



Bericht zum Umgang mit organikhaltigem Bodenaushub bei  
kleinen und mittleren Bauvorhaben

## **Bericht zum Umgang mit organikhaltigem Bodenaushub bei kleinen und mittleren Bauvorhaben**

Auftraggeber: Bayerischer Bauindustrieverband e.V.  
Oberanger 32  
80331 München

Tel.: 089 235003 0  
Fax: 089 235003 70

Bezug: Auftrag vom 29.10.2015  
Projekt Nr.: 20151004

Textseiten: 75  
Anlage: 2

Verteiler: 2-fach an Auftraggeber  
Datei: umgang mit organikhaltigem bodenaushub bei kleinen und  
mittleren bauvorhaben\_ohne anhang\_schlußbericht

Forschungs- Technische Universität München  
nehmer: Zentrum Geotechnik  
Baumbachstraße 7  
81245 München

Ordinarius: Prof. Dr.-Ing. R. Cudmani Tel.: 089 / 289 27 131  
Fax.: 089 / 289 27 189

Bearbeiter: Huber Stefan M.Sc. Tel.: 089 / 289 27 152  
Dr.-Ing. D. Heyer Tel.: 089 / 289 27 134  
Dr.-Ing. E. Birle Tel.: 089 / 289 27 137

Zeichen: Hu/Hy/Be

Ort, Datum: München, 08.11.2016

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	5
2	Begriffsdefinitionen .....	6
3	Rechtliche Rahmenbedingungen für den Umgang mit organikhaltigem Bodenaushub .....	11
3.1	Abfallrecht .....	11
3.1.1	Kreislaufwirtschaftsgesetz .....	11
3.1.2	Bioabfallverordnung .....	12
3.2	Düngemittelrecht .....	13
3.3	Bodenschutzrecht .....	14
3.4	Wasserschutzrecht .....	14
3.5	Deponierecht .....	15
4	Erkundung und Untersuchungskonzepte .....	16
4.1	Untersuchungskonzept gemäß Bodenschutzrecht .....	16
4.2	Untersuchungskonzept gemäß LAGA M 20 für Boden .....	17
5	Umwelt- und bautechnische Bewertung organikhaltigen Bodenaushubs .....	18
5.1	Allgemeines .....	18
5.2	Umwelttechnische Bewertung .....	19
5.2.1	Verwertung im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht .....	19
5.2.2	Verwertung in technischen Bauwerken und unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht nach LAGA M 20 .....	20
5.2.3	Verwertung auf Deponien als Deponieersatzbaustoff oder Verbringung auf Deponien zur Beseitigung .....	23
5.2.4	Verwertung in Gebieten mit geogenen oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundwerten .....	25
5.3	Bautechnische Bewertung .....	27
5.3.1	Erdbautechnische Eigenschaften organikhaltiger Böden .....	27
5.3.2	Erdbautechnische Klassifizierung organikhaltigen Bodenaushubs .....	30
6	Besonderer Schutz des Mutterbodens .....	32
7	Empfehlungen zum Umgang mit organikhaltigem Bodenaushub in der Praxis .....	32
7.1	Allgemeines .....	32
7.2	Vermeidung und Verwertung von organikhaltigem Bodenaushub .....	34
7.2.1	Vermeidung von Bodenaushub durch alternative Standorte .....	34
7.2.2	Reduzierung des Bodenaushubs und Bodenmanagement .....	34
7.2.3	Verwendung innerhalb der Baumaßnahme am Ort des Anfalls .....	35
7.2.4	Verwendung außerhalb der Baumaßnahme nach Verlassen des Anfallortes .....	39
7.2.5	Einsatz in Produkten .....	48
7.2.6	Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen .....	54
7.2.7	Energetische Verwertung (Vergärung oder Verbrennung) .....	60
7.3	Beseitigung .....	61
7.3.1	Allgemeines .....	61

---

7.3.2	Deponierung.....	61
7.3.3	Thermische Beseitigung .....	62
8	Zusammenfassung .....	63
8.1	Allgemeines.....	63
8.2	Erläuternde Kurzübersicht über die Rahmenbedingungen der einzelnen Verwertungsmöglichkeiten.....	65
9	Literaturverzeichnis .....	74
Anhang 1 - Zusammenstellung bodenchemischer Grenzwerte einschlägiger Regelwerke		
Anhang 2 - Leitfaden zum Umgang mit organighaltigem Bodenaushub bei kleinen und mittleren Bauvorhaben		

## 1 Einleitung

Regelmäßig fällt bei Baumaßnahmen organikhaltiger Bodenaushub an, der aufgrund seines oftmals hohen Gehalts an organischen Bestandteilen ungünstige bautechnische Eigenschaften aufweist und deswegen als Baustoff für qualifizierte Erdbauwerke ohne Zusatzmaßnahmen nicht verwendet werden kann und deshalb zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen eingesetzt oder auf Deponien verbracht wird. Gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz wird von Seiten der Bundesregierung im Sinne einer nachhaltigen Materialverwendung und einer geschlossenen Kreislaufwirtschaft jedoch gefordert, mineralische Abfälle, zu denen organikhaltiger Bodenaushub zu zählen ist, einer möglichst hochwertigen Verwertung zuzuführen und lediglich als letzte Möglichkeiten zu verfüllen oder gar auf Deponien zu beseitigen.

Neben den bereits erwähnten Verwertungs- und Beseitigungsmöglichkeiten im Umgang mit organikhaltigen Bodenaushub – der Verwertung in technischen Bauwerken, als Material zur Verfüllung oder zur Deponierung – existieren einige weitere Möglichkeiten, mit denen organikhaltiger Bodenaushub einem hochwertigen Einsatz im Wirtschaftskreislauf im Einklang mit den Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zugeführt werden kann. Neben den stofflichen und bautechnischen Eigenschaften, die in großem Maße vom Organikgehalt des Bodenmaterials abhängen, sind bei der Verwertung des Aushubs insbesondere auch die umwelttechnischen Eigenschaften des Bodens zu berücksichtigen. Zum Schutz der Allgemeinheit sowie der Schutzgüter Boden und Wasser existiert eine Vielzahl an umweltrechtlichen Vorgaben, die je nach vorgesehenem Verwertungsweg beachtet werden müssen. Neben umwelttechnischen Grenzwerten enthalten diese in vielen Fällen auch Angaben über den zulässigen maximalen Organikgehalt des Bodens.

Bei dem vorliegenden Bericht zum „Umgang mit organikhaltigem Bodenaushub bei kleinen und mittleren Baumaßnahmen“ soll es sich um ein Werkzeug handeln, mit dessen Hilfe Ausführenden, Planern und Behörden der Umgang mit organikhaltigem Bodenaushub in der Praxis erleichtert werden soll (siehe hierzu auch „Merkblatt zum Umgang mit humusreichem und organischen Bodenmaterial: Vermeidung – Verwertung – Beseitigung“ des Bayerischen Landesamt für Umwelt [5]). Dazu werden im Folgenden zunächst die rechtlichen Grundlagen dargelegt und erläutert. Anschließend werden Hinweise zum notwendigen Erkundungs- und Untersuchungskonzept bei Aushubmaßnahmen sowie zur Bewertung der bau- und umwelttechnischen Eigenschaften von organikhaltigem Bodenaushub angegeben. Die jeweiligen Vorgaben hinsichtlich der umwelttechnischen Eigenschaft hängen dabei meist vom vorgesehenen Einsatzgebiet des Aushubmaterials ab. Ob das Material aus bautechnischer Sicht für eine Maßnahme geeignet ist, hängt hingegen sowohl von den zu erwartenden Gehalten an umweltrelevanten Inhaltsstoffen, als auch von den bautechnischen Eigenschaften des Bodenmaterials ab. Da letztere in großem Maße vom Organikgehalt des Aushubs abhängig sind, wird der Einfluss der Höhe des Organikgehalts auf die bautechnischen Eigenschaften erläutert.

Im letzten Teil des Berichts werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie der Anfall von organikhaltigem Bodenaushub verringert werden kann bzw. welche Verwertungs- und Beseitigungsmöglichkeiten für bereits angefallenes Material bestehen. Für jede Maßnahme werden konkrete Anforderungen hinsichtlich der notwendigen bautechnischen Eigenschaften des Bodenaushubs sowie die umwelt-

technischen Vorgaben des gesetzlichen Regelwerks genannt. Auch Einschränkungen im Hinblick auf den maximal zulässigen Organikgehalt bzw. auf einen Mindestorganikgehalt werden angeführt, soweit für die jeweilige Maßnahme solche zu beachten sind. Die Anordnung der möglichen Maßnahmen orientiert sich dabei an ihrer Wertigkeit gemäß dem Kreislaufwirtschaftsgesetz. Abgeschlossen wird der Bericht durch die Anhänge 1 und 2. Ersterer fasst die für die im Bericht angeführten Verwertungs- und Beseitigungsmöglichkeiten jeweils anzuwendenden Grenzwerte zur umwelttechnischen Bewertung des Bodenaushubs zusammen. Anhang 2 stellt einen Leitfaden für die Praxis dar, mit dessen Hilfe eine schnelle Eingrenzung möglicher Verwertungsmaßnahmen getroffen werden kann.

## 2 Begriffsdefinitionen

Aufbringung		Verwertung von Bodenmaterial zur Bodenverbesserung und Rekultivierung
Baumaßnahme		Bautätigkeit im weitesten Sinne, z. B. im Erd-, Straßen-, Landschafts-, und Deponiebau
Boden		obere Schicht der Erdrinde, die aus mineralischen Teilchen, organischer Substanz, Wasser, Luft und lebendigen Organismen besteht
Bodenähnliche Anwendung	Anwen-	Auffüllung von Abgrabungen und Abfallverwertung im Landschaftsbau außerhalb von Bauwerken
Bodenaushub		Bodenmaterial, das im Rahmen von Unterhaltungs-, Neu- und Ausbaumaßnahmen im terrestrischen Bereich anfällt; nicht zum Bodenaushub gehört Humus (auch Mutterboden oder humoser Oberboden); für Humus gilt § 202 BauGB zum „Schutz des Mutterbodens“
Bodenfunktion		<p>Funktionen nach § 2 Abs. 2 BBodSchG, die die Bedeutung eines Bodens für den Menschen und die Umwelt beschreibt. Wichtige Funktionen sind u. a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlage für das Leben von Pflanzen, Tieren und Menschen</li> <li>- Grundlage für die Standsicherheit von Bauwerken</li> <li>- Grundlage für den Ertrag landwirtschaftlicher Produkte</li> <li>- Träger von Grundwasser und Lagerstätten</li> <li>- Träger von genetischem Reservoir</li> </ul>
Bodenmanagementplan		Ablaufplan unter Zuhilfenahme der Erstellung einer Massenbilanz zur Vermeidung von überschüssigem Bodenaushub, Optimierung von Bodenabtrag und Planung des Wiedereinbaus vor Beginn des Aushubs
Bodenmaterial		<p>Material aus Böden im Sinne des § 2 Abs. 1 BBodSchG und deren Ausgangssubstraten einschließlich Mutterboden, das im Zusammenhang mit Baumaßnahmen oder anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben, abgeschoben oder behandelt wird (§ 2 Nr. 1 BBodSchV)</p> <p>(Ergänzung: Verwertungsregelungen können weitere, eigene Definitionen für Boden oder Bodenaushub enthalten wie z. B. in LAGA M 20</p>

(1997))

Bodenverbesserung	nachhaltige Verbesserung mindestens einer der natürlichen Bodenfunktionen, ohne dass dadurch andere Funktionen beeinträchtigt werden (in diesem Zusammenhang nicht zu verwechseln mit Bodenverbesserung im Sinne der Verbesserung der Verarbeitbarkeit von Boden im klassischen Erdbau)
$C_{org}$ ( $\triangleq$ TOC-Gehalt)	Summenparameter als Maß für den gesamten organisch gebundenen Kohlenstoff eines Bodens, siehe TOC-Gehalt
DOC-Gehalt	dissolved organic carbon; Summenparameter der im Wasser gelösten organischen Substanz
Durchwurzelbare Bodenschicht	Bo- Bodenschicht, die von den Pflanzenwurzeln in Abhängigkeit von den natürlichen Standortbedingungen durchdrungen werden kann (§ 2 Nr. 11 BBodSchV); sie ist von der (Folge-)Nutzung und der Vegetationsart abhängig und beträgt in der Regel maximal 2 m
Geogene Belastung	natürliche Überschreitung der Vorsorgewerte der BBodSchV durch die Hintergrundwerte eines Bodenausgangsgesteins; liegen für einzelne Parameter in der BBodSchV keine Vorsorgewerte vor, können hinsichtlich der Beurteilung, ob eine geogene Belastung vorliegt, hilfsweise auch andere Werte herangezogen werden (z. B. Z 0-Werte der LAGA M 20)
Glühverlust $V_{GI}$	Verhältniswert aus dem Massenverlust, den der Boden beim Glühen im Muffelofen bei 550 °C, erleidet, bezogen auf die Trockenmasse des Bodens vor dem Glühen (Glühversuch nach DIN 18128), der den Gehalt organischer Stoffe in Feststoffproben beschreiben soll. Dem Versuch liegt die Annahme zugrunde, dass die in einem Boden enthaltenen organischen Bestandteile im Gegensatz zu den mineralischen Bestandteilen verbrannt werden können. Der Parameter ist insofern problematisch, da die Massendifferenz vor und nach dem Glühen nicht nur auf den Verlust organischer Bestandteile zurückgeführt werden kann, sondern auch auf die Abgabe von Kristallwasser oder die Zersetzung von Carbonaten infolge der hohen Temperatur, wodurch der Glühverlust der Probe oftmals überschätzt wird. Die Bestimmung des Glühverlusts wird immer mehr durch die Bestimmung des TOC-Gehalts ersetzt.
Hintergrundgehalt	Schadstoffgehalt eines Bodens, der sich aus dem geogenen (natürlichen) Grundgehalt eines Bodens und der ubiquitären Stoffverteilung als Folge diffuser Einträge in den Boden zusammensetzt (§ 2 Nr. 9 BBodSchV)

Der Hintergrundgehalt eines Bodens wird vor allem durch die minera-

liche Zusammensetzung des Bodenaushubgesteins und die Prozesse bei der Bodenentwicklung bestimmt.

Böden mit naturbedingt und großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten sind unbedenklich, soweit eine Freisetzung der Schadstoffe oder zusätzliche Einträge nach § 9 Abs. 2 und 3 BBodSchV keine nachteiligen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen (s. Anhang 2 Nr. 4 BBodSchV).

Hintergrundwert

statistischer Wert zur Charakterisierung der geochemischen Stoffgehalte eines Bodens oder Bodenaushubgesteins; wird aus den Hintergrundgehalten ermittelt (Hintergrundwert = 90-Perzentil der Hintergrundgehalte)

Humus

Gesamtheit der organischen Substanz in der Feinfraktion des Bodens ( $\leq 2$  mm), soweit bei der Analyse erfasst; bodenkundliche Einstufung des Humusgehalts von Boden erfolgt nach bodenkundlicher Kartieranleitung [11] nach Klassen (in Masse-% Humus bzw. Masse-% organ. Substanz):

0 M.-%	humusfrei
< 1 M.-%	sehr schwach humos
1 bis < 2 M.-%	schwach humos
2 bis < 4 M.-%	mittel humos
4 bis < 8 M.-%	stark humos
8 bis < 15 M.-%	sehr stark humos
15 bis < 30 M.-%	extrem humos, anmoorig
$\geq 30$ M.-%	organisch, Torf

Der Humusgehalt bzw. die organische Substanz kann nach bodenkundlicher Kartieranleitung annäherungsweise aus den im Labor ermittelten Werten für organischen Kohlenstoff (TOC-Gehalt bzw.  $C_{org}$ ) berechnet werden, indem dieser mit dem Faktor 1,72 multipliziert wird. Bei Torfen und Auflagehumus wird in der Regel der Faktor 2 verwendet (die Umrechnungsfaktoren sind nicht allgemein gültig und lediglich näherungsweise zu verwenden). Je höher der Humusgehalt, desto dunkler ist der Boden und desto feiner fühlt er sich an.

Im Hinblick auf die Verwertung werden folgende Böden bezüglich des Humusgehalts unterschieden:

- humusarme, im Sinne der Verwertung mineralische Böden: humusfrei bis schwach humos (0 bis < 2 M.-% Humus)
- humusreiche, im Sinne der Verwertung nicht mineralische Böden: mittel humos bis organisch ( $\geq 2$  M.-% Humus)

Maßnahmenwerte

Werte für Einwirkungen oder Belastungen, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der jeweiligen Bodennutzung in der Regel von



einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast auszugehen ist und Maßnahmen erforderlich sind (§ 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 2 BBodSchG)

**Oberboden/Mutterboden** Oberer Teil des Mineralbodens (Solums), der einen der jeweiligen Bodenbildung entsprechenden Anteil an Humus und Bodenorganismen enthält und der sich meist durch dunklere Bodenfarbe vom Unterboden abhebt

Für Mutterboden gilt § „202 BauGB, wonach dieser in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung und Vergeudung zu schützen ist.

Oberboden und Mutterboden werden als Synonyme verwendet.

**Prüfwerte** Werte, bei deren Überschreitung unter Berücksichtigung der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und festzustellen ist, ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt (§ 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 BBodSchG)

**Rekultivierung** Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen, z. B. an Rohstoffabbaustätten oder Deponien nach der Verfüllung oder beim Rückbau von Verkehrswegen oder –flächen.

**Schädliche Bodenveränderung** Beeinträchtigung der Bodenfunktionen, die geeignet ist, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen (§ 2 Abs. 3 BBodSchG)

**Sensible Nutzung** (besonders) sensible Flächen, insbesondere Kinderspielflächen (u. a. Kinderspielflächen, Bolzplätze, Schulgärten), Haus- und Kleingärten, auch gärtnerisch genutzte Flächen, auch Wasserschutz- und Heilquellenschutzgebiete

**TOC-Gehalt ( $\hat{=}$  C<sub>org</sub>)** Der TOC-Gehalt (Total Organic Carbon), auch C<sub>org</sub>, dient als Summenparameter als Maß für den gesamten organischen Kohlenstoff einer Probe. Die analytische Bestimmung des TOC-Gehalts aus sachlichen oder rechtlichen Gründen hat nach DIN EN 15936:2012-11 mittels trockener Verbrennung zu erfolgen. Alternativ kann bei Verwertungsmaßnahmen, für die das Bodenschutzrecht greift, die Bestimmung des TOC-Gehalts auch nach DIN EN 13137:2001 durch nasschemischen oder thermischen Aufschluss der kohlenstoffhaltigen Substanzen und anschließender Detektion des durch den Aufschluss entstandenen Kohlendioxids erfolgen. Aus dem TOC-Gehalt kann der Humusgehalt des Bodens gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung [11] näherungsweise ermittelt werden, indem der TOC-Gehalt mit dem Faktor 1,72 multipliziert wird. Bei Torfen und Auflagehumus wird der Faktor 2 verwendet.

Reicht eine Abschätzung des Humusgehalts aus, kann dieser von einer bodenkundlich geschulten Person (z. B. nach § 18 BBodSchG

zugelassener Sachverständiger), beispielsweise nach Tabelle 14 der Bodenkundlichen Kartieranleitung anhand von Bodenfarbe und Feinbodenart, abgeschätzt werden. Ist die Bestimmung des TOC-Gehalts vorgeschrieben, ist eine Ermittlung aus der Bodenansprache anhand dieser Tabelle nicht zulässig.

Torf, Torfarten	auf anhaltend vernässten Standorten angereicherte organische Substanz, Ausgangsmaterial der Moorböden
Unterboden	unterer, meist humusärmerer, durch Verwitterung, Verlehmung, Redoxvorgänge und/oder Stoffanreicherung in der Farbe veränderter Teil zwischen Oberboden und Untergrund
Untergrund	Bereich unterhalb des Unterbodens, durch geologische Verwitterung und Bodenbildung nicht beeinflusstes Gestein (einschließlich Lockersedimenten)
Vorsorgewerte	Bodenwerte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung von geogenen oder großflächig siedlungsbedingten Schadstoffgehalten in der Regel davon auszugehen ist, dass die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht (§ 8 Abs. 2 Nr. 1 BBodSchG)
Wirkungspfad	Weg eines Schadstoffes von der Schadstoffquelle bis zu dem Ort einer möglichen Wirkung auf ein Schutzgut (§ 2 Nr. 8 BBodSchV)

### 3 Rechtliche Rahmenbedingungen für den Umgang mit organikhaltigem Bodenaushub

Der anforderungsgerechte Umgang mit organikhaltigem Bodenaushub berührt fallbezogen eine Vielzahl von Rechtsbereichen. In diesem Abschnitt werden diese Rechtsbereiche mit ihren maßgebenden Gesetzen und Verordnungen, die im Zusammenhang mit dem Anfall, der Verwertung und der Beseitigung von organikhaltigem Bodenaushub berührt werden, aufgeführt, ihre Relevanz im Umgang mit organikhaltigem Bodenaushub erläutert sowie die wichtigsten Vorgaben der jeweiligen Regelwerke genannt. Für detailliertere Informationen sei auf die jeweiligen Regelwerke verwiesen.

Je nach Verwendungsgebiet des organikhaltigen Aushubmaterials sind weitere spezielle Regelungen, die in diesem Kapitel nicht explizit aufgeführt werden, zu beachten. Unter Kapitel 7 werden mögliche Maßnahmen insbesondere zur Verwertung von organikhaltigem Bodenaushub aufgeführt und je nach Anwendungsfall auch die fallbezogen zu beachtenden Vorgaben des gesetzlichen Regelwerks, die unter diesem Kapitel nicht genannt werden, angeführt.

#### 3.1 Abfallrecht

##### 3.1.1 Kreislaufwirtschaftsgesetz

Das Abfallrecht, allen voran das bundesweit gültige Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) [22], besitzt im Zusammenhang mit dem Umgang mit organikhaltigem Bodenaushub insofern eine wichtige Bedeutung, da es regelt, unter welchen Bedingungen ein Bodenaushub als Abfall zu deklarieren ist und wie der Abfallerzeuger oder –besitzer mit diesen Abfällen zu verfahren hat.

Um Abfall handelt es sich gemäß § 3 Abs. 1 KrWG bei jedem Stoff, dessen sich der Besitzer entledigen möchte. Bodenaushub, den der Besitzer abgeben möchte, fällt demzufolge unter das Abfallrecht und ist zunächst als Abfall zu deklarieren und auch als solcher zu behandeln. Allerdings gelten die Regelungen des KrWG gemäß § 2 Abs. 2 Nr. 10 und 11 KrWG explizit nicht für Böden am Ursprungsort (Böden in situ), einschließlich nicht ausgehobener, kontaminierter Böden sowie nicht für nicht kontaminiertes Bodenmaterial und andere natürlich vorkommende Materialien, die bei Bauarbeiten ausgehoben wurden, sofern sichergestellt ist, dass sie in ihrem natürlichen Zustand an dem Ort, an dem sie ausgehoben wurden, für Bauzwecke verwendet werden. Für die Praxis bedeutet dies, dass (organikhaltiger) Boden dann als Abfall zu deklarieren ist und unter das Abfallrecht fällt, sobald dieser als Aushub anfällt und in der Folge nicht weiter am Ort des Anfalls für Baumaßnahmen verwendet wird, sondern den Ort, an dem er anfällt, verlässt.

Das KrWG legt für Abfälle – und somit auch für organikhaltigen Bodenaushub, der beim Verlassen des Anfallortes als solcher zu deklarieren ist – mit der nachstehenden Abfallhierarchie gemäß § 6 KrWG die Rangfolge der möglichen Bewirtschaftungsmaßnahmen in Zusammenhang mit Abfällen fest:

1. Vermeidung
2. Vorbereiten zur Wiederverwendung
3. Recycling
4. sonstige Verwertung, insb. energetische Verwertung und Verfüllung
5. Beseitigung

Oberster Grundsatz ist der Abfallhierarchie zufolge die Vermeidung des Anfalls von Abfall. Ist der Aushub von Boden unumgänglich und fällt in der Folge organischer Bodenaushub als Abfall an, ist dieser unter Beachtung der Abfallhierarchie sowie des Grundsatzes „Verwerten vor Beseitigen“ (§ 7 Abs. 2 Satz 2 KrWG) einer möglichst hochwertigen Bewirtschaftungsmaßnahme zuzuführen. Eine wichtige Bedeutung im Zusammenhang mit der Verwertung von Abfällen besitzt § 7 Abs. 3 KrWG, der den Abfallverwerter zur „ordnungsgemäßen und schadlosen“ Verwertung verpflichtet. Durch den Zusatz „ordnungsgemäß“ erfolgt der Lückenschluss zu den Regelungen des Boden- und Gewässerschutzrechts sowie sonstigen öffentlich-rechtlichen Vorschriften, denn ordnungsgemäß ist die Verwertung nur dann, wenn sie im Einklang mit diesen Regelungen steht. Als „schadlos“ gilt die Verwertung, soweit eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit infolge der Verwertungsmaßnahme nicht zu erwarten ist.

Kann organikhaltiger Bodenaushub aufgrund umwelttechnischer oder bautechnischer Einschränkungen keiner Verwertungsmaßnahme zugeführt werden, ist er, gegebenenfalls nach geeigneter Vorbehandlung, als letzte Möglichkeit zu beseitigen. Diese muss schadlos erfolgen, dass heißt ohne dass Beeinträchtigungen für das Wohl der Allgemeinheit zu befürchten sind.

Ergänzend zum bundesweit gültigen KrWG ist in jedem Bundesland auch das jeweilige Länderrecht zu beachten. In Bayern ist dies das „Bayerische Abfallwirtschaftsgesetz“. Dieses enthält hinsichtlich des Umgangs mit organikhaltigem Bodenaushub allerdings keine expliziten Regelungen.

### 3.1.2 Bioabfallverordnung

Die Vorschriften der Bioabfallverordnung (BioAbfV) [10] gelten gemäß § 1 BioAbfV für unbehandelte und behandelte Bioabfälle und Gemische aus Bioabfällen und Bodenmaterial, die zur Verwertung als Düngemittel auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden aufgebracht oder zum Zweck der Aufbringung abgegeben werden, sowie für deren Behandlung und Untersuchung im Hinblick auf Schadstoffgrenzen und die seuchen- und phytohygienische Unbedenklichkeit. Da der Begriff Bioabfälle im Sinne des § 2 Abs. 1 BioAbfV auch Abfälle zur Verwertung mit hohen organischen Anteilen tierischer oder pflanzlicher Herkunft einschließt, sind die Regelungen der BioAbfV auch für Bodenaushub mit nennenswertem Organikgehalt, der zum Zwecke der Düngung auf Böden aufgebracht werden soll, bindend. Laut Anhang 1 BioAbfV darf auch Bodenmaterial den Bioabfällen zur Herstellung von Gemischen zugemischt werden, soweit das Bodenmaterial die bodenartabhängigen Vorsorgewerte für Böden nach Anhang 2 Nr. 4 der Bundesbodenschutzverordnung [9] (siehe auch Anhang 10.1) nicht überschreitet. Zur Bewertung der Frage, ob das Aufbringen des Materials zum Zwecke der Düngung zulässig ist, werden diese Grenzwerte allerdings nicht herangezogen.

Voraussetzung für das Aufbringen von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Flächen ist, dass die Bioabfälle sowohl den Anforderungen an die seuchen- und phytohygienische Unbedenklichkeit der Bioabfälle gemäß § 3 BioAbfV genügen, als auch die Vorgaben hinsichtlich der Schadstoffgehalte gemäß § 4 BioAbfV einhalten. Diese Grenzwerte sind maßgebend und müssen eingehalten werden, wenn das Bodenmaterial als Gemisch mit Bioabfällen zum Zwecke der Düngung auf Flächen aufgebracht werden soll. Die seuchen- und phytohygienische Unbedenklichkeit ist gemäß § 3 Abs. 2 dann gegeben, wenn durch die Freisetzung oder

Übertragung von Krankheitserregern die Gesundheit von Mensch und Tier nicht beeinträchtigt wird und an Pflanzen, Pflanzenerzeugnissen oder Böden keine Schäden durch die Verbreitung von Schadorganismen zu besorgen sind. Ist die Unbedenklichkeit nicht sichergestellt, ist eine hygienisierende Behandlung der Bioabfälle dahingehend notwendig, so dass ein aus seuchen- und phytohygienischer Sicht unbedenkliches Aufbringen der Bioabfälle ermöglicht wird.

Gemäß § 10 BioAbfV können für unvermischte, homogen zusammengesetzte Bioabfälle von der zuständigen Behörde in Abstimmung mit der landwirtschaftlichen Fachbehörde im Einzelfall Freistellungen von den Anforderungen an die Behandlung und Untersuchung von bestimmten Bioabfällen zugelassen werden, wenn auf Grund der Art, Beschaffenheit oder Herkunft der Bioabfälle angenommen werden kann, dass die in den §§ 3 und 4 BioAbfV festgelegten Anforderungen an die Hygiene sowie hinsichtlich der Schadstoffe und Fremdstoffe eingehalten werden und das Wohl der Allgemeinheit im Sinne des § 3 a Abs. 1 Satz 2 nicht beeinträchtigt wird.

Die maßgebenden Regeln der BioAbfV, die im Zusammenhang mit der Verwertung von organikhaltigen Bodenaushub zu beachten sind, werden anwendungsfallbezogen in Kapitel 7 im Rahmen der entsprechenden Verwertungsmöglichkeiten nochmals aufgeführt und gegebenenfalls um weitere Vorschriften ergänzt.

### 3.2 Düngemittelrecht

Das Düngemittelrecht besteht in Deutschland aus dem Düngegesetz (DüngG) [19] und der Düngemittelverordnung (DüMV) [18]. Die Geltung der beiden Rechtsvorschriften im Zusammenhang mit organikhaltigen Bodenaushub liegt nahe, betrachtet man den Zweck bzw. den Geltungsbereich der beiden Regelwerke und die Möglichkeiten der Verwertung von organikhaltigen Bodenaushub.

Nach § 1 DüngG besteht der Zweck des Düngegesetzes u. a. darin, die Ernährung von Nutzpflanzen sicherzustellen, die Fruchtbarkeit des Bodens, insbesondere den standort- und nutzungstypischen Humusgehalt, zu erhalten oder nachhaltig zu verbessern und dabei Gefahren für die Gesundheit von Menschen und Tieren sowie die Natur vorzubeugen. Bringt man organikhaltigen Bodenaushub zum Zwecke der Verbesserung des Nährstoff- und Humusgehalts eines Bodens in Form eines Düngemittels auf diesen auf, greifen die Vorschriften des Düngegesetzes. Der Geltungsbereich der Düngemittelverordnung erstreckt sich gemäß § 2 DüMV auf das Inverkehrbringen von Düngemitteln sowie von Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsstoffen. Wird beabsichtigt, organikhaltigen Bodenaushub im Zuge der Verwertung zur Herstellung von Düngemitteln oder Kultursubstraten zu verwenden, greifen ebenfalls die Vorgaben der DüMV.

Hinsichtlich umwelttechnischer Anforderungswerte enthält das Düngegesetz keinerlei konkrete Vorgaben. Im Gegensatz dazu werden in Anhang 2 Tabelle 1.4 DüMV konkrete Kennzeichnungs- und Grenzwerte für Düngemittel sowie Vorgaben hinsichtlich der stofflichen Beschaffenheit der Hauptbestandteile der Düngemittelherstellung angegeben. Für Bodenmaterial zur Herstellung von Düngemitteln oder Kultursubstraten wird in diesem Zusammenhang auf die Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 der Bundes-Bodenschutzverordnung verwiesen. Weitere konkrete Vorgaben des Düngerechts, die den Umgang mit organikhaltigem Boden betreffen, werden anwendungsfallbezogen unter Kapitel 7 genannt.

### 3.3 Bodenschutzrecht

Unter dem Begriff des Bodenschutzrechts wird die Gesamtheit der in Deutschland geltenden Gesetze, Verordnungen und Richtlinien gebündelt, die den rechtlichen Hintergrund für den Schutz des Bodens als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen darstellen. Die bundesweit einheitliche Grundlage zum Schutz des Bodens bildet das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) [8], welches durch die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) [9] sowie durch Gesetze auf Länderebene, in Bayern durch das Bayerische Bodenschutzgesetz (BayBodSchG), ergänzt wird.

