

KURZFASSUNG

Maßnahmenkonzept zur verschmutzungsarmen Nutzpflanzenernte

Handlungsempfehlungen für die Bodenschutzbehörden
für Bewirtschaftungsbeschränkungen
auf landwirtschaftlichen Nutzflächen
bei schädlichen Bodenveränderungen
LABO-Projektnummer B 4.03

Auftraggeber

Länderfinanzierungsprogramm Wasser, Boden und Abfall
Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO)

Auftragnehmer:

LVVG Aulendorf
Atzenberger Weg 99
88326 Aulendorf
www.lvvg-bw.de

PD Dr. Martin Elsässer
Dr. Hansjörg Nußbaum
Dr. Otto Ehrmann

Ingenieurbüro **Feldwisch**
Hindenburgplatz 1
51429 Bergisch Gladbach
www.ingenieurbuero-feldwisch.de

Dr. Norbert Feldwisch

1. Einleitung

Die Bodenschutzbehörden müssen sich im praktischen Vollzug häufig mit den Anforderungen angrenzender Rechtsbereiche auseinandersetzen. Werden schädliche Bodenveränderungen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen festgestellt, dann sind geeignete, erforderliche und angemessene Maßnahmen der Gefahrenabwehr an Hand der praxisrelevanten Bedingungen des Ackerbaus und der Grünlandnutzung abzuleiten.

Bei der Nutzpflanzenernte kann über die Verschmutzung des Erntegutes mit Bodenanhang ein relevanter Schadstofftransfer in die Nahrungskette erfolgen, wenn die Böden der Produktionsstandorte deutlich erhöhte Schadstoffgehalte aufweisen. Die Verschmutzung ist insbesondere für die Futterproduktion (Wiese, Weide, Ackerfutter) von besonderer Relevanz, so dass sich die vorliegenden Handlungsempfehlungen auf diese Produktionsverfahren konzentrieren.

Eine weitgehend verschmutzungsarme Nutzpflanzenernte soll, unabhängig von etwaigen schädlichen Bodenveränderungen, bereits im Rahmen der guten landwirtschaftlichen Praxis der Futterproduktion gewährleistet werden. Im Falle festgestellter schädlicher Bodenveränderungen werden den zuständigen Bodenschutzbehörden mit der vorliegenden **kurzgefassten Maßnahmenübersicht konkrete Hilfestellungen für die Ableitung von geeigneten, erforderlichen und angemessenen Maßnahmen der Gefahrenabwehr** gegeben. In vielen Fällen sind **einfache Maßnahmen zur Gefahrenabwehr** geeignet, die den **Grundsätzen und Handlungsempfehlungen der guten fachlichen Praxis** entsprechen, wie sie von den landwirtschaftlichen Beratungsstellen empfohlen werden. Im Fall festgestellter schädlicher Bodenveränderungen können solche Maßnahmen zur Gefahrenabwehr von der Bodenschutzbehörde im Einvernehmen mit der landwirtschaftlichen Fachbehörde aber auch angeordnet werden.

Der im Folgenden dargestellte Katalog von Maßnahmen zur Reduzierung der Schmutzbelastung zeigt die landbaulich relevanten Maßnahmen auf und ist nach Kulturarten und Nutzungsformen gegliedert. Eine Beschreibung der Maßnahmen und vertiefende Diskussion ihrer Bedeutung erfolgt an dieser Stelle nicht. Der interessierte Leser kann jedoch detaillierte fachliche Ausführungen der Langfassung entnehmen, die auf der Internetseite der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO - www.labo-deutschland.de) veröffentlicht wird. In der Langfassung ist der Maßnahmenkatalog auch um Maßnahmen gegen Verschmutzungen durch Clostridien und Colibakterien sowie infolge radioaktiven Fallouts erweitert und sind die ökonomischen Auswirkungen empfohlener Maßnahmen in drei zusätzlichen Tabellen dargestellt.

Das Maßnahmenkonzept wurde von den Auftragnehmern im Dezember 2004 abgeschlossen. Nach Einholung von Stellungnahmen zu beteiligender Gremien sowie unter Berücksichtigung zwischenzeitlich eingetretener Änderungen im Lebensmittel- und Futtermittelrecht wurde die redaktionelle Überarbeitung im November 2007 abgeschlossen.

Die inhaltlichen Schwerpunkte der Handlungsempfehlungen sind:

- Anforderungen an schmutzvermeidende Bewirtschaftungsmaßnahmen und -regime
- Anforderung an verbesserte Verfahren und Technologien sowie die bewusste Umsetzung schmutzvermeidender Ernteverfahren
- Mögliche Maßnahmen zur Reduktion der Verschmutzung.

Die ökonomischen Auswirkungen schmutzmindernder Maßnahmen im Vergleich zur guten fachlichen Praxis werden in der Langfassung beschrieben; sie sind nicht Gegenstand dieser kurzgefassten Handlungsempfehlungen.

Die notwendigen Arbeitsschritte sollte die Untere Bodenschutzbehörde im Regelfall im Sinne eines kooperierenden Verwaltungshandelns mit der zuständigen landwirtschaftlichen Fachbehörde frühzeitig abstimmen. Rechtlich besteht zwar nach § 5 Abs. 5 BBodSchV die Pflicht zum Einvernehmen erst bei der Anordnung von Maßnahmen, also nach der abschließenden Gefahrenbestätigung im Zuge der Detailuntersuchung, jedoch wird die frühzeitige Abstimmung der Bodenschutzbehörde mit der landwirtschaftlichen Fachbehörde die Gefahrenbewältigung im Regelfall befördern. Weiterhin empfiehlt sich in Abhängigkeit von der Gefahrensituation auch die Einbindung der Lebens- und Futtermittelüberwachung und – bei Belastungen von Nutztieren – der Veterinärbehörden.

Neben der Anordnung von Maßnahmen der Gefahrenabwehr stehen den Bodenschutzbehörden in Abstimmung mit den anderen Fachbehörden noch andere Instrumente zur Verfügung (FELDWISCH 2004 - Literaturangaben siehe Langfassung). Diese alternativen Instrumente sind bei der Konzeption der Gefahrenabwehr zu prüfen, um nicht allein mit Hilfe ordnungsrechtlicher Anordnungen notwendige Maßnahmen durchzusetzen. So können Selbstverpflichtungserklärungen oder vertragliche Regelungen bei den Betroffenen ggf. die Akzeptanz gegenüber der notwendigen Gefahrenabwehr erhöhen, weil diese Instrumente die Beteiligten in die Ausgestaltung einbeziehen.

2. Rechtliche Basis

Die Anordnung von Maßnahmen der Gefahrenabwehr kann sowohl auf der Grundlage des **Bodenschutzrechtes** als auch auf der Grundlage des **Lebensmittel- und Futtermittelrechtes** erfolgen. Als Beurteilungsgrundlage wird im ersten Fall die stoffliche Belastung von Böden als Produktionsstandort für Nutzpflanzen und im zweiten Fall die stoffliche Belastung von Nutzpflanzen herangezogen. Im Folgenden werden nur die bodenschutzrechtlichen Werteregulungen und Regeluntersuchungsschritte kurz erläutert; im Hinblick auf die lebens- und futtermittelrechtlichen Regelungen wird auf die Kap. 2.2, 2.3, 2.5 und 2.6 der Langfassung verwiesen.

