

Abschlussbericht zur Studie:

„FACHLICHE GRUNDLAGEN FÜR DIE AUSARBEITUNG EINER ANWENDUNGSRICHTLINIE FÜR ERDEN AUS ABFÄLLEN“

Autor: Dr. Peter Dreher
Fraunhofer-IUCT
Grafschaft, Auf dem Aberg 1
D-57392 Schmallenberg
Tel: 0049 (0)2972 302201
email: peter.dreher@iuct.fhg.de

Vorbemerkungen zum Umfang, Zweck und Inhalt der Studie gemäß Auftrag:

- *Die Studie dient der Unterstützung der ÖNORM AG mit dem Zweck der Arbeitserleichterung v.a. im Hinblick auf die Übertragung der konzeptionellen Grundlagen der Studie „Erden aus Abfällen“, die bereits Eingang in der „Verwertungsgrundsatz Erden aus Abfällen“ des BMLFUW gefunden hat (zitiert als VwG).*
- *Die Aufgabe des Autors der Studie besteht in der Darstellung von Beurteilungsparametern und anderer notwendiger Informationen für den schadlosen und nützlichen Einsatz von Erden aus Abfällen. Die in der Studie „Erden aus Abfällen“ verwendeten Definitionen und Begrifflichkeiten (z.B. Wurzelschicht, Untergrund, Erdentypen) sowie die darin vorgeschlagenen Regelungen (z.B. Kennwerte, Erdenklassen) werden in dieser Studie ohne erneute Begründung weiterverwendet. Aus diesem Grund setzt das Verständnis für die vorliegende Studie eine relativ gute Kenntnis der Studie „Erden aus Abfällen“ voraus. Soweit dies zu keinen inhaltlichen Widersprüchen zur Studie „Erden aus Abfällen“ führt, werden die Begriffe (z.B. Erdentypen und Klassen) des davon abgeleiteten „Verwertungsgrundsatzes für Erden aus Abfällen...(VwG)“ des BMLFUW übernommen.*
- *Die Orientierung an der Studie „Erden aus Abfällen“ bezieht sich auch darauf, dass vor allem die ökologische Nützlichkeit und Schadlosigkeit bei der Ausarbeitung im Vordergrund steht. Das bedeutet, dass Vorgaben, die zu einer technischen Aufbereitung und Verfeinerung der Erden im Hinblick auf eine spezifische Nutzung führen (z.B. Anpassung des Nährstoffbedarfs auf die Bedürfnisse P- oder Zn-mangelempfindlicher Kulturen), außerhalb der Zielsetzung dieser Studie liegen.*
- *Eine vertiefte Ausarbeitung ausgewählter Teilkapitel erfolgt in Abstimmung mit dem BMLFUW. Eine ungleichmäßige Bearbeitungstiefe verschiedener Kapitel der Studie ist*

somit vorgegeben. Drei nach Absprache mit dem Ministerium ausgewählte Fallgestaltungen werden anhand von Projektbeispielen exemplarisch erläutert.

- *Die Ausarbeitung von Struktur und Inhalt einer ÖNORM „Anwendungsrichtlinie für Erden aus Abfällen“ ist und bleibt der zuständigen AG des FNA 199 vorbehalten. Diese Studie beinhaltet gemäß Auftrag somit nicht die Struktur und den vollständigen Inhalt der ÖNORM, sondern eine Darstellung zentraler fachlicher Inhalte.*
- *Die Gliederung der Studie orientiert sich an der möglichen Struktur einer Norm (Ausnahme: Kapitel „Projektbeispiele“). Aus diesem Grund wird es „leere“ Gliederungspunkte bzw. Kapitel geben, die als „Merkposten“, teilweise ergänzt um einige stichwortartige Hinweise, zu verstehen sind (z.B. Kapitel „Definitionen“).*
- *Da das zeitliche und monetäre Budget für diese Studienausarbeitung sehr begrenzt ist, kann der Autor praktisch nicht koordiniert mit den Arbeiten der ÖNORM-AG vorgehen bzw. auf die Arbeiten der AG Bezug nehmen.*
- *Sofern notwendig wird in der Studie auf differenzierte Anforderungen für die verschiedenen Erdentypen (E1, E2, E3) hingewiesen.*
- *Diese Studie bezieht sich in erster Linie auf Anwendungsbereiche bzw. Fallgestaltungen, bei denen ein offener, flächenhafter Einbau in der Landschaft (Landwirtschaft, Landschaftsbau, Kiesgrubenverfüllungen usw.) vorgesehen ist und damit, im Sinne der zugrundeliegenden Studie „Erden aus Abfällen“, primär auf die Erfüllung der natürlichen Bodenfunktionen und auf die Einbindung in die umgebende Bodenlandschaft abgezielt wird. Darüber hinaus wird in einem kurzen Kapitel exemplarisch die Fallgestaltung Deponierekultivierung (mit Projektbeispiel) angesprochen, bei der die aufgebrachte Erdschicht außerhalb des Kontextes der umgebenden Böden steht und bei der definierte Sicherungsmaßnahmen wirksam sind.*

Gliederung:

1	Vorwort	5
2	Einleitung	5
3	Anwendungsbereich der Norm.....	5
4	Normative Verweisungen.....	5
5	Definitionen.....	5
6	Anforderungen an die Verwertung von Erden aus Abfällen.....	6
6.1	Allgemeine Anforderungen	6
6.1.1	Schadlosigkeit	6
6.1.2	Nützlichkeit	7
6.1.3	Nachsorgefreiheit	8
6.2	Spezielle Anforderungen an die Herstellung einer Wurzelschicht.....	8
6.2.1	Schadstoffbezogene Anforderungen (Wurzelschicht)	8
6.2.2	Bodenkundliche Anforderungen (Wurzelschicht)	10
6.2.2.1	Grundsätzliche Anforderungen an den Profilaufbau.....	10
6.2.2.2	Textur, Skelettgehalt (Erden Typ E1, E2, E3)	11
6.2.2.3	Kohlenstoff (TOC) und Nährstoffe, allgemeine Vorbemerkung	16
6.2.2.4	TOC-Konzentrationen (Erden Typ E1, E2, E3).....	17
6.2.2.5	Zulässige N-Gesamtfracht mit der Erdenaufbringung (Erden Typ E1)	19
6.2.2.6	Zulässige N-Gesamtfracht mit der Erdenaufbringung (Erden Typ E2, E3). 19	
6.2.2.7	Zulässige P- und K-Konzentrationen (Erden Typ E1, E2, E3)	23
6.2.2.8	Ballaststoff/ Störstoffe.....	24
6.3	Spezielle Anforderungen an die Herstellung einer Untergrundverfüllung.....	24
6.3.1	Schadstoffbezogene Anforderungen (Untergrund)	24
6.3.2	Bodenkundliche Anforderungen (Untergrund)	25
6.3.2.1	Grundsätzliche Anforderungen an den Profilaufbau.....	26
6.3.2.2	Textur, Skelettgehalt (Erden Typ E1, E2, E3)	26
6.3.2.3	Kohlenstoff (TOC), Nährstoffe und sonstige Parameter.....	27
6.4	Besonderheiten bei der Aufbringung in teilgesicherten Systemen dargestellt am Beispiel einer Deponierekultivierung.....	27
6.4.1	Schadstoffseitige Anforderungen	28
6.4.2	Bodenkundliche Anforderungen	28

7	Standortbezogene Anforderungen bei der Aufbringung von Erden.....	29
8	Anforderungen an die Aufbringungstechnik.....	30
9	Projektbeispiele	32
9.1	Projektbeispiel 1: Herstellung einer Wurzelschicht über Kiesgrubenverfüllung	32
9.1.1	Projektbeschreibung	32
9.1.2	Erforderliche Projektunterlagen: Grundlagendaten Projekt.....	33
9.1.3	Erforderliche Projektunterlagen: Grundlagendaten Standort/ Boden	33
9.1.4	Anforderungen an die Erdeneigenschaften und Aufbringung.....	34
9.2	Projektbeispiel 2: Herstellung einer Wurzelschicht als Deponierekultivierung.....	36
9.2.1	Projektbeschreibung	36
9.2.2	Erforderliche Projektunterlagen: Grundlagendaten Projekt.....	37
9.2.3	Erforderliche Projektunterlagen: Grundlagendaten Standort/ Boden	37
9.2.4	Anforderungen an die Erdeneigenschaften und Aufbringung.....	38
9.3	Projektbeispiel 3: Erdenauftragung zur Standortverbesserung auf Ackerfläche.....	39
9.3.1	Projektbeschreibung	39
9.3.2	Erforderliche Projektunterlagen: Grundlagendaten Projekt.....	40
9.3.3	Erforderliche Projektunterlagen: Grundlagendaten Standort/ Boden	40
9.3.4	Anforderungen an die Erdeneigenschaften und Aufbringung.....	41
10	Zitierte Literatur	43

1 Vorwort

Anmerkung: Ausarbeitung durch ÖNORM-AG.

2 Einleitung

Anmerkung: Ausarbeitung durch ÖNORM-AG.

3 Anwendungsbereich der Norm

Anmerkung: Ausarbeitung durch ÖNORM-AG.

4 Normative Verweisungen

Anmerkung: Ausarbeitung durch ÖNORM-AG.

5 Definitionen

Anmerkung: Dieses Kapitel war gemäß Absprache mit dem Auftraggeber nicht auszuarbeiten, sondern nur soweit vorhanden mit Stichworten und Hinweisen/ Verweisen zu versehen.

Hinweis auf wichtige Begriffe:

- Erden aus Abfällen
- Boden
- Bodenaushub
- Bodenaushubmaterial
- Oberboden
- Unterboden
- Bodenfunktionen
- Bodenverbesserung
- Aufbringung
- Erdentypen
- Einsatzbereiche
- Wurzelschicht
- Untergrund
- Schadstoffe

- Schadstoffklassen
- Bodenkundliche Kennwerte
- Wirkungspfade

6 Anforderungen an die Verwertung von Erden aus Abfällen

6.1 Allgemeine Anforderungen

Die grundsätzliche Anforderung beim Einsatz von Erden aus Abfällen beinhaltet die

- Schadlosigkeit
- Nützlichkeit
- und Nachsorgefreiheit

am Auftragsstandort. Die grundsätzliche Eignung von Erden werden im VwG (bzw. Studie „Erden aus Abfällen) über materielle Anforderungen (physikalische, chemische, biologische Eigenschaften, Hygiene, geeignete Ausgangsstoffe) geregelt. Diese Anforderungen sind in der geplanten Anwendungsrichtlinie über verschiedene Anwendungsbereiche und Fallgestaltungen mit Anwendungsvorgaben zu verknüpfen, um die Prinzipien der Schadlosigkeit, Nützlichkeit und Nachsorgefreiheit umsetzbar zu machen.

6.1.1 Schadlosigkeit

Ein schadloser Einsatz von Erden ist gegeben, wenn die vorhandenen natürlichen Bodenfunktionen sowie die Nutzungsfunktionen „Standort für land- und forstwirtschaftliche Produktion“ sowie „Fläche für Siedlung und Erholung“ nicht beeinträchtigt werden. Von Schadlosigkeit einer Anwendung ist weiterhin auszugehen, wenn es zu keiner Beeinträchtigung von Mensch und Umwelt kommt, insbesondere:

- keine Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit,
- keine Gefährdung von Tieren und Pflanzen,
- keine schädliche Veränderung von Gewässern, Böden oder anderen Umweltmedien.

Dies ist in der Regel der Fall, wenn einerseits die aufgebrauchten Erden die im Verwertungsgrundsatz für Erden aus Abfällen festgelegten materiellen Anforderungen (Schadstoffgrenzwerte, zulässige Ausgangsstoffe, bodenkundliche Kennwerte) erfüllen und wenn andererseits durch Einhaltung von Anwendungsvorgaben in Bezug auf die Verhältnisse am Standort keine Verschlechterung im Sinne der bodenkundlichen und ökologischen Bedingungen verursacht wird. Ein weiteres grundsätzliches Kriterium der Schadlosigkeit stellt die Anforderung dar, durch Erdenaufbringungen keine Fremdkörper im bodenkundlichen Sinne zu erzeugen. Ein von der bodenkundlichen Grundcharakteristik nicht

weitgehend zum umgebenden Standortboden passendes Erdenmaterial ist als ökologisch schädliche Veränderung zu betrachten.

6.1.2 Nützlichkeit

Ein nützlicher Einsatz von Erden ist grundsätzlich gegeben, wenn die Auftragung zu einer (Wieder-)herstellung oder Verbesserung der natürlichen Bodenfunktionen sowie der Nutzungsfunktionen „Standort für Land- und Forstwirtschaft“ sowie „Fläche für Siedlung, Verkehr und Erholung“ am Auftragsstandort führt. Eine ökologische Nützlichkeit („dauerhafter Nutzen für die Ökologie“) resultiert aus der Förderung oder Herstellung der natürlichen Bodenfunktionen sowie der Nutzungsfunktion „Standort für Land- und Forstwirtschaft“.

Folgende Beeinflussungen oder Effekte am Standort begründen eine ökologische Nützlichkeit:

- 1.) Erzeugung oder Vergrößerung der Wurzelschicht und / oder des Untergrundes mit dem Ziel
 - steigender Ertragsfähigkeit,
 - vergrößerten Speicher-/ Puffervermögens für Wasser und Nährstoffe, Pflanzenschutzmittel durch Vergrößerung der Filterstrecke,
 - verbesserter Wärme- (Farbe, Humusgehalt, Dichte) und Lufthaushalt (Grobporensystem),
 - des Geländeausgleichs oder Massenausgleichs
 - oder der Etablierung eines Pflanzenbestandes (z.B. Deponierekultivierung).