Der Zweck des Bundes-Bodenschutzgesetzes besteht gemäß § 1 in der nachhaltigen Gewährleistung der natürlichen Funktionen des Bodens sowie der Abwehr von schädlichen Bodenveränderungen und von nachteiligen Einwirkungen auf den Boden. Es verpflichtet jeden, der auf den Boden einwirkt, dazu, sich derart zu verhalten, dass durch sein Einwirken die Besorgnis schädlicher Bodenveränderungen im Sinne des Bodenschutzgesetzes nicht hervorgerufen wird (§ 4 Abs. 1 BBodSchG). Hierin liegt begründet, dass die Regelungen des Bundes-Bodenschutzgesetzes auch im Umgang mit organikhaltigem Bodenaushub, dessen Anfallen immer ein Einwirken auf den Boden bedingt und der nicht selten im Zuge seiner Verwertung auf oder in den Boden eingebracht werden soll, beachtet werden müssen.

Während das Bundes-Bodenschutzgesetz allgemeine Vorschriften sowie Grundsätze und Pflichten zum Schutz des Bodens und Vorschriften für Altlasten, jedoch keine Grenzwerte zur umwelttechnischen Beurteilung eines Bodens, beinhaltet, enthält die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung konkrete Anforderungen unter anderem hinsichtlich der Untersuchungsparameter, dem Untersuchungsumfang und der Bewertung von Verdachtsflächen sowie für die Probennahme und die Analytik von Bodenproben. So sind in der Bundesbodenschutzverordnung im Gegensatz zum Bundesbodenschutzgesetz konkrete Prüf-, Maßnahmen- und Vorsorgewerte (siehe hierzu auch Anhang 10.1 bis 10.5) für umweltrelevante Inhaltsstoffe festgelegt.

Abschließend sei noch auf einen wichtigen Punkt hingewiesen. Gemäß § 3 BBodSchG sind die Vorschriften und Regelungen des Bodenschutzrechts, die Eingriffe in und Einwirkungen auf den Boden regeln, subsidiär gegenüber anderen Gesetzen anzuwenden. Dies bedeutet, die Regelungen des Bodenschutzrechts gelten grundsätzlich nur dann, soweit andere Gesetze, beispielsweise das Kreislaufwirtschaftsgesetz, das Düngemittelgesetz oder das Bauerecht, Einwirkungen auf den Boden nicht regeln. Die Gesetze, die dem Bodenschutzrecht als vorrangig anzusehen sind, sind in § 3 BBodSchG aufgeführt. Erfolgt der Vollzug gemäß einem dem Bodenschutzrecht vorrangigen Gesetz, sind aber dennoch die Vorgaben des Bodenschutzrechtes zum Schutz des Bodens, insbesondere die Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, zu berücksichtigen.

### 3.4 Wasserschutzrecht

Durch die Bestimmungen des Wasserschutzrechts soll sichergestellt werden, dass durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer „als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nützliches Gut“ erhalten bleiben. Das Wasserschutzrecht besteht aus dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) [26],

welches unter anderem Bestimmungen über den Schutz und die Nutzung von Oberflächengewässern und des Grundwassers sowie die wasserwirtschaftliche Planung enthält, sowie der Grundwasserverordnung (GrwV) [20], deren primärer Zweck darin liegt, das Grundwasser gegen eine Verschmutzung durch den Eintrag gefährlicher Stoffe zu schützen. Ergänzt werden beide bundesweit geltenden Vorschriften durch länderrechtliche Regelungen, in Bayern etwa durch das „Bayerische Wasserhaushaltsgesetz“ [3].

Im Rahmen der allgemeinen Sorgfaltspflicht verpflichtet § 5 WHG jede Person dazu, bei Maßnahmen, die mit Einwirkungen auf ein Gewässer, zu denen nach § 2 WHG auch Grundwasser gezählt wird, verbunden sein können, die den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, so dass nachteilige Veränderungen der Gewässereigenschaften vermieden werden und die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushalts erhalten bleibt. Zudem schreibt § 8 WHG vor, dass jede Benutzung eines Gewässers im Sinne des § 9 WHG der Erlaubnis oder Bewilligung der zuständigen Behörde bedarf.

Wird in Zusammenhang mit organischem Bodenaushub, sei es beim Aushub oder der Verwertung des Bodens, direkt in das Grundwasser eingegriffen, so bedarf diese Maßnahme einer wasserwirtschaftlichen Erlaubnis und die Regelungen des Wasserschutzrechtes sind zu berücksichtigen.

### 3.5 Deponierecht

Das deutsche Deponierecht, rechtsverbindlich umgesetzt in der Deponieverordnung (DepV) [15] vom 27.04.2009, regelt sämtliche organisatorischen, betrieblichen, standortbezogenen und technischen Aspekte bei der Errichtung, dem Betrieb sowie der Stilllegung und der Nachsorge von Deponien. Die DepV enthält Vorschriften und konkrete Anforderungswerte, die sowohl bei der Deponierung von Abfällen im Rahmen der Abfallbeseitigung, als auch bei der Verwertung von Abfällen auf Deponien als Deponieersatzbaustoffe, zu beachten sind. Für den Umgang mit organikhaltigem Bodenaushub bedeutet dies, dass das Deponierecht zu beachten ist, sobald entweder eine Verwertung des organikhaltigen Bodenaushubs auf einer Deponie als Ersatzbaustoff, beispielsweise in der Rekultivierungsschicht, oder die Beseitigung des Aushubmaterials mittels Deponierung vorgesehen ist.

Für die Funktionalität einer Deponie ist es von großer Bedeutung, dass die an sie gestellten Anforderungen an die Dichtigkeit, durch die der Austritt von umweltrelevanten Inhaltsstoffen aus dem Deponiekörper ins Grundwasser verhindert werden soll, gewährleistet werden. Da organische Anteile im Abfallkörper infolge des Abbaus der organischen Substanz zu Setzungen und in der Folge zu Schäden am Oberflächenabdichtungssystem und damit zu einer Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit und zur Gefährdung des Grundwassers und des Bodens führen können, ergeben sich für organikhaltige Materialien, sowohl zum Zwecke der Deponierung als auch bei der Verwertung als Deponieersatzbaustoff, insbesondere strenge Anforderungen an den maximal zulässigen Organikgehalt. Die sich für den jeweiligen Anwendungsfall konkret ergebenden Vorgaben und Grenzwerte des Deponierechts werden in Kapitel 7 unter dem Unterpunkt „Verwertung als Deponieersatzbaustoff“ genannt.

## 4 Erkundung und Untersuchungskonzepte

### 4.1 Untersuchungskonzept gemäß Bodenschutzrecht

Das Bodenschutzrecht, bestehend aus BBodSchG und BBodSchV, enthält neben den Vorgaben für die Untersuchung und die Bewertung von Verdachtsflächen, altlastverdächtigen Flächen, schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten auch Anforderungen, die zur Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen zu beachten sind, sowie an das Auf- und Einbringen von Materialien im Bereich der durchwuzelbaren Bodenschicht. Im Zusammenhang mit organikhaltigem Bodenaushub ergeben sich hieraus zwei wesentliche Fälle, in denen Untersuchungsbedarf besteht.

Im ersten Fall wurde das Bodenmaterial noch nicht ausgehoben und liegt in nicht ausgehobenem Zustand in einem Bereich, in dem Anhaltspunkte, die einen Untersuchungsbedarf rechtfertigen, vorliegen. Grundsätzlich ist auf einem Grundstück eine orientierende Untersuchung gemäß Anhang 1 BBodSchV durchzuführen, soweit bestimmt Anhaltspunkte das Vorliegen einer Altlast bzw. einer schädlichen Bodenveränderung vermuten lassen. Solche Anhaltspunkte hierfür liegen insbesondere dann vor, wenn

- auf dem betreffenden Gebiet über einen längeren Zeitraum oder in erheblicher Menge mit Schadstoffen umgegangen wurde und mit einem Eintrag dieser Stoffe in den Boden gerechnet werden muss,
- die Art des Betriebs oder der Zeitpunkt der Stilllegung den Verdacht nahelegen, dass Abfälle nicht sachgerecht behandelt, gelagert oder abgelagert wurden,
- über die Luft oder Gewässer oder die Aufbringung erheblicher Frachten an Abfällen oder Abwässern auf Böden über einen längeren Zeitraum Schadstoffe eingetragen wurden,
- eine erhebliche Freisetzung naturbedingt erhöhter Gehalte an Schadstoffen im Boden zu erwarten ist,
- in Nahrungs- und Futterpflanzen am Standort erhöhte Schadstoffgehalte festgestellt werden,
- in austretendem Wasser erhebliche Frachten an Schadstoffen beobachtet werden oder
- erhebliche Bodenabträge und –ablagerungen durch Wasser oder Wind auftreten.

Überschreiten die Ergebnisse der orientierenden Untersuchungen die wirkungspfadabhängigen Prüfwerte des Anhangs 2 BBodSchV (siehe auch Anhang 10.1) und bestätigen somit den anfänglichen Verdacht, sind durch eine Sickerwasserprognose die Gefahren für das Grundwasser zu beurteilen. Anhand einer Detailuntersuchung gemäß Anhang 1 BBodSchV ist zu entscheiden, inwieweit Maßnahmen im Sinne des § 4 BBodSchG zur Abwehr von Gefahren notwendig sind. Liegen die vorgenannten Anhaltspunkte nicht vor, so darf davon ausgegangen werden, dass es sich um unbelasteten Boden handelt und Untersuchungen sind nicht zwingend notwendig.

Der zweite Fall betrifft das Auf- und Einbringen von bereits ausgehobenen Materialien im Bereich der durchwuzelbaren Bodenschicht. Nach § 12 Abs. 3 BBodSchV haben die nach § 7 BBodSchG Pflichtigen vor dem Auf- und Einbringen eines Materials im Bereich der durchwuzelbaren Boden-



schicht dieses Bodenmaterial gemäß den Vorgaben des Anhangs 1 BBodSchV zu untersuchen bzw. die entsprechenden Untersuchungen zu veranlassen. Nur wenn aus den Untersuchungen hervorgeht, dass das Auf- oder Einbringen des Materials im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht eine schädliche Bodenveränderung im Sinne des § 9 BBodSchV nicht hervorruft und mindestens eine der in § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 3 Buchstabe b und c BBodSchG genannten Bodenfunktionen nachhaltig gesichert wird (vgl. § 12 Abs. 2 BBodSchV), ist eine Verwendung des Materials im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht zulässig. In Gebieten mit geogen oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundwerten im Boden ist es nach § 12 Abs. 10 auch zulässig, die erhöhten Werte bei der Bewertung der Schadlosigkeit zu berücksichtigen. Die Verlagerung von Bodenmaterial ist auch zulässig, wenn die Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 3 Buchstabe b und c BBodSchG nicht zusätzlich beeinträchtigt werden und hierdurch die Schadstoffsituation am Ort des Aufbringens nicht nachteilig verändert wird. Die Beachtung des letzten Punkts kann in diesem Fall sowohl Untersuchungen des aufzubringenden Materials als auch des Materials am Ort des Aufbringens erforderlich machen (vgl. hierzu auch 5.2.1 und 5.2.4).

#### **4.2 Untersuchungskonzept gemäß LAGA M 20 für Boden**

Bevor im Rahmen einer Baumaßnahme Boden, der gebunden oder ungebunden in technischen Bauwerken eingebaut, zur Herstellung von Bauprodukten verwendet oder im Bereich unterhalb der durchwurzelbaren Schicht eingebaut werden soll, ausgehoben wird, ist zunächst durch Inaugenscheinnahme des Materials und Auswertung vorhandener Unterlagen zu prüfen, ob mit Gehalten an umweltrelevanten Inhaltsstoffen gerechnet werden muss. Im Regelfall ist gemäß LAGA M 20 nicht mit Gehalten an umweltrelevanten Inhaltsstoffen zu rechnen, wenn

- keine Hinweise auf anthropogene Veränderungen und geogene Stoffanreicherungen vorliegen, z. B. bei der Ausweisung von Baugebieten auf Flächen, die bisher weder gewerblich, industriell noch militärisch genutzt wurden.
- Boden aus Gebieten mit anthropogen erhöhter Hintergrundbelastung in gleicher Tiefenlage eingebaut wird und die Verwertung am Ausbauort oder vergleichbaren Standorten in der Region erfolgt. Dabei sind bestehende Nutzungsbedingungen zu beachten. Diese Gebiete sind festzulegen.
- geringe Mengen (bis 200 m<sup>3</sup>) an nicht spezifisch belastetem Boden mit geringem Anteil (bis 10 Vol.-%) an mineralischen Fremdbestandteilen wie Bauschutt, Ziegelbruch oder Schlacken in gleicher Tiefenlage eingebaut werden und die Verwertung am Ausbauort oder an vergleichbaren Standorten in der Region erfolgt.

Auf analytische Untersuchungen darf in diesen Fällen verzichtet werden.

Besteht nach der Vorerkundung jedoch der Verdacht auf Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen, sind Untersuchungen des Bodens hinsichtlich umweltrelevanter Inhaltsstoffe durchzuführen. Vorgaben zur Probennahme und zur Analytik sind Teil III der LAGA M 20 zu entnehmen. Der Untersuchungsumfang richtet sich nach den Erkenntnissen der Vorerkundung:

- bei spezifischem Verdacht ist die Analytik auf die Schadstoffbelastungen auszurichten, die mit der Nutzung verbunden gewesen sein können bzw. den Schaden verursacht haben.
- bei konkretem Verdacht sind die im Boden vermuteten Schadstoffe auch hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit und der für ihr Verhalten wesentlichen Bodenparameter (z. B. pH-Wert, Anteil organischen Materials, Tongehalt) zu untersuchen.
- bei unspezifischem Verdacht ist das Mindestuntersuchungsprogramm nach Tabelle II.1.2-1 der LAGA M 20 (siehe auch Anhang 10.11) für Böden durchzuführen.

Untersuchungsbedarf besteht dagegen prinzipiell immer bei

- Flächen, auf denen mit wasser- und bodengefährdenden Stoffen umgegangen worden ist (beispielsweise Industriegebiete),
- Flächen, auf denen mit punktförmigen Bodenbelastungen gerechnet werden muss (z. B. Misch- und Gewerbegebiete, geogene Sonderstandorte wie Erzlagerstätten, Schadensfälle beim Transport von wassergefährdenden Stoffen),
- Flächen, auf denen mit flächenhaften Bodenbelastungen gerechnet werden muss und deren Boden außerhalb dieser Bereiche verwertet werden soll,
- Böden mit erkennbaren Anteilen an Fremdbestandteilen (> 10 M.-% oder schadstoffverdächtigen Materialien),
- Böden mit sonstigem konkreten Verdacht.

Je nach Gehalt des Bodenmaterials an umweltrelevanten Inhaltsstoffen erfolgt über Zuordnungswerte eine Einteilung in Einbauklassen, aus denen sich die potentiellen Verwertungsmöglichkeiten des Materials ergeben (vgl. hierzu 5.2.2).

## 5 Umwelt- und bautechnische Bewertung organikhaltigen Bodenaushubs

### 5.1 Allgemeines

Soll angefallener Bodenaushub einer Bewirtschaftungsmaßnahme zugeführt werden, ist zunächst zu klären, für welche Maßnahmen das Bodenmaterial unter Berücksichtigung sowohl seiner umwelt- und bautechnischen Eigenschaften als auch, sofern mit dem Bodenmaterial ein Bauwerk erstellt werden soll, der erwarteten Einwirkungen geeignet ist.

Die umwelttechnische Eignung eines Bodenaushubs für eine Maßnahme ist gegeben, wenn die anwendungsfallbezogenen bodenchemischen Anforderungswerte, bestimmt als Feststoff- und/oder Eluatwerte, eingehalten werden. Je nach Einsatzgebiet sind zur Bewertung der umwelttechnischen Eignung die maßgebenden Grenzwerte der unter Kapitel 3 genannten Regelwerke heranzuziehen. Grundsätzlich ist bei den meisten Maßnahmen zunächst zu unterscheiden, ob das Bodenmaterial auf eine durchwurzelbare Bodenschicht auf- bzw. in diese eingebracht wird, oder ob das Bodenmaterial unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht oder in technischen Bauwerken verwendet wird. Nur wenn das Bodenmaterial die für den vorgesehenen Verwendungszweck geltenden Grenzwerte unterschreitet, ist ein Einsatz in dem jeweiligen Anwendungsfall aus umwelttechnischer

Sicht zulässig und sind Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit nicht zu erwarten. Handelt es sich bei dem Gebiet, auf dem der Bodenaushub verwendet werden soll, um ein Gebiet mit geogen oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Gehalten an umweltrelevanten Inhaltsstoffen, ist die Einbeziehung dieser erhöhten Schadstoffgehalte zur Bewertung der Schadlosigkeit möglich. Eine Überschreitung der umweltrelevanten Inhaltsstoffe des Bodenaushubs bis zu den Werten des Bodens am Einsatzgebiet ist zulässig (siehe 5.2.4).

Inwieweit organikhaltiger Bodenaushub für bautechnische Zwecke geeignet ist, hängt neben seinem Gehalt an umweltrelevanten Inhaltsstoffen insbesondere von seinen bodenmechanischen Eigenschaften, die im Zusammenhang mit organikhaltigem Bodenaushub in großem Maße vom Organikgehalt, ausgedrückt durch den Glühverlust oder den TOC-Gehalt, dem Zersetzungsgrad der organischen Bestandteile sowie dem natürlichen Wassergehalt des Bodens abhängen. Je nach der vorgesehenen Verwendung des organikhaltigen Bodenaushubs sind an die bautechnischen Eigenschaften unterschiedliche Anforderungen zu stellen, die einer anwendungsfallbezogenen Bewertung bedürfen.

## 5.2 Umwelttechnische Bewertung

### 5.2.1 Verwertung im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht

Soll Bodenmaterial auf der durchwurzelbaren Bodenschicht auf- bzw. in deren Bereich eingebracht werden, sind die Vorgaben des Bodenschutzrechts zu beachten. Insbesondere enthält § 12 BBodSchV detaillierte Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden. Unwesentlich ist dabei, ob das Auf- oder Einbringen am Ort des Aushubabfalls innerhalb der Baumaßnahme oder außerhalb der Baumaßnahme erfolgt.

Nach § 12 Abs. 1 BBodSchV darf zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht nur Bodenmaterial und Baggergut gemäß DIN 19731 [16] verwendet werden, das heißt Bodenmaterial, das im Rahmen von Unterhaltungs-, Neu- und Ausbaumaßnahmen im terrestrischen Bereich anfällt oder aus Gewässern entnommen wurde. Im Hinblick auf etwaige Gehalte an umweltrelevante Inhaltsstoffe des Bodenmaterials legt § 12 Abs. 2 BBodSchV fest, dass das Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in eine durchwurzelbare Bodenschicht bzw. die Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht im Rahmen von Rekultivierungsmaßnahmen einschließlich des Zweckes der Wiedernutzbarmachung nur dann zulässig ist, wenn nach Art, Menge, Schadstoffgehalten und physikalischen Eigenschaften des Bodenmaterials sowie unter Berücksichtigung der Schadstoffgehalte am Ort des Auf- oder Einbringens die Besorgnis der Entstehung einer schädlichen Bodenveränderung gemäß der § 7 Satz 2 BBodSchG und § 9 BBodSchV nicht zu befürchten ist. Zusätzlich muss durch die Maßnahme mindestens eine der unter § 2 Abs. 2 BBodSchG genannten natürlichen Bodenfunktionen nachhaltig gesichert oder wiederhergestellt werden.

Eine schädliche Bodenveränderung im Sinne des § 9 BBodSchV ist zu befürchten, wenn der auf- bzw. einzubringende Boden Schadstoffgehalte aufweist, die die Vorsorgewerte des Anhangs 2 Nr. 4 BBodSchV (siehe auch Anhang 10.1) überschreiten oder der Boden Eigenschaften besitzt, die eine Anreicherung von krebserzeugenden, erbgutverändernden, fortpflanzungsgefährdenden oder toxischen Schadstoffen befürchten lassen. Im Hinblick auf die umwelttechnische Bewertung in der

Praxis bedeutet dies, dass das Auf- oder Einbringen von organikhaltigem Bodenaushub zulässig ist, soweit der organikhaltige Bodenaushub die Vorsorgewerte des Anhangs 2 Nr. 4 der BBodSchV einhält. Die Untersuchungen zur Bestimmung der umweltrelevanten Inhaltsstoffe als Feststoff- und Eluatwerte sind gemäß Anhang 1 BBodSchV durchzuführen.

Bei landwirtschaftlicher Folgenutzung des Gebiets, auf dem Material ein- bzw. aufgebracht wird, sind nach § 12 Abs. 4 BBodSchV verschärfte Vorsorgewerte zu beachten. Da künftige Schadstoffeinträge durch Bewirtschaftungsmaßnahmen und infolge atmosphärischer Einflüsse unvermeidbar sind, dürfen zur Erhaltung der Ertragsfähigkeit und Unbedenklichkeit landwirtschaftlich genutzter Flächen die Schadstoffgehalte in der entstandenen durchwurzelbaren Bodenschicht 70 % der Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 (siehe auch Anhang 10.2) nicht überschreiten. Ebenso muss die Ertragsfähigkeit der entstandenen Böden nachhaltig gesichert und darf nicht dauerhaft verringert werden. Desweiteren soll das Bodenmaterial nach Art, Menge und Schadstoffgehalt dem Boden am Ort der Maßnahme entsprechen und diese nach der Maßgabe erfolgen, dass die Nährstoffzufuhr durch das Auf- und Einbringen der Bodenmaterialien nach Menge und Verfügbarkeit dem Pflanzenbedarf der Folgevegetation anzupassen ist, so dass insbesondere ein Nährstoffeintrag in die Gewässer, der zur Überdüngung führen kann, weitestgehend vermieden wird.

Besondere Regelungen in Bezug auf die Berücksichtigung geogen oder großflächig siedlungsbedingter Hintergrundgehalte am Ort der Maßnahme werden in Kapitel 5.2.4 erläutert.

### **5.2.2 Verwertung in technischen Bauwerken und unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht nach LAGA M 20**

Ist die Verwendung des organikhaltigen Bodenaushubs in technischen Bauwerken oder unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht vorgesehen, sind im Freistaat Bayern die Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen der Mitteilung 20 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA M 20) [23] zu beachten. Die LAGA M 20 vollzieht eine Einteilung der Bodenmaterialien in Einbauklassen nach umwelttechnischen Gesichtspunkten, die neben den Feststoff- und Eluatwerten auch die hydrogeologischen und bautechnischen Randbedingungen der Maßnahme berücksichtigt. Die LAGA M 20 – in Bayern wird lediglich die Ausgabe von 1997 verbindlich als Beurteilungsgrundlage herangezogen – ist unabhängig davon, ob die Verwendung des Bodenmaterials innerhalb oder außerhalb des Anfallortes erfolgt, anzuwenden. Damit erfolgt die Bewertung der Schadlosigkeit von

- mineralischen Abfällen, die ungebunden oder gebunden in technischen Bauwerken eingebaut werden,
- mineralischen Abfällen, die zur Herstellung von Bauprodukten verwendet werden und
- Bodenmaterial, das unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht in bodenähnlichen Anwendungen verwertet wird.

Explizit nicht anzuwenden ist dieses Regelwerk auf

- das Auf- und Einbringen von Abfällen auf bzw. in eine durchwurzelbare Bodenschicht oder zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht (auch dann nicht, wenn das Auf- oder

Einbringen bzw. die Herstellung der durchwurzelbaren Bodenschicht in Zusammenhang mit der Errichtung eines technischen Bauwerks erfolgt) und

- den Einbau von Abfällen auf Deponien im Zuge der Beseitigung oder Verwertung als Deponieersatzbaustoff.

Bei einer Verwertung gemäß dem ersten Spiegelstrich ergeben sich die zu berücksichtigenden Anforderungen aus dem Boden- und Wasserschutzrecht (siehe 5.2.1), während bei einem Einbau der Abfälle auf Deponien als Deponieersatzbaustoff (insbesondere als Rekultivierungsschicht) oder im Zuge der Deponierung die Bestimmungen der Deponieverordnung zu berücksichtigen sind (siehe 5.2.3).

Neben dem uneingeschränkten, offenen Einbau für unbelastete Stoffe unterscheidet die LAGA M 20 zusätzlich zwischen dem eingeschränkten offenen Einbau und dem eingeschränkten Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen. Zur Einstufung der Verwertungsmöglichkeiten enthält die LAGA M 20 sowohl für Boden als auch für weitere mineralische Abfälle Zuordnungswerte Z 0, Z 1.1, Z 1.2 und Z 2 als Feststoff- (Tabelle II.1.2.2 LAGA M 20, siehe auch Punkt 10.7) und Eluatwerte (Tabelle II.1.2.3 LAGA M 20, siehe auch Punkt 10.8), nach denen mineralische Abfälle in Einbauklassen eingeteilt werden. In Teil III enthält die LAGA M 20 Angaben bezüglich der Probenahme sowie der Analyseverfahren zur Ermittlung der Feststoff- und Eluatwerte.

Die Zuordnungswerte stellen die Obergrenze der jeweiligen Einbauklasse bei der Verwendung von Boden in technischen Bauwerken dar, die nachfolgend kurz aufgelistet sind. Die genauen Einbaubedingungen sind der LAGA M 20 zu entnehmen. Material mit Zuordnungswerten > Z 2 ist in der Regel für die Ablagerung auf hierfür zugelassenen Deponien vorzusehen.

- Einbauklasse 0 < Z 0 Uneingeschränkter Einbau
- Einbauklasse 1 < Z 1 Eingeschränkter offener Einbau, unterteilt in Z 1.1 und Z 1.2
  - < Z 1.1 Einbau bei ungünstigen hydrogeologischen Standortbedingungen
  - < Z 1.2 Einbau bei günstigen hydrogeologischen Standortbedingungen
- Einbauklasse 2 < Z 2 Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen

Hydrogeologisch günstige Gebiete sind landesspezifisch durch die zuständigen Behörden festzulegen. Sofern dies nicht der Fall ist, müssen der zuständigen Behörde die erforderlichen Standortigenschaften für hydrogeologisch günstige Gebiete durch ein Gutachten nachgewiesen werden. Hydrogeologisch günstige Standortbedingungen liegen vor, wenn der Grundwasserleiter nach oben durch flächig verbreitete, ausreichend mächtige und homogene Deckschichten geringer Durchlässigkeit und hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen überdeckt ist. Dieses Rückhaltevermögen ist i. d. R. bei mindestens 2 m mächtigen Deckschichten aus Tonen, Schluffen oder Lehmen gegeben. Nähere Angaben zu einem geforderten Mindestdurchlässigkeitbeiwert der Deckschicht sind in der LAGA M 20 nicht enthalten. Hydrogeologisch ungünstig sind Standorte, bei denen diese Deckschichten nicht vorhanden sind.

Unterschreiten Böden die Zuordnungswerte Z 0, so ist im Allgemeinen ein uneingeschränkter Einbau möglich. Unterschreitet allerdings ein Boden, der aus der Bodenbehandlung oder der Altlastensanierung stammt, die Zuordnungswerte Z 0, so soll aus Vorsorgegründen auf eine Verwertung in besonders sensiblen Flächen (Kinderspielplätze, Bolzplätze, Sportanlagen, nicht versiegelte Schulhöfe, Klein- und Hausgärten, gärtnerisch und landwirtschaftlich genutzte Flächen, festgesetzte oder geplante Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebiete (Zone I und II)) verzichtet werden.

Für die Verwertung von Böden, welche die Z 1-Werte unterschreiten, sind neben den hydrogeologischen Standortbedingungen weitere Punkte zu beachten. So ist ein offener Einbau lediglich auf Flächen möglich, die hinsichtlich ihrer Nutzung als unempfindlich anzunehmen sind. Hierbei handelt es sich z. B. um

- bergbauliche Rekultivierungsgebiete,
- Straßenbau und begleitende Erdbaumaßnahmen,
- Industrie-, Gewerbe- und Lagerflächen,
- Parkanlagen, soweit diese eine geschlossene Vegetationsdecke haben und
- „Ruderalflächen“, soweit für diese nicht Gründe des Biotopenschutzes dem entgegenstehen.

Werden auf obenstehenden Flächen Böden verwertet, die die Z 1.1-Werte überschreiten, die Z 1.2-Werte aber einhalten, ist zudem ein Erosionsschutz, z. B. eine geschlossene Vegetationsdecke, erforderlich. Außerdem soll der Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 1 m betragen. Die Verwertung von Z 1-Material ist hingegen nicht gestattet in

- festgesetzten, vorläufig sichergestellten oder fachbehördlich geplanten Trinkwasserschutzgebieten (Zone I bis III A),
- festgesetzten, vorläufig sichergestellten oder fachbehördlich geplanten Heilquellenschutzgebieten (Zone I bis III),
- Gebieten mit häufigen Überschwemmungen (z. B. Hochwasserrückhaltebecken, eingedeichte Flächen),
- Naturschutzgebieten,
- Biosphärenreservaten sowie
- besonders sensiblen Flächen bzw. Nutzungen (Kinderspielplätze, Bolzplätze, Sportanlagen, nicht versiegelt Schulhöfe, Klein- und Hausgärten, gärtnerisch und landwirtschaftlich genutzte Flächen).

Zusätzlich ist zu beachten, dass Böden, welche die Z 1.1-Werte überschreiten, die Z 1.2-Werte aber einhalten, nicht in Gebieten mit agrarischer Nutzung verwertet werden dürfen.

Für Böden, die die Zuordnungswerte Z 1 überschreiten, aber unterhalb der Z 2-Werte liegen, ist die Verwertung unter Berücksichtigung von technischen Sicherungsmaßnahmen (siehe hierzu auch „Merkblatt über Bauweisen für technische Sicherungsmaßnahmen beim Einsatz von Böden und Baustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen im Erdbau; Ausgabe 2009“ (M TS E) [25]) bei folgenden Baumaßnahmen möglich:

- bei Erdbaumaßnahmen (kontrollierte Großbaumaßnahme) in hydrogeologisch günstigen Gebieten als
  - Lärmschutzwall mit mineralischer Oberflächenabdichtung  $d > 0,5$  m und  $k_f < 10^{-8}$  m/s und darüberliegender Rekultivierungsschicht und

- Straßendamm (Unterbau) mit wasserundurchlässiger Fahrbahndecke und mineralischer Oberflächenabdichtung  $d > 0,5 \text{ m}$  und  $k_f < 10^{-8} \text{ m/s}$  im Böschungsbereich mit darüberliegender Rekultivierungsschicht.
- ggf. auch im Straßen und Wegebau, bei der Anlage von befestigten Flächen in Industrie- und Gewerbegebieten (Parkplätze, Lagerflächen) sowie sonstigen Verkehrsflächen (z. B. Flugplätze, Hafengebiete, Güterverkehrszentren) als
  - Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht (Beton, Asphalt, Pflaster) und
  - gebundene Tragschicht unter wenig durchlässiger Deckschicht (Pflaster, Platten).

Auch bei der Verwertung von Z 2-Material soll der Abstand der Schüttkörperbasis vom höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 1 m betragen. Die Verwertung von Z 2-Material im Rahmen von Großbaustellen ist zu bevorzugen. Zudem sind die bautechnischen Anforderungen des Straßenbaus zu beachten und möglichst Flächen auszuwählen, bei denen nicht mit häufigen Aufbrüchen zu rechnen ist.

Die Verwertung von Z 2-Material ist ausgeschlossen bei Baumaßnahmen

- in festgesetzten, vorläufig sichergestellten oder fachbehördlich geplanten Trinkwasserschutzgebieten (Zone I bis III B)
- in festgesetzten, vorläufig sichergestellten oder fachbehördlich geplanten Heilquellenschutzgebieten (Zone I bis IV),
- in Wasservorranggebieten, die im Interesse der Sicherung der künftigen Wasserversorgung raumordnerisch ausgewiesen sind,
- in Gebieten mit häufigen Überschwemmungen (z. B. Hochwasserrückhaltebecken, eingedeichte Flächen),
- in Karstgebieten ohne ausreichende Deckschichten und Randgebieten, die im Karst entwässern sowie in Gebieten mit stark klüftigen, besonders wasserwegsamem Untergrund und
- aus Vorsorgegründen auch auf Flächen sensibler Nutzung, wie Kinderspielplätzen, Bolzplätzen und Schulhöfen.

Auch in Dränschichten ist ein Einsatz von Z 2-Material nicht zulässig.

Wird organikhaltiger Bodenaushub gemäß den Vorgaben der LAGA M 20 verwertet, kann davon ausgegangen werden, dass es durch die Verwendung

- nicht zur Besorgnis einer schädlichen Verunreinigung des Grundwassers,
- nicht zur Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung und
- zu keiner Schadstoffanreicherung im Boden

kommt.

