



## UmweltWissen

# Bodenbelastungen – eine Übersicht

Kaum ein anderes Medium ist so empfindlich wie der Boden, kein anderes hat ein so langes Gedächtnis: Einmal eingetragene Schadstoffe können über Generationen hinweg im Boden bleiben und die Bodenfunktionen beeinträchtigen, z.B. die Funktion als Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen oder die Funktion als Filter und Puffer im Naturhaushalt. In der Folge können auch andere Schutzgüter wie unsere Gesundheit, unsere Nahrung oder unser Trinkwasser beeinträchtigt werden.

In diesem Rahmen konzentrieren wir uns auf Stoffe und Belastungsquellen und –pfade, die eine besondere Relevanz für die menschliche Gesundheit haben können. Dazu zählen zum einen flächenhafte Schadstoffeinträge mit Risiken für den Anbau von Nutzpflanzen und für das Grundwasser. Dazu gehören aber auch Altlasten und andere Bodenbeeinträchtigungen, die vor allem in Siedlungsgebieten zu Gefahren führen können. Von besonderem Interesse sind hier sensibel genutzte Flächen wie Kinderspielplätze und Haus- und Kleingärten.

## 1 Flächenhafte Einträge in den Boden

### 1.1 Einträge durch die Landwirtschaft

Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sollen regelmäßige Düngergaben die Nährstoffe zurückgeben, die dem Boden durch die Ernte und durch Erosion entzogen werden.<sup>1, 2</sup>

Den größten Teil der Düngemittel machen heute **Mineraldünger** aus, die vor allem Stickstoff, Phosphor und Kalium enthalten. Seit 1950 nahm der Einsatz vor allem von Stickstoffdüngern sehr stark zu (+ 293 % bis 2000). Damit konnte die Nahrungsmittelversorgung für die damals wachsende Bevölkerung sichergestellt werden. Seit den 90er Jahren gingen jedoch in Deutschland der Einsatz von Phosphatdüngern um rund 19 %, der Einsatz von Stickstoffdüngern um ca. 5 % zurück (Stand 1998).

Neben Mineraldüngern werden in erheblichem Umfang **organische Dünger**, z.B. Gülle, Klärschlamm<sup>3</sup> oder Komposte aus Bioabfällen<sup>4</sup> verwendet. In organischen Düngern liegen die Nährstoffe nur z.T. in pflanzenverfügbarer Form vor und müssen zuerst freigesetzt werden. Dieser Prozess erfolgt speziell bei Stickstoff z.T. über mehrere Jahrzehnte hinweg. Um Nährstoffauswaschungen in das Grundwasser zu vermeiden, muss die Dün-

---

<sup>1</sup> Düngemittelverordnung 1997, novelliert 2003: Anwendung von Düngemitteln

<sup>2</sup> Düngeverordnung 1996: Anforderungen einer guten fachlichen Praxis

<sup>3</sup> Klärschlammverordnung von 1983 (Novellierung im Jahr 1992): Ausbringung von Klärschlamm

<sup>4</sup> Bioabfallverordnung 1998: Ausbringung von aus Bioabfall gewonnenen Komposten und ähnlichen Produkten

gung zeitlich an den Nährstoffbedarf der Pflanzen angepasst und die Versorgung des Bodens mit Nährstoffen sowie deren Verfügbarkeit berücksichtigt werden.

Mit der Düngung können erhebliche **Umweltprobleme** verbunden sein:

- Vor allem auf leichten Ackerböden, im Gemüsebau und in Kleingärten kann der Nitratgehalt in den angebauten Nutzpflanzen stark erhöht sein.
- Durch den Eintrag von Stickstoff kann es zu erheblichen Nitrat-Belastungen des Grund- und damit letztlich auch des Trinkwassers kommen.
- Phosphathaltige Bodenteilchen können in Gewässer geschwemmt werden. Phosphat beschleunigt das Algenwachstum. Das starke Wachstum der Algen kann schließlich – beim Absterben der Algen – zur Sauerstoff-Verarmung des Gewässers führen. Das Gewässer „kippt um“.
- Mit Klärschlamm können Schwermetalle und organische Problemstoffe in den Boden eingetragen werden. Um eine Anreicherung von Schadstoffen im Boden vorsorglich zu vermeiden, soll in Bayern die landwirtschaftliche, landschaftsbauliche und gärtnerische Verwertung von Klärschlamm mittelfristig beendet werden.<sup>5</sup>

Neben Düngemitteln werden auch **Pflanzenschutzmittel** großflächig eingesetzt und in landwirtschaftlich genutzten Gebieten im Trinkwasser nachgewiesen. In Bayern wurden 2003 in 5,7 % der untersuchten Wasserfassungen Überschreitungen des Grenzwertes gefunden. Insbesondere werden immer noch Atrazin und dessen Abbauprodukte nachgewiesen.