- 2.) Boden-Strukturverbesserung mit dem Ziel
 - verbesserter Bewirtschaftbarkeit bzw. Bearbeitbarkeit (ausreichend lockere und über eine ausreichend große Fläche homogene Struktur),
 - der Verbesserung der Grundwasserschutzfunktion durch Vergrößerung der Wasserspeichervermögens (Vergrößerung der nFK, d.h. des Anteils an Mittel- und engen Grobporen),
 - der Verringerung von Bodenerosion (Vergrößerung der Aggregatstabilität und der Infiltrationsleistung der Bodenoberfläche)

Die Nützlichkeit einer Erdenauftragung kann auch durch einen technischen Nutzen im Sinne der Nutzungsfunktion „Fläche für Siedlung, Verkehr und Erholung“ gegeben sein. Da die Erfüllung eines technischen Nutzens wie beispielsweise Geländemodellierungen bei vielen

Erdenaufbringungen im Vordergrund steht und entsprechende Maßnahmen nicht unbedingt mit der notwendigen ökologischen Nützlichkeit verbunden sind, sollte zur Sicherstellung einer auch ökologischen Nützlichkeit eine Mindestanzahl von Effekten aus der obigen Auflistung „Vergrößerung der Wurzelschicht und / oder des Untergrundes“ sowie „Strukturverbesserung“ erfüllt sein. Es muss sichergestellt werden, dass neben technischen Nützlichkeiten wie „Geländemodellierung“ auch ökologisch relevante Funktionen wie „Vergrößerung des Wasserspeichervermögens“ erfüllt werden. Die Bewertung der Erfüllung oder Nichterfüllung dieser Anforderungen muss allerdings im Einzelfall der ermessensgeleiteten Beurteilung von bodenkundlichen Fachleuten unterliegen. Die präzise zahlenmäßige Festlegung von Parametern im Sinne einer objektivierten Beurteilung ist hier nicht praktikabel. Es wäre extrem aufwändig und inhaltlich / methodisch stark angreifbar, z.B. die „Vergrößerung des Puffervermögens für Wasser und Nährstoffe“ mit einer festen Methode (wie zu messen?) und Maßzahl (ab wann liegt eine relevante Funktionsverbesserung vor?) zu definieren.

Als pragmatischer Lösungsansatz wurden in der Studie „Erden aus Abfällen“ bodenkundliche Anforderungen (Kennwerte) festgelegt, deren Erfüllung mit ausreichender Wahrscheinlichkeit auch die Förderung natürlicher Bodenfunktionen und ggf. der landwirtschaftlichen Produktionsfunktion gewährleisten. Diese Anforderungen werden in den nachfolgenden Kapiteln „Spezielle Anforderungen an die Herstellung einer Wurzelschicht“ und „Spezielle Anforderungen an die Herstellung einer Untergrundverfüllung“ präzisiert und um anwendungsbezogene Regelungen ergänzt.

6.1.3 Nachsorgefreiheit

- Es ist sicherzustellen, dass die Auftragstechnik und -bedingungen (z.B. Wetter) geeignet sind, eine von Anfang an günstige physikalische Struktur der Erdschicht zu erzeugen, so dass keine spätere Nachsorge im Sinne von Strukturmelioration erforderlich ist.
- Es ist sicherzustellen, dass keine unerwünschte (Re)mobilisierung von Nähr- und Schadstoffen erfolgt. In diesem Zusammenhang ist auch zu klären, wie Schnittgut von mit Erden beaufschlagten Flächen mit höheren Schadstoffgehalten (z.B. Deponieabdeckung) zu handhaben ist. Es sollte kein entsorgungsbedürftiger Abfall entstehen.

6.2 Spezielle Anforderungen an die Herstellung einer Wurzelschicht

6.2.1 Schadstoffbezogene Anforderungen (Wurzelschicht)

Für die Festlegung spezieller Anforderungen an die Schadlosigkeit einer Erdenverwertungsmaßnahme zur Herstellung einer Wurzelschicht (im Gegensatz zu Untergrundverfüllungen) ist es notwendig, verschiedene Nutzungen im Sinne von

Fallgestaltungen zu unterscheiden, da insbesondere schadstoffbedingte Risiken nutzungsbedingt (relevante Wirkungspfade) unterschiedlich zu beurteilen sind.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wesentlichen Nutzungen im Falle der Herstellung einer Wurzelschicht. Auf diese Einteilung wird auch weiter unten im Zusammenhang mit bodenkundlichen Anforderungen (Nützlichkeitsaspekte) Bezug genommen.

Einsatzbereich Wurzelschicht:

Landwirtschaft, Gartenbau:

- „Food-Bereich“, Futterbau, Grünland
- Zierpflanzen, Baumschule
- Haus- und Hobby, Kultursubstrate

Landschaftsbau:

- Straße, Verkehr, Lärmschutz
- Golfplätze

Park- und Freizeitflächen:

- Kinderspielplatz
- Sonstige

Rekultivierung:

- Tagebaurekultivierung
- Haldenrekultivierung und Deponieabdeckung
- Industrieflächen

Schutzbau:

- Lawinenschutz
- Bannwald
- Wildbachverbauung

Der Verwertungsgrundsatz für Erden aus Abfällen enthält Grenzwerte für Schadstoffe (Klassen A1 und A2). Ergänzend bedarf es der Konkretisierung von Anwendungsbedingungen insbesondere beim Einsatz von Erden der Klasse A2. In der Anwendungsrichtlinie ist eine Festlegung zu folgenden Punkten zu treffen:

1. Es muss sichergestellt werden, dass eine weniger sensible Nutzung der Wurzelschicht, die als Begründung und Voraussetzung für die Verwendung der Klasse A2 herangezogen wird, langfristig in dieser oder einer anderen ebenfalls wenig sensiblen Nutzung verbleibt. Andernfalls muss die Verwendung von Erden der Klasse A1 erfolgen. Diese langfristige Nutzungsbindung ist durch klare Vorgaben bzw. durch rechtsverbindliche Dokumentation sicherzustellen. Bei landwirtschaftlichen Flächen ist die Verwendung der Klasse A2 für die Wurzelschicht generell auszuschließen, auch wenn die vorgesehene Produktionsrichtung (z.B. nachwachsende Rohstoffe) nicht der Erzeugung von Nahrungsmitteln dient (Grundsatz: Erhaltung der langfristig universellen Nutzbarkeit landwirtschaftlicher Böden).
2. Bei einigen Nutzungen ist, je nach konkreter Situation, der Einbau von Erden der Klasse A1 oder A2 als Mindestanforderung denkbar. Es sind in diesen (nachfolgend genannten) Fällen konkrete Kriterien für die Zulässigkeit der Verwendung von Erden der Klasse A2

festzulegen. Grundsätzlich ist die Verwendung von Erden der Klasse A2 auszuschließen, wenn auf Grund der potenziellen oder aktuellen Nutzung eine direkte (Nahrungsmittel) oder indirekte (Tierfutter) Verbindung mit der menschlichen Ernährung besteht oder wenn auf Grund direkter oraler oder inhalativer Aufnahme von Staub oder Erden-/Bodenpartikel durch den Menschen Gefährdungen am Arbeitsplatz oder auf Sport- und Spielflächen möglich sind. Konkretisierungsbedarf bei Einbau/ Verwendung von Erden der Klasse A2 besteht für folgende Nutzungen:

- Zierpflanzen, Baumschule (Gartenbau im „NON-Food-Bereich“): hier liegt das Hauptaugenmerk auf der Frage möglicher Belastungen durch den Wirkungspfad Boden → Mensch in Form der Inhalation von Bodenmaterial am Arbeitsplatz. Die Verwendung von Erden der Klasse A2 sollte in Bereichen mit potenziell stärkerer Staubeentwicklung ausgeschlossen werden. Die diesbezügliche Beurteilung der Arbeitsplatzsituation ist von Fachleuten vorzunehmen.
- Golfplätze, Park- und Freizeitflächen (außer Spielplätze, hier in jedem Fall Klasse A1): Für die Verwendung von Erden der Klasse A2 ist entscheidend, dass die Beweidung durch Nutztiere oder die Verfütterung des Grünschnittgutes ausgeschlossen ist.
- Rekultivierungen: Für die Verwendung von Erden der Klasse A2 ist entscheidend, dass die Beweidung durch Nutztiere oder die Verfütterung des Grünschnittgutes ausgeschlossen ist. Bei landwirtschaftlicher Folgenutzung auf rekultivierten Flächen gilt in jedem Fall Klasse A1. Dies gilt auch für rekultivierte Skipisten mit Mäh- oder Weidenutzung. Diese sind generell unter der Nutzungskategorie Landwirtschaft/ Grünland einzuordnen.
- Rekultivierungen von Industrieflächen: Der Herstellung einer Wurzelschicht aus Erden der Klasse A2 sollte nur unter der Maßgabe erfolgen, dass das rekultivierte Gelände wiederum langfristig für eine industriell-gewerblichen Nachnutzung und nicht für Wohnbebauung oder Gartennutzung vorgesehen ist.

6.2.2 Bodenkundliche Anforderungen (Wurzelschicht)

6.2.2.1 Grundsätzliche Anforderungen an den Profilaufbau

1. Der Profilaufbau sollte sich an denjenigen natürlicher, nicht degradierter Grünland- und Ackerböden, mit einem humosen Oberboden, einem humusarmen Unterboden und einem weitgehend humusfreien Untergrund orientieren. Humusaufgaben wie sie auf Waldböden zu finden sind, sollten nicht aus Erden hergestellt werden.
2. Zu vermeiden sind ausgeprägte Texturunterschiede innerhalb eines Schichtaufbaues, da diese sich nachteilig auf die Wassersickerung im Bodenprofil auswirken (Stauwirkung durch sog. „Kapillarsprung“) und da viele Kulturpflanzen zwar auch in dichten Böden wurzeln können, aber empfindlich auf Dichteunterschiede zwischen Horizonten reagieren (LfU, 2000b).

3. Der neu entstehende Profilaufbau sollte sich an den (nicht degradierten) Böden der Umgebung orientieren. Zu vermeiden ist die Erzeugung bodenkundlicher Fremdkörper in der Landschaft. Das aufgebrachte Material sollte insbesondere im Ausgangssubstratcharakter (Textur, Skelett) dem Standortboden ähnlich sein (Prinzip „Gleiches zu Gleichem“). Bodenkundliche Besonderheiten wie extrem mächtig-humose, tschernosemartige Oberböden, humose Horizonte unterhalb des rezenten Oberbodens z.B. als Reste von fossilen oder reliktschen Böden, ausgeprägte Tonanreicherungs-horizonte oder geologische Schichtungen mit großen Textursprüngen sollten nicht als Vorlage für einen Profilaufbau dienen, auch wenn sie in der Umgebung des Einbaustandortes gehäuft vorkommen. Generell sollte sich der Profilaufbau an der weitgehenden Gleichmäßigkeit des Ausgangssubstrates der meisten flächenmäßig verbreiteten natürlichen Böden und an den unter Punkt 1 und 2 genannten Kriterien orientieren.

(Anmerkung zu tiefgründig humosen (z.B. tschernosemartigen) Profilen: Dem Autor ist bewusst, dass diese Böden in Österreich eine nennenswerte flächenmäßige Bedeutung besitzen. Die Humusfraktion dieser Böden ist jedoch durch eine C- und N-Dynamik gekennzeichnet, die bei sachgemäßer Nutzung keine Probleme hinsichtlich von unerwünschten N-Austrägen erwarten lassen. Die Orientierung von Erdenprofilen an diesen natürlichen Böden als Begründung für sehr hohe C- und N-Vorräte ist jedoch abzulehnen, da Erden aus Abfällen des Typs E2 und E3 nicht mit ausreichender (regel- und kontrollierbarer) Sicherheit einen entsprechenden Humuschemismus aufweisen und somit sehr hohe Risiken von Gewässerschädigungen bestehen. Auch aus Erden des Typs E1 sind solche Profilaufbauten hinsichtlich des N-Auswaschungsrisikos äußerst problematisch, da durch die Umlagerung (v.a. Belüftung und schubartiger Anstieg der mikrobiellen Aktivität) eine in dieser Situation unerwünschte Änderung der C- und N-Dynamik in Richtung hoher Nettomineralisierung zu erwarten ist.)

4. Sonderprofile bei rein technischen Bodenbauwerken wie Lärmschutzwälle oder alpine Schutzbauten sowie Böden an Sonderkulturstandorten (z.B. initiale Bodenbildungsstadien wie flachgründige Ranker oder Rendzinen auf Festgestein in Weingärten) sollten auch (und nur) für hierfür typische Anwendungssituationen zulässig sein, sofern aus der Maßnahme ein ertrags- oder qualitätsbezogener Nutzen zu erwarten ist.

