

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Zielsetzung	7
2	Rechtliche Grundlagen	9
2.1	Bodenschutzrecht	9
2.2	Lebensmittelrecht.....	9
2.3	Futtermittelrecht	10
2.4	Pflichten des Nutzpflanzenproduzenten im Hinblick auf die Einhaltung der Höchstgehalte in pflanzlichen Lebens- und Futtermitteln	10
3	Arbeitsschritte zur Feststellung einer schädlichen stofflichen Bodenveränderung	13
3.1	Regeluntersuchungsablauf	13
3.2	Umsetzung der Ergebnisse von Bodenbelastungskarten	20
4	Transferpfade der Schadstoffe vom Boden zur Pflanze	23
5	Häufige Fallgestaltungen und angepasste Maßnahmen	27
5.1	Grünlandnutzung in Überschwemmungsgebieten	27
5.2	Ackernutzung bei moderaten Schadstoffgesamtgehalten auf versauerten Standorten	33
5.3	Ackernutzung bei hohen Schadstoffgehalten	35
5.4	Siedlungsnaher Erwerbsgemüsebau	37
6	Instrumente zur Umsetzung der Gefahrenabwehr	39
7	Literaturverzeichnis	41
8	Anhang	A-1
8.1	Bodenschutzrechtliche sowie lebens- und futtermittelrechtliche Werte- regelungen zur Schadstoffbelastung	A-1
8.2	Anhaltspunkte und konkrete Anhaltspunkte für schädliche Boden- veränderungen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen	A-4
8.3	Hinweise zur Beprobung von Böden gemäß Anhang 1 BBodSchV.....	A-6
8.4	Einfache Mittel zur Gefahrenabwehr im Sinne § 3 Abs. 5 S. 2 BBodSchV.....	A-7
8.5	Hinweise zur Durchführung von Pflanzenuntersuchungen	A-8
8.6	Maßnahmentabelle	A-11
8.6.1	Systemische Aufnahme	A-11
8.6.2	Verschmutzung	A-17

8.6.2.1	Wiesennutzung	A-17
8.6.2.2	Weidenutzung	A-20
8.6.2.3	Feldfutterbau	A-23
8.6.2.4	Marktfruchtanbau	A-24
8.6.2.5	Schmutzbedingte Schadstoffaufnahmen von Pflanzen und Tieren in Überschwemmungsgebieten	A-25
8.6.2.6	Feld-/Frischgemüseanbau	A-26
8.6.3	Ausgasungspfad	A-28
8.7	Landwirtschaftliche Ziel-pH-Werte und Kalkungshinweise	A-30

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3–1:	Regeluntersuchungsablauf bei der Gefährdungsabschätzung stofflicher Bodenveränderungen in der Landwirtschaft	15
Abb. 3–2:	Vergleich gemessener und mit Hilfe der Regressionsgleichungen nach Tab. 3–1 berechneter Cadmium- und Bleigehalte im AN-Extrakt (mg/kg; doppel-logarithmischer Maßstab)	21
Abb. 4–1:	Schadstofftransfer vom Boden zur Pflanze über verschiedene Teilpfade	23
Abb. 4–2:	Anteil der ammoniumnitrat (AN)-löslichen Fraktion am königswasser- extrahierbaren (KW)-Gehalt in Abhängigkeit vom pH-Wert in belasteten Böden (Daten aus FRÄNZLE et al. 1995)	24
Abb. 4–3:	Prozentuale Anteile der Transferpfade (systemisch bzw. +3% Verschmutzung) von Cd, Pb, Zn und As am Gesamt-Pflanzengehalt von Grünlandaufwuchs	26
Abb. 5–1:	Verteilung der pH-Werte von Grünlandböden in Kreisgebieten des Berg- ischen Landes. Datengrundlage: Bodenbelastungskarten Solingen, Wuppertal, Rheinisch-Berigscher-Kreis (RBK) und Oberbergischer Kreis Süd (OBK-Sued) (FELDWISCH 2004)	31
Abb. 5–2:	Verhältnis zwischen Cd-Gehalt im Königswasser (KW)- und Ammonium- nitrat (AN)-Extrakt in Abhängigkeit vom pH-Wert (Quelle: LUA Essen)	34

Tabellenverzeichnis

Tab. 3–1: Regressionsgleichungen zur Berechnung von AN-Gehalten in Acker- und Gartenböden (LUA NRW 2005)	21
Tab. 3–2: Kritische Gehalte von Cd, Pb und Zn im KW-Extrakt [mg/kg] für unterschiedliche pH-Wertbereiche, die auf schädliche Bodenveränderungen für den Wirkungspfad Boden-Pflanze hinweisen (Werte gerundet)	22
Tab. 5–1: Regelfallvermutungen zu Verschmutzungsanteilen, die von dem im Bundesanzeiger 161a genannten 3-%igem Verschmutzungsanteil abweichen (FELDWISCH et al. 2003, verändert).....	30
Tab. 6–1: Instrumente zur Umsetzung von Bodenschutzaufgaben auf landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzten Flächen (AAV 2003, verändert)....	39

Anhangtabellen

Tab. A 1: Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanzen	A-1
Tab. A 2: Höchstgehalte für Kontaminanten in Lebensmitteln nach EU-Kontaminanten-VO (Auszug)	A-2
Tab. A 3: Höchstgehalte für unerwünschte Stoffe in der Tierernährung nach Anhang 5 der Futtermittelverordnung	A-3
Tab. A 4: Anhaltspunkte für das Vorliegen schädlicher stofflicher Bodenveränderungen.....	A-4
Tab. A 5: Konkrete Anhaltspunkte im Sinne § 3 Abs. 4 BBodSchV für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast (FELDWISCH et al. 2003, ergänzt)	A-5
Tab. A 6: Beispiele für einfache Mittel der Gefahrenabwehr im Sinne von § 3 Abs. 5 S. 2 BBodSchV (FELDWISCH et al. 2003, verändert)	A-7
Tab. A 7: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei systemischer Schadstoffaufnahme .	A-11
Tab. A 8: Relative Anreicherungen von Cd, Pb und Tl in verschiedenen Pflanzenarten	A-13
Tab. A 9: Sortenspezifische Cd-Aufnahme in das Winterweizenkorn auf sächsischen Verwitterungsböden (LFL 2003)*	A-14
Tab. A 10: Anbauempfehlungen für den Getreideanbau auf schwermetallbelasteten Böden im Landkreis Goslar (LWK HANNOVER 2005)	A-15
Tab. A 11: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Schadstoffaufnahme über Verschmutzungspfad – Wiesennutzung.....	A-17

Tab. A 12: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Schadstoffaufnahme über Verschmutzungspfad – Weidennutzung	A-20
Tab. A 13: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Schadstoffaufnahme über Verschmutzungspfad – Feldfutterbau	A-23
Tab. A 14: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Schadstoffaufnahme über Verschmutzungspfad – Marktfruchtanbau	A-24
Tab. A 15: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Schadstoffaufnahme über Verschmutzungspfad – Besonderheiten in Überschwemmungsgebieten	A-25
Tab. A 16: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Schadstoffaufnahme über Verschmutzungspfad – Feld-/Frischgemüseanbau	A-26
Tab. A 17: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Schadstoffaufnahme über den Ausgasungspfad	A-28
Tab. A 18: Klassifizierte Flüchtigkeit einzelner organischer Schadstoffe	A-29
Tab. A 19: Ziel-pH-Werte und Erhaltungskalkung für Ackerland (gerundete Werte)	A-30
Tab. A 20: Ziel-pH-Werte und Erhaltungskalkung für Grünland (gerundete Werte).....	A-31
Tab. A 21: Einteilung der Bodenartengruppen	A-31

1 Veranlassung und Zielsetzung

In Nordrhein-Westfalen liegen umfangreiche Erkenntnisse zur Schadstoffsituation landwirtschaftlich genutzter Böden vor. In den letzten Jahren wurden diese Kenntnisse durch die Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten vertieft und räumlich konkretisiert. Es hat sich gezeigt, dass insbesondere in immissionsbelasteten Ballungsgebieten, in ehemaligen Erzabbaugebieten und in Überschwemmungsgebieten schädliche stoffliche Bodenveränderungen auftreten können.



Nach der Erfassung und Gefahrenbeurteilung schädlicher Bodenveränderungen stellt sich im nächsten Schritt die Frage nach dem Umgang mit derartigen Flächen. Diese sind üblicherweise auf Grund von diffusen immissions- oder überschwemmungsbürtigen Schadstoffeinträgen zwar großflächig belastet, weisen dabei aber im Vergleich zu Altlastenstandorten eher mäßige Schadstoffgehalte auf.

Beim Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung haben die Pflichtigen in einem angemessenen Zeitrahmen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr zu ergreifen. Damit stehen Untere Bodenschutzbehörden wie Landwirtschaftskammer vor der Aufgabe, Lösungen für derartige Flächen zu entwickeln und umzusetzen. Maßnahmen aus dem Bereich der typischen Altlastensanierung kommen dabei in der Regel kaum in Frage, stattdessen sind oftmals Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen anzuwenden.

Auch ist das Verhältnis zur landwirtschaftlichen Beratung nach § 17 Abs. 2 BBodSchG (Grundsätze der guten fachlichen Praxis) zu beachten. Im Vorfeld oder ergänzend zur Gefahrenabwehr können vorsorgliche Empfehlungen gegeben werden. Es hat sich daher als vorteilhaft erwiesen, wenn die Untere Bodenschutzbehörde die notwendigen Arbeitsschritte im Sinne eines kooperierenden Verwaltungshandelns frühzeitig mit der Landwirtschaftskammer abstimmt. Rechtlich besteht nach § 5 Abs. 5 BBodSchV die Pflicht zum Einvernehmen erst bei der Anordnung von Maßnahmen, jedoch wird eine Abstimmung der Bodenschutzbehörde mit der Landwirtschaftskammer bereits im Vorfeld die Gefahrenbewältigung gerade bei der praktischen Umsetzung befördern. Da mehrere Rechtsbereiche betroffen sein können, sind neben der Landwirtschaftskammer in Abhängigkeit von der Gefahrensituation ggf. auch die zuständigen Behörden der Lebens- und Futtermittelüberwachung einzubinden.

Diese Handlungsempfehlungen greifen die Hinweise aus dem LUA-Merkblatt 22 zur weiteren Sachverhaltsermittlung (LUA 2000a) auf und geben Hilfestellungen für die sachgerechte Gefahrenbeurteilung und -abwehr auf landwirtschaftlich genutzten Böden. Ziel-

gruppe sind insbesondere die Unteren Bodenschutzbehörden sowie die Landwirtschaftskammer. Aber auch die Behörden der Lebens- und Futtermittelüberwachung sowie betroffene Landwirte erhalten einen Einblick in die Bewertung und Gefahrenabwehr bei schädlichen stofflichen Bodenveränderungen.

In den folgenden fünf Abschnitten werden rechtliche und fachliche Informationen bereitgestellt:

- Rechtliche Grundlagen
- Arbeitsschritte zur Feststellung einer schädlichen stofflichen Bodenveränderung
- Transferpfade der Schadstoffe vom Boden zur Pflanze
- Häufige Fallgestaltungen und angepasste Maßnahmen
- Instrumente zur Umsetzung der Gefahrenabwehr

Im Anhang steht ein ursachenbezogener Maßnahmenkatalog zur Verfügung. Weiterhin finden sich im Anhang die wesentlichen Werteregulungen des Lebens- und Futtermittelrechtes sowie Bodenschutzrechtes und Hinweise zur fachgerechten Probennahme.

2 Rechtliche Grundlagen

2.1 Bodenschutzrecht

Nach Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) sind Bodenveränderungen dann als schädlich zu bezeichnen, wenn sie mit einer Beeinträchtigung von Bodenfunktionen einhergehen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen (§ 2 Abs. 3 BBodSchG). Dies ist bei Überschreitungen von Maßnahmenwerten der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) in der Regel der Fall. Bei Prüfwertüberschreitungen ist der Gefahrenverdacht durch eine einzelfallbezogene Prüfung zu verwerfen oder zu bestätigen oder – wo möglich – bereits eine Gefahrenabwehr mit einfachen Mitteln herbeizuführen (§ 3 Abs. 5 BBodSchV). Die Prüf- und Maßnahmenwerte sind schutzgutbezogen abgeleitet worden. Im Bereich der Nutzpflanzen zielt das Bodenschutzrecht auf die Erzeugung unbedenklicher Ernteprodukte ab. Die bodenschutzrechtlichen Werteregulungen sollen den Schadstofftransfer vom Boden in pflanzliche und tierische Produkte so begrenzen, dass die Anforderungen des Lebens- und Futtermittelrechtes dauerhaft eingehalten werden und letztlich der Mensch als Endkonsument keinen gesundheitlichen Gefahren ausgesetzt wird.

Bodenschutzrecht:

- schutzgutbezogene Prüf- und Maßnahmenwerte
- Gefahrenabwehr in der Landwirtschaft vorrangig durch Schutz und Beschränkungsmaßnahmen

Für Nahrungspflanzen aus Ackerbau und Nutzgärten führt die BBodSchV Bodenwerte auf, die auf die Einhaltung der Pflanzenqualität bzw. auf die Vermeidung von Wachstumsbeeinträchtigungen abzielen; diese Werte sind zumeist im Ammoniumnitratextrakt (AN-Extrakt) zu ermitteln. Weiterhin werden für Grünlandböden Maßnahmenwerte zur Gewährleistung der futtermittelrechtlich begründeten Pflanzenqualität benannt; die Maßnahmenwerte sind im Königswasserextrakt (KW-Extrakt) zu bestimmen. Die einzelnen Werteregulungen sind im Anhang (Tab. A 1) aufgeführt. Der bodenschutzrechtliche Regeluntersuchungsablauf wird in Kap. 3.1 beschrieben.

Zur Gefahrenabwehr kommen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen gemäß § 5 Abs. 5 BBodSchV vorrangig Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen in Betracht. Diese Maßnahmen sind im Einvernehmen mit der landwirtschaftlichen Fachbehörde zu ergreifen. Zudem besteht eine Aufzeichnungspflicht über die ergriffenen Maßnahmen.

2.2 Lebensmittelrecht

Zur Beurteilung der Pflanzenqualität im Hinblick auf Schadstoffgehalte ist die Verordnung zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln heranzuziehen. Die EU-Kontaminanten-VO legt u. a. für Cadmium, Blei und Dioxine Höchstgehalte für verschiedene pflanzliche Lebensmittel fest (Tab. A 2). Die Höchstgehalte sind als toxikologisch vertretbare Werte zu verstehen (Abs. 3 der Erwägungen zur Verordnung).

Lebensmittelrecht:

- Höchstgehalte für Kontaminanten in Lebensmitteln
- regelt das Inverkehrbringen
- Verdünnungsverbot

Nach Art. 1 Abs. 1 der EU-Kontaminanten-VO dürfen die in der Verordnung genannten Lebensmittel nur in Verkehr gebracht werden, wenn ihr Gehalt an Kontaminanten die aufgeführten Höchstgehalte nicht übersteigt. Dabei gelten die Höchstgehalte für die essbaren Teile der Lebensmittel. Die Höchstgehalte sind auch von Erzeugnissen einzuhalten, die als Zutat bei der Herstellung zusammengesetzter Lebensmittel verwendet werden; das heißt, es besteht ein Verdünnungsverbot.

2.3 Futtermittelrecht

Als Bewertungsmaßstab für die Eignung der Futtermittel für die tierische Ernährung sind u. a. die Höchstgehalte an unerwünschten Stoffen nach Futtermittelverordnung, Anhang 5 heranzuziehen. Dort werden für Arsen, Blei, Cadmium, Quecksilber und Dioxine Höchstgehalte vorgegeben, welche den Höchstgehalten der Richtlinie 2002/32/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung (EU-Futtermittelrichtlinie) entsprechen. Die für den Bodenschutz relevanten Höchstgehalte sind im Anhang aufgeführt (Tab. A 3).

Futtermittelrecht:

- Höchstgehalte für unerwünschte Stoffe in Futtermitteln
- Verdünnungsverbot
- Bei Überschreitungen auch keine Nutzung im eigenen Betrieb

Das aktuell geltende Futtermittelrecht lässt keine Verdünnung durch Verschneidung von Futtermitteln und auch – im Gegensatz zur alten Fassung – keine Überschreitung der Höchstgehalte im Falle der Futtermittelverwertung auf dem eigenen landwirtschaftlichen Betrieb mehr zu.

2.4 Pflichten des Nutzpflanzenproduzenten im Hinblick auf die Einhaltung der Höchstgehalte in pflanzlichen Lebens- und Futtermitteln

Die Herstellung und das Inverkehrbringen von Lebens- und Futtermitteln unterliegt gesetzlichen Anforderungen. So ist die Einhaltung der Höchstgehalte nach Lebens- und Futtermittelrecht auch von jedem Landwirt eigenverantwortlich sicherzustellen. Die Verpflichtung ergibt sich aus folgenden rechtlichen Bestimmungen zum Straftatbestand nach Lebensmittelrecht bzw. zur Unterrichtspflicht nach Futtermittelrecht:

Eigenverantwortung des Landwirts

- zur Einhaltung der Höchstgehalte
- ggf. auch Unterrichtspflicht

§ 5 Abs. 3 der Verordnung über Höchstgehalte an Schadstoffen in Lebensmitteln vom 19. Dezember 2003

Nach § 56 des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzes wird bestraft, wer gegen die Verordnung (EG) Nr. 466/2001 verstößt, indem er vorsätzlich oder fahrlässig

1. ein dort genanntes Lebensmittel in den Verkehr bringt, dessen Gehalt an Kontaminanten einen dort aufgeführten Höchstgehalt übersteigt,
2. ein Erzeugnis, dessen Gehalt an Kontaminanten die Höchstgehalte übersteigt, als Zutat bei der Herstellung zusammengesetzter Lebensmittel verwendet oder
3. ein Erzeugnis, bei dem die Höchstgehalte eingehalten werden, mit einem solchen mischt, bei dem die Höchstgehalte überschritten werden.

§ 15 Abs. 5 Futtermittelgesetz

Wer im Rahmen seines beruflichen oder gewerbsmäßigen Umgangs mit Futtermitteln Kenntnis darüber erhält, dass ein Futtermittel die Höchstgehalte nach Anhang 5 der Futtermittelverordnung überschreitet, hat die zuständige Behörde davon zu unterrichten, selbst wenn die Vernichtung der Futtermittel beabsichtigt ist.

Konsequenzen für die Nutzpflanzenproduktion auf Böden mit erhöhten Schadstoffgehalten

Um Verstöße gegen die lebens- und futtermittelrechtlichen Pflichten zu vermeiden, sind auf Flächen mit erhöhten Schadstoffgehalten bodenschutzrechtliche Maßnahmen zur Reduzierung des Schadstofftransfers vom Boden in Nutzpflanzen zu prüfen und – im Falle von bereits vorliegenden oder zu erwartenden Überschreitungen der Höchstgehalte – zu ergreifen. Überschreiten die Schadstoffgehalte im Boden die bodenschutzrechtlichen Maßnahmenwerte, so sind im Regelfall Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen einzuleiten. Die Maßnahmen sind nach Schadstoffart, Belastungshöhe, Schadstoffverfügbarkeit und wesentlichem Transferpfad zu differenzieren.

Liegen zur abschließenden Beurteilung keine ausreichenden Untersuchungsergebnisse vor, dann sind nach den Gegebenheiten des Einzelfalles unter Umständen weitere repräsentative Bodenuntersuchungen zu veranlassen. Ggf. können ergänzend Pflanzenuntersuchungen sinnvoll sein; dabei sind jedoch die Hinweise des Anhangkapitels 8.5 unbedingt zu berücksichtigen, um aussagekräftige Ergebnisse gewinnen zu können.

3 Arbeitsschritte zur Feststellung einer schädlichen stofflichen Bodenveränderung

3.1 Regeluntersuchungsablauf

Das Bodenschutzrecht gibt für die Untersuchung und Bewertung stofflicher Bodenveränderungen eine Schrittfolge vor (Regeluntersuchungsablauf, vgl. Abb. 3–1).

Nach § 5 LBodSchG erfassen die Unteren Bodenschutzbehörden nach pflichtgemäßem Ermessen schädliche Bodenveränderungen und Verdachtsflächen. Zu ermitteln sind insbesondere Angaben über Lage, Größe, Nutzung und Eigentumsverhältnisse sowie zu möglichen Belastungsursachen und Gefährdungen. Die Erfassung kann auch mit Hilfe digitaler Bodenbelastungskarten erfolgen. Weiterhin tragen Recherchen zu bereits vorliegenden Untersuchungen, Gutachten und anderen Unterlagen sowie Befragungen der Eigentümer oder Flächennutzer zu Nutzungsgeschichte und Auffälligkeiten zur Erfassung bei. Einzubeziehen sind auch Hinweise auf mögliche natürliche oder anthropogene Schadstoffquellen.

§ 5 LBodSchG:

Erfassung schädlicher Bodenveränderungen oder Verdachtsflächen durch Untere Bodenschutzbehörden; Bodenbelastungskarten dienen der Erfassung.

Ergeben sich der Unteren Bodenschutzbehörde nach einer ersten Sichtung und Einschätzung **Anhaltspunkte** für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung, so soll sie zur Ermittlung des Sachverhalts die geeigneten Maßnahmen ergreifen (§ 9 Abs.1 BBodSchG). Anhaltspunkte im Sinne § 3 Abs. 1 bis 3 BBodSchV können z. B. mit Hilfe von Bodenbelastungskarten ermittelt werden.

Anhaltspunkte

begründen den Verdacht auf das Vorliegen schädlicher Bodenveränderungen und lösen die **orientierende Untersuchung** aus.

Überschreiten z. B. Schätzwerte aus digitalen Bodenbelastungskarten die Prüf- oder Maßnahmenwerte, so ist dieses im Regelfall als Anhaltspunkt zu werten (vgl. auch Kap. 3.2). Weitere mögliche Anhaltspunkte sind im Anhang aufgeführt (Tab. A 4).

Im Übrigen kann der Regeluntersuchungsablauf jederzeit verlassen werden, wenn die Gefahrenlage auf der Basis der vorliegenden Informationen ohne weitergehende Untersuchungen mit ausreichender Genauigkeit eingeschätzt werden kann.

