

Prüfwerte und Konzepte

Verunreinigte Böden

Prüfwerte und Konzepte – Ein kritischer Überblick

Karl-Theo v.d. Trenck

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Postfach 210752, D-76157 Karlsruhe

Zusammenfassung

Der Beitrag diskutiert die Entscheidungskriterien für den Umgang mit kontaminierten Böden, **Orientierungswerte** für Bodenmaterial (Referenzwerte, Prüfwerte und Maßnahmenschwellenwerte). Orientierungswerte können *wirkungsbezogen* oder *zustandsbezogen* abgeleitet werden. Zum Schutz von Grund- und Oberflächenwasser ist die Eluierbarkeit von Schadstoffen aus Bodenmaterial zu prüfen. Weiterhin kommentiert der Beitrag die vorliegenden Konzepte und Entwürfe zur Prüfung von Bodenkontaminationen. Die große Vielfalt von 37 Regelwerken zur Prüfung von Bodenkontaminationen erklärt sich 1. aus den unterschiedlichen Zweckbestimmungen, 2. aus der unterschiedlichen Philosophie im Hinblick auf den anzustrebenden Grad an Sicherheit vor Schädigungen:

1. Ansatz der LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall): Gefahrenabwehr, nicht Vorsorge, ist Grundlage des Handelns
2. Ansatz Baden-Württembergs: Brückenschlag zwischen Vorsorge und Gefahrenabwehr

Die geltenden Gesetze, die den länderspezifischen Regelwerken zur Altlastenproblematik zugrundeliegen, werden zusammenfassend kommentiert:

- Das Bundesbodenschutzgesetz und seine untergesetzlichen Regelungen
- Probleme bei der Ableitung von Prüfwerten von den „Basisdaten Toxikologie“ sowie die Frage des zumutbaren Restrisikos bei Kanzerogenen

Der Gefahrenbezug der Prüfwerte im Rahmen des Bundesbodenschutzgesetzes wird vor dem Hintergrund eines Alternativvorschlages diskutiert.

Das LABO-Verwertungskonzept (Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft „Bodenschutz“) wird dargestellt: Anwendung der Prüfwerte zur Beurteilung von Bodenmaterial für verschiedene Verwertungsziele.

Der Beitrag nimmt Bezug auf den „Leitfaden zur Erfolgskontrolle bei der Bodenreinigung“, erarbeitet von der GDCh-Fachgruppe „Umweltchemie und Ökotoxikologie“ (1996). Dieser Leitfaden gibt einen Überblick über die Prüfkonzepte der Länder Hamburg, Nordrhein-Westfalen, Brandenburg, Rheinland-Pfalz, Hessen, Baden-Württemberg, sowie der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA). Erwähnt werden in dem Leitfaden auch die entsprechenden Verfahren und Listen der Niederlande, Kanadas, der USA.

Schlagwörter: Bodenkontaminationen; kontaminierte Böden; Orientierungswerte für Bodenmaterial; Prüfwerte; Referenzwerte; Maßnahmenschwellenwerte; Eluierbarkeit von Schadstoffen aus Bodenmaterial; Regelwerke, Prüfung von Bodenkontaminationen; Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA); Altlastenausschuß (ALA); Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO); Bundesbodenschutzgesetz; Basisdaten Toxikologie

Abstract

Soil Contamination – Test Values and Evaluation Concepts A Critical Review

This article discusses the evaluative criteria which are applied for the assessment of contaminated soils. Guide values for materials in the soil (reference values, test values and action levels). Such guide values can be derived based upon either functional or constitutional criteria. The leachate from the soil must be analyzed for noxious materials in order to ensure the conservation of both ground- and surface-waters. Furthermore, existing concepts and drafts for evaluating soil contamination are discussed. The great diversity of the 37 regulatory publications for evaluating soil contamination is due to 1. different purposes these guidelines are aimed at, and 2. varying philosophies with regard to the degree of safety which is considered to be acceptable:

1. The approach of the LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall – German federal cooperative for waste regulation) is to merely avert dangerous effects of polluted land rather than to take precautionary measures.
2. The approach of the state of Baden-Württemberg is to combine precautionary activities and defensive procedures in one scheme with the technical and financial feasibility as criteria for the final decision.

A summary of the valid legislation is discussed, based on the specific regulatory works of the individual German states:

- The federal soil protection act and the directives based on it
 - Inherent problems with deriving test values from basic toxicological data as well as the question of a tolerable cancer risk level
- The procedure of linking the test values with a concrete danger to health that was designed for the federal soil protection act is discussed and compared with an alternative procedure.

A presentation is given of the LABO (Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz – German federal and state cooperative on soil conservation) utilization concept for soils: The use of test values for assessing soil materials with regard to particular utilization goals. The article quotes the „Guideline for monitoring the success in soil cleanup operations“ as compiled by the GDCh working group on „Environmental chemistry and ecotoxicology“ (1996). This guideline provides a review of the evaluative concepts applied in the German states of Hamburg, North Rhine-Westphalia, Brandenburg, Rhineland-Palatinate, Hessen, Baden-Württemberg, as well as those of the German federal cooperative for waste regulation (LAGA). The respective procedures and specifications of Holland, Canada, the USA are also noted in this guideline.

Keywords: Soil contamination; contaminated soil; guide values for materials in the soil; action levels; test values; reference values; noxious materials; leachate from the soil; regulatory publications for evaluating soil contamination; LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall – German federal cooperative for waste regulation); Contaminated Soil Committee (ALA, Altlastenausschuß); Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) – German federal and state cooperative on soil conservation; German federal soil protection act; basic toxicological data

1 Einleitung

Orientierungswerte für Bodenmaterial im Hinblick auf den Gehalt an Inhaltsstoffen sind notwendige Entscheidungskriterien im Zusammenhang mit kontaminierten Böden. In der Reihenfolge steigender Belastung unterscheidet man *Referenzwerte*, *Prüfwerte* und *Maßnahmschwellenwerte*. Unter bestimmten Umständen können diese Werte auch als *Sanierungsziele* dienen. Orientierungswerte können entweder vom Schadeffekt der betreffenden Stoffe (wirkungsbezogen) oder von einer definierten Umweltbeschaffenheit (zustandsbezogen) abgeleitet werden.

2 Wirkungsbezogene Betrachtungsweise

Von kontaminiertem Bodenmaterial ausgehende Emissionen können zur Beeinträchtigung oder Gefährdung von Schutzgütern führen. In § 2 Abfallgesetz (AbfG, 1986) ist das Wohl der Allgemeinheit als bei der Entsorgung von Abfällen zu wahrendes generelles Schutzgut genannt. Bei der näheren Spezifizierung des Gemeinwohls steht neben den Umweltmedien Boden, Gewässer und Luft besonders die menschliche Gesundheit im Vordergrund.

Eine stoffbedingte Schadwirkung kann nicht ohne Exposition eines Schutzgutes gegenüber dem betreffenden Schadstoff auftreten. Die Schadstoffexposition der Schutzgüter kann über eine Vielzahl von Belastungspfaden erfolgen. Durch Rückwärtsverfolgung der für das betrachtete Schutzgut duldbaren Schadstoffkonzentration über sämtliche Belastungspfade lassen sich unschädliche oder zumutbare Restschadstoffkonzentrationen in den kontaminierten Umweltmedien als Sanierungsziele ermitteln (v.d. TRENCK & FUHRMANN, 1990 und 1991). Analoge Überlegungen müssen selbstverständlich auch bei der Aufstellung von Prüfwerten einfließen (Altlastenkommission NRW, 1991). Laut BERTGES (1991) „müssen Prüfwerte einen Bezug zu bestimmten Nutzungen und Schutzgütern besitzen, da es bei der Gefahrenermittlung nicht darauf ankommt, welche Schadstoffe sich in welchen Mengen im Boden oder im Untergrund befinden, sondern welche Einwirkungen auf Rechtsgüter, insbesondere Leben und Gesundheit von Menschen, dadurch hervorgerufen werden können“.

Erfolgt der Schadstofftransfer über einen einzigen der möglichen Belastungspfade besonders intensiv, so ist das Hauptaugenmerk auf diesen Pfad zu richten.

2.1 Kleinkindtypische Bodeningestion

Die Erfahrung bei der Altlastenbearbeitung lehrt, daß der direkte Pfad vom Boden zum Menschen bei Flächen, zu denen kleine Kinder zum Spielen Zugang haben, häufig in diesem Sinne bestimmend und daher maßgeblich für die Ausarbeitung realistisch-konservativer Modellsituationen ist.