Als bodenschutzrechtlich begründete Bewertungsmaßstäbe sind die Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) heranzuziehen. Die **Vorsorgewerte** (Tab. 1) zielen auf die vollständige Funktionstüchtigkeit der Böden ab, das heißt, bei deren Unterschreitung können Böden im Regelfall alle Bodenfunktionen nach § 2 BBodSchG in ihrer natürlichen Ausprägung erfüllen.

Tab. 1: Vorsorgewerte nach BBodSchV

Element	pH-Wert	Humusgehalt	Vorsorgewerte in mg/kg		
			Ton	Lehm Schluff	Sand
Cadmium (Cd)	< 6	≤ 8 %	1,0	0,4	0,4
	≥ 6		1,5	1,0	
Chrom (Cr)	-	≤ 8 %	100	60	30
Kupfer (Cu)	-	≤ 8 %	60	40	20
Quecksilber (Hg)	-	≤ 8 %	1,0	0,5	0,1
Nickel (Ni)	< 6	≤ 8 %	50	15	15
	≥ 6		70	50	
Blei (Pb)	< 5	≤ 8 %	70	40	40
	≥ 5		100	70	
Zink (Zn)	< 6	≤ 8 %	150	60	60
	≥ 6		200	150	
Benzo(a)pyren [B(a)P]	-	≤ 8 %	0,3		
		> 8 %	1		
Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe n. US EPA (PAK)	-	≤ 8 %	3		
		> 8 %	10		

Bei Schadstoffgehalten, die die Vorsorgewerte überschreiten, ist nach § 9 Abs. 1 Nr. 1 BBodSchV in der Regel das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen zu besorgen.

Die **Prüf- und Maßnahmenwerte** (Tab. 2) sind schutzgutbezogen abgeleitet worden. Ziel der bodenschutzrechtlichen Werteregulungen für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze ist es, den Schadstofftransfer aus den Böden in pflanzliche und tierische Produkte so zu

begrenzen, dass die Anforderungen des Lebens- und Futtermittelrechtes eingehalten werden können und letztlich der Mensch als Endkonsument keinen gesundheitlichen Gefahren ausgesetzt wird. Die **Prüfwerte** für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze sind so abgeleitet worden, dass bei ungünstigen Fallkonstellationen der zulässige Höchstgehalt in einer empfindlichen Pflanzenart mit einer Wahrscheinlichkeit größer 20 % überschritten wird. Werden Prüfwerte überschritten, dann spricht man bodenschutzrechtlich von einem durch konkrete Anhaltspunkte begründeten hinreichenden Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung. **Maßnahmenwerte** sind so abgeleitet worden, dass bei ihrer Überschreitung mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % eine Überschreitung des höchstzulässigen Pflanzenwertes zu erwarten ist und der durch Regressionsgleichung beschriebene statistische Zusammenhang zwischen Boden- und Pflanzengehalten als „ausreichend eng“ angesehen wird. In diesem Fall besteht die Regelvermutung, dass eine schädliche Bodenveränderung vorliegt.

Tab. 2: Prüf- und Maßnahmenwerte für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanzen

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

Liegen Anhaltspunkte vor, dann soll eine **orientierende Untersuchung** vorgenommen werden. Sie zielt auf die Erhärtung oder Verwerfung des Gefahrenverdachts ab. Dabei sind die Anhaltspunkte anhand der Bedingungen des Einzelfalls zu beurteilen (s. Tab. 3)¹. Ergebnis der orientierenden Untersuchung kann entweder sein, dass die Anhaltspunkte durch Messwerte mit Prüfwertüberschreitungen oder sonstige Feststellungen (z.B. Plausibilitätsüberlegungen) erhärtet werden und damit ein durch konkrete Anhaltspunkte begründeter hinreichender Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung vorliegt. Oder die orientierende Untersuchung verwirft den Gefahrenverdacht, mithin sind keine weiteren Untersuchungen notwendig und Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sind nicht zu ergreifen.

Tab. 3: Anhaltspunkte für mögliche Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen (vgl. FELDWISCH et al. 2003b, verändert)

Anhaltspunkte
<ul style="list-style-type: none">• Böden in<ul style="list-style-type: none">– Überschwemmungsgebieten (auch ohne aktuellen Überschwemmungseinfluss) oder Poldern, wenn die zugehörigen Fließgewässer erhebliche Schadstofffrachten führen (auch historische Belastungen)– Rieselfeldern– Immissionsgebieten (Nähe zu emittierenden Betrieben, Randbereiche von großen Siedlungen, Bergbaugebiete)• Böden auf geologischen Schichten oder im Bereich von Vererzungen mit naturbedingt hohen Schadstoffgehalten bei gleichzeitig erheblicher Freisetzung• Böden mit starker Versauerung (z.B. Immissionslagen der Kammlagen, Standorte mit Waldschäden, aber auch auf landwirtschaftlichen Böden bei langjährig vernachlässigter Unterhaltungskalkung)• Güllehochlastflächen• Böden, die umfangreich mit Abfallstoffen wie Klärschlamm beaufschlagt wurden• Böden im (historischen) Einwirkungsbereich von Staubverwehungen oder von austretenden belastetem Wasser (z.B. von Halden, Müllkippen)

Wurde der Gefahrenverdacht durch konkrete Anhaltspunkte erhärtet (vgl. Tab. 4), dann ist zu überprüfen, ob die von der schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgehenden Gefahren erhebliche Nachteile oder erheblichen Belästigungen nach Feststellung der zuständigen Behörde mit **einfachen Mitteln abgewehrt oder sonst beseitigt** werden können. Wird diese Frage bejaht, dann sind diese einfachen Maßnahmen zu ergreifen und von einer Detailuntersuchung kann abgesehen werden. Damit zielt der Gesetzgeber auf die Verhältnismäßigkeit der Mittel ab: Wenn die vermuteten Gefahren leicht abzuwehren sind, dann kann auf die teure und aufwändige Detailuntersuchung verzichtet werden. Stehen keine einfachen Mittel zur Verfügung, dann soll eine Detailuntersuchung durchgeführt werden.

¹ Der Einzelfall muss räumlich nicht auf ein Grundstück beschränkt sein, sondern kann auch ganze Gebiete mit erhöhten Schadstoffgehalten umfassen.

Tab. 4: Konkrete Anhaltspunkte für Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze (FELDWISCH et al. 2003b)

Konkrete Anhaltspunkte
<ul style="list-style-type: none">• Bekannte schädliche Bodenveränderungen durch stoffliche Einwirkungen an vergleichbaren Standorten (Standorte sind dann vergleichbar, wenn Nutzung, oberflächennahe Gesteine und Überschwemmungseinfluss übereinstimmen = homogene Raumeinheiten)• Prüfwertüberschreitungen nach BBodSchV am zu beurteilenden Ort• Überschreitungen anderer Beurteilungswerte, die den Anforderungen der Bekanntmachung über Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach BBodSchV genügen ¹⁾• Überschreitungen der Höchstgehalte für Kontaminanten in Nahrungspflanzen oder in tierischen Produkten, die <u>kausal</u> auf Bodenbelastungen zurückgeführt werden können ²⁾• Überschreitung der Höchstgehalte für unerwünschte Stoffe der Futtermittelverordnung in Futterpflanzen, die <u>kausal</u> auf Bodenbelastungen zurückgeführt werden können ³⁾