Orientierende Untersuchung

Wird durch Anhaltspunkte der Verdacht auf das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung begründet, dann soll die Untere Bodenschutzbehörde im Sinne von § 9 Abs. 1 eine orientierende Untersuchung durchführen. Dazu sind möglichst flächenrepräsentative Bodenuntersuchungen durchzuführen. Hinweise hierzu finden sich im Anhangkapitel 8.3. Untersuchungen an Nahrungs- und Futterpflanzen sind im Rahmen der orientierenden Untersuchung nicht sinnvoll und sollten der Detailuntersuchung vorbehalten bleiben.

Bewertung der Analyseergebnisse:

- i. d. R. mit Hilfe der Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV;
- bei Unterbodenproben gilt der 1,5-fache Prüf-/Maßnahmenwert

Die orientierende Untersuchung zielt darauf ab, entweder den Gefahrenverdacht zu verwerfen und die Fläche aus der Untersuchung zu entlassen oder den Gefahrenverdacht mit Hilfe **konkreter Anhaltspunkte** (Tab. A 5) zu erhärten. Dazu sind die Ausdehnung der stofflichen Bodenbelastungen und die Belastungshöhe zu erfassen. In der Regel orientiert sich die Bewertung der Schadstoffgehalte an den Prüf- und Maßnahmenwerten. Daneben können zur Gefahrenbeurteilung – insbesondere in Gebieten mit flächenhafter Überschreitung der Prüf- und Maßnahmenwerte – auch gebiets- und gefahrenbezogene Beurteilungswerte herangezogen werden. Die Methodik zur Ableitung gebiets- und gefahrenbezogener Beurteilungswerte ist im Leitfaden für die Ausweisung von Bodenschutzgebieten (MUNLV 2004) beschrieben.

Ziel der orientierenden Untersuchung:

- Erhärten des Gefahrenverdachts mit **konkreten Anhaltspunkten**
- oder Verwerfen des Gefahrenverdachts und Entlassen der Fläche aus der Untersuchung

Die Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV (s. Tab. A 1) gelten für die Bewertung von Oberböden, was im Regelfall bei einer acker- oder gartenbaulichen Nutzung einer Tiefe von ca. 30 cm, bei Grünland von ca. 10 cm entspricht. Für tiefer liegende Bodenschichten (bis 60 cm bei Acker-/Gartenbau bzw. bis 30 cm bei Grünland) ist gemäß BBodSchV Anhang 2 das jeweils 1,5-fache des jeweiligen Prüf- bzw. Maßnahmenwertes zur Bewertung heranzuziehen.

Fehlen für relevante Schadstoffe einer zu untersuchenden Fläche Prüf- und Maßnahmenwerte, dann gilt nach § 4 Abs. 5 BBodSchV, dass für die erforderliche Bewertung der bislang nicht geregelten Parameter die bei der Prüfwert- und Maßnahmenwertableitung verwendeten Methoden und Maßstäbe zu berücksichtigen sind, wobei auf den Bundesanzeiger Nr. 161a vom 28.08.1999 verwiesen wird. Dies erfordert in der Regel erhebliche gutachterliche Sachkunde.

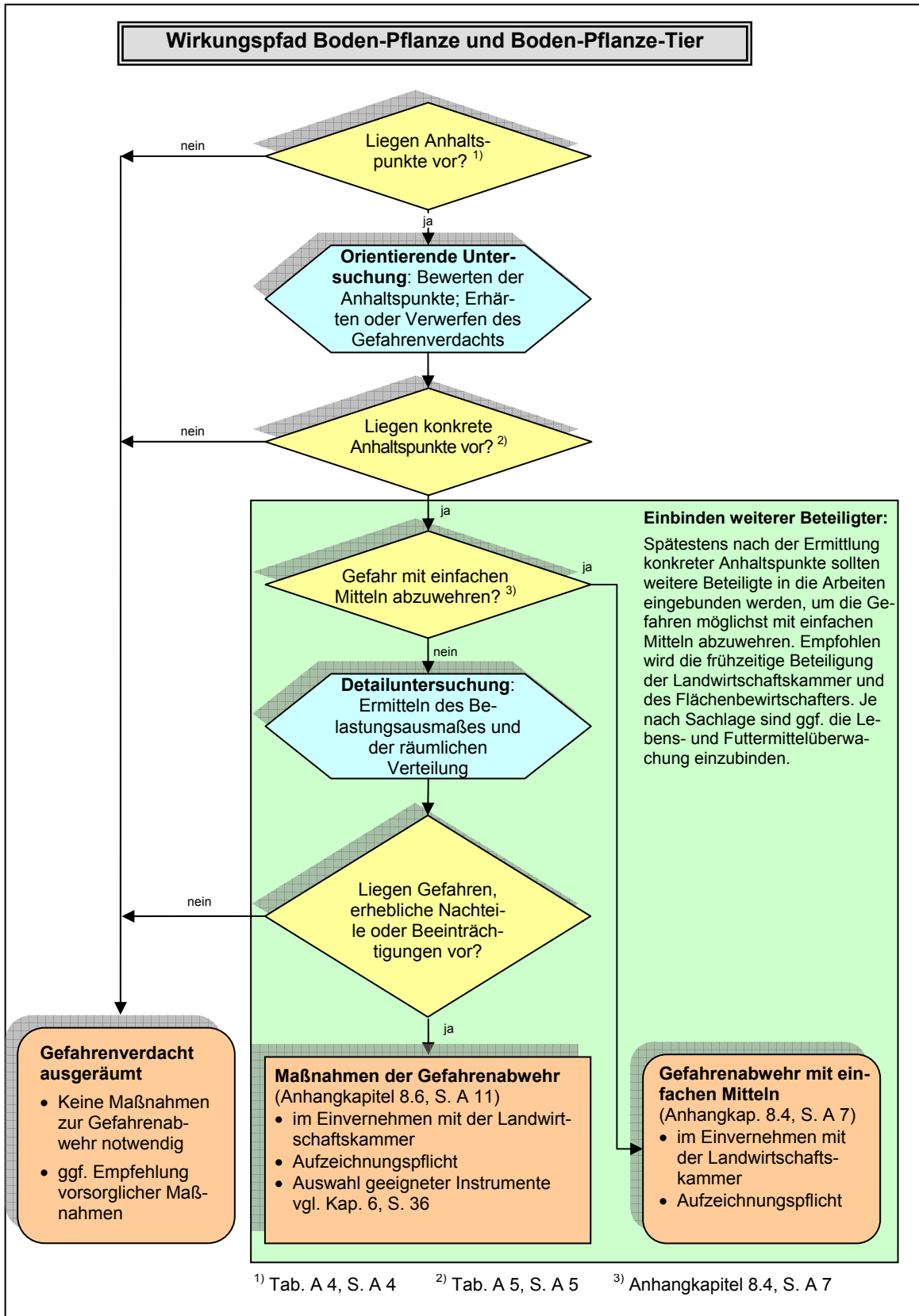


Abb. 3–1: Regeluntersuchungsablauf bei der Gefährdungsabschätzung stofflicher Bodenveränderungen in der Landwirtschaft

Einfache Mittel zur Gefahrenabwehr

Liegen konkrete Anhaltspunkte vor und ist somit der Gefahrenverdacht im Hinblick auf die aktuelle oder planungsrechtlich zulässige Nutzung erhärtet, dann ist nach § 3 Abs. 5 Satz 2 BBodSchV zuerst zu überprüfen, ob von einer Detailuntersuchung abgesehen werden kann. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die von einer schädlichen Bodenveränderung ausgehenden Gefahren nach Feststellung durch die Untere Bodenschutzbehörde mit einfachen Mitteln abgewehrt oder sonst beseitigt werden können (Hinweise im Anhangkapitel 8.4, S. A 7). Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sollte dies der Regelfall sein; nur wenn die Gefahren nicht mit einfachen Mitteln abgewehrt werden können, sind Detailuntersuchungen zu veranlassen.

Einfache Mittel

sind nach Möglichkeit zu ergreifen, wenn damit die Gefahrenabwehr gewährleistet werden kann. Dann kann auf die Detailuntersuchung verzichtet werden.

Beispiel für einfache Mittel

Bei schädlichen Bodenveränderungen durch erhöhte mobile Schadstoffgehalte (Ammoniumnitratextrakt) auf Grund starker Bodenversauerung ist als einfaches Mittel eine Aufkalkung vorzusehen, ohne dass eine aufwändige weitere Sachverhaltsermittlung vorgenommen werden muss.

Die Auswahl einfacher Mittel sollte in Abstimmung mit der Landwirtschaftskammer und dem pflichtigen Flächenbewirtschafter erfolgen. Dadurch besteht die Möglichkeit, gemeinsam nach einer einfachen Möglichkeit der Gefahrenabwehr zu suchen, die eine aufwändige Detailuntersuchung und die Anordnung von Maßnahmen vermeidet¹.

Landwirtschaftskammer und Landwirt

schon bei der Auswahl einfacher Mittel beteiligen.

In vielen Fällen werden zur Gefahrenabwehr Maßnahmen geeignet sein, die im Rahmen der Beratung zur guten fachlichen Praxis von der Landwirtschaftskammer ohnehin empfohlen werden. Es ist daher auch für den Landwirt vorteilhaft, nicht auf einer Detailermittlung zu bestehen, die er gegebenenfalls auf seine Kosten durch einen Sachverständigen durchführen lassen muss, sondern gemeinsam mit der zuständigen Bodenschutzbehörde und der Landwirtschaftskammer geeignete einfache Mittel auszuwählen.

Für die Bodenschutzbehörde liegen die Vorteile dieser Vorgehensweise darin, frühzeitig den Sachverstand der Landwirtschaftskammer in die Problemlösung mit einzubeziehen und gleichzeitig den Vollzugaufwand zu begrenzen. Des Weiteren

Frühzeitige Beteiligung

der Landwirtschaftskammer befördert den Bodenschutzvollzug

¹ In diesem Sinne hat der BVB-Fachausschuss „Gefahrenabwehr bei Bodenerosion“ Handlungsempfehlungen formuliert (BVB 2004, S. 25-26). Die nachfolgenden Abschnitte basieren im Wesentlichen auf den Ausführungen des Fachausschusses, wobei inhaltliche Anpassungen und Kürzungen vorgenommen wurden.

lassen sich die notwendigen Maßnahmen der Gefahrenabwehr den Flächenbewirtschaftern durch die Einbindung landwirtschaftlicher Berater besser vermitteln. Im Rahmen einer **einvernehmlichen Lösung** ist gemeinsam festzulegen, welche Maßnahmen durchgeführt und wie die Durchführung und der Erfolg dieser Maßnahmen dokumentiert werden sollen (Aufzeichnungspflicht). Die Dauerhaftigkeit der Gefahrenabwehr muss auch bei Ergriffung einfacher Maßnahmen sichergestellt werden. Über die im Anhangkapitel 8.4 (S. A 7) aufgeführten Beispiele einfacher Mittel hinaus sind im Anhangkapitel 8.6 (S. A 11) alle generell zur Gefahrenabwehr geeigneten Maßnahmen aufgeführt.

Detailuntersuchung

Sollte der oben beschriebene Weg nicht gangbar sein, ist die Gefährdungsabschätzung im Rahmen der **Detailuntersuchung** fortzusetzen. Orientierende Untersuchung und Teile der Detailuntersuchung werden aus Gründen der Praktikabilität in der Praxis oftmals gemeinsam durchgeführt; die Hinweise zur fachgerechten Ausführung finden sich im Anhang Kap 8.3 und 8.5. Nach § 9 Abs. 2 BBodSchG kann die Bodenschutzbehörde beim Vorliegen konkreter Anhaltspunkte aber auch anordnen, dass die in § 4 Abs. 3, 5 und 6 genannten Personen die notwendigen Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung durchzuführen haben. Die Detailuntersuchung hat insbesondere zwei Sachverhalte zu klären:

Detailuntersuchung muss klären:

- Ausmaß und räumliche Verteilung der Schadstoffgehalte im Boden
- Art und Ausmaß der Gefährdung der Pflanzenqualität / Wachstumsbeeinträchtigungen
- Untersuchungen hierzu können am
 - Boden,
 - Schadstoffübergang
 - oder an den Pflanzen ansetzen.

- Das Ausmaß und die räumliche Verteilung der Schadstoffgehalte sind abschließend zu ermitteln.
- Art und Ausmaß der Schutzgutgefährdung sind in Bezug auf die Wirkungspfade Boden-Pflanze bzw. Boden(-Pflanze)-Tier abschließend festzustellen, wobei auch Aussagen über pflanzenverfügbare Schadstoffanteile ermöglicht werden sollen.

Hinweise zur weiteren Sachverhaltsermittlung finden sich im LUA-Merkblatt Nr. 22 (LUA 2000a). Zur Beurteilung sind Untersuchungen des Bodens, zum Schadstoffübergang oder an der Pflanze möglich (LUA 2000a, S. 14ff u. 55ff; vgl. auch FELDWISCH et al. 2003):

- Untersuchungen am Boden: Dazu sind repräsentative Schadstoffanalysen z.B. im Hinblick auf deren Mobilität bzw. Mobilisierbarkeit (z.B. Bindungsformen) zur Absicherung des pflanzenverfügbaren Anteils vorzunehmen.
- Untersuchungen zum Schadstoffübergang: Hierbei sind Transferabschätzungen hinsichtlich des Schadstoffübergangs Boden-Pflanze oder Boden-(Pflanze)-Tier vorzunehmen (vgl. Abb. 4–1, Seite 23), die auf Grundlage der physikalisch-chemischen Gegebenheiten des Bodens, des Schadstoffinventars und der jeweils bewertungsrelevanten Pflanzenarten bzw. Pflanzenteile durchzuführen sind.

- Untersuchungen am Schutzgut (Pflanze oder Tier): Hierzu werden Schadstoffanalysen direkt am Schutzgut vorgenommen. Um zu verallgemeinerbaren und in der Prognose verlässlichen Daten zu kommen, sind die Ausführungen des Anhangkapitels 8.5 (S. A 8) zu berücksichtigen.

Pflanzenuntersuchungen sollten nicht standardmäßig im Rahmen der Gefährdungsabschätzung eingeplant werden. Stattdessen sollte die Gefahrenbeurteilung in der Regel auf repräsentative Bodenuntersuchungen und Transferabschätzungen gestützt werden. Wenn Pflanzenuntersuchungen im Einzelfall sinnvoll erscheinen, dann empfiehlt sich eine detaillierte Untersuchungsplanung entsprechend den Hinweisen im Anhangkapitel 8.5 (S. A 8). Die vielfältigen Einflüsse auf den Schadstoffgehalt von Pflanzen machen eine Gefahrenbeurteilung sehr schwierig, da die Schadstoffgehalte in Pflanzen starken Schwankungen unterliegen.

Pflanzenuntersuchungen

sind im Regelfall nicht zu empfehlen. Die Gefahrenbeurteilung sollte sich zumeist auf Bodenuntersuchungen und Transferabschätzungen stützen.

Letztendlich ist der Schadstoffgehalt einer Pflanzenuntersuchung nur für den Pflanzenbestand zum Zeitpunkt der Beprobung aussagekräftig. Das heißt, dass nur für diese Pflanzencharge anhand der lebens- bzw. futtermittelrechtlichen Höchstgehalte die Verkehrsfähigkeit beurteilt werden kann. Aussagen zum Schadstoffgehalt anderer Nutzpflanzenarten/-sorten, zu anderen Beprobungszeitpunkten und anderen Erntejahren mit abweichendem Witterungsverlauf sind nur eingeschränkt möglich. Mithin sind sichere bodenschutzrechtliche Gefahrenbeurteilungen für die Pflanzenqualität auf einzelnen Grundstücken nur durch langjährige Untersuchungen mit wissenschaftlicher Begleitung möglich. Aus diesem Grund sollte für Transferbeurteilungen im Regelfall auf die umfangreichen Auswertungen zum Zusammenhang zwischen Boden- und Pflanzengehalten der TRANSFER-Datenbank des Umweltbundesamtes zurückgegriffen werden (KNOCHE et al. 1999), anhand derer die

Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV abgeleitet wurden.

Die Gefahrenbeurteilung des Wirkungspfadens Boden-Pflanze-Tier muss insbesondere die **Ver-
schmutzung der Fut-
termittel** durch Boden-
anhang berücksichtigen, weil die Ver-
schmutzung sehr be-
deutend für die Schad-
stoffaufnahme der Nutz-
tiere ist.



Praxisuntersuchungen haben gezeigt, dass Futtermittel in Abhängigkeit vom Tierhaltungs- und Fütterungsverfahren sowie der eingesetzten Erntetechnik mit Bodenbeimengungen bis zu 10 Gew.-% und mehr verschmutzt sein können; im Mittel ist von einem **unvermeidbaren Bodenanhang von 3 %** auszugehen (vgl. ELSÄßER et al. 2004). Die Maßnahmenwerte der BBodSchV berücksichtigen diesen Einfluss bereits, so dass bei Maßnahmenwertüberschreitungen im Regelfall Gefahren für die Qualität der Futterpflanzen als abschließend bestätigt angesehen werden müssen.

Die **Detailuntersuchung schließt mit der Feststellung ab**, dass entweder der Verdacht auf schädliche Bodenveränderungen als ausgeräumt oder die Gefahren für die Pflanzenqualität oder durch Wachstumsbeeinträchtigungen als abschließend bestätigt anzusehen sind.

Bei der Bestätigung der Gefahren sind die möglichen **Maßnahmen zur Gefahrenabwehr** hinsichtlich ihrer Erforderlichkeit, Geeignetheit und Angemessenheit zu prüfen. Finden sich großflächige schädliche Bodenveränderungen, so kann es sinnvoll sein, die Flächen in Zonen unterschiedlicher Belastungsgrade zu gliedern, und die erforderlichen Maßnahmen an die jeweiligen Belastungsstufen anzupassen. Bei der Anordnung von Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen ist mit der Landwirtschaftskammer Einvernehmen herbeizuführen (§ 5 Abs. 5 BBodSchV). Neben der ordnungsrechtlichen Anordnung können auch andere **Instrumente** zur Umsetzung der Maßnahmen eingesetzt werden, z. B. die Verpflichtungserklärung oder der öffentlich-rechtliche Vertrag. Die Auswahl des Umsetzungsinstrumentes eröffnet den Behörden einen Handlungsspielraum, der die Akzeptanz und Effizienz der notwendigen Gefahrenabwehr erhöhen kann. Aus diesem Grund sollten diese Alternativen anhand der Bedingungen des Einzelfalles geprüft werden. Kap. 6 nennt geeignete Instrumente und gibt Hinweise zur Auswahl.

Anordnung von Maßnahmen der Gefahrenabwehr

muss im Einvernehmen mit der Landwirtschaftskammer erfolgen. Alternativ zur ordnungsrechtlichen Anordnung sollten auch andere Instrumente zur Maßnahmenumsetzung geprüft werden.

3.2 Umsetzung der Ergebnisse von Bodenbelastungskarten

Bodenbelastungskarten (BBK) dienen der flächenhaften Erfassung der Schadstoffsituation (LUA 2000b, BARKOWSKI et al. 2002). Werden BBK im Rahmen der orientierenden Untersuchung herangezogen, so ist die unterschiedliche Aussagesicherheit bei der Beurteilung zu berücksichtigen. Die einzelnen Messwerte, die den BBK zu Grunde liegen, und die in den Bodenbelastungskarten dargestellten, geschätzten Schadstoffgehalte in der Fläche haben eine unterschiedliche bodenschutzrechtliche Bedeutung. Maßstab hierfür sind die Anforderungen der BBodSchV an die Bodendaten, die sich wie folgt zusammenfassen lassen:

- **Messwerte** erlauben eine unmittelbare einzelfallbezogene Beurteilung der stofflichen Bodenbelastung mit konkretem Grundstücksbezug.
- **Schätzwerte** zur Beschreibung und Bewertung der Bodenbelastung in Gebieten haben im Vergleich zu Messwerten eine geringere Aussagekraft. In BBK dargestellte Schätzungen zu Prüf- und Maßnahmenwertüberschreitungen sind in der Regel nur als Anhaltspunkte zu werten.
- Werden Schätzwerte durch zusätzliche bodenschutzfachliche Auswertungen wie z. B. einer statistischen oder geostatistischen Betrachtung der Aussagesicherheit qualifiziert, dann können derart **abgesicherte Schätzwerte** bei Überschreitung von Prüf- oder Maßnahmenwerten als konkrete Anhaltspunkte angesehen werden (vgl. MUNLV 2004).

Bodenbelastungskarten (BBK):

- **Messwerte** erlauben eine unmittelbare Gefahrenbeurteilung
- **Schätzwerte** der BBK bei Überschreitung der Prüf-/Maßnahmenwerte nur als Anhaltspunkte zu werten
- **Schätzwerte mit hoher Aussagesicherheit** bei Überschreitungen der Prüf-/Maßnahmenwerte als konkrete Anhaltspunkte anzusehen

Abschätzung der Schadstoffgehalte im Ammoniumnitratextrakt (AN-Extrakt)

Im Zuge der BBK-Erstellung werden zumeist die Schwermetallgehalte nur im Königswasserextrakt (KW-Extrakt) analysiert. Die Prüf- und Maßnahmenwerte für den Wirkungspfad Boden-Pflanze auf ackerbaulich bzw. gärtnerisch genutzten Böden sind hingegen überwiegend im AN-Extrakt zu bestimmen. Die Gefahrenbeurteilung sollte in der Regel mit Hilfe von ergänzenden Bodenuntersuchungen im AN-Extrakt erfolgen, kann aber hilfsweise auch über eine Schätzung der AN-Gehalte vorgenommen werden. Die Schätzung bietet sich bei Vorliegen einer BBK insbesondere im Rahmen der Erstbewertung bzw. zu Beginn einer orientierenden Untersuchung des Wirkungspfades Boden-Pflanze an.

Hierzu hat das LUA auf der Grundlage von Messwerten von Acker- und Gartenböden im KW- und AN-Extrakt unter Berücksichtigung vom pH-Wert Regressionsgleichungen zur Berechnung von AN-Gehalten veröffentlicht (Tab. 3–1).