### 5.2.3 Verwertung auf Deponien als Deponieersatzbaustoff oder Verbringung auf Deponien zur Beseitigung

Bei der Verwertung organikhaltigen Bodenaushub als Deponieersatzbaustoff bzw. bei der Beseitigung als Abfall auf einer Deponie, sind die umwelttechnischen Eigenschaften des Bodenaushubs nach den Vorgaben der Deponieverordnung (DepV) zu bestimmen und zu bewerten. Deponien werden je nach den Gehalten an umweltrelevanten Inhaltsstoffen der darauf verbrachten Abfälle in Deponieklassen eingeteilt. Dabei gilt, dass die geforderte Deponiekategorie der Deponie umso höher

liegt, je höher die Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen der darauf verbrachten Abfälle sind. Je höher die Deponieklasse liegt – in Deutschland unterscheidet man die fünf Deponieklassen DK 0 für Ineratabfälle, DK I für nicht gefährliche Abfälle mit sehr geringem organischen Anteil, DK II für nicht gefährliche Abfälle mit geringem organischen Anteil, DK III für gefährliche Abfälle und DK IV als Untertagedeponien für gefährliche Abfälle - desto höher sind die Anforderungen, die an die geologische Barriere und an die Abdichtung der Deponie gestellt werden.

Sowohl im Zuge der Verwertung als Deponieersatzbaustoff als auch der Beseitigung auf Deponien ist für organikhaltigen Bodenaushub seine umwelttechnische bzw. umweltrelevante Beschaffenheit zu beachten und zu ermitteln, welche Deponieklasse aufgrund der umwelttechnischen Eigenschaften gefordert wird. Die je nach Deponieklasse geltenden Zulässigkeits- und Zuordnungskriterien für die Verwendung von Abfällen zur Herstellung von Deponieersatzbaustoffen bzw. für deren Deponierung sind dem Anhang 3 DepV zu entnehmen. In Tabelle 2 Anhang 3 DepV sind die von der Deponieklasse abhängigen Zuordnungswerte für die Beseitigung sowie die Verwertung in der Rekultivierungsschicht für die Deponieklassen 0 bis III. Die Zuordnungswerte für die Verwendung als Deponieersatzbaustoff in den weiteren Bauteilen nach Anhang 3 Tabelle 1 DepV ergeben sich für jedes Bauteil aus selbiger Tabelle, die auf die jeweils heranzuziehenden Spalten der Tabelle 2 Anhang 3 DepV verweist (DK 0 bis III). Beide Tabellen sind auch in den Anhängen 10.9 und 10.10 aufgeführt. Vorgaben im Hinblick auf die Beprobung – Probenahme, Probevorbereitung und Analyseverfahren – sind in Anhang 4 DepV angeführt. Untertagedeponien der Deponieklasse IV werden in diesem Leitfadens nicht näher behandelt.

Für die Beseitigung von Bodenaushub auf Deponien gilt generell, dass mit höherer Deponieklasse auch höhere Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen im abzulagernden Deponiegut zulässig sind. Ist hingegen die Verwertung des Bodenaushubs als Deponieersatzbaustoff vorgesehen, richten sich die zulässigen Grenzwerte nicht nur alleine nach der Deponieklasse, sondern auch nach dem vorgesehenen Einsatzbereich des Ersatzbaustoffs im Deponiekörper. Beispielsweise sind bei einer Verwendung des Bodenaushubs in der Rekultivierungsschicht über alle Deponieklassen hinweg dieselben umwelttechnischen Anforderungen einzuhalten, während bei einer Verwendung in der Schutzlage des Basisabdichtungssystems mit steigender Deponieklasse höhere Grenzwerte zulässig sind. Die Ursache hierfür liegt darin begründet, dass der Deponieersatzbaustoff in einigen Anwendungen außerhalb des geschützten, geschlossenen Deponiekörpers verwendet wird und somit Witterungseinflüssen, insbesondere Niederschlag, ausgesetzt ist (z. B. Rekultivierungsschicht), während in anderen Anwendungen (z. B. Schutzlage der Basisabdichtung) das Material innerhalb des eingekapselten Bereichs verwendet wird. Da mit steigender Deponieklasse auch die Anforderungen an die Dichtigkeit des Deponiekörpers steigen, können bei der Verwendung in Bauteilen, die innerhalb der Deponie liegen, auch höhere Grenzwerte zugelassen werden.

Im Zusammenhang mit organikhaltigem Boden und dessen Verbringung auf Deponien ist neben den umwelttechnischen Eigenschaften vor allem der Organikgehalt des Bodens von großer Bedeutung. Die Tatsache, dass organisches Material über die Zeit zersetzt wird, kann zu Setzungen im Deponiekörper und in weiterer Folge zu Setzungsschäden und somit zur Undichtigkeit des Deponiekörpers führen. Da dies eine potentielle Gefährdung der Allgemeinheit und der Schutzgüter Boden und Wasser bedeuten würde, gelten bei der Verbringung von organikhaltigem Material strenge



Anforderungen an den maximal zulässigen Organikgehalt. Neben Schäden infolge von Setzungen kann auch eine Änderung der Umgebungsbedingungen infolge des Zersetzungsprozesses, z. B. sauerstoffarme Verhältnisse infolge aerober Zersetzung, Freisetzung vorher gebundener Schadstoffe durch geänderte Milieubedingungen oder die Freisetzung von Gasen, zu schädlichen Einwirkungen auf die Deponieabdichtung führen. Die Anforderungen an den Organikgehalt werden für die Verwertung eines Bodenaushubs als Deponieersatzbaustoff unter 7.2.4.5 und für die Beseitigung unter 7.3.2 genannt oder können neben den weiteren zu beachtenden Zuordnungswerten dem Anhang 3 Nr. 2 DepV (siehe auch Anhang 10.10, bei Ersatzbaustoffen in Verbindung mit Anhang 10.9) entnommen werden. Bei der Verwendung als Deponieersatzbaustoff sind neben den Zuordnungswerten aus Anhang 3 Nr. 2 DepV in Verbindung mit Nr. 1 DepV auch die Vorgaben der Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards für das jeweilige Bauteil, in dem das Bodenmaterial verwendet werden soll, zu berücksichtigen. Übersteigt der Organikgehalt den Grenzwert für eine Maßnahme auf einer Deponie, kann durch eine entsprechende Vorbehandlung des Bodenaushubs dieser auch inertisiert, d. h. sein Organikgehalt vermindert, werden. Denkbar ist auch eine Vermischung mit anderen Böden, soweit hierdurch nicht das Ziel einer Verdünnung von Schadstoffen verfolgt wird.

#### **5.2.4 Verwertung in Gebieten mit geogenen oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundwerten**

Fällt organikhaltiger Bodenaushub innerhalb eines Gebiets mit geogen oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundwerten an und überschreiten seine Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen die zulässigen Grenzwerte für eine Wiederverwendung, d. h. bei einer Verwendung im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht die Vorsorgewerte des Anhangs 2 Nr. 4 BBodSchV (siehe auch Anhang 10.1) bzw. bei einer Verwendung unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht oder in technischen Bauwerken die Zuordnungswerte Z 0 für einen uneingeschränkten Einbau nach LAGA M 20 (siehe auch Anhang 10.7 und 10.8), ist es zulässig, die vorhandenen Hintergrundwerte innerhalb des Gebietes bei der Bewertung der Schadlosigkeit zu berücksichtigen, soweit die Wiederverwendung des Bodenaushubs innerhalb dieses Gebietes erfolgt. Die Gebiete, auf denen von einer Hintergrundbelastung ausgegangen werden darf, sind dazu von der zuständigen Genehmigungsbehörde festzulegen. Ein Versetzen des belasteten Bodenaushubs in ein anderes Gebiet mit erhöhter Hintergrundbelastung, auch wenn diese Hintergrundbelastung die Werte des Bodenmaterials überschreitet, ist jedoch nicht zulässig.

Die Berücksichtigung geogen oder großflächig siedlungsbedingt erhöhter Hintergrundgehalte bei Verwendung von organikhaltigem Bodenaushub, dessen Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen die Vorsorgewerte der BBodSchV überschreiten, im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht bzw. zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht wird durch § 12 Abs. 10 BBodSchV ermöglicht. Demnach ist die Verlagerung von Bodenmaterial innerhalb eines Gebietes mit erhöhten Schadstoffgehalten im Boden bis zu diesen Hintergrundgehalten zulässig, soweit durch das Ein- oder Aufbringen im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht die Bodenfunktionen im Sinne des § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 3 Buchstabe b und c BBodSchG durch die Maßnahme nicht beeinträchtigt werden und wenn die Schadstoffsituation am Ort des Aufbringens durch die Maßnahme nicht nachteilig verändert wird.

Zusätzlich zu den Hintergrundwerten müssen die wirkungspfadabhängigen Prüfwerte (PW) des Anhangs 2 BBodSchV (Wirkungspfad Boden – Mensch bzw. Boden – Pflanze und Boden – Was-

ser, siehe auch Anhang 10.3, 10.4 und 10.5) berücksichtigt werden. Diese Werte dürfen bei einer Verwendung des Bodenaushubs ebenfalls nicht überschritten werden. Bei den Prüfwerten für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser ist zu beachten, dass sie am Ort der Beurteilung, also dem Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Bodenzone, eingehalten werden müssen. Der Ort der Probennahme stimmt für den Wirkungspfad Boden - Grundwasser also in den meisten Fällen nicht mit dem Ort der Beurteilung überein. Deswegen sind bei der Bewertung, ob es am Ort der Beurteilung zu einer Überschreitung der Prüfwerte für das Sickerwasser kommt, u. a. die Veränderungen der Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser beim Durchgang durch die ungesättigte Bodenzone zu berücksichtigen. Da die Prüfwerte der BBodSchV auf der Annahme basieren, dass die gesamte Menge an aufgenommenen Schadstoffen auch vom menschlichen Organismus aufgenommen wird (was einer sogenannten Resorptionsverfügbarkeit von  $RV = 100\%$  entspricht), in der Praxis jedoch eine geringere Resorptionsverfügbarkeit erwartet werden kann, ist eine Anpassung der Prüfwerte zulässig. Werden die Prüfwerte der BBodSchV überschritten, kann die erwartete Resorptionsverfügbarkeit ( $RV$ ) nach DIN 19738 bestimmt und die Prüfwerte nach folgender Formel in angepasste Prüfwerte  $aPW$  umgerechnet werden:

$$aPW = \frac{PW \cdot 100}{RV}$$

Auf Gebieten mit geogen oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten kann demnach auch Bodenaushub, dessen Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen die Vorsorgewerte des Anhangs 2 Nr. 4 BBodSchV überschreiten, aufgebracht werden kann, soweit die Hintergrundwerte sowie die angepassten wirkungspfadabhängigen Prüfwerte auch bei einer zusätzlichen Freisetzung von Schadstoffen infolge geänderter Randbedingungen nicht überschritten werden. Können nachteilige Veränderungen der Schadstoffgehalte infolge der Maßnahme nicht ausgeschlossen werden, können auch technische Sicherungsmaßnahmen gemäß M T S E [25], durch die die Elution von Schadstoffen verringert werden kann, angewendet werden.

Die LAGA M 20 enthält für Bodenaushub, der unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht oder in technischen Bauwerken in Gebieten mit geogenen oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundwerten verwendet werden soll, vergleichbare Regelungen. Auch nach LAGA M 20 ist die Verwendung von Bodenmaterial, das die Zuordnungswerte  $Z_0$  der LAGA M 20 überschreitet, zulässig, soweit es durch die Maßnahme nicht zu einer nachteiligen Veränderung der Bodenfunktionen kommt, die Verwendung innerhalb des Anfallgebiets erfolgt und es infolge einer Schadstofffreisetzung nicht zur Verschlechterung der Schadstoffsituation am Ort des Aufbringens kommt. Letzteres bedeutet, dass die am Einsatzort vorhandenen Hintergrundwerte nicht überschritten werden dürfen. Neben den Hintergrundwerten müssen zusätzlich die angepassten Prüfwerte des Anhangs 2 Nr. 4 BBodSchV eingehalten werden. Kann die Freisetzung von Schadstoffen ohne weitere Maßnahmen nicht ausgeschlossen werden, können auch hier technische Sicherungsmaßnahmen gemäß M T S E herangezogen werden.

Bestehen auf den Gebieten, auf denen der Bodenaushub verwendet werden soll, Nutzungsbeschränkungen, Schutzgebietsvorschriften oder Einschränkungen aufgrund sensibler Flächen, beispielsweise Kindergärten oder Sportanlagen, sind diese vorrangig zu beachten und die Verwendung des belasteten Bodenmaterials ist nicht zulässig.

## 5.3 Bautechnische Bewertung

### 5.3.1 Erdbautechnische Eigenschaften organikhaltiger Böden

Zur Klärung der potentiellen Verwendungsmöglichkeiten von organikhaltigem Bodenaushub ist neben der umwelttechnischen Bewertung auch die bautechnische Bewertung des Bodenaushubs, insbesondere wenn eine hochwertige Verwendung im Erdbau mit strengen Anforderungen an die zulässigen Verformungen in Frage kommt, unumgänglich. Grundlage der nachfolgenden Ausführungen sind Untersuchungen am Zentrum Geotechnik der TU München, die im Rahmen von [13] an organogenen Böden der Münchner Schotterebene und im Rahmen von [21] an weiteren organogenen Böden aus dem bundesdeutschen Raum mit variierenden Glühverlusten durchgeführt wurden.

Organikhaltige Böden sind nach DIN 18196 oft als organogene Tone oder Schluffe (Bodengruppen OT, OU, OH), bei geringerem Organikgehalt auch als TM oder TA, zu klassifizieren. Die bodenmechanischen Eigenschaften insbesondere der zuerstgenannten organikreichen Bodengruppen sind stark von ihrem Organik- und Wassergehalt abhängig. Zusätzlich ist zu beachten, dass sich die bodenmechanischen Eigenschaften mit zunehmendem Zersetzungsgrad der organischen Bestandteile ändern können. In den folgenden Ausführungen wird der Einfluss des Organik- und Wassergehalts auf die Verdichtungs-, Durchlässigkeits- und Verformungseigenschaften sowie auf die Scherfestigkeit von organikhaltigem Material dargelegt. Auf organische Böden der Bodengruppen HN (nicht bis mäßig zersetzte Torfe), HZ (zersetzte Torfe) und F (Mudden) nach DIN 18196 wird im Folgenden nicht weiter eingegangen, da solche Böden aufgrund ihres hohen organischen Anteils für bautechnische Zwecke grundsätzlich auszuschließen sind. Es sei allerdings auf die Möglichkeit hingewiesen, Boden mit hohen organischen Anteilen mit Boden bzw. einem Baustoff mit geringeren organischen Anteilen zu vermischen, soweit hierdurch die Absicht, einen einsetzbaren Baustoff herzustellen, verfolgt wird. Hierbei sei angemerkt, dass eine Vermengung auch mit Boden mit einem höheren Gehalt an umweltrelevanten Inhaltsstoffen möglich ist (Achtung: hierbei wird ausdrücklich nicht das Ziel einer Verdünnung umweltrelevanter Inhaltsstoffe verfolgt, sondern die Herstellung eines Baustoffes!). Der entstehende Baustoff ist umwelttechnisch anschließend jedoch wie der Boden bzw. Baustoff mit höherem Gehalt an umweltrelevanten Inhaltsstoffen zu behandeln.

#### Verdichtungsverhalten

Aus erdbaupraktischer Sicht von wesentlicher Bedeutung für die Verwendbarkeit eines Bodens ist seine Verdichtbarkeit. Die ausreichende Verdichtbarkeit ist die Voraussetzung für den anforderungsgerechten Einbau eines Bodens. Versuchstechnisch wird die Verdichtbarkeit von Boden im Proctorversuch, in dem der Zusammenhang zwischen dem Einbauwassergehalt und der mit genormter Verdichtungsenergie erreichbaren Trockendichte ermittelt wird, bestimmt.

In den im Rahmen von [13] und [21] an organikhaltigen Böden durchgeführten Proctorversuchen konnte zwar ein Zusammenhang zwischen der erreichbaren Trockendichte und dem Wassergehalt festgestellt werden, dieser Zusammenhang unterscheidet sich jedoch von dem von rein mineralischen Böden bekannten Zusammenhang. So weisen die Proctorkurven von organikhaltigem Bodenaushub als Folge des Organikgehalts auf der trockenen Seite des Proctroptimums mit abnehmendem Wassergehalt annähernd gleich bleibende Trockendichten auf, während nur auf der nas-

sen Seite des Proctoroptimums mit zunehmendem Wassergehalt nahe der Sättigungslinie ein Abfall der Trockendichte parallel zur Sättigungslinie festgestellt werden konnte.

Mit zunehmendem Organikgehalt eines Bodens steigt auch der optimale Wassergehalt für die Verdichtung, der Proctorwassergehalt, sukzessive an. Eine weitere Folge steigenden Organikgehalts resultiert aus der im Gegensatz zu rein mineralischen Böden geringeren Dichte der organischen Bestandteile. Diese hat zur Folge, dass die erzielbare Trockendichte eines organikhaltigen Bodens mit steigendem Organikgehalt abnimmt. Höhere Organikgehalte bewirken somit höhere optimale Wassergehalte für die Verdichtung bei gleichzeitig abnehmenden, erreichbaren Trockendichten.

### **Durchlässigkeitseigenschaften**

Hinsichtlich der Durchlässigkeitseigenschaften organogener Böden konnte in [13] und [21] kein signifikanter Einfluss des organischen Anteils festgestellt werden. Die Durchlässigkeit organogener Böden ist jedoch maßgeblich vom Einbauwassergehalt des Bodens und seiner Trockendichte abhängig. So bewirken ein abnehmender Einbauwassergehalt und eine geringere Trockendichte des Bodens eine starke Zunahme der Durchlässigkeit. An den im Rahmen von [13] untersuchten organikhaltigen Böden ( $V_{GI}$  zwischen 4 M.-% und 31 M.-%) konnten im Proctoroptimum unabhängig vom Organikgehalt Durchlässigkeiten in der Größenordnung von  $k \approx 5E-9$  m/s festgestellt werden.

### **Scherfestigkeit**

Besondere Relevanz für die Standsicherheit von Erdbauwerken besitzen die Scherparameter eines Bodens, im Zusammenhang mit organogenem Boden mit hohen Wassergehalten insbesondere die undrained Scherfestigkeit  $c_u$ .

Im Hinblick auf die effektiven Scherparameter organikhaltiger Böden konnte im Rahmen der Untersuchungen an Böden mit unterschiedlichen Organikanteilen in [13] festgestellt werden, dass die Kohäsion solcher Böden weitgehend unabhängig vom Organikgehalt ist, während der effektive Reibungswinkel durchaus vom Organikgehalt beeinflusst wird und mit zunehmendem organischen Anteil nach und nach kleinere Werte annimmt. Für Böden mit Glühverlusten  $V_{GI} \leq 25$  M.-% konnten Reibungswinkel zwischen  $\varphi' = 20^\circ$  und  $25^\circ$  ermittelt werden. Bei Glühverlusten  $V_{GI} > 25$  M.-% wurden hingegen überwiegend Reibungswinkel von  $\varphi' < 20^\circ$  bestimmt.

In [14] wird von Untersuchungen zur Scherfestigkeit an Sand-Torf-Gemischen sowie an Ton-Torf-Gemischen mit jeweils unterschiedlichen Torfgehalten berichtet. Während bei den Sand-Torf-Gemischen mit zunehmendem organischem Anteil eine Abnahme des Reibungswinkels beobachtet werden konnte, nahm dieser bei den Ton-Torf-Gemischen mit steigendem Organikgehalt zu. Die Kohäsion nahm bei beiden Gemischen mit steigendem Organikgehalt ebenfalls zu. Die Scherfestigkeit wird demnach nicht nur vom Organikgehalt, sondern auch durch die anorganischen Anteile sowie durch Unterschiede in der Bodenstruktur beeinflusst. In diesem Zusammenhang sei auch auf den Zersetzungsgrad des organischen Materials verwiesen, der einen wesentlichen Einfluss auf die Bodenstruktur und somit auf die Scherparameter besitzt. Unzersetzte Pflanzenfasern können im Boden ähnlich einer Art Bewehrung wirken und dadurch zu höheren Scherwiderständen führen.

Für die Standsicherheit von Erdbauwerken aus organogenen Böden ist bedingt durch die teils hohen natürlichen Wassergehalte dieser Böden insbesondere auch die undrained Scherfestigkeit von besonderer Bedeutung. Prinzipiell gilt, dass die undrained Scherfestigkeit bei verdichteten Böden mit zunehmendem Wassergehalt abnimmt. Diese Charakteristik ist für organikhaltigen Bodenaushub von besonderer Relevanz, da solche Böden oftmals hohe Wassergehalte aufweisen und entsprechend geringere undrained Scherfestigkeiten besitzen. Neben dem Wassergehalt hat auch der organische Anteil selbst einen maßgeblichen Einfluss auf die undrained Scherfestigkeit. Mit steigendem organischem Anteil, der bedingt durch die im Vergleich zu mineralischen Bestandteile geringere Dichte organischer Bestandteile mit einer abnehmenden Trockendichte einhergeht, nimmt die undrained Scherfestigkeit stark ab.

### **Verformungseigenschaften**

Zur Gewährleistung der dauerhaften Gebrauchstauglichkeit eines Erdbauwerks ist das Verformungsverhalten der verwendeten Erdbaustoffe von entscheidender Bedeutung. Die Untersuchungen in [13] und [14] zeigen, dass der Organikgehalt eines Bodens das Verformungsverhalten maßgeblich beeinflusst.

So hängt der Steifemodul eines Bodens stark vom organischen Anteil ab. Je höher der organische Anteil in einem Boden, desto geringere Werte nimmt sein Steifemodul an. Auch das zeitabhängige Verformungsverhalten eines Bodens, charakterisiert durch den Kriechbeiwert, wird vom Organikgehalt beeinflusst. Der Kriechbeiwert nimmt mit zunehmendem Organikgehalt zu, was bedeutet, dass die zeitabhängigen Verformungen umso größer werden, je höher der Organikgehalt eines Bodens ist. In Zusammenhang mit den zeitabhängigen Verformungen organikhaltiger Böden spielt auch der Einbauwassergehalt des Bodens eine wesentliche Rolle. Je höher der Einbauwassergehalt auf der nassen Seite des Proctoroptimums liegt, desto größer ist der Kriechbeiwert des Bodens, was wiederum in größeren zeitabhängigen Setzungen resultiert.

Bezüglich Sackungen und Quellen konnte in den Untersuchungen in [13] unabhängig vom Einbauwassergehalt kein nennenswertes Potential für organikhaltige Böden im verdichteten Zustand (Proctordichte) festgestellt werden.

### **Bodenverbesserung mittels Wassergehaltsreduktion**

Der natürliche Wassergehalt organogener Böden liegt oft weit oberhalb des erdbautechnisch verarbeitbaren Bereichs. Soll ein zu nasser Boden dennoch für erdbautechnische Zwecke eingesetzt werden, sind Maßnahmen zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit durch eine Verringerung seines natürlichen Wassergehalts notwendig.

Bereits vor Beginn der Aushubarbeiten im Rahmen von Baumaßnahmen in Standorten mit vernässten organischen Böden besteht die Möglichkeit, Schritte zur Senkung des Wassergehalts, beispielsweise die Anlage von Entwässerungsgräben oder den Einbau von Dränhilfen, zu ergreifen und dadurch die Verwertungseignung des anstehenden organikhaltigen Bodenmaterials zu erhöhen. Durch die Entwässerung des organikhaltigen Bodenaushubs verbessert sich nicht nur die Verarbeitbarkeit des Bodens, sondern reduziert sich auch das Volumen und Gewicht des Bodenaushubs und somit der Transportaufwand und Lagerflächenbedarf. Durch die bessere Verar-

beitbarkeit und die einfachere Transportierbarkeit wird organikhaltiger Bodenaushub mit sinkendem Wassergehalt auch für potentielle Verwerter attraktiver. Werden Eingriffe zur Wasserhaltung oder –reduzierung vor dem Bodenaushub angestrebt, sind diese mit den zuständigen Behörden (Wasserwirtschaftsamt und Untere Naturschutzbehörde) abzuklären.

Notwendige Erdarbeiten sollten, soweit möglich, bei trockener Witterung erfolgen. Ist der Wassergehalt des organikhaltigen Bodenaushubs trotz vorher ergriffener Maßnahmen nach wie vor zu hoch, existiert neben der einfachsten, aber auch zeit- und flächenintensiven Möglichkeit der Trocknung durch Belüftung, deren Erfolg bei fehlender Überdachung auch maßgeblich von den Witterungsverhältnissen abhängt, auch die Möglichkeit, den Wassergehalt des Materials durch die Zugabe von Weißfeinkalk zu verringern und dadurch die Verarbeitbarkeit für erdbautechnische Zwecke zu erhöhen. In Laboruntersuchungen im Rahmen von [13] konnte gezeigt werden, dass durch die Zugabe von im Mittel 1 M.-% Weißfeinkalk der Wassergehalt organischer Tone ebenfalls im Mittel um etwa 1 M.-% reduziert werden konnte. Allerdings weisen organikhaltige Böden oftmals sehr hohe Wassergehalte auf, so dass zur Reduktion des Wassergehalts bis auf den verarbeitbaren Bereich hohe Zugabemengen an Kalk nötig werden. Daher ist stets im jeweiligen Einzelfall die Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahme zu prüfen. Die Zugabe von Weißfeinkalk hatte in den Untersuchungen auch Auswirkungen auf die erzielbaren Trockendichten. Bei organogenen Tonen mit einem Glühverlust  $V_{Gl} \leq 18$  M.-% konnte durch die Zugabe von Weißfeinkalk die von rein mineralischen Böden bekannte Abnahme der Trockendichte ebenfalls beobachtet werden. Bei Böden mit einem Glühverlust  $V_{Gl} > 18$  M.-% wurde bei steigender Zugabemenge von Weißfeinkalk hingegen eine Zunahme der Trockendichten beobachtet.

Hinsichtlich der Fragestellung, ob durch die Zugabe von Weißfeinkalk auch die Scherfestigkeit organikhaltiger Böden verbessert werden kann, wurden im Rahmen von [21] einaxiale Druckversuche an mit Bindemitteln behandelten organogenen Böden durchgeführt. Aus den Untersuchungen geht hervor, dass die Zugabe von Weißfeinkalk keinen maßgeblichen Einfluss auf die einaxiale Druckfestigkeit und damit auch keinen Einfluss auf die Scherfestigkeit besitzt. Die Zugabe von Weißfeinkalk führt nach derzeitigem Stand nicht zu einer zumindest kurzfristig relevanten chemischen Verfestigung organikhaltiger Böden.

### 5.3.2 Erdbautechnische Klassifizierung organikhaltigen Bodenaushubs

Für die Beurteilung der Einsetzbarkeit von organogenen Böden im Erdbau spielt der Organikgehalt des Bodens eine wesentliche Bedeutung. Bautechnisch wichtige Eigenschaften wie das Verformungsverhalten oder die Scherfestigkeit hängen stark vom organischen Anteil und dem Wassergehalt des Bodens ab und beeinflussen dadurch die Standsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit eines Erdbauwerks entscheidend.

Die Standsicherheit eines Erdbauwerks wird maßgeblich von der Scherfestigkeit des verwendeten Bodenmaterials beeinflusst. In den vorgenannten Untersuchungen (siehe Kapitel 5.3.1) konnte festgestellt werden, dass mit zunehmendem organischem Anteil eine Abnahme der effektiven Scherparameter zu beobachten ist. Der im Hinblick auf die im Zusammenhang mit organischen Böden mit hohem Wassergehalt oft maßgebendere Parameter ist die undrained Scherfestigkeit  $c_u$ . Auch sie zeigte in den genannten Untersuchungen eine starke Abhängigkeit vom Organikgehalt

und nimmt mit steigendem organischem Anteil ab. Neben dem Organikgehalt ist zu berücksichtigen, dass auch ein steigender Wassergehalt zur Abnahme der undrännierten Scherfestigkeit führt. Neben den Scherparametern ist im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit vor allem das Verformungsverhalten eines Bodens entscheidend. Diesbezüglich ist zu beachten, dass mit zunehmendem Glühverlust eines Bodens seine Steifigkeit ab- und die Kriechbeiwerte, die das zeitabhängige Verformungsverhalten charakterisieren, zunehmen.

Unter Berücksichtigung der vorangegangenen Ausführungen ist im Hinblick auf eine Verwendung organikhaltiger Böden im Erdbau eine Unterteilung der Böden nach ihrem Organikgehalt sinnvoll. Auf Grundlage der Untersuchungen in [13] und [21] wird empfohlen, für Erdbauwerke mit strengen Anforderungen an die zulässigen Verformungen lediglich Böden mit einem Glühverlust  $V_{Gl} \leq 25$  M.-% zu verwenden. Für Anwendungen, bei denen gewisse Verformungen zugelassen werden können (z.B. flächige Geländeauffüllungen), können auch Böden mit höherem Glühverlust zur Anwendung kommen. In Tabelle 1 ist eine Einteilung organikhaltiger Böden nach ihrem Glühverlust mit Angabe von Streubreiten typischer Bodenkennwerte für die jeweiligen Gruppen, wie sie auf Grundlage der Untersuchungen im Rahmen von [21] erfolgte, dargestellt. Es sei darauf hingewiesen, dass die angegebenen Bodenparameter lediglich als Anhaltswert für Streubreiten der Parameter zu verstehen sind und im Einzelfall immer Laborversuche durchgeführt werden müssen, da der Glühverlust alleine zur Charakterisierung der Bodeneigenschaften unzureichend ist.

Im Hinblick auf die Eignung der Gruppen nach Tabelle 1 für eine Verwendung in Erdbauwerken, beispielsweise in Schutzwällen oder zur Geländemodellierung, wurde in [21] auch eine qualitative Bewertung dahingehend vorgenommen, inwieweit sich mit den Böden der jeweiligen Gruppen die Anforderungen an die Verdichtbarkeit, Scherfestigkeit und an das Verformungsverhalten bei einer Verwendung in Erdbauwerken erfüllen lassen. Zusätzlich wurde versucht, die Wirksamkeit einer Bodenbehandlung auf die Eigenschaften Verdichtbarkeit, Scherfestigkeit und Verformungsverhalten je nach Gruppe zu beurteilen.

organischer Anteil $V_{Gl}$	typ. Bodenart nach DIN 18196	effektive Scherparameter		undrännierte Scherfestigkeit		Trockenwichte (verdichtet) $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Steifemodul (bei 100 kPa) $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Steifemodul (bei 200 kPa) $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]
		$\varphi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$c_u$ bei $\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_z$ [kPa]			
<b>Gruppe 1</b> 5 bis 10 M.-%	TA, TM, OT, OH	20 - 25	0 - 20	40 – 70 60 – 120	50 100	14 bis 18	5 bis 7	10 bis 17
<b>Gruppe 2</b> 10 bis 25 M.-%	OT, OH	25 - 30	0 - 20	100 – 130 100 – 160	150 200	8 bis 15	2,5 bis 5	3 bis 10
<b>Gruppe 3</b> über 25 M.-%	OT, HN, HZ	ohne Angabe						

Anm.:  
- Werte beziehen sich auf etwa im Proctoroptimum verdichtete, wassergesättigte Proben  
- Steifemodul  $E_s$  zwischen  $\sigma' = 100 - 200$  kPa bezogen auf die Zusammendrückung nach 1 Tag (Berücksichtigung gesättigter und ungesättigter Proben)

Tabelle 1: Anhaltswerte für bodenmechanische Kenngrößen von verdichteten Böden mit organischen Bestandteilen (in Anlehnung an [21])

organischer Anteil  $V_{GI}$	Verwendung in Erdbauwerken wie Schutzwällen und Geländemodellierungen			Wirksamkeit einer Bodenbehandlung		
	Verdichtbarkeit	Scherfestigkeit	Verformungsverhalten	Verdichtbarkeit	Scherfestigkeit	Verformungsverhalten
<b>Gruppe 1</b> 5 bis 10 M.-%	●	●	●	/ ● /	/ ● /	/ ● /
<b>Gruppe 2</b> 10 bis 25 M.-%	●	●	◐	/ ● /	/ ◐ /	/ ● /
<b>Gruppe 3</b> über 25 M.-%	◐	◐	○	/ ◐ /	/ ○ /	/ ◐ /
Anm.: ● ...Anforderungen können erfüllt werden ◐ ...niedrige bis sehr niedrige Anforderungen können erfüllt werden ○ ...Anforderungen können nur unter Umständen (z.B. sehr niedrige Anforderungen und hoher Zusatzaufwand) oder nicht erfüllt werden / ● / ...positiver Einfluss auf die Eigenschaften erwartbar / ◐ / ...positiver bis neutraler Einfluss auf die Eigenschaften erwartbar / ○ / ...neutraler Einfluss auf die Eigenschaften erwartbar						

Tabelle 2: Verwendbarkeit von organogenen Böden der Gruppen 1, 2 und 3 in Erdbauwerken mit unterschiedlichen Anforderungen sowie Einfluss einer Bodenbehandlungsmaßnahme auf die Bodeneigenschaften (in Anlehnung an [21])

## 6 Besonderer Schutz des Mutterbodens

Als Mutter- oder Oberboden wird der obere Teil des Mineralbodens, der je nach Bodenbildung variierende Anteile an Humus und Bodenorganismen enthält, bezeichnet. Er hebt sich vom meist humusärmeren Unterboden, der durch Verwitterung, Verlehmung, Redoxvorgänge und Stoffanreicherungen auch oft in seiner Farbe verändert ist, durch eine meist dunklere Bodenfarbe ab. Nach § 202 BauGB ist Mutterboden, der bei Eingriffen in den Boden im Zuge von Baumaßnahmen oder anderen wesentlichen Veränderungen der Erdoberfläche anfällt, in besonderen Maßen vor Vergeudung und Vernichtung zu schützen und in nutzbarem Zustand zu erhalten. Dazu ist Oberboden/Mutterboden und gegebenenfalls auch kulturfähiger Unterboden bei Erdarbeiten getrennt auszubauen, zu separieren und gesondert zu lagern. Mutterboden ist möglichst wieder als Mutterboden zu verwenden, ein Einsatz unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht ist nicht zulässig. In Zusammenhang mit Bodenarbeiten mit Mutterboden, der insbesondere für die Erstellung von Vegetationsflächen verwendet wird, sei auf „DIN 18915 – Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten“ hingewiesen.