## 1.2 Sonstige Einträge in den Boden

Durch die **Verunreinigung der Luft** können Nähr- und Schadstoffe aus Industrie, Verkehr und Landwirtschaft in den Boden eingetragen werden:

- Heute werden 30 bis 50 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr aus der Luft eingetragen.
- Durch die Entschwefelung von Industrieabgasen sank der Schwefel-Eintrag so stark, dass z.B. Raps heute mit Schwefel gedüngt werden muss.

Insgesamt bestehen noch Defizite in der Datenlage zu flächigen Einträgen in den Boden. Grobe Abschätzungen können einen schnellen Überblick verschaffen, jedoch sind standortspezifische Aussagen ohne detaillierte Analysen nicht möglich. Daher versucht man, bodenrelevante Messgrößen mit den bestehenden Luftmessnetzen und den Messnetzen der Boden-Dauerbeobachtung zu verknüpfen, um so zu einer standortspezifischen Abschätzung der Ausgangslage und der Gesamt-Einträge zu kommen.

## 2 Lokale Bodenbelastungen

Lokale Bodenbelastungen werden i.W. verursacht durch Unfälle und Leckagen sowie durch Altlasten und schädliche Bodenveränderungen.

**Unfälle** (z.B. von Tanklastern oder Kesselwagen) können den Boden durch z.T. hohe Schadstoffeinträge erheblich belasten.

---

<sup>5</sup> Verordnung zum Abfallwirtschaftsplan Bayern (AbfPV) vom 18.12.2001

Von **Altlasten** spricht man, wenn auf einem ehemaligen Industriestandort (Altstandort) oder einer stillgelegten Ablagerung (Altablagerung) Bodenverunreinigungen nachgewiesen werden, die für den Einzelnen oder die Allgemeinheit eine Gefahr darstellen.

In Bayern waren 15.379 altlastverdächtige Flächen und Altlasten registriert (Stand 31.03.2003). Dies können Altablagerungen (10.573) oder Altstandorte (4.806) sein. Verdachtsmomente sind die ehemalige Nutzung und Hinweise auf die verwendeten umweltrelevanten Stoffe.

**Schädliche Bodenveränderungen** sind Beeinträchtigungen der Bodenfunktion, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen. Beispiele hierfür sind Bodenverunreinigungen durch Eigenverbrauchstankstellen, durch undichte Behälter und Leitungen oder durch Schadensfälle in bestehenden Betrieben.

## 2.1 Ehemalige Industriestandorte

Auf Altstandorten ist das Stoffspektrum von der ehemaligen Nutzung abhängig und daher variabel und vielfältig, z.B.:

- Schwerlösliche organische Stoffe, wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) (u.a. bei ehemaligen Gaswerken, Bahnschwellenimprägnierung)
- Schwermetalle, wie Blei und Chrom (u.a. ehemalige Glashütten oder Holzimprägnierwerke)
- Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe, wie Tetrachlorethen und Trichlorethen (u.a. ehemalige Metallverarbeitung, Galvanik)
- Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe, wie Benzol und Toluol (u.a. ehemalige Lackierereien)

**Beispiel Kelheim:** Die Bayerische Zellstoff GmbH hinterließ 1993 bei ihrem Konkurs ein weitläufiges Firmengelände, das stark mit Arsen, Blei, Thallium, Zink und PAK belastet war. Die Sanierung erforderte einen erheblichen Aufwand: Rund 12.000 m<sup>3</sup> verunreinigter Boden mussten ausgehoben werden. Von der Gebäudefläche wurden 66.000 m<sup>2</sup> sandgestrahlt und abgefräst bzw. abgestemmt. Im Sinne des Flächenrecycling soll nun auf dem sanierten Gelände ein Gewerbe-, Einkaufs- und Handelszentrum entstehen.