Die von Kleinkindern über den altersüblichen Hand-zu-Mund-Kontakt ingestierte Bodenmenge ist Gegenstand einer Reihe von Studien, aus denen Vorschläge für quantitative Modellannahmen abgeleitet wurden. Eine Übersicht von RUCK (1990) enthält eine kritische Würdigung dieser Studien, aus denen der Autor die Empfehlung ableitet, bis

zum 6. Lebensjahr 0,5 g/d als Bodeningestionsrate zugrunde zu legen. Dadurch sollen nach den bis 1990 zugänglichen Daten mehr als 95 % aller Kinder bis zum Alter von sechs Jahren geschützt sein.

Im Hinblick auf die durchschnittliche lebenslange Bodenaufnahme berücksichtigt RUCK (1990) acht verschiedene Risikoabschätzungen, die nach seiner Einschätzung um einen Mittelwert von 0,1 g/d streuen. Dieser Wert entspricht genau dem Maß, das die EPA (1989) für Erwachsene zugrundelegt und erscheint dadurch recht gut untermauert.

2.2 Inhalativ aufgenommene Schadstoffe

Bei der Herleitung von Prüfwerten für leichtflüchtige organische Schadstoffe sind aufgrund der speziellen physikalisch-chemischen Eigenschaften zusätzliche Kriterien zu berücksichtigen. Flüchtige Stoffe gasen auch aus den tiefer gelegenen Schichten der Bodenmatrix aus. Hier kann der inhalative Aufnahmepfad relevanter sein als der orale. Den ungünstigsten Fall für diese Stoffe stellen Situationen in Kellerräumen mit gegen das umgebende Erdreich undichten Wänden oder Fußböden dar. In einem solchen Szenarium kann sich ein von der Konzentration im Boden abhängiger Gleichgewichtsdampfdruck der organischen Verunreinigung einstellen. Diese Situation wurde von der amerikanischen Umweltschutzbehörde und der LfU sowie dem Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg bei der Ableitung der entsprechenden Prüfwerte zugrundegelegt (EPA, 1994; v.d. TRENCK et al., 1994; JARONI & v.d. TRENCK, 1995).

2.3 Beurteilungsmaßstäbe

Die Ableitung wirkungsbezogener Prüfwerte stützt sich als Konsequenz aus den gesetzlichen Anforderungen (AbfG, 1986) für nicht-kanzerogene Stoffe auf tolerierbare Körperdosen z.B. der WHO (TDI-Werte = „tolerable daily intake“) oder der entsprechenden nationalen Behörden. Wo solche Empfehlungen nicht vorliegen, können aus gut dokumentierten epidemiologischen Studien oder tierexperimentellen Daten der toxikologischen Literatur von fachlich geschulten Personen nach allgemein akzeptierten Regeln TDI-analoge Werte abgeleitet werden (z.B. UBA, 1993b; v.d. TRENCK et al., 1995).

Für **kanzerogene** Stoffe wird häufig ein zumutbares Krebsrisiko von 10^{-6} zugrundegelegt (CCME, 1993; EPA, 1994; v.d. TRENCK et al., 1995). Da dieses Risiko in einigen Fällen zu Konzentrationen führen würde, die analytisch nicht mehr bestimmbar sind oder ubiquitär vorhandene Hintergrundgehalte unterschreiten, ist in diesen Fällen ersatzweise die Bestimmungsgrenze oder der regionale Hintergrundwert als Prüfwert heranzuziehen (Minimierung bei Nichterreichbarkeit toxikologischer Kriterien; JARONI & v.d. TRENCK, 1995; v.d. TRENCK & RUF, 1995).

3 Zustandsbezogene Betrachtungsweise

Schadstoffimmissionen machen sich in der Regel durch meßbar erhöhte Konzentrationen der betreffenden Stoffe im Boden bemerkbar. Hintergrundwerte ergeben sich aus den naturbedingten Grundgehalten sowie der allgemein vorhandenen anthropogenen Zusatzbelastung.

3.1 Historische Entwicklung im stoffbezogenen Bodenschutz

Die frühe Entwicklung von Reinheitskriterien im Bodenschutz wurde von einer Arbeitsgruppe der Dechema (1989) in einer Monographie dargestellt. Danach wurde der stoffabhängige Bodenschutz für anorganische Kontaminanten in Deutschland wesentlich von KLOKE geprägt, der von der zustandsbezogenen Betrachtungsweise ausging und wirkungsbezogene Korrekturen vornahm. Dabei gehen Korrekturen, die die Aufnahme in Pflanzen und die Phytotoxizität berücksichtigen, maßgeblich auf SAUERBECK (1989) zurück.

Aufbauend auf Erhebungen von Schwermetallgehalten in Böden gab KLOKE (1977 und 1980) die als „Richtwerte '80“ bekanntgewordenen „Orientierungswerte für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Böden“ heraus, von denen ein Jahrzehnt lang ein bestimmender Einfluß ausging. So fanden die Kloke-Werte von sieben Schwermetallen als Grenzwerte Eingang in die Klärschlammverordnung (AbfKlärV, 1982; Dechema, 1989). Auch die erste Ausgabe des niederländischen Leitfadens Bodensanierung, die sog. Hollandliste (NL, 1983), berücksichtigt die Klokeschen Ergebnisse.

3.2 Daten der deutschen Bundesländer

Die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) leistete eine Bestandsaufnahme in Deutschland durchgeführter Erhebungen von Hintergrundgehalten in Böden und empfiehlt in ihrem Bericht die Nutzung der Hintergrundwerte, um Referenzwerte abzuleiten (LABO, 1995a). Die Werte sind differenziert nach *Substrattyp* (bei anorganischen Stoffen), Nutzung (und damit Bodenhorizonten) und siedlungsstrukturellem *Gebietstyp* abrufbar.

Analysendaten von ca. 16000 Bodenproben bilden die Basis *länderübergreifender* Hintergrundwerte für anorganische Stoffe. *Länderspezifische* Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe liegen in den einzelnen Ländern in unterschiedlicher Qualität und Quantität vor. Zur Charakterisierung der Gehalte und deren Verteilung sind die 50. und 90. Perzentile angegeben, da die Datenkollektive in der Regel nicht normalverteilt sind.

4 Elutionsverfahren

Zum Schutz von Grund- und Oberflächenwasser ist die Eluierbarkeit von Schadstoffen aus Bodenmaterial zu prüfen (Dechema, 1989). Für Schwermetalle und lösliche Anionen wurden Verfahren adaptiert wie das „Deutsche Einheitsverfahren S4“ (DEV, 1984) und die Extraktion mit Ammoniumnitratlösung (PRÜESS et al., 1991; DINV 19730, 1993) oder entwickelt wie das sog. pH-Stat-Verfahren (OBERMANN und CREMER, 1992). Eine Übertragung dieser Verfahren auf die Anwendung für organische Stoffe befindet sich derzeit erst in einem vorläufigen Stadium (BLANKENHORN, 1994a und b; SÜBKRAUT et al., 1994).

Die Notwendigkeit für diese Verfahrensentwicklungen ist fachlich evident, da die Komplexität der Bodenmatrix eine theoretische Vorhersagbarkeit des Elutionsverhaltens der breiten Schadstoffpalette ausschließt. Sie ergibt sich auch

aus den Empfehlungen der LAWA (1994): „Zur Abschätzung der Gefährdung des Grundwassers ist primär der unter realen Bedingungen eluierbare bzw. der mobile und mobilisierbare Stoffanteil maßgebend. ...“

Eine wasserwirtschaftliche Beurteilung von Bodenbelastungen ist nur unter Berücksichtigung aller diesbezüglichen Gesichtspunkte möglich, wobei orientierende Prüf- und Maßnahmenschwelldwerte für die Eluierbarkeit in µg/l für viele Stoffe angegeben werden können. Die Eluate sind nach einer mitgelieferten Tabelle zu bewerten. ... Für lipophile und leichtflüchtige organische Stoffe gibt es hilfsweise als Übergangslösung Hinweise zur Bewertung. Dies gilt, bis wissenschaftlich fundierte Gesamtgehalte oder einheitliche Elutionsverfahren für diese Stoffe verfügbar sind.“

5 Bestehende Prüfwerte und Konzepte

Ein innerhalb der Fachgruppe „Umweltchemie und Ökotoxikologie“ der GDCh (1995) erarbeiteter *Leitfaden zur Erfolgskontrolle bei der Bodenreinigung* gibt einen Überblick über die Prüfkonzepete für Bodenkontaminationen der Länder Hamburg, Nordrhein-Westfalen, Brandenburg, Rheinland-Pfalz, Hessen, Baden-Württemberg sowie der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA). Erwähnt werden dort auch die entsprechenden Verfahren und Listen der Niederlande (NL, 1988 und 1994), Kanadas (CCME, 1993), der USA (EPA, 1994) sowie der Autoren EIKMANN und KLOKE (1991 und 1993). Für einen weiterreichenden Überblick über Regelwerke zur Beurteilung von verunreinigtem Boden wird auf die Umfrage des Umweltbundesamtes im Auftrag des Altlastenausschusses (ALA) der LAGA verwiesen, die den Stand zu Anfang des Jahres 1993 wiedergibt (UBA, 1993a). Darin sind weitere einschlägige Regelungen erfaßt, mit denen der Kreis um die Länder Bayern, Bremen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein erweitert wird.