## 7 Empfehlungen zum Umgang mit organikhaltigem Bodenaushub in der Praxis

### 7.1 Allgemeines

Fällt organikhaltiger Bodenaushub im Rahmen von Baumaßnahmen an, ist sowohl im Sinne einer geschlossenen Kreislaufwirtschaft als auch unter ökonomischen Gesichtspunkten die Beantwortung der Fragestellung, wie mit dem angefallenen Material weiter verfahren werden soll, von großer Bedeutung. Hierzu ist einerseits die Beachtung der rechtlichen Rahmenbedingungen, andererseits das Wissen um die bau- und umwelttechnischen Eigenschaften des Bodenaushubs notwendig.



Die gesetzlichen Vorgaben zielen im Hinblick auf eine nachhaltige Materialverwendung im Erdbau darauf ab, angefallenen Bodenaushub möglichst hochwertig wiederzuverwenden und die Deponierung von mineralischen Abfällen nur als letzte Möglichkeit in Betracht zu ziehen. Den rechtlichen Rahmen hierzu bildet das Kreislaufwirtschaftsgesetz. In Anbetracht dieser Situation erscheint es für die Praxis als empfehlenswert, bei Baumaßnahmen, in deren Folge Bodenaushub zu erwarten ist, dessen weitere Verwendung aufgrund seiner Bodenbeschaffenheit problematisch ist, zunächst nach Möglichkeiten zu suchen, durch die die Notwendigkeit des Aushub umgangen oder die Aushubmenge zumindest reduziert werden kann.

Für Bodenaushub, dessen Anfall nicht vermieden werden kann, stellt sich die rechtliche Situation derzeit so dar, dass bei einer Verwendung im Rahmen von baulichen oder gestalterischen Maßnahmen innerhalb des Gebiets der Baumaßnahme, in dem der Aushub anfällt, dieser gar nicht erst den Status eines Abfalls erreicht. Die in vorherigen Absatz genannten Ziele der Politik zur Vermeidung von Abfällen werden durch eine Verwendung des Bodenaushubs bei Maßnahmen im Bereich der Baumaßnahme also hinreichend erfüllt. Ein weiterer Grund, der für die Verwendung des Aushubs innerhalb der Baumaßnahme spricht, ist, dass so die Verwertungswege nicht in Anspruch genommen werden und knappes, teures Deponievolumen für nicht verwertbares Bodenmaterial offengehalten werden kann. Ist eine Verwendung im Bereich der Baumaßnahme nicht möglich und der Bodenaushub verlässt die Baumaßnahme, ist dieser zunächst als (mineralischer) Abfall zu deklarieren, womit er unter das Abfallrecht fällt. Für den weiteren Umgang mit dem Bodenaushub ist damit auch die Abfallhierarchie nach § 6 KrWG zu beachten, nach der eine möglichst hochwertige Verwertung der Abfälle anzustreben ist. Die Beseitigung mineralischer Abfälle auf Deponien, bei der wertvolles Deponievolumen verbraucht wird, ist lediglich als letzte Möglichkeit in Betracht zu ziehen.

Die Verwendungsmöglichkeiten organikhaltigen Bodenaushubs – innerhalb und außerhalb des Anfallgebiets – werden überwiegend bestimmt von seinen bau- und umwelttechnischen Eigenschaften, in vielen Fällen sind allerdings auch Anforderungen in Bezug auf den zulässigen Organikgehalt zu berücksichtigen. Aufgrund der bautechnisch oft ungünstigen Eigenschaften kann für eine Verwendung in qualifizierten Erdbauwerken mit hohen Anforderungen hinsichtlich der zulässigen Verformungen auf organikhaltigen Bodenaushub als Baustoff in vielen Fällen nicht zurückgegriffen werden. Für manche Anwendungen ist zunächst auch oftmals eine Zwischenlagerung notwendig, da nicht unmittelbar Verwertungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Die Zwischenlagerung kann auch im Rahmen einer Vorbereitung zur Wiederverwendung, beispielsweise durch Trocknung des häufig zu feuchten organikreichen Aushubmaterials, genutzt werden. Da die bautechnische Eignung trotz solcher Maßnahmen oftmals nicht gegeben ist, sind auch Verwertungsmöglichkeiten in Betracht zu ziehen, die Abseits des klassischen Erdbaus liegen.

Die im Folgenden angeführten Möglichkeiten zum Umgang mit organikhaltigem Bodenaushub orientieren sich in ihrer Anordnung an ihrer Stellung gemäß der Abfallhierarchie nach § 6 Abs. 1 KrWG. Sie reichen über Maßnahmen zur Reduzierung der anfallenden Mengen an organikhaltigen Bodenaushub über potentielle Verwertungsmöglichkeiten bereits angefallenen Materials bis hin zur Beseitigung auf Deponien. Jede Maßnahme wird erläutert und es werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen und Vorgaben, die es einzuhalten gilt, genannt. In vielen Fällen sind mehrere der aufgeführten Maßnahmen möglich. In diesen Fällen empfiehlt es sich, diejenige

Maßnahme auszuwählen, die gemäß dem Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzip nach § 6 Abs. 1 KrWG den Schutz des Menschen und der Umwelt am besten gewährleistet.

## **7.2 Vermeidung und Verwertung von organikhaltigem Bodenaushub**

### **7.2.1 Vermeidung von Bodenaushub durch alternative Standorte**

Gemäß der Abfallhierarchie nach § 6 KrWG besitzen Maßnahmen zur Abfallvermeidung die höchste Wertigkeit und sind bevorzugt anzuwenden. Die effektivste Möglichkeit, den Anfall von organikhaltigem Bodenaushub, der möglicherweise den Status eines Abfalls erreicht, zu vermeiden, besteht darin, organikhaltigen Boden weitestgehend im Boden zu belassen. Bereits während der Planungsphase und damit vor Beginn der Aushubarbeiten sollte darauf geachtet werden, dass im Zuge der Ausführung möglichst wenig Bodenaushub anfällt. Dazu ist es sinnvoll, schon im Zuge der Bauleitplanung frühzeitig bekannte Flächen mit organikhaltigen Böden zu berücksichtigen. Die zuständigen Behörden sollten Gebiete, in denen vermehrt mit organikhaltigen Böden zu rechnen ist, kennzeichnen und gegebenenfalls von der Nutzung als Baufläche ausnehmen sowie Planer und Ausführende auf die Problematik hinweisen. So können Flächen mit organischen Böden, die oftmals auch eine wichtige Funktion als Biotop und Habitat seltener Tier- und Pflanzenarten oder als Kohlenstoffsенке besitzen, in einigen Fällen gemieden werden und stattdessen auf alternative Standorte ohne organikhaltige Böden ausgewichen werden.

### **7.2.2 Reduzierung des Bodenaushubs und Bodenmanagement**

Ist die Nutzung von Flächen, auf denen organikhaltige Böden anstehen und als Folge der Nutzung als Bodenaushub anfallen, unumgänglich, sollte grundsätzlich angestrebt werden, die anfallenden Mengen an organikhaltigem Bodenaushub so gering wie möglich zu halten. Dies lässt sich beispielsweise durch die Minimierung der beanspruchten Fläche mittels flexibler Flächennutzung, durch eine Verringerung von Eingriffen in den natürlichen Bodenaufbau mittels einer Beschränkung der Tiefe von Baumaßnahmen oder durch eine Reduzierung der Erdbewegungen erreichen. Auch eine Änderung der Bauweise oder alternative Gründungssysteme, die zu einer Verminderung der Aushubmengen führen, sollten in Betracht gezogen werden. Gegebenenfalls wiegen die Mehrkosten einer aufwändigeren Bauweise oder Gründung die Kosten einer teuren Beseitigung sogar auf.

Im Hinblick auf Aushub, der sich nicht vermeiden lässt, ist ein Bodenmanagementplan empfehlenswert. Bereits frühzeitig, also möglichst lange vor Beginn der Aushubarbeiten sollten die anfallenden Bodenaushubmengen so genau wie möglich kalkuliert werden und die weiteren Bewirtschaftungs- und Verwertungsmöglichkeiten rechtzeitig abgeklärt werden. Vor allem die Kenntniss der bau- und umwelttechnischen Eigenschaften des anstehenden Bodens spielt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle, da die Verwertungsmöglichkeiten in erster Linie von diesen Eigenschaften bestimmt werden. Eine möglichst umfangreiche und detaillierte Erkundung des anstehenden Bodens im Vorhinein ist daher äußerst ratsam (Humusgehalt, Bodenart, Grobkornanteil, pH-Wert, Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen, ggf. bautechnische Eigenschaften...). Frühzeitig, im Idealfall bereits mit detaillierten Angaben über die erwarteten Mengen und die bau- sowie umwelttechnische Beschaffenheit des Materials, sollte der Kontakt mit potentiellen Abnehmern und Verwertern, im Falle organikhaltigen Bodenaushubs, beispielsweise Landwirte, Erdenwerke, Sub-

strathersteller oder Kompostieranlagen, gesucht werden, um die Möglichkeiten der Verwertung abzuklären und um die ökologisch und ökonomisch sinnvollste zu identifizieren. Gegebenenfalls kann hierdurch die Entsorgungsproblematik frühzeitig gelöst und ein reibungsloser Bauablauf gewährleistet werden, ohne dass die Aushubmaterialien den Status eines Abfalls erreichen und zwischengelagert oder entsorgt werden müssen.

### 7.2.3 Verwendung innerhalb der Baumaßnahme am Ort des Anfalls

#### 7.2.3.1 Grundsätze

Eine sinnvolle Möglichkeit, damit angefallener organikhaltiger Bodenaushub nicht den Status eines Abfalls erreicht, ist es, für eine ausgeglichene Massenbilanz innerhalb der Baustelle zu sorgen und den angefallenen Bodenaushub im Rahmen von Maßnahmen auf der Baustelle zu verwenden. Potentielle Verwendungsmöglichkeiten stellen dabei die Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen zum Zwecke der Bodenverbesserung und die Verwendung als Material zur Oberbodenandekung dar. Weitere Möglichkeiten ergeben sich im Bereich des Landschaftsbaus außerhalb von technischen Bauwerken ohne Anforderungen an die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit, beispielsweise in der Geländemodellierung, der Gestaltung von Grünflächen oder bei Ausgleichsmaßnahmen auf dem Grundstück. Auch eine Verwendung in technischen Bauwerken wie Böschungen oder Lärmschutzwällen innerhalb des Baugebietes ist möglich. Letzteres hängt allerdings zum einen von der ausreichenden Verfügbarkeit des Materials, und im Falle eines Einsatzes in technischen Bauwerken insbesondere von den bautechnischen Eigenschaften des Aushubmaterials ab. Wie unter 5.3.2 ausgeführt, wird empfohlen, für Erdbauwerke mit Anforderungen an die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit lediglich Böden mit einem Glühverlust  $V_{GI} \leq 25$  M.-% zu verwenden, da die bautechnischen Eigenschaften von Materialien mit höherem Organikanteil oft ungenügend sind. Zeitabhängige Setzungen können gegebenenfalls durch eine entsprechende Überhöhung berücksichtigt werden.

Neben der Vermeidung des Abfallstatus ist die Verwendung des Bodenmaterials innerhalb der Baumaßnahme zudem auch sowohl im Hinblick auf DIN 19731, wonach gemäß des Prinzips „Gleiches zu Gleichem“ nur Bodenmaterial und Boden mit ähnlicher stofflicher und physikalischer Beschaffenheit kombiniert werden soll, als auch aufgrund möglicher Schwierigkeiten hinsichtlich potentieller Gehalte des Aushubmaterials an umweltrelevanten Inhaltsstoffen, einer Verwendung außerhalb der Baumaßnahme vorzuziehen.

Nach § 12 Abs. 10 BBodSchV darf bei einer Verwendung von Bodenmaterial mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht bzw. nach LAGA M 20 bei einer Verwendung unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht oder in technischen Bauwerken, die Hintergrundbelastung im Verwendungsgebiet berücksichtigt werden, soweit das Bodenmaterial in dem selben Gebiet angefallen ist, sich die Schadstoffsituation im Verwendungsgebiet auch durch gegebenenfalls geänderte Randbedingungen infolge der Maßnahme (z. B. die Freisetzung von Arsen bei arsenbelastetem Material, wenn sich infolge der Maßnahme reduzierende, d. h. sauerstoffarme Verhältnisse einstellen) nicht verschlechtert und die Bodenfunktionen nicht nachteilig beeinflusst werden (siehe hierzu Kapitel 5.2.4). Konkret bedeutet dies für die Praxis, dass organikhaltiger Bodenaushub mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen ohne Weiteres innerhalb des Gebiets, in dem das Bodenmaterial anfällt, für Baumaßnahmen verwendet werden darf, soweit die vorgenannten Bedingungen erfüllt sind. Kann die Freisetzung von Schadstoffen aufgrund geänderter Rand-

bedingungen nicht sicher verhindert werden, können zur Abhilfe auch technische Sicherungsmaßnahmen gemäß M T S E herangezogen werden, die beispielsweise die Durchsickerung des Bodenmaterials und somit den Austrag von Schadstoffen verhindern.

Eine Einschränkung erfährt diese Regelung dann, wenn es auf dem Gebiet mit geogen oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten durch die Baumaßnahme zu einer erheblichen Freisetzung von Schadstoffen und damit zu einer schädlichen Bodenveränderung im Sinne des § 9 BBodSchV kommen kann oder wenn es sich bei dem Gebiet bereits um einen Altlastenfall im Sinne des § 2 Abs. 5 BBodSchG handelt. In letzteren Fällen ist der nach § 4 BBodSchG Pflichtige zunächst zur Sanierung der schädlichen Bodenveränderung bzw. der Altlast verpflichtet.

Im Folgenden wird für die einzelnen Verwendungsmöglichkeiten von organikhaltigem Bodenaushub, der innerhalb der Baumaßnahme, bei der er anfällt, verwendet wird, der Rahmen für die Verwendung in den einzelnen Möglichkeiten kurz erläutert. Auf detaillierte Ausführungen zu umwelttechnischen Vorgaben der einzelnen Regelwerke wird in diesem Zusammenhang verzichtet, da gemäß den vorherigen Ausführungen bei einer Verwendung innerhalb des Anfallortes sowohl im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht als auch unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht jeweils die geogen oder großflächig siedlungsbedingte Hintergrundbelastung berücksichtigt werden darf. Liegt eine Hintergrundbelastung im Bereich der Baumaßnahme vor, entsprechen die Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen des organikhaltigen Bodenaushubs in der Regel der Hintergrundbelastung am Anfallort, wodurch bei der Verwendung innerhalb des Anfallortes allerdings keine Einschränkungen zu beachten sind, soweit es durch die Maßnahme nicht zu einer erheblichen Freisetzung von Schadstoffen, z. B. infolge geänderter Milieubedingungen, und somit zu einer schädlichen Bodenveränderung kommt.

### **7.2.3.2 Flächige Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen zum Zwecke der Bodenverbesserung**

Das Aufbringen von organikhaltigem Bodenaushub auf landwirtschaftliche Flächen zur Verbesserung der Fruchtbarkeit und des standort- und nutzungstypischen Humusgehalts kann bei landwirtschaftlicher Nutzung auf dem Gebiet der Baumaßnahme eine sinnvolle Verwertungsmöglichkeit darstellen. Es wird allerdings darauf hingewiesen, dass nach Artikel 57 der Bayerischen Bauordnung [7] Aufschüttungen ab einer Höhe von 2 m oder einer Fläche ab 500 m<sup>2</sup> genehmigungspflichtig sind. Insbesondere letzteres kann in Zusammenhang mit der Aufbringung auf landwirtschaftlichen Flächen maßgebend werden und zur Erfordernis einer behördlichen Genehmigung führen. Anforderungen im Hinblick auf den Organikgehalt oder auf zulässige Verformungen existieren bei dieser Art der Verwertung nicht, wodurch die bautechnischen Eigenschaften des Bodenmaterials nicht berücksichtigt werden müssen. In Bezug auf mögliche Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen sind aufgrund der Möglichkeit zur Berücksichtigung einer potentiell vorhandenen Hintergrundbelastung in der Regel keine Einschränkungen zu erwarten (vergleiche hierzu Ausführungen unter 7.2.3).

### **7.2.3.3 Verwendung zur Oberbodenandeckung**

Organikhaltiger Bodenaushub kann innerhalb der Baumaßnahme, bei der der Bodenaushub anfällt, auch zur Herstellung von Rekultivierungsschichten im Rahmen von Begrünungs- und Erosionsschutzmaßnahmen oder zur Oberbodenandeckung an Böschungsf lächen verwendet werden. An-

forderungen an bautechnische Eigenschaften existieren bei dieser Verwertungsform ebensowenig wie an den maximal zulässigen Organikgehalt. Im Hinblick auf die umwelttechnischen Eigenschaften dürften bei dieser Verwertungsform keine Probleme resultieren, da die Berücksichtigung einer geogenen und großflächig siedlungsbedingten Hintergrundbelastung zulässig ist und der Bodenaushub, der aus dem Gebiet mit der Hintergrundbelastung stammt, in der Regel dieselben Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen aufweist, wodurch es zu keinen Einschränkungen in der Anwendung kommt. Einschränkungen sind lediglich dann zu berücksichtigen, wenn es durch die Verwertungsmaßnahme zu geänderten Randbedingungen kommt, die zu einer erheblichen Freisetzung von Schadstoffen und somit zu einer schädlichen Bodenveränderung im Sinne des § 9 BBodSchV kommt.

#### **7.2.3.4 Verwertung im Landschaftsbau außerhalb von technischen Bauwerken (keine Anforderungen an Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit)**

Die Verwendung von organikhaltigem Bodenaushub im Rahmen von landschaftsgestalterischen Maßnahmen und der Geländemodellierung des Garten- und Landschaftsbaus innerhalb der Baumaßnahme, bei der der Bodenaushub anfällt, ist ebenfalls möglich. Explizit ausgeschlossen ist in diesem Zusammenhang die Herstellung von Rekultivierungsschichten, die im Rahmen von landschaftsgestalterischen Maßnahmen ebenfalls oft hergestellt werden. Hierzu sei auf 7.2.3.3 verwiesen. Je nach Ausführung der Maßnahme müssen gegebenenfalls die bautechnischen Eigenschaften des Aushubmaterials berücksichtigt werden. Da die Verwendung innerhalb der Baumaßnahme, bei der der Bodenaushub anfällt, erfolgt, sind im Hinblick auf die umwelttechnischen Eigenschaften des Bodenaushubs in der Regel keine Schwierigkeiten zu erwarten, da eine mögliche geogene und großflächig siedlungsbedingte Hintergrundbelastung am Ort der Verwertung, aus der auch der Bodenaushub stammt, berücksichtigt werden darf und die Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen des Bodenaushubs die Hintergrundbelastung somit in der Regel nicht überschreiten. Es ist jedoch darauf zu achten, dass es durch geänderte Milieu- und Randbedingungen nicht zu einer zusätzlichen erheblichen Freisetzung von Schadstoffen und zu einer nachteiligen Veränderung der Schadstoffsituation kommen kann. In diesem Fall wäre eine Verwendung unzulässig.

Wie unter 5.3 ausgeführt, können für landschaftsgestalterische Anwendungen oder zur Geländemodellierung, wo unter Beachtung der Gebrauchstauglichkeitsanforderungen Verformungen in gewissen Maßen zulässig sind, unter Umständen auch organikhaltige Böden mit einem Glühverlust  $V_{Gl} > 25$  M.-% verwendet werden. Eine Prüfung, welche Verformungen bei der jeweiligen Anwendung zugelassen werden können und ob diese mit dem verfügbaren organikhaltigen Material eingehalten werden können, ist in jedem Fall anzuraten. Bei Glühverlusten  $V_{Gl} > 25$  M.-% können Untersuchungen zu möglichen Umsetzungsprozessen und daraus resultierenden Umsetzungsprodukten (z. B. Gasbildung) erforderlich werden. Hinsichtlich des maximal zulässigen Organikgehalts gibt die LAGA M 20 vor, dass bei einer Anwendung unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht, bei der die Herstellung der natürlichen Bodenfunktionen im Vordergrund steht, ausschließlich humusarmes Bodenmaterial, also solches mit einem Humusgehalt  $\leq 2$  M.-% bzw. TOC-Gehalt  $\leq 1$  %, der Einbauklasse 0 zulässig ist. Im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht oder in der Rekultivierungsschicht einer landschaftsgestalterischen Maßnahme, darf auch Material mit höherem Humusgehalt verwendet werden. Obere Grenzwerte an den Organikgehalt bestehen hier nicht. Zu beachten ist auch, dass für landschaftsgestalterische Maßnahmen oder für die Geländemodellierung häufig Genehmigungsverfahren notwendig werden, so zum Beispiel und wie bereits erwähnt nach Arti-

kel 57 der Bayerischen Bauordnung [7] für Aufschüttungen ab einer Höhe von 2 m oder für Flächen ab 500 m<sup>2</sup>.

In Zusammenhang mit dem Einbringen von humosen und organikhaltigen Bodenaushub unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht sei besonders auf mögliche Folgen für das Grundwasser hingewiesen. Durch die Zersetzung der enthaltenen Organik als sauerstoffzehrenden Prozess können sich innerhalb des eingebrachten Bodens reduzierende Umgebungsverhältnisse einstellen. Dieses geänderte Milieu kann dazu führen, dass vormals gebundene Halb- und Schwermetalle mobilisiert werden und bei Vorhandensein eines Transportmediums, in der Regel Wasser, ins Grundwasser eingetragen werden. Ein weiterer Mechanismus, der unter Umständen einen Schadstoffeintrag ins Grundwasser zur Folge haben kann, wird durch den anaeroben Abbau organischer Substanz aktiviert, durch den wasserlösliche Humin- und Fulvosäuren, gegebenenfalls auch weitere Kohlenwasserstoffe freigesetzt werden, die sich mit potentiell enthaltenen Schwermetallen zu Komplexen verbinden, in der Folge freigesetzt werden und über ein entsprechendes Transportmedium ins Grundwasser gelangen können. Ist der Feststoff des organikhaltigen Bodenaushubs mit Schwermetallen belastet und wird dieser unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht eingebracht, sollte man diese möglichen Folgen mitberücksichtigen. Weiter kann es durch den Abbau der organischen Substanz zur Freisetzung von Nährstoffvorräten und in der Folge zur Eutrophierung der Gewässer führen.

#### 7.2.3.5 Verwertung des Bodenaushubs in technischen Bauwerken

Organikhaltiger Bodenaushub kann innerhalb der Baumaßnahme, bei der er anfällt, auch zur Erstellung von technischen Bauwerken verwendet werden. Die Voraussetzung hierzu ist, dass der organikhaltige Bodenaushub, der oftmals ungünstige bautechnische Eigenschaften, beispielsweise eine hohe Kompressibilität, besitzt, hierfür unter Beachtung der Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit auch die notwendige Eignung besitzt. Labortechnische Untersuchungen zur Ermittlung der erdbautechnischen Eigenschaften werden hierzu empfohlen. Gemäß den Ausführungen unter 5.3 kommen organikhaltige Böden für Bauwerke mit Anforderungen an die Standsicherheit in der Regel nur bis zu einem maximalen Glühverlust von  $V_{Gl} \approx 25$  M.-% in Betracht, im Einzelfall können teilweise aber auch Böden mit höherem Organikgehalt, insbesondere wenn die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit Verformungen in einem gewissen Rahmen zulassen, für die Erstellung von technischen Bauwerken eingesetzt werden. Die folgenden Ausführungen gelten für den Fall, dass die bautechnische Eignung des Bodenaushubs gegeben ist. Hingewiesen wird auch darauf, dass bei Glühverlusten  $V_{Gl} > 25$  M.-% gegebenenfalls Untersuchungen zu möglichen Umsetzungsprozessen und daraus resultierenden Umsetzungsprodukten (z. B. Gasbildung) erforderlich werden können.

Bezüglich der umwelttechnischen Anforderungen an das Bodenaushubmaterial sei auf die Ausführungen unter 7.2.3 hingewiesen, wonach die Berücksichtigung einer am Einsatzort vorhandenen Hintergrundbelastung bis zur Höhe dieser Hintergrundbelastung zulässig ist. Da der organikhaltige Bodenaushub aus dem Gebiet, in dem die Hintergrundbelastung vorliegt, stammt, entsprechen die Gehalte des Bodenaushubs an umweltrelevanten Inhaltsstoffen in der Regel der Hintergrundbelastung, wodurch sich für die Einsetzbarkeit keine Einschränkungen ergeben. Zu beachten ist allerdings, dass sich durch geänderte Rahmenbedingungen infolge der Baumaßnahme auch die Mili-

eubedingungen verändern können und diese wiederum zu einer erhöhten Freisetzung von Schadstoffen führen können.

## **7.2.4 Verwendung außerhalb der Baumaßnahme nach Verlassen des Anfallortes**

### **7.2.4.1 Flächige Aufbringung auf landwirtschaftlichen Flächen zum Zwecke der Bodenverbesserung**

Eine sinnvolle und einfache Möglichkeit zur Verwertung von organikhaltigem Bodenaushub außerhalb der Baumaßnahme stellt auch nach Verlassen des Anfallortes die Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen zur Verbesserung der Fruchtbarkeit und des standort- und nutzungstypischen Humusgehalts dar. Eine frühzeitige Kontaktaufnahme mit Besitzern und Bewirtschaftern landwirtschaftlicher Flächen ist geboten, wenn diese Form der Verwertung in Betracht kommen soll. Wie bereits unter 7.2.3.2 wird darauf hingewiesen, dass nach Artikel 57 der Bayerischen Bauordnung [7] Aufschüttungen ab einer Höhe von 2 m oder einer Fläche ab 500 m<sup>2</sup> genehmigungspflichtig sind. Insbesondere letzteres kann in Zusammenhang mit dem Aufbringen auf landwirtschaftlichen Flächen maßgebend werden und zur Erfordernis einer behördlichen Genehmigung führen, die frühzeitig eingeholt werden sollte.

Bei dieser Art der Verwertung bestehen wie bereits erwähnt keine Anforderungen im Hinblick auf die zulässigen Setzungen. Die bautechnischen Eigenschaften des Bodenmaterials sind daher nicht zu berücksichtigen, da an sie keine Anforderungen gestellt werden, allerdings müssen die umwelttechnischen Eigenschaften des Bodenmaterials beachtet werden, da die Verwendung außerhalb der Baumaßnahme, bei der das Bodenmaterial anfällt, stattfindet. Da es sich beim Aufbringen von Bodenaushub auf landwirtschaftlichen Flächen um das Auf- und Einbringen von Materialien in den Bereich der bzw. um die Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht im Sinne des Bodenschutzrechts handelt, sind nach § 12 Abs. 2 BBodSchV zur Bewertung der umwelttechnischen Eignung die Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 BBodSchV (siehe auch Anhang 10.1) heranzuziehen. Wird nach dem Auf- oder Einbringen die Fläche, wie es bei dieser Verwertungsmöglichkeit meist der Fall ist, in der Folge landwirtschaftlich genutzt, gelten nach § 12 Abs. 3 BBodSchV zur Berücksichtigung unvermeidlicher künftiger Schadstoffeinträge verschärfte Vorsorgewerte. Demnach dürfen die Schadstoffgehalte in der nach dem Aufbringen neu entstandenen durchwurzelbaren Bodenschicht maximal 70 % der Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 BBodSchV (siehe auch Anhang 10.2) betragen. Neben den verschärften Vorsorgewerten müssen die Schadstoffgehalte des Bodens bei landwirtschaftlicher Folgenutzung auch die Prüfwerte für die Wirkungspfade Boden – Nutzpflanze und Boden - Grundwasser aus Anhang 2 Nr. 2 und Nr. 3 BBodSchV (siehe auch Anhang 10.4 und 10.5) einhalten

Aus § 12 BBodSchV ergeben sich weitere Anforderungen, die bei der Aufbringung organikhaltigen Bodenaushubs auf landwirtschaftlichen Flächen im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht zu beachten sind. Demnach ist durch das Aufbringen von Bodenmaterial auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, deren Ertragsfähigkeit nachhaltig zu sichern bzw. wiederherzustellen, sie darf hingegen nicht dauerhaft verringert werden. Die Nährstoffzufuhr durch das Aufbringen des organikhaltigen Bodenaushubs ist zudem nach Menge und Verfügbarkeit dem Bedarf der Folgevegetation anzupassen, um zu verhindern, dass Nährstoffeinträge in die Gewässer zu deren Eutrophierung führen. Auf Böden, die die Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 BBodSchG besonders erfüllen – hierzu zählen Böden im Wald, Wasser- und Naturschutzgebiete, Nationalparks, Nationale

Naturmonumente, Biosphäreservate, Naturdenkmäler, geschützte Landschaftsbestandteile, Natura 2000-Gebiete sowie geschützte Biotop – ist das Aufbringen von Boden generell nicht zulässig. Desweiteren ist beim Aufbringen darauf zu achten, dass Verdichtungen, Vernässungen und sonstige nachteilige Bodenveränderungen durch geeignete technische Maßnahmen und durch Berücksichtigung der Menge und des Zeitpunkts der Aufbringung möglichst vermieden werden. Wird eine Bodenschicht mit einer Mächtigkeit von mehr als 20 cm aufgebracht, ist auf den Aufbau eines stabilen Bodengefüges zu achten. Ein stabiles Bodengefüge dient der Gewährleistung der Gefügestabilität und der Porenkontinuität und trägt nachhaltig zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und damit zu einer dauerhaften Ertragsfähigkeit und –sicherheit bei. Für weitere Hinweise zur Ausführung eines stabilen Bodengefüges sei auf DIN 19731 verwiesen.

Enthält der organikhaltige Bodenaushub, der aufgebracht werden soll, umweltrelevante Inhaltsstoffe, die die Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 BBodSchV bzw. bei landwirtschaftlicher Folgenutzung die verschärften Vorsorgewerte, überschreiten, soll die Aufbringung innerhalb des Gebiets, in dem der Bodenaushub anfällt, auf Flächen mit erhöhten Hintergrundgehalten erfolgen. Dies ist zulässig, soweit die Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen des Bodens zur Aufbringung die vorhandenen Hintergrundwerte sowie zusätzlich die wirkungspfadabhängigen Prüfwerte des Anhangs 2 Nr. 2 und Nr. 3 BBodSchV (bei landwirtschaftlichen Flächen der Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze sowie Boden - Grundwasser) nicht überschreiten (vgl. 5.2.4).