Gehalte im AN-Extrakt zur Gefahrenbewertung:

- Berechnen mit Hilfe von Regressionsgleichungen
- Zusätzliche analytische Bestimmung

Tab. 3–1: Regressionsgleichungen zur Berechnung von AN-Gehalten in Acker- und Gartenböden (LUA NRW 2005)

Elemente	Regressionsgleichungen
Cd	$\log \text{Cd}_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 0,885 \log \text{Cd}_{\text{KW}} - 0,513 \text{ pH-Wert} + 1,283; \quad r^2 = 0,59; \quad n = 428$
Pb	$\log \text{Pb}_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 0,765 \log \text{Pb}_{\text{KW}} - 0,522 \text{ pH-Wert} + 0,221; \quad r^2 = 0,45; \quad n = 212$
Zn	$\log \text{Zn}_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 1,022 \log \text{Zn}_{\text{KW}} - 0,839 \text{ pH-Wert} + 2,629; \quad r^2 = 0,69; \quad n = 312$

In diesen Regressionsgleichungen sind allerdings erhebliche Schätzunsicherheiten enthalten. Der Vergleich von gemessenen mit berechneten AN-Gehalten verdeutlicht dieses für die Elemente Cadmium und Blei (Abb. 3–2). Generell sind daher **rechnerische Prüf- oder Maßnahmenwertüberschreitungen** auf Grund der Berechnungsunsicherheiten bodenschutzrechtlich **nur als Anhaltspunkte** zu werten.

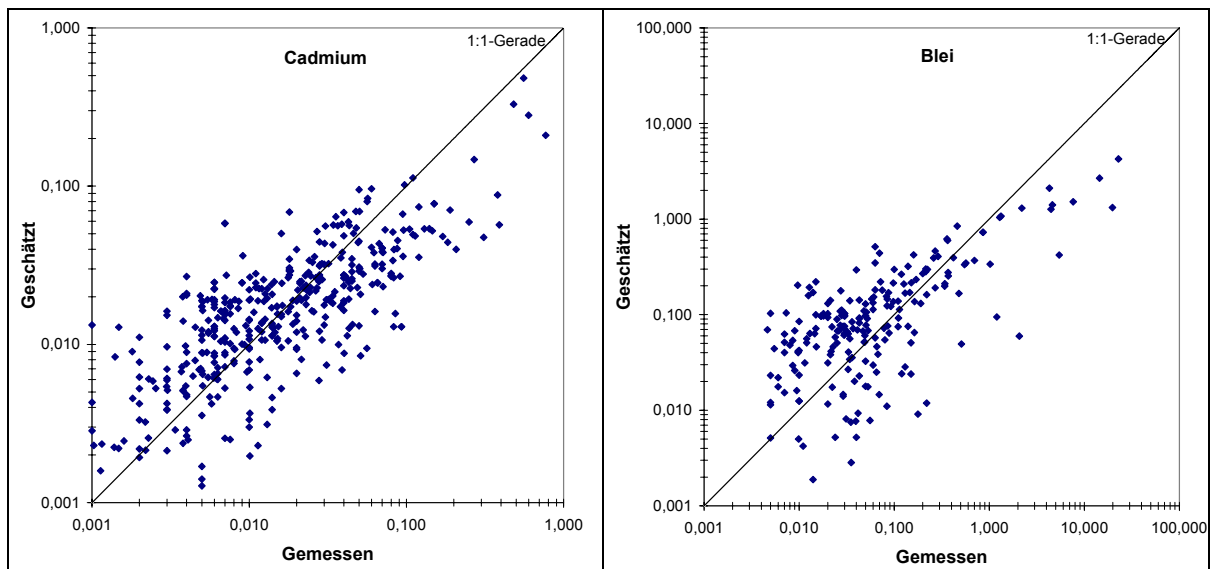


Abb. 3–2: Vergleich gemessener und mit Hilfe der Regressionsgleichungen nach Tab. 3–1 berechneter Cadmium- und Bleigehalte im AN-Extrakt (mg/kg; doppelt logarithmischer Maßstab)

Mit Hilfe oben genannter Regressionsgleichungen lassen sich für unterschiedliche pH-Wertebereiche der Böden auch **kritische KW-Gehalte** berechnen, ab denen eine Überschreitung der Prüf- oder Maßnahmenwerte für AN-Gehalte zu besorgen ist. Tab. 3–2 führt diese kritischen KW-Gehalte auf. Je deutlicher die kritischen KW-Gehalte für die jeweiligen pH-Wertstufen überschritten werden oder je deutlicher der pH-Wert beim gegebenen KW-Gehaltsniveau unterschritten wird, umso wahrscheinlicher sind Prüf- oder Maßnahmenwertüberschreitungen im AN-Extrakt.

Tab. 3–2: Kritische Gehalte von Cd, Pb und Zn im KW-Extrakt [mg/kg] für unterschiedliche pH-Wertbereiche, die auf schädliche Bodenveränderungen für den Wirkungspfad Boden-Pflanze hinweisen (Werte gerundet)

pH	Cd		Pb	Zn
	MW ¹ : 0,04	MW: 0,1	PW ² : 0,1	PW: 2
4,5	0,4	1	30	25
5	0,7	2	65	70
5,5	1,5	4	140	170
6	3,0	8	310	450
6,5	5,0	15	700	1.100
7	10	30	1.500	3.000

¹ MW = Maßnahmenwert

² PW = Prüfwert

4 Transferpfade der Schadstoffe vom Boden zur Pflanze

Für die Untersuchung und Bewertung des Wirkungspfades Boden-Pflanze bis hin zur Auswahl geeigneter Maßnahmen ist die grundsätzliche Kenntnis der verschiedenen Transferpfade, über die Schadstoffe vom Boden in bzw. auf das Erntegut gelangen, von großer Bedeutung.

Der **Schadstoffübergang vom Boden zur Pflanze** kann über folgende drei Pfade erfolgen (Abb. 4–1):

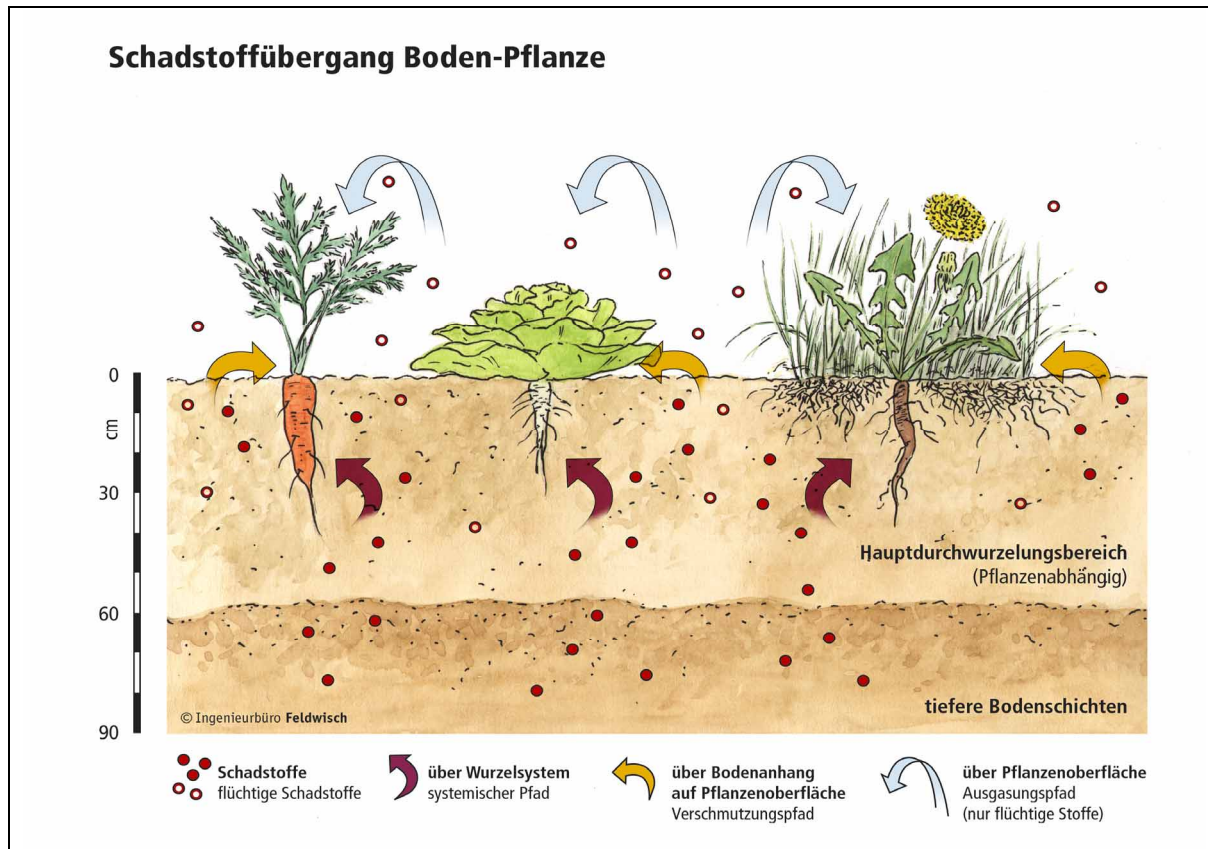


Abb. 4–1: Schadstofftransfer vom Boden zur Pflanze über verschiedene Teilpfade

1. **Systemischer Pfad:** Schadstoffe können aus dem Bodenwasser über die Wurzeln aufgenommen und in der Pflanze verteilt und angereichert werden.
2. **Verschmutzungspfad:** Bodenanklebung auf der Pflanzenoberfläche kann Schadstoffbelastungen verursachen. Dabei ist sowohl der Schadstoffgehalt des Bodenanklebens selbst als auch der aus dem Bodenanklebung von den Pflanzenoberflächen adsorbierte Anteil bewertungsrelevant.
3. **Ausgasungspfad:** Leicht- bis mittelflüchtige organische Schadstoffe können über die unter- und oberirdische Pflanzenoberfläche aus der Bodenluft bzw. der bodennahen Atmosphäre aufgenommen werden. Der Ausgasungspfad ist gegenüber den beiden anderen Pfaden von geringerer praktischer Relevanz.

Schwermetalle gelangen über den systemischen Pfad und über die Verschmutzung in bzw. auf Pflanzen. Entscheidend für die jeweilige Bedeutung der beiden Teilpfade sind die **Pflanzenverfügbarkeit** der Schwermetalle und die **Pflanzenart**. Mobilere Elemente wie Cd und Zn werden vorwiegend über die Wurzel aufgenommen, wohingegen weniger mobile Elemente wie As und Pb in deutlich geringerem Umfang über die Wurzel in die Pflanze gelangen. Bei gleicher Bodenbelastung zeigen Pflanzen ein starkes art- und teilweise sortenspezifisches Anreicherungsvermögen (vgl. Tab. A-8, A-9 und A-10 im Anhang). So wird z. B. Cadmium von Spinat oder Weizen besonders stark, von Feldsalat oder Roggen hingegen eher wenig aufgenommen

Transferpfade für Schwermetalle:

- systemischer Pfad und Verschmutzungspfad
- Bedeutung der beiden Pfade abhängig von
 - Mobilität der Metalle
 - pH-Wert
 - Pflanzenbestand
 - Bodengesamtgehalt
 - Anbau- und Ernteverfahren

Die Mobilität von Schwermetallen im Boden und damit ihre Pflanzenverfügbarkeit wird im starken Maße vom pH-Wert beeinflusst, wobei elementspezifische Unterschiede zu berücksichtigen sind. Abb. 4–2 zeigt anhand von Daten aus der Region Stolberg beispielhaft den Zusammenhang zwischen Boden-pH und mobilem Anteil am Gesamtgehalt der Elemente Cd, Pb und Zn.

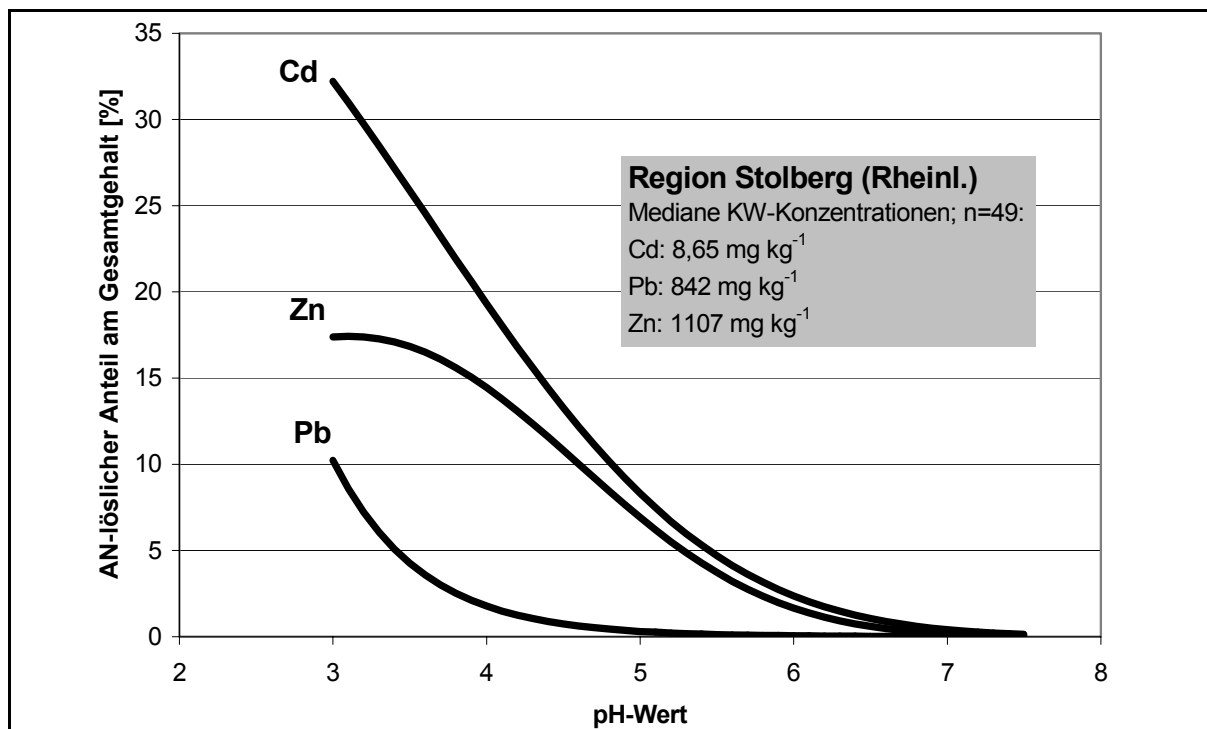


Abb. 4–2: Anteil der ammoniumnitrat (AN)-löslichen Fraktion am königswasserextrahierbaren (KW)-Gehalt in Abhängigkeit vom pH-Wert in belasteten Böden (Daten aus FRÄNZLE et al. 1995)

Mobile Schwermetalle wie Cd und Zn sind durch eine starke Zunahme der AN-löslichen Fraktion bei abnehmenden pH-Werten gekennzeichnet; die Mobilisierung setzt bereits bei Unterschreitung von pH 6 ein. Im Gegensatz dazu reagieren immobilere Elemente wie Pb erst bei sehr starker Versauerung mit erhöhten AN-Anteilen; zudem bleibt der AN-lösliche Anteil von Pb unter dem Niveau von Cd und Zn. Diese Erkenntnisse sind bei der Beurteilung der Gefährdung der Qualität von Nahrungspflanzen von besonderer Bedeutung, weil die Prüf- und Maßnahmenwerte für Acker- und Gartenböden für AN-Extrakte gelten.

Bei **Nahrungspflanzen** ist der Verschmutzungspfad im Hinblick auf eine Schwermetallbelastung häufig ohne besondere Relevanz. Anhaftender Boden wird durch Putzen, Waschen und Schälen weitgehend entfernt, so dass die verzehrfertigen Produkte kaum noch verschmutzungsbedingte Schadstoffanteile aufweisen. Ausnahmen bilden direkt verzehrbare, bodennah wachsende Pflanzenteile, die sich schlecht reinigen lassen (z. B. Erdbeeren). Die Verschmutzung kann bei Nahrungspflanzen dann relevant sein, wenn schwerflüchtige organische Schadstoffe aus dem Boden anhang in die Pflanzenoberflächen übertreten (Direktübergang) und nachfolgend durch Putzen und Waschen kaum entfernt werden können (DELSCHEN et al. 1999).

Im Gegensatz dazu wird die Schwermetallbelastung von **Futterpflanzen** – insbesondere von bodennah wachsenden Grundfuttermitteln wie Grünlandaufwuchs oder Klee-Grasgemische des Feldfutterbaus – maßgeblich durch den Verschmutzungspfad geprägt. Die prozentuale Bedeutung des systemischen Pfads und des Verschmutzungspfads für die Schwermetallgehalte des Erntegutes von Grünland geht aus Abb. 4–3 hervor. Es ist ersichtlich, dass der Verschmutzungspfad bei Pb und As – insbesondere bei steigenden Bodengehalten – einen großen Anteil am Gesamtpflanzengehalt hat. Die Aufnahme von As über den systemischen Pfad ist in durchlüfteten Böden (ohne gravierenden Stau- oder Grundwassereinfluss) generell sehr gering. Die Cd- und Zn-Gehalte der Pflanzen werden dagegen auch bei hohen Bodengehalten überwiegend durch den systemischen Pfad geprägt. Bei mobilen Elementen wie Cadmium kann daher neben dem Verschmutzungspfad auch die systemische Aufnahme bewertungsrelevant sein. So ist auf stark versauerten Grünlandstandorten bereits ab einer Cd-Belastung von 10 mg/kg aufgrund der sehr hohen Mobilität eine Überschreitung des Höchstgehaltes im Grünlandaufwuchs zu besorgen².

Der **Transfer organischer Schadstoffe** vom Boden zur Pflanze erfolgt je nach Schadstoffeigenschaften über alle drei Teilpfade, wobei jedoch der Verschmutzungspfad von übergeordneter Bedeutung ist. Der Ausgasungspfad aus dem Boden ist in der Regel von untergeordneter Relevanz; sehr wohl können Pflanzen aber über die Deposition luftverunreinigender Stoffe belastet werden. Bei Bodenbelastungen durch organische Schadstoffe trägt die

Transferpfade für organische Schadstoffe:

- Verschmutzungspfad bedeutsam
- nur in Einzelfällen auch systemischer Pfad oder Ausgasungspfad

² Nach unveröffentlichten Auswertungen der TRANSFER-Datenbank durch das Ingenieurbüro Feldwisch.

Verschmutzung mit Bodenmaterial wesentlich zur Schadstoffbelastung von Pflanzen bei. Dieses ist bedeutend für Kulturen mit niedrig wachsenden Ernteprodukten, weil diese verstärkt der Verschmutzung ausgesetzt sind. Hierbei ist zu beachten, dass im Unterschied zu Schwermetallen organische Schadstoffe teilweise bei Anhaftung von Bodenmaterial in die Pflanzenoberfläche übergehen können und dann nicht mehr durch Waschen zu entfernen sind. Besonders relevant ist die Verschmutzung bei Futterpflanzen, weil diese im Gegensatz zu Pflanzen für die menschliche Ernährung nicht intensiv gewaschen oder geputzt werden und somit der gesamte Bodenanhang zusammen mit dem Erntegut zur Verfütterung gelangt. Für einzelne organische Schadstoffe ist auch eine systemische Aufnahme beschrieben worden, wobei hier schadstoff- und pflanzenspezifische Besonderheiten zum Tragen kommen.

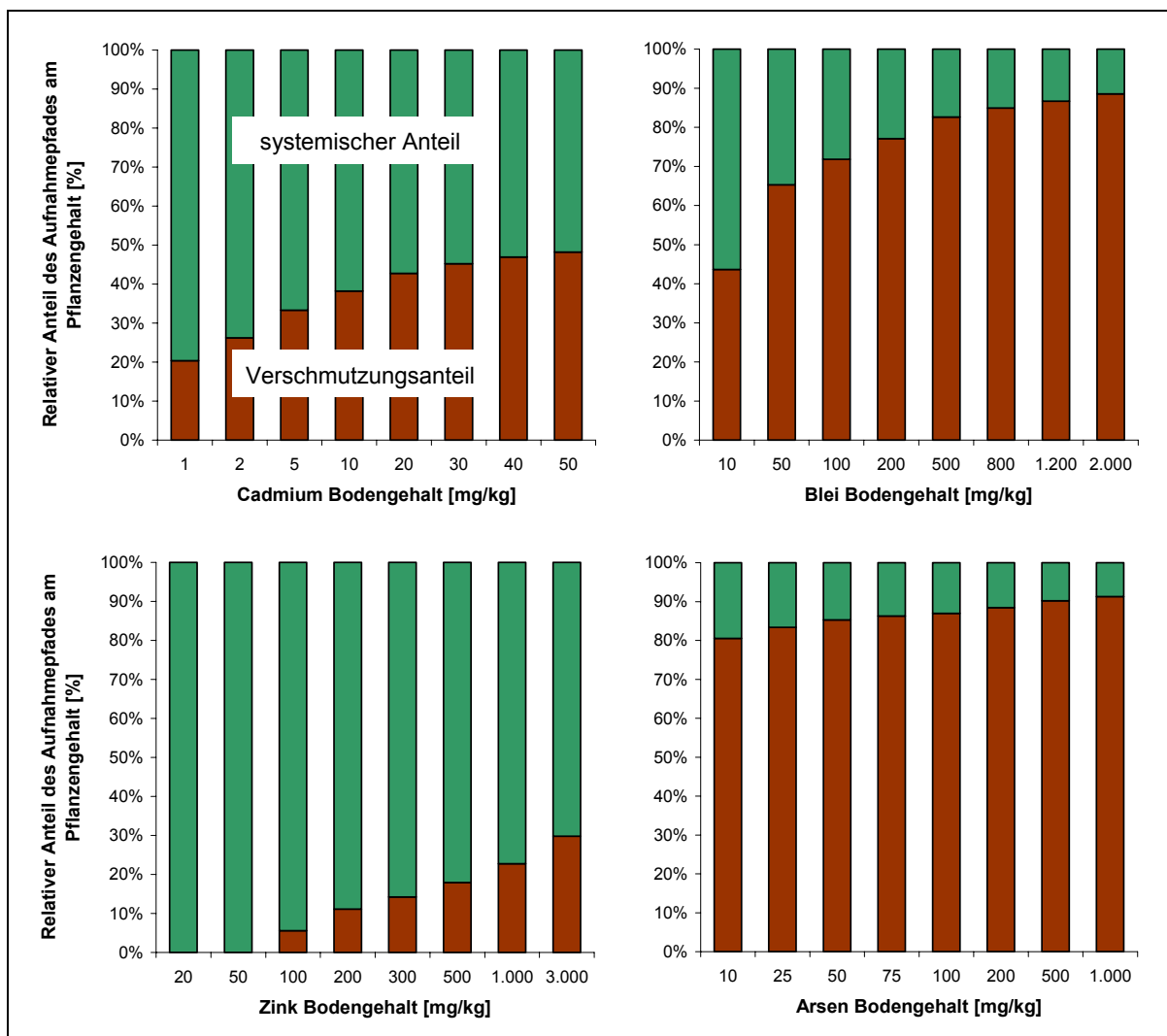


Abb. 4–3: Prozentuale Anteile der Transferpfade (systemisch bzw. durch 3% Verschmutzung) von Cd, Pb, Zn und As am Gesamt-Pflanzengehalt von Grünlandaufwuchs;

Dargestellt sind die prozentualen Anteile vom systemischen Pfad (grün) und Verschmutzungspfad (braun) an der Gesamtbelastung von Grünlandaufwuchs in Abhängigkeit vom Schadstoffgehalt der Böden (Auswertung und Berechnung mit Hilfe der TRANSFER-Datenbank)

5 Häufige Fallgestaltungen und angepasste Maßnahmen

5.1 Grünlandnutzung in Überschwemmungsgebieten

Böden in Überschwemmungsgebieten zeichnen sich häufig durch erhöhte Schadstoffgehalte aus. Sind im Einzugsgebiet der Bäche und Flüsse bedeutende Emissionsquellen (Einleitungen aus Erzbau, Industrie und Gewerbe, auch historische Einleitungen; geogene Besonderheiten), dann können Überschreitungen der Maßnahmenwerte zum Teil flächenhaft auftreten.