¹⁾ veröffentlicht im Bundesanzeiger vom 28.08.1999, Jg. 51, Nr. 161a

²⁾ vgl. lebensmittelrechtliche Werteregulungen in der Langfassung (Kap. 2.2)

³⁾ vgl. futtermittelrechtliche Werteregulungen in der Langfassung (Kap. 2.3)

Im Rahmen der Detailuntersuchung sind notwendige Untersuchungsschritte einzuleiten, die eine abschließende Gefahrenbeurteilung ermöglichen. Dazu sind die relevanten landwirtschaftlichen Nutzungsformen (ggf. auch unter Berücksichtigung der zukünftig zu erwartenden Änderungen der angebauten Ackerkulturen und der Weiterentwicklungen im Bereich der Erntetechniken), die Expositionsbedingungen und Verfügbarkeit der Schadstoffe für die relevanten Wirkungspfade zu bestimmen und in die Gefahrenbeurteilung einzubinden. **Die Detailuntersuchung schließt mit der Entscheidung ab, ob eine schädliche Bodenveränderung festzustellen ist oder nicht. Liegen schädliche Bodenveränderungen vor, dann sind Maßnahmen der Gefahrenabwehr zu ergreifen. Bei der Anordnung von Maßnahmen ist nach § 5 Abs. 5 BBodSchV Einvernehmen mit der zuständigen landwirtschaftlichen Fachbehörde herzustellen.**

Der Kontakt zur zuständigen landwirtschaftlichen Fachbehörde empfiehlt sich bereits im Vorfeld der Detailuntersuchung, auch wenn dazu keine explizite rechtliche Verpflichtung besteht. Die frühzeitige Einbindung der landwirtschaftlichen Fachbehörde befördert im Regelfall die Gefahrenabwehr, weil durch den landwirtschaftlichen Sachverstand

- die Untersuchung und Beurteilung der Gefahrenlage unterstützt wird,
- die Auswahl geeigneter und verhältnismäßiger Maßnahmen erleichtert wird und
- bereits vor der ordnungsrechtlichen Anordnung die Gefahren mit einfachen Mitteln abgewehrt oder sonst beseitigt werden können.

Je nach Gefahrensituation kann die Einbindung der **Lebens- oder Futtermittelüberwachung** bzw. des **Veterinäramtes** angezeigt sein.

Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ist die Gefahrenabwehr vorrangig mit Hilfe von **Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen** vorzunehmen (§ 5 Abs. 5 BBodSchV); dazu zählen Anpassungen der Nutzungen wie zum Beispiel Anbaubeschränkungen, Anpassungen der Bewirtschaftung wie zum Beispiel Vorgaben zu Ernteverfahren oder auch Veränderungen der Bodenbeschaffenheiten durch Düngungs- und Kalkungsmaßnahmen. Der Ordnungsgeber hat generell entschieden, dass Sanierungsmaßnahmen auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen regelmäßig technisch nicht möglich oder unzumutbar sind. Dadurch wird in atypischen Fällen im Einzelfall die Anwendung des § 4 Abs. 3 BBodSchG nicht ausgeschlossen.

Wird der Gefahrenverdacht verworfen, dann sind bodenschutzrechtlich keine Maßnahmen der Gefahrenabwehr notwendig. Bei erhöhten Schadstoffgehalten im Beurteilungsgebiet, die zwar noch unterhalb der Gefahrenschwelle liegen, jedoch bereits die Vorsorgewerte der BBodSchV überschreiten, können die für die landwirtschaftliche Beratung zuständigen Stellen vorsorgende Maßnahmen für die Flächennutzer empfehlen. Die Bodenschutzbehörde kann die Empfehlung solche Maßnahmen anregen oder ggf. entsprechende Hinweise an Verbraucher oder Anbauer geben. Vorsorgende Maßnahmen können auch auf die Beschränkung weiterer Schadstoffeinträge abzielen.

3. Fachliche Basis

Der Schadstofftransfer vom Boden zur Nutzpflanze kann über drei verschiedene Teilpfade erfolgen (Abb. 1):

1. Schadstoffe können aus dem Bodenwasser über die Wurzeln aufgenommen werden. Der Schadstofftransport erfolgt mit dem Bodenwasser zur Wurzel und innerhalb der Pflanzen mit dem Transpirationsstrom von der Wurzel in die oberirdischen Pflanzenorgane. Dieser Transfer wird als **systemischer Pfad** bezeichnet.
2. Leicht- bis mittelflüchtige organische Schadstoffe können in die Bodenluft und die bodennahe Atmosphäre gelangen, so dass eine Schadstoffaufnahme über die unter- und oberirdischen Pflanzenoberfläche erfolgen kann, wobei insbesondere die Aufnahme über die Spaltöffnungen der oberirdischen Blatt-/Sprossoberflächen sehr effektiv ist. Das Transportmedium bis hin zur Pflanze stellt bei diesem Aufnahmepfad die Bodenluft sowie bodennahe Atmosphärenluft dar. Insofern wird vom **Luftpfad** gesprochen.
3. Die Verschmutzung der Pflanzenoberflächen mit Bodenanhang kann auch zur Pflanzenbelastung beitragen. Bewertungsrelevant sind dabei sowohl der Bodenanhang mit seinem Schadstoffgehalt als auch der aus dem Bodenanhang in der Pflanzenoberfläche adsorbierte Schadstoffanteil. Der Schadstofftransfer erfolgt über den Bodenanhang. Der Pfad wird als **Verschmutzungspfad** angesprochen.