6.2.2.2 Textur, Skelettgehalt (Erden Typ E1, E2, E3)

Die Anforderungen an die Substrateigenschaften Textur und Skelett lassen sich auf die Erfüllung folgender Kriterien fokussieren, die je nach Einzelfall (Standort/Nutzung) unterschiedliche Bedeutung (nachfolgende Tabelle 1) besitzen. Diese Gewichtung ist zu beachten, wenn im Rahmen von Projektplanungen die Anforderungen an die einzuhaltenden Substrateigenschaften definiert werden (siehe Projektbeispiel 1). Je nach Situation bzw. geplanten Projektbedingungen gelten unterschiedliche Gewichtungen, die entscheidend dafür sind, unter welchem Aspekt die Textur von Bedeutung ist (z.B. Landwirtschaft → Ertragsfähigkeit, hängiges Gelände → K-Faktor). In durch einen bestimmten Nutzungszweck der Fläche begründeten Ausnahmefällen sollte ein Abweichen von der Anforderung der Homogenität im Profilaufbau zugunsten einer hohen Ertragsleistung der Fläche zugelassen

werden. Die Forderung nach der Erzeugung „guter“ Böden im Sinne hoher Ertragsfähigkeit sollte nach Meinung des Autors allerdings nicht als generelle Begründung akzeptiert werden und sich auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Flächen beschränken. Die Einstufung von Böden/ Erden in „gut“ oder „schlecht“ ist standort- und nutzungsabhängig zu differenzieren und ist keineswegs auf den Aspekt der Ertragsleistung zu reduzieren.

Die wesentlichen Kriterien bezüglich der Parameter Textur/ Skelett sind:

1. Homogenität innerhalb des Profilaufbaus zur Vermeidung unerwünschter bodenhydrologischer Eigenschaften (v.a. Textursprünge)
2. Kombinationseignung von Auftragsmaterial (Erde) und Umgebungsboden bzw. anstehendem Boden am Auftragungsort
3. Verwendung von Erden mit Substrateigenschaften (Textur, Skelett), die eine ausreichend hohe Ertragsfähigkeit erwarten lassen
4. Physikalische Stabilität des Bodenkörpers gegenüber Erosion und Verdichtung

In der folgenden Tabelle 1 ist eine nutzungsabhängige Gewichtung dieser Kriterien dargestellt.

Tabelle 1: Nutzungsabhängige Gewichtung der Anforderungen an die Substrateigenschaften Textur und Skelett

Nutzungen (Wurzelschicht)	Bedeutung des Kriteriums			
	1 Homogenität Profil	2 Kombinations- eignung	3 Ertrags- wirkung	4 physika- lische Stabilität
Landwirtschaft, Gartenbau:				
- „Food-Bereich“, Futterbau, Grünland	+++	+++	+++	++
- Zierpflanzen, Baumschule	+++	+++	+++	++
- Haus- und Hobby, Kultursubstrate	S	S	S	S
Landschaftsbau:				
- Straße, Verkehr, Lärmschutz	S	S	S	S
- Golfplätze	+++	+++	+	+
Park- und Freizeitflächen:				
- Kinderspielplatz	+++	+++	+	++
- Sonstige	+++	+++	+	++
Rekultivierung:				
- Tagebaurekultivierung	+++	+++	+	+++
- Haldenrekultivierung und Deponieabdeckung	++	+	+	+++
- Industrieflächen	+++	++	+	+
Schutzbau:				
- Lawenschutz (durch Flächenbegrünung)	+++	+++	+	+++
- Bannwald	+++	+++	+	+++
- Wildbachverbauung	S	S	S	S

+ / ++ / +++ / S = gering / mittel / hoch / Sonderanforderungen außerhalb dieser Studie

Zu 1.:

Dieser Punkt zielt darauf ab, dass der gesamte Profilaufbau, bestehend aus dem aufgetragenen Profil und dem anstehenden Boden/ Untergrund, von ähnlicher Textur (gleiche Hauptbodenart) ist und so unerwünschte Effekte auf die Bodenhydrologie und die Durchwurzelbarkeit ausgeschlossen werden. Bei einem anstehenden Untergrund aus Fest- oder Lockergesteinen ist diese Anforderung der Homogenität natürlich nur auf die aufgetragene Erdschicht anzuwenden. Bei feinkörnigem Untergrund gilt sie für das Gesamtprofil.

Zu 2.:

Grundsätzlich sollten nur Erden aufgetragen werden, die eine in physikalischer Hinsicht gleichwertige oder günstigere Textur aufweisen als das Material am Auftragungsort. Der Skelettgehalt sollte gleich oder geringer sein. Zur Orientierung lässt sich ein Schema (Abbildung 1) aus Baden-Württemberg (LfU, 2000a) heranziehen. Die wichtigsten Aussagen sind:

- Schluff (Löss/Lehm) lässt sich überall einsetzen.
- Sand sollte in der Regel auf Sand eingesetzt werden, bei geringer Auftragshöhe (<20 cm, Einarbeiten) kann er auch auf Ton aufgetragen werden.
- Toniges Material sollte nur auf Tonböden aufgetragen werden. (Ist nur für Erden Typ E1 relevant, da Hauptbodenart Ton bei Erden Typ E2 und E3 nicht vorkommt. Der Tongehalt ist gemäß VwG auf maximal 25% begrenzt).
- Für die Skelettgehalte gilt das Prinzip, dass gleiche oder geringere Skelettgehalte gegenüber dem Auftragsort überall eingesetzt werden können.

MÖGLICHE KOMBINATION VON BODENMATERIAL UND BODEN AM AUFBRINGUNGSORT

Verwertungsklasse des Bodens am Aufbringungsort

	Löß/Lehm	Sand	Ton	steinfrei	bis 10% Steingehalt	bis 30% Steingehalt
Verwertungsklasse des Bodenmaterials	Löß/Lehm	+	+	+		
	Sand	-	+	+		
	Ton	-	-	+		
	steinfrei				+	+
	bis 10% Steingehalt				-	+
	bis 30% Steingehalt				-	-

* Das Aufbringen von Bodenmaterial der Bodenart Sand auf Tonböden ist auf 20 cm zu begrenzen und nachfolgend einzuarbeiten

+ zulässige Kombination
- unzulässige Kombination

Abbildung 1: Schema der LfU Baden-Württemberg (LfU, 2000a): Mögliche Kombination von Bodenmaterial am Aufbringungsort

Das Kriterium der „Kombinationseignung mit den Böden am Auftragsort“ bzw. „Orientierung an den Umgebungsböden“ kann in Sonderkulturen (v.a. Weinbau) auch herangezogen werden, um oberhalb der Kennwertvorgaben gemäß VwG (Skelettgehalt 2-63 mm: 0-10 %, > 63 mm: 0 %) Erden mit höherem Skelettanteil zu verwenden, sofern daraus eine positive Beeinflussung der Produktqualität zu erwarten ist. Letzteres ist nur als gegeben anzunehmen,

falls es sich um Erden des Typs E1 (evtl. E2, keinesfalls E3) handelt und der Skelettanteil aus standorttypischem Gestein besteht. Der Orientierungswert für den standorttypischen Skelettgehalt ist im Einzelfall durch Siebanalysen zu belegen, die petrologische und weinbauliche Eignung des Materials ist durch unabhängige Fachleute zu beurteilen.

zu 3.:

Das Kriterium „Ertragswirksamkeit“ ist primär im Zusammenhang mit landwirtschaftlich genutzten Böden von Bedeutung (siehe Tabelle 1). Zur Ermittlung der Nützlichkeit einer Erdenaufbringung können Ergebnisse der Bodenschätzung (Bodenzahl nach Ackerschätzrahmen/ Grünlandschätzrahmen) herangezogen werden. Das aufgebrachte Material sollte danach hinsichtlich der Textur höherwertig, in keinem Fall jedoch geringerwertig im Sinne der Bodenzahl sein. Die Böden am Auftragsstandort sollten ab einer festzulegenden Punktzahl grundsätzlich von einer Auffüllung ausgenommen werden. In der Bodenschutzverwaltung Baden-Württembergs (Kohl, 2001) hat sich die Faustregel bewährt, Böden bereits ab ca. 60 Bodenpunkten von Auffüllungen bzw. Überschichtungen auszunehmen, da ab dieser Punktzahl am Auftragsstandort keine ertragsmäßige Verbesserung (Nützlichkeit) mehr zu erwarten ist. Diese Festlegung berücksichtigt auch die Erkenntnis aus Untersuchungen z.B. von Tagebaurekultivierungen, dass Neulandböden - auch bei Auftragung von bestgeeignetem Bodenmaterial (Bodenzahl >> 70) – im Regelfall nicht mehr als 60 bis 70 Bodenpunkte als Folge der Umlagerung erreichen.

Regelungsvorschlag (zu erhebende Informationen im Rahmen einer Projektbeantragung bei landwirtschaftlicher Folgenutzung) für landwirtschaftliche Flächen:

- Der Boden am Auftragungsort sollte eine Bodenzahl von 60 Punkten nicht überschreiten.
- Das Auftragsmaterial (Erden) sollte mindestens die gleiche Punktzahl wie der Boden am Auftragungsort aufweisen.

Zu 4.:

Erosionsstabilität:

Bei Auftragungen in hängigem Gelände ist eine texturbezogene Grenze für die Wassererodierbarkeit des Bodens festzulegen. Eine geeignete Textur können auf Grundlage des (texturabhängigen) K-Faktors der Erde aus Nomogrammen (Schwertmann et al., 1990) oder Tabellenwerken (AG Boden, 1994) entnommen werden. Es wird vorgeschlagen, Hangneigungsstufen mit K-Faktoren z.B. nach folgendem Schema (Tabelle 2) zu kombinieren (Grundlage Hangneigungsstufen und Erodierbarkeitsklassifikation/ K-Faktoren nach AG Boden, 1994: Tab. 4, S. 58 und Tab. 79, S. 329).

Tabelle 2: Zulässige Kombinationen von Hangneigung und K-Faktoren

Hangneigungsstufe	K-Faktor
N 0 bis N 1	Beliebig
N 2 bis N 3	< 0,3
N 4 bis N 5	< 0,2
N 6	< 0,1 (besser: keine Aufbringung von Erden)

Anmerkung: Es ist dem Autor bewusst, dass auch der Humusgehalt (TOC) von Böden/ Erden einen erheblichen erosionsmindernden Einfluss besitzen kann. Dennoch wird (übereinstimmend mit dem Prinzip der AG Boden (1994)) vorgeschlagen, die Anforderung hinsichtlich der Erosionsstabilität ausschließlich mit der Textur zu verbinden, da eine erheblich erosionsmindernde Wirkung erst bei relativ hohen TOC-Gehalten zu erwarten ist, die aus anderen Gründen generell kritisch gesehen werden (siehe Kapitel „Nährstoffe und TOC“) und die insbesondere auf stark geneigten Flächen wegen der Gefahr lateraler Nährstoffausträge (z.B. P-Austrag über Zwischenabfluss und partikuläre Fracht) abzulehnen sind. Unter dieser Maßgabe ist der TOC-Gehalt als Regelungsinhalt in Zusammenhang mit der Erosionsstabilität irrelevant.

Verdichtungsneigung:

Für den Faktor „Verdichtungsneigung“ existieren in der Literatur ebenfalls Beurteilungsmerkmale, die die Textur (hier speziell den Tongehalt) und zusätzlich die Bodenfeuchte berücksichtigen (AG Boden, 1994, Tab. 78, S. 328). Es wird jedoch in dieser Studie auf texturbezogene Vorgaben bezüglich der Verdichtungsneigung verzichtet, da der zulässige Feuchtezustand bei der Aufbringung in der Norm an anderer Stelle (Kapitel „Anforderungen an die Aufbringungstechnik“) ohnehin festzuschreiben ist und die Verdichtungsneigung bei Einhaltung dieser Grenzen bei der Aufbringung für natürliche Böden (Typ E1 und E2) als gering anzusehen ist. Erden des Typs E3 sind nach VwG auf 25 % Tongehalt limitiert und werden daher i.d.R. trotz ihrer teilweise eher „bodenfremden“ Eigenschaften und einer daher potenziell problematischen Struktur eine geringe Verdichtungsneigung aufweisen bzw. sind ebenfalls durch Regelungen zur Auftragsfeuchte „abgesichert“.

6.2.2.3 Kohlenstoff (TOC) und Nährstoffe, allgemeine Vorbemerkung

Grundsätzlich sollte für Nährstoffe und TOC eine mengenmäßige Begrenzung erfolgen, da eine überhöhte Aufbringung dieser Bodenbestandteile potenziell mit ökologischen Risiken insbesondere hinsichtlich des Gewässerschutzes verbunden ist. Die Regelungsproblematik besteht hierbei in der Ambivalenz, dass insbesondere Makronährstoffe sowohl als „wertgebende Bestandteile“ im Sinne der Nützlichkeitsanforderung notwendig sind, bei einer

überhöhten Aufbringung aber auch schädlich insbesondere für angrenzende Gewässer sein können. Die Grenze zwischen Nützlichkeit und Schadlosigkeit ist je nach Standort, Material und Nutzung in einem weiten Wertebereich an Nährstoffkonzentrationen und –vorräten zu ziehen.