Für die bodenschutzrechtliche Beurteilung der Gefahrenlage ist insbesondere der Verschmutzungspfad als Belastungsursache des Pflanzenaufwuchses bewertungsrelevant. Im Übrigen ist bei mobilen Schadstoffen wie Cd die Relevanz der systemischen Schadstoffaufnahme zu überprüfen.

In einer derartigen Gefahrenlage empfehlen sich folgende Arbeitsschritte:

- Klären der Schadstoffverteilung im Überschwemmungsgebiet
- Klären der Verschmutzungsursachen und des Verschmutzungsausmaßes sowie möglicher Minderungsmaßnahmen
- Überprüfen der Pflanzenverfügbarkeit mobiler Schadstoffe wie Cd und Ermitteln des ggf. notwendigen Aufkalkungsbedarfs
- Abwägen, ob ggf. ergänzende Pflanzenuntersuchungen oder Tieruntersuchungen (Fleisch, Innereien, Milch) zur Gefahrenbewertung bzw. zur Maßnahmenauswahl benötigt werden
- Im Fall der Nutzungsaufgabe: Einbringen der Flächen in übergreifende Nutzungskonzepte

Klären der Schadstoffverteilung im Überschwemmungsgebiet

Die Schadstoffverteilung in Überschwemmungsgebieten von Bächen und Flüssen mit bedeutenden Emissionsquellen ist häufig sehr heterogen. Hohe Schadstoffgehalte werden regelmäßig in Senkenlagen angetroffen, da dort während der Überschwemmung Schwebstoffe bevorzugt abgelagert werden. Im Gegensatz dazu sind im Bereich des Stromstriches – also dort, wo hohe Fließgeschwindigkeiten auftreten und damit keine Sedimentation von Schwebstoffen stattfindet – im Regelfall niedrigere Schadstoffgehalte zu erwarten. Auch treten in Abhängigkeit von der Einleitersituation charakteristische Unterschiede in den Schadstoffgehalten auf; unmittelbar unterhalb der Einleiterstellen werden oftmals hohe Schadstoffgehalte ermittelt, stromabwärts sinken die Schadstoffgehalte mit

zunehmender Entfernung von der Einleiterstelle in der Regel wieder ab. Vor diesem Hintergrund sind deutliche Quer- und Längsdifferenzierungen der Schadstoffsituation in Überschwemmungsgebieten zu erwarten. Besondere Aufmerksamkeit ist historischen Einleitungsstellen zu widmen, weil dort zum Teil sehr hohe Schadstofffrachten in Gewässer eingeleitet wurden. Aktuelle Einleitstellen unterliegen dem geltenden Wasserrecht, welches kritische Schadstofffrachten nicht mehr zulässt. Im Zuge der Abgrenzung von Flächen mit schädlichen Bodenveränderungen innerhalb von Überschwemmungsgebieten sollten diese Differenzierungsmöglichkeiten berücksichtigt werden. Weiterhin sind Abweichungen zwischen aktuellen und historischen Überschwemmungsbereichen zu berücksichtigen. Bei Auswertungen von Bodenbelastungskarten ist aufgrund der teilweise recht hohen Schätzunsicherheit zu empfehlen, den halben Maßnahmenwert heranzuziehen (vgl. LUA Merkblatt Nr. 24, LUA 2000b), um mögliche Bereiche mit Gefahrenverdacht auszugrenzen.

Klären der Verschmutzungsursachen und des Verschmutzungsausmaßes sowie möglicher Minderungsmaßnahmen

Grünlandaufwuchs ist auf Grund seiner geringen Wuchshöhe grundsätzlich verschmutzungsgefährdet. Die Verschmutzung kann folgende wesentliche Ursachen haben:

- Lückige Bestände auf Grund von nicht ausreichender Narbenpflege, hohem Wühlmaus- oder Maulwurfbesatz oder mechanischer Überlastung der Narbe durch Befahren oder Viehtritt (insbesondere bei zu nassen Bodenverhältnissen)
- Verschmutzungsintensive Ernteverfahren, insbesondere durch zu tief eingestellte Mähgeräte, Wender, Schwader und Pick-up-Einrichtung des Ladewagens
- Verschmutzung während der Futtereinlagerung, z. B. durch Überfahren des Futters in Flachsilos mit verschmutzten Schlepperreifen, Zwischenlagerung des Futters auf dem Feld oder auf verschmutzten Bodenplatten, Futtereinlagerung in Behelfsilos auf schadstoffbelasteten Böden etc.
- Befrachtung des Aufwuchses mit schadstoffhaltigen Schwebstoffen in Folge von Überschwemmungen

Mit Ausnahme der Schwebstoffbelastung durch Überschwemmungen hat der Landwirt auf die anderen Verschmutzungsursachen einen unmittelbaren Einfluss. Diese Einflussmöglichkeiten bestimmen ganz wesentlich das Verschmutzungsausmaß. So zeigen Praxisuntersuchungen, dass der Verschmutzungsanteil im Allgemeinen zwischen 1 und 6 % schwankt, in einigen Fällen aber auch Werte von 10 % und mehr einnehmen kann.

Im Mittel der guten fachlichen Praxis ist von ca. **3 % kaum vermeidbarem Bodenanhang** auszugehen (vgl. ELSÄßER et al. 2004). Dieser Verschmutzungsanteil entspricht dem bei der Maßnahmenwertableitung berücksichtigten Bodenanhang. Daher sind im Regelfall Überschreitungen der Maßnahmenwerte als abschließende Bestätigung der Gefahren für die Pflanzenqualität des Grünlandaufwuchses zu werten, so dass Maßnahmen der Gefah-

renabwehr zu ergreifen sind. Neben den bodenschutzrechtlichen Pflichten ist der Landwirt auf Grund der futtermittelrechtlich begründeten Produkthaftung (vgl. Kap. 2.4) zudem eigenverantwortlich zuständig für die Einhaltung der Höchstgehalte nach Futtermittelverordnung.

Sofern im Einzelfall die Regelannahme zum Verschmutzungsanteil in Frage gestellt wird, werden folgende Hinweise auf **abweichende Verschmutzungsanteile** gegeben:

- Ausschließliche Wiesennutzung auf vergleichsweise ebenem Gelände mit guter Technik, entsprechendem Problembewusstsein und ausreichenden Kenntnissen des Flächenbewirtschafters → geringere Verschmutzungsanteile.
- Schlechte Weideführung mit stark geschädigter Grasnarbe, ganzjährige Weidehaltung oder schlecht einstellbare Technik und geringes Problembewusstsein des Bewirtschafters → höherer Verschmutzungsanteil.

Die Differenzierung der Verschmutzungswahrscheinlichkeit wird in Tab. 5–1 weiter konkretisiert. Die Ausprägung der Einflussfaktoren ist sowohl durch Befragungen der Betriebsleiter als auch durch Feldbegehungen zu ermitteln. Die aufgeführten Einflussfaktoren sind nicht einzeln, sondern nur in ihrer gesamten Wirkung auf den Verschmutzungsanteil zu beurteilen; Wechselwirkungen sind zu berücksichtigen. Eine sachgerechte Beurteilung des Verschmutzungsanteils ist in der Regel nur durch die Einbeziehung der Landwirtschaftskammer möglich.

Wenn eine deutliche Mehrheit der Einflussfaktoren für höhere Verschmutzungsanteile sprechen, dann sind bereits **Gefahren unterhalb der Maßnahmenwerte** zu erwarten. Beispielsweise sind Überschreitungen des Cd-Höchstgehaltes nach Futtermittelverordnung im Grünlandaufwuchs bei einem 6-%igen Verschmutzungsanteil auf einem gut gepufferten Grünlandboden bereits ab ca. 10 mg Cd je kg Boden zu besorgen³. Daher kann eine Gefahrenlage durch Grünlandnutzung bei in der Regel höheren Verschmutzungsanteilen auch bereits bei Überschreitung der halben Maßnahmenwerte eintreten.

Deuten die Anbau- und Ernteverfahren auf deutlich geringere Verschmutzungsanteile hin, dann ergeben sich hierdurch allerdings keine höheren Gefahrenschwellen. Juristisch sind die verschmutzungsarmen Anbau- und Ernteverfahren den Maßnahmen und somit den Rechtsfolgen einer Gefahrenlage durch Maßnahmenwertüberschreitung zuzuordnen und können ggf. als Gefahrenabwehr durch einfache Mittel festgeschrieben werden. Der Rechtsgrund – nämlich die Gefahrenfeststellung – wird durch die deutlich geringeren Verschmutzungsanteile nicht aufgelöst. Konkrete Maßnahmen zur Minderung oder Vermeidung von Verschmutzungen sind im Anhang tabellarisch aufgeführt (Kap. 8.6.2.1, Kap. 8.6.2.2, Kap. 8.6.2.5). Die Maßnahmen sind ursachenbezogen zusammengestellt, so dass entsprechend der Verschmutzungsursachen zielgerichtet Maßnahmen ausgesucht werden können.

³ Nach bisher unveröffentlichten Auswertungen der TRANSFER-Datenbank durch das Ingenieurbüro Feldwisch.

Tab. 5–1: Regelfallvermutungen zu Verschmutzungsanteilen, die von dem im Bundesanzeiger 161a genannten 3%igem Verschmutzungsanteil abweichen (FELDWISCH et al. 2003, verändert)

Einflussfaktoren	In der Regel	
	geringerer Verschmutzungsanteil	höherer Verschmutzungsanteil
1. Allgemeine Faktoren		
Tierart	• Rind	• Schaf, Ziege, Pferd
Bodenfeuchte	• Nicht vernässte Böden	• Stau-, Haft- und Grundwasserböden
2. Faktoren bei der Weidehaltung		
Geländemorphologie	• Ebene Lage	• Stark geneigte Lage
Weideführung	• Sommerbeweidung bzw. nur in trockenen Perioden	• Ganzjährige Beweidung bzw. auch in nassen Perioden
Grünlandzustand	• Dichte Grasnarbe	• Lockere bis zerstörte Grasnarbe
	• Keine / geringe Maulwurfs- und Wühlmausaktivität	• Hohe Maulwurfs- und Wühlmausaktivität
Viehbesatz	• Niedriger Besatz Rinder < 1 Rind/ha Schafe < 10 Schafe/ha Pferde < 0,7 Pferde/ha	• Hoher Besatz Rinder > 1,5 Rinder/ha Schafe > 15 Schafe/ha Pferde > 1,1 Pferde/ha
	• Angepasstes Futterangebot, ggf. Beifütterung	• Zu geringes oder zu großes Futterangebot; keine Beifütterung
3. Faktoren bei Wiesennutzung		
Grünlandzustand	• Dichte Grasnarbe	• Lockere bis zerstörte Grasnarbe
	• Keine / geringe Maulwurfs- und Wühlmausaktivität	• Hohe Maulwurfs- und Wühlmausaktivität
Geländemorphologie	• Glatte Oberfläche, ebene Lage	• Ungleichmäßige Oberfläche, stark geneigte Lage
4. Faktoren der Futtergewinnung		
Witterung bei der Ernte / Bodenzustand	• Trocken	• Nass
Erntetechnik	• Gut eingestellte Mähgeräte, Mähbalken; hoher Schnitt	• Schlecht eingestellte Mähgeräte, insbesondere bei Kreiselmähern; niedriger Schnitt
5. Problembewusstsein des Landwirtes		
Problembewusstsein	• Hoch	• Gering

Überprüfen der Pflanzenverfügbarkeit mobiler Schadstoffe wie Cadmium und Ermitteln des ggf. notwendigen Aufkalkungsbedarfs

Die Belastung von Grünlandaufwuchs mit mobilen Schadstoffen kann auch über die systemische Aufnahme erfolgen (vgl. Kap 4). In der landwirtschaftlichen Praxis sind Grünlandböden zum Teil stark versauert, wie es exemplarisch an Daten aus dem Bergischen Land deutlich wird (Abb. 5–1). Die landwirtschaftlichen Ziel-pH-Werte werden hier zum Teil um mehr als eine pH-Wertstufe unterschritten. Rund 50 % der Grünlandböden weisen pH-Werte < 5 auf und ca. 10 % der Böden sogar pH-Werte unter 4,5. Für das Bergische Land berichtet auch BACH (2004) von 10 bis 40 % Grünlandflächen, die pH-Werte unter 5 aufweisen. Die große Relevanz der Versauerung von Grünlandböden wird weiterhin durch eine bundesweite Erhebung verdeutlicht, nach der auf rund 30 % der Grünlandflächen die Ziel-pH-Werte unterschritten werden, so dass ein erhöhter Kalkungsbedarf besteht (SUNTHEIM & NEUBERT 2002).

Bei starker Versauerung ($\text{pH} < 5$) ist eine Mobilisierung der Schwermetalle zu erwarten, in deren Folge eine verstärkte Schadstoffaufnahme über die Wurzel stattfindet. Zum Beispiel sind bei pH-Werten < 4,5 Überschreitungen der Höchstgehalte im Grünlandaufwuchs bereits ab ca. 10 mg Cd / kg Boden zu erwarten.

Als einfaches Mittel der Gefahrenabwehr bietet sich in solchen Fällen eine Aufkalkung der Böden mit anschließender Erhaltungskalkung an (Anhangkapitel 8.7).

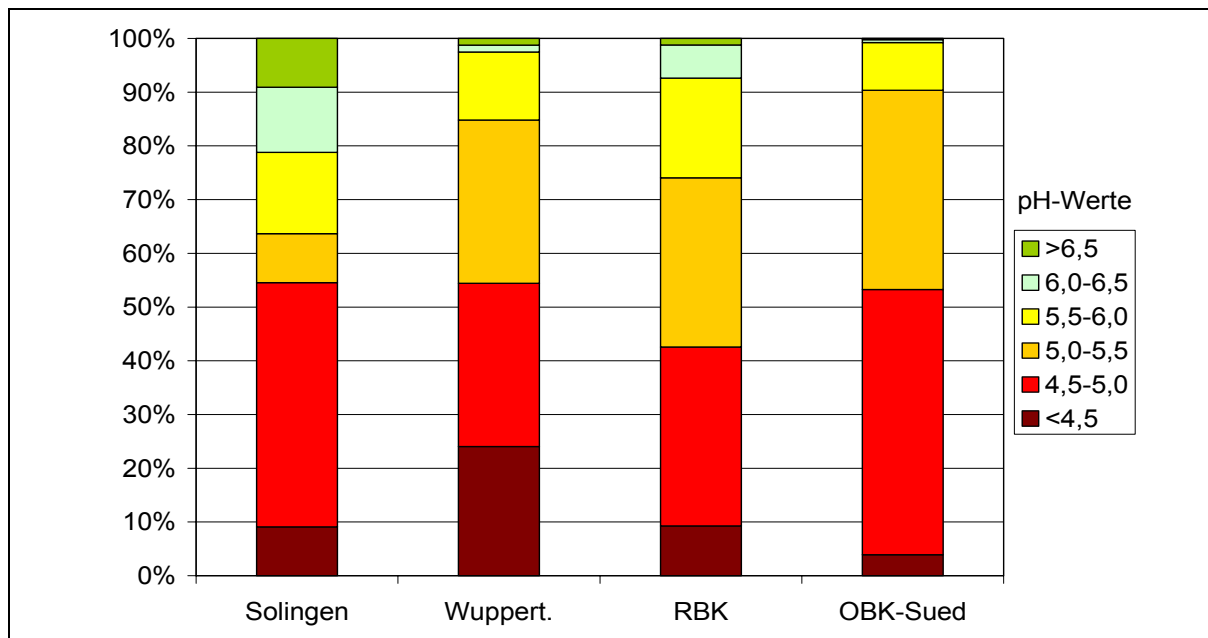


Abb. 5–1: Verteilung der pH-Werte von Grünlandböden in Kreisgebieten des Bergischen Landes. Datengrundlage: Bodenbelastungskarten Solingen, Wuppertal, Rheinisch-Bergischer-Kreis (RBK) und Oberbergischer Kreis Süd (OBK-Sued) (FELDWISCH 2004)

Abwägen, ob ggf. ergänzende Pflanzenuntersuchungen oder Tieruntersuchungen (Fleisch, Innereien, Milch) zur Gefahrenbewertung benötigt werden

Untersuchungen an den Schutzgütern Pflanze und Tier sind bei eindeutiger Gefahrenlage, das heißt bei deutlichen Überschreitungen der Maßnahmenwerte, im Allgemeinen nicht zu empfehlen. Untersuchungsergebnisse zur Schadstoffbelastung von Pflanzen und Tieren unterliegen sehr vielen Einflussfaktoren, die eine einfache Gefahrenbeurteilung anhand weniger Einzeluntersuchungen unmöglich machen. Letztendlich können Einzeluntersuchungen nur die Verkehrsfähigkeit der untersuchten Charge nachweisen, nicht aber die grundsätzliche Eignung eines Bodenstandortes für eine langjährig gefahrlose Pflanzenproduktion.

Sollen im Einzelfall dennoch Pflanzen- oder Tieruntersuchungen vorgenommen werden, dann sollten die im Anhangkapitel 8.5 aufgeführten Hinweise zu möglichen Einflussfaktoren beachtet werden.

Im Fall der Nutzungsaufgabe: Einbringen der Flächen in andere Nutzungskonzepte

Steht am Ende der Sachverhaltsermittlung fest, dass die Gefahren nicht mit Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen beseitigt werden können, dann muss ggf. auch eine Nutzungsaufgabe bzw. -änderung in Betracht gezogen werden. Diese Flächen sollten im Interesse einer besseren Vermittlung gegenüber der Öffentlichkeit in andere Nutzungskonzepte eingebracht werden. Beispielsweise können solche Flächen in Planungen des Naturschutzes (Biotopverbund), Gewässerschutzes (Gewässerrenaturierungen, Uferrandstreifen) oder in Ökokonten für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen eingebracht werden.

5.2 Ackernutzung bei moderaten Schadstoffgesamtgehalten auf versauerten Standorten

Der überwiegende Teil der Ackerflächen Nordrhein-Westfalens weist Schadstoffgehalte im Bereich der Vorsorgewerte auf. Dies geht aus den landesweiten Hintergrundwerten hervor, die vom LUA ermittelt wurden (LUA 2003). Von diesen niedrigen Gesamtgehalten gehen in der Regel keine Gefahren für die Pflanzenqualität aus.



Diese Einschätzung gilt für gut gepufferte Böden, die keine erhöhte Schadstoffverfügbarkeit erwarten lassen. Anders stellt sich die Sachlage dar, wenn in Folge deutlicher Bodenversauerungen die Pflanzenverfügbarkeit stark erhöht ist. In diesen Fällen sind selbst bei moderaten Gesamtgehalten schädliche Bodenveränderungen auf Grund von Prüf- oder Maßnahmenwertüberschreitungen im AN-Extrakt nicht auszuschließen.

In der Regel unterliegen die Böden durch Säureeinträge einer langsam voranschreitenden Versauerung, die im Boden durch verschiedene Puffersysteme abgebremst wird. Ein wesentlicher und vom Bewirtschafter beeinflussbarer Pufferbereich ist der Carbonatpuffer, der durch die regelmäßige Kalkgabe aufrechterhalten werden kann. In der Regel erfolgt auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in mehrjährigen Abständen eine Erhaltungskalkung, um das pflanzenbauliche Optimum (Ziel-pH-Werte der Landwirtschaftskammer) wieder herzustellen. Allerdings werden die Kalkgaben in der Praxis aus finanziellen Gründen oftmals aufgeschoben und niedrige pH-Werte in Kauf genommen. Deutliche Versauerungstendenzen auch auf Ackerböden lassen sich z. B. anhand von Daten aus dem Bergischen Land belegen, die im Zuge der Erstellung von Bodenbelastungskarten erhoben wurden. Je nach betrachtetem Teilgebiet weisen hier bis zu 30 % der untersuchten Ackerböden pH-Werte unter 5 und bis zu 70 % unter pH 5,5 auf (FELDWISCH 2004). In diesen pH-Wert-Bereichen ist die Pflanzenverfügbarkeit einiger Schwermetalle bereits stark erhöht.

Es wird deutlich, dass die alleinige Gefahrenbeurteilung anhand von Schwermetallgesamtgehalten für den Wirkungspfad Boden-Pflanze für acker- oder gartenbauliche Kulturen nicht ausreicht. Dieses Erkenntnis ist auch bei der Auswertung von Bodenbelastungskarten zu berücksichtigen, die im Regelfall auf Schwermetallgesamtgehalten beruhen. Zur Beurteilung der aktuellen Gefahrenlage sind – abweichend von den Empfehlungen zur Erstellung der BBK – grundsätzlich die tatsächlichen pH-Werte heranzuziehen und nicht die Ziel-pH-Werte der Landwirtschaftskammer, die in vielen Fällen nach einer Kalkgabe nicht oder nur kurzfristig erreicht werden. Die Auswertung rechnerisch ermittelter AN-Gehalte sollte entsprechend den Ausführungen in Kap. 3.2 vorgenommen werden.

Die notwendige Gefahrenabwehr auf versauerten Ackerböden mit moderaten Schadstoffgesamtgehalten kann zumeist mit Hilfe einer Aufkalkung der Böden mit anschließender

Erhaltungskalkung erfolgen (einfaches Mittel). Im Regelfall – je nach Schwermetall – wird die Einstellung der pH-Werte in Höhe der Ziel-pH-Werte der Landwirtschaftskammer ausreichen. Aufwändige Detailuntersuchungen können dann unterbleiben. Ist eine Erhaltungskalkung für längere Zeit (deutlich mehr als fünf Jahre) unterlassen worden, kann für das Erreichen des Ziel-pH-Wertes eine höhere Kalkmenge erforderlich sein, als die in Tab. A-19 im Anhang genannte maximale jährliche Menge. Durch eine Aufteilung der Kalkmenge auf mehrere Jahre kann aber in der Regel auch bei Einhaltung der maximalen Mengen eine ausreichend rasche pH-Wert-Anhebung erreicht werden.