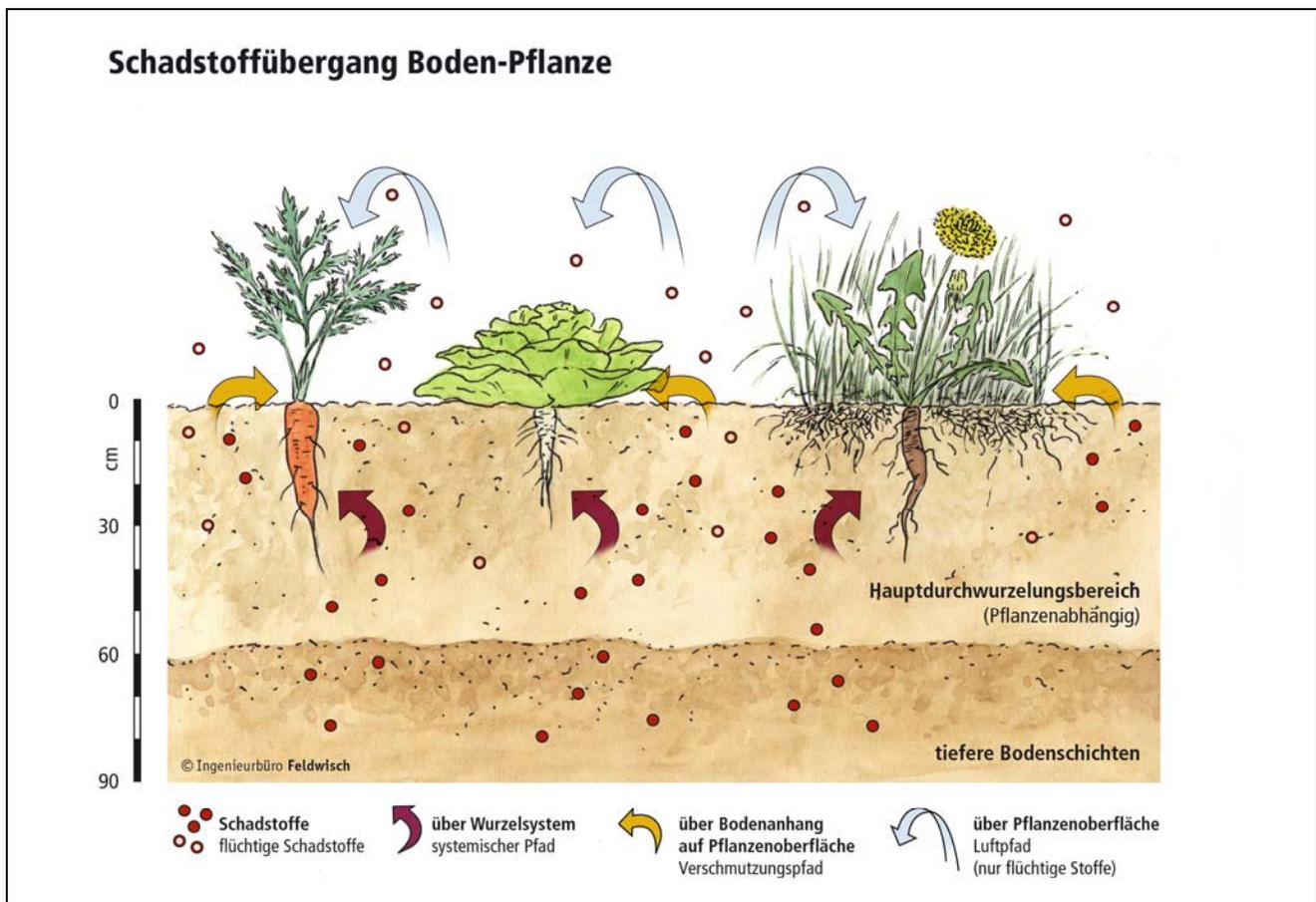


Abb. 1: Schematische Darstellung der grundsätzlich zu berücksichtigenden Teilpfade

Die **Bedeutung der drei Teilpfade** für die Schadstoffbelastung der Nutzpflanzen kann in Abhängigkeit von Standort-, Pflanzen- und Schadstoffeigenschaften sowie meteorologischen Einflüssen und Bewirtschaftungseinflüssen sehr stark variieren. Für die Untersuchung und Bewertung des Wirkungspfades Boden-Pflanze ist die grundsätzliche Kenntnis der verschiedenen Teilpfade und ihrer jeweiligen Relevanz von entscheidender Bedeutung (vgl. Langfassung Kap. 3.1.3). Auf dieser Grundlage lassen sich die am Einzelfall ausgerichteten Untersuchungs- und Bewertungsmethoden zielgenau konzipieren, die eine abschließende Beurteilung der relevanten Teilpfade sicherstellen.

Die **Schadstoffeigenschaften** sind für die Relevanz der unterschiedlichen Teilpfade des Wirkungspfades Boden-Pflanze mitentscheidend. Bindungsform, Wasserlöslichkeit und Dampfdruck steuern ganz wesentlich den Schadstofftransfer. Für unterschiedliche Schadstoffgruppen ist die Bedeutung der Teilpfade für den Schadstoffübergang vom Boden zur Pflanze in Tab. 5 vereinfacht zusammengefasst; detaillierte Beschreibungen der Zusammenhänge sind der Langfassung zu entnehmen. Die Verschmutzung von Ernteprodukten ist insbesondere bei anorganischen und schwerflüchtigen organischen Schadstoffen von Bedeutung. Insofern ist bei Bodenbelastungen mit diesen Schadstoffgruppen der Verschmutzungspfad besonders bewertungsrelevant.

Tab. 5: Vereinfachte Klassifizierung der Relevanz der Transferpfade Boden-Nutzpflanze für verschiedene Schadstoffgruppen

Schadstoffgruppe	Relevante Transferpfade		
	Systemischer Pfad	Luftpfad	Verschmutzungspfad
Anorganische Schadstoffe	+		+
Leichtflüchtige org. Schadstoffe	(+)	+	(+)
Schwerflüchtige org. Schadstoffe	(+) ¹⁾		+

+ = Relevant; (+) = Relevant bei einzelnen Schadstoffen; ¹⁾ systemische Aufnahme grundsätzlich gering, aber es bestehen erhebliche, hier nicht darstellbare pflanzenspezifische Unterschiede

Auch die **Pflanzeigenschaften bzw. deren Nutzungsformen** beeinflussen die Relevanz der Teilpfade. Beispielsweise sind alle Pflanzen mit bodennah wachsenden Ernteprodukten verstärkt der Verschmutzung ausgesetzt. Besondere Bedeutung hat das bei der Futtermittelproduktion, weil die meisten Futterpflanzen bodennah wachsen und zudem den Nutztieren ungewaschen vorgelegt werden. Dadurch können große Mengen an Bodenmaterial durch die Nutztiere aufgenommen werden; auf schadstoffbelasteten Böden geht damit eine entsprechende Schadstoffaufnahme einher. In der landwirtschaftlichen Praxis nehmen Nutztiere rund 3 % Boden bezogen auf die Trockenmassenaufnahme mit dem Futter auf; unter ungünstigen Bedingungen kann die Bodenaufnahme auf deutlich über 10 % der Trockenmassenaufnahme ansteigen (vgl. Literaturlauswertung in der Langfassung, Kap. 4). Im Gegensatz zu Futterpflanzen werden Lebensmittelpflanzen vor der Vermarktung gewaschen, so dass im Regelfall bei pflanzlichen Lebensmitteln der Verschmutzungspfad keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielt.

4. Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Verringerung der Verschmutzung

Maßnahmen zur Verringerung der Verschmutzung von Nutzpflanzen können an folgenden Punkten ansetzen:

- **Verringern / Vermeiden der erntebedingten Verschmutzung:** Verschmutzungen von Futtermitteln während der Ernte können durch ausreichend hoch eingestellte Schneidwerkzeuge, Wender, Schwader oder Pick-Up vermieden werden. Auch die Berücksichtigung der Befahrbarkeit in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte kann zur Vermeidung von Verschmutzungen beitragen.
- **Verringern / Vermeiden der lagerungsbedingten Verschmutzung:** Hierzu dienen verschiedene Maßnahmen wie Sauberhalten von Fahrsilos, kein Befahren der Fahrsilos mit verschmutzten Reifen oder kein Anlegen von unbefestigten Feldsilos auf schadstoffbelasteten Böden.
- **Verringern / Vermeiden der Bodenaufnahmen durch Weidetiere:** Die Grasnarbe muss auch während der Beweidung dicht gehalten werden. Dies kann durch angepasste, nicht zu hohe Besatzdichten und durch angepasste Weideführung erreicht werden.
- **Verbessern des Bodengefüges:** Ein gut ausgeprägtes Bodengefüge ist stabiler und damit weniger durch Regentropfenaufprall oder Winderosion gefährdet, so dass in Folge das Verschmutzungsrisiko sinkt.