Die Nährstoffbegrenzung bei Stickstoff sollte im Gegensatz zu düngerechtlichen Regelungen nicht nur materialbezogen (Konzentrationen) erfolgen, sondern frachtenbezogen. Diese Frachten lassen sich mit entsprechenden Annahmen in Vorräte mit entsprechender Schichttiefezuordnung oder auch in Konzentrationsprofile umrechnen (siehe Projektbeispiel 1 und 3). Im Düngerecht sind konzentrationsbezogene Regelungen in der Regel deshalb ausreichend bzw. sinnvoll, da von einer üblichen, die Makronährstoffe tragenden Oberbodenmächtigkeit (z.B. Acker \pm 25 cm, Grünland \pm 10 cm) ausgegangen werden kann und damit mittelbar auch eine Vorratsbegrenzung gegeben ist. Im Falle der Erdenaufbringung zur Herstellung einer Wurzelschicht ist dies nach den bisherigen Vorgaben (Studie „Erden aus Abfällen“, VwG) zunächst noch nicht in geeigneter Weise der Fall. Aus Erden können Profile sehr unterschiedlicher, ggf. sehr großer Mächtigkeit (Wurzelschicht bis 2 m, Gesamtprofil einschließlich Untergrund aus Erden bis \gg 2 m) erzeugt werden. Entsprechend groß ist die Spanne der potenziell in der Erden-schicht angelegten Nährstoff- und TOC-Vorräte und Verteilungsmuster. Hierfür besteht gesonderter Regelungsbedarf, eine mögliche Vorgehensweise für die Regelsetzung wird nachfolgend aufgezeigt. Die im VwG für Erden aus Abfällen festgeschriebenen Werte für TOC-Gehalte und Nährstoffe werden im Rahmen dieser Studie als maximale Obergrenzen aufgefasst.

Es ist an dieser Stelle auch darauf hinzuweisen, dass Mindestgehalte für Nährstoffe aus folgenden Gründen kein Gegenstand der Studie „Erden aus Abfällen“ und im weiteren dieser vorliegenden Studie ist. Ausgangspunkt beider Studien ist die Frage nach Kriterien, die den Anforderungen des vorsorgenden Umweltschutzes gerecht werden. Die Versorgung unterschiedlicher Kulturen und Pflanzenbestände gemäß ihrem spezifischen Bedarf an Nährstoffen ist primär eine Frage der bedarfsgerechten Düngung und damit Gegenstand des Düngerechts und anderer fachtechnischer Regelsetzungen wie zum Beispiel Normen für den Garten- und Landschaftsbau. Dies gilt auch und besonders für Mikronährstoffe (einschl. entsprechender Schwermetalle). Es ist allerdings festzuhalten, dass bei Einhaltung der vorgegebenen TOC-Kennwerte für die Wurzelschicht mit 3-12 % mittelbar eine im Vergleich zu Ackerböden sogar recht gute Mindestversorgung mit N und P für eine Besiedlung der Fläche mit einem Pflanzenbestand gegeben ist, da die zulässigen organischen Bestandteile von Erden gleichzeitig auch Träger für N und P sind.

6.2.2.4 TOC-Konzentrationen (Erden Typ E1, E2, E3)

Auch und besonders hinsichtlich der TOC-Konzentrationen gilt die grundsätzliche Anforderung aus der Studie „Erden aus Abfällen“, dass der Profilaufbau sich an natürlich vorkommenden Böden unter „Ausklammerung“ extremer oder exotischer Ausprägungen zu orientieren hat. Die zu erwartenden Probleme zu hoher TOC-Gehalte vor allem in Unterbodenschichten und Untergrund sind unerwünschte Milieuveränderungen (Eh-

Absenkungen) mit der Folge erhöhter, kaum kalkulierbarer Schwermetallmobilisierung, erheblicher N-Ausgasungen (Nährstoffverluste, Klimaschutzaspekte) und gestörter Pflanzenentwicklung. Da ein zusammenfassendes Werk über übliche Unterbodenkonzentrationen (unter „Unterboden“ wird der Bereich unterhalb des Oberbodens verstanden, der i.d.R. nicht tiefer als 30-40 cm reicht und damit Teil der „Wurzelschicht“ ist) flächenhaft bedeutender österreichischer Böden nicht vorliegt, ist die Festlegung der in folgender Tabelle genannten Werte stark ermessensabhängig. Die Werte werden der Diskussion in der ÖNORM-AG anempfohlen. Ein Spielraum für eine Heraufsetzung der nachfolgend genannten Grenzen wird jedoch seitens des Autors im Falle der Erden Typen E2 und E3 nicht und im Falle von Typ E1 in nur geringem Umfang gesehen. Wesentlich höhere Werte sind aus der bodenkundlichen Erfahrung sowie der Nützlichkeits- und Schadlosigkeitserwägung heraus nicht begründbar und kennzeichnen nach Ansicht des Autors eher Abfallbeseitigungsintensitäten als Nützlichkeitsaspekte. Die untere Grenze für eine gesicherte TOC-Bestimmung (Bestimmungsgrenze) wird bei 0,5 % TOC angenommen (Erfahrungswerte und Aussage von Routinelabors des VDLUFA). Es wird folgender grundsätzlicher Profilaufbau vorgeschlagen:

Tabelle 3: Schichttiefenabhängige TOC-Gehalte für Erden Typ E1, E2, E3 innerhalb der Wurzelschicht

Schichtbezeichnung	Tiefe (cm)	TOC (%) pro Schicht	TOC (%) Ø über mehrere Schichten
Schicht A	0 – 30	1,5 < 7	
Schicht B	30 - 60	< 2	< 3
Schicht C	60 - 120	< 1	
Schicht D	120 - 200	< 0,5	< 0,7

Ergibt die Berechnung der maximal zulässigen N-Fracht bzw. davon abgeleitet der maximal zulässigen mittleren N-Konzentration (vgl. Kapitel 6.2.2.5 und 6) in der Auftragsschicht bei Erden des Typs E2 und E3 einen Wert, der relativ zu den zulässigen TOC-Werten zu klein ist (angenommenes C/N-Verhältnis = 1:10), so ist der N-Wert limitierend, da die damit angestrebte Vermeidung von N-Auswaschungen und Gewässerbelastungen als vordringliches Anliegen betrachtet wird.

Anmerkung: Höhere TOC-Gehalte lassen sich im offenen Einbau in der Landschaft nicht damit begründen, dass damit eine vollständige Wasserretention (z.B. durch Erhöhung der Feldkapazität auf das Niveau der Jahresniederschläge) zu gewährleisten ist und damit das Risiko von Nitrat auswaschungen negiert werden kann. Dagegen sprechen vor allem folgende Argumente:

1. Die Bildung von (unbelastetem) Grundwasser stellt eine zentrale ökologische Funktion von Böden dar. Sie erfolgt außer im niederschlagsreichen Gebirge i.d.R. nur unter offenen, d.h. Nicht-Wald-Flächen (hohe Interzeptionswasserverdunstung im

Wald). Eine schadloße Erdenverwertung im offenen flächenhaften Einbau sollte auch dieser zentralen Funktion dienlich sein. Die Grundwasserneubildung unter solchen Flächen zu unterbinden, um hohe Mengen an organischen Materialien in die Landschaft zu bringen, kann nicht als ökologisch sinnvoll anerkannt werden. Ausnahme sind hydraulisch gesicherte Systeme, in denen die Wasserretention dann aber nicht als ökologische Bodenfunktion, sondern als technische Sicherungsfunktion anzusprechen ist.

2. Der Einfluss erhöhter Humusgehalte auf die Feldkapazität ist im Vergleich zum Textureinfluss nur von untergeordneter Bedeutung und ist im offenen Einbau gemessen an den Risiken hoher TOC-Gehalte als irrelevant zu bezeichnen. Am Beispiel der Bodenart Ls (Erden Langes Feld) steigt die Feldkapazität bezogen auf eine Fläche von 1 m² eine Schichtmächtigkeit von 2 m bei Anstieg des TOC-Gehaltes von 0,5-1 % (Klasse h2) auf 4-8 % (Klasse h5) nur um etwa 200 mm/a (von 710 mm/a auf 930 mm/a) (Berechnung auf Grundlage von Schätzwerten nach AG Boden (1994), Tab. 55, S. 297 und Tab. 58, S. 300). Dieser vergleichsweise geringe Anstieg der Feldkapazität rechtfertigt keineswegs ein TOC-Profil mit (zumindest für die tieferen Schichten innerhalb der Wurzelschicht) anderweitig unakzeptabel hohen Werten.

6.2.2.5 Zulässige N-Gesamtfracht mit der Erdenaufbringung (Erden Typ E1)

Bei Erden des Typs E1 handelt es sich um Bodenaushubmaterial, dessen C- und N-Dynamik als im Vergleich zu organischen Abfallgemischen weitgehend stabil angesehen wird. Andererseits ist aus Untersuchungen nach Bodenumlagerungen oder Nutzungsänderungen (z.B. Grünlandumbruch) bekannt, dass auch humuschemisch in situ stabile Böden in Folge der Maßnahme (intensive Durchmischung und Durchlüftung) sehr hohe N-Freisetzungen und potenzielle Nitratverlagerungen zeigen. Daher bleibt auch hier die in der Studie „Erden aus Abfällen“ gültige Vorgabe bestehen, dass das Konzentrationsprofil für N sich an demjenigen natürlicher mineralischer Böden zu orientieren hat. Das entscheidende Kriterium sollte der N-Vorrat bzw. das tiefenabhängige N-Konzentrationsprofil des (gegebenenfalls) ehemaligen Standortbodens oder der umgebenden Bodenlandschaft sein. Die Vorgehensweise ist anhand des Projektbeispiels 1 nachvollziehbar. Auch hier gilt wie beim Parameter TOC (siehe oben), dass in besonders durch Zweckmäßigkeit begründeten Ausnahmefällen von der Vorgabe der standorttypischen N-Verteilung im Profil abgewichen werden kann.

6.2.2.6 Zulässige N-Gesamtfracht mit der Erdenaufbringung (Erden Typ E2, E3)

Vorbemerkung:

Bei Erden mit höheren Anteilen bodenfremder Ausgangsstoffe (Erden Typ E2, E3) würde die Anwendung der oben vorgeschlagenen Regelung zu einer teilweise unzulässigen Überfrachtung mit mobilem und mobilisierbarem Stickstoff führen, so dass für Erden des Typs E2 und E3 nachfolgend ein anderer Beurteilungs-/ Regelungsvorschlag erarbeitet wurde.

Der zitierbar beschriebene Stand der Technik von biologisch-chemischen Vererdungsverfahren ergibt derzeit noch keine Grundlage für die Formulierung allgemeinverbindlicher Vorgaben für die Vorhersage und Steuerung der C-/ N-Dynamik durch bestimmte Herstellungs- und Behandlungsverfahren, mit deren Hilfe eine unkontrolliert hohe N-Freisetzung zu verhindern wäre. Es wäre aus wissenschaftlicher Sicht grundsätzlich denkbar, z.B. über Inkubationsversuche oder analytische Verfahren (z.B. differenzierte EUF-Extraktionen) die langfristige Stabilität des organischen N-Pools gegenüber N-Nachlieferung nachzuweisen bzw. vorherzusagen. In diesem Fall könnte die oben für Erden Typ E1 (N-Profil Standort-/ Umgebungsboden) beschriebene Beurteilung auch auf E2 und E3 angewandt werden. Derzeit sind jedoch hierfür keine geeigneten und allgemein akzeptierten Methoden verfügbar bzw. im Rahmen von Normen und rechtsverbindlichen Regelwerken festzuschreiben. Dies zu erarbeiten wäre eine lohnende Aufgabe für die nähere Zukunft.

Regelungsvorschlag:

Die mit der (einmaligen) Erdenaufbringung angelegten verfügbaren Nährstoffvorräte sollten in einer Größenordnung liegen, die hinsichtlich Tiefenverteilung und Menge im Bereich des kurzfristig für Pflanzenwurzeln Erschließbaren liegt. Der verfügbare N einer Erdenprobe besteht aus dem mineralischen N zum Zeitpunkt der Ausbringung und dem aus dem organischen N-Pool durch mikrobielle Umsetzung kurzfristig freisetzbaren Anteil. Grundlage des Konzeptes ist somit die Kombination von Informationen zu nutzungsbedingten N-Entzügen und pflanzenverfügbarem N-Anteil.

Ausgehend von der entzugsabhängig definiert zulässigen Fracht an verfügbarem N wird über das gegebene Verhältnis von verfügbarem zum gesamten N einer Erdenprobe auf eine zulässige N-Gesamtfracht hochgerechnet. Diese dient letztlich als Bewertungsmaßstab. Die Beurteilung erfordert somit die Analyse der Gesamt-N-Konzentration und die der mineralischen N-Fraktion. Die N-Gesamtfracht kann unter Berücksichtigung der Vorgaben zur N-Verteilung im Profil in eine zulässige N-Konzentration umgerechnet werden.

Begründung: Eine ausschließliche Betrachtung des mineralischen N zum Aufbringungs- bzw. Untersuchungszeitpunkt als Bewertungsmaßstab wäre nicht sachgerecht, da der zum Untersuchungszeitpunkt analytisch ermittelbare Gehalt an mineralischem N eine „Momentaufnahme“ darstellt und keine Vorhersage der Nachmineralisierung in der Zeit nach der Aufbringung erlaubt. Um eine unkontrollierte N-Mineralisierung und die daraus resultierende Gefahr von Nitratauswaschungen ins Grundwasser zu vermeiden, ist daher der gesamte verfügbare N zu berücksichtigen. Dazu muss der nachlieferbare Anteil (%-Anteil) des Gesamt-N geschätzt werden. Nach Ermittlung (gemessener mineralischer N + geschätzter nachlieferbarer N) des verfügbaren N kann auf eine zulässige N-Gesamtfracht hochgerechnet werden. Im Ergebnis bleibt kritisch festzuhalten, dass Erden des Typs E2 und E3 nur mit sehr geringen Gehalten an organischem N (und damit verknüpft C bzw. Humus) einsetzbar sein werden.