**Beispiel Segnitz am Main:** Hier wurde 1987 Arsen im Grundwasser gefunden. Nachforschungen führten zum Betriebsgelände der Farbenfabrik Heinemann, die bis 1912 das bekannte Schweinfurter Grün hergestellt hatte. Auf dem Grundstück und im ehemaligen Produktionsgebäude wurden Ablagerungen von Fehlchargen und Produktionsresten entdeckt, aus denen Arsen und Kupfer ungehindert ins Grundwasser austreten konnten. Das ehemalige Betriebsgelände wurde inzwischen saniert, zwei weitere kontaminierte Bereiche in Segnitz sollen folgen.

## 2.2 Rüstungsaltlasten

Die Bedeutung von Rüstungsaltlasten wurde lange nicht erkannt und wenig beachtet. Problematisch können Standorte und Ablagerungen ehemaliger Rüstungsbetriebe sein, in denen militärische Sprengstoffe, Treibmittel, Kampfstoffe, Nebel- und Rauchmittel sowie deren Vorprodukte hergestellt und verarbeitet wurden. Dazu zählen auch Flächen zur Erprobung, Lagerung und Vernichtung der Kampfmittel.

In Bayern wurden über 650 solcher Standorte erfasst, von denen 373 als rüstungsrelevant ausgewiesen wurden. 297 Standorte sollen weiter untersucht werden, 76 Standorte wurden aufgrund fehlenden Gefahrenverdachts aus der weiteren Untersuchung entlassen.

## 2.3 Militärische Altlasten

Mehr als 1 Million Hektar wurden vor 1990 in Deutschland durch Bundeswehr, NATO und Gaststreitkräfte militärisch genutzt. Dies entspricht in etwa der vierfachen Größe des Saarlandes. Die militärischen Nutzungen waren vielfältig: z.B. Schießplätze, Standort- und Truppenübungsplätze, Flugplätze und Kasernen. Entsprechend vielfältig sind auch die möglichen Belastungen.

Als militärische Altlasten werden in der Regel Belastungen mit konventionellen Schadstoffen bezeichnet, die mit militärischer Nutzung zusammenhängen, z.B. Mineralöl- und Lösemittelverunreinigungen aus militärischem Betrieb oder Bleibelastungen aus Übungsschießbetrieb. Nicht zu den militärischen Altlasten zählen – entsprechend einer Definition der Bundesregierung von 1989 – Belastungen aus Sprengstoffen und anderen Kampfmitteln.

Zahlreiche militärische Altlasten bergen heute zumindest latente Gefahren für die Umwelt, insbesondere über den Pfad Boden-Grundwasser-Trinkwasser. Das Risiko einer Trinkwasserbelastung wird derzeit auf 1 bis 10 % aller Altlastenfälle geschätzt.

## 3 Bodenbelastungen in Haus- und Kleingärten

Kleingartenanlagen, können höhere Werte an gesundheitsrelevanten organischen und anorganischen Schadstoffen aufweisen, z.B. bei:

- Standorten auf ehemaligen Industrieflächen oder auf Altablagerungen, früheren Überschwemmungszonen von Flüssen oder in der Nähe von Verkehrswegen,
- übermäßigem Einsatz von Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln (persistente Schadstoffe wie DDT oder Schwermetalle),
- früherer Ausbringung von Fremdböden, industriellen Abfallstoffen und häuslichen Aschen.

Nutzpflanzen können diese Schadstoffe aus dem Boden aufnehmen. Diese Aufnahme ist z.B. für Schwermetalle gesundheitsrelevant (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Maximal zulässige Schwermetallkonzentrationen im Pflanzenmaterial (ZEBS-Werte). Angaben in mg/kg Frischmasse, Quelle: zitiert nach UBA 1999

Kulturpflanze	Cadmium	Blei	Arsen	Thallium	Quecksilber
Weizen	0,12	0,35	0,60	-	0,04
Kartoffel	0,45	1,15	0,90	-	0,09
Möhre	0,85	2,10	1,70	1,00	0,43
Spinat	6,00	9,50	2,40	1,00	0,60
Salat	2,00	16,00	4,00	1,00	-
Sellerie	1,75	2,20	-	-	-

## 4 Gesetzliche Regelungen

Der Boden wurde erst 1998 als drittes Umweltmedium neben Wasser und Luft ausdrücklich durch ein eigenes Gesetz geschützt. Ziel des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) ist es, die vielfältigen Funktionen des Bodens im Naturhaushalt und für die menschliche Nutzung zu sichern oder wiederherzustellen.