Die erwähnte Umfrage des UBA (1993a) wurde von EWERS et al. (1993) vervollständigt und als wissenschaftlich überarbeitete Bestandsaufnahme der vorliegenden Regelwerke zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen im September des gleichen Jahres vorgelegt. Diese Studie nennt zusätzlich zu den Regelwerken der Bundesländer eine Reihe weiterer einschlägiger Empfehlungen und Entwürfe. Die Regelungen sind dort im großen und ganzen richtig dargestellt, so daß die Studie als Informationsquelle empfohlen werden kann. Hiervon ausgenommen werden muß die Darstellung einzelner Regelwerke, z.B. des baden-württembergischen. So verwechseln die Autoren offensichtlich die auf dem Landesabfallgesetz (LAbfG, 1990) basierende Informationsschrift „Orientierungswerte Altlasten“ (RUF & v.d. TRECK, 1992), die der Vorläufer einer entsprechenden Gemeinsamen Verwaltungsvorschrift der Ministerien für Umwelt und Gesundheit (UM & SM B-W, 1993) war, mit der VwV Anorganische Schadstoffe (1993) zum baden-württembergischen Bodenschutzgesetz.

Die große Vielfalt der mittlerweile 37 Regelwerke (SANDEN, 1995) erklärt sich zum einen aus den unterschiedlichen *Zweckbestimmungen*, die verschiedene Nutzungssituationen und damit ein breites Spektrum von Schutzgütern und Expositionsszenarien im Auge haben. Zum anderen ergibt sie sich aber auch aus einer unterschiedlichen *Philosophie*

im Hinblick auf den anzustrebenden Grad an Sicherheit vor Schädigungen.

5.1 Der Ansatz der LAGA

So trifft z.B. die Altlasten-Informationsschrift der LAGA (1991) die aus dem Polizeirecht abgeleitete Feststellung, daß bei Altlasten **Gefahrenabwehr** und nicht **Vorsorge** Grundlage des Handelns ist. Entsprechend verfolgt diese Schrift einen strikt wirkungsbezogenen Ansatz und empfiehlt die schutzgutabhängige Festlegung von **Prüfwerten**, die bei ihrer Überschreitung das Auftreten von Gefahren anzeigen können. Davon unterscheidet die LAGA nichtverbindliche **Richtwerte**, die lediglich Anhaltspunkte für eine sachkundige Beurteilung bieten können und aus einer im wesentlichen zustandsbezogenen Betrachtungsweise abgeleitet sind (z.B. KLOKE, 1980). Es ist zu bedauern, daß die Bodenschutzverwaltung (z.B. in Baden-Württemberg) zum Entstehungszeitpunkt der LAGA-Informationsschrift erst im Aufbau begriffen war und sich demzufolge nicht an der Diskussion beteiligen konnte. So ist die LAGA-Informationsschrift zu wenig von bodenkundlichen Gesichtspunkten bestimmt und bemüht sich um bloße Gefahrenabwehr mit der alleinigen Zielsetzung der Revitalisierung kontaminierter Industriebrachen. Der Gedanke, daß dieses Ziel mit dem der **Vorsorge** und **Nachhaltigkeit** verknüpft werden kann, wobei fallweise je nach örtlichen Gegebenheiten mehr der eine oder der andere Gesichtspunkt in den Vordergrund tritt, taucht bei der LAGA (1991) noch nicht auf.

5.2 Der Ansatz Baden-Württembergs

Mit diesem Gedanken eines Brückenschlages zwischen **Vorsorge** und **Gefahrenabwehr** bei der Altlastenbearbeitung trat Anfang 1992 erstmals die LfU B-W an die Öffentlichkeit (RUF & v.d. TRENCK, 1992; UM & SM B-W, 1993). Dabei basiert der Bereich der **Vorsorge** auf Hintergrundwerten (zustandsbezogen) und der der **Gefahrenabwehr** ist auf die Wirkung gegründet. Den Rahmen dieses Vorschlages bildet eine nach zunehmendem Belastungsgrad abgestufte Hierarchie von Orientierungswerten. Neu an diesem Entwurf sind:

- eine im Einzelfall an die Verhältnismäßigkeit des Mittlereinsatzes und die Umweltbilanz gekoppelte **Flexibilität** in der Auswahl der jeweils zu erreichenden Hierarchiestufe,
- die Beurteilung des Grundwasserpfadens anhand von **Bodeneluat**en und
- ein pragmatischer Kompromiß zwischen Ressourcenschutz und Machbarkeitserwägungen:

In Problemfällen sieht die VwV zum Schutz besonders mächtiger und bedeutender Grundwasserleiter zusätzlich zu einer Immissionsbegrenzung eine **maximal** in das Grundwasser zu **emittierende Schadstofffracht** vor.

Im Unterschied zu den Entwürfen für ein untergesetzliches Regelwerk zum Bundesbodenschutzgesetz steht in B-W nicht ein **Interventionswert** im Zentrum der zugrundeliegenden Überlegungen, sondern vielmehr die Frage nach dem **Sanierungsziel**. Damit basiert die baden-württembergische VwV auf dem eingangs erwähnten Abfallrecht, das dem Gegenstand, den sie regelt, sehr viel näher liegt als das Polizeirecht, mit dem die Prüfwerte auf Bundesebene begründet werden

sollen (s. u., Punkt 5.3 und 6). Während das Polizeirecht ein unverzügliches Eingreifen begründet und deshalb die hinreichende Wahrscheinlichkeit eines Schadenseintritts als Kriterium für dieses Eingreifen fordert, schafft das Abfallgesetz mit seinem dezidierten Katalog von Schutzgütern, der angesichts der unbestreitbaren Notwendigkeit einer Umweltgesetzgebung weit über die menschliche Gesundheit hinausgeht und auch ökologische Belange in das Gemeinwohl mit einschließt (§ 2, AbfG, 1986), viel eher eine zeitgemäße Planungsgrundlage für Sanierungsaktivitäten.

In Baden-Württemberg erfolgt demgemäß bei der Festlegung von Sanierungszielen eine **Abwägung** unter Berücksichtigung der Angemessenheit des Aufwandes und der Umweltbilanz. Als Orientierungsrahmen werden Konzentrationswerte der folgenden Stufen verwendet:

1. **Stufe:** Grundsätzliche Anforderung – Hintergrundwerte (H),
2. **Stufe:** Abwehr von Gefahren für die menschliche Gesundheit bei der sensibelsten noch plausiblen menschlichen Nutzung der Schutzgüter – Prüfwerte (P-Werte, P-Szenarien) und
3. **Stufe:** Aus der standort- und einzelfallbezogenen, ggfs. eingeschränkten Nutzung abzuleitende Werte (eM-Werte, eM-Szenarien).

Das Sanierungsziel ist auf einer der drei Stufen festzulegen. Zunächst ist immer die erste Stufe zu prüfen. Nur bei negativem Ausgang des Abwägungsprozesses kommt die zweite Stufe zum Zuge. Die dritte Stufe wird dann geprüft, wenn die Abwägung auch auf der zweiten Stufe zu einem negativen Ergebnis führt.

Die Schutzgüter der einzelnen Stufen sind in **Tabelle 1** zusammenfassend aufgeführt.

Erfordert das Abwägungsergebnis die Zulassung höherer Schadstoffemissionen in das Grundwasser, so kommt es neben den Schadstoffkonzentrationen auch auf die Menge des dem Grundwasserkörper zugeführten belasteten Wassers an. Für die einzelfallabhängige Berechnung der zulässigen Restkonzentrationen (C_{eM}) sind dann zwei Bedingungen zu berücksichtigen:

1. **Immissionsbedingung:** In genutzten oder nutzungswürdigen Grundwasservorkommen dürfen keine Schadstoffkonzentrationen über den Prüfwerten (P-W) auftreten.

Diese Bedingung ist ausreichend, um kleinere Grundwasserleiter mit entsprechend geringerer Bedeutung als Ressource zu schützen.

2. **Emissionsbedingung:** Die Schadstoffemissionen aus der Altlast (bzw. dem Bereich des Schadensfalles) dürfen höchstens so groß sein, daß damit maximal 25 l/s unbelastetes Wasser bis zum P-W-Wert kontaminiert werden können (E_{max}).