Vorgehensweise bei der Anwendung des Konzeptes zur Limitierung von N:

1. Ermittlung von Schätzwerten für kultur-/pflanzenartenspezifische N-Entzüge:

Vorgaben für N-Entzüge landwirtschaftlicher Kulturen finden sich u.a. in Broschüren des Landwirtschaftsministeriums oder für den Landschaftsbau in der DIN 18919 (1990). Vorgaben für Rekultivierungskulturen finden sich bei Delschen (2001). Es wird vorgeschlagen, in der ÖNORM statt dem erwarteten Entzug im Folgejahr einen **2-Jahresentzug** zu Grunde zu legen, um damit eine nicht zu restriktive Regelung zu ermöglichen. Die zulässige N-Fracht lässt sich durch übergangsweise Kultivierung schnellwüchsiger und besonders stark N-entziehender Pflanzen in den ersten beiden Jahren vergrößern.

2. Abschätzung des verfügbaren N (Erden) und Hochrechnung auf den Gesamtgehalt unter Anrechnung von Dünger-N:

Der verfügbare N einer Erdenprobe besteht aus dem mineralischen N zum Zeitpunkt der Ausbringung und dem aus dem organischen N-Pool durch mikrobielle Umsetzung kurzfristig freisetzbaren Anteil. Dieser Wert ist für jede Probe zu ermitteln. Der mineralische N lässt sich analytisch bestimmen, der Anteil des kurzfristig nachlieferbaren ist anhand der organischen Erdeninhaltsstoffe abzuschätzen. Bei Kompost- und Klärschlamm-N geht man beispielsweise häufig von Werten zwischen 10 und 20 % verfügbarem N (mineralische + nachlieferbare Fraktion) im Anwendungsjahr aus. Bei Erden mit mehreren organischen Ausgangsstoffen wäre es zur Ermittlung des verfügbaren N im Prinzip notwendig, für jede Erde ein gewichtetes Mittel der geschätzten Jahres-N-Nachlieferung der organischen Erdenbestandteile zu errechnen und zur gemessenen mineralischen Fraktion zu addieren. Die geschätzten (Punkt 1.) Entzüge sind dann mit der zulässigen Fracht an verfügbarem N gleichzusetzen und weiterhin z.B. mit dem Faktor 5 (20 % verfügbarer N) oder 10 (10 % verfügbarer N) zu multiplizieren, um zu den zulässigen Gesamt-N-Frachten zu kommen (Projektbeispiel 1: 2-Jahresentzug: 600 kg N/ha (→ 10 % Verfügbarkeit) entspricht Gesamtfracht 6000 kg N/ha).

Um die schwierige und fehlerbehaftete Schätzung des nachlieferbaren N für unterschiedliche organische Erdenbestandteile zu vereinfachen, wäre als pragmatischer Vorschlag alternativ zu diskutieren, ob hierfür ein Pauschalwert von z.B. 5 % von Gesamt-N akzeptabel wäre. Dieser Wert begründet sich damit, dass organische Nährstoffträger in den meisten Erden, die nach den Kennwerten der Studie „Erden aus Abfällen“ produziert würden, nur relativ geringe Anteile organischer Nährstoffträger wie Klärschlamm oder Kompost besitzen, ohne die Begrenzungen des Humusgehaltes (Kennwert nach VwG) zu überschreiten. Den größten Massenanteil nehmen mineralische Komponenten wie Bodenmaterial mit geringen N-Gehalten und langsamer N-Nachlieferung ein. Geht man bei Bodenmaterial von einer N-Nachlieferung von ca. 2 % und bei organischen Abfällen von 5 (Grünguthächsel) bis 25 % (entwässerter Klärschlamm) aus, so wäre ein pauschaler Wert von ca. 5 % eine denkbare Näherung.

Beispielsrechnung:

mineralischer N (gemessen) + nachlieferbarer N (pauschal)	=	Verfügbarer N		
z.B.: 5 % von N-Gesamt + 5% von N-Gesamt	=	10% von N-Gesamt		
Entzug	:	%-Anteil verfügbarer N * 100	=	Gesamt-N-Fracht
z.B.: 600 kg / ha	:	10	=	6000 kg / ha

Aus der Zuordnung von Fracht (hier 6000 kg/ha und Tiefe (hier 80 cm) lässt sich die zulässige durchschnittliche Gesamt-N-Konzentration errechnen. (Beispiel: 600 kgN/ha entspricht einer **durchschnittlichen N-Konzentration von 0,06 %** bei einer angenommenen Lagerungsdichte des Oberbodens von 1,3 t/m³ und einer Verteilung des N auf 80 cm Bodentiefe).

Anrechnung von Dünger-N: Im Anwendungsbereich Landwirtschaft und Landschaftsbau ist zu beachten, dass zur Erreichung bestimmter Ertrags- und Qualitätsziele beim Anbau von landwirtschaftlichen Kulturen sowie zur Erreichung eines schnellen Bestandsschlusses im Landschaftsbau eine zusätzliche N-Düngung erforderlich sein kann. Die verfügbare Düngermenge (100 % bei Mineraldünger, geschätzte verfügbare Anteile bei organischen Düngern) ist vom Entzugswert abzuziehen. Der mit der Erde zulässig aufzubringende verfügbare N und die durch Hochrechnung ermittelte zulässige N-Gesamtfracht verringert sich entsprechend (vgl. Projektbeispiel 3).

Anmerkung: Die Beispielsrechnung (Projektbeispiel 3) lässt erkennen, dass insbesondere bei landwirtschaftlichem Einsatz von Erden aus Abfällen des Typs E2 und E3 kaum Handlungsspielräume existieren. Die zulässigen Auftragsmengen an verfügbarem N verringern sich durch die in der landwirtschaftlichen Praxis nur schwierig vermeidbare N-Düngung auf ein Maß, dass entweder nur extrem geringmächtige Auftragungen (in diesem Projektbeispiel << 15 cm Mächtigkeit) zulässt, von denen in der Regel keine wesentliche Bodenverbesserung zu erwarten ist oder Auftragungen von Erden mit einem sehr geringen Gehalt an Stickstoff (hier 0,09 %) und damit organischer Substanz (entsprechend ca. 0,9 % C bzw. 1,6 % org. Substanz bei Umrechnungsfaktor 1,72) wie er für Oberböden untypisch und in der Regel unerwünscht ist. Lediglich bei Verzicht auf Düngung in den ersten beiden Jahren wäre Material verwendbar, das etwa den N- bzw. C-Gehalt (0,17 % bzw. 1,7 %) typischer Ackerböden besitzt. Die Sinnhaftigkeit solcher Maßnahmen ist situationsabhängig kritisch zu hinterfragen – der Einsatz von Erden des Typs E1 für Bodenverbesserungsmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen wird in der Regel zweckmäßiger sein.

3. Verteilung der N-Gesamtfracht im Erdenprofil (Erden Typ E2, E3):

Die oben ermittelte N-Gesamt-Fracht ist innerhalb der Wurzelschicht in den oberen 100 cm einzubringen, sofern die Projektvorgaben nicht eine geringermächtige Erdenauftragung (80 cm im Projektbeispiel 1, 15 cm in Projektbeispiel 3) festlegen.

Wird die Gesamtfracht nicht gleichmäßig über die gesamte für Nährstoffträger verfügbare Profiltiefe gleichmäßig verteilt, können auch stärker N- bzw. TOC-haltige Materialien als oberste Schicht unter Einhaltung der zulässigen durchschnittlichen Gesamtfracht (oder -konzentration) verwendet werden. In jedem Fall ist darauf zu achten, dass ein von oben nach unten gleichbleibendes oder abnehmendes C- und N- Konzentrationsprofil angelegt wird (Vermeidung organischer Anreicherungen in tieferen Schichten).

6.2.2.7 Zulässige P- und K-Konzentrationen (Erden Typ E1, E2, E3)

Phosphor:

Für P werden über die Kennwertregelungen der Studie „Erden aus Abfällen“ hinaus im Regelfall (ebene oder annähernd ebene Flächen) keine weitergehenden Regelungen für erforderlich gehalten. Bei P wurden als Kennwerte maximale Konzentrationen in der Wurzelschicht von $< 0,08 \%$ TM und $< 0,05 \%$ TM im Untergrund vorgeschlagen (vgl. auch VwG). Diese allerdings bereits auf hohem Niveau (Vergleichsbasis der Studie „Erden aus Abfällen“ war immer die Ausstattung natürlicher Böden, vgl. Ausarbeitung von R. Peticzka) vorgenommene Limitierung des P-Gehaltes gewährleistet, dass aus bodenkundlicher Sicht unakzeptabel hohe Aufbringungen unterbunden werden. Bis zu dieser Konzentrationsgrenze kann aus bodenkundlicher Erfahrung heraus eine vertikale Verlagerung von P weitgehend ausgeschlossen werden, da die Erdenkennwerte über die Parameter Tongehalt und KAK (mittelbar) eine ausreichende Bindungskapazität für Phosphat erwarten lässt (in extrem sandigen Erden wäre eine vertikale P-Auswaschung bei den zulässigen P-Konzentrationen nicht auszuschließen). Eine weitere Profiltiefendifferenzierung des P-Gehaltes ist nicht erforderlich, wenngleich die o.g. Konzentrationen in Bodentiefen ab ca. 30 cm deutlich über dem Niveau natürlicher Böden liegt.

Eine kritische Überprüfung und ggf. Einschränkung dieser Vorgaben kann auf hängigen Standorten bei großflächiger Aufbringung ($> 0,5$ ha) angebracht sein, da hier die laterale Abschwemmung gelösten und partikulär gebundenen Phosphats Bedeutung gewinnen würde. In solchen Fällen wäre es aus Gründen des Gewässerschutzes angeraten, die P-Konzentration in einer obersten Schicht von z.B. 20 cm auf eine Phosphorkonzentration von z.B. $0,04 \%$ TM oder darunter zu begrenzen. Als Kriterium für die Anwendung dieser Limitierung könnten die Hangneigung und die Erodierbarkeit auf Grundlage der AG Boden (1994) (Hangneigungsstufen und Erodierbarkeitsklassifikation/ K-Faktoren nach Tab. 4, S. 58 und Tab. 79, S. 329) herangezogen werden.

Diskussionsvorschlag: ab einer Hangneigung von z.B. $> N 2$ und einem K-Faktor der obersten Bodenschicht von z.B. $< 0,2$ ist die P-Konzentration auf $0,04 \%$ TM zu begrenzen. Ab einer Hangneigung von $> N 4$ wäre eine weitere Begrenzung auf $0,02 \%$ TM erforderlich.

Kalium:

Unter den Gesichtspunkten des vorsorgenden Bodenschutzes gibt es keine Notwendigkeit, die Konzentration an K in den Erden zu limitieren. Eine extreme Überfrachtung des Standortes mit leicht löslichem K ist durch die Kennwertvorgaben der Studie „Erden aus Abfällen“ zur Leitfähigkeit und zur Austauschbelegung weitestgehend ausgeschlossen. Ähnlich wie bei P ist bei K in ausreichend sorptionsfähigen Böden nicht mit vertikalen Austrägen zu rechnen. Die Gefahr bzw. die ökologische Problematik lateraler K-Austräge wird als unbedeutend eingestuft.

6.2.2.8 Ballaststoff/ Störstoffe

Ein Teil der für die Erdenherstellung grundsätzlich verwendbaren Materialien eignet sich unabhängig von umweltchemischen/ ökotoxikologischen Anforderungen nur für bestimmte Einsatzbereiche. Ein wichtiges Beispiel hierfür ist Glas, das nach seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften ohne Umweltgefährdung einsetzbar ist, aber hinsichtlich der potenziellen Verletzungsgefahr bei Sport- und Spielplatzbau auszuschließen ist.

Ebenfalls problematisch sind Störstoffe auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (Nahrungsmittel- und Futtergewinnung) wegen der Gefahr der Verunreinigung von Nahrungs- und Futtermitteln.

Die Einbringung von Störstoffen auf entsprechenden Flächen in die Wurzelschicht sollte ganz, d.h. auch in tieferen Zonen der Wurzelschicht unterbleiben (Heraufbeförderung durch Tiefenbearbeitung von landwirtschaftlichen Böden).

Vorschlag:

Im Bereich des Sport- und Spielplatzbaus sowie auf landwirtschaftlich genutzten Flächen bzw. Flächen mit Nahrungsmittel- und Futtergewinnung (Acker, Wiese, Weide, beweidete Park-, Erholungs- und Freizeitflächen) dürfen innerhalb der Wurzelschicht keine Störstoffe enthalten sein. Ansonsten gilt der Grenzwert/ Kennwert von < 0,5 %.