Daraus wird zum einen die Pflicht zur Vorsorge gegen das Entstehen von schädlichen Bodenveränderungen, zum anderen die Pflicht zur Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und von Altlasten abgeleitet. Außerdem werden einheitliche Standards für die Bewertung von Bodenbelastungen gesetzt, die durch die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung konkretisiert werden.

Bayern hat für das Bodenschutz- und Altlastenrecht neben einem Bayerischen Bodenschutzgesetz auch eine Verwaltungsvorschrift und Vollzugshinweise erarbeitet. Für die Bearbeitung vor Ort sind die Kreisverwaltungsbehörden zuständig, die bei fachlichen Fragen das Wasserwirtschaftsamt, das Gesundheitsamt oder auch die Landwirtschaftsbehörden beteiligen.

#### 4.1 Vorsorge vor schädlichen Bodenveränderungen

**Vorsorgewerte** dienen der Vorbeugung gegen schädliche Bodenverunreinigungen (Bundes-Bodenschutz-Verordnung). Werden diese Vorsorgewerte überschritten, besteht die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung. Dann muss im Einzelfall geprüft werden, ob bei Emittenten emissionsmindernde Maßnahmen möglich sind.

Vorsorgewerte werden anhand von ökotoxikologischen Wirkungsschwellen festgelegt. Sie enthalten in der Regel einen deutlichen Sicherheitsabstand zu den gefahrenbezogenen Prüfwerten (s. Kapitel 4.2). Vorsorgewerte sind bodenorientiert, d.h. sie berücksichtigen die unterschiedliche Empfindlichkeit verschiedener Bodentypen.

Schadstoffe kommen überall in der Umwelt vor. Daher vergleicht man die Vorsorgewerte immer mit den **Hintergrundwerten**: Das sind repräsentative Werte, die die allgemein verbreitete mittlere Konzentration eines Stoffes oder einer Stoffgruppe in Böden angeben. Die Hintergrundwerte in Böden können je nach untersuchtem Stoff unterschiedlich hoch sein. Maßgeblich sind hier das Ausgangssubstrat, die Immissionssituation und die aktuelle Nutzung. Einige Gebiete weisen naturbedingt sehr hohe Hintergrundwerte auf: So können z.B. Böden auf bestimmten Gesteinen wie Serpentiniten, Diabasen und Amphiboliten Chrom- und Nickelgehalte aufweisen, die die Vorsorgewerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung weit überschreiten. Solche Gebiete mit naturbedingt erhöhten Hintergrundwerten müssen sorgfältig beobachtet werden.

So wurde z.B. auch die Ausbringung von Klärschlämmen auf landwirtschaftlichen Flächen mit Grenzwerten reglementiert. Darüber hinaus soll die landwirtschaftliche, landschaftsbauliche und gärtnerische Verwertung von Klärschlämmen in Bayern aus Vorsorgegründen mittelfristig beendet werden. Auch für Bioabfälle wurde eine eigene Verordnung erlassen (s. Abschnitt 1.1).

#### 4.2 Bewertung von Bodenbelastungen

Zur Gefahrenabwehr werden Altlasten, Altlastverdachtsflächen und schädliche Bodenveränderungen zunächst erhoben und dann einer historischen Erkundung unterzogen. Danach erfolgen i.d.R. die Verfahrensabschnitte orientierende Untersuchung und Detailuntersuchung:

In der **orientierenden Untersuchung** werden die Bodenbelastungen zunächst anhand von Prüfwerten beurteilt. Dabei gelten unterschiedliche Prüfwerte für die Schutzgüter menschliche Gesundheit, Grundwasser oder Nutzpflanzen. Außerdem werden beim Wirkungspfad Boden-Mensch die verschiedenen Nutzungstypen Kinderspielflächen, Wohngebiete, Park-/Freizeitanlagen und Industrie/Gewerbegrundstücke berücksichtigt.