Neben den Vorgaben der Bundesbodenschutzverordnung ergeben sich auch Anforderungen aus dem Bundesbodenschutzgesetz. § 17 BBodSchG verpflichtet im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bodennutzung zur „gute(n) fachliche(n) Praxis in der Landwirtschaft“, durch welche die Bodenfruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit des Bodens gesichert werden soll und bei deren Einhaltung die Vorsorgepflicht gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen nach § 7 BBodSchG erfüllt wird. Im Zusammenhang mit dem Aufbringen von organikhaltigen Bodenaushub besitzt die gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft insofern Relevanz, da sie vorgibt, dass die Bodenbearbeitung unter Berücksichtigung der Witterung standortangepasst zu erfolgen hat, die Bodenstruktur mindestens erhalten oder verbessert wird, die Bodenverdichtung durch das Aufbringen so weit wie möglich vermieden wird und dass der standorttypische Humusgehalt des Bodens, insbesondere durch die angepasste Zufuhr von organischer Substanz erhalten bleibt.

Auch in DIN 19731 sind Vorgaben formuliert, die im Wesentlichen aber dem bereits genannten entsprechen. Wiederum wird gefordert, dass das Aufbringen von Bodenmaterial keine schädlichen Auswirkungen hervorrufen darf. Das aufgebrachte Bodenmaterial soll nach Beurteilung seiner chemischen, physikalischen, biologischen und hygienischen Beschaffenheit mindestens derselben oder einer besseren Eignungsgruppe gemäß DIN 19731 zuzuordnen sein. Auch in Bezug auf den Aufbringvorgang selbst werden Anforderungen gestellt, da mechanische Einwirkungen durch schweres Gerät zu schädlichen Gefügeveränderungen im Boden führen, die sich in einer Verdichtung des Bodenmaterials, einer Verringerung des Porenvolumens und einer Unterbrechung der Porenkontinuität ausdrücken. Um den Erfolg der Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen sicherzustellen, existieren in DIN 19731 daher Vorgaben zur Durchführung der Aufbringung. So sollen große Meliorationsflächen in Bauabschnitte von maximal einem Hektar unterteilt werden, die unmittelbar zu begrünen sind. Das aufzubringende Bodenmaterial sollte möglichst trocken sein und der Bodenart des zu verbessernden Bodens entsprechen („Gleiches zu Gleichem“). Die Auftragshöhe sollte bevorzugt bei maximal 20 cm Mächtigkeit liegen, da ansonsten der Oberboden vor dem



Aufbringen abgeschoben und separat gelagert werden muss. Die Maßnahme sollte bei trockener Witterung und zur Reduzierung schädlicher Bodenverdichtungen mit Kettenfahrzeugen mit einer maximalen Bodenpressung von  $15 \text{ kN/m}^2$  erfolgen

#### 7.2.4.2 Verwendung zur Oberbodenandeckung

Die Verwendung von organikhaltigem Bodenaushub zur Herstellung von Rekultivierungsschichten im Rahmen von Begrünungs- und Erosionsschutzmaßnahmen oder zur Oberbodenandeckung ist auch außerhalb der Baumaßnahme, bei der der Bodenaushub anfällt, möglich, jedoch müssen hier im Gegensatz zur Verwendung in derselben Funktion innerhalb der Baumaßnahme umwelttechnische Vorgaben berücksichtigt werden. So muss der Bodenaushub aufgrund seiner umwelttechnischen Eigenschaften für diese Form der Verwertung geeignet sein. Anforderungen bezüglich seiner bautechnischen Eigenschaften existieren bei dieser Verwertungsform keine, ebenso bestehen keine Vorgaben hinsichtlich eines maximal zulässigen Organikgehalts. Demnach kann sowohl Bodenaushub mit höheren als auch niedrigeren Organikgehalt verwendet werden. Eine Analytik zur Charakterisierung der umwelttechnischen Eigenschaften des Bodenmaterials sowie des anstehenden Bodens im Anwendungsgebiet durch die nach § 7 BBodSchG Pflichtigen ist bei dieser Verwertungsform außerhalb des Anfallorts aber zwingend notwendig. Da es sich bei der Herstellung einer Rekultivierungsschicht um die Schaffung einer durchwurzelbaren Bodenschicht handelt, sind die Regelungen aus § 12 BBodSchV anzuwenden.

Für die umwelttechnische Bewertung des Bodenmaterials zur Herstellung einer Rekultivierungsschicht sind die Vorsorgewerte des Anhangs 2 Nr. 4 BBodSchV (siehe auch Anhang 10.1) sowie die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser (siehe Anhang 2 Nr. 3 BBodSchV oder Anhang 10.5) und je nach Anwendungsgebiet gegebenenfalls auch die Prüfwerte für die Wirkungspfade Boden – Mensch oder Boden – Nutzpflanze (siehe Anhang 2 Nr. 1 und Nr. 2 BBodSchV oder Anhang 10.3 und 10.4) heranzuziehen. Eine geringere Resorptionsverfügbarkeit als 100 % kann dabei gegebenenfalls über angepasste Prüfwerte berücksichtigt werden. Werden die jeweils zu beachtenden Prüfwerte sowie die Vorsorgewerte eingehalten, so dass das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung nicht zu besorgen ist, und wird mindestens eine der in § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 3, Buchstabe b und c BBodSchG genannten Bodenfunktionen nachhaltig gesichert, darf das Bodenmaterial zur Herstellung einer Rekultivierungsschicht verwendet werden. Weitere Vorgaben gemäß § 12 BBodSchV bestehen dahingehend, dass die Nährstoffzufuhr durch die Rekultivierungsschicht nach Menge und Verfügbarkeit dem Bedarf der Folgevegetation anzupassen ist. Beträgt die Mächtigkeit der erstellten Schicht mehr als 20 cm, so ist auch auf die Sicherung oder den Aufbau eines stabilen Bodengefüges zu achten.

Weitere Hinweise zur Herstellung einer Rekultivierungsschicht finden sich in DIN 19731. Dort wird empfohlen, nach Möglichkeit solches Material zu verwenden, dessen Beschaffenheit vergleichbar ist mit der des Materials am Ort der Aufbringung und das in der Lage ist, ein funktionsbezogenes Leistungsvermögen langfristig sicherzustellen. Hierfür ist es notwendig, den vorhandenen Nährstoffgehalt im Bodenmaterial zu berücksichtigen. Insbesondere Böden mit hohem Organikgehalt (anmoorige Böden, Niedermoorböden) bergen das Risiko einer hohen Stickstoffmineralisierung, das heißt der Umformung des in den organischen Bestandteilen gebundenen Stickstoffs in lösliche anorganischen Formen wie Nitrat oder Ammonium, was in der Folge zu einer entsprechend hohen

Belastung des Sickerwassers mit Nitrat führen kann. Bodenmaterial, das mehr als 10 V.-% an bodenfremden mineralischen Bestandteilen oder mehr als 30 Vol.-% an Korngrößen > 2 mm besitzt, darf nach DIN 19731 nicht für Rekultivierungsschichten verwendet werden. Unter Umständen kann in diesem Zusammenhang eine Bodenaufbereitung im Rahmen der Vorbereitung zur Wiederverwendung zum Erfolg führen.

Im Hinblick auf organikhaltigen Bodenaushub mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen, die die Vorsorgewerte der Bundesbodenschutzverordnung überschreiten, dürfen geogen oder großflächig siedlungsbedingt vorhandenen Hintergrundwerte am Einsatzort in der Bewertung der umwelttechnischen Eignung mitberücksichtigt werden. Ein Einsatz ist trotz Überschreitung der Vorsorgewerte zulässig, wenn die im Gebiet der Aufbringung vorhandene Hintergrundwerte sowie die (angepassten) wirkungspfadabhängigen Prüfwerte nicht überschritten werden, der Bodenaushub aus dem selben Gebiet stammt, in dem die Aufbringung erfolgen soll sowie die Schadstoffsituation am Ort des Aufbringens und die Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 3 Buchstabe b und c BBodSchG nicht nachteilig verändert werden (vgl. 5.2.4).

#### **7.2.4.3 Verwertung im Landschaftsbau außerhalb von technischen Bauwerken (keine Anforderungen an Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit)**

Auch außerhalb der Baumaßnahme, bei der organikhaltiger Bodenaushub anfällt, kann dieser für landschaftsgestalterische Maßnahmen und zur Geländemodellierung im Garten- und Landschaftsbau verwendet werden. Ausdrücklich ausgeschlossen ist in diesem Zusammenhang jedoch die Verwendung zur Erstellung einer Rekultivierungsschicht, für die auf 7.2.4.2 verwiesen wird. Bei der Verwertung im Landschaftsbau außerhalb von technischen Bauwerken und außerhalb des Anfallortes müssen neben den umwelttechnischen Eigenschaften je nach Ausführung der Verwertungsmaßnahme gegebenenfalls auch die bautechnischen Eigenschaften des Aushubmaterials berücksichtigt werden.

Für landschaftsgestalterische Maßnahmen oder zur Geländemodellierung können, wie unter 5.3 ausgeführt, unter Umständen auch organikhaltige Böden mit einem Glühverlust  $V_{Gl} > 25$  M.-% verwendet werden, soweit unter Beachtung der Gebrauchstauglichkeitsanforderungen Verformungen in gewissen Maßen zugelassen werden können. Die Überprüfung, welche Verformungen zulässig sind und ob diese Verformungen mit dem verfügbaren organikhaltigen Material eingehalten werden können, ist in jedem Fall ratsam. Unter 7.2.3.4 wurde erwähnt, dass bei Glühverlusten  $V_{Gl} > 25$  M.-% Untersuchungen zu möglichen Umsetzungsprozessen und daraus resultierenden Umsetzungsprodukten (z. B. Gasbildung) erforderlich werden können. Ebenfalls wurde darauf hingewiesen, dass die LAGA M 20 hinsichtlich des Organikgehalts vorgibt, dass bei einer Anwendung unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht, bei der die Herstellung der natürlichen Bodenfunktionen im Vordergrund steht, ausschließlich humusarmes Bodenmaterial, also solches mit einem Humusgehalt  $\leq 2$  M.-% bzw. TOC-Gehalt  $\leq 1$  % der Einbauklasse 0 verwendet werden darf. Erfolgt die Verwendung im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht, existieren keine Grenzwerte an den zulässigen Organikgehalt und es darf auch Material mit höherem Humusgehalt eingesetzt werden. Nochmals hingewiesen sei darauf, dass für landschaftsgestalterische Maßnahmen oder für die Geländemodellierung häufig Genehmigungsverfahren notwendig werden, beispielsweise nach Artikel 57 der Bayerischen Bauordnung [7] für Aufschüttungen ab einer Höhe von 2 m oder für Flächen ab 500 m<sup>2</sup>.

Bezüglich der umwelttechnischen Vorschriften sind bei einem Einsatz des Materials im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht oder der Erstellung einer Rekultivierungsschicht außerhalb der Baumaßnahme, bei der der Bodenaushub anfällt, die Vorsorgewerte sowie die wirkungspfadabhängigen Prüfwerte der BBodSchV (siehe Anhang 10.1, 10.3 bis 10.5) bzw. bei einer Verwendung unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht die Zuordnungswerte Z 0 für einen uneingeschränkten Einbau der LAGA M 20 zu beachten (siehe auch Punkte 10.7 und 10.8). Zur Berücksichtigung der Vorgaben der Bundesbodenschutzverordnung bei der stofflichen Verwertung mineralischer Abfälle wurden in Bayern mit dem UMS vom 17.07.2000 (GZ.:812-8740.50-2000/1) [26] jedoch die Übergangsregelungen der 54. UMK zeitlich unbegrenzt verlängert und die umwelttechnischen Anforderungen der LAGA M 20 angepasst. Demnach sind in Bayern bei der Verwertung von Bodenmaterial für den uneingeschränkten Einbau (Z 0-Material) die nach Bodenart differenzierten Vorsorgewerte des Anhangs 2 Nr. 4 BBodSchV anstatt der Z 0-Werte der LAGA M 20 zu Grunde zulegen.

Auch bei dieser Form der Verwertung ist es zulässig, bei Böden mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen geogen oder großflächig siedlungsbedingt erhöhte Hintergrundgehalte am Ort der Maßnahme bis zu den vorliegenden Hintergrundwerten zu berücksichtigen, soweit der Bodenaushub aus dem Gebiet, in dem die Hintergrundbelastung vorliegt, stammt, die Schadstoffsituation am Ort des Aufbringens nicht nachteilig verändert wird und die Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 3 Buchstabe b und c BBodSchG nicht nachteilig verändert werden (vgl. 5.2.4). Bestehende Nutzungsbeschränkungen und Schutzgebietsvorschriften für besonders sensible Flächen, beispielsweise Kinderspielplätze oder Sportanlagen, sind hierbei allerdings wiederum zu berücksichtigen. Ein Einsatz in solchen Gebieten ist unzulässig, auch wenn die umwelttechnischen Vorgaben erfüllt sind.

Auf die möglichen Folgen für das Grundwasser, die im Zusammenhang mit dem Einbringen von humosen und organikhaltigen Bodenaushub unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht auftreten können, wurde unter 7.2.3.4 hingewiesen. So können sich durch die Zersetzung der enthaltenen Organik als sauerstoffzehrenden Prozess innerhalb des eingebrachten Bodens reduzierende Umgebungsverhältnisse einstellen und es durch die nun geänderten Milieubedingungen zur Freisetzung von vormals gebundenen Halb- und Schwermetallen kommen, die bei Vorhandensein eines Transportmediums ins Grundwasser gelangen können. Ebenfalls erwähnt wurde der potentielle Schadstoffeintrag, der durch den anaeroben Abbau von organischer Substanz aktiviert wird und durch den wasserlösliche Humin- und Fulvosäuren (ggf. weitere Kohlenwasserstoffe) freigesetzt werden können, die sich mit Schwermetallen zu Schwermetallkomplexen verbinden und ins Grundwasser gelangen können. Werden im organikhaltigen Bodenaushub, der unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht eingebracht werden soll, Schwermetalle festgestellt, sollten diese möglichen Folgen berücksichtigt und bewertet werden.

#### **7.2.4.4 Verwertung des Bodenaushubs in technischen Bauwerken**

Die Verwendung von Bodenaushub, die nach dem Verlassen der Baustelle, auf der sie angefallen sind, den Status eines Abfalls erreicht haben, zur Herstellung technischer Bauwerke wird in Bayern durch die LAGA M 20 (1997) geregelt (vgl. auch 5.2.2). Aufgrund der vergleichsweise hohen Kompressibilität von organischen Böden sind bei der Verwendung derartiger Böden in technischen Bauwerken die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit besonders zu beachten. Die Ermitt-

lung der bautechnischen Eigenschaften ist deshalb unbedingt notwendig, wenn organikhaltiger Bodenaushub in technischen Bauwerken eingesetzt werden soll. Nach den Ausführungen unter 5.3 kommen organikhaltige Böden für Bauwerke mit Anforderungen an die Standsicherheit in der Regel nur bis zu einem maximalen Glühverlust von  $V_{Gl} \approx 25$  M.-% in Betracht. Im Einzelfall sind hiervon auch Abweichungen möglich und auch Böden mit höherem Organikgehalt, insbesondere wenn die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit Verformungen in einem gewissen Rahmen zulassen, können zum Einsatz kommen. Die folgenden Ausführungen gelten für den Fall, dass die bautechnische Eignung des Bodenaushubs gegeben ist.

Die Bewertung der umwelttechnischen Eignung des organikhaltigen Bodenaushubs zur Erstellung technischer Bauwerke hat nach den Vorgaben der LAGA M 20 (in Bayern in der Ausgabe von 1997) zu erfolgen. Wie unter 5.2.2 erläutert, definiert die LAGA M 20 in Teil II Einbauklassen in Abhängigkeit von Zuordnungswerten Z 0 bis Z 2 für Feststoff- und Eluatwerte (Zuordnungswerte nach Tabelle II.1.2-2 und Tabelle II.1.2-3 LAGA M 20, siehe auch Anhang 10.7 und 10.8). Zur Beprobung und Bestimmung der Feststoff- und Eluatwerte sind die Vorgaben des Teils III der LAGA M 20 zu beachten. Neben den Feststoff- und Eluatwerten sind für die jeweiligen Einbauklassen auch die hydrogeologischen Randbedingungen sowie die bautechnische Ausführung des Bauwerks zu berücksichtigen.

Unterschreiten die Feststoff- und Eluatgehalte des Bodenmaterials die Zuordnungswerte für ein Z 0-Material, ist ein uneingeschränkter Einbau des Bodenaushubs zulässig (Einbauklasse 0). Für die Praxis bedeutet dies, dass aus umwelttechnischer Sicht keine Einschränkungen zu beachten sind und den Möglichkeiten der Verwendung in technischen Bauwerken lediglich von Seiten der bautechnischen Eigenschaften des Bodens Grenzen gesetzt sind. In Gebieten mit natürlicher Hintergrundbelastung einschließlich der allgemein vorhandenen, anthropogenen Zusatzbelastung oberhalb der Z 0-Werte ist die Verwendung von Bodenmaterial, welches innerhalb dieses Gebiets anfällt, bis zu diesen höheren Gehalten in der Regel ebenfalls zulässig. Einschränkungen dieser Praxis existieren lediglich in Gebieten, in denen Nutzungsbeschränkungen oder spezielle Schutzgebietsvorschriften (z. B. Kinderspielplätze, Sportanlagen, Schulhöfe etc.) zu beachten sind.

Überschreiten die Feststoff- und Eluatwerte des Bodenmaterials die Z 0-Werte, besteht die Möglichkeit, das Material bis zu den Z 1-Werten in der Einbauklasse 1 (eingeschränkter offener Einbau) bzw. bis zu den Z 2-Werten in der Einbauklasse 2 (eingeschränkter offener Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen) in technischen Bauwerken zu verwenden. Bei einer Verwendung in der Einbauklasse 1 wird zudem nach den hydrogeologischen Randbedingungen differenziert. So gelten in Gebieten mit hydrogeologisch ungünstigen Randbedingungen etwas strengere Zuordnungswerte (Z 1.1-Werte) als in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Randbedingungen (Z 1.2-Werte). Die Möglichkeit, Z 1.2-Material unter hydrogeologisch günstigen Randbedingungen bei Bodenaustausch- oder Bodenersatzmaßnahmen einzubauen, ist aufgrund des Verschlechterungsverbotes allerdings lediglich auf Flächen möglich, die bereits eine Vorbelastung des Bodens  $> Z 1.1$  aufweisen (siehe Punkt 1.2.3.2 LAGA M 20, Teil II: Technische Regeln für die Verwertung). Sowohl für die Einbauklasse 1 als auch die Einbauklasse 2 soll der Abstand zwischen dem höchsten Grundwasserstand und der Schüttkörperbasis dauerhaft mindestens 1 m betragen. Bei beiden Einbauklassen dürfen im Gegensatz zum uneingeschränkten Einbau der Einbauklasse 0 die Hintergrundwerte bei der Bewertung der Schadlosigkeit nicht mitberücksichtigt werden.

Liegen die Feststoff- und Eluatwerte des organikhaltigen Bodenaushubs oberhalb der Z 0-Werte, aber unterhalb der Z 1.1-Werte, ist die Verwendung in technischen Bauwerken (auch in wasser-durchlässiger Ausführung) auch in Gebieten mit ungünstigen hydrogeologischen Randbedingungen ohne weitere Maßnahmen möglich. Lediglich auf landwirtschaftlich genutzten Gebieten ist der Einsatz von Z 1.1-Material ausgeschlossen. Überschreiten die Schadstoffgehalte hingegen die Z 1.1-Werte, liegen aber unterhalb der Z 1.2-Werte, darf der Bodenaushub in technischen Bauwerken innerhalb von Gebieten mit günstigen hydrogeologischen Randbedingungen, das heißt in Gebieten, in denen der Grundwasserleiter nach oben durch eine flächig verbreitete, ausreichend mächtige Deckschicht (mindestens 2 m Dicke) mit hohem Rückhaltevermögen aus Tonen, Schluffen oder Lehmen, überdeckt ist, verwendet werden. Im Gegensatz zu einer Verwendung von Z 1.1-Material ist bei der Verwendung von Z 1.2-Material neben den erforderlichen günstigen hydrogeologischen Randbedingungen zusätzlich ein Erosionsschutz, beispielsweise eine geschlossene Vegetationsdecke, vorzusehen. Der Einsatz von Z 1-Material ist aber ausgeschlossen auf

- festgesetzten, vorläufig sichergestellten oder fachbehördlich geplanten Trinkwasserschutzgebieten (I – III A),
- festgesetzten, vorläufig sichergestellten oder fachbehördlich geplanten Heilquellenschutzgebieten (I – III),
- Gebieten mit häufigen Überschwemmungen (z. B. Hochwasserrückhaltebecken, eingedeichte Flächen),
- Naturschutzgebieten,
- Biosphärenreservaten,
- besonders sensiblen Flächen bzw. Nutzungen (Kinderspielplätze, Sportplätze, Schulhöfen etc.).

Liegen die Schadstoffgehalte des organikhaltigen Bodenaushubs oberhalb der Z 1.2-Werte und unterhalb der Z 2-Werte, ist ein eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen möglich. Die technischen Sicherungsmaßnahmen dienen dazu, die Durchsickerung des belasteten Bodenmaterials zu verhindern und dadurch den Austrag von Schadstoffen mit dem Sickerwasser auszuschließen. Als technische Sicherungsmaßnahmen werden nach LAGA M 20 folgende Bauweisen genannt:

- bei Erdbaumaßnahmen (kontrollierte Großbaumaßnahmen) in hydrogeologisch günstigen Gebieten als
  - o Lärmschutzwahl mit mineralischer Oberflächenabdichtung  $d > 0,5$  m und  $k_f < 10^{-8}$  m/s und darüberliegender Rekultivierungsschicht und
  - o Straßendamm (Unterbau) mit wasserundurchlässiger Fahrbandecke und mineralischer Oberflächenabdichtung  $d > 0,5$  m und  $k_f < 10^{-8}$  m/s im Böschungsbereich mit darüberliegender Rekultivierungsschicht.
- ggf. auch im Straßen- und Wegebau, bei der Anlage von befestigten Flächen in Industrie- und Gewerbegebieten (Parkplätze, Lagerflächen) sowie sonstigen Verkehrsflächen (z.B. Flugplätze, Hafenbereiche, Güterverkehrszentren) (in der Regel sind die bautechnischen Eigenschaften organikhaltigen Bodenaushubs für diese Anwendungen nicht ausreichend) als
  - o Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht (Beton, Asphalt, Pflaster) und

- gebundene Tragschicht unter wenig durchlässiger Deckschicht (Pflaster, Platten).

Im Vergleich zur LAGA M 20 stellt das Merkblatt M TS E verschiedene Bauweisen für technische Sicherungsmaßnahmen im Erdbau detailliert vor, durch die die Durchströmung des Z 2-Materials und somit die Mobilisierung umweltrelevanter Inhaltsstoffe unterbunden werden kann. So besteht z. B. die Möglichkeit, mineralische oder geosynthetische Dichtungselemente aufzubringen oder die Dichtigkeit einer potentiellen Fahrbahnabdeckung zu berücksichtigen. Je nach gewählter Bauweise können sich weitere Anforderungen an die bauliche Ausführung der Maßnahme ergeben, die ebenfalls im M TS E genannt werden. Auch in der sich derzeit noch im Entwurf befindlichen Ersatzbaustoffverordnung werden zukünftig verschiedene Bauweisen den Einsatz von Materialien mit einem gewissen Gehalt an umweltrelevanten Inhaltsstoffen ermöglichen. Nutzungsverbote für Z 2-Material bestehen wiederum in

- festgesetzten, vorläufig sichergestellten oder fachbehördlich geplanten Trinkwasserschutzgebieten (I – III B),
- festgesetzten, vorläufig sichergestellten oder fachbehördlich geplanten Heilquellenschutzgebieten (I – IV),
- in Wasservorranggebieten, die im Interesse der Sicherung der künftigen Wasserversorgung raumordnerisch ausgewiesen sind,
- Gebieten mit häufigen Überschwemmungen (z. B. Hochwasserrückhaltebecken, eingedeichte Flächen),
- in Karstgebieten ohne ausreichende Deckschichten und Randgebieten, die im Karst entwässern sowie in Gebieten mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund und
- aus Vorsorgegründen auch auf Flächen mit sensibler Nutzung, wie Kinderspielplätzen, Sportanlagen, Bolzplätzen und Schulhöfen.

Werden die Z 2-Werte von einem Bodenaushub überschritten, ist eine Verwendung in technischen Bauwerken ausgeschlossen und der Bodenaushub ist auf entsprechend geeigneten Deponien, bei hohem Organikgehalt gegebenenfalls nach entsprechender Inertisierung, zu entsorgen.

#### 7.2.4.5 Verwertung als Deponieersatzbaustoff

Eine weitere Verwertungsmöglichkeit für organikhaltigen Bodenaushub stellt die Verwendung als Deponieersatzbaustoff dar. Als mögliches Einsatzgebiet bietet sich in erster Linie die Rekultivierungsschicht an, aber je nach Beschaffenheit können auch andere Elemente von Basis- und Oberflächenabdichtungssystemen in Betracht gezogen werden. In Abhängigkeit von der Deponieklasse und dem Bauteil der Deponie, in dem das Material eingesetzt werden soll, existieren neben bau- und umwelttechnischen Anforderungen hierbei aber strenge Anforderungen an den zulässigen Organikgehalt des Bodenaushubs, wodurch die Einsatzmöglichkeiten von organikhaltigem Bodenaushub für eine Verwertung als Deponieersatzbaustoff eingeschränkt werden.

Da die Verwertungsmöglichkeiten von organikhaltigem Bodenaushub als Deponieersatzbaustoff in erster Linie von seinem Organikgehalt abhängen, werden zunächst die Grenzwerte des zulässigen Organikanteils in Abhängigkeit von der Einsatzart und der Deponieklasse in Tabelle 3 aufgezeigt. Die Werte des zulässigen Organikgehalts für die Rekultivierungsschicht stammen aus dem für die

Rekultivierungsschicht geltenden Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard BQS 7-1 [11], während die Anforderungswerte für die übrigen Bauteile aus Anhang 3 Nr. 2 DepV entnommen wurden. Die Grenzwerte werden als Glühverlust  $V_{Gl}$  und als TOC-Gehalt angegeben. Beide Bestimmungsarten des organischen Anteils können für die Bewertung der Eignung herangezogen werden. Aus BQS 7-1 ergibt sich für Rekultivierungsschichten weiterhin, dass das Ausgangsmaterial maximal 5 M.-% an mineralischen sowie maximal 1 Vol.-% an nichtmineralischen Fremdbestandteilen besitzen darf.

Ermöglicht der Organikgehalt des Bodenaushubs eine Verwendung als Deponieersatzbaustoff, sind bauteilabhängig unterschiedliche Anforderungen an die bautechnischen Eigenschaften des Materials einzuhalten. Oberste Priorität zum Schutz der Allgemeinheit und der Schutzgüter Boden und Wasser hat die Sicherstellung der Standsicherheit und die Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit einer Deponie. Die Erfordernisse hinsichtlich der bautechnischen Eigenschaften des Bodenmaterials ergeben sich somit aus den Standsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsbetrachtungen. Das Material muss je nach Einsatzgebiet den jeweils maßgebenden mechanischen Belastungen standhalten. Ein Abgleiten auf den vorgegebenen Gleitflächen, z. B. auf einem Trenn- oder Filtervlies oder ein Stabilitätsverlust infolge von Wasserzutritt muss ausgeschlossen werden können. Je nach Bauteil der Deponie, in der das Bodenmaterial eingesetzt wird, und Art der auf der Deponie abgelagerten Abfälle ist auch die Widerstandsfähigkeit gegen mit chemischen Inhaltsstoffen belastetes Sickerwasser in die Betrachtungen zur bautechnischen Eignung mit einzubeziehen. Weitere konkrete bauteilspezifische Anforderungen an ein Material, das als Deponieersatzbaustoff verwendet werden soll, sind in Anhang 1 DepV sowie den jeweiligen Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard für das entsprechende Bauteil zu entnehmen. Letztere beinhalten neben weiteren Anforderungen, insbesondere hinsichtlich der notwendigen Eignungsprüfungen und -beurteilung der Materialien zum Einsatz auf Deponien, auch Vorgaben für die Ausführung und dem fachgerechten Einbau.

	DK 0	DK I	DK II	DK III
min. Abdichtungskomponente im Basis- oder Oberflächenabdichtungssystem	$V_{Gl,max} = 3 \text{ M.-%} /$ $TOC_{max} = 1 \text{ M.-%}$	$V_{Gl,max} = 3 \text{ M.-%} /$ $TOC_{max} = 1 \text{ M.-%}$	$V_{Gl,max} = 3 \text{ M.-%} /$ $TOC_{max} = 1 \text{ M.-%}$	$V_{Gl,max} = 3 \text{ M.-%} /$ $TOC_{max} = 1 \text{ M.-%}$
Schutzlage des Basisabdichtungssystems	-	$V_{Gl,max} = 3 \text{ M.-%} /$ $TOC_{max} = 1 \text{ M.-%}$	$V_{Gl,max} = 5 \text{ M.-%} /$ $TOC_{max} = 3 \text{ M.-%}$	$V_{Gl,max} = 10 \text{ M.-%} /$ $TOC_{max} = 6 \text{ M.-%}$
mineralische Entwässerungsschicht	$V_{Gl,max} = 3 \text{ M.-%} /$ $TOC_{max} = 1 \text{ M.-%}$	$V_{Gl,max} = 3 \text{ M.-%}^{1)}/$ $TOC_{max} = 1 \text{ M.-%}^{1)}$	$V_{Gl,max} = 5 \text{ M.-%}^{1)}/$ $TOC_{max} = 3 \text{ M.-%}^{1)}$	$V_{Gl,max} = 10 \text{ M.-%} /$ $TOC_{max} = 6 \text{ M.-%}$
Rekultivierungsschicht	1. Schicht (humushaltiger Oberboden, $d \leq 0,3 \text{ m}$ ): $TOC_{max} = 5 \text{ M.-%}$ 2. Schicht (Unterboden mit wenig organischer Substanz, $d \geq 0,7 \text{ m}$ ): $TOC_{max} = 1 \text{ M.-%}^{2)}$			

<sup>1)</sup> Eine Überschreitung des Zuordnungswertes ist mit Zustimmung der zuständigen Behörde bei Bodenaushub (Abfallschlüssel 17 05 04 und 20 02 02 nach der Anlage zur Abfallverzeichnisverordnung) und bei Baggergut (Abfallschlüssel 17 05 06 nach der Anlage zur Abfallverzeichnisverordnung) zulässig, wenn

- die Überschreitung ausschließlich auf natürliche Bestandteile des Bodenaushubes oder des Baggergutes zurückgeht,
- sonstige Fremdbestandteile nicht mehr als 5 V.-% ausmachen,
- bei der gemeinsamen Ablagerung mit gipshaltigen Abfällen der DOC-Wert maximal 80 mg/l beträgt,
- auf der Deponie, dem Deponieabschnitt oder dem gesonderten Teilabschnitt eines Deponieabschnitts ausschließlich nicht gefährliche Abfälle abgelagert werden und
- das Wohl der Allgemeinheit – gemessen an den Anforderungen dieser Verordnung – nicht beeinträchtigt wird.

<sup>2)</sup> Ein Organikgehalt von  $TOC_{max} = 2 \text{ M.-%}$  ist zulässig bei originären Böden mit einer bekannten sehr geringen Hu-

musqualität (C/N-Verhältnis > 25) [12]; höhere Gehalte an Organik sind nicht zulässig, da sie eine Austragung der Nährstoffe und dadurch eine Belastung des durchsickernden Niederschlagswassers bewirken können

Tabelle 3: Grenzwerte an den Glühverlust bzw. den TOC-Gehalt in Abhängigkeit von Bauteil und Deponieklasse

Auch wenn organikhaltiger Bodenaushub als Baustoff auf einer Deponie eingesetzt werden soll, sind dennoch Anforderungen an die Feststoff- und Eluatwerte einzuhalten. Je nach Deponieklasse und Bauteil, in dem ein Einsatz vorgesehen ist, sind gemäß § 14 Abs. 3 DepV die Zuordnungskriterien und Zuordnungswerte nach Anhang 3 Nr. 2 in Verbindung mit Anhang 3 Nr. 1 DepV einzuhalten (siehe auch Anhang 10.9 und 10.10). Je höher die Deponieklasse, desto höher liegen die zulässigen Grenzwerte. Vorgaben zur Beprobung der Materialien können Anhang 4 DepV entnommen werden.