Die Wirkung einer Kalkgabe auf die mobilen Cd-Gehalte im AN-Extrakt ist beispielhaft in Abb. 5–2 dargelegt. In diesem Beispiel wird deutlich, dass bei einer pH-Wert-Anhebung von 5 auf 7 bei einem Gesamtgehalt von 3 mg/kg Cd der zu erwartende Cd-Gehalt im AN-Extrakt von 140 µg/kg auf rund 15 µg/kg absinkt, mithin unter den strengeren Maßnahmenwert von 0,04 mg/kg für Cd-anreichernde Kulturen.

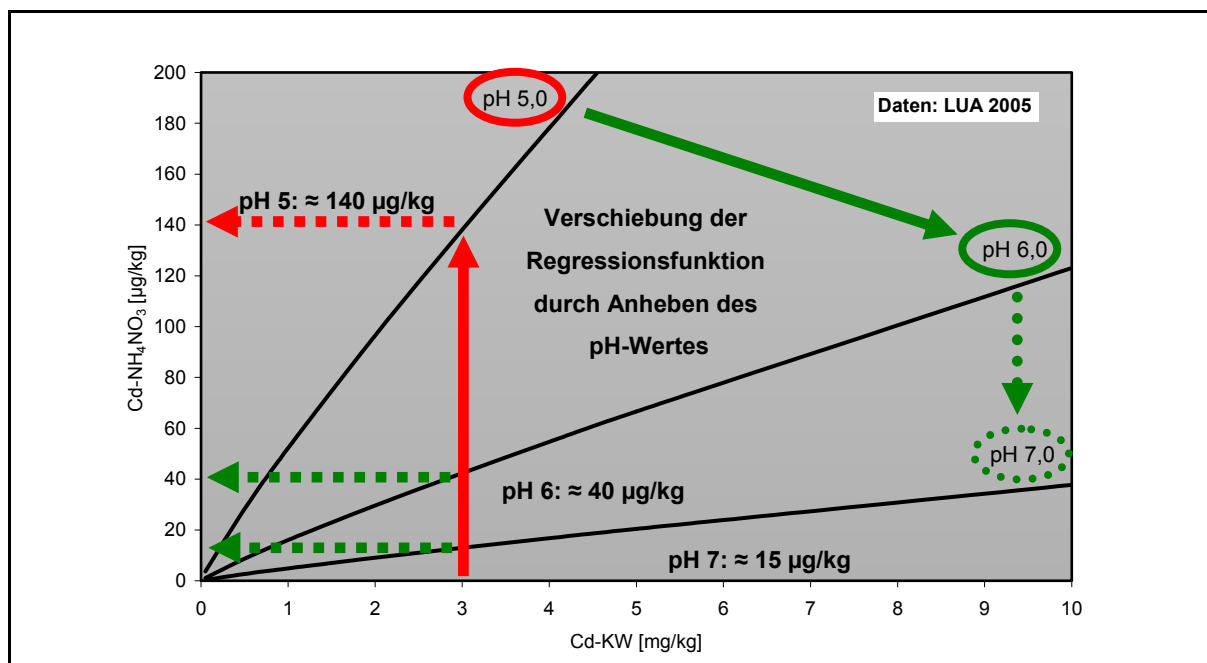


Abb. 5–2: Verhältnis zwischen Cd-Gehalt im Königswasser (KW)- und Ammoniumnitrat (AN)-Extrakt in Abhängigkeit vom pH-Wert

Für Schwermetalle, die bereits besonders empfindlich auf eine leichte Versauerung reagieren (z.B. Cadmium), muss ggf. bei einer Korrektur des pH-Wertes im Rahmen der Gefahrenabwehr der landwirtschaftliche Ziel-pH-Wert (vgl. Anhangkapitel 8.7) überschritten werden. Hier kann der aus ackerbaulicher Sicht abgeleitete Ziel-pH-Wert eher eine Untergrenze darstellen. Regelmäßige Unterschreitungen des Ziel-pH-Wertes werden den Anforderungen einer nachhaltigen Gefahrenabwehr in diesem Fall möglicherweise nicht gerecht.

5.3 Ackernutzung bei hohen Schadstoffgesamtgehalten

In Gebieten mit bedeutenden Belastungsursachen – wie z. B. historischer Erzabbau, geogene Besonderheiten, Immissionen oder auch Abwasserverrieselung – können lokal stark erhöhte Schadstoffgehalte auftreten. Bei ackerbaulicher Nutzung solcher Böden können Überschreitungen der Höchstgehalte des Lebens- und Futtermittelrechts allein auf Grund der hohen



Gesamtgehalte auftreten, ohne dass eine besondere Mobilisierung der Schadstoffe durch niedrige pH-Werte vorliegen muss. Bei einer derartigen Schadstoffsituation gewinnt auch der Verschmutzungspfad neben der systemischen Schadstoffaufnahme an Bedeutung.

Die nachstehenden Arbeitsschritte sollten frühzeitig mit landwirtschaftlichen Beratern und den betroffenen Landwirten abgestimmt werden:

- Erfassen und Bewerten der Schadstoffsituation:
Zur Gefahrenbeurteilung sind das Schadstoffspektrum und die Schadstoffgehalte der Böden von Bedeutung. Dazu werden flächenrepräsentative Untersuchungsergebnisse benötigt. Weiterhin müssen die Bodeneigenschaften im Hinblick auf Bodenart (Tongehalt), Gehalt an organischer Substanz, pH-Wert und Wasserhaushalt bekannt sein, um die Pflanzenverfügbarkeit der Schadstoffe und mögliche Ansatzpunkte zur Gefahrenabwehr abschätzen zu können.
- Empfindlichkeit der Schutzgüter:
Die regional angebauten landwirtschaftlichen Kulturen müssen bekannt sein. Sie sind in ihren Flächenanteilen und Anbauverfahren zu erfassen.
- Landwirtschaftliche Betriebsstrukturen:
Die Kenntnis der landwirtschaftlichen Betriebsstrukturen erleichtert die Auswahl geeigneter Maßnahmen der Gefahrenabwehr, so dass sich deren Ermittlung durch die Landwirtschaftskammer empfiehlt.
- Pflanzenuntersuchungen:
Sie sind nicht im Rahmen des bodenschutzrechtlichen Regeluntersuchungsablaufs zu empfehlen. Wenn sie durchgeführt werden sollen, empfiehlt sich die Berücksichtigung der fachlichen Hinweise im Anhangkapitel 8.5.

- Ableiten geeigneter Maßnahmen der Gefahrenabwehr:
Auf der Grundlage der Kenntnisse zur Schadstoffsituation und zur Empfindlichkeit der Schutzgüter können geeignete Maßnahmen der Gefahrenabwehr abgeleitet werden. Dazu bietet die tabellarische Zusammenstellung im Anhangkapitel 8.6.1 eine ursachenbezogene Maßnahmenauswahl zur Reduzierung der systemischen Schadstoffaufnahme von Ackerfrüchten an. Spielt darüber hinaus – wie z. B. im Falle des Ackerfutterbaus – auch der Verschmutzungspfad eine Rolle, dann hilft das Anhangkapitel 8.6.2.3 weiter. Hinweise für den Feldgemüseanbau werden im Kap. 5.4 gegeben.

Es ist zu prüfen, ob bei hohen Schadstoffgesamtgehalten eine alleinige Reduzierung der Pflanzenverfügbarkeit mit Hilfe von pH-Wert-Optimierungen ausreicht. Ist dies nicht der Fall, empfiehlt sich dennoch eine Aufkalkung in der Regel in einen Bereich zwischen pH 6,5 und pH 7, um die Schadstoffmobilität soweit wie möglich zu verringern. Im Interesse der Gefahrenabwehr können dabei ggf. auch höhere pH-Werte als die landwirtschaftlichen Ziel-pH-Werte notwendig sein. Bei As-Belastungen in vernässten Böden ist bei Kalkungsmaßnahmen Vorsicht geboten, weil das Mobilitätsmaximum für As im pH-Wertbereich zwischen 6,5 und 7 liegt.

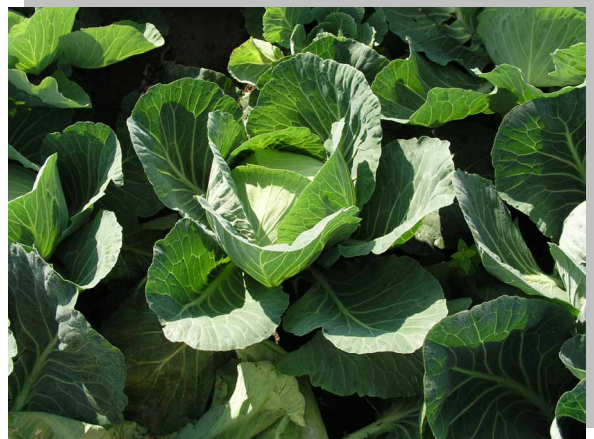
Ergänzend zur pH-Wert-Optimierung sind aber zumeist weitere Maßnahmen zu ergreifen. Dazu bieten sich insbesondere Beschränkungen im Hinblick auf schadstoffanreichernde Pflanzenarten oder -sorten an. Hinweise dazu finden sich im Anhangkapitel 8.6.1, Tab. A 8 bis Tab. A 10.

Eine mögliche Handlungsoption stellt ggf. auch die Immobilisierung der Schadstoffe durch die Zuführung von Sorbentien dar (FELDWISCH et al. 2004). Die Immobilisierung als Sicherungsmaßnahme ist jedoch mit erheblichem Aufwand und Kosten verbunden, so dass diese Maßnahme vorrangig für Flächen in Frage kommt, auf denen Kulturen bzw. Fruchtfolgen mit hohen Deckungsbeiträgen (d.h. mit hohen finanziellen Erträgen) angebaut werden (z. B. Gartenbaukulturen, Feldgemüse-Ackerfrüchte-Fruchtfolgen). Die Maßnahme der Immobilisierung ist allerdings noch nicht abschließend als praxistauglich einzustufen, so dass eine generelle Empfehlung derzeit nicht ausgesprochen werden kann.

Wenn keine der vorgenannten Maßnahmenoptionen alleine oder in Kombination ausreichend wirksam ist, mithin die Gefahren nicht sicher abgewehrt werden können, dann ist in Abhängigkeit vom Schadstoffspektrum eine Nutzungsänderung (Umwandlung von Acker in Grünlandnutzung oder der Anbau nachwachsender Rohstoffe) in Erwägung zu ziehen. Die finanziellen und organisatorischen Auswirkungen dieser weit reichenden Maßnahmen auf die betroffenen landwirtschaftlichen Betriebe erfordern eine intensive Abstimmung zwischen den Beteiligten, um praxisgerechte Lösungen zu finden.

5.4 Siedlungsnaher Erwerbsgemüsebau

In Siedlungsnähe sind Böden häufig durch Emissionen aus Hausbrand, Verkehr, Industrie und Gewerbe stofflichen Belastungen ausgesetzt. Gleichzeitig finden sich in Siedlungsnähe häufig größere Gemüseanbaubereiche. Diese Situation kann mit Gefahren für die Qualität der Gartenbauprodukte verbunden sein, wenn stark erhöhte Schadstoffgehalte in Böden vorliegen.



Für die Bewertung der Gefahrenlage ist beim Gemüseanbau insbesondere der systemische Pfad von Bedeutung. Bei sehr hohen Schadstoffgehalten, insbesondere wenn es sich um Schadstoffe handelt, die aus dem Boden direkt in die Pflanzenoberfläche

übertreten und sich damit der Reinigung des Erntegutes entziehen oder bei Kulturen, die eine intensive Reinigung nicht vertragen (z. B. Erdbeeren), muss auch der Verschmutzungspfad betrachtet werden. Bei flüchtigen Schadstoffen insbesondere bei Anbauverfahren unter Folie kann daneben ggf. auch der Ausgasungspfad bedeutsam werden.



Grundsätzlich empfiehlt sich die in Kap. 5.3 dargelegte Vorgehensweise auch für die Gefahrenbewältigung beim Gartenbau. Zusätzlich zu den im Ackerbau möglichen Maßnahmen (Anhangkapitel 8.6.1) treten Maßnahmen zur Begrenzung der Verschmutzung (Anhangkapitel 8.6.2.6) und ggf. noch Maßnahmen zur Begrenzung des Ausgasungspfades (Anhangkapitel 8.6.3).

6 Instrumente zur Umsetzung der Gefahrenabwehr

Zur Umsetzung notwendiger Maßnahmen der Gefahrenabwehr bieten sich verschiedene Instrumente an (Tab. 6–1). Die Instrumentenauswahl muss sich dabei an den Bedingungen des Einzelfalles orientieren. Dem Vollzug stehen neben den ordnungsrechtlichen auch freiwillige und vertragliche Instrumente zur Verfügung. Aus der Vollzugspraxis gibt es Hinweise, dass öffentlich-rechtliche Verträge oder Verpflichtungserklärungen Vorteile gegenüber dem Ordnungsrecht haben können. Diese Instrumente stoßen bei den Betroffenen offensichtlich auf eine höhere Akzeptanz. Zu betonen ist auch die Bedeutung der Öffentlichkeitsarbeit und Beratung für den Erfolg der Gefahrenabwehr.

Die Frage nach dem Instrument zur Umsetzung der Gefahrenabwehr sollte mit allen Beteiligten abgestimmt werden. Dabei sind im Allgemeinen zunächst freiwillige bzw. vertragliche Instrumente den ordnungsrechtlichen Instrumenten vorzuziehen. Bei zu besorgender mangelhafter Umsetzung sollten vertragliche Instrumente geprüft werden. Ist auch hierdurch eine Gefahrenabwehr nicht sicherzustellen, dann sind ordnungsrechtliche Instrumente einzusetzen. In Gebieten mit flächenhaften schädlichen Bodenveränderungen können Allgemeinverfügungen oder Bodenschutzgebietsverordnungen hilfreich sein, um grundstücksübergreifend die Gefahrenabwehr zu regeln.

Tab. 6–1: Instrumente zur Umsetzung von Bodenschutzaufgaben auf landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzten Flächen (AAV 2003, verändert)

Freiwillige Instrumente
<ul style="list-style-type: none"> • Information und Verhaltensempfehlungen • Beratung der Pflichtigen durch die zuständige landwirtschaftliche Beratungsstelle
Vertragliche Instrumente
<ul style="list-style-type: none"> • Verpflichtungserklärung der Pflichtigen • Öffentlich-rechtlicher Vertrag
<ul style="list-style-type: none"> • Pacht-/Kaufvertrag (Voraussetzung: öffentliche Hand ist Eigentümer oder wird Eigentümer durch Ankauf von Grundstücken mit drängenden Bodenschutzaufgaben)
Ordnungsrechtliche Instrumente
<ul style="list-style-type: none"> • Ordnungsrechtliche Anordnung
<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeinverfügung
<ul style="list-style-type: none"> • Ausweisung eines Bodenschutzgebietes nach § 12 LBodSchG

7 Literaturverzeichnis

- AAV (2003): Dokumentation des Fachgespräches „Maßnahmen bei großflächigen schädlichen Bodenveränderungen“ am 30. September und 1. Oktober 2003 im BEW Essen. http://www.aav-nrw.de/aav/dokumente/Doku_AAV_MUNLV_LUA_Fachgespraech.pdf
- AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. verbesserte und erweiterte Auflage. Hannover 2005.
- Anonymus (1999): Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), Bundesanzeiger vom 28.08., Beilage 161a
- Bach, F.-R. (2004): Kalk gegen Saures auf dem Grünland. Landwirtschaftliche Zeitschrift Rheinland (LZ Rheinland), Ausgabe 8 vom 19. Februar 2004, S. 27-31.
- Barkowski et al. (2002): Grundlagen und Empfehlungen zur Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten im Siedlungsbereich. LUA, Essen.
- Böcker, J., K.-H. Meyer-Burgdorf, H. Abel (1995): Bodenaufnahme beim Weidegang oder der Fütterung von Rindern. Materialien des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen, Nr. 11.
- BVB (Hrsg.) (2004): Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion. BVB-Merkblatt Nr. 1. Bundesverband Boden e. V., St. Augustin.
- Delschen, T., A. Hembrock-Heger, J. Leisner-Saaber, D. Sopczak (1999). Verhalten von PAK im System Boden/Pflanze – PAK-Belastung von Kulturpflanzen über den Luft-/Bodenpfad. Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie, 11(2): 79-87.
- Elsäßer, M., N. Feldwisch, H. Nußbaum, O. Ehrmann (2004): Maßnahmenkonzept zur verschmutzungsarmen Nutzpflanzenernte. Abschlussbericht zum gleichnamigen LABO-Vorhaben (Projektnummer B 4.03) im Auftrag des StäA4 der LABO.
- Feldwisch, N. (2004): Neue Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei flächenhaften schädlichen Bodenveränderungen. In: MUNLV (Hrsg.): Bodenschutz – europäisch und lokal. Publikation zur gemeinsamen Fachtagung in Berlin am 1. April 2004. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV), Düsseldorf. S. 120-128.
- Feldwisch, N., P. Günther, D. Barkowski (2003): Arbeitshilfe zur Untersuchung und Bewertung von altlastverdächtigen Flächen und Verdachtsflächen – Wirkungspfad Boden(-Pflanze)-Tier. Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg, Potsdam. Heft Nr. 81.
- Feldwisch, N., I. Müller, B. Marschner (2004): Immobilisierung von Schadstoffen – ein neuer Weg der Gefahrenabwehr bei flächenhaften schädlichen Bodenveränderungen für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze? Bodenschutz 4'04, 124-131.

- Fränze, O.; J., Krinitz; W. Schmotz; Th. Delschen; J. Leisner-Saaber (1995): Harmonisierung der Untersuchungsverfahren und Bewertungsmaßstäbe für den Bodenschutz mit der Russischen Föderation. Abschlussbericht des UBA-F&E-Vorhabens 107 05 001/06, UBA-Texte 60/95, Berlin.
- Knoche, H., P. Brand, L. Viereck-Götte, H. Böcken (1999): Schwermetalltransfer Boden-Pflanze: Ergebnisse der Auswertungen hinsichtlich der Königswasser- und Ammoniumnitrat-Extraktion anhand der Datenbank TRANSFER; UBA-Texte 11/99, Berlin.
- LWK Hannover (2005): Anbauempfehlungen für den Getreideanbau auf Schwermetall belasteten Böden. Landwirtschaftskammer Hannover, 10.01.2005.
- LfL (2003): Sortenabhängige Cadmiumaufnahme bei Winterweizen.
http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/3123_3125.htm
- LUA (2000a): Weitere Sachverhaltsermittlungen bei Überschreitung von Prüfwerten nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze, Merkblatt Nr. 22, Essen.
- LUA (2000b): Leitfaden zur Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten Teil 1: Außenbereiche. Merkblätter 24. Hrsg.: Landesumweltamt des Landes Nordrhein-Westfalen, Essen. http://www.lua.nrw.de/veroeffentlichungen/merkbl/merkbl24_web.pdf
- LUA (2003): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Oberböden Nordrhein-Westfalens - Auswertung aus dem Fachinformationssystem Stoffliche Bodenbelastung (FIS StoBo). <http://www.lua.nrw.de/> unter Umweltthema „Boden“.
- LUA (2005): Abschätzung der Schwermetallmobilität in nordrhein-westfälischen Böden. Essen, 28.01.2005. <http://www.lua.nrw.de/themen/home02boden.htm>.
- MUNLV (Hrsg.) (2004): Leitfaden zur Ausweisung von Bodenschutzgebieten. Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.
- Suntheim, L., K.-H. Neubert (2002): Die Nährstoff- und Kalkversorgung der landwirtschaftlich genutzten Böden im Freistaat Sachsen der Jahre 1997 bis 2001 im Vergleich zur Bundesrepublik Deutschland. Infodienst für Beratung und Schule der Sächsischen Agrarverwaltung, Heft 9, S. 31-38.

8 Anhang

8.1 Bodenschutzrechtliche sowie lebens- und futtermittelrechtliche Werteregulungen zur Schadstoffbelastung

Tab. A 1: Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanzen

Schadstoff	Methode	Ackerbau / Nutzgarten (Pflanzenqualität)		Ackerbau (Wachstumsbeeinträchtigungen)	Grünland (Pflanzenqualität)
		Prüfwert	Maßnahmenwert	Prüfwert	Maßnahmenwert
Arsen	KW*	200 ¹	-	-	50
	AN [#]	-	-	0,4	-
Blei	KW*	-	-	-	1.200
	AN [#]	0,1	-	-	-
Cadmium	KW*	-	-	-	20
	AN [#]	-	0,04/0,1 ²	-	-
Kupfer	KW*	-	-	-	1.300 ³
	AN [#]	-	-	1	-
Nickel	KW*	-	-	-	1.900
	AN [#]	-	-	1,5	-
Quecksilber	KW*	5	-	-	2
	AN [#]	-	-	-	-
Thallium	KW*	-	-	-	15
	AN [#]	0,1	-	-	-
Zink	KW*	-	-	-	-
	AN [#]	-	-	2	-
Benzo(a)-pyren	-	1	-	-	-
PCB ₆	-	-	-	-	0,2

Werte in mg/kg Trockenmasse, Analytik nach Vorgaben BBodSchV

¹ Bei Böden mit zeitweise reduzierenden Verhältnissen gilt ein Prüfwert von 50 mg/kg.

² Auf Flächen mit Brotweizenanbau oder Anbau stark Cadmium anreichernder Gemüsearten gilt ein Maßnahmenwert von 0,04 mg/kg, ansonsten gilt als Maßnahmenwert 0,1 mg/kg.

³ Bei Grünlandnutzung durch Schafe: 200 mg/kg.