Eine **Detailuntersuchung** wird nur durchgeführt, wenn die Prüfwerte im Rahmen der orientierenden Untersuchung überschritten werden. Hierbei wird für jeden einzelnen Wirkungspfad eine vertiefte Untersuchung zur abschließenden Gefährdungsabschätzung vorgenommen. Dann wird entschieden, ob eine Sanierung notwendig ist.

Grundlage für die Bewertung von Bodenbelastungen sind die Prüf- und Maßnahmenwerte für den Wirkungspfad Boden-Mensch (direkter Kontakt):

**Prüfwerte** (s. Tabelle 2) werden nach einem ausgefeilten Verfahren berechnet. Folgende Einflussfaktoren werden dabei berücksichtigt (Bundesministerium der Justiz, 1999):

- toxikologische Daten: tolerierbare tägliche Dosis. Bei Stoffen mit kanzerogener Wirkung kann eine unbedenkliche Dosis nicht angegeben werden. Man bezieht sich daher auf eine Dosis, bei der ein sehr geringes, als akzeptabel angesehenes zusätzliches Krebsrisiko von  $10^{-5}$  (d.h. 1:100.000) besteht.
- Nutzungstyp, z.B. Kinderspielplätze, Gewerbegebiete
- Exposition, z.B. tägliche Aufenthaltsdauer, tägliche Bodenaufnahme
- Aufnahmewege (orale, inhalative und dermale Aufnahme)
- physiologische Kriterien (Körpergewicht, Atemvolumen)
- Gefahrenfaktor zur Ermittlung der gefahrenbezogenen Dosis

Ausgangspunkt für die Berechnung von Prüfwerten ist die so genannte gefahrenbezogene Dosis. Dies ist eine Schadstoffbelastung, bei der eine hinreichende Wahrscheinlichkeit für Gesundheitsschädigungen empfindlicher Personen besteht. Anhand von – generell ungünstig ausgelegten – Expositionsszenarien wird geschätzt, wie hoch die Bodenbelastung maximal sein darf, um die gefahrenbezogene Dosis nicht zu überschreiten.

Für viele Stoffe besteht eine Hintergrundbelastung, d.h. sie werden z.B. auch aus der Nahrung oder aus der Luft aufgenommen. Bei der Prüfwertberechnung nimmt man an, dass die tolerable Belastung bereits zu 80 % durch die Hintergrundbelastung ausgeschöpft wird. Der Prüfwert muss so festgelegt werden, dass die Schadstoffaufnahme aus dem Boden auf 20 % der tolerablen Belastung begrenzt wird.

Der so errechnete Prüfwert wird anhand weiterer Daten – z.B. epidemiologischen Befunden, Angaben zur akuten Toxizität oder zur Hintergrundbelastung – auf seine Plausibilität hin geprüft.

**Maßnahmewerte** sollten sich nach den für den Menschen resorptionsverfügbaren Anteilen richten. Allerdings befinden sich die Methoden zur Bestimmung der resorptionsverfügbaren Anteile erst in der Entwicklung.

Bisher gibt es Maßnahmenwerte nur für PCDD/F. Diese Werte wurden festgelegt, um den enorm hohen Untersuchungsaufwand zu umgehen.

Nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz ist bei Überschreitung der Maßnahmenwerte i.d.R. von einer schädlichen Bodenveränderung oder einer Altlast auszugehen. In diesem Fall sind Maßnahmen erforderlich, z.B. weitere Untersuchungen oder Sanierungen.

Tabelle 2: Prüfwerte für die direkte Aufnahme von Schadstoffen auf Kinderspielflächen, in Wohngebieten, Park- und Freizeitanlagen und Industrie- und Gewerbe-Grundstücken<sup>6</sup>. Angaben in mg/kg Trockenmasse Gesamtgehalt (bei Metallen Königswasseraufschluss) Feinboden. Quelle: Anhang 2 BBodSchV

Stoff	Prüfwerte [mg/kg TM]			
	Kinder-spiel-flächen	Wohn-gebiete	Park- und Freizeit-anlagen	Industrie- und Gewerbegrundst ücke
Arsen	25	50	125	140
Blei	200	400	1000	2000
Cadmium <sup>7</sup>	10	20	50	60
Cyanide	50	50	50	100
Chrom	200	400	1000	1000
Nickel	70	140	350	900
Quecksilber	10	20	50	80
Aldrin	2	4	10	- <sup>8</sup>
Benzo(a)pyren	2	4	10	12
DDT	40	80	200	- <sup>8</sup>
Hexachlorbenzol	4	8	20	200
Hexachlorcyclohexan (HCH-Gemisch oder $\beta$ -HCH)	5	10	25	400
Pentachlorphenol	50	100	250	250
Polychlorierte Biphenyle (PCB <sub>6</sub> ) <sup>9</sup>	0,4	0,8	2	40