## 7.2.5 Einsatz in Produkten

### 7.2.5.1 Abgabe an Kompostierwerke zur Herstellung von Komposten

Die Möglichkeit, organikhaltigen Bodenaushub bei ausreichend hohem Organikgehalt zum Zwecke der Kompostierung (aerober Abbau der organischen Substanz) oder Vergärung (anaerober Abbau der organischen Substanz) bzw. bei geringerem Organikgehalt zur Zumischung zu Komposten an entsprechende Hersteller abzugeben, ist grundsätzlich gegeben. In Kompostieranlagen entsteht aus organischen Abfällen, gegebenenfalls als Gemisch mit natürlichem, mineralischen Bodenmaterial, das Produkt „Kompost“ als ein natürliches, humus- und nährstoffreiches Düngemittel, das zur Verbesserung des Nährstoffhaushalts auf Böden aufgebracht wird oder zu Kultursubstraten, Bodenhilfsstoffen oder Pflanzenhilfsmitteln weiterverarbeitet werden kann. Grundvoraussetzung für die Annahme durch den Kompostierer ist die Eignung des Materials hinsichtlich seiner stofflichen Zusammensetzung und seiner umwelttechnischen Eigenschaften. Bautechnische Anforderungen sind an den Bodenaushub bei diesem Verwertungsweg keine zu stellen.

Gemäß der Düngemittelverordnung (DüMV) darf zur Herstellung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln als organisches Bodenmaterial lediglich Torf und Heilerde mit einem TOC-Gehalt  $\geq 10$  M.-% verwendet werden. Für Torf ist dabei zu unterscheiden zwischen Hochmoor- und Niedermoortorf und es ist der Zersetzungsgrad anzugeben. Heilerde darf keine Medikamentenrückstände enthalten (vgl. Anlage 2 Tabelle 7.1 DüMV). Hinsichtlich der umwelttechnischen Anforderungen gibt die DüMV vor, dass das organikhaltige Bodenmaterial mit einem TOC-Gehalt  $\geq 10$  M.-% die Grenzwerte nach Anlage 2 Tabelle 1.4 Spalte 4 DüMV nicht überschreiten darf (siehe auch 10.13). Hinsichtlich der Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung gelten gemäß § 4 Abs. 1 Pkt. 4 Höchstwerte von 5 M.-% für Steine mit einem Durchmesser  $d > 10$  mm, von zusammen 0,4 M.-% für Altpapier, Karton, Glas, Metalle und plastisch nicht verformbare Kunststoffe mit einem Durchmesser  $d > 2$  mm sowie von 0,1 M.-% für sonstige nicht abgebaute Kunststoffe mit einem Durchmesser  $d > 2$  mm. Die genannten Anforderungen gelten für den Fall, dass das fertige Produkt als Düngemittel, Bodenhilfsstoff, Kultursubstrat und Pflanzenhilfsmittel in Verkehr gebracht wird.



Die BioAbfV ermöglicht allerdings auch, dass natürliches Bodenmaterial mit einem geringeren Organikgehalt (TOC-Gehalt < 10 M.-%) der Kompostierung bzw. der Herstellung zu Gemischen mit Kompost zugeführt werden kann, soweit hierfür die stofflichen Anforderungen erfüllt und die umwelttechnische Eignung des Materials gegeben ist. Eine Verwertung oder Abgabe der so hergestellten Gemische aus Bioabfällen und natürlichem Bodenmaterial erfolgt in diesem Fall gemäß § 1 BioAbfV ausschließlich als Düngemittel auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Böden. Hinsichtlich der Anforderungen an die umwelttechnischen Eigenschaften gilt in diesem Fall, dass das natürliche Bodenmaterial, das zur Herstellung des Gemisches verwendet wird, die Vorsorgewerte für Böden nach Anhang 2 Nummer 4 BBodSchV nicht überschreitet. Ebenfalls darf das Gemisch bei Aufbringung gemäß § 6 Absatz 1 Satz 1 bzw. Satz 2 BioAbfV die Grenzwerte nach § 4 Abs. 3 BioAbfV (siehe auch 10.12) nicht überschreiten und muss ebenfalls den Vorgaben der DüMV, also den Grenzwerten nach Anlage 2 Tabelle 1.4 DüMV (siehe auch 10.13) entsprechen. Soweit zu einer bestimmten inhaltlichen Anforderung, beispielsweise dem maximal zulässigen Gehalt eines bestimmten Schadstoffs, unterschiedlich strenge Anforderungen bestehen, gilt die jeweils strengere Anforderung. Bezüglich der stofflichen Zusammensetzung begrenzt § 4 Abs. 4 BioAbfV den zulässigen Fremdstoffanteil (Glas, Kunststoff, Metall) des Gemisches zur Aufbringung mit einem Siebdurchgang  $d > 2$  mm auf höchstens 0,5 M.-% bezogen auf die Trockenmasse sowie den Anteil an Steinen mit einem Siebdurchgang  $> 10$  mm auf höchstens 5 M.-% bezogen auf die Trockenmasse. Zu beachten ist, dass diese Vorgaben allerdings für das fertige Gemisch zur Aufbringung auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Flächen gilt und sich hieraus keine Anforderungen an das natürliche Bodenmaterial als Ausgangsstoff zur Gemischherstellung ableiten lassen, da in vielen Fällen der Kompostierung eine Siebung und Aufbereitung vorgeschaltet ist, in der nicht erwünschte Stoffe und zu große Korngrößen abgetrennt werden können. Dies bedeutet, dass auch organikhaltige Aushubmaterialien, die den Anforderungen an das Produkt „Kompost“ aus der BioAbfV zunächst nicht entsprechen, an Komposthersteller abgegeben werden können. Auch unter diesem Aspekt ist eine möglichst frühzeitige Abstimmung mit möglichen Kompostherstellern hilfreich, um zu klären, welche Vorgaben an die stoffliche Beschaffenheit für das Aushubmaterial im Einzelfall gelten.

Bezüglich der maximal zulässigen Menge an Bioabfällen oder Gemischen, die nach BioAbfV auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Flächen zum Zwecke der Düngung aufgebracht werden, enthält § 6 BioAbfV Vorgaben. Demzufolge dürfen auf Böden innerhalb von drei Jahren maximal 20 t Trockenmasse Bioabfälle oder Gemische je Hektar aufgebracht werden. Unter Berücksichtigung der strengeren Schwermetallgehalte nach § 4 Abs. 3 BioAbfV darf diese Menge auf bis zu 30 t/ha innerhalb von drei Jahren gesteigert werden.

Auch die DüMV ermöglicht die Zugabe von natürlichem Bodenmaterial mit einem TOC-Gehalt < 10 M.-%, allerdings nur als Strukturmaterial und als Trägersubstanz bei der Herstellung von Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten, soweit das Bodenmaterial aufgrund seiner stofflichen und umwelttechnischen Eigenschaften hierfür geeignet ist. Zu beachten ist allerdings, dass nach DüMV natürliches Bodenmaterial mit einem Organikgehalt < 10 M.-% nicht zur Herstellung von Düngemitteln verwendet werden darf, das heißt, das bei der Zugabe von natürlichem Bodenmaterial zu Kompost das fertige Produkt ausdrücklich nicht als Düngemittel, sondern lediglich als Kultursubstrat oder Bodenhilfsstoff in Verkehr gebracht werden kann. Natürliches Bodenmaterial mit einem TOC-Gehalt < 10 M.-% kommt aus umwelttechnischer Sicht als Strukturmaterial oder Trägersubstanz in

Betracht, soweit es sowohl die Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 BBodSchV als auch die Schadstoffgrenzwerte nach Anlage 2 Tabelle 1.4 DüMV einhält. Bezüglich der stofflichen Zusammensetzung gelten nach § 4 Abs. 1 Pkt. 4 DüMV die bereits oben genannten Höchstwerte von 5 M.-% für Steine mit einem Durchmesser  $d > 10$  mm, von zusammen 0,4 M.-% für Altpapier, Karton, Glas, Metalle und plastisch nicht verformbare Kunststoffe mit einem Durchmesser  $d > 2$  mm sowie von 0,1 M.-% für sonstige nicht abgebaute Kunststoffe mit einem Durchmesser  $d > 2$  mm.

Die Erfolgsaussichten für eine Abgabe an Kompostierer sind bayernweit allerdings differenziert zu betrachten. Während im Gebiet südlich der Donau, insbesondere im Münchner Umland und südlich davon, reichlich humoser und organikhaltiger Bodenaushub vorhanden ist, gibt es in den Regionen nördlich der Donau eher einen Mangel an solchen Böden. Dies spielt insofern eine Rolle, als dass die Bereitschaft der Kompostierer zur Annahme von organikhaltigem Material, die entsprechende Eignung des Materials vorausgesetzt, in Gebieten mit reichlichen Vorkommen grundsätzlich eher geringer ist, als in Gebieten mit weniger organikhaltigen Böden. Dieses Ungleichgewicht zu nutzen, stößt allerdings in der räumlichen Distanz von Überfluss und Mangel an ihre Grenzen, denn der Transport über viele Kilometer ist unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten meist uninteressant.

Ebenfalls zu berücksichtigen gilt es, dass die Komposthersteller in der Regel feste Bezugsquellen und langfristige Lieferverträge für die Ausgangsstoffe ihrer Produkte haben und meist nicht zwangsläufig auf organikhaltiges Aushubmaterial aus Baumaßnahmen angewiesen sind. Dies führt oftmals dazu, dass die Kompostierer, soweit nicht gerade größerer Bedarf besteht, für die Abnahme des organikhaltigen Bodenmaterials eine Vergütung verlangen, obwohl sie dieses als Ausgangsstoff für ihr Produkt „Kompost“ verwenden können. Die frühzeitige Anfrage bei verschiedenen Kompostierern, ob aktuell Bedarf nach organikhaltigem Bodenaushub besteht, ist aus diesem Grund geboten, da ein Kompostierer, bei dem Bedarf besteht, eher zur Annahme und einer geringeren Vergütung bereit sein dürfte, als ein Kompostierer, bei dem kein Bedarf besteht. Die maximalen Annahmemengen bzw. die Mindestmengen an organikhaltigen Bodenaushub, die für den Komposthersteller von wirtschaftlichem Interesse sind, richten sich neben der Vergütung auch nach dem aktuellen Bedarf und der Kapazität seiner Anlage.

Hervorzuheben ist nochmals, dass die Vorgaben der BioAbfV lediglich für unbehandelte und behandelte Bioabfälle sowie Gemische aus unbehandelten und behandelten Bioabfällen mit Materialien gemäß Anhang 1 Nr. 2 BioAbfV (also auch Bodenmaterial), die zur Verwertung als Düngemittel auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden aufgebracht oder zum Zwecke der Aufbringung abgegeben werden, gelten. Sobald ein Inverkehrbringen als Düngemittel vorgesehen ist oder eine Weiterverarbeitung zum Bodenhilfsstoff, Kultursubstrat oder Pflanzenhilfsmittel stattfindet, gelten die Regelungen der DüMV.

#### **7.2.5.2 Abgabe an Erdenwerke zur Substratherstellung**

Die Abgabe an Erdenwerke, in denen organikhaltiger Bodenaushub zur Herstellung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsstoffen verwendet wird, stellt eine weitere Verwertungsmöglichkeit dar. Die rechtlichen Rahmenbedingungen und Anforderungen der für Düngemittel, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate und Pflanzenhilfsstoffe geltenden DüMV an die stoffliche

und umwelttechnische Beschaffenheit wurden dazu bereits unter 7.2.5.1 erwähnt, werden der Vollständigkeit halber aber nochmals kurz angeführt.

Gemäß DüMV darf zur Herstellung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsstoffen lediglich Torf mit einem TOC-Gehalt  $\geq 10$  M.-% verwendet werden, soweit dieser den umwelttechnischen und stofflichen Anforderungen der DüMV entspricht. Die umwelttechnischen Anforderungen ergeben sich dabei aus § 4 Abs. 1 Pkt. 3 DüMV, wonach die Grenzwerte nach Anlage 2 Tabelle 1.4 Spalte 4 DüMV (vgl. auch 10.13) in Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsstoffen sowie deren Ausgangsstoffen einzuhalten sind. Bezüglich der stofflichen Zusammensetzung gelten nach § 4 Abs. 1 Pkt. 4 DüMV die bereits unter 7.2.5.1 aufgeführten Höchstwerte von 5 M.-% für Steine mit einem Durchmesser  $d > 10$  mm, von zusammen 0,4 M.-% für Altpapier, Karton, Glas, Metalle und plastisch nicht verformbare Kunststoffe mit einem Durchmesser  $d > 2$  mm sowie von 0,1 M.-% für sonstige nicht abgebaute Kunststoffe mit einem Durchmesser  $d > 2$  mm, die für das fertige Produkt gelten. Wird organikhaltiges Bodenmaterial mit einem TOC-Gehalt  $< 10$  M.-% verwendet, darf das fertige Produkt allerdings lediglich mehr als Boden- und Pflanzenhilfsstoff oder Kultursubstrat, nicht aber als Düngemitteln in Verkehr gebracht werden. Neben den bereits erwähnten Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung nach § 4 Abs. 1 Pkt. 4 DüMV und die umwelttechnische Beschaffenheit nach § 4 Abs. 3 Pkt. 3 DüMV, wonach die Grenzwerte nach Anlage 2 Tabelle 1.4 Spalte 4 DüMV einzuhalten sind, darf das zur Herstellung verwendete Bodenmaterial zusätzlich auch nicht die Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nummer 4 BBodSchV überschreiten.

Wie bereits bei der Abgabe an Kompostierwerke ist die Abgabe von Materialien, die die Anforderungen an die stoffliche Beschaffenheit zunächst nicht erfüllen, bei Vorhandensein entsprechender Aufbereitungs- und Siebungsmöglichkeiten des Erdenwerks gegenbenenfalls dennoch möglich. Die frühzeitige Kontaktaufnahme mit Betreibern von Erdenwerken dient auch hier zur Klärung der Frage, welche stofflichen Eigenschaften das Bodenmaterial zur Abgabe aufweisen muss, damit eine Annahme noch möglich ist. Anforderungen hinsichtlich eines Mindestorganikgehalts bestehen nicht, da in Erdenwerken sowohl organisches Bodenmaterial mit einem TOC-Gehalt  $\geq 10$  M.-% als auch Bodenmaterial mit einem TOC-Gehalt  $< 10$  M.-% verarbeitet werden darf. Die unter 7.2.5.1 gemachten Ausführungen zu regionalen Unterschieden zur Verfügbarkeit und der Nachfrage seitens der Komposthersteller, nach der sich auch eine unter Umständen zu entrichtende Vergütung orientiert, sowie zu den für die Abnehmer relevanten Mindest- und Höchstmengen, die abgenommen werden können und die sich am jeweiligen momentanen Bedarf der Verwerter orientieren, sind auch auf die Betreiber von Erdenwerken übertragbar.

Zur Abgabe an Substrathersteller und Erdenwerke dürfen als Ausgangsstoffe nach § 4 Abs. 1 Nr. 2 DüMV zudem nur Stoffe verwendet werden, die die Fruchtbarkeit des Bodens, die Gesundheit des Menschen, der Tiere und der Nutzpflanzen nicht schädigen, den Naturhaushalt nicht gefährden und dem Bodenschutz und der Erhaltung und Förderung der Fruchtbarkeit des Bodens dienen. Dies setzt voraus, dass das Bodenmaterial den Anforderungen an die Seuchen- und Phytohygiene nach § 5 DüMV entspricht.

### 7.2.5.3 Abgabe an die Ziegelindustrie

Organikhaltiger Bodenaushub kann unter gewissen Bedingungen auch an die Ziegelindustrie abgegeben werden. Entscheidende Kriterien, die über diese Art der Verwertung bestimmen, sind insbesondere die Menge an organikhaltigen Bodenaushub, die abgegeben werden soll, der Anteil und die Art des im Aushub enthaltenen Tones, der Organikgehalt des Bodens sowie die Anteile an größeren Bestandteilen wie Sanden oder Kiesen. Potentielle Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen gehen hingegen überhaupt nicht in die Bewertung der Eignung mit ein. Prinzipiell ist es zunächst möglich, organikhaltigen Bodenaushub in der Ziegelindustrie als Rohstoff zur Ziegelherstellung, als Zuschlagstoff zur Porosierung und Erhöhung des Brennwertes oder als mineralischen Zuschlagstoff einzusetzen.

Da Ziegel zu großen Teilen aus gebranntem Ton bestehen, ist die Grundvoraussetzung für die Eignung des Bodenaushubs, soll dieser als Rohstoff zur Herstellung von Ziegeln eingesetzt werden, ein ausreichender Anteil an Ton, dessen Plastizität den Anforderungen der Ziegelherstellung genügt. Übliche Rohstoffe, die für die Ziegelherstellung verwendet werden, verfügen für gewöhnlich über einen Tonanteil von mindestens 50 M.-%. Diesen Tonanteil sollte auch organikhaltiger Bodenaushub aufweisen, soweit er als Rohstoff zur Ziegelherstellung verwendet werden soll. Allerdings hängen die Anforderungen an den Tonanteil auch von der Art des Ziegels, der hergestellt werden soll, ab, so dass in einigen Fällen auch organikhaltiger Bodenaushub mit einem geringeren Tonanteil als Rohstoff zur Ziegelherstellung abgegeben werden kann. Mittels einer chemischen und mineralischen Analyse sind Aussagen über den Tonanteil und die Art der Tonminerale möglich, so dass eine vorherige Analyse des Materials, welches abgegeben werden soll, bei diesem Verwertungsweg unumgänglich ist.

Weitere Einschränkungen bei der Abgabe als Rohstoff zur Ziegelherstellung bestehen hinsichtlich der Anteile in der Sand- und Kiesfraktion. Da Quarz, aus welchem natürliche Sande oft zu großen Anteilen bestehen, bei hohen Temperaturen wie sie beim Brennen der Ziegel entstehen seine Mineralstruktur ändert, was zu einer verminderten Qualität der gebrannten Ziegel führt, beschränken viele Ziegelhersteller den zulässigen Sandanteil. Dieser sollte so gering wie möglich sein und 50 M.-% nicht überschreiten. Anteile im Kieskornbereich sind in der Regel ebenfalls ein Ausschlusskriterium für Materialien zur Ziegelherstellung, da die Werkzeuge zum Zerkleinern der Rohstoffe nicht auf Kieskorn ausgelegt sind und dadurch Schäden nehmen würden. Manchmal verfügen Ziegeleien aber auch über Aussortier- und Aufbereitungsanlagen, in denen grobkörnige Anteile abgetrennt werden können. In diesen Fällen ist auch denkbar, dass Bodenaushub mit geringen Kiesanteilen, der ansonsten den Anforderungen genügt, aufbereitet und dem Herstellprozess zugeführt werden kann. Problematisch kann jedoch häufig der hohe Wassergehalt organikhaltiger Böden sein, aufgrund dessen das Absieben nicht möglich ist.

Für organikhaltigen Bodenaushub, dessen Tonanteil zur Verwendung als Rohstoff zur Ziegelherstellung unzureichend ist, bestehen weiterhin die Möglichkeiten, den organikhaltigen Bodenaushub entweder als mineralischen Zuschlagstoff oder als Zuschlagstoff zur Porosierung und zur Erhöhung des Brennwertes dem Herstellungsprozess zuzugeben. Stark organikhaltige Böden wie Torfe kommen dabei eher zur Porosierung der Ziegel und zur Erhöhung des Brennwertes zum Einsatz, während Böden mit geringerem Organikgehalt bei geeigneter mineralischer Zusammensetzung

gegebenenfalls als mineralischer Zuschlagstoff verwendet werden können. Der Organikgehalt, oder genauer ausgedrückt, der Brennwert infolge des Organikgehalts, bestimmt allerdings maßgeblich die möglichen Zugabemengen des Aushubmaterials im Herstellungsprozess. Dabei besteht weniger das Problem eines zu geringen Brennwertes, sondern vielmehr das eines zu hohen Brennwertes und in der Folge zu hoher Brenntemperaturen. Je nach Organikgehalt bzw. Brennwert des Bodenaushubs werden der rohen Ziegelmasse also größere oder kleinere Anteile zugegeben. In Bezug auf die Anforderungen an die umwelttechnischen Eigenschaften des Materials ist hervorzuheben, dass keinerlei Grenzwerte hinsichtlich Feststoff- und Eluatwerten bestehen. Es bestehen keine Eignungsbeschränkungen aufgrund der umwelttechnischen Charakterisierung.

Im Hinblick auf etwaige Mindestmengen, ab denen die Integration des organikhaltigen Bodenaushubs, entsprechende Eignung vorausgesetzt, in den Herstellungsprozess für die Ziegelhersteller von Interesse ist, können keine genauen Angaben angegeben werden. Da es sich beim Brennen von Ziegeln allerdings um einen kontinuierlichen Herstellungsprozess handelt, an dessen Ende ein Produkt mit möglichst gleichbleibenden Eigenschaften steht, ist ein Umstellen der Ofenprozesse, die mit einer Änderung der Beschaffenheit des Beschickungsmaterials zwangsläufig einhergeht, erst ab gewissen Mengen für die Ziegelindustrie wirtschaftlich interessant. Generell lässt sich festhalten, dass größere, im Idealfall kontinuierlich und in gleichbleibender Qualität anfallende Aushubmengen einfacher abgegeben werden können, als kleine, einmalig anfallende Aushubmengen. In der Regel dürften die Mengen, die bei kleinen Bauvorhaben anfallen, zu einem Ausschluss dieser Verwertungsmöglichkeit führen.

Festzuhalten ist in diesem Zusammenhang auch, dass die Ziegelwerke zur Sicherstellung der gleichbleibenden Produktqualität und der Aufrechterhaltung des kontinuierlichen Herstellprozesses in der Regel über langfristige Lieferverträge mit Tongrubenbesitzern verfügen, so dass die Ziegelhersteller nicht auf organikhaltigen Bodenaushub, dessen Integration in den Herstellprozess sogar mit zusätzlichem Aufwand verbunden ist, angewiesen sind. Der Umstand einer meist langfristig gesicherten Versorgung mit geeigneten Rohstoffen in Verbindung mit den vorangehenden Ausführungen hinsichtlich der erforderlichen Kontinuität in der Herstellung hat auch unmittelbar Auswirkungen auf die Vergütung bei der Abgabe von organikhaltigen Bodenaushub an die Ziegelhersteller. Im besten Fall dürfte das Aushubmaterial kostenneutral, das heißt ohne, dass eine Vergütung an das Ziegelwerk gezahlt werden muss, abgegeben werden können. Da die Integration von organikhaltigem Bodenmaterial jedoch mit Aufwand für die Ziegelhersteller, beispielsweise die Umstellung von Ofenprozessen oder Abweichungen in der Zusammenstellung des Mischguts zum Brennen der Ziegel, verbunden ist, kann es vorkommen, dass die Ziegelhersteller sich die Abnahme des Materials vergüten lassen. Eine fallweise Betrachtung ist ratsam, da selbst im Falle einer zu zahlenden Vergütung an den Ziegelhersteller dies im Vergleich zur Beseitigung des Aushubmaterials den wirtschaftlicheren Weg darstellen kann.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine Verwertung organikhaltigen Bodenaushubs als Rohstoff im Rahmen der Ziegelherstellung prinzipiell möglich ist, soweit das Bodenmaterial den stofflichen Anforderungen an den Ton-, Sand- und Kiesanteil entspricht und die verfügbaren Mengen eine Eingliederung des Bodenaushubs in den Herstellungsprozess unter ökonomischen Gesichtspunkten rechtfertigen. Zur Klärung der Frage des Tongehalts und zur Bestimmung des Orga-

nikgehalts, welche die Möglichkeit der Zugabe zur Herstellung maßgebend beeinflusst, ist eine chemische und mineralische Analyse des Bodenaushubs unumgänglich. Es ist ratsam, bereits mit den Analyseergebnissen und möglichst frühzeitig auf mögliche Abnehmer aus der Ziegelindustrie zuzugehen. Ist eine Abgabe als Rohstoff zur Ziegelherstellung nicht möglich, bestehen zudem die Möglichkeiten, den organikhaltigen Bodenaushub als mineralischen Zuschlagstoff oder zur Porosierung und Erhöhung des Brennwertes abzugeben. Dies bedarf in der Regel allerdings immer einer Einzelfallbetrachtung.

## 7.2.6 Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen

### 7.2.6.1 Allgemeines

Die Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen wird in Bayern durch den Leitfaden „Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen“ geregelt [24]. Er ersetzt in Bayern die Regelungen der LAGA M 20 (1997) im Hinblick auf Verfüllungen. Die Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen gilt nach § 14 Abs. 3 Satz 2 KrWG als stoffliche Verwertungsmaßnahme, soweit das Verfüllmaterial als Ersatz für andere Materialien genutzt wird, die stattdessen zur Verfüllung verwendet worden wären. Im Folgenden werden sowohl die in Bayern gültigen Vorgaben zur Verfüllung nach Leitfaden für die „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“, als auch die außerhalb Bayerns gültigen Vorgaben der LAGA M 20, soweit keine ländereigenen Regelungen diese ersetzen, genannt.

### 7.2.6.2 Verfüllung gemäß Leitfaden „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“

Im Leitfaden „Anforderungen an die Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ wird zwischen den Möglichkeiten der Nassverfüllung, also der Verfüllung von Abbaustätten, die in den Grundwasserbereich sowie den Bereich bis zu einem Abstand von weniger als 2 m über dem höchsten Grundwasserstand reichen, und der Trockenverfüllung, also der Verfüllung von Abbaustätten, die nicht ins Grundwasser und höchstens bis 2 m über den höchsten Grundwasserstand reichen, differenziert. Bei der Trockenverfüllung unterscheidet der Leitfaden auf Grund des vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes in Abhängigkeit von den Standortvoraussetzungen vier Verfüllkategorien (A, B, C1 und C2) für Verfüllmaterial von Z 0 über Z 1.1 und Z 1.2 bis Z 2. Hinweise zur Beurteilung des Verfüllstandortes sind in Anlage 7 des Leitfadens für die „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ gegeben. Die Zuordnungswerte Z 0 über Z 1.1 und Z 1.2 bis Z 2, die im Rahmen der Verfüllung beachtet werden müssen, sind dabei nicht der LAGA M 20, sondern den Anlagen 2 und 3 des Leitfadens für die „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ (siehe auch Anlage 10.14 für Feststoffwerte und Anlage 10.15 für Eluatwerte) zu entnehmen. Die Eluatwerte des Verfüllleitfadens unterscheiden sich gegenüber den Eluatwerten der LAGA M 20 durch höhere zulässige Zuordnungswerte für die Verfüllung von Bauschutt für die Parameter Chlorid, Sulfat, elektrische Leitfähigkeit, Chrom und Quecksilber, zudem wurde der Z 1.1-Wert des Verfüllleitfadens für Blei dem Prüfwert der BBodSchV angeglichen. Bei den Zuordnungswerten Z 0 für den Feststoff wird im Verfüllleitfaden im Gegensatz zur LAGA M 20 zwischen den Bodenarten Sand, Lehm/Schluff und Ton unterschieden, zudem wurden im Verfüllleitfaden bei einigen Feststoffparametern Änderungen bei den Z 0 und Z 1.1-Werten vorgenommen (PAK, PCP, Blei, Chrom, Cadmium) und einige Parameter werden nicht weiter in der Bewertung berücksichtigt (Thallium, pH-Wert, BTEX und LHKW). Die Zuordnungswerte Z 1.2 und Z 2 sind hingegen im Ver-

fülleleitfaden und der LAGA M 20 identisch. Zur Probenahme und Analyse zum Zwecke der Bestimmung der umwelttechnischen Charakterisierung des Verfüllmaterials enthält Anhang 9 des Leitfadens für die „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ Vorgaben. Im Folgenden werden zunächst einige Grundsätze zur Verfüllung von organikhaltigem Bodenaushub genannt und anschließend sowohl für die Nassverfüllung als auch für die vier Standortkategorien der Trockenverfüllung die notwendigen Rahmenbedingungen sowie die Anforderungen an das Verfüllmaterial erläutert.

In Zusammenhang mit der Verfüllung organikhaltiger Böden ist zu beachten, dass Humus/humoser Oberboden („Mutterboden“) mit Bezug auf § 202 BauGB von der Verfüllung grundsätzlich ausgeschlossen ist. Bei mineralischem Bodenmaterial aus dem Unterboden hängt die Möglichkeit der Verfüllung dagegen von seinem Organikgehalt ab. Bodenmaterial mit einem Humusgehalt von höchstens 2 M.-% bzw. einem TOC-Gehalt von höchstens 1 %, also höchstens schwach humoses Material, ist prinzipiell für die Verfüllung von Nass- und Trockenstandorten geeignet. Die Verfüllung von Bodenmaterial mit höheren Humusgehalten hingegen ist problematisch, insbesondere da sich nach dem Verfüllen reduzierende Bedingungen einstellen können, wodurch es zur verstärkten Freisetzung möglicher gebundener Schwermetalle kommen kann.

Für mittel bis stark humoses Bodenmaterial, das heißt Bodenmaterial mit einem Humusgehalt  $> 2$  M.-% bis  $\leq 10$  M.-% Humus ( $\cong > 1$  % TOC bis  $\leq 6$  % TOC), kann einer Verfüllung in Trockenstandorten nach einer auf einzelne Chargen bezogenen Einzelfallprüfung ausnahmsweise zugestimmt werden. Dazu ist neben dem organischen Parameter TOC-Gehalt auch der DOC-Gehalt zu untersuchen. Übersteigt der DOC-Gehalt den Zuordnungswert von 20 – 25 mg/l nicht und ist das Bodenmaterial ansonsten für eine Verfüllung zulässig, kann die zuständige Behörde einer Verfüllung im Einzelfall zustimmen. Gegebenenfalls können die Standortbedingungen des Verfüllstandortes eine weitere Begrenzung des DOC-Wertes notwendig machen. Die Verfüllung von Bodenmaterial mit Humusgehalten  $> 2$  % ( $\cong 1$  % TOC  $> 1$  %) in ehemaligen Nassabbaustellen ist nicht zulässig. Sehr stark humoses Bodenmaterial mit Humusgehalten von mehr als 10 M.-% bzw. einem TOC-Gehalt  $> 6$  %, ist weder für die Verfüllung von Trocken-, noch von Nassstandorten zugelassen. Im Zusammenhang mit Verfüllmaßnahmen kommt für solche Materialien lediglich eine Verwendung als Rekultivierungsschicht des Verfüllstandortes in Betracht (siehe Kapitel 7.2.4.2).

Ist Bodenaushub aufgrund der oben ausgeführten Regelungen zur Verfüllung zulässig, ist zunächst ein Antrag zur Verfüllung bei der zuständigen Genehmigungsbehörde zu stellen. Der Antrag muss Informationen über die anstehenden Bodenverhältnisse, die Geologie und Hydrogeologie sowie die wasserwirtschaftliche Situation am Verfüllstandort enthalten. Die Informationen zur wasserwirtschaftlichen Situation dienen insbesondere zur Beurteilung der Auswirkungen der Verfüllung auf das Grundwasser. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Lage der Verfüllmaßnahme zu vorhandenen oder geplanten Grund- oder Trinkwassernutzungsgebieten sowie zu bestehenden oder geplanten Wasserschutzgebieten. Zusätzlich ist die Empfindlichkeit der verbleibenden Grundwasserüberdeckung sowie bei Verfüllmaterial über Z 0 das Sorptionsvermögen der Grundwasserüberdeckung zu ermitteln. Auf Grundlage dieser Untersuchungen legt die Genehmigungsbehörde die Standortkategorie des Verfüllstandorts fest. Die Standortkategorie kann durch den zusätzlichen Einbau einer technischen Sorptionsschicht um maximal eine Kategorie angeho-

ben werden. Für nähere Informationen zu den notwendigen Untersuchungen des Verfüllstandortes sei auf den „Leitfaden zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ verwiesen.