Speziell für Acker(-futter)bau

- **Gezielte Pflanzenauswahl:** Durch die Auswahl verschmutzungsunempfindlicher Nutzpflanzen kann die Bedeutung des Verschmutzungspfades reduzieren werden.
- **Anheben des Bodenbedeckungsgrades:** Der Bodenbedeckungsgrad steuert maßgeblich die Wasser- und Winderosion. Je höher der Bodenbedeckungsanteil ist umso geringer ist der durch Regentropfenaufprall oder Winderosion bedingte Verschmutzungsanteil auf den bodennah wachsenden Pflanzenteilen.
- **Anpassen der Beregnungstechnik:** Durch Beregnung kann Boden aufgespritzt werden und zur Verschmutzung von Nutzpflanzen beitragen. Durch geeignete Beregnungstechniken kann die Verschmutzung verringert bzw. vermieden werden.

Mit Hilfe geeigneter Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen, die an den vorgenannten Ansatzpunkten ansetzen, können Gefahren für die Pflanzenqualität, die durch den Verschmutzungspfad ausgelöst werden, abgewehrt werden. Im Gegensatz dazu sind Dekontaminations- oder Sicherungsmaßnahmen im Regelfall nicht zur Gefahrenabwehr auf landwirtschaftlich genutzten Böden geeignet, wenn die Gefahren vorwiegend durch Verschmutzung der Nutzpflanzen bedingt sind.

5. Katalog möglicher Maßnahmen zur Gefahrenabwehr

Im nachfolgenden Katalog werden grundsätzlich geeignete Maßnahmen zur Verringerung bzw. Vermeidung von Verschmutzung aufgeführt. Die konkrete Ausgestaltung der Maßnahmen muss an den Bedingungen des Einzelfalles ausgerichtet werden. Vertiefte fachliche Ausführungen zu den einzelnen Maßnahmen können Kap. 4 der Langfassung entnommen werden.

Der Maßnahmenkatalog besteht aus vier Tabellen, die nach Kulturen und Nutzungsformen gegliedert sind.

Tab. 6: Reduzierung der Verschmutzung bei **Schnittnutzung von Grünland**

Tab. 7: Reduzierung der Verschmutzung bei **Weidenutzung**

Tab. 8: Reduzierung der Verschmutzung bei **Feldfutteranbau**

Tab. 9: Reduzierung der Verschmutzung bei Anbau von **Feldgemüse**

Generelle Anmerkungen und weiterführende Erklärungen finden sich in der Langfassung. Die Maßnahmen sind nach Schadstoffeigenschaften, Belastungshöhe, Schadstoffverfügbarkeit und wesentlichem Transferpfad differenziert.

Die in den Tabellen 6, 7 und 8 in Klammern gesetzten Verweise beziehen sich auf die Darstellung von Konsequenzen und der ökonomischen Bewertung der jeweiligen Maßnahmen in den Tabellen 6-4, 6-5 und 6-6 der Langfassung.

Tab. 6: Maßnahmen zur Reduzierung der Verschmutzung bei der Schnittnutzung von Grünland

(Die in Klammern gesetzten Verweise beziehen sich auf Tabelle 6-4 in der Langfassung.)

Ursache der Verschmutzung	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
Überschwemmung von Grünlandflächen in Tallagen	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Schnitt (s. 4.1) • Evtl. Verzicht auf Verfütterung des Mähgutes 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Veränderung der Nutzungsfrequenz steht evtl. dem Nutzungszweck entgegen (hohe Nutzungsfrequenz lässt meist keine Heuwerbung zu).
Niederschläge „Splash“	<ul style="list-style-type: none"> • Schaffung dichter Grasnarben durch häufige Nutzung und Nachsaat zur Verminderung der kinetischen Energie beim Aufprall der Regentropfen auf die Bodenoberfläche (s. 4.6) • Hoher Schnitt (s. 4.1) 	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln ist evtl. untersagt • Die Verfütterung von Aufwuchs, der die Höchstgehalte der FMV überschreitet ist grundsätzlich nicht erlaubt, auch dann nicht, wenn nicht belastetes Futter beigefüttert wird (Verschneidungsverbot). Insofern ist diese Maßnahme nur unterhalb der Gefahrenschwelle möglich.
Ungünstige Bestandeszusammensetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Unkrautbekämpfung mit nachfolgender Nach- oder Übersaat mit standortangepassten Arten und Sorten (s. 4.4, 4.5 u. 4.6) • Anpassung von Düngung und Nutzung • Häufigere Nutzung ergibt dichtere Narbe • Höherer Schnitt (s. 4.1) • (Beifütterung von nicht belastetem Futter) 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Verfütterung von Aufwuchs, der die Höchstgehalte der FMV überschreitet ist grundsätzlich nicht erlaubt, auch dann nicht, wenn nicht belastetes Futter beigefüttert wird (Verschneidungsverbot). Insofern ist diese Maßnahme nur unterhalb der Gefahrenschwelle möglich.
Lücken im Grünlandbestand	<ul style="list-style-type: none"> • Nach- oder Übersaat mit standortangepassten Arten und Sorten (s. 4.5 u. 4.6) • Anpassung von Düngung und Nutzung (häufigere Nutzung ergibt dichtere Narbe) • Höherer Schnitt (s. 4.1) • (Beifütterung von nicht belastetem Futter) 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Verfütterung von Aufwuchs, der die Höchstgehalte der FMV überschreitet ist grundsätzlich nicht erlaubt, auch dann nicht, wenn nicht belastetes Futter beigefüttert wird (Verschneidungsverbot). Insofern ist diese Maßnahme nur unterhalb der Gefahrenschwelle möglich.
Nasses oder feuchtes Grünfutter	<ul style="list-style-type: none"> • Besseres Abtrocknen des Bestandes durch Wahl eines späteren Schnittzeitpunktes am Tag (s. 4.12) • Verzicht auf Nutzung an Regentagen oder wenn, dann zumindest mit hoher Schnitthöhe (s. 4.1) 	

Ursache der Verschmutzung	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
Lücken durch Maulwurfhaufen	<ul style="list-style-type: none"> • direkte Bekämpfung der Maulwürfe nicht gestattet (Naturschutzrecht) • Abschleppen des Bestandes (s. 4.2) • Walzen und häufige Bearbeitung zur Vergrämung der Maulwürfe (s. 4.3) • 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 Mähauflbereitern (s. 4.8) 	<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 • Zusätzlich direkte Bekämpfung mit Fallen oder Gift (s. 4.5) • Aufstellen von Sitzkrücken für Greifvögel • Kein Einsatz von Mähauflbereitern (s. 4.8) 	<ul style="list-style-type: none"> • Abschleppen der Haufen sollte zu den Zeiten großer Aktivität der Tiere erfolgen (Juli/August) und nach dem Winter.
Regenwurmkot	<ul style="list-style-type: none"> • Höherer Schnitt (s. 4.1) • Evtl. Verzicht auf Herbstnutzung • (Beifütterung von nicht belastetem Futter) 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Verfütterung von Aufwuchs, der die Höchstgehalte der FMV überschreitet ist grundsätzlich nicht erlaubt, auch dann nicht, wenn nicht belastetes Futter beigefüttert wird. Insofern ist diese Maßnahme nur unterhalb der Gefahrenschwelle möglich.
Häufige Bearbeitung (Wendevorgänge)	<ul style="list-style-type: none"> • Zügiges Anwelken mit hoher Schlagkraft (s. 4.8 u. 4.14) • Einsatz von Mähgutaufbereitern (s. 4.8) • Übergang zu Konservierungsverfahren, bei denen rascheres Einfahren möglich ist (z.B. Heubelüftung an Stelle von Bodenheubereitung, Feuchtsilagebereitung mit Einsatz von Siliermitteln) (s. u.a. 4.21) 	<ul style="list-style-type: none"> • Effekt beschleunigter Trocknung beim Einsatz von Mähauflbereitern beruht auf höherem Zellsaftaustritt; diese zuckerhaltigen Pflanzensäfte lassen evtl. Schmutzteile besser anhaften. • Für Heubelüftung ist die Installation teurer Anlagen erforderlich.