### 4.3 Aufnahmepfade und Expositionsszenarien

Die Empfindlichkeit der verschiedenen Schutzgüter gegenüber Schadstoffen kann sehr unterschiedlich sein: z.B. ist Kupfer für den Menschen ein essentieller Nährstoff und erst in relativ hohen Konzentrationen schädlich. Für Wasserorganismen und auch für Nutzpflanzen können dagegen schon bei sehr viel niedrigeren Kupfer-Konzentrationen schädliche Wirkungen auftreten. Daher nennt die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung mehrere Wirkungspfade:

- Boden-Mensch,
- Boden-Gewässer oder
- Boden-Nutzpflanze.

<sup>6</sup> nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes

<sup>7</sup> In Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch für den Anbau von Nutzpflanzen genutzt werden, ist für Cadmium der Wert von 2,0 mg/kg TM als Prüfwert anzuwenden.

<sup>8</sup> Unpraktikabel hoher Prüfwert, Einzelfallbetrachtung auf Grundlage der Ableitungsgrundsätze.

<sup>9</sup> Soweit PCB-Gesamtgehalte bestimmt werden, sind die ermittelten Messwerte durch den Faktor 5 zu dividieren.

Der Mensch nimmt Bodenschadstoffe auf verschiedenen Wegen auf: Zum einen kann die Aufnahme direkt erfolgen. Man unterscheidet hier die orale Aufnahme von kontaminiertem Bodenmaterial (Risikogruppe Kleinkinder), die inhalative Aufnahme (z.B. Wohnen auf Altlastenstandorten) und die dermale Aufnahme über die Haut. Zum anderen werden Schadstoffe auch auf indirektem Weg über die Nahrungskette aufgenommen. Möglich ist auch ein Übertritt der Schadstoffe ins Grundwasser und die Aufnahme mit dem Trinkwasser.

Je nach Schadstoff können verschiedene Aufnahmepfade relevant sein. So sind bei Schwermetallen vor allem die orale und die inhalative Aufnahme (Einatmen von Staub) von Bedeutung, während die dermale Aufnahme i.d.R. keine Rolle spielt. Dagegen ist bei gut fettlöslichen Stoffen auch die Aufnahme über die Haut zu berücksichtigen. Flüchtige Stoffe können sich über die Bodenluft ausbreiten und unter ungünstigen Umständen in Gebäude eindringen, wo sie zu Raumluftbelastungen führen.

Ein Expositionsszenario enthält die für einen Standort relevanten Aufnahmepfade und die Risikogruppen. So werden zum Beispiel bei Kinderspielflächen, Wohngebieten sowie Park- und Freizeitanlagen alle drei direkten Aufnahmepfade und Kinder als Risikogruppe berücksichtigt. In Wohngebieten mit Gemüseanbau in hausnahen Nutzgärten wird zusätzlich der indirekte Pfad über die Nahrung einbezogen. Dagegen unterstellt man für Industrie- und Gewerbegrundstücke, dass hier üblicherweise keine Kinder spielen und daher nur der inhalative Aufnahmepfad für Erwachsene relevant ist.

## 5 Erfassungssysteme

In Bayern wird ein Altlastenkataster<sup>10</sup> geführt, in dem das Bayerische Landesamt für Umwelt Stand und Behandlung von Altlastverdachtsflächen, Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen erfasst. Der stoffliche Ist-Zustand und die laufende Veränderung der Böden werden in einem Projekt des Bayerischen Geologischen Landesamtes (GLA) flächendeckend bestimmt. Die Ergebnisse aus Untersuchungen über die physikalische, chemische und biologische Beschaffenheit des Bodens sowie deren Auswertung und sonstige geowissenschaftliche Daten und Erkenntnisse werden im Bodeninformationssystem des GLA gespeichert und bereitgestellt.