Diese Bedingung ist auch in schwierigen Fällen, bei denen rechtliche oder technische Schwierigkeiten oder negative Sekundärfolgen bei der Sanierung auftreten, einzuhalten. Mit der Festlegung von 25 l/s wurde eine Grenze gezogen, bis zu der die Verdünnungskapazität größerer Grundwasservorkommen ausgeschöpft werden darf. Bei größeren Grundwasserleitern muß man davon ausgehen, daß sie eine derartige Bedeutung als Grundwasservorkommen haben, daß eine

Tabelle 1: Hierarchie der baden-württembergischen Orientierungswerte (UM & SM B-W, 1993)

Stufe	Kategorie	Abkürzung	Einheit	zu prüfendes Medium	Schutzgut
1	Hintergrundwert	H-W	µg/l	Bodeneluat	Grundwasser
1	Hintergrundwert	H-B	mg/kg	Boden	Boden
2	Prüfwert	P-W	µg/l	Bodeneluat	Grundwasser
2	Prüfwert	P-W	µg/l	Grundwasser	Grundwasser-Nutzungen
2	Prüfwert	P-M1	mg/kg	Boden	Kleinkinder (Spielen)
2	Prüfwert	P-P	mg/kg	Boden	Pflanzen
3	Prüfwert	P-W	µg/l	Grundwasser	Grundwasser
3	Frachtbegrenzung	E _{max}	g/d	Bodeneluat	Grundwasser
3	Prüfwert	P-M2	mg/kg	Boden	Kleinkinder (Wohnen)
3	Prüfwert	P-M3	mg/kg	Boden	Erwachsene

volle Ausschöpfung ihrer Verdünnungskapazität nicht mit dem Wasserhaushaltsgesetz in Einklang zu bringen wäre.

P-M- und P-P-Werte zum Schutz von Menschen und von Pflanzen

Die Gefährdung von Menschen auf kontaminierten Flächen oder die Beeinträchtigung von (Kultur)pflanzen können durch eine Fülle von Standortfaktoren vermindert werden, so daß u.U. auch bei höheren Schadstoffgehalten als denen des allgemeinen P-Wertes (P-M1 für Kinderspielplätze) nur vernachlässigbare Risiken entstehen (z.B. P-M2 für Siedlungsflächen und P-M3 für Gewerbeflächen = eM-Szenarien).

Werden diese Nutzungen ganz aufgegeben (z.B. durch Überbauung), müssen keine P-M- oder P-P-Werte eingehalten werden. Werden sie nur zum Teil aufgegeben oder sollen spezielle Besonderheiten eines Standortes berücksichtigt werden, so ist es Aufgabe der Gesundheits- bzw. Bodenschutz- und Landwirtschaftsverwaltung, die entsprechenden Zielwerte festzulegen.

Sowohl für die Listenwerte für Grundwasser (P-W) als auch für Boden (P-M1/2/3) liegen ausführliche Begründungen vor (v.d. TRENCK & RUF, 1995; JARONI & v.d. TRENCK, 1995).

5.3 Gesetzliche Grundlagen

Die geltenden Gesetze, die den länderspezifischen Regelwerken zur Altlastenproblematik zugrundeliegen, werden in einer aktuellen Übersicht von JURK (1995) gesamtanschaulich diskutiert.

5.3.1 Das Bundes-Bodenschutzgesetz und seine untergesetzlichen Regelungen

An einem Bundes-Bodenschutzgesetz, das auch die Altlastenproblematik regeln soll (EBBodSchG, 1995) wird seit 1990 gearbeitet. Im Prinzip ist diese Gesetzesinitiative zu begrüßen, doch gibt der Sachverständigenrat für Umweltfragen zu bedenken, daß möglicherweise ein eigenständiges Altlastengesetz die Breite der durch Altlasten beeinträchtigten Schutzgüter (insbesondere das Grundwasser) besser hätte berücksichtigen können, und daß es sinnvoll gewesen wäre, die Regelungskompetenz für die Altlastenfrage denjenigen vorzubehalten, die auch für den Vollzug verantwortlich sind, nämlich den Ländern (SRU, 1995).

Die Ableitung der Prüfwerte für das untergesetzliche Regelwerk zum Bundesbodenschutzgesetz (die „TA Altlasten“) wurde von EWERS und VIERECK-GÖTTE (1993) im Auftrag des Landes Bayern als Mitglied der LAGA erarbeitet. Diese Arbeit ist im Zusammenhang mit den „Basisdaten Toxikologie“ (UBA, 1993b) als wichtige Datenquelle für die von der LAGA zusammengestellte Liste von rund 80 altlastentypischen Schadstoffen zur toxikologischen Beurteilung dieser Stoffe anzusehen. Verschiedene „heiße Eisen“ werden von den Autoren jedoch nicht berührt oder noch nicht zufriedenstellend behandelt:

1. der Zielkonflikt zwischen Umweltschutz im allgemeinen, der Vorsorge fordert, und dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit, der eine Beschränkung auf Gefahrenabwehrmaßnahmen diktiert,
2. ein weiterer Zielkonflikt, der sich einerseits aus der Verpflichtung ergibt, einheitliche und vorausschaubare Sanierungsentscheidungen zu treffen, und andererseits aus der Notwendigkeit, örtliche Besonderheiten zugunsten des Sanierungsträgers umfassend zu berücksichtigen,
3. die Notwendigkeit, zum Schutz von Grundwasser Prüfwerte für die Eluierbarkeit von Bodenverunreinigungen zu erarbeiten (LAWA, 1994),
4. das Problem der gefahrverknüpften Prüfwerte bzw. Maßnahmenswellenwerte (s. Punkt 6),
5. das Problem flüchtiger Schadstoffe,
6. eine Überbetonung des Human-Biomonitoring, das als Grundlage für Prüfwerte nicht praktikabel ist, da i.d.R. keine epidemiologischen Daten über eine Schwellendosis vorliegen,
7. eine ungenügende Berücksichtigung der höheren Empfindlichkeit des kindlichen Organismus durch die Lebenszeitmittelung der Bodenaufnahmerate im Fall von Kanzerogenen (Die Lebenszeitmittelung führt zur völligen Verwischung des unter 2.1 dargestellten kleinkindtypischen Szenariums mit der Konsequenz, daß die daraus resultierenden Prüfwerte Kleinkindern keinen adäquaten Schutz mehr bieten),
8. Mineralölkontaminationen; hier fehlt eine Berücksichtigung der sensorischen Beeinträchtigung des Trinkwassers sowie der Hemmung des Pflanzenwachstums, die die wesentlichen Kriterien für diese Stoffklasse sind,
9. eine Vernachlässigung von Chrom(VI)-Verbindungen,
10. die Frage des zumutbaren Restrisikos bei Kanzerogenen.

5.3.2 Das zumutbare Risiko bei Kanzerogenen

Die erwähnten, vom Freiburger Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe (FoBiG) zusammengetragenen „Basisdaten Toxikologie“ (UBA, 1993b) stellen eine wichtige Quelle gesundheitlicher Kriterien für Prüfwerte dar. Sie enthalten sowohl Daten über Stoffe, für die aufgrund ihres

Wirkungsmechanismus eine unschädliche Schwellendosis angegeben werden kann, als auch über Kanzerogene, bei denen das theoretische Krebsrisiko bei Verringerung der Dosis zwar immer kleiner wird, aber nicht völlig verschwindet. Hier ist für Prüfwerte eine praktisch sichere Dosis vorzugeben. Aufgrund einer Vorgabe des Auftraggebers geht das FoBiG von einem zumutbaren Krebsrisiko von 10^{-5} aus; die „Basisdaten Toxikologie“ sind jedoch auch bei Zugrundelegung anderer Risikoniveaus nutzbar.

Die Frage nach der Höhe des hinnehmbaren Restrisikos ist nicht wissenschaftlich zu entscheiden, sondern ihre Lösung muß über einen gesellschaftlichen Konsens gefunden werden. Trotzdem sollte diese Entscheidung so gut wie möglich wissenschaftlich abgestützt werden. TIEMER (1994) schlägt als Schriftführer in einer gemeinschaftlichen Studie über die von ausgedehnten militärischen Altlasten geprägte Situation des oberen Elbtales „ein Risikoniveau von 10^{-6} als Bezugsrisiko vor, weil dies für nicht individuell beeinflussbare Risiken in entwickelten Industriegesellschaften die individuelle Akzeptanzschwelle darzustellen scheint“.