Ursache der Verschmutzung	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
Fahrspuren	<ul style="list-style-type: none"> • Befahren nur bei ausreichender Tragfähigkeit des Bodens • Anpassung der Bereifung an das Gewicht der Maschinen (s. 4.9, 4.10 u. 4.11) • Erhöhung der Schlagkraft reduziert die Frequenz der Überfahrten (s. 4.8) 	<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 wahrscheinlich).
Zu tiefe Einstellung von Mäh- oder Werbegegeräten	<ul style="list-style-type: none"> • höher mähen (minimale Nutzungstiefe sollte bei 5, besser 7 cm liegen) (s. 4.1) • Sorgfältiges Einstellen der Ladewagen-Pickup sowie der übrigen Werbegegeräten (Schwader, Wender) insbesondere bei Moorböden (s. 4.8; s. 4.14) 	<ul style="list-style-type: none"> • Evtl. Kauf angepasster Geräte bzw. von Geräten mit Höhenverstellung.
Nasse oder feuchte Standorte	<ul style="list-style-type: none"> • Drainieren der Flächen bzw. Pflege der vorhandenen Drainagen und Vorfluter 	<ul style="list-style-type: none"> • In geschützten Gebieten Maßnahme nicht erlaubt – Naturschutzgesetze beachten. • Auswirkungen auf den Gebietsabfluss und auf die Hochwasserbildung beachten.
Futtertransport	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeiden von Staubentwicklung beim Transport durch angepasste Fahrgeschwindigkeit (s. 4.15) • ggf. Asphaltierung oder Teilbefestigung der Transportwege (s.4.16 u. 4.18) • evtl. Flurzwang mit einheitlicher Bewirtschaftung 	<ul style="list-style-type: none"> • Flurzwang: Anbau von gleichartigen Feldfrüchten würde z.B. verhindern, dass durch Staubverwehungen während der Bodenbearbeitung einzelner Flurstücke benachbarte Futterbauschläge oder Grünland verschmutzt werden.
Nassilagebereitung	<ul style="list-style-type: none"> • Längeres Anweilken des Futters auf dem Feld (s. 4.13) • 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.
Futtereinlagerung in Flachsilos	<ul style="list-style-type: none"> • Überfahren des Futters vermeiden oder nur mit sauberen Schlepperreifen (s. 4.11, 4.18, 4.19) • Futter vor dem Silo auf befestigter Bodenplatte zwischenlagern und mittels Verteilgerät oder Radlader einlagern (s. 4.18) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzierte Schlagkraft • Zusätzlicher Personalbedarf

Ursache der Verschmutzung	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
Futtereinlagerung in Hochsilos	<ul style="list-style-type: none"> Zwischenlagerung des Futters vor Gebläsebeschickung nur auf befestigter und sauberer Bodenplatte bzw. Befüllung über Dosiergerät (s. 4.18) Verzicht auf Behelfsilosanlagen in belasteten Gebieten (s. 4.17, 4.18) 	<ul style="list-style-type: none"> Längere Transportwege vom Feld zum Silo oder das Anlegen von befestigten Silos verursachen Kosten.
Anlage von Behelfsilos auf Böden mit erhöhten Schadstoffgehalten	<ul style="list-style-type: none"> Verzicht auf Behelfsilosanlagen in belasteten Gebieten (s. 4.17, 4.18) 	<ul style="list-style-type: none"> Heubelüftungsanlagen und Reinigungsanlagen sind bauliche Anlagen, die nur mittels hohem Finanzaufwand eingebaut werden könnten Maßnahme für einmalige Schadensereignisse nicht anwendbar.
Heubereitung	<ul style="list-style-type: none"> Anstelle von Bodentrocknung mit langer Feldphase Übergang zur Heubelüftung mit deutlich verkürzter Feldphase (s. 4.21) Futterentnahme mittels Heu-Reinigungsgerät (s. 4.22) Grünlandumbruch mit Pflug, um schadstoffbelastete Bodenschicht unterzugraben (s. 4.7) 	<ul style="list-style-type: none"> Nach BNatSchG ist „auf erosionsgefährdeten Hängen, in Überschwemmungsgebieten, auf Standorten mit hohem Grundwasserstand sowie auf Moorstandorten GL-Umbruch zu unterlassen“. Umbruch bei vielen Förderprogrammen förder-schädlich. Mögliche Konflikte mit dem Gewässerschutz auf Grund erhöhter Nährstoffauswaschungen. Starke Ertragseinbußen in den dem Umbruch folgenden „Hungerjahren“ des Grünlandbestandes. Auf flachgründigen Standorten nicht möglich; auf nassen Standorten wegen Problemen mit der untergepflügten organischen Substanz im sauerstoffarmen nassen Boden wenig sinnvoll. Nicht sinnvoll bei wiederholt auftretenden Belastungen (z.B. jährliche Überschwemmungen). Untergepflügter Boden kann durch natürliche Prozesse mit der Zeit wieder an die Oberfläche gelangen (Erosion, Quellen und Schrumpfen, Aktivität von Bodentieren).
Schadstoffbelasteter Oberboden oder unbefriedigende Bestandeszusammensetzung	<ul style="list-style-type: none"> Grünlandumbruch mit Pflug, um schadstoffbelastete Bodenschicht unterzugraben (s. 4.7) 	<ul style="list-style-type: none"> Nach BNatSchG ist „auf erosionsgefährdeten Hängen, in Überschwemmungsgebieten, auf Standorten mit hohem Grundwasserstand sowie auf Moorstandorten GL-Umbruch zu unterlassen“. Umbruch bei vielen Förderprogrammen förder-schädlich. Mögliche Konflikte mit dem Gewässerschutz auf Grund erhöhter Nährstoffauswaschungen. Starke Ertragseinbußen in den dem Umbruch folgenden „Hungerjahren“ des Grünlandbestandes. Auf flachgründigen Standorten nicht möglich; auf nassen Standorten wegen Problemen mit der untergepflügten organischen Substanz im sauerstoffarmen nassen Boden wenig sinnvoll. Nicht sinnvoll bei wiederholt auftretenden Belastungen (z.B. jährliche Überschwemmungen). Untergepflügter Boden kann durch natürliche Prozesse mit der Zeit wieder an die Oberfläche gelangen (Erosion, Quellen und Schrumpfen, Aktivität von Bodentieren).