Bezüglich der technischen Anforderungen an das Verfüllmaterial muss sichergestellt werden, dass es die Funktion des substituierten Primärrohstoffes übernehmen und die an ihm gestellten Anforderungen weitgehend erfüllen kann. Nach dem Verfüllen darf keine Gefährdung der Standsicherheit des verfüllten Standorts bestehen. Ist auf dem Verfüllstandort eine Folgenutzung vorgesehen, müssen mögliche Verformungen bereits bei der Verfüllung berücksichtigt werden. Gegebenenfalls ist eine Überhöhung vorzusehen. Aus Gründen des Umweltschutzes ist bevorzugt darauf zu achten, den Bodenaushub möglichst ortsnah zu verwenden. Die umwelttechnischen Anforderungen an das Verfüllmaterial ergeben sich daraus, ob das Material im Rahmen einer Nass- oder einer Trockenverfüllung zum Einsatz kommt. Bei letzterer hat auch eine Unterscheidung unter Berücksichtigung der Standortkategorie zu erfolgen

### **Verfüllung von Nassstandorten**

Die Verfüllung von Nassstandorten, das heißt von Abbaustellen, die in das Grundwasser sowie den Bereich bis zu einem Abstand von in der Regel weniger als 2 m über dem höchsten bekannten Grundwasserstand reichen, ist in der Regel nur für örtlich anfallenden Abraum und unverwertbare Lagerstättenanteile zulässig. Im Hinblick auf den Organikgehalt muss grundsätzlich beachtet werden, dass lediglich höchstens schwach humoses Material, das heißt mit einem Humusgehalt < 2 M.-% ( $\cong$  TOC-Gehalt von 1 %) in Nassstandorten verfüllt werden darf. Die Verfüllung von Baggersen ist grundsätzlich ausgeschlossen. Der Begriff „örtlich anfallend“ bezieht sich in diesem Zusammenhang zunächst auf die Abbaustelle selbst, allerdings sind Materialien aus anderen Abbaustellen ebenfalls zulässig, soweit mit dem Ort der Verfüllung noch ein enger örtlicher und funktionaler Zusammenhang besteht und die Materialien aus einer vergleichbaren geologischen Situation wie am Verfüllstandort stammen. Für ortsfremden Bodenaushub kann eine (Teil-)Verfüllung von Nassabbaustellen ausnahmsweise zugelassen werden, wenn es sich bei dem Verfüllmaterial um unbedenklichen Bodenaushub ohne Fremdbestandteile handelt, der Grundwasserschutz gewahrt bleibt und die Verfüllung aus Gründen des öffentlichen Interesses geboten scheint. Beispiele für Gründe des öffentlichen Interesses, die eine (Teil-)Verfüllung von ortsfremdem Bodenaushub rechtfertigen, können dem Leitfaden zur „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ entnommen werden.

Hinsichtlich umwelttechnischer Vorgaben ist zu beachten, dass zur Nassverfüllung lediglich unbedenklicher Bodenaushub ohne Fremdbestandteile zulässig ist. Bodenaushub gilt als unbedenklich, sofern keine Hinweise auf anthropogene, schädliche Veränderungen vorliegen und er die Zuordnungswerte für Z 0-Materialien nach Anlage 2 und 3 des Leitfadens für die „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ einhält. Zu beachten ist hierbei, dass der Leitfaden für die „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ für Sand, Schluff und Ton unterschiedliche Feststoffwerte aufführt. Dies liegt in der unterschiedlichen Mobilisierbarkeit möglicher Schadstoffe bei den unterschiedlichen Bodenarten. Für die Verfüllung von Nassstandorten sind bei den Feststoffwerten die Zuordnungswerte für Sand heranzuziehen, bzw. abhängig von der zu verfüllenden Bodenart maximal die Zuordnungswerte für Lehm/Schluff. Die Berücksichtigung einer geogen oder großflächig



siedlungsbedingten Hintergrundbelastung am Verfüllstandort ist möglich. Liegen die Hintergrundgehalte am Verfüllstandort oberhalb der zulässigen Zuordnungswerte für Z 0, kann Material mit Stoffgehalten bis zu diesen Hintergrundgehalten verfüllt bzw. genehmigt werden, sofern die Hintergrundgehalte bereits in der Antragstellung nachgewiesen und angeführt wurden. Besitzt der zu verfüllende Bodenaushub geogen oder anthropogen bedingt höhere Hintergrundgehalte, als der Boden am Verfüllstandort aufweist, kann die Genehmigungsbehörde im Einzelfall die Verfüllung bis zu den Stoffgehalten des zu verfüllenden Bodens unter der Voraussetzung genehmigen, dass keine nachteilige Veränderung des vorhandenen Grundwasserchemismus zu besorgen ist.

Die Verfüllung nasser Gruben und Brüche bleibt eine Nassverfüllung, bis der Verfüllvorgang an der ursprünglichen Geländeoberkannte vor Beginn des Abbaus abgeschlossen ist. Dies bedeutet, eine Überführung der Nass- in eine Trockenverfüllung ab 2 m über dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand ist nicht zulässig. In Ausnahmefällen kann eine Nassverfüllung von ortsfremden, unbelasteten Fremdmaterialien, das heißt von Bodenaushub ohne Fremdbestandteile bis zu den Z 0-Werten, auch ohne Vorliegen eines öffentlichen Interesses gestattet werden. Die Voraussetzung hierfür ist, dass der Bereich bis 2 m über den höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mit lagerstätteneigenem Abraummateriale oder unverwertbaren Lagerstättenanteilen aufgefüllt wird. Der Bereich oberhalb 2 m über dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand darf dann mit ortsfremden, unbelasteten Material aufgefüllt werden, soweit der Grundwasserschutz gewahrt bleibt.

### ***Verfüllung von Trockenstandorten***

Bei der Verfüllung von Trockenstandorten, also von Standorten, die nicht ins Grundwasser und höchstens in den Bereich oberhalb 2 m über den höchsten Grundwasserstand reichen, bestimmt im Zusammenhang mit organikhaltigen Bodenaushub neben den umwelttechnischen Eigenschaften des Materials, vor allem auch der Organikgehalt, ob das Material für die Verfüllung zulässig ist. Gemäß den Ausführungen hinsichtlich des zulässigen Organikgehalts unter 7.2.6.2 ist höchstens schwach humoses Material mit Humusgehalten  $\leq 2$  M.-% bzw. einem TOC-Gehalt  $\leq 1$  % prinzipiell für die Verfüllung geeignet. Der Verfüllung von Bodenmaterial mit einem Humusgehalt  $> 2$  M.-% bzw. einem TOC-Gehalt  $> 1$  % kann bis zu einem Humusgehalt von  $\leq 10$  M.-% bzw. einem TOC-Gehalt  $\leq 6$  % unter Berücksichtigung des DOC-Gehalts ausnahmsweise zugestimmt werden. Böden mit Humusgehalten  $> 10$  M.-% bzw. TOC-Gehalt  $> 6$  % dürfen dagegen nicht verfüllt werden. Die umwelttechnischen Eigenschaften des Bodenaushubs bestimmen die mindestens notwendige Standortkategorie des Verfüllstandortes. Die Standortkategorie wird von der Genehmigungsbehörde unter Beachtung der wasserwirtschaftlichen und hydrogeologischen Gesamtbeurteilung des Verfüllstandortes festgelegt. Je günstiger die wasserwirtschaftlichen und hydrogeologischen Randbedingungen am Verfüllstandort sind, als desto weniger empfindlich gilt der Verfüllstandort und desto höhere Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen des Verfüllmaterials können zugelassen werden. Es wird zwischen Standorten der Kategorie A, B, C1 und C2 unterschieden, deren wasserwirtschaftliche und hydrogeologische Sensibilität dabei von der Kategorie A über B bis hin zu C1 bzw. C2 abnimmt. In Tabelle 4 sind die bei der Trockenverfüllung möglichen Standortkategorien mit einer qualitativen wasserwirtschaftlichen und hydrogeologischen Beurteilung des Verfüllstandortes sowie den zulässigen Verfüllmaterialien aufgeführt.

Standortkategorie	wasserwirtschaftliche/ hydrogeologische Ge- samtbeurteilung des Standorts	zulässiges Material	max. zuläs- sige Zuord- nungswerte <sup>1)</sup>
A	sehr empfindlich	- örtlich anfallender Abraum und unverwertbare Lagerstättenanteile - unbedenklicher Bodenaushub	$\leq Z 0^{1)}$
B	mittel empfindlich	- örtlich anfallender Abraum und unverwertbare Lagerstättenanteile - unbedenklicher Bodenaushub - rein min., vorsortierter Bauschutt - vorsortierter, gereinigter Gleis- schotter	$\leq Z 1.1^{1)}$
C 1	wenig empfindlich	- örtlich anfallender Abraum und unverwertbare Lagerstättenanteile - unbedenklicher Bodenaushub - rein min., vorsortierter Bauschutt - vorsortierter, gereinigter Gleis- schotter	$\leq Z 1.2^{1)}$
C 2			$\leq Z 2^{1)}$

<sup>1)</sup>Eluat- und Feststoffwerte nach Anlage 2 und 3 „Leitfaden Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen (siehe auch Anlagen 10.14 und 10.15)

Tabelle 4: Standortkategorien zur Trockenverfüllung und zulässiges Verfüllmaterial

Standorte der Kategorie A sind aus wasserwirtschaftlicher Sicht als sehr empfindlich einzustufen. Gewöhnlich handelt es sich um Standorte, die sich in wasserwirtschaftlichen Vorranggebieten, in Gebieten der Wasserschutzzone III oder in wasserwirtschaftlich besonders empfindlichen Gebieten (z. B. Karstgebiete, stark klüftiger und durchlässiger Untergrund ohne ausreichende Decksicht) befinden. Aus diesem Grund ist eine Verfüllung solch sensibler Standorte nur mit unbedenklichen Materialien zulässig, die die Zuordnungswerte Z 0 nach Anlage 2 und 3 (siehe auch Anhang 10.14 und 10.15) des Leitfadens für die „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ für das Eluat und den Feststoff unterschreiten. Die Unbedenklichkeit des Verfüllmaterials ist nachzuweisen. Verfüllstandorte der Kategorie A sind nach Beendigung der Verfüllmaßnahme mit einer mindestens 2 m mächtigen durchwurzelbaren Bodenschicht aus Bodenmaterial, das die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält sowie alle natürlichen Bodenfunktionen übernehmen kann, abzuschließen. Liegen die Hintergrundgehalte des Bodens am Verfüllstandort oberhalb der Z 0-Werte des Leitfadens für die „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“, kann die Verfüllung von Materialien mit Stoffgehalten bis zu diesen Hintergrundwerten genehmigt werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die erhöhten Hintergrundgehalte bereits bei der Antragstellung nachgewiesen wurden.

Die Standortkategorie B kennzeichnet aus wasserwirtschaftlicher Sicht Standorte, die als mittel empfindlich anzusehen sind. Sie liegen außerhalb der unter der Kategorie A aufgeführten Wasserschutzgebiete und verfügen über eine natürliche und/oder technisch herzustellende Sorptionschicht, durch deren Filterwirkung und Sorptions- sowie Schadstoffrückhaltevermögen sichergestellt ist, dass bei der Verfüllung des Standorts mit für diese Standortkategorie zugelassenem Mate-

rial die Vorsorgewerte nach den Anlagen 4 und 5 des Leitfadens für die „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ im Grundwasser nicht überschritten werden. Die Anforderungen an die technische Sorptionsschicht und an deren Einbau sind den Anlagen 8a und 8b des Leitfadens für die „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ zu entnehmen. Durch die Lage außerhalb von Schutzgebieten und die vorhandene Sorptionsschicht kann die Verfüllung von Materialien mit Stoffgehalten bis zu den Zuordnungswerte Z 1.1 der Anlage 2 und 3 des Leitfadens für die „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ (siehe auch Anhang 10.14 und 10.15) genehmigt werden. Die Verfüllung hat abschnittsweise zu erfolgen und soll nach Beendigung zügig rekultiviert bzw. renaturiert werden. Bei Standorten in Gebieten mit einer geogen oder großflächig siedlungsbedingten Hintergrundbelastung oberhalb der Z 1.1-Werte ist die Verfüllung von Materialien bis zu diesen erhöhten Hintergrundgehalten ebenfalls zulässig. Voraussetzung ist wiederum, dass die Hintergrundgehalte bereits in der Antragstellung nachgewiesen wurden.

Aus wasserwirtschaftlicher Sicht wenig empfindliche Standorte fallen in die Standortkategorie C. Sie verfügen ebenfalls über eine natürlich vorhandene Sorptionsschicht, deren Rückhalte- und Sorptionswirkung dafür sorgt, dass eine Überschreitung der Vorsorgewerte der Anlagen 4 und 5 des Leitfadens für die „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ im Grundwasser nicht zu befürchten ist. Auch hier kann die Erstellung einer zusätzlichen technischen Sorptionsschicht notwendig sein, sofern die Wirkung der natürlich vorhandenen Sorptionsschicht unzureichend ist. Die Standortkategorie C wird nochmals unterschieden in C1, in der die Verfüllung von Z 1.2-Materialien zulässig ist, und C2, in der Material in besonderen Einzelfällen bei besonders günstigen hydrogeologischen und geologischen Verhältnissen bis zu den Zuordnungswerten Z 2 verfüllt werden kann. Eine eventuell vorhandene Hintergrundbelastung am Verfüllstandort darf wie schon bei den Standorten der Kategorien A und B auch hier berücksichtigt werden.

### 7.2.6.3 Verfüllung gemäß LAGA M 20

Wie bei der Verfüllung nach Leitfaden für die „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ sind auch bei einer Verfüllung nach LAGA M 20 die umwelt- und bautechnischen Eigenschaften des Verfüllmaterials zu beachten. Die bautechnischen Eigenschaften spielen zwar eine untergeordnete Rolle, dennoch muss die Standsicherheit des Verfüllstandortes nach Beendigung der Verfüllmaßnahme sichergestellt sein und mögliche Setzungen an der späteren Geländeoberfläche infolge von Verformungen müssen bereits während des Verfüllvorgangs berücksichtigt werden. Bezüglich eines maximal zulässigen Organikgehalts des Verfüllmaterials gibt die LAGA M 20 vor, dass bei der Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen – so wird in der LAGA M 20 die Verfüllung von Abgrabungen und die Verwendung von Bodenmaterial im Landschaftsbau außerhalb von Bauwerken bezeichnet – unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht ausschließlich humusarmes Bodenmaterial verwendet werden darf. Zieht man die unter Kapitel 2 genannte Definition für humusarmes Material zur Bewertung des zulässigen Organikgehalts heran, ergibt sich somit ein für die Verfüllung zulässiger Humusgehalt von  $\leq 2$  M.-% bzw. ein TOC-Gehalt  $\leq 1$  %. Bodenmaterial mit höheren Organikgehalten ist nach LAGA M 20 für die Verwendung in bodenähnlichen Anwendungen nicht erlaubt.

Im Hinblick auf die umwelttechnischen Eigenschaften ist lediglich Verfüllmaterial zulässig, das unterhalb der Zuordnungswerte Z 0 für Böden der LAGA M 20 (siehe auch Anhang 10.7 und 10.8)

liegt und somit der Einbauklasse 0 entspricht. Bodenmaterial, bei dem lediglich die Feststoffgehalte oberhalb der Z 0-Werte liegen, darf nur verwendet werden, wenn

- der Verfüllstandort außerhalb wasserwirtschaftlicher Schutzgebiete liegt,
- die Eluat- und Feststoffgehalte nicht die Zuordnungswerte Z 0\* der Tabelle Nr. II.1.2 der LAGA M 20 überschreiten und
- das verfüllte Bodenmaterial mit einer mindestens 2 m mächtigen Schicht aus Bodenmaterial, das unterhalb der Vorsorgewerte der BBodSchV liegt und alle natürlichen Bodenfunktionen übernehmen kann, abgedeckt wird.

Die Z 0\* werden aus den zweifachen Vorsorgewerten des Anhangs 2 Nr. 4 BBodSchV abgeleitet. Für die Schwermetalle sind die Vorsorgewerte für Lehm/Schluff zugrunde zu legen (Ausnahmen für den Parameter Cd: 1 mg/kg für die Bodenarten Sand und Lehm/Schluff sowie 1,5 mg/kg für die Bodenart Ton). Für die organischen Schadstoffe sind zur Bestimmung der Z 0\*-Werte die Vorsorgewerte für  $\leq 8\%$  Humusgehalt heranzuziehen. Eine behördliche Genehmigung ist nicht einzuholen. Die Verwendung von Bodenmaterial, das die Zuordnungswerte Z 0\* für das Eluat und den Feststoff überschreitet, ist auch bei günstigen hydrogeologischen Randbedingungen nicht zulässig. Allerdings ist es möglich, natur- oder großflächig siedlungsbedingt erhöhte Hintergrundgehalte unter Beachtung des § 9 Abs. 2 und Abs. 3 BBodSchV zu berücksichtigen. Demnach können für einzelne Parameter von der zuständigen Behörde spezifische Zuordnungswerte festgelegt werden, soweit sichergestellt ist, dass es durch die Verfüllmaßnahme nicht zu einer erheblichen Freisetzung von Schadstoffen kommt und keine zusätzlichen Einträge mit nachteiligen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen zu erwarten sind.

### 7.2.7 Energetische Verwertung (Vergärung oder Verbrennung)

Kann organikhaltiger Bodenaushub keiner der vorgenannten stofflichen Verwertungsmaßnahmen zugeführt werden, bietet sich unter Umständen die Möglichkeit der energetischen Verwertung an. Dabei ist sowohl eine Vergärung der organischen Anteile in Biogasanlagen, als auch die Verbrennung in Heizkraftwerken denkbar. Nach § 8 Abs. 3 KrWG ist die energetische der stofflichen Verwertung gleichzusetzen, sofern der Heizwert des Abfalls ohne Vermischung mit anderen Stoffen mindestens 11 000 kJ/kg beträgt. Anforderungen an die bautechnischen Eigenschaften des organikhaltigen Bodenaushubs sind bei dieser Form der Verwertung ebenso wenig zu stellen wie umwelttechnische Anforderungen. Allerdings sind durch den Energieerzeuger je nach Form der energetischen Verwertung entsprechende Vorgaben des Immissionsschutzgesetzes zu beachten, auf die in diesem Rahmen nicht weiter eingegangen wird. Ebenso ist auf eine rechtskonforme Beseitigung der verbleibenden Reststoffe zu achten.

Damit organikhaltiger Bodenaushub zur energetischen Verwertung überhaupt in Frage kommt, wird ein gewisser Mindestorganikgehalt benötigt, damit der nach § 8 Abs. 3 KrWG für eine energetische Verwertung mindestens notwendige Heizwert von 11 000 kJ/kg erreicht wird. Legt man die Gleichung von SHIN zugrunde ( $H_o = 523 \times GV^{0,77}$  [kJ/kg] [26]), wonach der Heizwert  $H_o$  überschlägig aus dem Glühverlust berechnet werden kann, ergibt sich somit ein Glühverlust von mindestens 52 %. Unter Umständen ist die Konditionierung des organikhaltigen Bodenaushubs erforderlich. So kann es durchaus notwendig sein, den Wassergehalt von organikhaltigem Bodenaushub, der aus-

reichend organische Substanz für die thermische Verwertung besitzt, vor der thermischen Verwertung zu reduzieren. Die thermische Verwertung von organikhaltigem Bodenaushub dürfte aber eher die Ausnahme darstellen, da er oft mineralischen Anteile in nicht unerheblichem Umfang und oftmals eine hohe Eigenfeuchte und somit lediglich einen geringen Heizwert besitzt.

## 7.3 Beseitigung

### 7.3.1 Allgemeines

Kann organikhaltiger Bodenaushub keiner Verwertung zugeführt werden, ist der Bodenaushub ordnungsgemäß und schadlos, das heißt im Einklang mit den öffentlich-rechtlichen Vorschriften und Gesetzen und ohne, dass durch die Entsorgung das Wohl der Allgemeinheit beeinträchtigt wird, zu beseitigen. Die Möglichkeiten, die hierzu zur Verfügung stehen, sind die Ablagerung auf Deponien oder bei ausreichendem Organikgehalt die Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen. Es sei nochmals explizit darauf hingewiesen, dass die Beseitigung von Abfällen als die minderwertigste aller Bewirtschaftungsmaßnahmen von Abfällen gilt und lediglich dann in Betracht gezogen werden sollte, wenn keine Verwertung möglich ist.

### 7.3.2 Deponierung

Die Deponierung organikhaltigen Bodenaushubs stellt keine Anforderungen hinsichtlich der bautechnischen Eigenschaften des Materials. Allerdings sind die umwelttechnischen Eigenschaften und strenge Vorgaben bezüglich des Organikgehalts zu berücksichtigen.

Die umwelttechnischen Eigenschaften des Bodenaushubs bestimmen, welche Deponieklasse zur Ablagerung notwendig ist. Je höher die Gehalte an umweltrelevanten Inhaltsstoffen des Bodenaushubs liegen, desto höhere Anforderungen an die Deponie werden gestellt. In Anhang 3 Nr. 2 DepV (siehe auch Anhang 10.10) sind die Zuordnungswerte aufgeführt, nach denen die notwendige Deponieklasse zur Verbringung des Bodenaushubmaterials zu ermitteln ist. Für einzelne Zuordnungswerte kann unter gewissen Umständen eine Überschreitung mit Zustimmung der zuständigen Behörde genehmigt werden. Hierzu wird auf die zusätzlichen Anmerkungen in Anhang 3 Nr. 2 DepV verwiesen. Die Ermittlung der Zuordnungswerte hat nach den Vorgaben des Anhangs 4 DepV zu erfolgen. Die zugehörigen Analyseberichte sind dem Deponiebetreiber nach § 8 DepV neben u. a. Angaben zur Abfallherkunft, einer Abfallbeschreibung, die Art einer etwaigen Vorbehandlung, über Aussehen, Konsistenz und Geruch, der Gesamtmasse sowie zur Probenahme rechtzeitig durch den Abfallerzeuger vorzulegen. Die Häufigkeit der Beprobung auf Einhaltung der Zuordnungskriterien nach Anhang 3 Nr. 2 DepV hat nach Maßgabe von § 8 Abs. 3 DepV zu erfolgen. Abweichend von diesen Ausführungen ist nach § 8 Abs. 8 u. a. bei Boden und Steinen, mit Ausnahme von Oberboden und Torfen, die grundlegende Charakterisierung nicht erforderlich, sofern der Bodenaushub nur von einer Anfallstelle stammt, keine Anhaltspunkte auf eine Überschreitung der Zuordnungskriterien nach Anhang 3 Nr. 2 DepV für die Deponieklasse 0 oder an Gehalte mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen, die in Anhang 3 Nr. 2 DepV nicht aufgeführt sind, bestehen und der Abfall nicht mehr als 5 Vol.-% an mineralischen oder inerten Fremdstoffen enthält. Neben den Zuordnungskriterien der jeweiligen Deponieklasse sind auch die Voraussetzungen für eine Ablagerung nach § 6 DepV zu berücksichtigen.

Bei der Deponierung von Abfällen bestehen für jede Deponieklasse strenge Beschränkungen hinsichtlich des zulässigen Organikgehalts. Aus diesem Grund ist es bei einer vorgesehenen Deponierung von organikhaltigem Bodenaushub oftmals notwendig, diesen vorab einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlung zuzuführen, bei der eine Reduzierung und Inertisierung der organischen Bestandteile erfolgt. Die Grenzwerte bezüglich des Organikgehalts sind für jede Deponieklasse Anhang 3 Nr. 2 DepV (siehe auch Anhang 10.10) zu entnehmen. Da die Grenzwerte tendenziell eher niedrig sind, dürfte eine mechanisch-biologische Abfallbehandlung von organikhaltigem Bodenaushub zur Deponierung in der Regel unumgänglich sein. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang § 8 Abs. 4, wonach mechanisch-biologisch behandelte Abfälle selbst bei einer Unterschreitung der Zuordnungswerte der Deponieklasse I mindestens auf einer Deponie der Deponieklasse II zu verbringen sind.

### **7.3.3 Thermische Beseitigung**

Die thermische Beseitigung von organikhaltigem Bodenaushub dürfte nur in wenigen Ausnahmefällen von Relevanz sein, da, auch wenn es sich um organikhaltigen Bodenaushub handelt, in der Regel immer auch ein gewisser mineralischer Anteil in nicht unerheblichen Maße mit enthalten sein dürfte. Unter Umständen ist je nach Wassergehalt des Bodenaushubs auch eine vorherige Reduzierung des Wassergehalts notwendig. Anforderungen hinsichtlich der bau- und umwelttechnischen Eigenschaften sind durch das Boden- und Wasserschutzrecht nicht zu berücksichtigen, allerdings hat der Betreiber der Beseitigungsanlage rechtliche Vorgaben aus dem Immissionsschutzrecht zu beachten, woraus sich anlagenspezifisch Anforderungen hinsichtlich der umwelttechnischen Eigenschaften ergeben können. Bei einer beabsichtigten Beseitigung des Bodenaushubs in Verbrennungsanlagen wird empfohlen, möglichst frühzeitig Kontakt mit den Anlagenbetreibern aufzunehmen und die Annahmeveraussetzungen und -bedingungen abzuklären.

## 8 Zusammenfassung

### 8.1 Allgemeines

Bei den meisten Baumaßnahmen ist es unumgänglich, dass Boden ausgehoben werden muss und dieser als Bodenaushub anfällt. Da es oftmals nicht möglich ist, innerhalb der Baumaßnahme für eine ausgeglichene Massenbilanz zu sorgen, muss der überschüssige Bodenaushub in der Folge anderweitig verwertet oder beseitigt werden. Handelt es sich bei dem Bodenmaterial nicht um rein mineralisches Material, sondern um organikhaltiges Bodenmaterial, so hat der Organikgehalt des Bodens in vielen Fällen maßgeblichen Einfluss auf die in Frage kommenden Verwertungs- oder Beseitigungsmaßnahmen.

So beeinflusst der Organikgehalt eines Bodens beispielsweise bautechnische Eigenschaften wie das Verdichtungsverhalten und die Durchlässigkeitseigenschaften sowie das Scher- und Verformungsverhalten in erheblichem Maße. Hierdurch ergeben sich bei einer angestrebten Verwertung des Bodenaushubs in technischen Bauwerken aus bautechnischer Sicht in der Praxis Beschränkungen im Hinblick auf den zulässigen Organikgehalt des Bodens. Weiterhin können sich bedingt durch den Organikgehalt des Bodens Einschränkungen bei der Verwertung als Deponieersatzbaustoff oder bei der Beseitigung auf Deponien ergeben. Andererseits eröffnen sich für organikhaltigen Bodenaushub bedingt durch seinen Organikgehalt weitere Verwertungsmöglichkeiten. So eignet sich organisches Bodenmaterial als Träger wichtiger Bodenfunktionen in vielen Fällen in besonderem Maße für die Herstellung von durchwurzelbaren Bodenschichten und Rekultivierungsschichten, zur Aufbringung auf landwirtschaftlichen Flächen zum Zwecke der Bodenverbesserung oder zur Herstellung von Komposten und Düngemitteln. Die aufgeführten Möglichkeiten stellen lediglich einen Teil der potentiellen Möglichkeiten zur Verwertung und Beseitigung von organikhaltigem Bodenaushub dar. Die Auswahl einer möglichst geeigneten Verwertungs- oder Beseitigungsmaßnahme wird dadurch erschwert, dass für jede Maßnahme zum Teil mehrere oder eigene rechtliche Vorschriften zu beachten sind, die neben dem zulässigen Organikgehalt auch weitere Anforderungen und Vorschriften, beispielsweise an die umwelttechnische Beschaffenheit des Bodenaushubs, festlegen.

In diesem Bericht wird daher zunächst ein Überblick über die Rechtsbereiche und die Regelwerke, die in Zusammenhang mit der Verwertung und Beseitigung von organikhaltigem Bodenaushub berührt werden, gegeben (Punkt 3). Im Anschluss daran wird auf die Erkundung und die Untersuchungskonzepte von organikhaltigem Bodenaushub hinsichtlich umweltrelevanter Inhaltsstoffe gemäß Bodenschutzrecht und LAGA M 20 eingegangen und dargelegt, in welchen Fällen nach dem jeweiligen Regelwerk Untersuchungsbedarf besteht (Punkt 4). Das anzuwendende Regelwerk richtet sich danach, welcher Verwertungsmaßnahme der Bodenaushub zugeführt werden soll. Das anschließende Kapitel (Punkt 5) widmet sich der umwelt- und bautechnischen Bewertung von organikhaltigem Bodenaushub. Auch hier hängt die umwelttechnische Bewertungsgrundlage wesentlich von der vorgesehenen Verwertungs- bzw. Beseitigungsmaßnahme ab, während die bautechnische Eignung im Wesentlichen vom Organikgehalt des Bodenaushubs bestimmt wird.

Den Hauptteil dieses Berichts bildet Punkt 7, in welchem die möglichen Bewirtschaftungsmaßnahmen von organikhaltigem Bodenaushub in absteigender Wertigkeit gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz, beginnend mit der Vermeidung von Bodenaushub über dessen Verwertungsmöglichkeiten bis hin zur Beseitigung, aufgeführt werden. Zu jeder Verwertungsmaßnahme werden die rechtlichen Grundlagen genannt, die unter anderem genehmigungsrelevante Informationen und Angaben zu notwendigen Untersuchungen hinsichtlich umweltrelevanter Inhaltsstoffe sowie deren Bewertungsgrundlage und Auswirkung auf die im jeweiligen Unterpunkt behandelte Verwertungs- oder Beseitigungsmaßnahme umfassen. Die für die jeweilige Bewirtschaftungsmaßnahme heranzuziehenden Parameter zur umwelttechnischen Bewertung sind in Anhang 1 (siehe Punkt 10) zusammengefasst; auf sie wird jeweils unter dem entsprechenden Punkt verwiesen. Besteht bei der jeweiligen Bewirtschaftungsmaßnahme die Möglichkeit, geogene oder anthropogene Hintergrundgehalte am Ort der Verwertung zu berücksichtigen, werden auch hierzu Angaben gemacht. Desweiteren werden Anforderungen an den zulässigen Organikgehalt sowie an Mindestmengen aufgeführt und, soweit dies bei der jeweiligen Bewirtschaftungsmaßnahme einer Beachtung bedarf, Hinweise zu den bautechnischen Erfordernissen gemacht. Die unter Punkt 7 ausführlich behandelten Verwertungs- und Beseitigungsmaßnahmen werden nachstehend unter Punkt 8.2 mit Angabe der wesentlichen Vorgaben zusammengefasst.

Abgeschlossen wird dieser Bericht durch einen Leitfaden zum „Vorgehen und Umgang mit organikhaltigen Bodenaushub“ für die Praxis (Anhang 2, siehe Punkt 11). In diesem wird der Mindestuntersuchungsumfang für die Auswahl möglicher Bewirtschaftungsmaßnahmen von organikhaltigem Bodenaushub aufgeführt. Abhängig vom Organikgehalt, angegeben als Glühverlust  $V_{GI}$  oder als TOC-Gehalt, kann anschließend die Eignung des Bodenaushubs für die jeweilige Bewirtschaftungsmaßnahme anhand einer Farbskala beurteilt werden. Falls weitere Einschränkungen in Zusammenhang mit dem Organikgehalt bestehen, sind diese dort ebenfalls angegeben. Soweit für eine Bewirtschaftungsmaßnahme weitere Anforderungen, beispielsweise an die umwelttechnischen oder bautechnischen Eigenschaften bestehen, werden in dem Leitfaden hierzu ebenfalls die notwendigen Angaben gemacht.