Neben beträchtlichen subjektiven Komponenten spielt der dem Risiko gegenüberstehende Nutzen eine entscheidende Rolle in dieser Frage. Ein Nutzen von Restkontaminationen ist im Fall von Altlasten in der Regel nicht mehr gegeben, und auch zur Zeit der Entstehung einer Altlast hatten fast nie die späteren Geschädigten den Nutzen. Dies ist ein Argument dafür, das zumutbare Risiko möglichst niedrig anzusetzen.

Der Vorschlag zur Quantifizierung des Restrisikos bei Kanzerogenen über eine Extrapolation der Dosis-Wirkungskurve in den extremen Niedrigdosisbereich stammt von MANTEL und BRYAN (1961), die zunächst 10^{-8} als hinnehmbares Restrisiko vorschlugen. Im Rahmen ihrer Bearbeitung der Altlastenproblematik nannte die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall später ein tausendfach höheres Restrisiko von 10^{-5} (LAGA, 1991). Das Risiko von 10^{-5} wurde daraufhin auch bei der Erstellung der Stoffdossiers (UBA, 1993b) zugrundegelegt, obwohl andere Industriestaaten 10^{-6} wählten (z.B. Kanada und USA; CCME, 1993; EPA, 1994).

Im Zusammenhang mit Prüfwerten wird daher TIEMERS Argument folgend vorgeschlagen, ein Restrisiko von 10^{-6} als hinnehmbar zu betrachten. Damit ist ein gewisser Kompromiß zwischen den genannten Extremen (10^{-8} und 10^{-5}) zu erreichen. Außerdem führt häufig die Vorgabe von 10^{-6} bei Stoffen, die auch als Nichtkanzerogene beurteilt werden können, zu den gleichen Prüfwerten über beide Ableitungswege (Extrapolation des Krebsrisikos oder Division der Schwellendosis durch Sicherheitsfaktoren; v.d. TRENCK et al., 1995). Für Fälle, in denen dieses Risikoniveau nicht erreichbar ist, wird auf das unter Punkt 2.3 angesprochene Prinzip der Minimierung bei Nichterreichbarkeit toxikologischer Kriterien verwiesen.

Gerade bei Altlasten ist durch die Vielzahl der verwendeten Stoffe auch mit Mischkontaminationen zu rechnen, so daß bei mehreren als additive Kanzerogene wirkenden Schadstoffen auf dem Prüfwertniveau das zugemutete Restrisiko insgesamt ohnehin höher liegt als 10^{-6} . In diesem Zusammenhang ist es wichtig, sich vor Augen zu halten, daß die vorgeschlagenen Prüfwerte nur einen Bruchteil der als relevant zu betrachtenden Stoffpalette darstellen und als toxikologisch ausreichend untersuchte Leitparameter eine hohe

Dunkelziffer von ähnlichen, weniger gut bekannten Schadstoffen mitrepräsentieren.

6 Gefahrenbezug der Prüfwerte

Die Paragraphen 5 (*Pflichten zur Gefahrenabwehr*) und 10 (*Rechtsverordnungen*) des Bundesbodenschutzgesetzes (EBBodSchG, 1995) können (müssen aber nicht!) so ausgelegt werden, daß Prüfwerte zur Gefahrenabwehr einen speziellen toxikologisch korrelierten Gefahrenbezug aufzuweisen haben, d.h. eine toxikologisch definierte Gefahrenschwelle überschreiten.

Sicherlich ist nicht zu verkennen, daß das Bestreben, nicht tragbare Sanierungskosten von vornherein abzuwehren, Pate gestanden hat bei dem Versuch, die Prüfwerte im Gefahrenbereich und nicht an seiner unteren Grenze anzusiedeln. Ein solcher politisch motivierter Versuch ist jedoch erstens nicht rational begründbar und zweitens erübrigt er sich. Ad 1: Ein Zustand, der definitionsgemäß den Eintritt einer Gefahr hinreichend wahrscheinlich macht, kann nicht das Ziel des Verwaltungshandelns sein. Auch kann eine belastete Fläche, von der eine als hinreichend definierte Gefahr ausgeht, nicht aus der Bearbeitung entlassen werden. Damit eignen sich gefahrverknüpfte Werte weder als Sanierungsziele noch als Ausschlußkriterien. Ad 2: Nutzungseinschränkungen ermöglichen das Belassen viel höherer Restbelastungen und stellen damit eine viel weiter gehende finanzielle Entlastung dar als die Operation der Gefahrverknüpfung. Wenn für Sanierungsentscheidungen eine Reihe von Optionen unterschiedlicher Nutzungsintensität zur Auswahl steht, können Abstriche in der Qualität der Nutzung einer Fläche gemacht werden ohne Zugeständnisse im Hinblick auf die Sicherheit der entsprechenden Nutzung.

6.1 Gefahrenabwehr in Baden-Württemberg

In Baden-Württemberg markieren die Prüfwerte der Gemeinsamen Verwaltungsvorschrift (UM & SM, 1993) den Beginn des Gefahrenbereichs. So „stellen die P-M-Werte Schadstoffkonzentrationen [] dar, die aus humantoxikologischer Sicht [] bei der entsprechenden Zielgruppe [] und [] Nutzung nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse zu keiner gesundheitlichen Gefährdung führen“. Sind sie überschritten, ist eine Gefahr also nicht mehr auszuschließen. Die P-W-Werte dienen der Abwehr von Gefahren für das Grundwasser und für die menschliche Gesundheit bei der Nutzung des Grundwassers als Trinkwasser.

6.2 Gefahrenbezug in Überlegungen auf Bundesebene

Unter dem Eindruck zukünftig zu erwartender exorbitanter Sanierungskosten bemühte sich die LAGA um ein weiteres Kriterium oberhalb der Gefahrenschwelle, bei dem „das Vorliegen einer Gefahr als hinreichend wahrscheinlich einzuschätzen [] wäre“ (KONIETZKA & DIETER, 1994), nämlich den Gefahrenwert oder G-Wert. Diese Autoren schlagen folgendes vor:

Nach internationaler Konvention ergibt sich der Beurteilungsmaßstab für die toxische Wirkung (z.B. ein TDI-Wert) aus der beobachteten Wirkungsschwelle (NOAEL) und den Sicherheitsfaktoren zur Überbrückung der Daten- und Modellunsicherheit (v.d. TRENCK et al., 1995).

Der G-Wert, den KONIETZKA und DIETER (1994) im Auftrag der LAGA definierten, resultiert aus einem verkürzten Sicherheitsabstand und liegt damit zwischen dem NOAEL und dem TDI-Wert. Diese Verkürzung des Sicherheitsabstandes geschieht durch Bildung der Quadratwurzel aus dem Produkt der Sicherheitsfaktoren. Für diese Operation werden jedoch höchstens zwei von insgesamt fünf möglichen Faktoren herangezogen, so daß sich der Faktor, mit dem der TDI-Wert multipliziert wird, um den G-Wert zu erhalten, zwischen 1,7 und 10 bewegt. Das Hauptproblem derart gefahrverknüpfter Prüfwerte liegt darin, daß diese Werte nicht mehr als Ausscheidungskriterien taugen, denn auch bei Einhaltung oder einer geringfügigen Unterschreitung des Wertes ist das Vorliegen einer Gefahr definitionsgemäß immer noch hinreichend wahrscheinlich.

Folgt man dennoch einmal dem grundsätzlichen Gedanken, einen Gefahrenwert zwischen NOAEL und TDI anzusetzen, so liegt der von KONIETZKA und DIETER (1994) vorgeschlagene Abstand vom TDI sicher in einer vernünftigen Größenordnung. Der Grundgedanke dieser Autoren ist nicht neu. Sie greifen auf das Konzept der alten holländischen C-Werte (Sanierungsschwellenwerte; NL, 1983) zurück und liefern erstmals eine theoretische Begründung für diese Werte aus dem Polizeirecht und einen Algorithmus zu ihrer Ermittlung aus der Toxikologie. Trotzdem weist ihr Ansatz noch weitere Schönheitsfehler auf:

Erstens wird trotz ausführlicher Begründung nicht nachvollziehbar, weshalb der Abstand des G-Wertes über dem TDI-Wert nicht aus dem Produkt aller verwendeter Sicherheitsfaktoren gebildet wird. Die einzig nachvollziehbare Begründung, „dann würde dieser Abstand zu groß“, ist ja nicht zulässig, weil nur toxikologisch evident aber nicht rechtlich untermauert.

Zweitens spiegelt dieser Abstand keine wirkliche Stoffeigenschaft wider, sondern nur die Qualität der Daten und des Modells: Je besser diese, desto kleiner der SF, desto geringer auch der Abstand zwischen TDI und G-Wert. Im Extremfall, wenn tatsächlich die Schwelle der chronischen Wirkung für empfindliche Subpopulationen des Menschen bekannt ist, wird der Sicherheitsfaktor gleich eins und TDI- und G-Wert fallen zusammen auf ein und denselben Wert. Da empfiehlt sich dann doch eher die Ermittlung eines G-Wertes anhand der schadstoffspezifischen Risiko-Kennlinie (v.d. TRENCK et al., 1993a und b).