* KW = Königswasserextrakt

AN = Ammoniumnitratextrakt

Tab. A 2: Höchstgehalte für Kontaminanten in Lebensmitteln nach EU-Kontaminanten-VO (Auszug)

Schadstoff	Produkt	Höchstgehalt (mg/kg Frischgewicht)
Blei (Pb)	• Getreide (einschließlich Buchweizen) und Hülsenfrüchte	0,20
	• Gemüse ausgenommen Kohlgemüse, Blattgemüse, frische Kräuter, Pilze. Im Falle von Kartoffeln gilt der Höchstgehalt für geschälte Kartoffeln.	0,10
	• Kohlgemüse, Blattgemüse und alle Kulturpilze	0,30
	• Obst, ausgenommen Beerenobst	0,10
	• Beerenobst	0,20
	• Milch (Rohmilch, Werkmilch und wärmebehandelte Milch)	0,02
	• Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung	0,02
	• Fleisch von Rindern, Schafen, Schweinen, Geflügel	0,05
	• Genießbare Schlachtnebenerzeugnisse wie Leber von Rindern, Schafen, Schweinen, Geflügel	0,50
Cadmium (Cd)	• Getreide, ausgenommen Kleie, Weizengetreide, Keime, Reis	0,10
	• Kleie, Weizengetreide, Keime, Reis	0,20
	• Gemüse und Obst, ausgenommen Blattgemüse, frische Kräuter, Knollensellerie, alle Kulturpilze, Stängelgemüse, Wurzelgemüse, Kartoffeln (geschält)	0,05
	• Blattgemüse, frische Kräuter, Knollensellerie, alle Kulturpilze	0,20
	• Stängelgemüse, Wurzelgemüse, Kartoffeln (geschält)	0,10
	• Fleisch von Rindern, Schafen, Schweinen, Geflügel	0,05
	• Pferdefleisch	0,20
	• Leber von Rindern, Schafen, Schweinen, Geflügel	0,50
	• Niere von Rindern, Schafen, Schweinen, Geflügel	1,00

Tab. A 3: Höchstgehalte für unerwünschte Stoffe in der Tierernährung nach Anhang 5 der Futtermittelverordnung

Schadstoff	Produkt	Höchstgehalt (mg/kg bezogen auf einen Feuchtigkeitsgehalt von 12 %)
Arsen (As)	• Futtermittelausgangserzeugnisse, ausgenommen	2,0
	– Grünmehl, Luzernegrünmehl und Klee grünmehl sowie getrocknete (melassierte) Zuckerrübenschnitzel	4,0
	• Alleinfuttermittel für landwirtschaftliche Nutztiere	2,0
	• Ergänzungsfuttermittel, ausgenommen Mineralfuttermittel	4,0
Blei (Pb)	• Futtermittelausgangserzeugnisse, ausgenommen	10
	– Grünfutter einschließlich Weidegras und Rübenblätter, Grünfuttersilage und Heu	40
	• Alleinfuttermittel	5,0
	• Ergänzungsfuttermittel, ausgenommen Mineralfuttermittel	10
Quecksilber (Hg)	• Futtermittelausgangserzeugnisse, ausgenommen Futtermittel aus der Verarbeitung von Fischen	0,1
	• Alleinfuttermittel	0,1
	• Ergänzungsfuttermittel, ausgenommen Mineralfuttermittel	0,2
Cadmium (Cd)	• Futtermittel-Ausgangserzeugnisse pflanzlichen Ursprungs	1,0
	• Futtermittel-Ausgangserzeugnisse tierischer Herkunft	2,0
	• Alleinfuttermittel für Rinder, Schafe und Ziegen ausgenommen Kälber, Lämmer, Ziegenlämmer	1,0
	• andere Alleinfuttermittel	0,5
Schadstoff	Produkt	Höchstgehalt (ng WHO-PCDD/F-TEQ / kg bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 12 %)
Dioxine (PCDD/PCDF)	• sämtliche Futtermittel-Ausgangserzeugnisse pflanzlichen Ursprungs	0,75
	• Tierisches Fett einschließlich Milch- und Eifett	2,0
	• Sonstige Erzeugnisse von Landtieren einschließlich Milch, Milcherzeugnisse sowie Eier u. Eierzeugnisse	0,75

8.2 Anhaltspunkte und konkrete Anhaltspunkte für schädliche Bodenveränderungen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen

Tab. A 4: Anhaltspunkte für das Vorliegen schädlicher stofflicher Bodenveränderungen

Standorte / Erkenntnisse	Beschreibung	Anhaltspunkte
Immissionsgebiete	Luftbürtige Schadstoffeinträge in der Nähe emittierender Betriebe und von großen Siedlungen bewirken zumeist Schadstoffanreicherungen in Böden. Diffuse Belastungen können in (ehemals) bergbaulich genutzten Gebieten durch verarbeitende Betriebe (insbesondere Metallhütten) oder Kraftwerke verursacht worden sein.	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse über historische oder aktuelle Emissionswerte, die erhöhte Schadstoffeinträge im Immissionsgebiet erwarten lassen • vorliegende Untersuchungsergebnisse, die erhöhte Schadstoffgehalte in Böden aufzeigen*.
Überschwemmungsgebiete / Polder und Böden aus Auensedimenten	Böden in Überschwemmungsgebieten und Poldern werden in Folge der Sedimentation von Schwebstoffen während der Überflutung bzw. des Einstaus mit Schadstoffen angereichert. Neben dem naturbedingten Stofftransfer haben vor allem die Stoffeinleitungen in Fließgewässer zu starken Bodenbelastungen in Auen beigetragen. Erhöhte Schadstoffgehalte werden nicht nur in amtlich ausgewiesenen Überschwemmungsgebieten beobachtet, sondern auch in kleinen Auen, wenn durch Erzvorkommen oder Einleiter hohe Schadstoffkonzentrationen in den Vorflutern vorliegen. Zu beachten sind auch historische Stoffeinträge und ehemalige Gewässerverläufe, die aktuell auf Grund wasserbaulicher Maßnahmen ggf. keinen Überschwemmungen mehr ausgesetzt sind.	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse über historische oder aktuelle Gewässerbelastungen, die erhöhte Schadstoffeinträge im historischen oder aktuellen Überschwemmungsgebiet erwarten lassen • vorliegende Untersuchungsergebnisse (auch im Oberstrom), die erhöhte Schadstoffgehalte in Böden aufzeigen.*
Rieselfelder	Böden in Rieselfeldern sind durch die Aufleitung von schadstoffhaltigen Abwässern in der Vergangenheit zumeist stark mit Schadstoffen angereichert. Im Regelfall sind schädliche Bodenveränderungen zu besorgen.	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse über hohe Schadstofffrachten mit dem verrieselten Abwasser, z. B. angeschlossene Betriebe mit hohen Schadstofffrachten im Abwasser • vorliegende Untersuchungsergebnisse, die erhöhte Schadstoffgehalte in Böden aufzeigen.*
Beaufschlagte Böden	Böden, auf die erhebliche Mengen an belasteten Materialien (z.B. Klärschlämme, Gewässersedimente) aufgebracht worden sind, können mit materialspezifischen Schadstoffen belastet sein. Derartige Belastungen sind zumeist historisch; bei Einhaltung der abfall- und bodenschutzrechtlichen Regelungen sind sie nicht mehr zu besorgen.	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse über (historische) Beaufschlagungen; z. B. im Zuge von Rekultivierungen wurden vor in Krafttreten der AbfKlärV nicht selten sehr hohe Mengen ausgebracht • vorliegende Untersuchungsergebnisse, die erhöhte Schadstoffgehalte in Böden aufzeigen.*
Flächen mit Prüf- oder Maßnahmewertüberschreitungen nach Bodenbelastungskarten	Die Bodenbelastungskarte stellt in der Fläche Schätzwerte für Schadstoffgehalte in Böden dar. Aus diesem Grund sind anhand von Bodenbelastungskarten ausgewiesene Prüf- oder Maßnahmewertüberschreitungen im Regelfall nur als Anhaltspunkte zu werten.	<ul style="list-style-type: none"> • geschätzte Prüf- oder Maßnahmewertüberschreitungen
Geschätzte AN-Gehalte, die Prüf- bzw. Maßnahmenwerte überschreiten	Mit Hilfe von Regressionsgleichungen, die KW-Gehalte und Boden-pH berücksichtigen, können AN-Gehalte berechnet werden. Auf Grund der Berechnungsunsicherheiten sind rechnerische Überschreitungen von Prüf- oder Maßnahmenwerten nur als Anhaltspunkte einzustufen.	<ul style="list-style-type: none"> • über Regressionsgleichungen geschätzte Prüf- oder Maßnahmewertüberschreitungen

* z.B. Untersuchungsergebnisse die die Anforderungen an die Datenqualität gemäß BBodSchV nicht erfüllen (Entnahmetiefe, Punkt-/Flächenbezug, Analyseverfahren, etc.)

Tab. A 5: Konkrete Anhaltspunkte im Sinne § 3 Abs. 4 BBodSchV für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast (FELDWISCH et al. 2003, ergänzt)

- Prüf- bzw. Maßnahmenwertüberschreitungen nach BBodSchV am zu beurteilenden Ort
- Im Fall von fehlenden Prüf-/Maßnahmenwerten: Andere Beurteilungswerte, insbesondere Werte, die nach der Methodik gemäß Bundesanzeiger Nr. 161a vom 28. August 1999 abgeleitet wurden.
- Bekannte Bodenbelastungen an vergleichbaren Standorten (= homogene Raumeinheiten) bei sehr sicherer Übertragbarkeit
- Nahrungspflanzen, deren Belastungen kausal auf stoffliche Bodenbelastungen zurückzuführen sind, mit Überschreitungen der zulässigen Höchstgehalte nach Kontaminanten-Verordnung *
- Futterpflanzen, deren Belastungen kausal auf stoffliche Bodenbelastungen zurückzuführen sind, mit Überschreitungen der zulässigen Höchstgehalte nach Futtermittelverordnung bzw. entsprechender Richtwerte nach Verein Deutscher Ingenieure (VDI) *
- Tierische Nahrungsmittel, deren Belastungen kausal auf stoffliche Bodenbelastungen zurückzuführen sind, mit Überschreitungen der zulässigen Höchstgehalte nach Kontaminanten-Verordnung *

* Untersuchungen der Nutzpflanzen oder tierischer Nahrungsmittel werden nicht im Rahmen der orientierenden Untersuchung durchgeführt, sondern allenfalls in der Detailuntersuchung. Liegen jedoch Ergebnisse bereits vor, dann können diese im Rahmen der orientierenden Untersuchung zur Bewertung mit herangezogen werden.

8.3 Hinweise zur Beprobung von Böden gemäß Anhang 1 BBodSchV

Bei landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Flächen mit gleichmäßiger Bodenbeschaffenheit (Bodenart, Gehalt an organischer Substanz, Wasser- und Lufthaushalt) sind zur Beurteilung des Wirkungspfads Boden-Pflanze gemäß Anhang 1 BBodSchV folgende **Beprobungsdichten** anzustreben:

Flächengröße (ha)	Mindestanzahl an Mischproben
< 0,5	1
< 10	3 (-10)
> 10	≥ 10

Jede Mischprobe soll aus 15 bis 25 Einzeleinstichen je Teilfläche gewonnen werden.

Heterogene Flächen sind dabei so zu unterteilen, dass möglichst homogene Teilflächen entstehen (Bodeneigenschaften, Schadstoffsituation). Die Probenanzahl bei der orientierenden Untersuchung muss daher umso größer sein, je heterogener die Verdachtsfläche ist. Liegen ausreichend genaue Kenntnisse zu Belastungsdifferenzierungen anhand von Reliefinformationen und großmaßstäbigen Bodenkarten (BK5 oder DGK5 B) vor, dann sind typische Belastungsschwerpunkte wie Senken, Auftragsbereiche oder Kolluvisole gezielt zu beproben.

Fehlen solche wesentlichen Informationen, dann sind entsprechende **bodenkundliche Kartierungen** nach KA5 (AG Boden 2005) in dem Umfang durchzuführen, der für die Gefahrenbeurteilung erforderlich ist. Als Mindestumfang ist im Allgemeinen die Kartierung der Bodenformen (Bodentypen, Substrate inkl. Bodenarten) und etwaiger Belastungsanzeichen wie z.B. Farb-, Geruchs- und Durchwurzelungsabnormitäten anzusehen. Zumeist bietet es sich aus arbeitswirtschaftlichen Gründen und Kostenaspekten an, im Rahmen der Bodenkartierung vor Ort auch direkt Bodenproben zu gewinnen.

Im Hinblick auf die **Beprobungstiefe** wird bei Ackerflächen der Bearbeitungshorizont (= Ober- oder Mutterboden) beprobt, der in der Regel 0 – 30 cm mächtig ist. Eine Unterbodenprobe wird zumeist zwischen 30 und 60 cm als Mischprobe gewonnen. Grünland ist in der Regel zwischen 0 und 10 cm sowie zwischen 10 und 30 cm Bodentiefe zu beproben.

Die Festlegung des **Parameterumfangs** erfolgt anhand der Erkenntnisse der Erfassung zum vermuteten Schadstoffinventar. Die relevanten Schadstoffe sind entsprechend den Vorgaben des Anhangs 1 der BBodSchV zu analysieren. Im Falle der Schwermetalle sind die Gesamtgehalte nach Extraktion mit Königswasser zu ermitteln. Zusätzlich sind bei As, Cd, Cu, Ni, Pb, Tl und Zn die pflanzenverfügbare Fraktionen im AN-Extrakt zu ermitteln. Humusgehalt und pH-Wert sollten immer mit bestimmt werden. Die Bodenart sollte aus großmaßstäbigen Bodenkarten oder anhand der Kartierungen bekannt sein; fehlt diese Information, dann sollte an der Laborprobe die Bodenart bestimmt werden (Fingerprobe durch versierte Bodenkundler oder Korngrößenanalyse).

8.4 Einfache Mittel zur Gefahrenabwehr im Sinne § 3 Abs. 5 S. 2 BBodSchV

Tab. A 6: Beispiele für einfache Mittel der Gefahrenabwehr im Sinne von § 3 Abs. 5 S. 2 BBodSchV (FELDWISCH et al. 2003, verändert)

Einfache Mittel für verschiedene Teilpfade *
1. Systemischer Pfad:
<ul style="list-style-type: none"> • Regulierung der Pflanzenverfügbarkeit der Schadstoffe durch pH-Wert-Anpassungen • Verzicht auf den Anbau akkumulierender Pflanzenarten und -sorten (Schadstoffeinfluss berücksichtigen!) • Ausgrenzen von potenziell stärker belasteten Bereichen aus der Nutzung <ul style="list-style-type: none"> a) temporär in Auen nach Überschwemmungen b) dauerhaft bei permanenter Gefahr wie z.B. hoch belasteten Rieselfeldbereichen (Absetzbecken, Schlammbeete und Gräben) oder Senken in Auen etc.
2. Verschmutzungspfad:
<ul style="list-style-type: none"> • Verzicht auf den Anbau verschmutzungsempfindlicher Arten und Sorten wie bodennah wachsender Kulturen • Auswahl geeigneter Anbau-, Bergungs- und Ernteverfahren mit sehr geringer Pflanzenverschmutzung • Ausgrenzen von potenziell stärker belasteten Bereichen aus der Nutzung <ul style="list-style-type: none"> a) temporär in Auen nach Überschwemmungen b) dauerhaft bei permanenter Gefahr wie z.B. hoch belasteten Rieselfeldbereichen (Absetzbecken, Schlammbeete und Gräben) oder Senken in Auen etc. • Verzicht auf Weidenutzung im Winterhalbjahr und in nassen Perioden • Anpassen des Viehbesatzes an die mechanische Belastbarkeit der Grasnarbe

* Hinsichtlich der Auswahl von Maßnahmen der Gefahrenabwehr ist Einvernehmen mit der landwirtschaftlichen Fachbehörde zu erzielen. Über die ergriffenen Maßnahmen sind Aufzeichnungen zu führen (§ 5 Abs. 5 BBodSchV). Zur Dokumentation können landwirtschaftliche Schlagkarteien dienen.

8.5 Hinweise zur Durchführung von Pflanzenuntersuchungen

Bei der Planung von Pflanzenuntersuchungen, die auf die Erhärtung oder Verwerfung des bodenschutzrechtlichen Gefahrenverdachts abzielen, sollten folgende fachliche Aspekte berücksichtigt werden:

- Nicht alle Schadstoffe können problemlos im pflanzlichen Gewebe bestimmt werden (Beispiel: Abbauprodukte organischer Schadstoffe).
- Die Anbaubedingungen und -einflüsse (Düngereinsatz, Wässerung, Kulturdauer, Erntezeitpunkt und Ernteverfahren etc.) müssen bekannt sein.
- Die Beprobungsmethode muss methodisch die Einflüsse der Bewirtschaftung und Ernte auf den Schadstoffgehalt abbilden. So sollten Futtermittelproben den Einfluss der erntebedingten Verschmutzung des Erntegutes berücksichtigen. Dazu bieten sich Beprobungen des Erntegutes aus dem Fahrsilo oder dem Rundballen ggf. besser an als Schnittbeprobungen aus dem stehenden Futterbestand, weil die Schnittbeprobung die erntebedingten Verschmutzungen nicht mit erfasst.
- Hinsichtlich des Anreicherungsvermögens bestehen Unterschiede bei den einzelnen Pflanzenarten und -sorten sowie bei verschiedenen Pflanzenorganen.
- Bei der Probenvorbereitung ist zu entscheiden, ob Verschmutzungen des Pflanzengewebes mit untersucht werden sollen oder nicht. Dies ist insbesondere bei Futterpflanzen von entscheidender Relevanz (siehe unten).
- Die Anzahl zu untersuchender Pflanzen ist so festzulegen, dass mögliche individuelle Variabilitäten erfasst werden können.
- Die Analysenanzahl pro Nutzpflanzenart und -sorte muss verallgemeinerbare Aussagen zum Boden-Pflanzenpfad am Standort zulassen.
- Untersuchungen in einer Vegetationsperiode sind nicht generell auf andere Jahre übertragbar, da der Witterungsverlauf die Transferraten stark beeinflusst. Ferner spielt auch der Zeitpunkt der Probenahme eine Rolle, weil die Pflanzenkonzentrationen durch unterschiedliche Wuchsbedingungen in der Vegetationsperiode stark variieren können.
- Die Anbauflächen müssen eine genügende Repräsentativität hinsichtlich der bodenbedingten Einflussfaktoren aufweisen.
- Pflanzenuntersuchungen sollten immer mit entsprechenden Bodenuntersuchungen kombiniert werden. Dabei sind „echte“ Pflanzen- und Bodenprobenpaare zu ziehen, das heißt, die Bodenproben sind im Durchwurzelungsbereich der Pflanzenproben zu entnehmen. Weichen die Probenstellen für Pflanzen- und Bodenuntersuchungen voneinander ab, dann sind keine aussagekräftigen Transferabschätzungen möglich.

Fazit:

Einzelne Pflanzenproben sind im Regelfall nicht dazu geeignet, eine abschließende Gefahrenbeurteilung im Hinblick auf bodenbürtige Schadstoffbelastungen vorzunehmen. Sie erlauben lediglich die lebens- und futtermittelrechtliche Bewertung der beprobten Charge, ermöglichen jedoch nicht die Beurteilung der generellen Eignung des Bodenstandortes für

eine schadstoffarme Nutzpflanzenproduktion. Dazu sind die oben aufgeführten Einflüsse der Witterung, der Pflanzenarten und -sorten, der Bewirtschaftung und des Erntezeitpunktes sowie der Ernteverfahren zu berücksichtigen.

Vor diesem Hintergrund sind zur Klärung des Gefahrenverdachts im Regelfall mehrjährige Pflanzenuntersuchungen notwendig. Um eine Kontinuität der Pflanzenbeprobungen zu gewährleisten, sollte mit der zuständigen Lebens- bzw. Futtermittelüberwachung ggf. ein geeignetes Beprobungsprogramm abgestimmt werden.

Ergänzende Hinweise zur Untersuchung des Wirkungspfads Boden-Pflanze-Tier

Die vorstehenden Hinweise zu Pflanzenuntersuchungen gelten entsprechend auch für die Untersuchung von Futterpflanzen. Darüber hinaus sind folgende Aspekte bei der Bewertung des Wirkungspfades Boden(-Pflanze)-Tier zu berücksichtigen:

- Verschmutzungsgrad des Futters: Bei Grundfutterpflanzen (Wiesen- und Weidenaufwuchs sowie Ackerfutter) sollte im Regelfall bei der Abschätzung der Schadstoffbelastung von Nutztieren mit einem mittleren Verschmutzungsanteil von 3 % des KW-extrahierbaren Bodengehaltes gerechnet werden.
- Für deutlich abweichende Verschmutzungsanteile gibt Kap. 5.1 Hilfestellungen zum Bodenschutzvollzug.
- Auf stark versauertem Grünland kann die systemische Aufnahme mobiler Schadstoffe wie Cadmium bewertungsrelevant sein. Auch dazu gibt Kap. 5.1 konkrete Hinweise.
- Nutztierarten: Nutztierarten reagieren unterschiedlich empfindlich auf Schadstoffbelastungen. Hinlänglich bekannt ist die Empfindlichkeit von Schafen gegenüber erhöhten Cu-Gehalten im Futter.
- Fütterungsverfahren und Futterzusammensetzung: Futtermittel unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Schadstoffgehalte zum Teil sehr deutlich. Zu differenzieren ist zwischen Wiesen- und Weidenaufwuchs sowie Ackerfutter. Mais ist auf Grund seiner Wuchseigenschaften geringer verschmutzt als alle bodennah wachsenden Futtermittel (z.B. Gras, Luzerne, Futterrüben). Aus diesen Gründen muss die Gefahrenbeurteilung auch die Zusammensetzung der Grundfütterration berücksichtigen, um die Schadstoffaufnahme richtig kalkulieren zu können.