## 6 Literatur

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg., 2004): Öffentliche Wasserversorgung in Bayern; Erhebung von Trinkwasserbelastungen durch chemische Stoffe zur Pflanzenbehandlung und Schädlingsbekämpfung (PSM) zum Stand 01.10.2003 (PSM-Bericht 2003)

▶ [www.lfu.bayern.de/wasser/grundwasserqualitaet/nitrat\\_psm/doc/03\\_bericht.pdf](http://www.lfu.bayern.de/wasser/grundwasserqualitaet/nitrat_psm/doc/03_bericht.pdf)

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg., 2002): Untersuchung und Bewertung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen – Wirkungspfad Boden-Mensch (direkter Kontakt). LfU-Merkblatt Altlasten 1

▶ [www.stmug.bayern.de/umwelt/boden/vollzug/doc/lfu\\_alt1.pdf](http://www.stmug.bayern.de/umwelt/boden/vollzug/doc/lfu_alt1.pdf)

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.):

(1998): Informationen Nr. 3: Altlasten, Gefahren abwehren – Entwicklung ermöglichen

(1998): Informationen Nr. 6: Umweltindikatorensystem in Bayern

(1998): Informationen Nr. 8: Eigenüberwachung von Wasserversorgungsanlagen

(2003): Daten + Fakten + Ziele. Klärschlamm

---

<sup>10</sup> Kataster nach Art. 3 BayBodSchG

Bundesministerium der Justiz (Hrsg., 1999): Bekanntmachung über Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 28.08.1999. Bundesanzeiger Nr. 161a

Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) (2000): Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung, Kapitel 6: Interpretation und Beurteilung der Untersuchungsergebnisse. Altlastenausschuss (ALA) UA QS

Greim H., Wichmann H.E. (1999): Expositions- und Risikoabschätzung kontaminierter Böden. Reihe Fortschritte in der Umweltmedizin, ecomed Verlag, Landsberg

GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, GmbH:

(1997): mensch und umwelt – Böden – verletzliches Fundament

(1994): Ökosystem Boden – ausgebeutet und zerstört?

(2001): Bodenbelastungen – eine Übersicht. Beitrag im Handbuch „Umweltberatung Bayern“

Mulisch H.-M., Winter W., Dieter H., (2000): Beurteilung von Gefahren aus militärischen Altlasten in Einzugsgebieten von Trinkwassergewinnungsanlagen auf der Basis eines Kriterienkataloges. In: Umweltchem. Ökotox., 12 UWSF (5), S.269-278, ecomed Verlag, Landsberg

Statistisches Bundesamt (Hrsg., 2000): 50 Jahre Bundesstatistik – 50 Jahre Düngemittelstatistik.

► [www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Querschnittsveroeffentlichungen/WirtschaftStatistik/Monatsausgaben/WistaMai01\\_property=file.pdf](http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Querschnittsveroeffentlichungen/WirtschaftStatistik/Monatsausgaben/WistaMai01_property=file.pdf)

Umweltbundesamt (Hrsg., 1999): Schwermetalltransfer Boden – Pflanze. Ergebnisse der Auswertungen hinsichtlich der Königswasser- und Ammoniumnitrat-Extraktion anhand der Datenbank TRANSFER. UBA-Texte 11/99

Wichmann H.E., Schlipkötter H.-W., Fülgraff G. (1996): Boden, Grundwasser. In: Handbuch der Umweltmedizin, 9. Erg. Lfg. 9/96: XI – 1.2

#### Richtlinien und gesetzliche Regelungen

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17.März 1998, BGBl. I 1998 S.502, geändert durch Art. 17 G v. 9. 9.2001 S. 2331

► [www.bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bbodschg/gesamt.pdf](http://www.bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bbodschg/gesamt.pdf)

Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (Bundes-Bodenschutzverordnung – BBodSchV) vom 12.Juli 1999,

BGBl. I 1999 S. 1554, geändert durch Art. 17 G v. 09.09.2001, S.2331

► [www.bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bbodschv/gesamt.pdf](http://www.bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bbodschv/gesamt.pdf)

Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 15.April 1992, BGBl. I 1992 S.912, zuletzt geändert durch § 11 Abs. 2 V vom 26.11.2003, BGBl. I 2003 S.2373

► [www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/abfklerv\\_aenderung.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/abfklerv_aenderung.pdf)

Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüngeV) – Neufassung vom 10.01.2006, BGBl. I 2006 Nr. 2 vom 13.01.2006