6.3 Die Risiko-Kennlinie zur Ermittlung gefahrverknüpfter Prüfwerte

Die Risiko-Kennlinie ist Ausdruck einer funktionalen Beziehung zwischen der Schadstoff-Konzentration in Grundwasser, Bodeneluat oder Boden (c) und dem Risikoindex (r_c) für einzelne Schadstoffe [$r_c = f(c)$]. Zu ihrer Festlegung wurden Konzentrations- und Risikowerte einander so zugeordnet, daß einerseits die mit den Orientierungswerten festgesetzten Kriterien für Sanierungsnotwendigkeit und -ziel (UM & SM B-W, 1993) in das Bewertungsverfahren für Altlasten übernommen werden, und daß andererseits die konzentrationsabhängige Altlastenbewertung mit der Bewertung lt. Altlastenhandbuch und der dort definierten Handlungsmatrix kompatibel ist (UM B-W, 1988).

Der Risiko-Kennlinie wurden drei Stützstellen zugrundegelegt, für die im Fall der meisten relevanten Schadstoffe die umwelttoxikologischen Daten bekannt sind. Es handelt sich um die H- und die P-Werte der Gemeinsamen Verwaltungsvorschrift (UM & SM B-W, 1993) sowie um Konzentrationen, die im Szenarium der P-Werte tödlich wirken (LC). Diese wurden über Standardexpositionsannahmen (z.B. 2 Liter Trinkwasserverbrauch pro Tag auf 60 kg Körpergewicht) von der LD_{50} abgeleitet bzw. bei Kanzerogenen von einer mit einem 100 %igen Lebenszeitrisko behafteten Dosis. Die LC dient zusätzlich zu den Orientierungswerten der Verwaltungsvorschrift als dritte Stützstelle im oberen Skalenbereich, damit der Abstand zwischen der tödlich wirkenden Konzentration bei einmaliger Aufnahme und der noch sicheren Konzentration bei lebenslanger Exposition für jeden Stoff angemessen wiedergegeben wird (v.d. TRENCK & RUF, 1994).

Damit wurde ein Maßstab zur vergleichenden Bewertung unterschiedlicher Schadstoffe geschaffen, da die Stützstellen der Risiko-Kennlinie (H, P und LC) über das gesamte Schadstoffspektrum äquivalent sind. Wählt man für den Risikoindex eine Skala von 0 bis 12, so entspricht der H-Wert einem $r_c = 0$, der P-Wert einem $r_c = 3$ und der LC-Wert einem $r_c = 12$ (v.d. TRENCK et al., 1993a und b).

Durch Addieren einer Einheit auf der Risikoskala ($r_c = 4$ anstatt $r_c = 3$) kann nun für den Prüfwert ebenfalls ein Gefahrenbezug konstruiert werden. Die resultierenden G-Werte liegen um den Faktor 2 bis 6 über den TDI-Werten, also ähnlich wie bei KONIETZKA und DIETER (1994). Der Vorteil gegenüber diesen Autoren liegt darin, daß nicht nur die an sich stoffunabhängigen Sicherheitsfaktoren, die lediglich von der Güte der Daten und des Untersuchungsmodells abhängen, verwendet wurden, sondern auch der Abstand zwischen akuter und chronischer Toxizität, der Ausdruck für Unterschiede im **Wirkungsmechanismus** und **Umweltverhalten** der Stoffe ist. Außerdem wurden die so erhaltenen G-Werte auf ihre umwelttoxikologische **Plausibilität überprüft** (v.d. TRENCK et al., 1993a und b). In diesen Publikationen werden die G-Werte als SE_{max} (maximaler Schwellenwert für den Sanierungseinstieg) bezeichnet. Sie wurden später zugunsten der unter 6.1 geschilderten Strategie der **Gefahrenabwehr** aufgegeben, obwohl sie aus den erwähnten naturwissenschaftlichen Gründen zur Herstellung einer **Gefahrverknüpfung** besser geeignet sind als die nach dem Algorithmus von KONIETZKA und DIETER (1994) ermittelten Werte.

7 Das Verwertungskonzept der LABO für Bodenmaterial

Das bisher Gesagte beschreibt die Ableitung und fachliche Begründung von Prüfwerten und die zugrundeliegenden Konzepte. Über ihre Anwendung zur Beurteilung von (originalbelassenem oder gereinigtem) Bodenmaterial für verschiedene Verwertungsziele hat sich insbesondere die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft „Bodenschutz“ (LABO, 1995b) Gedanken gemacht, die in der folgenden Übersicht als Verwertungskonzept zusammenfassend dargestellt sind (\rightarrow *Tabelle 2*). Die Übersicht gibt an, welche Regelwerke für welchen Verwertungsweg (Ausbaustandort – Bodenmaterial – Aufbringungsort) maßgeblich sind.

Tabelle 2: Vereinfachte, schematische Übersicht über die derzeitigen Regelungen bei der Verwertung von Bodenaushub

Verwertungskonzept		
Objekt der Untersuchung	Verwertungswege	Regelwerke
Boden am Ausbaustandort	Bodenaushub-Vermeidung/ Massenausgleich	z.Zt. länderspezifische Regelungen
	Rohstoff (z.B. Zement-, Ziegelindustrie)	z.Zt. länderspezifische Regelungen [z.B. UM B-W, (1993) Heft 24 „Technische Verwendung“]
	Kultursubstrat (z.B. gärtnerische Erden)	z.Zt. länderspezifische Regelungen ^a
	Baustoff (z.B. Erdbauwerke, Füllkörper von Rohstoffabbaustätten)	LAGA (1994): „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen“
Boden am Ausbau- und am Aufbringungsstandort	Bodenverbesserung und Rekultivierung (Deckschicht 0–2 m)	LABO (1995b): „Anforderungen an die Aufbringung von Bodenmaterial“ UM B-W (1994) Heft 28 Boden „Leitfaden Bodenaushub“ DIN (1995) Normentwurf 19731
	Sicherung/Sanierung durch Überdecken	z.Zt. länderspezifische Regelungen

^a Kennzeichnungspflicht nach Düngemittelgesetz

7.1 Bodenmaterial zur Bodenverbesserung

Unter **Bodenverbesserung** durch Aufbringung von Bodenmaterial wird die dadurch erreichte Profilerhöhung zur Erhöhung des Wurzelraumes bzw. zur Erhöhung der nutzbaren Feldkapazität als Wasserspeicher verstanden (UM B-W, 1994). Damit bezieht sich dieser Begriff auf die ersten vier der fünf im baden-württembergischen Bodenschutzgesetz (BodSchG, 1991) genannten Funktionen des Bodens, die im Bundes-Bodenschutzgesetz als die „natürlichen Bodenfunktionen“ zusammengefaßt sind (EBBodSchG, 1995):

1. Lebensraum für Bodenorganismen,
2. Standort für natürliche Vegetation und für Kulturpflanzen,
3. Ausgleichskörper im Wasserkreislauf,
4. Filter und Puffer für Schadstoffe,
5. landschaftsgeschichtliche Urkunde.

Dahingegen bezeichnet man als **Bodenmelioration** die Verbesserung von Böden mit dem Ziel der Bewirtschaftungserleichterung, wodurch insbesondere die Nutzbarkeit als Kulturpflanzenstandort verbessert wird, ohne daß dabei andere Funktionen beeinträchtigt werden.

Zu den allgemeinen Anforderungen an die Verwertung von Bodenmaterial zählen das Vermeidungsgebot, das Verschlechterungsverbot, das Verdünnungsverbot und das Gebot, mindestens eine Bodenfunktion zu verbessern. Bei Bodenverbesserungsmaßnahmen ist die Eignung sowohl des

Bodenmaterials als auch des Bodens am Aufbringungsstandort nachzuweisen. Hierzu zählen auch Analysen der Gehalte an allen gängigen altlastenrelevanten Schadstoffen, für die mit anderer Zielsetzung Referenz- und Prüfwerte formuliert worden sind. Die LABO (1995b) empfiehlt Hintergrundwerte als Kriterien für eine uneingeschränkte Verwertbarkeit (Eignungsgruppe VW0) und die Bodenwerte der novellierten Klärschlammverordnung (AbfKlärV, 1992) für eine eingeschränkte Verwertbarkeit (Eignungsgruppe VW1). Sie folgt damit im wesentlichen dem Leitfaden Baden-Württembergs zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub (UM B-W, 1994), dessen Hintergrund- und Prüfwerte mit den entsprechenden Werten (H-B und P-P) der Gemeinsamen Verwaltungsvorschrift des Landes übereinstimmen (UM & SM B-W, 1993).