Liste möglicher Störstoffe: Glas, Kunststoffe, Metallteile

6.3 Spezielle Anforderungen an die Herstellung einer Untergrundverfüllung

6.3.1 Schadstoffbezogene Anforderungen (Untergrund)

Die Definition der „Wurzelschicht“ und „Untergrund“ in der Studie „Erden aus Abfällen“ beinhaltet bei Untergrundverfüllungen aus Erden aus Abfällen eine Mindest(überdeckungs)mächtigkeit der Verfüllung durch die Wurzelschicht von 2 m. Bei Untergrundverfüllungen der Klasse A1 begründet sich dies mit bodenkundlichen Anforderungen, bei Untergrundverfüllungen mit Erden der Klasse A2 (weniger strenge Schwermetallgrenzwerte gegenüber Klasse A1) ist dies zusätzlich eine schadstoffbezogene

Vorsorgeregelung. Durch die relativ große Überdeckungsmächtigkeit von 2 m wird davon ausgegangen, dass die Untergrundverfüllung primär den Vorsorgeanforderungen für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser genügen muss und keine Bedeutung hinsichtlich der potenziellen Wirkungspfade Boden – Mensch (direkt), Boden – Pflanze/ Tier/ Mensch und Boden – Bodenorganismen besitzt. Entsprechend ist eine bei der Wurzelschicht aus diesem Grund (Wirkungspfadbetrachtung) vorgenommene Differenzierung nach unterschiedlichen Nutzungen bei Untergrundverfüllungen nicht erforderlich ist.

Bei Einhaltung der in der Studie „Erden aus Abfällen“ dargestellten Vorgaben hinsichtlich der Mindestüberdeckungsmächtigkeit von Untergrundverfüllungen durch eine Wurzelschicht ergibt sich kein zusätzlicher, d.h. über die materiellen Anforderungen der Studie „Erden aus Abfällen“ hinaus gehender schadstoffbezogener Regelungsbedarf im Rahmen einer Anwendungsrichtlinie. Dies gilt für alle Typen und Klassen von Erden aus Abfällen.

6.3.2 Bodenkundliche Anforderungen (Untergrund)

Bei Herstellung eines künstlichen Untergrundes aus Erden aus Abfällen ist gemäß den Vorgaben der Studie „Erden aus Abfällen“ eine Überdeckung von 2 m durch eine entsprechende Wurzelschicht aufzutragen. Dies hat schadstoffseitige Gründe, auf die oben Bezug genommen ist und bodenkundliche Gründe, die in diesem Kapitel behandelt werden. Für Wurzelschicht und Untergrund existieren unterschiedliche Kennwertvorgaben (vgl. Studie „Erden aus Abfällen“), die einerseits sicherstellen sollen, dass die Wurzelschicht in ausreichend mächtiger Schichtstärke natürliche Bodenfunktionen in erheblichem Maße erfüllt und dass andererseits für Untergrundverfüllungen auch Materialien mit geringerer Eignung im Sinne bodenkundlicher Qualität (Erfüllung natürlicher Bodenfunktionen) schadlos und ökologisch nützlich verwendet werden können.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass der als Untergrund definierte Tiefenbereich > 2 m außerhalb bzw. unterhalb der Reichweite intensiver pedogenetischer Prozesse (Verwitterung, Verlehmung, Verbraunung, Tonverlagerung usw.) liegt und damit formal nicht mehr als Boden anzusprechen ist. In der bodenkundlichen Terminologie wäre dies der Bereich von Substrat, Ausgangsgestein, Sediment o.ä.. Entsprechend verlagert sich der Nützlichkeitsaspekt bei Untergrundverfüllungen überwiegend auf technische Effekte wie Geländemodellierung, Massenausgleich usw.. Dennoch sollten auch Untergrundverfüllungen aus Erden aus Abfällen eine zumindest fundamentale ökologische Nützlichkeit aufweisen, um reine Abfallbeseitigungsmaßnahmen in der Landschaft auszuschließen. Die Erfüllung der in der Studie „Erden aus Abfällen“ dargestellten Kennwerte stellt hierfür die zentrale Voraussetzung dar. Insbesondere die Begrenzung des Skelettgehaltes auf < 50 % bzw. die Forderung eines Mindestfeinbodenanteils von ≥ 50 % gewährleistet eine ausreichende Wirksamkeit in Bezug auf die Bodenfunktionen Filterung (v.a. Schad- und Nährstoffe) und Pufferung (v.a. des Wasserhaushalts). Mit den nachfolgend beschriebenen Anforderungen werden diejenigen Kennwertparameter (v.a. Textur, Skelett) behandelt, bei denen ein nennenswerter Handlungsspielraum bei konkreten Aufbringungs- bzw. Verfüllungsmaßnahmen besteht.

6.3.2.1 Grundsätzliche Anforderungen an den Profilaufbau

Für Untergrundverfüllungen sind im wesentlichen auch die für den Bereich der Wurzelschicht formulierten Grundsätze anzuwenden. Die bereits oben dargestellten Grundsätze beziehen sich jeweils auf den gesamten Profilaufbau und werden nachfolgend unter Auslassung „wurzelschichtspezifischer“ Anforderungen wiederholt.

1. Der Profilaufbau sollte sich an denjenigen verbreiteter natürlicher Grünland- und Ackerböden orientieren, d.h. einem humosen Oberboden, einem humusarmen Unterboden und einem weitgehend humusfreien Untergrund aufweisen.
2. Zu vermeiden sind ausgeprägte Texturunterschiede innerhalb eines Schichtaufbaues, da diese sich nachteilig auf die Wassersickerung im Bodenprofil auswirken (Stauwirkung durch sog. „Kapillarsprung“) und da viele Kulturpflanzen zwar auch in dichten Böden wurzeln können, aber empfindlich auf Dichteunterschiede zwischen Horizonten reagieren (LfU, 2000b).
3. Der neu entstehende Profilaufbau sollte sich an den (nicht degradierten) Böden der Umgebung orientieren. Zu vermeiden ist die Erzeugung bodenkundlicher Fremdkörper in der Landschaft. Das aufgebrachte Material sollte insbesondere im Ausgangssubstratcharakter (Textur, Skelett) dem Standortboden ähnlich sein (Prinzip „Gleiches zu Gleichem“).

6.3.2.2 Textur, Skelettgehalt (Erden Typ E1, E2, E3)

Für die Kennwertparameter Textur und Skelett sind im Gegensatz zur Wurzelschicht keine Unterscheidungen nach der Nutzung, Geländesituation, Hangneigung, Ertragsleistung usw. notwendig. Es ist in erster Linie sicherzustellen, dass das Gesamtprofil in sich ausreichend homogen, wasserdurchlässig und im Vergleich zu den Umgebungsböden standortgerecht ist. In die Betrachtung ist somit immer das Gesamtprofil (Wurzelschicht + Untergrund) mit einzubeziehen. Folgende wesentlichen Punkte sollten beachtet werden:

- Textur und Skelett sollten sich an den entsprechenden tiefenbezogenen Parametern der umliegenden Standorte einer Verwertungsmaßnahme orientieren.
- Schwerpunkt der Betrachtung sollte eine gute Wasserleitfähigkeit des hergestellten Untergrundes sein. Eine (auf niedrigem Niveau) ausreichende Filter- und Speicherfähigkeit ist durch die Begrenzung des Skelettgehaltes gegeben. Deutliche Textursprünge, gleich in welcher Richtung, führen zu einer Beeinträchtigung der Wasserdurchlässigkeit und sollten vermieden werden. Nach den vorliegenden Kennwerten (Studie „Erden aus Abfällen“ bzw. VwG) besteht für Untergrundverfüllungen bei der Textur keine und beim Skelettgehalt nur folgende Einschränkung: 2-200 mm = 0-50 % , > 200 mm = 0 %). Je skelettärmer das eingebaute Material ist, desto größer ist die Bedeutung der Textur für die Wasserzügigkeit.

- **Regelungsvorschlag:**
 - Erden sehr schwerer Bodenarten, insbesondere sehr tonreiche Materialien (> 40 % Ton), sind für Untergrundverfüllungen generell ungeeignet.
 - Mittelschwere bis schwere Bodenarten sind unter Berücksichtigung des Skelettgehaltes verwendbar. Je höher der Skelettgehalt ist, desto höher kann der Tongehalt oder besser der Ton- + Schluffgehalt sein. (Die Angabe von Skelett-/ Ton-/ Schluffgehaltsgrenzen ist ermessensabhängig und sollte in der ÖNORM-AG diskutiert oder festgelegt werden.)
 - Die im gesamten Erdenprofil verwendeten Bodenarten sollten der gleichen Hauptbodenart (Sand oder Schluff/Lehm) angehören

6.3.2.3 Kohlenstoff (TOC), Nährstoffe und sonstige Parameter

Die in der Studie „Erden aus Abfällen“ (vgl. auch VwG) festgelegten Kennwerte bzw. Grenzwerte für TOC, N und P sind nach Ansicht des Autors geeignet, Risiken und unerwünschte Effekte im Untergrund bzw. Grundwasserbelastungen weitestgehend zu minimieren. Da Standort-, Gelände- oder Nutzungsmerkmale in der Tiefe von > 2 m keine wesentlichen Auswirkung auf die TOC und Nährstoffdynamik erwarten lassen, kann auf weitergehende Regelungen und Fallunterscheidungen verzichtet werden.

Auch nähere Regelungen zu Ballast-/ Störstoffen sind in der genannten Tiefe nicht erforderlich.

6.4 Besonderheiten bei der Aufbringung in teilgesicherten Systemen dargestellt am Beispiel einer Deponierekultivierung

Vorbemerkung: Die vorliegende Studie bezieht sich im Grundsatz auf Anwendungsbereiche bzw. Fallgestaltungen, bei denen ein offener, flächenhafter Einbau in der Landschaft (Landwirtschaft, Landschaftsbau, Kiesgrubenverfüllungen usw.) vorgesehen ist und damit die Anforderungen im Sinne der zugrundeliegenden Studie „Erden aus Abfällen“ primär auf die Erfüllung der natürlichen Bodenfunktionen, den vorsorgenden Bodenschutz und auf die Einbindung in die umgebende Bodenlandschaft abzielt. In diesem Kapitel geht es darüber hinaus exemplarisch um eine Fallgestaltung (Deponierekultivierung), bei der die aufgebrachte Erdschicht außerhalb des Kontextes der umgebenden natürlichen Böden steht und bei der gleichzeitig eine definierte Sicherungsmaßnahmen in Form einer Basisabdichtung vorhanden ist. Hierzu wurde in diesem Kapitel eine kurze allgemeine Abhandlung ergänzt um ein praktisches Projektbeispiel (Projektbeispiel 2) erarbeitet. Dieses Beispiel bezieht sich gemäß Wunsch des Auftraggebers auf eine Deponie mit Basisabdichtung, bei der der Wirkungspfad Boden-Grundwasser technisch abgesichert und somit als Grundlage für die Definition von Anforderungen im Rahmen der Anwendungsrichtlinie nicht relevant ist. Die Frage nach den technischen Eigenschaften einer ggf. erforderlichen Oberflächenabdichtung (z.B. Sperr-, Drainage-, Speicherschichten) und die Frage, inwieweit eine Rekultivierungsschicht z.B. durch Wasserretention dieser Abdichtungsfunktion dienlich sein kann, muss Gegenstand

eigenständiger technischer Richtlinien sein und wird vereinbarungsgemäß in dieser Studie nicht behandelt.

6.4.1 Schadstoffseitige Anforderungen

In Bezug auf die schadstoffseitigen Anforderungen sind für Deponierekultivierungen keine näheren Regelungen erforderlich, da davon ausgegangen wird, dass im Regelfall auf entsprechenden Flächen keine sensiblen Nutzungen, insbesondere Spielplätze und Nahrungsmittelerzeugung einschließlich Futtergewinnung stattfinden. Unter dieser Vorgabe ist in jedem Fall die Einhaltung der Schadstoffklasse A2 ausreichend und es bedarf hierzu keiner näheren (wirkungspfadbezogenen) Differenzierung oder Präzisierung.

6.4.2 Bodenkundliche Anforderungen

Grundsätzliche Anforderungen an den Profilaufbau, und Textur, Skelettgehalt:

Da Deponierekultivierungsschichten primär als technische Bauwerke zu betrachten sind, ist ihre Einbindung in den bodenkundlichen Kontext der umgebenden Landschaft, bei dem die Substratmerkmale Textur und Skelettgehalt prägenden Einfluss haben, nicht von Bedeutung. Die Anforderungen an den Profilaufbau beziehen sich somit auf rein technische Aspekte, für die spezifische Regelwerke Anwendung finden müssen.

Die hydrologischen Eigenschaften (Wasserspeichervermögen, Wasserleitfähigkeit, Infiltration) einer Rekultivierungsschicht werden zwar ebenfalls wesentlich über Texturmerkmale beeinflusst, diese Frage wird jedoch aus der folgenden Betrachtung ausgeklammert. Gemäß Absprache mit dem Auftraggeber ist exemplarisch eine Deponie mit Basisabdichtung zu betrachten, bei der die hydraulischen Eigenschaften der Rekultivierungsschicht keine Bedeutung für den Gewässer-/ Umweltschutz haben.

Die grundsätzliche Eignung von Erden bzw. Rekultivierungsschichten im Sinne einer Funktionserfüllung als Pflanzenstandort bzw. Wasser- und Nährstoffspeicher wird durch die Erfüllung der Vorgaben (Kennwerte) zu Textur und Skelett gemäß VwG (Tabelle 19 und 25 im VwG) sichergestellt. Nähere Präzisierungen und Differenzierungen sind hier nicht erforderlich.