Ursache der Verschmutzung	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungsergebnisse
Schadstoffbelasteter Oberboden	<ul style="list-style-type: none"> • Überdecken des Bodens 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwändige Sicherungsmaßnahme, die im Regelfall nur bei ausgeprägten Gefahren auf vergleichsweise kleinen Flächen angemessen sein wird. • Geringe Verfügbarkeit von sauberem Boden • Höhe der aufgebrachten Schicht mind. 0,40 m, um ein Wiedereinmischen der belasteten Bodenschicht in die nicht belastete Deckschicht durch Bioturbation zu begrenzen. Gleichzeitig ist diese Maßnahme weitgehend wirksam gegen die systemische Schadstoffaufnahme.
<p>Anorganische Schadstoffe (v. a. Cd, Ni, Pb, Zn) bei zunehmender Bedeutung des systemischen Pfades</p> <p>Ungünstiger bodenchemischer Zustand Schadstoffverfügbarkeit auf Grund zu niedriger oder zu hoher pH-Werte im Boden erhöht</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abschieben des Bodens (0 – 20 bzw. 40 cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwändige Dekontaminationsmaßnahme, die im Regelfall nur bei ausgeprägten Gefahren auf vergleichsweise kleinen Flächen angemessen sein wird. • Abzutragende Schichtmächtigkeit nach Gefahrenlage und Nutzung zu bestimmen. Ggf. muss eine Bodenandeckung erfolgen, um eine landwirtschaftliche Pflanzenproduktion zu ermöglichen.
<p>Ungünstiger bodenchemischer Zustand Schadstoffverfügbarkeit auf Grund zu niedriger oder zu hoher pH-Werte im Boden erhöht</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Düngung steigert den Ertrag und senkt damit die Schadstoffkonzentration im Futter • Aufkalken des Bodens auf Werte > pH 6 unter Berücksichtigung der standortspezifischen Ziel-pH-Werte • Verwendung basisch wirkender Düngemittel • Bei hoher systemischer Schadstoffaufnahme trotz hohem pH-Wert ggf. zusätzlich Schadstoffimmobilisierung durch Aufbringen von Materialien mit hohem Bindungspotenzial 	<ul style="list-style-type: none"> • Bei hohen pH-Werten ist die Mobilität der meisten Schwermetalle deutlich geringer. Vorsicht ist bei Arsenbelastungen geboten, da die relative Verfügbarkeit von Arsen zwischen pH 6,5 und 7 am höchsten ist. • Aufkalken als Maßnahme umso wirkungsvoller je niedriger der Ausgangs-pH-Wert ist • 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

Tab. 7: Maßnahmen zur Reduzierung der Verschmutzung bei der Weidenutzung von Grünland

(Die in Klammern gesetzten Verweise beziehen sich auf die Tabelle 6-5 in der Langfassung.)

Ursache der Verschmutzung	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse / Erläuterungen
<p>Narbenschäden durch starke Trittbelastung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiere nehmen Schmutzteile beim Fressen auf • Hufe und Klauen verschmutzen und kontaminieren das noch verbleibende „gute“ Futter 	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Weidegang bei Regen – Tieren auf befestigter Platte oder im Laufstall Auslauf gewähren (s. 5.1 u. 5.2) • Kurze Weidephasen mit stark verringerter Besatzdichte (s. 5.5.) • Viehbesatzdichte reduzieren (s. 5.3) • Moorböden nicht oder nur mit leichteren Tieren beweideten (s. 5.2. u. 5.4.) • Wechsel der Tierart (keine Pferde oder Schafe wegen artbedingt tiefem Verbiss) (s. 5.4.) • Nach- oder Übersaat (s. 4.5., 4.6. u. 5.8.) • Wechsel der Weidetore und Tränkestellen (s. 5.6.) • Unterstand (Hütte) mit befestigter Bodenplatte (s. 5.7.) • Ausweichen auf trockenere Weideflächen • Verzicht auf Weidegang (s. 5.2.) 	<ul style="list-style-type: none"> • zusätzliche Bodenversiegelung für das Anlegen eines befestigten Auslaufes stehen dem Bodenschutzziel entgegen, möglichst sparsam mit Böden umzugehen
<p>Narbenlücken bei Beweiden von Ackerfutter</p> <p>Zu tief abgefressene Grasnarbe</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wechsel der Tierart (Pferde oder Schafe verbeißen wesentlich tiefer als Rinder) (s. 5.4.) • Viehbesatz reduzieren und mehr Weidefläche zuteilen (s. 5.3.) • Wechsel des Weidesystems (anstelle von Portions- oder Umtriebsweide jetzt Mähstandweide) (s. 5.5.) • 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>Starkregen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufspritzen von Boden (Splash) und Verschmutzen des Aufwuchses 	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Auftrieb von Tieren unmittelbar nach Starkregenfällen (s. 5.1.) • Generell: Narbenpflege zur Gewährleistung einer dichten Narbe, so Verringerung/Vermeidung von Splash 	

Ursache der Verschmutzung	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse / Erläuterungen
Pferchen von Schafen	<ul style="list-style-type: none"> • Unterlassen des Pferchens von Schafen auf belasteten Flächen 	
Beweidung im Winterhalbjahr – Ganzjahresweide	<ul style="list-style-type: none"> • Verzicht auf Beweidung im zeitigen Frühjahr, im Herbst oder im Winterhalbjahr • Ergänzungsfütterung • Kürzen der täglichen Weidezeit • Wechsel der Tierart um tiefen Verbiss zu begrenzen oder zu verhindern (s. 5.4.) • 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 <ul style="list-style-type: none"> • Direkte Bodenaufnahme 	<ul style="list-style-type: none"> • Verzicht auf Freilandhaltung 	<ul style="list-style-type: none"> • Aus marktwirtschaftlicher Sicht oder aus Gründen artgerechter Tierhaltung kann evtl. nicht oder nur schwer auf Freilandhaltung verzichtet werden.
Schädliche stoffliche Bodenveränderungen	<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 Inhereien, 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.

Tab. 8: Maßnahmen zur Reduzierung der Verschmutzung bei Feldfutteranbau

(Die in Klammern gesetzten Verweise beziehen sich auf die Tabelle 6-6 in der Langfassung.)

Ursache der Verschmutzung / Kulturpflanzenspezifische Probleme	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse / Erläuterungen
Silomais	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung standfester Sorten zur Vermeidung von Lagerung der Pflanzen (s. 6.7) • Höhere Stoppel stehen lassen (s. 6.5) 	<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 (s. 6.1), Herstellen ebener Bodenoberfläche • Silomaisanbau anstelle von Feld-/Klee gras • Hoher Schnitt (7 cm) (s. 6.2) • Sorgfältiges Einstellen der Ladewagen-Pickup sowie der übrigen Werbe geräte (Schwader, Wender) • Abtrocknen des Bestandes durch Wahl eines späteren Schnitzeitpunktes am Tag (s. 4.8, 4.12) • Verzicht auf Nutzung an Regentagen oder wenn, dann mit hoher Schnitthöhe 	<ul style="list-style-type: none"> • Feld- und Klee gras sind als bodennah wachsende Kulturen verschmutzungsgefährdet.
Futter- und Stoppelrüben	<ul style="list-style-type: none"> • Nur gewaschen verfüttern (s. 6.8) • Anbau von Silomais, Feld-/Klee gras o.a. anstelle von Rüben • Verwendung von Sorten mit hohem Sitz im Boden • Verzicht auf Feldzwischenlagerung von Rübenblatt • Genereller Verzicht auf Verfütterung von Rübenblatt 	<ul style="list-style-type: none"> • Waschen verursacht sehr hohen Zeitaufwand.
Zwischenfruchtanbau	<ul style="list-style-type: none"> • Auf Verfütterung von Zwischenfrüchten verzichten, die aufgrund systemischer Aufnahme oder Verschmutzung eine Belastung mit Schadstoffen erwarten lassen (s. 6.3) 	