7.2 Bodenmaterial als Baustoff

Soll das Material als Baustoff für Erdbauwerke oder Füllkörper von Rohstoffabbaustätten verwendet werden, so gelten bundesweit die „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen“ der LAGA (1994). Der Gesamtgehalt einer Anzahl umweltgefährdender Stoffe im ausgehobenen Material sowie im Eluat daraus wird mit sog. „Zuordnungswerten“ (Z0 bis Z2) verglichen, die als Vorsorgewerte zu verstehen sind und

die natürlichen Bodenfunktionen sowie das Grundwasser schützen sollen. Schon eine Erhöhung der Hintergrundgehalte ist in diesem Zusammenhang als Auswirkung auf die Umwelt zu vermeiden.

Der Einsatz mineralischer Reststoffe bzw. Abfälle (ausdrücklich auch Bodenmaterial, das in Bodenbehandlungsanlagen gereinigt wurde) als Rohstoffersatz oder als Bauzuschlagstoff ist zur Schonung von Ressourcen ökologisch sinnvoll und anzustreben, solange die entsprechenden Zuordnungswerte nicht überschritten werden.

Ein Einbau ist nicht eingeschränkt bei Schadstoffgehalten im Bereich der natürlichen Hintergrundwerte (Z0). Bei Einschränkung bestimmter Nutzungen sind Gehalte bis zu den Z1-Werten zulässig, während definierte technische Sicherungsmaßnahmen für den Grundwasserschutz den Einbau von Material mit Gehalten bis zu den Z2-Werten ermöglichen.

Insgesamt gesehen stellt dieses Verwertungskonzept einen wichtigen Meilenstein im Bodenschutz dar, und die Tatsache seiner bundesweiten Abstimmung ist uneingeschränkt als positiv zu bewerten. Als Kritikpunkte sind jedoch zu nennen, daß die Zuordnungswerte der LAGA (1994) nicht begründet und daß auch keine Angaben zu der Beziehung zwischen Gesamtgehalt und Gehalt im Eluat gemacht werden, so daß die zulässigen Eluatgehalte ebenfalls unbegründet im Raum stehen.

8 Literatur

- AbfG (1986) Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (Abfallgesetz – AbfG) vom 27. August 1986 (BGBl. I S. 1410, 1501; BGBl III 2129–15)
- AbfKlärV (1982) Verordnung zur Klärschlammabfuhr in der Landwirtschaft, Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 25. 6. 82. Bundesgesetzblatt Jg. 1982, Teil I, S. 734–739
- AbfKlärV (1992) 2. Novelle der Verordnung zur Klärschlammabfuhr in der Landwirtschaft, Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 15. 4. 92 Bundesgesetzblatt Jg. 1992, Teil I, S. 912–934
- Altlastenkommission NRW (1991) Anwendung von Hintergrundwerten für den Boden bei der Beurteilung von Altlastverdachtsflächen und Altlasten. In: Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Hrsg., „Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten“, Band 4, S. 1–X
- W.-D. BERTGES (1991) Altlasten und Bodengrenzwerte. Forum Städte-Hygiene 41, 57–59
- I. BLANKENHORN (1994a) Stand des Projekts: Elutionsverfahren zur Beurteilung des Schadstoffausstrags aus kontaminiertem Boden ins Grundwasser mit vorläufiger Verfahrensempfehlung der LfU B-W. Vortrag auf dem 5. Workshop „Abfall- und Altlastenanalytik“ des Instituts für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart und der Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe, im Einvernehmen mit dem Umweltministerium Baden-Württemberg am 23. 11. 94 in Stuttgart-Büsnau
- I. BLANKENHORN (1994b) Derzeitige Anwendung und Entwicklungen von Elutionsverfahren. Texte und Berichte zur Altlastenbearbeitung 11/94; Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- BodSchG (1991) Gesetz zum Schutz des Bodens (Bodenschutzgesetz – BodSchG). Stuttgart, 24. 6. 1991; Gesetzblatt 1991, 434–440
- CCME (1993) A protocol for the derivation of ecological effects-based and human health-based soil quality criteria for contaminated sites. Draft 2, July 1993; Canadian Council of Ministers of the Environment, Subcommittee on Environmental Quality Criteria for Contaminated Sites; Chair: Dr. E.L. HOFMANN, Ontario Ministry of the Environment
- Dechema (1989) Beurteilung von Schwermetallkontaminationen im Boden. Resümee der Dechema-Arbeitsgruppe „Bewertung von Gefährdungspotentialen im Bodenschutz“. In: D. BEHRENS & J. WIENER, Hrsg., „Beurteilung von Schwermetallkontaminationen im Boden“. Dechema, Frankfurt a.M., S. 31–73
- DEV (1984) DIN 38414 S 4 • Bestimmung der Fließbarkeit mit Wasser. Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung, Bd. V; Fachgruppe Wasserchemie in der GDCh und Normenausschuß Wasser im DIN; Loseblattsammlung, VCH, Weinheim
- DIN (1995) Anforderungen an die Verwertung von Bodenmaterial. Entwurf DIN 19731. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin
- DINV 19730 (1993) Ammoniumnitratextraktion zur Bestimmung mobiler Spurenelemente in Mineralböden. Normenausschuß Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; Vornorm DK 614.77:631.416.9:620.1:543.7 vom Februar 1993; Beuth Verlag, Berlin
- EBBodSchG (1995) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten, Entwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Bonn, 18. 8. 1995
- Th. EIKMANN & A. KLOKE (1991) Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-)Stoffe in Böden. VDLUFA-Mitteilungen 1/1991, 19–26
- Th. EIKMANN & A. KLOKE (1993) Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-)Stoffe in Böden. In: D. ROSENKRANZ, G. EINSELE, H.-M. HARRESS, Hrsg., „Bodenschutz“, Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. 1. Band: Grundlagen, Informationen, Bodenbelastung; Berlin; BoS 14. Lfg. X/93, 1–26
- EPA (1989) Interim final guidance for soil ingestion rates. Directive 9850.4 from the Office of Solid Waste and Emergency Response (OSWER) to Regional Administrators, Regions I-X; Washington DC, Jan. 27, 1989
- EPA (1994) Soil screening guidance. Review Draft; Office of Solid Waste and Emergency Response; EPA/540/R-94/101; Washington D.C., December 1994
- U. EWERS & L. VIERECK-GÖTTE (1993) Ableitung von wissenschaftlich begründeten nutzungs- und schutzgutbezogenen Prüfwerten für Bodenverunreinigungen. Bericht im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen in Verbindung mit der Arbeitsgruppe Prüfwerte des IAGA-Ausschusses „Altlasten“; Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen, November 1993
- U. EWERS, L. VIERECK, J. HERGET (1993) Bestandsaufnahme der vorliegenden Richtwerte zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen und synoptische Darstellung der diesen Werten zugrundeliegenden Ableitungskriterien und -modelle. Bericht im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin; Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen, September 1993
- GDCh (1995) Erfolgskontrolle bei der Bodenreinigung. Monographie Bd. 4. Ein Leitfaden des AK „Bodenchemie und Bodenökologie“ der Fachgruppe „Umweltchemie und Ökotoxikologie“ der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Frankfurt/M
- H. JARONI & K.T. v.d. TRENCCK (1995) Prüfwerte zum Schutz von Menschen auf kontaminierten Böden – fachliche Begründung der Ableitung –. Forum Städte-Hygiene, 46, 315–329
- W. JÜRK (1995) Überblick über die Altlastenregelungen im Recht der Deutschen Bundesländer. Altlasten Spektrum 2/95, 84–93
- A. KLOKE (1977) Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. In: Mitteilungen des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- u. Forschungsanstalten (VDLUFA), H. 2
- A. KLOKE (1980) Richtwerte '80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. In: Mitteilungen VDLUFA, H. 1–3
- R. KONIETZKA & H.H. DIETER (1994) Kriterien für die Ermittlung gefahrenverknüpfter chronischer Schadstoffzufuhren per Bodenaufnahme. Gesundh.-Wes. 56, 21–28
- LAbfG (1990) Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen und die Behandlung von Altlasten in Baden-Württemberg (Landesabfallgesetz – AAbfG) vom 12. 1. 90. Gesetzblatt für Baden-Württemberg, 1990 (1), 1–10