8.6 Maßnahmentabelle

8.6.1 Systemische Aufnahme

Tab. A 7: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei systemischer Schadstoffaufnahme

Ursache	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse / fachliche Hinweise
hohe Schadstoffverfügbarkeit bei moderaten Gesamtgehalten im Boden auf Grund zu niedriger pH-Werte (v. a. Cd, Cu, Ni, Tl, Zn)	<ul style="list-style-type: none"> • Aufkalken des Bodens auf landwirtschaftliche Ziel-pH-Werte i.d.R. ausreichend. Regelmäßige Unterschreitungen der landwirtschaftlichen Ziel-pH-Werte sind durch geeignete Kalkungsstrategien zu vermeiden. • standort- und pflanzengerechte Düngung • Verzicht auf versauernd wirkende Düngemittel 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufkalken als Maßnahme ist umso wirkungsvoller je niedriger der Ausgangs-pH-Wert ist. • Bei hohen pH-Werten ist die Mobilität der meisten Schwermetalle deutlich geringer. • Düngung steigert den Ertrag und senkt damit die Schadstoffkonzentration im Futter
Hohe Gesamtgehalte	<ul style="list-style-type: none"> • Aufkalken des Bodens auf Werte zwischen pH 6,5 und 7, also über die landwirtschaftlichen Ziel-pH-Werte hinaus zur bestmöglichen Immobilisierung 	<ul style="list-style-type: none"> • effektive Maßnahme, bei hohen Gesamtgehalten jedoch alleine im Regelfall nicht ausreichend wirksam
	<ul style="list-style-type: none"> • Anbau von Nutzpflanzen mit relativ geringer Schadstoffaufnahme (element- und pflanzenspezifische Unterschiede sind zu beachten, vgl. nachfolgende Tab. A 8) 	<ul style="list-style-type: none"> • effektive Maßnahme, im Regelfall durch pH-Optimierung abzusichern
	<ul style="list-style-type: none"> • Anbau von Nutzpflanzen, deren Schadstoffbelastung nicht bewertungsrelevant ist, weil im Zuge industrieller Aufbereitungsprozesse die Nahrungsprodukte schadstofffrei oder schadstoffarm sind (z.B. Zuckerrüben, Sonnenblumen zur Ölproduktion). 	<ul style="list-style-type: none"> • effektive Maßnahme, jedoch müssen Standortklima, Anbaukontingente und Vermarktungswege den Anbau solcher Nutzpflanzen ermöglichen.
	<ul style="list-style-type: none"> • Umwandlung von Acker- in Grünlandnutzung 	<ul style="list-style-type: none"> • sehr effektive Maßnahme, jedoch starke betriebswirtschaftliche Auswirkungen, deshalb häufig aus landwirtschaftlicher Sicht schwer realisierbar
	<ul style="list-style-type: none"> • Anbaumstellung auf nachwachsende Rohstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> • sehr effektive Maßnahme, jedoch starke betriebswirtschaftliche Auswirkungen, deshalb häufig aus landwirtschaftlicher Sicht schwer realisierbar

Handlungsempfehlungen zu Maßnahmen der Gefahrenabwehr in der Landwirtschaft

Ursache	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse / fachliche Hinweise
Hohe Gesamtgehalte (<i>Fortsetzung</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Bei hoher systemischer Schadstoffaufnahme trotz hohem pH-Wert ggf. zusätzlich Schadstoffimmobilisierung durch Aufbringen von Materialien mit hohem Bindungspotenzial 	<ul style="list-style-type: none"> Immobilisierung von Schwermetallen durch Adsorption, Komplexierung, Fällung und Chelatisierung; Maßnahme nur auf Ackerböden möglich, da intensive Einarbeitung in den Boden Voraussetzung für die Wirksamkeit der Maßnahme ist. Anwendungsgrenzen und fachlicher Klärungsbedarf sind zu beachten (vgl. FELDWISCH et al. 2004).
	<ul style="list-style-type: none"> Ausreichende Humusversorgung zur Bereitstellung von Bindungsplätzen 	<ul style="list-style-type: none"> auf ausgeglichene Humusbilanz achten Wirksamkeit unsicher
	<ul style="list-style-type: none"> Vermeiden von Mineralisationsschüben (umbruchlose Grünlanderneuerung, konservierende Bodenbearbeitung oder Direktsaat beim Ackerbau) 	<ul style="list-style-type: none"> nur eingeschränkt wirksam; wirkt nur auf die unmittelbar betroffene Kultur
	<ul style="list-style-type: none"> Bodenüberdeckung 	<ul style="list-style-type: none"> sehr effektive, aber aufwändige und teure Maßnahme

Tab. A 8: Relative Anreicherungen von Cd, Pb und Tl in verschiedenen Pflanzenarten

Anreicherungsvermögen	Cadmium	Blei	Thallium
hoch <i>(kursiv = unsicher)</i>	Endivien Lollo rosso Mangold Sellerie Spinat Weizen Zuckerrübenblatt	Endivie Lollo rosso	Grünkohl Grünraps
		<i>Blumenkohl</i> Broccoli <i>Chinakohl</i> Feldsalat Gerste Grünkohl Hafer Kohlrabi Kopfsalat Mangold Möhren Porree Radies/Rettich Roggen <i>Rosenkohl</i> <i>Rote Bete</i> <i>Schwarzwurzel</i>	Broccoli Mangold Radies/Rettich Rote Bete <i>Schwarzwurzel</i> <i>Sellerie</i> Spinat <i>Wirsing</i>
mäßig <i>(kursiv = unsicher)</i>	<i>Blumenkohl</i> Broccoli <i>Chinakohl</i> Grünkohl Hafer Möhren Porree <i>Rote Bete</i> Kopfsalat <i>Schwarzwurzel</i>	<i>Schwarzwurzel</i> Sellerie Spinat <i>Spitzkohl</i> Weißkohl Weizen <i>Wirsing</i> <i>Zwiebel</i>	<i>Blumenkohl</i> Buschbohne <i>Chinakohl</i> Endivie Erbse Gurke <i>Kohlrabi</i> Kürbis Möhren Paprika <i>Porree</i> <i>Rosenkohl</i> <i>Rotkohl</i> Salat <i>Spitzkohl</i>
		Buschbohne Erbse Feldsalat Gerste <i>Gurke</i> Kartoffel Kohlrabi Kürbis Paprika Radies/Rettich Roggen <i>Rosenkohl</i> Rotkohl <i>Spitzkohl</i> Stangenbohnen <i>Tomate</i> Weißkohl <i>Wirsing</i> Zucchini <i>Zwiebel</i>	Buschbohne <i>Erbse</i> <i>Gurke</i> Kartoffeln Stangenbohne <i>Tomate</i> <i>Zucchini</i>
niedrig <i>(kursiv = unsicher)</i>	Buschbohne Erbse Feldsalat Gerste <i>Gurke</i> Kartoffel Kohlrabi Kürbis Paprika Radies/Rettich Roggen <i>Rosenkohl</i> Rotkohl <i>Spitzkohl</i> Stangenbohnen <i>Tomate</i> Weißkohl <i>Wirsing</i> Zucchini <i>Zwiebel</i>	Buschbohne <i>Erbse</i> <i>Gurke</i> Kartoffeln Stangenbohne <i>Tomate</i> <i>Zucchini</i>	

Hinweise zur Tabelle :

- Quelle: Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen – Nr. 24 vom 27. Mai 2005, S. 596.
- Der Schadstoffübergang vom Boden in Obst ist generell als gering einzustufen. Allerdings ist bei bodennah wachsendem Obst (z. B. Erdbeeren) dessen Verschmutzungsgefährdung zu beachten bzw. es sind geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen (z. B. Bodenabdeckung mit Stroh).
- Bezüglich des Überganges Boden – Pflanze bei PAK und vergleichbaren Schadstoffen ist bedeutsam, dass dieser bei den besonders beurteilungsrelevanten, höher kondensierten Verbindungen wie Benzo(a)pyren und Dibenz-a,h-anthracen in erster Linie auf einen direkten Schadstoffübergang Boden – Pflanzenoberfläche infolge von Verschmutzungen mit Bodenpartikeln zurückzuführen ist. Dies sind Pflanzen, deren verzehrbare Anteile bodennah wachsen und die zudem nicht durch z. B. vor dem Verzehr entfernte Pflanzenteile (z. B. Schalen, Hüllblätter) vor einem Kontakt mit belasteten Bodenpartikeln geschützt sind. In dieser Hinsicht sind als besonders empfindlich alle bodennah wachsenden Blattgemüsearten (insbesondere Spinat, Blattsalate, Mangold) aber auch z. B. Buschbohnen und verschiedene Küchenkräuter einzustufen. Andere Gemüsearten, die durch ihre äußeren, nicht verzehrten Blätter gegenüber einem direkten Schadstoffübergang geschützt sind (z. B. Kopfsalate, Kopfkohlarten, Rosenkohl, Porree, Zwiebel), die vor dem Verzehr geschält werden (z. B. Möhren, Kartoffeln, Kohlrabi, Sellerie), oder die nicht bodennah wachsen (z. B. Stangenbohnen, Tomaten) sind dagegen als unempfindlicher einzustufen.

Tab. A 9: Sortenspezifische Cd-Aufnahme in das Winterweizenkorn auf sächsischen Verwitterungsböden (LFL 2003)*

Sorte	Gehalt (µg/kg Erntekorn; 86%TS)	Rel. Aufnahme in % (Batis = 100%)
Batis	131	100
Tommi	151	116
Cubus	181	138
Ludwig	189	145
Cardos	191	146
Terrier	193	147
Drifter	210	161
Magnus	221	169
Atoll	223	171
Romanus	224	172
Meunier	232	177
Tiger	238	182
Sokrates	238	182
Kaltop	266	204
Tarso	280	214
Dekan	284	218
Tilburi	298	228
Compliment	300	230
Enorm	311	238
Elvis	386	295

* Hinweise:

1. Versuchsbedingungen:

Mittelwerte der Cadmiumgehalte im Erntekorn Winterweizen; Gefäßversuche (Lfl. 2003);

Cd-Gehalt im Boden (Königswasserextrakt): 6,3 mg/kg; pH (Boden): 6,2; N = 4; V-Standort

2. Die in der Tabelle aufgeführten relativen Sortenunterschiede sind nicht als abschließend gesicherte Unterschiede zu verstehen, mit denen man rechnerisch die Geeignetheit einer Sorte zur Gefahrenabwehr belegen könnte.

3. Die Sortenunterschiede können unter Anbaubedingungen weniger deutlich ausfallen, als unter den kontrollierten Bedingungen eines Gefäßversuches. Weiterhin sind Witterungseinflüsse und damit Unterschiede zwischen einzelnen Anbaujahren zu erwarten, wie Praxisuntersuchungen der Landwirtschaftskammer Hannover im Harz (Niedersachsen) belegen. Insofern sollten auch die Anbauempfehlungen der Landwirtschaftskammer Hannover für Getreideanbau auf schwermetallbelasteten Böden berücksichtigt werden (Tab. A 10).

Tab. A 10: Anbauempfehlungen für den Getreideanbau auf cadmiumbelasteten Böden im Landkreis Goslar (LWK HANNOVER 2005)

Auf Grundlage der bisherigen Untersuchungen und Erkenntnisse gibt die Landwirtschaftskammer Hannover für die Nutzung schwermetallbelasteter Ackerböden im Landkreis Goslar für den Anbau von Getreide folgende Empfehlungen:

1. Einstellung eines pH-Wertes von über 7,2

2. Kulturarten und Fruchtarten

Bei Cadmiumgehalten (KW) über 10 mg/kg im Boden:

- Kein Anbau von Getreide mit dem Ziel der Lebensmittelherstellung
- Anbau von Futtergetreide möglich

Bei Cadmiumgehalten (KW) von 3 – 10 mg/kg im Boden:

- Kein Anbau von Weizen zum Zwecke der Lebensmittelherstellung
- Kein Anbau von Wintertriticale zum Zwecke der Lebensmittelherstellung
- Beim Anbau von Winterroggen und Wintergerste kann je nach Jahr und Standort der Cadmiumhöchstwert überschritten werden. Deshalb vor Verkauf zum Zwecke der Lebensmittelherstellung Untersuchung der Cadmiumgehalte.
- Anbau von Futtergetreide möglich

Bei Cadmiumgehalten (KW) im Boden unter 3 mg/kg Boden:

- Anbau aller Getreidearten zum Zwecke der Lebensmittelherstellung möglich.
- Anbau von Futtergetreide möglich.
- Wegen der geringen Anzahl von Versuchsgliedern bei einzelnen Getreidearten ist bei Cadmiumgehalten von 2 – 3 mg/kg Boden vorerst einschränkend zu beachten:
 - Winterweizen: Bevorzugter Anbau der Sorten Batis und Tommi, Verzicht auf den Anbau der Sorten Ludwig und Winnetou. Vor Inverkehrbringen des Weizens als Lebensmittel zur Absicherung eine Cadmiumuntersuchung.
 - Wintertriticale: Zum Zwecke der Lebensmittelherstellung vor Inverkehrbringen auf Cadmium untersuchen.
 - Wintergerste: Zur Lebensmittelherstellung vor Inverkehrbringen auf Cadmium untersuchen.
 - Winterroggen: Nach vorliegenden Untersuchungsergebnissen Winterroggenanbau zum Zwecke der Brotherstellung möglich.

3. Verantwortung des Landwirtes

Der Landwirt ist gesetzlich verpflichtet, eigenverantwortlich die Einhaltung der Höchstgehalte nach Futtermittel- und Lebensmittelrecht sicherzustellen.

KW=Königswasserextrakt

8.6.2 Verschmutzung

8.6.2.1 Wiesennutzung

Tab. A 11: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Schadstoffaufnahme über Verschmutzungspfad – Wiesennutzung

Ursache	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
Zu tiefe Einstellung von Mäh- oder Werbegegeräten	<ul style="list-style-type: none"> • höher mähen (minimale Nutzungstiefe sollte bei 5, besser 7 cm liegen) • Sorgfältiges Einstellen der Ladewagen-Pickup sowie der übrigen Werbegegeräte (Schwader, Wender) 	<ul style="list-style-type: none"> • Evtl. Kauf angepasster Geräte bzw. von Geräten mit Höhenverstellung.
Zu häufiges Wenden /Schwaden des Schnittguts	<ul style="list-style-type: none"> • Zügiges Anwelken mit hoher Schlagkraft • Einsatz von Mähgutaufbereitern • Übergang zu Konservierungsverfahren, bei denen rascheres Einfahren möglich ist (z.B. Heubelüftung an Stelle von Bodenheubereitung, Feuchtsilagebereitung mit Einsatz von Siliermitteln) 	<ul style="list-style-type: none"> • Effekt beschleunigter Trocknung beim Einsatz von Mähauflaufbereitern beruht auf höherem Zellsaftaustritt; diese zuckerhaltigen Pflanzensäfte lassen evtl. Schmutzteile besser anhaften. • Für Heubelüftung ist die Installation teurer Anlagen erforderlich.
Zu hohe mechanische Belastungen der Grasnarbe (Fahrspuren)	<ul style="list-style-type: none"> • Befahren nur bei ausreichender Tragfähigkeit des Bodens • Anpassung der Bereifung (Reifeninnendruck, Aufstandsfläche) • Erhöhung der Schlagkraft reduziert die Überfahrten 	<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Schlagkraft meist mit höherem Gewicht der Maschinen und Geräte verbunden, wodurch sich Bodenverdichtungen ergeben können (Beeinträchtigung der Wasserinfiltration in den Boden ist möglich).
Lücken im Grünlandbestand	<ul style="list-style-type: none"> • Schaffung dichter Grasnarben durch häufige Nutzung und Nach- oder Übersaat mit standortangepassten Arten und Sorten zur Verminderung der kinetischen Energie beim Aufprall der Regentropfen auf die Bodenoberfläche • Anpassung der Düngung • Höherer Schnitt (mind. 5cm, besser 7 cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Veränderung der Nutzungsfrequenz steht evtl. dem Nutzungszweck entgegen (hohe Nutzungsfrequenz lässt meist keine Heuwerbung zu)
Ungünstige Bestandeszusammensetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Unkrautbekämpfung mit nachfolgender Nach- oder Übersaat mit standortangepassten Arten und Sorten • Anpassung von Düngung und Nutzung zur Förderung gewünschter Grünlandarten • Höherer Schnitt (mind. 5 cm, besser 7 cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln ist evtl. untersagt

Handlungsempfehlungen zu Maßnahmen der Gefahrenabwehr in der Landwirtschaft

Ursache	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
Nasses oder feuchtes Grünfutter / regnerische Witterung	<ul style="list-style-type: none"> • Besseres Abtrocknen des Bestandes durch Wahl eines späteren Schnittzeitpunktes am Tag • Verzicht auf Nutzung an Regentagen oder wenn, dann zumindest mit hoher Schnitthöhe 	
Lücken durch Maulwurfhaufen	<ul style="list-style-type: none"> • direkte Bekämpfung der Maulwürfe nicht gestattet (Naturschutzrecht) • Abschleppen des Bestandes • Walzen und häufige Bearbeitung zur Vergrämung der Maulwürfe • Übergang von Schnitt- zu Weidenutzung. Insbesondere intensive Beweidung mit Schafherden (Einebnen von Haufen, Eintreten von Gängen, Schädigen oder Vertreiben der Maulwürfe) verringert den Besatz • Kein Einsatz von Mähaufbereitern 	<ul style="list-style-type: none"> • Abschleppen der Haufen sollte zu den Zeiten großer Aktivität der Tiere erfolgen (Juli/August) und nach dem Winter
Lücken durch Wühlmaushaufen	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen entsprechend denen bei Maulwürfen • Aufstellen von Sitzkrücken für Greifvögel • Kein Einsatz von Mähaufbereitern • ggf. zusätzlich direkte Bekämpfung mit Fallen oder Gift 	<ul style="list-style-type: none"> • Abschleppen der Haufen sollte zu den Zeiten großer Aktivität der Tiere erfolgen (Juli/August) und nach dem Winter
Regenwurm Kot	<ul style="list-style-type: none"> • Höherer Schnitt • Evtl. Verzicht auf späte Herbst- und frühe Frühjahrsnutzung 	
Nasse oder feuchte Standorte	<ul style="list-style-type: none"> • Ggf. Nutzungsaufgabe • Dränieren der Flächen bzw. Pflege der vorhandenen Dränagen und Vorfluter 	<ul style="list-style-type: none"> • In geschützten Gebieten neue Dränagen nicht erlaubt • Auswirkungen auf den Gebietsabfluss und auf die Hochwasserbildung beachten.
Nasssilagebereitung	<ul style="list-style-type: none"> • Längeres Anwelken des Futters auf dem Feld • Verzicht auf Nutzung im Herbst 	<ul style="list-style-type: none"> • In der Regel steigen die Aschegehalte im Futter vom ersten bis zum letzten Schnitt eines Jahres an; der nicht genutzte Aufwuchs fördert jedoch Mäusebesatz und Schneeschimmel.

Handlungsempfehlungen zu Maßnahmen der Gefahrenabwehr in der Landwirtschaft

Ursache	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
Heubereitung	<ul style="list-style-type: none"> • Anstelle von Bodentrocknung mit langer Feldphase Übergang zur Heubelüftung mit deutlich verkürzter Feldphase • Futterentnahme mittels Heu-Reinigungsgerät 	<ul style="list-style-type: none"> • Heubelüftungsanlagen und Reinigungsanlagen sind nicht praxisüblich und können nur mit hohem Finanzaufwand eingebaut bzw. eingesetzt werden
Futtereinlagerung in Flachsilos	<ul style="list-style-type: none"> • Überfahren des Futters vermeiden oder nur mit sauberen Schlepperreifen • Futter vor dem Silo auf befestigter Bodenplatte zwischenlagern und mittels Verteilgerät oder Radlader einlagern 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzierte Schlagkraft • Zusätzlicher Personalbedarf
Futtereinlagerung in Hochsilos	<ul style="list-style-type: none"> • Zwischenlagerung des Futters vor Gebläsebeschickung nur auf befestigter und sauberer Bodenplatte bzw. Befüllung über Dosiergerät 	
Anlage von Behelfssilos auf Böden mit erhöhten Schadstoffgehalten	<ul style="list-style-type: none"> • Verzicht auf Behelfssiloplanlagen auf Böden mit stofflichen Belastungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Längere Transportwege vom Feld zum Silo oder das Anlegen von befestigten Silos verursachen Kosten.
Schädliche stoffliche Bodenveränderungen (allgemein)	<ul style="list-style-type: none"> • Milchviehfütterung: Wechsel der Produktionsrichtung von Milch zu Fleisch 	<ul style="list-style-type: none"> • Schadstoffe können auf belasteten Standorten in hohen Konzentrationen in der Milch enthalten sein. Im Fleisch, speziell im Muskelfleisch, werden Schadstoffe kaum angereichert, so dass eine Vermarktung unter Einhaltung der Lebensmittel-Höchstgehalte problemlos möglich ist. Jedoch müssen Innereien, fettreiche Gewebe und Knochen, in denen Anreicherungen stattfinden können, aus der Lebensmittelherstellung ausgesondert werden. • Maßnahme aufgrund betriebsspezifischer produktionstechnischer Ausrichtung nicht kurzfristig realisierbar • Vermarktungsmöglichkeiten für Fleischprodukte, die auf schadstoffbelasteten Flächen produziert werden, sind fraglich.
	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzungsaufgabe, wenn Gefahrenabwehr mit anderen Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen nicht erfolgen kann. 	