Ursache der Verschmutzung / Kulturpflanzenspezifische Probleme	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
Verschmutzung durch organische Düngemittel	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbringung vor der Saat, im frühen Wachstumsstadium oder auf die kurze Stoppel nach einer Nutzung (bis spät. 6 Wochen vor nächsten Nutzung) • Gülle mit Wasser verdünnen • Mit Schleppschuhtechnik Gülle bodennah unter die Pflanzen ausbringen 	<ul style="list-style-type: none"> • Evtl. Kauf neuer Gülleausbringtechnik
Ungleichmäßige Bodenbearbeitung oder unebene Äcker	<ul style="list-style-type: none"> • Auf gleichmäßige Bodenbearbeitung und Saatbettbereitung achten (s. 6.1) • Einebnen der Flächen durch Walzen 	
Zur Lagerung neigende Futterpflanzen	<ul style="list-style-type: none"> • Wahl anderer Pflanzenarten (s. 6.2., 6.3); keine leicht lagernden Zwischenfrüchte (z.B. Erbsen) • Verwendung standfester Sorten • Bei besonders lückigem Bestand evtl. Verzicht auf Futternutzung 	
Schadstoffbelasteter Oberboden	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Anbau verschmutzungsgefährdeter Kulturen mit bodennah wachsenden Ernteprodukten. • Tiefenumbruch mit Pflug 	<ul style="list-style-type: none"> • Problematisch auf erosionsgefährdeten Hängen, in Überschwemmungsgebieten, auf Standorten mit hohem Grundwasserstand. • Ertragsverluste durch nährstoff- und humusarmen Unterboden. • Auf flachgründigen Standorten nicht möglich; auf nassen Standorten wegen Problemen mit der untergepflügten organischen Substanz im sauerstoffarmen nassen Boden wenig sinnvoll. • Nicht sinnvoll bei wiederholt auftretenden Belastungen (jährliche Überschwemmungen). • Untergepflügter Boden kann durch natürliche Prozesse mit der Zeit wieder an die Oberfläche gelangen (Erosion, Quellen und Schrumpfen, Aktivität von Bodentieren).

Ursache der Verschmutzung / Kulturpflanzen-spezifische Probleme	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse
	<ul style="list-style-type: none"> • Überdecken des Bodens 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwändige Sicherungsmaßnahme; im Regelfall nur bei ausgeprägten Gefahren auf vergleichsweise kleinen Flächen angemessen. • Geringe Verfügbarkeit von sauberem Boden • Höhe der aufgebrachten Schicht mind. 40 cm, um ein Wiedereinmischen der belasteten Bodenschicht in die nicht belastete Deckschicht durch Bioturbation zu begrenzen. Gleichzeitig ist diese Maßnahme weitgehend wirksam gegen die systemische Schadstoffaufnahme.
	<ul style="list-style-type: none"> • Abschieben des Bodens (0 – 20 bzw. 40 cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwändige Dekontaminationsmaßnahme, die im Regelfall nur bei ausgeprägten Gefahren auf vergleichsweise kleinen Flächen angemessen sein wird. • Abzutragende Schichtmächtigkeit nach Gefahrenlage und Nutzung zu bestimmen. Ggf. muss eine Bodenandeckung erfolgen, um eine landwirtschaftliche Pflanzenproduktion zu ermöglichen.

Tab. 9: Maßnahmen zur Reduzierung der Verschmutzung beim Feld- und Frischgemüseanbau

(Verschmutzung bei Feldgemüse nicht so relevant wie bei Futterpflanzen, da durch die küchentechnische Aufbereitung wie Waschen, Putzen und Schälen ein Großteil des Bodenanhangs entfernt wird. Die küchentechnische Aufbereitung ist jedoch nur dann wirksam, wenn die Schadstoffe aus dem Bodenanhang nicht in die Pflanzenoberfläche übertreten und sich dadurch dem Waschen / Schälen entziehen; dieser Effekt ist zum Beispiel für lipophile Schadstoffe wie PAK nachgewiesen. Für Fallkonstellationen, bei denen die Verschmutzung bewertungsrelevant ist, sind folgende Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen grundsätzlich geeignet. Ansonsten dominiert beim Feld-/Frischgemüseanbau zumeist die systemische Schadstoffaufnahme über die Wurzel, der mit andern Maßnahmen begegnet werden muss → siehe dazu Kap. 5 in der Langfassung)

Ursache der Verschmutzung	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"> Qualitätsanforderungen und Hacke zur Unkrautregulierung begrenzen Möglichkeiten der Mulchverfahren 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 zur 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

Ursache der Verschmutzung	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse / Anmerkungen
Anbau verschmutzungsanfälliger Arten bzw. Sorten	<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 <ul style="list-style-type: none"> Beispiele: <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 bodenfernwachsenden 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 <ul style="list-style-type: none"> Beispiele: <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) • Nach Möglichkeit Hinauszögern der Erntetermine bei nassen Bodenverhältnissen, bis wieder trockenere Bedingungen herrschen 	<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 bodenfernwachsende 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.
nasse Witterung bei der Ernte, so dass Ernteprodukte verstärkt verschmutzt werden	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Anbau verschmutzungsgefährdeter Kulturen mit bodennah wachsenden Ernteprodukten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Spielraum für den Erntezeitpunkt ist durch Lieferverträge sowie Reife- bzw. Qualitätsanforderungen an das Feld- und Frischgemüse eingeschränkt.
Schadstoffbelasteter Oberboden		

Ursache der Verschmutzung	Mögliche Maßnahmen	Konsequenzen / mögliche Umsetzungshemmnisse / Anmerkungen
	<ul style="list-style-type: none"> • Tiefenumbruch mit Pflug 	<ul style="list-style-type: none"> • Problematisch auf erosionsgefährdeten Hängen, in Überschwemmungsgebieten, auf Standorten mit hohem Grundwasserstand • Ertragsverluste durch nährstoff- und humusarmen Unterboden • Auf flachgründigen Standorten nicht möglich; auf nassen Standorten wegen Problemen mit der untergepflügten organischen Substanz im sauerstoffarmen nassen Boden wenig sinnvoll. • Nicht sinnvoll bei wiederholt auftretenden Belastungen (jährliche Überschwemmungen). • Untergepflügter Boden kann durch natürliche Prozesse mit der Zeit wieder an die Oberfläche gelangen (Erosion, Quellen und Schrumpfen, Aktivität von Bodentieren).
	<ul style="list-style-type: none"> • Überdecken des Bodens 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwändige Sicherungsmaßnahme, die im Regelfall nur bei ausgeprägten Gefahren auf vergleichsweise kleinen Flächen angemessen sein wird. • Geringe Verfügbarkeit von sauberem Boden • Höhe der aufgebrachten Schicht mind. 0,40 m, um ein Wiedereinmischen der belasteten Bodenschicht in die nicht belastete Deckschicht durch Bioturbation zu begrenzen. Gleichzeitig ist diese Maßnahme weitgehend wirksam gegen die systemische Schadstoffaufnahme.
	<ul style="list-style-type: none"> • Abschieben des Bodens (0 – 20 bzw. 40 cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwändige Dekontaminationsmaßnahme, die im Regelfall nur bei ausgeprägten Gefahren auf vergleichsweise kleinen Flächen angemessen sein wird. • Abzutragende Schichtmächtigkeit nach Gefahrenlage und Nutzung zu bestimmen. Ggf. muss eine Bodenandeckung erfolgen, um eine landwirtschaftliche Pflanzenproduktion zu ermöglichen.