Kohlenstoff (TOC) und Nährstoffe, Störstoffe:

Ein zentrales Anliegen der oben (Kap. 6) formulierten bodenkundlichen Anforderungen bei der Herstellung einer Wurzelschicht aus Erden aus Abfällen galt der Sicherstellung von für natürliche Böden typischen Milieubedingungen (oxidatives Milieu), naturnahen Wachstumsbedingungen für Pflanzen, der Schaffung eines bodentypischen Profilaufbaus mit einem humushaltigen Oberboden und einem weitgehend mineralischen Unterboden (innerhalb der Wurzelschicht ab ca. 30 cm Bodentiefe) und vor allem der Vermeidung von Grund- und Oberflächenwasserbelastungen durch einen überhöhten und schwer kontrollierbaren Vorrat an

mobilen und mobilisierbaren Nährstoffen (v.a. N und P). Um dies zu erreichen, müssen die im VwG enthaltenen Vorgaben zu TOC, Gesamtstickstoff und Gesamtphosphat (Tabelle 19 und 25 im VwG) wie in Kapitel 6 ausgeführt für die verschiedenen offene Einsatzbereiche präzisiert und differenziert werden. Im vorliegenden Fallbeispiel einer Deponierekultivierung hingegen kann der Anspruch auf eine möglichst naturnah bodenkundliche Ausgestaltung der Erdenaufbringung weitgehend vernachlässigt werden, da es sich hierbei primär um ein technisches Bauwerk handelt. Insofern können die im VwG enthaltenen Kennwerte zu Kohlenstoff (TOC), Nährstoffen wie auch zu Störstoffen ohne weitere Einschränkung oder Differenzierung angewendet werden. Auch eine schichttiefenabhängige Konzentrationsabstufung bei TOC und Nährstoffen ist nicht notwendig, da auch ein im Vergleich zum Pflanzenbedarf überhöhter Nährstoffvorrat keine Grundwasserbelastungen nach sich zieht. Höhere Konzentrationen als im VwG vorgesehen sind jedoch abzulehnen, da sie keinen wesentlichen Zusatznutzen bringen (sonst offensichtliches Übergewicht der Entledigungsabsicht für organische Abfälle) und die Gefahr unerwünschter oder schädlicher Effekte (Geruchsentwicklung, überhöhte N-Ausgasung) bergen.

7 Standortbezogene Anforderungen bei der Aufbringung von Erden

Die Frage, ob die Aufbringung von Erden aus Abfällen an einem bestimmten Standort eine schadlose und ökologisch nützliche Maßnahme darstellt, ist nicht ausschließlich von der Qualität der verwendeten Erden und der Aufbringungstechnik abhängig, sondern muss auch unter Berücksichtigung der gegebenen bodenkundlichen Standortsituation beantwortet werden. Standorte mit folgenden Standort-/ Bodeneigenschaften sind für eine Auftragung von Erden aus Abfällen grundsätzlich ungeeignet (in Anlehnung an LfU, 2000a):

- Böden, welche die natürlichen Bodenfunktionen in besonderem Maß erfüllen,
- Böden hoher Ertragsfähigkeit (Lössböden, Schwarzerden, z.B. Bodenzahlen > 60), da sich die Eigenschaften dieser Böden durch Aufbringung von Erden in der Regel nicht verbessern lassen und andererseits die Gefahr von Verschlechterungen (Strukturschäden) erheblich ist,
- Böden mit erheblicher Bedeutung als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte (z.B. Paläoböden, Dolinen, historische Bodendenkmäler),
- Böden innerhalb von Naturschutzflächen,
- Böden innerhalb von Wasserschutzgebieten und Überschwemmungsflächen,
- Waldböden

Für die Bewertung von Böden nach ihrer „Leistungsfähigkeit“ liegen verschiedene Konzepte vor, in denen der Versuch unternommen wird, einzelne Parameter wie z.B. die Filter- und Puffereigenschaften oder die kulturhistorische Bedeutung von Bodendenkmälern graduell zu bewerten und in ein Gesamtbeurteilungsschema der „Schutzwürdigkeit“ für einen gegebenen Standortboden einzubringen. Diese Konzepte wurden vor allem für den Einsatz in Planungs-

oder Genehmigungsverfahren entwickelt (LfU, 1995; Blossey & Lehle, 1998; Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, 1998; Bundesverband Boden, 2000) und zeichnen sich durch eine erhebliche Komplexität aus. Für die Problematik der Anwendung/ Aufbringung von Erden, wäre es ggf. hilfreich, wenn auf ein derartiges Planungsinstrumentarium in Österreich (ÖNORM oder sonstiges technisches Regelwerk, behördliche Vollzugshilfe) zurückgegriffen bzw. in der künftigen ÖNORM darauf verwiesen werden könnte. Die Abhandlung im Rahmen der geplanten ÖNORM „Anwendungsrichtlinie für Erden aus Abfällen“ würde den Rahmen der Norm bei weitem sprengen. Außerdem werden auch in anderen Bereichen (z.B. Bauleitplanung, Naturschutzmaßnahmen) derartige Planungsgrundlagen benötigt und sollten daher in einem eigenständigen Regelwerk für einen breiteren Anwendungsbereich aufbereitet werden.

8 Anforderungen an die Aufbringungstechnik

Anmerkung: Dieses Kapitel war gemäß Absprache mit dem Auftraggeber nicht auszuarbeiten, sondern nur soweit vorhanden mit Stichworten und Hinweisen/ Verweisen zu versehen.

Schriften mit Bezug zur Aufbringungstechnik:

- DIN 19731 Verwertung von Bodenmaterial
- LfU (2001a und b)
- DIN 18915 Vegetationstechnik im Landschaftsbau, Bodenarbeiten
- LABO - Bund/ Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1997): Anforderungen an die Verwertung von kultivierbarem Bodenmaterial

Stichworte:

- Ausbau, Trennung und Zwischenlagerung
- Horizontweiser Wiedereinbau von Bodenmaterial (Erden E1)
- Herstellung texturgleichmäßiger Flächen insbesondere bei landw. Folgenutzung (Bodenbearbeitung)
- Glättung und Profilierung von Zwischenlagerungsmieten → Wasserabfluss, Durchnässung vermeiden
- Aufbringungsstärke
- Schichtenweise Aufbringung (z.B. 30 cm?)
- Nachträgliche Lockerung bei (unbeabsichtigter) Verdichtung
- Auftragung auf gefrorenem Untergrund
- Witterungsvorgaben (trocken)

- Häufigstes Problem: Verdichtung durch schwere Radfahrzeuge
- Geeignete Geräte (Kettenfahrzeuge)
- Einrichtung von Fahrspuren für Radfahrzeuge
- Geeignete Anfangsbepflanzung zur Gefügestabilisierung (Eignung der Pflanzen, Düngung, anfangs Ausschluss von Zuckerrüben und Mais → Gefügeprobleme, Erosion)
- Vermeidung steiler Böschungswinkel

9 Projektbeispiele

9.1 Projektbeispiel 1: Herstellung einer Wurzelschicht über Kiesgrubenverfüllung

9.1.1 Projektbeschreibung

- Kiesgrubenverfüllung
- Herstellung einer Wurzelschicht (Annahme: Untergrundverfüllung mit skelettreichem Material ist bereits erledigt, nicht Inhalt dieses Projektbeispiels)
- Folgenutzung: Park- und Freizeitfläche, Naherholung, Beweidung mit Schafen
- Standort: Verebnungsfläche auf Hochterrasse auf Flussschotter

Anmerkung: Die folgenden Tabellen zeigen, welche Daten seitens des Projektbetreibers vorgelegt werden müssen und welche Anforderungen an die Erden (Textur, TOC, N-Gehalt) sich daraus ergeben.

9.1.2 Erforderliche Projektunterlagen: Grundlagendaten Projekt

Parameter	Standort-/ Projektvorgaben	relevant für
Geplanter Profilaufbau:		
- Wurzelschicht	+	Vorgabe für Profilaufbau
- Untergrund	-	Vorgabe für Profilaufbau
- Offener Einbau	+	TOC, N-Gehalt Erde
- Gesicherter Einbau	-	TOC, N-Gehalt Erde
Folgenutzung (langfristig!)	Park- und Freizeit, Schafweide	Erdenklasse
- Kultur	Dauergrünland	N-Gehalt Erden Klasse E2, E3
- Startkultur (2-jährig)	„N-Entzieher“	N-Gehalt Erden Klasse E2, E3
- N-Entzug (2-jährig)	600 kg/ha	N-Gehalt Erden Klasse E2, E3
- Düngung	-	-

9.1.3 Erforderliche Projektunterlagen: Grundlagendaten Standort/ Boden

Parameter	Standortausprägung/ -eigenschaft	Prinzipiell relevant für
Topographie	Ebene	Erosionsgefahr
Grundwasserflurabstand	8 m	Erdenklasse, Erdentyp
Eigenschaften Umgebungsboden		
- Textur	sL	Homog., Kombinat., Ertrag, Physik
- Skelettgehalt	10 %	Kombinationseignung
- Mächtigkeit	80 cm	Vorgabe für Erdenprofil
N-Konzentration (tiefenabhängig)	0 – 30 cm: 0,2 % 30 – 60 cm: 0,1 % 60 – 80 cm: 0,05 %	Vorgabe (nur) für Erden Typ E1

9.1.4 Anforderungen an die Erdeneigenschaften und Aufbringung

Parameter / Bezug zu Text in Kapitel ...	Im geplanten Projekt relevant hinsichtlich	Standort- / Projektvorgabe	Anforderung an Erde und Schichtaufbau
Erden Typ	Vorsorg. Umweltschutz	-	Beliebiger Erden Typ
Erden Klasse / Kap. 6.2.1	Vorsorg. Umweltschutz	Weidebetrieb	A1
Textur ¹⁾ / Kap. 6.2.2.1 u. 2	Kombinationseignung	Bodenart sL	Hauptbodenart L
Skelettgehalt ¹⁾ / Kap. 6.2.2.1 u. 2	Kombinationseignung	10 %	≤ 10 %
Profilmächtigkeit/Kap. 6.2.2.1	Vorgabe für Erdenprofil	80 cm	80 ± 20 cm
TOC / Kap. 6.2.2.3 u.4	²⁾	Standort: 80 cm Profilmächtigkeit, relevant für TOC- Profil	0 – 30 cm: 1,5 – 7 % 30 – 60 cm: < 2 % 60 – 80 cm: < 1 % (Pauschalwerte angewendet bis zur vorgegebenen Profiltiefe (80 cm))
N-Konzentration (tiefenabhängig, abgeleitet von Frachtlimitierung) / Kap. 6.2.2.3 u. 5 u.6	Grundwasserschutz	<u>Für E1:</u> N-Profil obige Tabelle <u>Für E2, E3:</u> N-Entzug Kultur und verfügbarer N- Anteil Erde	<u>Erden Typ E1:</u> 0 – 30 cm: 0,2 % 30 – 60 cm: 0,1 % 60 – 80 cm: 0,05 % <u>Erden Typ E2, E3³⁾:</u> ØGesamt-N-Konz.: 0,06 % bezogen auf 0-80 cm Tiefe, Konzentrationsverteilung gleichmäßig oder abnehmend mit der Tiefe
P-Konzentration / Kap. 6.2.2.3 u. 7	Gewässerschutz, lateraler Austrag	Ebene, kein lateraler Austrag	Keine Einschränkung jenseits Kennwert (bis 0,08 % TM)
Störstoffe / Kap. 6.2.2.8	Verletzungsgefahr	Weidenutzung	Keine Störstoffe in der Wurzelschicht

- 1) hier steht Kombinationseignung bzw. Ähnlichkeit mit Umgebungsboden im Mittelpunkt (Homogenität, Ertrag und physikalische Stabilität sind in diesem Projektbeispiel nicht relevant)
- 2) Für die Begrenzung der TOC-Konzentrationen sind alle im Text erläuterten Punkte (Milieu, Wurzelwachstum, Metallmobilität, N-Ausgasung) relevant. Ergibt die Berechnung der maximal zulässigen N-Fracht bzw. davon abgeleitet der maximal zulässigen mittleren N-Konzentration in der Auftragsschicht bei Erden des Typs E2 und E3 einen Wert, der relativ zu den zulässigen TOC-Werten zu klein ist (angenommenes C/N-Verhältnis = 1:10), so ist der N-Wert limitierend.

- 3) Berechnung (Annahme: 600 kg/ha als 2-jähriger Entzug, verfügbarer N-Anteil: 10 %):
Gesamt-N-Fracht [kg/ha] = (2-jähriger N-Entzug in kg/ha) / (verfügbarer Anteil in %:100)
→ Gesamt-N-Fracht [kg/ha] = (600 kg/ha) / (0,1) = 6000 kg N/ha (verteilt auf 80 cm
Profiltiefe) entspricht mittlerer Gesamt-N-Konzentration von 0,06 % (Annahme einer
Lagerungsdichte von 1,3 t/m³)

9.2 Projektbeispiel 2: Herstellung einer Wurzelschicht als Deponierekultivierung

9.2.1 Projektbeschreibung

- Deponie mit Basisabdichtung
- Herstellung einer Rekultivierung-/ Wurzelschicht von 2 m Mächtigkeit
- Folgenutzung: nicht festgelegt, sensible Nutzungen (Landwirtschaft, Nahrungs- und Futtermittelgewinnung, Kinderspielplatz) sind ausgeschlossen
- Standort: für dieses Projektbeispiel nicht relevant

Anmerkung: Die folgenden Tabellen zeigen, welche Daten seitens des Projektbetreibers vorgelegt werden müssen und welche Anforderungen an die Erden (Textur, TOC, N-Gehalt) sich daraus ergeben.