8.6.2.2 Weidenutzung

Tab. A 12: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Schadstoffaufnahme über Verschmutzungspfad – Weidennutzung

Ursache	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
<p>Narbenschäden durch starke Trittbelastung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiere nehmen Schmutzanteile beim Fressen auf • Hufe und Klauen verschmutzen das noch verbleibende „gute“ Futter 	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Weidegang bei Regen – Tieren auf befestigter Platte oder im Laufstall Auslauf gewähren • Kurze Weidephasen mit stark verringerter Besatzdichte • Viehbesatzdichte reduzieren • Wechsel der Tierart (keine Pferde oder Schafe wegen artbedingt tiefem Verbiss, soweit sie zur Nahrungsmittelproduktion herangezogen werden) • Nach- oder Übersaat • Platzwechsel der Weidetore und Tränkestellen • Unterstand (Hütte) mit befestigter Bodenplatte • Ausweichen auf trockenere Weideflächen 	<ul style="list-style-type: none"> • Materialkosten und Arbeitsaufwand können die Umsetzung erschweren. • Zusätzliche Bodenversiegelung für das Anlegen eines befestigten Auslaufes laufen dem Bodenschutzziel entgegen, möglichst sparsam mit Böden umzugehen.
<p>Narbenlücken bei Beweiden von Ackerfutter</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verzicht auf Weidegang 	
<p>Zu tief abgefressene Grasnarbe</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wechsel der Tierart (Keine Pferde oder Schafe wegen artbedingt tiefem Verbiss, soweit sie zur Nahrungsmittelproduktion herangezogen werden. Stattdessen Rinder.) • Viehbesatz reduzieren und mehr Weidefläche zuteilen • Wechsel des Weidesystems (anstelle von Portions- oder Umtriebsweide jetzt Mähstandweide) • Durch Einkalkulieren von genügend Weiderest (ca. 20% des Futteraufwuchses) Verbisstiefe steuern (angestrebt sind ca. 3 – 5 cm Nutzungstiefe an der am tiefsten verbissenen Stelle) • Rechtzeitiger Weidewechsel 	
<p>Pferchen von Schafen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Unterlassen des Pferchens von Schafen auf belasteten Flächen 	

Handlungsempfehlungen zu Maßnahmen der Gefahrenabwehr in der Landwirtschaft

Ursache	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
Beweidung im Winterhalbjahr – Ganzjahresweide	<ul style="list-style-type: none"> • Verzicht auf Beweidung im zeitigen Frühjahr, im Herbst oder im Winterhalbjahr • Ergänzungsfütterung, zur Vermeidung tiefen Verbisses • Kürzen der täglichen Weidezeit • Wechsel der Tierart um tiefen Verbiss zu begrenzen oder zu verhindern • Verzicht auf ganzjährige Freilandhaltung auf belasteten Flächen 	<ul style="list-style-type: none"> • Boden im Winter wesentlich feuchter, so dass das Verschmutzungsrisiko ansteigt. • Geringer Futteraufwuchs in den kühleren Jahreszeiten ist stärker über den systemischen Pfad belastet.
Freilandhaltung von Hühnern (Direkte Bodenaufnahme)	<ul style="list-style-type: none"> • Verzicht auf Freilandhaltung • ggf. Bodenüberdeckung 	<ul style="list-style-type: none"> • Aus marktwirtschaftlicher Sicht oder aus Gründen artgerechter Tierhaltung kann evtl. nicht oder nur schwer auf Freilandhaltung verzichtet werden.
Nasse Witterung, Starkregen (Aufspritzen von Boden (Splash) und Verschmutzen des Aufwuchses)	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Auftrieb auf vernässte, nicht tragfähige Böden • Kein Auftrieb von Tieren unmittelbar nach Starkregenfällen • Generell: Narbenpflege zur Gewährleistung einer dichten Narbe, so dass Splash verringert bzw. vermieden wird 	
Lücken durch Maulwurfhaufen	<ul style="list-style-type: none"> • direkte Bekämpfung der Maulwürfe nicht gestattet (Naturschutzrecht) • Abschleppen des Bestandes • Walzen und ggf. temporäre Erhöhung des Viehbesatzes zur Vergrämung der Maulwürfe 	<ul style="list-style-type: none"> • Abschleppen der Haufen sollte zu den Zeiten großer Aktivität der Tiere erfolgen (Juli/August) und nach dem Winter
Lücken durch Wühlmaushaufen	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen entsprechend denen bei Maulwürfen • Aufstellen von Sitzkrücken für Greifvögel • ggf. zusätzlich direkte Bekämpfung mit Fallen oder Gift 	<ul style="list-style-type: none"> • Abschleppen der Haufen sollte zu den Zeiten großer Aktivität der Tiere erfolgen (Juli/August) und nach dem Winter
Regenwurm Kot	<ul style="list-style-type: none"> • Verbisstiefe über Viehbesatz und Standzeiten regulieren • Evtl. Verzicht auf späte Herbst- und frühe Frühjahrsnutzung 	

Handlungsempfehlungen zu Maßnahmen der Gefahrenabwehr in der Landwirtschaft

Ursache	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
Schädliche stoffliche Bodenveränderungen (allgemein)	<ul style="list-style-type: none"> • Milchviehweiden: Wechsel der Produktionsrichtung von Milch zu Fleisch • Nutzungsaufgabe, wenn Gefahrenabwehr mit anderen Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen nicht erfolgen kann. 	<ul style="list-style-type: none"> • Schadstoffe können auf belasteten Standorten in hohen Konzentrationen in der Milch enthalten sein. Im Fleisch, speziell im Muskelfleisch, werden Schadstoffe kaum angereichert, so dass eine Vermarktung unter Einhaltung der Lebensmittel-Höchstgehalte problemlos möglich ist. Jedoch müssen Innereien, fettreiche Gewebe und Knochen, in denen Anreicherungen stattfinden können, aus der Lebensmittelherstellung ausgesondert werden. • Maßnahme aufgrund betriebsspezifischer produktionstechnischer Ausrichtung nicht kurzfristig realisierbar • Vermarktungsmöglichkeiten für Fleischprodukte, die auf schadstoffbelasteten Flächen produziert werden, sind fraglich.

8.6.2.3 Feldfutterbau

Tab. A 13: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Schadstoffaufnahme über Verschmutzungspfad – Feldfutterbau

Ursache	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
Silomais	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung standfester Sorten zur Vermeidung von Lager der Pflanzen • Höhere Stoppel stehen lassen 	<ul style="list-style-type: none"> • Silomais ist aufgrund großer Pflanzenmasse, seiner Höhe und der großen Masse im Verhältnis zur Oberfläche eine günstige Frucht im Hinblick auf geringe Verschmutzungsanteile.
Feldgras, Klee gras	<ul style="list-style-type: none"> • Walzen nach der Ansaat, Herstellen ebener Bodenoberfläche • Silomaisanbau anstelle von Feld-/Klee gras • Hoher Schnitt (mind. 5 cm, besser 7 cm) • Sorgfältiges Einstellen der Ladewagen-Pickup sowie der übrigen Werbegeräte (Schwader, Wender) • Abtrocknen des Bestandes durch Wahl eines späteren Schnittzeitpunktes am Tag • Verzicht auf Nutzung an Regentagen oder wenn, dann mit großer Schnitthöhe (> 7 cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Feld- und Klee gras sind als bodennah wachsende Kulturen generell stärker verschmutzungsgefährdet.
Futter- und Stoppelrüben	<ul style="list-style-type: none"> • Nur gewaschen verfüttern • Wechsel zu Silomais, Feld-/Klee gras o.a. • Verwendung von Sorten mit hohem Sitz im Boden • Genereller Verzicht auf Verfütterung von Rübenblatt; wenn Verfütterung vorgenommen werden soll, dann Verzicht auf Feldzwischenlagerung von Rübenblatt 	<ul style="list-style-type: none"> • Waschen verursacht sehr hohen Zeitaufwand.
Ungleichmäßige Bodenbearbeitung oder unebene Äcker	<ul style="list-style-type: none"> • Auf gleichmäßige Bodenbearbeitung und Saatbettbereitung achten • Einebnen der Flächen durch Walzen 	
Zum Lager neigende Futterpflanzen (auch Zwischenfrüchte)	<ul style="list-style-type: none"> • Wahl standfester Pflanzenarten bzw. -sorten; keine leicht lagernden Zwischenfrüchte (z.B. Erbsen) • Bei lückigen und verschmutzten Beständen ggf. Verzicht auf Futternutzung 	

8.6.2.4 Marktfruchtanbau

Tab. A 14: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Schadstoffaufnahme über Verschmutzungspfad – Marktfruchtanbau

Ursache	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
Anbau von Pflanzen mit bodennah wachsenden Ernteprodukten	<ul style="list-style-type: none"> • Umstellung auf Pflanzen mit aufrechtem Wuchs, deren Ernteprodukte außerhalb des eigentlichen Spritzbereiches liegen, also nicht verschmutzen • Vermindern oder Vermeiden von Verschmutzungen durch Strohmulch oder ähnliches (z. B. bei Erdbeeren) 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Marktfrüchte sind im Allgemeinen nicht verschmutzungsgefährdet, weil sie 1. vor dem Inverkehrbringen gewaschen werden und 2. bei der küchentechnischen Aufbereitung nochmals von eventuell anhaftendem Boden gereinigt werden. Im Einzelfall können Maßnahmen zur Vermeidung von Verschmutzungen angezeigt sein.
Lagerbildung durch Überdüngung	<ul style="list-style-type: none"> • Am realistisch zu erwartenden Ertrag angepasste Düngergaben vermeiden Lagerbildung 	<ul style="list-style-type: none"> • siehe oben

8.6.2.5 Schmutzbedingte Schadstoffaufnahmen von Pflanzen und Tieren in Überschwemmungsgebieten

Tab. A 15: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Schadstoffaufnahme über Verschmutzungspfad – Besonderheiten in Überschwemmungsgebieten

Ursache	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
Sedimentbelastungen des Aufwuchses durch aktuelle Überschwemmungen von Grünland- und Ackerfutterflächen	<ul style="list-style-type: none"> • Bei sehr hoher Sedimentbelastung des Aufwuchses sollte nach Abtrocknen des Bodens ein tiefer Schnitt erfolgen und das Mähgut entsorgt werden, unabhängig davon, ob es sich um Wiesen- bzw. Weidenaufwuchs oder Ackerfutter handelt. • Bei geringer bis mäßiger Sedimentbelastung kann eine Nutzung des Aufwuchses ggf. nach Niederschlägen, die den Aufwuchs oberflächlich reinigen, erfolgen. Dabei sollte auf eine ausreichende Befahrbarkeit der Böden geachtet werden, um erntebedingte Verschmutzungen zu vermeiden. Des Weiteren sollten alle Arbeitsgänge auf verschmutzungsarme Verfahren abgestellt werden (z.B. Schnitthöhe mind. 5 cm, besser 7 cm). Bei Weidenutzung sollte der Viehauftrieb erst nach Abtrocknen des Bodens erfolgen; Besatzdichte und Standzeit sind so zu wählen, dass ein zu tiefer Verbiss vermieden wird. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Kosten und unklare Entsorgungswege erschweren die Umsetzung.
Schadstoffanreicherung in Senken und dadurch erhöhte Schadstoffaufnahmen in Pflanzen	<ul style="list-style-type: none"> • Wiesennutzung: keine Schnittnutzung • Weidenutzung: Auszäunen 	
Orale Schadstoffaufnahme aufgewirbelter Schwebstoffe durch Nutztiere an Wasserlöchern oder Viehtränken an Gewässern	<ul style="list-style-type: none"> • Auszäunen dieser Bereiche • Bereitstellen von Wassertanks oder Tränkenpumpen zur Wasserversorgung der Tiere 	

8.6.2.6 Feld-/Frischgemüseanbau

Vorbemerkung: Verschmutzung bei Gemüse ist nicht so relevant wie bei Futterpflanzen, da durch die küchentechnische Aufbereitung wie Waschen, Putzen und Schälen ein Großteil des Bodenansatzes entfernt wird. Die küchentechnische Aufbereitung ist jedoch nur dann wirksam, wenn die Schadstoffe aus dem Bodenansatz nicht in die Pflanzenoberfläche übertreten und sich dadurch beim Waschen / Schälen entziehen; dieser Effekt ist zum Beispiel für lipophile Schadstoffe wie PAK nachgewiesen. Für Belastungen auf Grund von Verschmutzungen sind folgende Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen grundsätzlich geeignet. Ansonsten dominiert beim Feld-/Frischgemüseanbau zumeist die systemische Schadstoffaufnahme über die Wurzel, der mit anderen Maßnahmen begegnet werden muss.

Tab. A 16: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Schadstoffaufnahme über Verschmutzungspfad – Feld-/Frischgemüseanbau

Ursache	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse / Anmerkungen
Geringe Bodenbedeckung, so dass aufspritzender Boden durch natürlichen Niederschlag und Beregnung (Splash) oder durch Wind aufgewirbelter Boden (Winderosion) das Feld/Frischgemüse verschmutzt	<ul style="list-style-type: none"> Mulchsaaten/-pflanzungen (Stroh bzw. sonstige Erntereste der Vorfrucht) zur Reduzierung / Vermeidung des Splashes Anbau in Mulchfolien oder unter Folientunneln zur Reduzierung / Vermeidung des Splashes 	<ul style="list-style-type: none"> In der Praxis sind die Möglichkeiten der Mulchsaat- oder Pflanzverfahren sehr begrenzt Investitionsbedarf für Mulchfolien / Folientunnel mindern Betriebsergebnis
Schlechte Bodenstruktur, so dass Splash und Winderosion verstärkt auftreten	<ul style="list-style-type: none"> Verbessern der Bodenstruktur durch angepasste ackerbauliche Maßnahmen (konservierende Bodenbearbeitung, Mulchsaat- bzw. Mulchpflanzverfahren, organische Düngung, Kalkung, Zwischenfruchtanbau etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> Qualitätsanforderungen und Hacke zu Unkrautregulierung begrenzen Möglichkeiten der konservierenden Bodenbearbeitung und Mulchverfahren
Verstärkte Verschmutzung auf Grund von Beregnungen bei nicht ausreichender Bodenbedeckung	<ul style="list-style-type: none"> Erhöhen der Bodenbedeckung zur Vermeidung von Splash (siehe oben) Anpassung der Beregnungstechnik/-steuerung zur Reduzierung des Splashes (Reduzierung der kinetischen Energie der Tropfen durch geringere Tropfengröße, geringere Wurfweite etc.; Tröpfchenbewässerung) 	<ul style="list-style-type: none"> Ggf. erhöhter Arbeitszeitbedarf und Investitionsbedarf für angepasste Beregnungstechnik

Handlungsempfehlungen zu Maßnahmen der Gefahrenabwehr in der Landwirtschaft

Ursache	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse / Anmerkungen
<p>Anbau verschmutzungsanfälliger Arten bzw. Sorten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Arten-/Sortenwechsel: Auswahl von Arten oder Sorten mit geringerer Verschmutzungsrelevanz ... <ol style="list-style-type: none"> 1. auf Grund ihrer Wuchseigenschaften <p>Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Anbau von kopfbildenden Arten/Sorten anstelle von offenblättrigen Arten/Sorten (z.B. Weiß-/Rotkohl anstelle von Grünkohl; Eisbergsalat anstelle von Kopfsalat, Feldsalat oder krausen Salatsorten) → Anbau von Feldgemüse mit bodenfern wachsenden Ernteprodukten (z.B. Rosenkohl, Stangenbohnen, Tomaten oder Zuckermais anstelle aller niedrig wachsenden Gemüsearten) → Anbau von Arten/Sorten mit geringerer spezifischer Oberfläche (z.B. Mangold statt Spinat) 2. auf Grund ihrer küchentechnischen Aufbereitung <p>Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Anbau von Arten/Sorten, die zum Verzehr auf jeden Fall geschält und nicht nur gewaschen werden (z.B. Kohlrabi, Steckrüben anstelle von Blattgemüse oder Salat) 	<ul style="list-style-type: none"> • Arten- oder Sortenwechsel auf Grund der Betriebsausrichtung, Lieferverträgen oder Marktnachfrage nicht immer kurzfristig realisierbar, zum Teil erhebliche Auswirkungen auf das Betriebsergebnis möglich. • Im Erwerbsgemüsebau sind bodenfern wachsende Kulturen wie Stangenbohnen ohne Bedeutung. Tomaten werden in der Regel im Gewächshaus kultiviert. Insofern ist die Empfehlung, bei Gefahren bodenfern wachsende Ernteprodukte anzubauen, von geringer praktischer Bedeutung für den Erwerbsgemüsebau. Lediglich für den Eigenversorger (Haus- und Kleingärtner) kann diese Empfehlung hilfreich sein. • Weiterhin muss bedacht werden, dass die Arten-/Sortenauswahl auch den systemischen Pfad beeinflusst, der beim Feldgemüseanbau zumeist eine größere Relevanz hat, zumal bei schädlichen stofflichen Bodenveränderungen zumeist mehrere Schadstoffe mit unterschiedlichen Transferpfaden in erhöhten Gehalten vorliegen. Daraus folgt, dass die Arten-/Sortenauswahl in erster Linie auf eine Reduzierung der systemischen Schadstoffaufnahme abzielen muss und erst in zweiter Linie auf die Reduzierung des Verschmutzungspfades.
<p>nasse Witterung bei der Ernte, so dass Ernteprodukte verstärkt verschmutzt werden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nach Möglichkeit Hinauszögern der Erntetermine bei nassen Bodenverhältnissen, bis wieder trockenere Bedingungen herrschen 	<ul style="list-style-type: none"> • Spielraum für den Erntezeitpunkt ist durch Lieferverträge sowie Reife- bzw. Qualitätsanforderungen an das Feld- und Frischgemüse eingeschränkt

8.6.3 Ausgasungspfad

Tab. A 17: Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Schadstoffaufnahme über den Ausgasungspfad

Ursache	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse / fachliche Hinweise
hohe Gehalte leicht- bis mittelflüchtiger organischer Schadstoffe (Flüchtigkeit siehe nachstehende Tabelle)	<ul style="list-style-type: none"> kein Anbau von Pflanzen mit bodennah wachsenden Ernteprodukten (Gemüse, Salate, Erdbeeren etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> sehr wirksame Maßnahme, jedoch große finanzielle Auswirkungen auf Gartenbaubetriebe
	<ul style="list-style-type: none"> Lochfolienanbau im Gartenbau 	<ul style="list-style-type: none"> sehr wirksame, aber auch teure Maßnahme auf Gartenbaukulturen beschränkt, nicht für landwirtschaftliche Kulturen geeignet
	<ul style="list-style-type: none"> Bodenüberdeckung mit mind. 60 cm unbelastetem Boden 	<ul style="list-style-type: none"> sehr wirksame, aber auch teure Maßnahme nur auf kleinen Flächen realisierbar betriebswirtschaftlich nur bei sehr hohen Deckungsbeiträgen sinnvoll
	<ul style="list-style-type: none"> kein Anbau von Nahrungs- und Futterpflanzen, stattdessen Anbau nachwachsender Rohstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> sehr wirksame Maßnahme, jedoch starke betriebswirtschaftliche Auswirkungen, deshalb häufig aus landwirtschaftlicher Sicht schwer realisierbar

Tab. A 18: Klassifizierte Flüchtigkeit einzelner organischer Schadstoffe

geringe	Flüchtigkeit mittlere	hohe
<ul style="list-style-type: none"> • PAK - Benz(a)anthracen - Benzo(a)pyren - Benzo(b)fluoranthren - Benzo(k)fluoranthren - Benzo(ghi)perylen - Dibenz(ah)anthracen - Indeno(1,2,3-cd)pyren 	<ul style="list-style-type: none"> • PAK - Chrysen 	<ul style="list-style-type: none"> • PAK - Naphthalin - Acenaphthen - Fluoren - Phenanthren - Anthracen
<ul style="list-style-type: none"> • PCB₆ - PCB-101 - PCB-138 - PCB-153 - PCB-180 	<ul style="list-style-type: none"> • PCB₆ - PCB-28 - PCB-52 	<ul style="list-style-type: none"> •
<ul style="list-style-type: none"> • Phenole 		<ul style="list-style-type: none"> • Benzol • Toluol • Xylol

Hinweis:

Die Flüchtigkeit der Schadstoffe ist mit Hilfe der Henry-Konstante und des K_{OC} -Wertes eingestuft worden. Die klassifizierte Flüchtigkeit ist dabei mit gewissen Unsicherheiten verbunden. Dies begründet sich in den zum Teil stark voneinander abweichender Kennzahlen für einzelne Schadstoffe, die von verschiedenen Autoren veröffentlicht sind.

8.7 Landwirtschaftliche Ziel-pH-Werte und Kalkungshinweise

(Quelle der Anhangtabellen: Landwirtschaftskammer NRW, Stand 2005⁴⁾)

Tab. A 19: Ziel-pH-Werte und Erhaltungskalkung für Ackerland (gerundete Werte)

Bodenart nach LUFA	Ziel-pH-Werte und Erhaltungskalkung* (kg CaO /ha) in Abhängigkeit vom Humusgehalt					maximale Kalkgabe pro Jahr in kg CaO /ha
	bis 4 % humusarm bis humos	4,1-8 % stark hu- mos	8,1-15 % sehr stark humos	15,1-30 % anmoorig	über 30 % Moor**	
S	5,6 600	5,2 500	4,8 400	4,3 200	4,1 0	1000
IS, sU	6,0 900	5,6 800	5,2 700	4,8 300		1500
ssL, IU	6,4 1100	6,0 900	5,6 700	5,1 400		2000
sL, uL, L	6,8 1300	6,3 1100	5,8 900	5,2 500		3000
utL, tL, T	7,0 1600	6,5 1500	6,0 1200	5,4 600		4000

* Die empfohlenen Kalkmengen beziehen sich auf eine dreijährige Fruchtfolge mit mittlerem Ertragsniveau bei 850 mm Jahresniederschlag. Höhere Erträge und Niederschläge erfordern eine höhere Erhaltungskalkung.

** Die Kalkempfehlung für Moorstandorte bezieht sich auf Hochmoor, Niedermoorstandorte weisen zumeist von Natur aus pH-Werte von 6 – 6,5 auf und bedürfen keiner Kalkung.

⁴ Aktuelle Informationen zu Ziel-pH-Werten und zur Kalkung im Internet unter <http://www.landwirtschaftskammer.de>

Tab. A 20: Ziel-pH-Werte und Erhaltungskalkung für Grünland (gerundete Werte)

Bodenart:	Ziel-pH-Werte und Erhaltungskalkung* (kg CaO /ha) in Abhängigkeit vom Humusgehalt				maximale Kalkgabe pro Jahr in kg CaO /ha
	bis 8 % humusarm bis stark humos	8,1-15 % sehr stark humos	15,1-30 % anmoorig	über 30 % Moor**	
S	5,0 500	4,8 400	4,5 300	4,3 0	1000
IS, sU	5,4 600	5,2 500	5 300		1000
ssL, IU	5,7 700	5,4 600	5,1 400		1500
sL, uL, L	5,9 800	5,6 700	5,3 500		1500
utL, tL, T	6,1 900	5,8 800	5,5 600		2000

* Die empfohlenen Kalkmengen beziehen sich auf eine dreijährige Fruchtfolge mit mittlerem Ertragsniveau bei 850 mm Jahresniederschlag. Höhere Erträge und Niederschläge erfordern eine höhere Erhaltungskalkung.

** Die Kalkempfehlung für Moorstandorte bezieht sich auf Hochmoor, Niedermoorstandorte weisen zumeist von Natur aus pH-Werte von 6 – 6,5 auf und bedürfen keiner Kalkung.

Tab. A 21: Einteilung der Bodenartengruppen

LUFA			Einteilung nach	
Code	Bezeichnung	Kürzel	Kartieranleitung Bodenkunde (Bodenkarte)	Reichsbodenschätzung
0	Sand flachgründig	S	S, Su2	S
1	Sand			
2	lehmiger Sand sandiger Schluff	IS sU	St2, Sl2, Sl3, Su3, Su4, Us, Uu	Sl, IS
3	stark sandiger Lehm lehmiger Schluff	ssL IU	Sl4, Slu, Uls, Ut2, Ut3	SL
4	sandiger Lehm schluffiger Lehm Lehm	sL uL L	St3, Ts4, Ls4, Lts, Lt2, Ls3, Ls2, Lu, Ut4, Ts3	L, sL
5	schluffig toniger Lehm toniger Lehm Ton	utL tL T	Tu3, Lt3, Tu2, Tl, Ts2, Tt, Tu4	LT, T