► [www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/d\\_v/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/d_v/gesamt.pdf)

Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung – DüMV) vom 16.12.2008, BGBl. I S 2524, zuletzt geändert durch Art. 1 der Verordnung vom 14.12.2009 S. 3905

► [www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/d\\_mv\\_2008/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/d_mv_2008/gesamt.pdf)

Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung – BioAbfV) vom 21.September 1998, BGBl. I 1998 S.2955, zuletzt geändert durch

§ 11 Abs. 1 V vom 26.11.2003 S. 2373

► [www.bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bioabfv/gesamt.pdf](http://www.bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bioabfv/gesamt.pdf)

Bayerisches Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Bayerisches Bodenschutzgesetz - BayBodSchG) vom 23. Februar 1999 geändert durch § 24 des Gesetzes vom 24.04.2001 (GVBI S. 140)

▶ [www.stmug.bayern.de/umwelt/boden/recht/doc/bybodschg.pdf](http://www.stmug.bayern.de/umwelt/boden/recht/doc/bybodschg.pdf)

Verordnung über den Abfallwirtschaftsplan Bayern (AbfPV) vom 05. Dezember 2006

▶ [www.stmugv.bayern.de/de/aktuell/download/recht/abfpv.pdf](http://www.stmugv.bayern.de/de/aktuell/download/recht/abfpv.pdf)

Verwaltungsvorschrift zum Vollzug des Bodenschutz- und Altlastenrechts in Bayern (BayBodSchVwV) vom 11. Juli 2000 Nr. 8772.6-1999/3

▶ [www.stmug.bayern.de/umwelt/boden/recht/doc/bybodvww.pdf](http://www.stmug.bayern.de/umwelt/boden/recht/doc/bybodvww.pdf)

Weiterführende Publikationen des Infozentrums UmweltWissen

- ▶ [Benzol](#)
- ▶ [Umweltmedium Boden](#)
- ▶ [Streusalz und Splitt im differenzierten Winterdienst](#)
- ▶ [Labore und Sachverständige im Umweltbereich – Linkliste](#)

Internet

Bayerisches Landesamt für Umwelt: ▶ [www.lfu.bayern.de/boden/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/boden/index.htm)

Bodeninformationssystem: ▶ [www.bis.bayern.de/bis/umleitung.do](http://www.bis.bayern.de/bis/umleitung.do)

## 7 Ansprechpartner

Private Anfragen an das Bayerische Landesamt für Umwelt richten Sie bitte an unser Bürgerbüro:

E-Mail: [oeffentlichkeitsarbeit@lfu.bayern.de](mailto:oeffentlichkeitsarbeit@lfu.bayern.de)

Fragen und Anregungen zu Inhalten, Redaktion und Themenwahl der Publikationen von UmweltWissen sowie Anfragen bezüglich Recherche und Erstellung von Materialien für die Umweltbildung/-beratung richten Sie bitte an:

UmweltWissen am Bayerischen Landesamt für Umwelt:

Telefon: 0821 / 9071 – 5671

E-Mail: [umweltwissen@lfu.bayern.de](mailto:umweltwissen@lfu.bayern.de)

Internet: [www.lfu.bayern.de/umweltwissen](http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen)

---

### Impressum:

Herausgeber:  
Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg

Telefon: (08 21) 90 71-0  
Telefax: (08 21) 90 71-55 56  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

Postanschrift:  
Bayerisches Landesamt für Umwelt  
86177 Augsburg

Bearbeitung:  
Dr. Katharina Stroh (LfU)  
Elisabeth Albrecht (LfU)  
Stand:  
2005 (Links 03/11)

Textgrundlage: Ulrike Koller, Dr. Katharina Stroh (2001): Bodenbelastungen – eine Übersicht. In: GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit und Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): Handbuch Umweltberatung Bayern. Loseblattsammlung 1992-2002.

---

Diese Veröffentlichung wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Sie haben diese Veröffentlichung auf Papier, wollen aber auf die verlinkten Inhalte zugreifen?

Die jeweils aktuellste Ausgabe finden Sie im Internet unter:

- ▶ [www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw\\_14\\_bodenbelastungen.pdf](http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_14_bodenbelastungen.pdf) oder unter
- ▶ [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de): UmweltWissen > Boden > Überblick und Stoffeinträge