## 8.2 Erläuternde Kurzübersicht über die Rahmenbedingungen der einzelnen Verwertungsmöglichkeiten

Punkt	Maßnahme	Verweis
7.2.3	<b>Verwendung innerhalb der Baumaßnahme am Ort des Anfalls</b>	
	<p>Anforderungen an den Organikgehalt:</p> <p>rechtlich: abhängig von der geplanten Anwendung, es wird auf die jeweilige Anwendung unter 7.2.4 verwiesen</p> <p>bautechnisch: bei Anwendungen, bei denen Verformungen ohne Beeinträchtigung der Gebrauchstauglichkeit in gewissen Maßen zulässig sind (z. B. Gestaltung von Grünflächen, Rekultivierung...), kann die bautechnische Eignung auch bei organikreichen Böden mit <math>V_{GI} &gt; 25</math> M.-% gegeben sein, eine Prüfung im Einzelfall ist ratsam; es wird auf die Punkte 7.2.4.3 und 7.2.4.4 verwiesen</p> <p>bei Anwendungen mit Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit ist in der Regel eine Verwendung bis zu <math>V_{GI} \leq 25</math> M.-% möglich, gegebenenfalls können auch Böden mit höheren <math>V_{GI}</math> verwendet werden; es wird auf die Punkte 7.2.4.3 und 7.2.4.4 verwiesen</p>	
	<p>bautechnische Anforderungen:</p> <p>keine bis hohe Anforderungen (abhängig von der Art der geplanten Maßnahme innerhalb der Baumaßnahme)</p>	
	<p>umwelttechnische Anforderungen:</p> <p>umwelttechnische Bewertung nach <b>Bundesbodenschutzverordnung</b> bzw. <b>LAGA M 20</b></p> <p><u>Verwendung im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht:</u> es sind die Vorsorge- und wirkungspfadabhängigen Prüfwerte der Bundesbodenschutzverordnung bzw. die Zuordnungswerte der LAGA M 20 einzuhalten</p> <p><u>Verwendung unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht:</u> auf analytische Untersuchungen darf verzichtet werden, wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Hinweise auf anthropogene Veränderungen und geogene Stoffanreicherungen vorliegen (z. B. Flächen, die bisher weder gewerblich, industriell oder militärisch genutzt wurden)</li> <li>- Boden aus Gebieten mit anthropogen erhöhter Hintergrundbelastung in gleicher Tiefenlage eingebaut wird und Verwertung am Ausbauort oder vergleichbaren Standorten in der Region erfolgt</li> <li>- geringe Mengen (bis 200 m<sup>3</sup>) an nicht spezifisch belastetem Boden mit geringem Anteil (bis 10 Vol.-%) an min. Fremdbestandteilen in gleicher Tiefenlage eingebaut werden und die Verwertung am Ausbauort oder an vergleichbaren Standorten in der Region erfolgt</li> </ul> <p>Untersuchungsbedarf besteht immer bei</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flächen, auf denen mit wasser- und bodengefährdenden Stoffen umgegangen worden ist</li> <li>- Flächen, auf denen mit punktförmigen Bodenbelastungen gerechnet werden muss</li> <li>- Flächen, auf denen mit flächenhaften Bodenbelastungen gerechnet werden muss und deren Boden außerhalb dieser Bereiche verwertet werden soll</li> <li>- Boden mit erkennbaren Anteilen an Fremdbestandteilen (&gt; 10</li> </ul>	§ 12 BBodSchV/ LAGA M 20 Teil II Punkt 1.2

		Vol.-% - Böden mit sonstigen konkreten Verdacht es sind die Zuordnungswerte der LAGA M 20 einzuhalten (vgl. auch Pkt. 4.2)	
		eine geogene oder großflächig siedlungsbedingte Hintergrundbelastung im Gebiet der Baumaßnahme darf berücksichtigt werden; die Verwendung von Bodenmaterial innerhalb des Gebiets der Baumaßnahme ist zulässig, soweit durch die Maßnahme eine zusätzliche Freisetzung von Schadstoffen nicht zu erwarten ist	
		Schutzgebietsvorschriften (z. B. Wasserschutzgebiete) und Gebiete sensibler Nutzung (z. B. Kindergärten...) sind zu beachten	
	Mindestmengen:	abhängig von der Art der Verwendungsmöglichkeit innerhalb der Baumaßnahme	
	weitere Anforderungen:	keine	

<b>7.2.4.1</b>	<b>Verwendung außerhalb der Baumaßnahme nach Verlassen des Anfallortes - flächige Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen zum Zwecke der Bodenverbesserung</b>		
	Anforderungen an den Organikgehalt:	keine	
	bautechnische Anforderungen:	keine	
	umwelttechnische Anforderungen:	umwelttechnische Bewertung nach <b>Bundesbodenschutzverordnung</b>	
		es sind die Vorsorge- und die Prüfwerte für die Wirkungspfade Boden - Nutzpflanze und Boden - Grundwasser nach Bundesbodenschutzverordnung einzuhalten; bei landwirtschaftlicher Folgenutzung gelten aufgrund unvermeidlicher künftiger Schadstoffeinträge verschärfte Vorsorgewerte (max. 70 % der Vorsorgewerte nach BBodSchV zulässig)	§ 12 Abs. §§ 2 bis 4 BBodSchV in Verbindung mit § 9 BBodSchV und § 7 Satz 2 BBodSchG
		mindestens eine der Bodenfunktionen nach § 7 Abs. 2 Nr. 1 und 3 Buchstabe b und c BBodSchG muss nachhaltig gesichert oder wiederhergestellt werden	§ 12 Abs. 2 BBodSchV
		die nach § 7 BBodSchG Pflichtigen haben vor dem Auf- und Einbringen die notwendigen Untersuchungen der Materialien nach den Vorgaben aus Anhang 1 BBodSchV durchzuführen	§ 12 Abs. 3 BBodSchV
		die Ertragsfähigkeit landwirtschaftlich genutzter Flächen muss nachhaltig sichergestellt werden und darf nicht dauerhaft verringert werden	§ 12 Abs. 5 BBodSchV
		das Aufbringen auf Böden, die die Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 BBodSchG besonders erfüllen (z. B. Waldböden, Wasser- und Naturschutzgebiete...), ist nicht zulässig	§ 12 Abs. 8 BBodSchV
		geogen oder großflächig siedlungsbedingte Hintergrundgehalte dürfen berücksichtigt werden (Hintergrundwerte und wirkungspfadabhängige Prüfwerte der BBodSchV dürfen nicht überschritten werden)	§ 12 Abs. 10 BBodSchV
	Mindestmengen:	keine	
		Nährstoffzufuhr durch das Aufbringen muss nach Menge und Verfügbarkeit dem Bedarf der Folgevegetation angepasst werden	§ 12 Abs. 7 BBodSchV
	weitere Anmerkungen:	Aufschüttungen ab einer Höhe von 2 m oder einer Fläche von	Art. 57 BauBO

gen:	500 m <sup>2</sup> sind nach Artikel 57 BayBO genehmigungspflichtig	
------	---	--

<b>7.2.4.2</b>	<b>Verwendung außerhalb der Baumaßnahme nach Verlassen des Anfallortes – Verwendung zur Oberbodenandeckung</b>		
Anforderungen an den Organikgehalt:	keine		
bautechnische Anforderungen:	keine		
umwelttechnische Anforderungen:	umwelttechnische Bewertung nach <b>Bundesbodenschutzverordnung</b>		
	es sind die Vorsorge- und die wirkungspfadabhängigen Prüfwerte nach Bundesbodenschutzverordnung einzuhalten		§ 12 Abs. 2 BBodSchV in Verbindung mit § 9 BBodSchV und § 7 BBodSchG
	mindestens eine der Bodenfunktionen nach § 7 Abs. 2 Nr. 1 und 3 Buchstabe b und c BBodSchG muss nachhaltig gesichert oder wiederhergestellt werden		§ 12 Abs. 2 BBodSchV
	die nach § 7 BBodSchG Pflichtigen haben vor dem Auf- und Einbringen die notwendigen Untersuchungen der Materialien nach den Vorgaben aus Anhang 1 BBodSchV durchzuführen		§ 12 Abs. 3 BBodSchV
	geogen oder großflächig siedlungsbedingte Hintergrundgehalte dürfen berücksichtigt werden (Hintergrundwerte und wirkungspfadabhängige Prüfwerte der BBodSchV dürfen nicht überschritten werden), soweit die Schadstoffsituation durch die Maßnahme nicht nachteilig verändert wird und die in § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 3 Buchstabe b und c BBodSchG nicht zusätzlich beeinträchtigt werden		§ 12 Abs. 10 BBodSchV
Mindestmengen:	keine		
weitere Anmerkungen:	zulässiger Anteil an Fremdbestandteilen max. 10 Vol.-%		DIN 19731
	zulässiger Anteil an Korngrößen d > 2 mm max. 30 Vol.-%		

<b>7.2.4.3</b>	<b>Verwendung außerhalb der Baumaßnahme nach Verlassen des Anfallortes - Verwertung im Landschaftsbau außerhalb von technischen Bauwerken (keine Anforderungen an Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit)</b>		
Anforderungen an den Organikgehalt:	rechtlich: bei einer Verwendung unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht ist ausschließlich humusarmes Bodenmaterial zulässig (Humusgehalt ≤ 2 M.-% bzw. TOC-Gehalt ≤ 1 %); oberhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht ist auch ein höherer Organikgehalt zulässig		LAGA M 20 Teil I 4.3.2
	bautechnisch: der Organikgehalt beeinflusst wesentlich die bautechnischen Eigenschaften und somit die Eignung für gewisse Maßnahmen; für Bauwerke mit Anforderungen an die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit ist in der Regel die Verwendung von Bodenmaterial mit V <sub>GI</sub> ≤ 25 M.-% möglich		
bautechnische Anforderungen:	abhängig von den Anforderungen an die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit		

umwelttechnische Anforderungen:	umwelttechnische Bewertung nach <b>Bundesbodenschutzverordnung</b> bzw. <b>LAGA M 20</b>	
	<b>Anwendung im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht:</b> es sind die Vorsorge- und die wirkungspfadabhängigen Prüfwerte nach Bundesbodenschutzverordnung einzuhalten	§ 12 Abs. 2 BBodSchV in Verbindung mit § 9 BBodSchV und § 7 BBodSchG
	<b>Anwendung unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht:</b> in Bayern sind die nach Bodenart differenzierten Vorsorgewerte der BBodSchV zu Grunde zu legen; außerhalb Bayerns ist nur Bodenmaterial der Einbauklasse 0, das heißt solches, das die Zuordnungswerte für Z 0 der LAGA M 20 unterschreitet, zulässig	UMS vom 17.07.2000 Az.: 812-8740.50-2000/1 und LAGA M 20 Teil I 4.3.2
	<b>geogen oder großflächig siedlungsbedingte Hintergrundgehalte:</b> <u>Verwendung im Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht:</u> Hintergrundgehalte dürfen berücksichtigt werden (Hintergrundwerte und wirkungspfadabhängige Prüfwerte der BBodSchV dürfen nicht überschritten werden), soweit die Schadstoffsituation durch die Maßnahme nicht nachteilig verändert wird und die in § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 3 Buchstabe b und c BBodSchG genannten Bodenfunktionen nicht zusätzlich beeinträchtigt werden  <u>Verwendung unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht:</u> eine Überschreitung der Hintergrundgehalte ist ebenfalls zulässig; für einzelne Parameter können durch die Genehmigungsbehörde unter Berücksichtigung der Sonderregelung des § 9 Abs. 2 und Abs. 3 BBodSchV spezifische Zuordnungswerte festgelegt werden	§ 12 Abs. 10 BBodSchV  LAGA M 20 Teil I 4.3.2
Mindestmengen:	keine	
weitere Anmerkungen:	Aufschüttungen ab einer Höhe von 2 m oder einer Fläche von 500 m <sup>2</sup> sind nach Artikel 57 BayBO genehmigungspflichtig	Art. 57 BauBO

<b>7.2.4.4</b>	<b>Verwendung außerhalb der Baumaßnahme nach Verlassen des Anfallortes - Verwertung in technischen Bauwerken</b>	
Anforderungen an den Organikgehalt:	rechtlich: keine	LAGA M 20 Teil I 4.3.2
	bautechnisch: der Organikgehalt beeinflusst wesentlich die bautechnischen Eigenschaften und somit die Eignung für gewisse Maßnahmen; für Bauwerke mit Anforderungen an die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit ist in der Regel die Verwendung von Bodenmaterial mit einem Glühverlust $V_{Gl} \leq 25$ M.-% möglich	
bautechnische Anforderungen:	bauwerkspezifische Anforderungen an die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit sind zu beachten (insbesondere für Böschungsneigung und Bauwerkshöhe; zeitabhängige Verformungen sind zu berücksichtigen)	
umwelttechnische Anforderungen:	umwelttechnische Bewertung nach <b>LAGA M 20</b>	

	die umwelttechnische Bewertung erfolgt in Abhängigkeit von den Feststoff- und Eluatwerten des Bodens unter Berücksichtigung der Zuordnungswerte Z 0 bis Z 2 der LAGA M 20; je nach resultierender Einbauklasse ergeben sich mehr oder weniger strenge Vorgaben an den Einbau des Bodenaushubs; überschreitet der Bodenaushub die Z 2-Werte, ist ein Einbau auch mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen nicht zulässig (nähere Angaben zu den Bauweisen siehe LAGA M 20 oder unter Pkt. 7.2.4.4)	LAGA M 20 Teil I 4.3.2 bis 4.3.3 in Verbindung mit LAGA M 20 Teil II 1.2
	auf agrarisch genutzten Flächen darf nur Material verwendet werden, das die Zuordnungswerte Z 0 unterschreitet	LAGA M 20 Teil II 1.2.3.2
	<b>geogen oder großflächig siedlungsbedingte Hintergrundgehalte</b> dürfen beim <b>uneingeschränkten Einbau</b> berücksichtigt werden; die Verwendung von Boden, der die Z 0 überschreitet, ist bis zu den Hintergrundwerten zulässig, soweit das Bodenmaterial aus dem selben Gebiet stammt und es durch die Maßnahme nicht zu einer erhöhten Freisetzung von Schadstoffen kommt; bestehende Schutzgebietsvorschriften sind zu beachten	LAGA M 20 Teil II 1.2.3.1
	<b>geogen oder großflächig siedlungsbedingte Hintergrundgehalte</b> dürfen beim <b>eingeschränkten, offenen Einbau</b> sowie beim <b>eingeschränkten Einbau mit definierten Sicherungsmaßnahmen</b> nicht berücksichtigt werden	LAGA M 20 Teil II 1.2.3.2 und Teil II 1.2.3.3
Mindestmengen:	keine	
weitere Anmerkungen:	Aufschüttungen ab einer Höhe von 2 m oder einer Fläche von 500 m <sup>2</sup> sind nach Artikel 57 BayBO genehmigungspflichtig	Art. 57 BauBO

<b>7.2.4.5</b>	<b>Verwendung außerhalb der Baumaßnahme nach Verlassen des Anfallortes - Verwertung als Deponieersatzbaustoff</b>	
Anforderungen an den Organikgehalt:	<p>rechtlich: abhängig von Bauteil der Deponie, in dem der Bodenaushub als Deponieersatzbaustoff eingesetzt werden soll, sowie von der Deponieklasse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rekultivierungsschicht für alle Deponieklassen: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Schicht (humushaltiger Oberboden, <math>d \leq 0,3</math> m): TOC<sub>max</sub> = 5 M.-%</li> <li>2. Schicht (humusarmer Unterboden, <math>d \geq 0,7</math> m): TOC<sub>max</sub> = 1 M.-% (in Ausnahmefällen kann bei originären Böden mit einer bekannten sehr geringen Humusqualität (C/N-Verhältnis <math>\geq 25</math>) ein TOC-Gehalt von max. 2 M.-% zugelassen werden, s. BQS 7-1)</li> </ol> </li> <li>- min. Abdichtungskomponente im Basis- oder Oberflächenabdichtungssystem: DK I/DK II/DK III: TOC<sub>max</sub> = 1 M.-% (<math>\cong V_{Gl,max} = 3</math> M.-%)</li> <li>- Schutzlage des Basisabdichtungssystems: DK I: TOC<sub>max</sub> = 1 M.-% (<math>\cong V_{Gl,max} = 3</math> M.-%) DK II: TOC<sub>max</sub> = 3 M.-% (<math>\cong V_{Gl,max} = 5</math> M.-%) DK III: TOC<sub>max</sub> = 6 M.-% (<math>\cong V_{Gl,max} = 10</math> M.-%)</li> <li>- min. Entwässerungsschicht des Oberflächenabdichtungssystems:</li> </ul>	Anhang 3 Nr. 2 DepV BQS 7-1

		DK 0/DK I: $TOC_{max} = 1 \text{ M.-%}$ ( $\triangle V_{Gl,max} = 3 \text{ M.-%}$ ) DK II: $TOC_{max} = 3 \text{ M.-%}$ ( $\triangle V_{Gl,max} = 5 \text{ M.-%}$ ) DK III: $TOC_{max} = 6 \text{ M.-%}$ ( $\triangle V_{Gl,max} = 10 \text{ M.-%}$ )	
bautechnische Anforderungen:	bautechnischen Anforderungen ergeben sich aus Standsicherheitsbetrachtungen (Ableiten auf vorgegebenen Gleitflächen, Aufnahme der planmäßigen Lasten aus dem Deponiebetrieb) und der Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit; gegebenenfalls muss mit chemischen Einwirkungen durch Sicker- oder Deponiewasser gerechnet werden		
umwelttechnische Anforderungen:	umwelttechnische Bewertung nach <b>Deponieverordnung</b>		
	je nach Deponieklasse und Bauteil sind die Anforderungen nach Anhang 3 Nr. 2 DepV an die zulässigen Feststoff- und Eluatwerte des Deponieersatzbaustoffes einzuhalten		Anhang 3 Nr. 2 DepV in Verbindung mit Anhang 3 Nr. 1 DepV
Mindestmengen:	keine		
weitere Anmerkungen:	Rekultivierungsschicht: - max. Anteil an mineralischen Fremdbestandteilen (Baustutt, Straßenaufbruch...) $\leq 5 \text{ M.-%}$ - max. Anteil an nicht-mineralischen Fremdbestandteilen $\leq 1 \text{ Vol.-%}$		

<b>7.2.5.1</b>	<b>Abgabe an Kompostierwerke</b>		
Anforderungen an den Organikgehalt:	rechtlich: keine		
bautechnische Anforderungen:	keine		
umwelttechnische Anforderungen:	umwelttechnische Bewertung nach <b>Bundesbodenschutzverordnung</b> in Verbindung mit <b>Bioabfallverordnung</b>		
	für Bodenmaterial, das in Kompostieranlagen zur Herstellung von Kompost verwendet werden soll, gelten die Vorsorgewerte aus Anhang 2 Nr. 4 BBodSchV		Anhang 1 Nr. 2 BioAbfV
Mindestmengen:	keine		
weitere Anmerkungen:	zulässiger Fremdstoffanteil (Glas, Kunststoff, Metall) $d > 2 \text{ mm}$ max. 0,5 M.-%		§ 4 Abs. 4 Bio-AbfV
	zulässiger Anteil an natürlichen mineralischen Bestandteilen (z. B. Steinen) $d > 10 \text{ mm}$ max. 5 M.-%		

<b>7.2.5.2</b>	<b>Abgabe an Erdenwerke</b>		
Anforderungen an den Organikgehalt:	rechtlich: keine		
bautechnische Anforderungen:	keine		
umwelttechnische Anforderungen:	umwelttechnische Bewertung nach <b>Bundesbodenschutzverordnung</b> in Verbindung mit <b>Düngemittelverordnung</b>		
	<u>organisches Bodenmaterial mit Organikgehalt <math>C_{org}</math> (<math>\triangle TOC</math>-Gehalt) <math>&gt; 10 \%</math>:</u> die Grenzwerte nach Anlage 2 Tabelle 1.4 Spalte 4 DüMV sind sowohl von den Materialien zur Herstellung von Düngemitteln, Kultursubstraten und Bodenhilfsstoffen als auch vom Endprodukt einzuhalten		§ 3 Abs. 3 und § 4 Abs. 3 BioAbfV in Verbindung mit Anlage 2 Tabelle 7.3 Zeile 7.3.11 DüMV

		mineralisches Bodenmaterial mit Organikgehalt $C_{org}$ ( $\triangleq$ TOC-Gehalt) $\leq 10\%$ : die Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 BBodSchV sind für Materialien zur Herstellung von Düngemitteln, Kultursubstraten und Bodenhilfsstoffen einzuhalten	
	Mindestmengen:	keine	
	weitere Anmerkungen:	zulässiger Anteil an Altpapier, Karton, Glas, Metall und plastisch nicht verformbaren Kunststoffen $d > 2\text{ mm}$ max. 0,4 M.-% zulässiger Anteil an sonstigen nicht abgebauten Kunststoffen $d > 2\text{ mm}$ max. 0,1 M.-% zulässiger Anteil an natürlichen mineralischen Bestandteilen (z. B. Steinen) $d > 10\text{ mm}$ max. 5 M.-%	§ 3 Abs. 1 Nr. 4 und § 4 Abs. 1 Nr. 4 DüMV

<b>7.2.5.3</b>	<b>Abgabe an die Ziegelindustrie</b>		
	Anforderungen an den Organikgehalt:	keine	
	bautechnische Anforderungen:	keine	
	umwelttechnische Anforderungen:	umwelttechnische Bewertung: <b>nicht erforderlich</b> keine	
	Mindestmengen:	große Mengen mit kontinuierlichem Anfall vorteilhaft	
	weitere Anmerkungen:	Bei Abgabe als Grundstoff zur Ziegelherstellung sollte der Bodenaushub einen Tonanteil von mindestens 50 M.-% aufweisen, eine ausreichende Plastizität sollte gegeben sein (abhängig von der Art des herzustellenden Ziegels); erfolgt die Abgabe als Zuschlagstoff zur Porosierung, sind keine Anforderungen hinsichtlich des Tonanteils zu beachten möglichst geringer (Quarz-)Sandanteil (max. 50 M.-% Sand) Anteile im Kieskornbereich sind in der Regel ein Ausschlusskriterium	

<b>0</b>	<b>Verfüllung von Nassstandorten gemäß Leitfaden „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ (in Bayern)</b>		
	Anforderungen an den Organikgehalt:	Verfüllung nur von schwach humosem Material bis 2 M.-% Humusgehalt ( $\triangleq 1\%$ TOC-Gehalt) möglich die Verfüllung von Materialien mit einem Humusgehalt $> 2\text{ M.-%}$ ( $\triangleq 1\%$ TOC-Gehalt) ist grundsätzlich nicht zulässig	Leitfaden „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“
	bautechnische Anforderungen:	gering, aber Standsicherheit des verfüllten Standortes muss nach dem Verfüllen sichergestellt sein bei einer Folgenutzung des verfüllten Standortes muss das Setzungspotential des verfüllten Materials bereits bei der Verfüllung berücksichtigt werden (ggf. Überhöhung vorsehen)	
	umwelttechnische Anforderungen:	umwelttechnische Bewertung nach <b>Leitfaden „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“</b> zulässig ist lediglich unbedenklicher Bodenaushub ohne Fremdbestandteile, d. h. Bodenaushub, der die Zuordnungswerte Z 0 des Leitfadens „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ unterschreitet die Berücksichtigung geogen oder großflächig siedlungsbedingter Hintergrundwerte am Verfüllstandort ist zulässig, sofern die Hintergrundwerte bereits in der Antragstellung für die Verfüllung	Leitfaden „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“

		nachgewiesen und angeführt wurden	
		besitzt das zu verfüllende Bodenmaterial geogen bedingte Stoffgehalte oberhalb Z 0 (nicht die Stoffgehalte am Verfüllstandort!), kann die Genehmigungsbehörde im Einzelfall die Verfüllung genehmigen, soweit keine nachteilige Veränderung des vorhandenen Grundwasserchemismus zu besorgen ist	
	Mindestmengen:	keine	
	weitere Anmerkungen:	Antrag zur Verfüllung ist bei der zuständigen Genehmigungsbehörde zu stellen	Leitfaden „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“
		in der Regel darf nur örtlich anfallender Bodenaushub verfüllt werden; besteht ein enger örtlicher und funktionaler Zusammenhang mit dem Verfüllstandort und stammt das Material aus einer vergleichbaren geologischen Situation wie am Verfüllstandort, ist die Verfüllung ebenfalls zulässig	
		ortsfremder Bodenaushub kann in Ausnahmefällen ebenfalls zugelassen werden (behördliche Genehmigung erforderlich), wenn es sich um unbedenklichen Bodenaushub ohne Fremdbestandteile handelt und der Grundwasserschutz gewahrt bleibt	
		die Verfüllung von Baggerseen ist grundsätzlich ausgeschlossen	

<b>0</b>	<b>Verfüllung von Trockenstandorten gemäß Leitfaden „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ (in Bayern)</b>		
	Anforderungen an den Organikgehalt:	Verfüllung in der Regel bis 2 M.-% Humusgehalt ( $\cong$ 1 % TOC-Gehalt) prinzipiell möglich	Leitfaden „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“
		in Ausnahmefällen kann unter Beachtung des DOC-Gehalts auch der Verfüllung von Material bis zu 10 M.-% Humusgehalt ( $\cong$ 6 % TOC-Gehalt) zugestimmt werden	
		die Verfüllung von Materialien mit einem Humusgehalt > 10 M.-% ( $\cong$ > 6 % TOC-Gehalt) ist grundsätzlich nicht zulässig	
	bautechnische Anforderungen:	gering, aber Standsicherheit des verfüllten Standortes muss nach dem Verfüllen sichergestellt sein	
		bei einer Folgenutzung des Verfüllstandortes muss das Setzungspotential des verfüllten Materials bereits bei der Verfüllung berücksichtigt werden (ggf. Überhöhung vorsehen)	
	umwelttechnische Anforderungen:	umwelttechnische Bewertung nach <b>Leitfaden „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“</b>	Leitfaden „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“
		Bewertung der umwelttechnischen Eignung erfolgt nach den Zuordnungswerten Z 0 über Z 1.1 und Z 1.2 bis zu Z 2 des Leitfadens „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ in Abhängigkeit von der Standortkategorie des Verfüllstandortes Verfüllung von Material bis Z 2 zulässig, die Berücksichtigung geogen oder großflächig siedlungsbedingter Hintergrundwerte am Verfüllstandort ist zulässig, sofern die Hintergrundwerte bereits in der Antragstellung für die Verfüllung nachgewiesen und angeführt wurden	
	Mindestmengen:	keine	
	weitere Anmerkungen:	Antrag zur Verfüllung ist bei der zuständigen Genehmigungsbehörde zu stellen	



7.2.6.3	Verfüllung gemäß LAGA M 20 (außerhalb Bayerns)		
	Anforderungen an den Organikgehalt:	zur Verwendung in bodenähnlichen Anwendungen ( $\triangleq$ Verfüllung) ist lediglich maximal schwach humoses Bodenmaterial zulässig (Humusgehalt $\leq$ 2 M.-% bzw. TOC-Gehalt $\leq$ 1 %)	LAGA M 20
	bautechnische Anforderungen:	gering, aber Standsicherheit des verfüllten Standortes muss nach dem Verfüllen sichergestellt sein bei einer Folgenutzung des Verfüllstandortes muss das Setzungspotential des verfüllten Materials bereits bei der Verfüllung berücksichtigt werden (ggf. Überhöhung vorsehen)	
	umwelttechnische Anforderungen:	<p>umwelttechnische Bewertung nach <b>LAGA M 20</b></p> <p>in der Regel ist nur Bodenmaterial zulässig, das die bodenartsspezifischen Zuordnungswerte Z 0 der LAGA M 20 unterschreitet</p> <p>Bodenmaterial, dessen Feststoffgehalte die Zuordnungswerte Z 0 der LAGA M 20 überschreiten, dürfen ausnahmsweise nur verwendet werden, wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- der Verfüllstandort außerhalb wasserwirtschaftlicher Schutzgebiete liegt</li> <li>- die Feststoffgehalte die Zuordnungswerte Z 0* (zweifache Vorsorgewerte des Anhangs 2 Nr. 4 BBodSchV; für Schwermetallgehalte werden die Vorsorgewerte für die Bodenart Lehm/Schluff zugrunde gelegt) nicht überschreiten (Ausnahmen: für Cd 1 mg/kg für die Bodenarten Sand und Lehm/Schluff sowie 1,5 mg/kg für die Bodenart Ton); für organische Schadstoffe werden die Vorsorgewerte für <math>\leq</math> 8 M.-% Humusgehalt herangezogen</li> <li>- die Schadstoffkonzentrationen im Eluat die Zuordnungswerte Z 0* (Eluat) nicht überschreiten</li> <li>- das Bodenmaterial mit einer mindestens 2 m mächtigen Schicht aus Bodenmaterial abgedeckt wird, das die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält und alle natürlichen Bodenfunktionen erfüllt</li> </ul> <p>geogen oder großflächig siedlungsbedingt erhöhte Hintergrundgehalte dürfen berücksichtigt werden; die zuständige Behörde kann hierzu spezifische Zuordnungswerte festlegen, soweit sichergestellt ist, dass es zu keiner erheblichen Freisetzung von Schadstoffen und keinen zusätzlichen Stoffeinträgen mit nachteiligen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen kommt</p>	LAGA M 20
	Mindestmengen:	keine	
	weitere Anmerkungen:	keine	

## 9 Literaturverzeichnis

- [1] Anforderungen an die Verfüllung von Gruben, Brüchen sowie Tagebauen - Eckpunktetpapier; Vereinbarung zwischen dem Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und dem Bayerischen Industrieverband Steine und Erden e.V. vom 21.06.2001; Leitfaden zu den Eckpunkten „Anforderungen an die Verfüllung von Gruben, Brüchen sowie Tagebauen“
- [2] BauGB; Baugesetzbuch vom 23.09.2004, BGBl I S. 2414
- [3] Bayerisches Landesamt für Umwelt (August 2014); Handlungshilfe im Umgang mit geogen arsenhaltigen Böden (Stand 08/2014)
- [4] Bayerisches Landesamt für Umwelt (April 2016); Merkblatt – Entsorgung von mineralischen Abfällen aus Baumaßnahmen – Umgang mit Kleinmengen (Stand 04/2016)
- [5] Bayerisches Landesamt für Umwelt (April 2016); Merkblatt – Umgang mit humusreichem und organischem Bodenmaterial: Vermeidung – Verwertung – Beseitigung (Stand 04/2016)
- [6] BayWG; Bayerisches Wassergesetz vom 25.02.2010, GVBl 2010, S. 66
- [7] BayBO; Bayerische Bauordnung vom 14.08.2007
- [8] BBodSchG; Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17.03.1998, BGBl I S. 502
- [9] BBodSchV; Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12.07.1999, BGBl. I S. 1554
- [10] BioAbfV; Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung) vom 21.09.1998, BGBl I S. 658
- [11] Bodenkundliche Kartieranleitung 2005, 5. Auflage, Bundestanalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover 2005
- [12] Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard BQS 7-1 (2015): Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen vom 04.02.2015
- [13] Birle, E., Heyer, D., Baumgärtel, T. (2013): Erdbautechnische Eigenschaften organogener Böden der Münchner Schotterebene, In: Tagungsband zur 4. Fachtagung Geotechnik an der HTW Dresden, 21.11.2013, S. 120 – 130
- [14] Brüggemann, K.; Moritz, K. (1979): Verwendbarkeit von Böden mit organischen Bestandteilen – Abschlussbericht zu F.A. 5.014 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen
- [15] DepV; Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung) vom 27.06.2009, BGBl I S.900
- [16] DIN 19731 (1998-05); Bodenbeschaffenheit – Verwertung von Bodenmaterial. Deutsches Institut für Normung e.V., Normenausschuss Wasserwesen, Berlin
- [17] DIN 19738 (2004-07); Bodenbeschaffenheit – Resorptionsverfügbarkeit von organischen und anorganischen Schadstoffen aus kontaminierten Bodenmaterial
- [18] DüMV; Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung) vom 05.12.2012, BGBl I S. 2482
- [19] DüngG; Düngegesetz vom 09.01.2009, BGBl I S. 54, 136
- [20] GrwV; Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung) vom 09.11.2010, BGBl I S. 1513
- [21] Henzinger, C.; Wolter, S., Bagherpour, I.; Birle, E. (2015): Verwendung von organogenen Böden und Böden mit organischen Anteilen, Teil 1 des Schlussberichts zum F&E-Vorhaben

- „Ressourcenschonung – Bedingungen für die Verwendung organogener und weicher Böden sowie von Sekundärbaustoffen als Massenbaustoffe im Erdbau, unveröffentlicht
- [22] KrWG; Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz) vom 24.02.2012, BGBl I S. 212
- [23] LAGA M 20 (1997); Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln – Stand 6. November 1997“; Anmerkung: spätere Stände der LAGA-Mitteilung 20 sind in Bayern nicht eingeführt
- [24] Leitfaden zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen – Fortschreibung, Fassung vom 09. Dezember 2005, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
- [25] M T S E – Merkblatt über Bauweisen für technische Sicherungsmaßnahmen beim Einsatz von Böden und Baustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen im Erdbau; Ausgabe 2009, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe Erdbau
- [26] Ramke, H.-G., 2008: Plausibilitätskontrollen in der Analytik von Zuordnungsparametern fester Siedlungsabfälle, in: Fachgespräch Feststoffuntersuchung 2008 – Neue Entwicklungen in der Abfall- und Altlastenuntersuchung, BEW-MUNLV-Seminar, BEW Bildungsstätte Essen, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW
- [27] UMS vom 17.07.2000 (Az.: 812-8740.50-2000/1): „Umwelttechnische Anforderungen an die stoffliche Verwertung mineralischer Abfälle (Technische Regeln LAGA), Änderung des UMS vom 09.03.1998
- [28] WHG; Wasserhaushaltsgesetz vom 31.07.2009, BGBl I S. 2585