- LABO (1995a) Hintergrund- und Referenzwerte für Böden. Bericht der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz; Textfassung: Umweltbundesamt, Berlin
- LABO (1995b) Anforderungen an die Aufbringung von Bodenmaterial auf landbaulich und landschaftsbaulich genutzte Böden. Unveröffentlichter Bericht der Redaktionsgruppe „Verwertung von Oberboden und kultivierbarem Bodenaushub“ des LABO-Arbeitskreises 4 „Bodenbelastung“ der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft „Bodenschutz“ (LABO)
- LAGA (1991) Erfassung, Gefahrenbeurteilung und Sanierung von Altlasten – Informationsschrift – . Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA); Arbeitsgruppe „Altablagerungen und Altlasten“. Regensburg, Münster, 1991
- LAGA (1994) Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA); Arbeitsgemeinschaft „Vereinheitlichung der Untersuchung und Bewertung von Reststoffen“. Stand 1. März 1994
- LAWA (1994) Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden. Hrsg.: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) unter Vorsitz des Umweltministeriums Baden-Württemberg, Januar 1994, Stuttgart
- N. MANTEL & W.R. BRYAN (1961): „Safety“ testing of carcinogenic agents. *JNCI* 27, 455–70
- NL (1983) Leidraad bodemsanering; Niederländisches Ministerium für Wohnungswesen, Raumordnung und Umwelt; Staatuitgeverij, s'Gravenhage, Niederlande, Afl. 1, Juli 1983
- NL (1988) Leidraad Bodemsanering, Deel II. Technisch-Inhoudelijk Deel. Staatuitgeverij, s'Gravenhage, Niederlande, Afl. 4, November 1988
- NL (1994) Interventie- en streefwaarden voor de bodem. Erlaß des „Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (MVROM)“ der Niederlande, Az.: DBO/07494013, Den Haag, 9. 5. 94
- P. OBERMANN & S. CREMER (1992) Mobilisierung von Schwermetallen in Porenwässern von belasteten Böden und Deponien: Entwicklung eines aussagekräftigen Elutionsverfahrens. Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten, Band 6; im Auftrag des Landesamtes für Wasser und Abfall NRW, Düsseldorf
- A. PRUESS, G. TURIAN & V. SCHWEIKLE (1991) Ableitung kritischer Gehalte an NH_4NO_3 -extrahierbaren ökotoxikologisch relevanten Spurenelementen in Böden SW-Deutschlands. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 66, 385–388
- A. RUCK (1990) Bodenaufnahme durch Kinder – Abschätzungen und Annahmen. In: D. ROSENKRANZ, G. EISELE, H.-M. HARRESS, Hrsg., „Bodenschutz – Ergänzbares Handbuch“, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 5. Lfg V/90, S. 1–22
- J. RUF & K.T. v.d. TRENCK (1992) Festlegung von Sanierungszielen – ein Vorschlag. Vortrag im Rahmen des Lehrgangs „Systematische Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg“ an der Technischen Akademie Esslingen, 27./28. 4. 92
- RUF, J. & K.T. v.d. TRENCK (1995) Erfahrungen mit dem baden-württembergischen Konzept zur Sanierungszielfindung. Vortrag auf dem Kongreß 8 „Sanierung kontaminierter Standorte 1995“ im Rahmen des Umwelttechnologieforums UTECH Berlin 1995, Tagungsband, S. 173–184
- J. SANDEN (1995) Planned legal regulations on soil conservation and rehabilitation of contaminated sites in the Federal Republic of Germany. Vortrag auf der 5. Int. Konferenz über „Contaminated Soil“ in Maastricht am 31. 10. 95. In: W.J. van den BRINK, R. BOSMAN and F. ARENDT (Hrsg.) „Contaminated Soil '95“, 55–59, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, The Netherlands
- D. SAUERBECK (1989) Der Transfer von Schwermetallen in die Pflanze. In: D. BEHRENS & J. WIESNER, Hrsg., „Beurteilung von Schwermetallkontaminationen im Boden“. Dechema, Frankfurt a.M., S. 281–316
- SRU (1995) Sondergutachten Altlasten II des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen. Geschäftsstelle im Statistischen Bundesamt, Wiesbaden, Januar 1995
- G. SÖSSKRAUT, M. RÖHRICHT, B. PFEIFER & J. STEKETEE (1994) Literaturstudie – Elutionsverfahren für schwer lösliche organische Schadstoffe in Boden- und Abfallproben. Texte und Berichte zur Altlastenbearbeitung 12/94; Red. I. BLANKENHORN, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- K. TIEMER (1994): Studie zur Verbesserung der Umweltsituation im oberen Elbtal. Abschlußbericht der Arbeitsgemeinschaft „Pell Frischmann Group – Dresdner Grundwasserforschungszentrum e. V.“ im Rahmen des Projektes EG-PHARE Nr. 90/058/030/001 im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung, Dresden, August 1994
- K.T. v.d. TRENCK & P. FUHRMANN (1990) Standardverfahren zur Ermittlung von Sanierungszielen (SES). In F. ARENDT, M. HINSENFELD & W.J. van den BRINK, Hrsg., „Altlastensanierung '90“, Bd. 1, 297–304, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London
- K.T. v.d. TRENCK & P. FUHRMANN (1991) Environmental cleanup objectives standard procedure (ECOSP) *Chemosphere*, 23, 1323–1335
- K.T. v.d. TRENCK, J. RUF & H.H. DIETER (1993a) Integriertes Risikomanagement am Beispiel Altlasten. In: H. FIEDLER, R. DEMUTH, R.E. LOB & O. HUTZINGER, Hrsg., „Tagungsband 3 der Ecoinforma '92“, ECO-INFORMA Press, Bayreuth, S. 279–293
- K.T. v.d. TRENCK, J. RUF & H.H. DIETER (1993b) Zusammenführung von Altlastenbewertung und Sanierungszielfindung. *UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox.* 5, 135–144
- K.T. v.d. TRENCK & J. RUF (1994) Grundlagen der konzentrationsbezogenen Bewertung anhand von Risiko-Kennlinien. Vortrag auf Kongreß 29 „Grundwassersanierung“ im Rahmen des Umwelttechnologieforums UTECH Berlin 1994, IWS-Schriftenreihe Band 19, 111–127, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- K.T. v.d. TRENCK, J. RUF & M. FLITNER (1994) Guide values for contaminated sites in Baden-Württemberg. *ESPR – Environ. Sci. & Pollut. Res.* 1, 253–261
- K.T. v.d. TRENCK & J. RUF (1995) Begründung der Orientierungswerte für Grundwasser der Verwaltungsvorschrift in Baden-Württemberg. Vortrag auf Kongreß 8 „Grundwassersanierung im Rahmen des Umwelttechnologieforums UTECH Berlin 1995, IWS-Schriftenreihe Band 21, 85–111, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- K.T. v.d. TRENCK, J. RUF & H. JARONI (1995) Orientierungswerte für umweltrelevante Schadstoffe in Rüstungsaltlasten. In: G. Rippen, Hrsg., „Handbuch Umweltchemikalien“, Band 3, II – 2.6.8.2 (28. Erg. Lfg. 3/95), S. 101–138, ecomed-Verlag, Landsberg
- UBA (1993a) Charakteristik vorhandener Regelwerke mit Prüf- und sonstigen Werten zur Beurteilung von Bodenkontaminationen. Länderumfrage des Umweltbundesamtes, Berlin, Az.: III 1.5–20 590/60, Stand: April 1993
- UBA (1993b) Basisdaten Toxikologie für umweltrelevante Stoffe zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Forschungsbericht 102 03 443/01. UBA-Berichte 4/93; M. HAS-SAUER, F. KALBERLAH, J. OLTMANN & K. SCHNEIDER, Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH (FoBiG), Freiburg, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- UM B-W (1988) Altlastenhandbuch Teil I – Altlastenbewertung. Herausgeber: Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart, z.Zt. vergriffen
- UM B-W (1993) Technische Verwertung von Bodenaushub. Studie von W.-D. HAGELAUER und G. WOLFF im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg, Heft 24 in der Reihe „Luft, Boden, Abfall“, Stuttgart
- UM B-W (1994) Leitfaden zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub. Bearbeitet von R. KOHL, M. LEHLE, H. REINFELDER, R. SCHLECHTER im Arbeitskreis Bodenschutz beim Umweltministerium Baden-Württemberg, Heft 28 in der Reihe „Luft, Boden, Abfall“, Stuttgart
- UM & SM B-W (1993): Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums und des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung über Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen. Gemeinsames Amtsblatt des Landes B-W v. 30. 11. 93 Nr. 33, 1115–1123
- VwV Anorganische Schadstoffe (1993) Dritte Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums zum Bodenschutzgesetz über die Ermittlung und Einstufung von Gehalten anorganischer Schadstoffe im Boden. Hrsg.: Umweltministerium B-W, Az.: 44–8810.30–1/46, Stuttgart, 24. August 1993