9.2.2 Erforderliche Projektunterlagen: Grundlagendaten Projekt

Parameter	Standort-/ Projektvorgaben	relevant für
Geplanter Profilaufbau:		
- Wurzelschicht	+	Vorgabe für Profilaufbau
- Untergrund	-	Vorgabe für Profilaufbau
- Offener Einbau	-	TOC, N-Gehalt Erde
- Gesicherter Einbau	+ (Basisabdichtung)	TOC, N-Gehalt Erde
Folgenutzung	Keine sensible Nutzung	Erdenklasse
- Kultur	Nach Stand der Technik	für dieses Beispiel nicht relevant
- Startkultur (2-jährig)	Nach Stand der Technik	für dieses Beispiel nicht relevant
- N-Entzug (2-jährig)	Nach Stand der Technik	für dieses Beispiel nicht relevant
- Düngung	Nach Stand der Technik	für dieses Beispiel nicht relevant

9.2.3 Erforderliche Projektunterlagen: Grundlagendaten Standort/ Boden

Parameter	Standortausprägung/ -eigenschaft	Prinzipiell relevant für
Topographie	für dieses Beispiel nicht relevant	für dieses Beispiel nicht relevant
Grundwasserflurabstand	für dieses Beispiel nicht relevant	für dieses Beispiel nicht relevant
Eigenschaften Umgebungsboden		
- Textur	für dieses Beispiel nicht relevant	für dieses Beispiel nicht relevant
- Skelettgehalt		
- Mächtigkeit		
N-Konzentration (tiefenabhängig)	für dieses Beispiel nicht relevant	für dieses Beispiel nicht relevant

9.2.4 Anforderungen an die Erdeneigenschaften und Aufbringung

Parameter / Bezug zu Text in Kapitel ...	Im geplanten Projekt relevant hinsichtlich	Standort- / Projektvorgabe	Anforderung an Erde und Schichtaufbau
Erden Typ	Vorsorg. Umweltschutz	-	E1, E2, E3
Erden Klasse / Kap. 6.4.1	Vorsorg. Umweltschutz	-	A2 (oder A1)
Textur / Kap. 6.4.2	für dieses Beispiel nicht relevant	-	Erdenkennwerte VwG
Skelettgehalt / Kap. 6.4.2	für dieses Beispiel nicht relevant	-	Erdenkennwerte VwG
Profilmächtigkeit / Kap. 6.4.2	für dieses Beispiel nicht relevant	-	2 m (im Projektbeispiel vorgegeben)
TOC / Kap. 6.4.2	für dieses Beispiel nicht relevant	-	Erdenkennwerte VwG
N-Konzentration (tiefenabhängig, abgeleitet von Frachtlimitierung) / Kap. 6.4.2	für dieses Beispiel nicht relevant	-	Erdenkennwerte VwG
P-Konzentration / Kap. 6.4.2	für dieses Beispiel nicht relevant	-	Erdenkennwerte VwG
Störstoffe / Kap. 6.4.2	für dieses Beispiel nicht relevant	-	Erdenkennwerte VwG

Anmerkung: Wie in Kapitel 6.4 bereits erläutert sind bei Deponierekultivierung mit Erden aus Abfällen die im VwG enthaltenen Kennwerte unmittelbar und ohne nähere Differenzierung anwendbar. Die grundsätzlich möglichen Wirkungspfade von Schad- und mobilen Nährstoffen sind durch eine technische Sicherung hinsichtlich des Pfades Boden – Grundwasser und durch Nutzungseinschränkungen weitestgehend ohne Relevanz.

9.3 Projektbeispiel 3: Erdenauftragung zur Standortverbesserung auf Ackerfläche

9.3.1 Projektbeschreibung

- Ackerstandort
- Vergrößerung der Wurzelschichtmächtigkeit um 15 cm mit Erden aus Abfällen
- Folgenutzung: weiterhin Ackerbau
- Standort: Ebene

Anmerkung: Die folgenden Tabellen zeigen, welche Daten seitens des Projektbetreibers vorgelegt werden müssen und welche Anforderungen an die Erden (Textur, TOC, N-Gehalt) sich daraus ergeben.

9.3.2 Erforderliche Projektunterlagen: Grundlagendaten Projekt

Parameter	Standort-/ Projektvorgaben	relevant für
Geplanter Profilaufbau:		
- Wurzelschicht	+	Vorgabe für Profilaufbau
- Untergrund	-	Vorgabe für Profilaufbau
- Offener Einbau	+	TOC, N-Gehalt Erde
- Gesicherter Einbau	-	TOC, N-Gehalt Erde
Folgenutzung (langfristig)	Landwirtschaft Ackerbau	Erdenklasse
- Kultur	Silomais, Winterweizen, Kartoffeln	N-Gehalt Erden Klasse E2, E3
- Startkulturen (2-jährig)	Silomais Sm, Winterweizen Ww	N-Gehalt Erden Klasse E2, E3
- N-Entzug (2-jährig)	Sm (600dt):180 kgN/ha, Ww (75dt): 150 kgN/ha, Summe: 330 kgN/ha	N-Gehalt Erden Klasse E2, E3
- Düngung (2-jährig)	2x80 kg/ha = 160 kgN/ha in 2J.	N-Gehalt Erden Klasse E2, E3

9.3.3 Erforderliche Projektunterlagen: Grundlagendaten Standort/ Boden

Parameter	Standortausprägung/ -eigenschaft	Prinzipiell relevant für
Topographie	Ebene	Erosionsgefahr
Grundwasserflurabstand	12 m	Erdenklasse, Erdentyp
Eigenschaften Umgebungsboden		
- Textur	IS	Homog., Kombinat., Ertrag, Physik
- Skelettgehalt	8 %	Kombinationseignung
- Mächtigkeit	130 cm	Vorgabe für Erdenprofil
N-Konzentration (tiefenabhängig)	0 – 30 cm: 0,15 % 30 – 50 cm: 0,1 % 50 – 130 cm: 0,03 %	Vorgabe (nur) für Erden Typ E1

9.3.4 Anforderungen an die Erdeneigenschaften und Aufbringung

Parameter / Bezug zu Text in Kapitel ...	Im geplanten Projekt relevant hinsichtlich	Standort- / Projektvorgabe	Anforderung an Erde und Schichtaufbau
Erden Typ	Vorsorg. Umweltschutz	-	Beliebiger Erden Typ
Erden Klasse / Kap. 6.2.1	Vorsorg. Umweltschutz	Ackerbau	A1
Textur ¹⁾ / Kap. 6.2.2.1 u. 2	Kombinationseignung	Bodenart IS	Hauptbodenart S oder L
Skelettgehalt ¹⁾ / Kap. 6.2.2.1 u. 2	Kombinationseignung	8 %	≤ 8 %
Profilmächtigkeit / Kap. 6.2.2.1	Vorgabe für Erdenprofil	Um 15 cm vergrößerte Wurzelschicht	15 cm Schichtmächtigkeit
TOC / Kap. 6.2.2.3 u.4	²⁾	15 cm Auftragsmächtigkeit, relevant für TOC- Profil	0 – 15 cm: 1,5 – 7 % (Pauschalwert angewendet bis zur vorgegebenen Auftragsmächtigkeit (15 cm))
N-Konzentration (tiefenabhängig, abgeleitet von Frachtlimitierung) / Kap. 6.2.2.3 u. 5 u.6	Grundwasserschutz	<u>Für E1:</u> N-Profil obige Standort-Tabelle <u>Für E2, E3:</u> N-Entzug Kultur und verfügbarer N- Anteil Erde	<u>Erden Typ E1:</u> 0 – 15 cm: 0,15 % tiefer hier nicht relevant <u>Erden Typ E2, E3³⁾:</u> ØGesamt-N-Konz.: 0,09 % bezogen auf 0-15 cm Tiefe, Konzentrationsverteilung gleichmäßig oder abnehmend mit der Tiefe
P-Konzentration / Kap. 6.2.2.3 u. 7	Gewässerschutz, lateraler Austrag	Ebene, kein lateraler Austrag zu erwarten	Keine Einschränkung jenseits Kennwert (bis 0,08 % TM)
Störstoffe / Kap. 6.2.2.8	Verletzungsgefahr / Verunreinigung von Erntegut	Ackernutzung	Keine Störstoffe in der Wurzelschicht

- 1) hier steht Kombinationseignung bzw. Ähnlichkeit mit Umgebungsboden im Mittelpunkt, entsprechend kann die gleiche Hauptbodenart „S“ wie am Standort oder auch die Hauptbodenart „L“ (immer möglich) eingesetzt werden. (Homogenität, Ertrag und physikalische Stabilität sind in diesem Projektbeispiel nicht relevant)
- 2) Für die Begrenzung der TOC-Konzentrationen sind alle im Text erläuterten Punkte (Milieu, Wurzelwachstum, Metallmobilität, N-Ausgasung) relevant. Ergibt die Berechnung der maximal zulässigen N-Fracht bzw. davon abgeleitet der maximal zulässigen mittleren N-Konzentration in der Auftragsschicht bei Erden des Typs E2 und E3 einen Wert, der relativ zu

den zulässigen TOC-Werten zu klein ist (angenommenes C/N-Verhältnis = 1:10), so ist der N-Wert limitierend.

- 3) Berechnung (Annahme: 330 kg/ha als 2-jähriger N-Entzug, verfügbarer N-Anteil: 10 %, Düngung 160 kg/ha):
Gesamt-N-Fracht [kg/ha] = (2-jähriger N-Entzug in kg/ha - Düngung) / (verfügbarer Anteil in %:100)
→ Gesamt-N-Fracht [kg/ha] = (330 kg/ha) – 160 kg/ha) / (0,1) = 1700 kg N/ha (verteilt auf 15 cm Profiltiefe) entspricht mittlerer Gesamt-N-Konzentration von 0,09 % (Annahme einer Lagerungsdichte von 1,3 t/m³)

Anmerkung: Wie bereits in Kapitel 6.2.2.6 bereits angesprochen lässt die obige Beispielsrechnung zur Gesamt-N-Fracht (Fußnote mit Index 3) erkennen, dass insbesondere bei landwirtschaftlichem Einsatz von Erden aus Abfällen des Typs E2 und E3 kaum Handlungsspielräume existieren. Die zulässigen Auftragsmengen an verfügbarem N verringern sich durch die in der landwirtschaftlichen Praxis nur schwierig vermeidbare N-Düngung auf ein Maß, dass entweder nur extrem geringmächtige Auftragungen (in diesem Projektbeispiel << 15 cm Mächtigkeit) zulässt, von denen in der Regel keine wesentliche Bodenverbesserung zu erwarten ist oder Auftragungen von Erden mit einem sehr geringen Gehalt an Stickstoff (hier 0,09 %) und damit organischer Substanz (entsprechend ca. 0,9 % C bzw. 1,6 % org. Substanz bei Umrechnungsfaktor 1,72) wie er für Oberböden untypisch und in der Regel unerwünscht ist. Lediglich bei Verzicht auf Düngung in den ersten beiden Jahren wäre Material verwendbar, das etwa den N- bzw. C-Gehalt (0,17 % bzw. 1,7 %) typischer Ackerböden besitzt. Die Sinnhaftigkeit solcher Maßnahmen ist situationsabhängig kritisch zu hinterfragen – der Einsatz von Erden des Typs E1 für Bodenverbesserungsmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen ist wahrscheinlich in der Regel zweckmäßiger.

10 Zitierte Literatur

- AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage, Schweizerbart, Stuttgart.
- Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (1998): Das Schutzgut Boden in der Naturschutz- und Umweltplanung. Laufener Seminarbeiträge der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege Nr. 5/98.
- Blossey, S. & Lehle, M. (1998): Eckpunkte zur Bewertung von natürlichen Bodenfunktionen in Planungs- und Zulassungsverfahren. Sachstand und Empfehlungen der LABO. Zeitschrift Bodenschutz, 4/98, S. 131.137.
- Bundesverband Boden (2000): Bodenschutz in der Bauleitplanung – vorsorgeorientierte Bewertung. Reihe BVB-Materialien, Band 6, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- DIN 18915 (1990): Vegetationstechnik im Landschaftsbau, Bodenarbeiten. Beuth Verlag, Berlin.
- DIN 18919 (1990): Vegetationstechnik im Landschaftsbau, Entwicklungs- und Unterhaltungspflege von Grünflächen. Beuth Verlag, Berlin.
- DIN 19731 (1998): Bodenbeschaffenheit. Verwertung von Bodenmaterial. Beuth Verlag, Berlin
- Delschen, T. (2001): Nährstofffragen bei der Aufbringung von Materialien nach § 12 BBodSchV. In: Bannick, C.G.; Bertram, U.; Dreher, P. & König, W. (Bearbeitung und Redaktion)(2001): Verwertung von Abfällen in und auf Böden III. Reihe BVB-Materialien Bd. 7, Erich Schmidt Verlag Berlin, ISBN 3-503-06003-0, 212 S.
- Kohl, R. (2001): §12 BBodSchV – Anforderungen an die Nützlichkeit. In: Bannick, C.G.; Bertram, U.; Dreher, P. & König, W. (Bearbeitung und Redaktion)(2001): Verwertung von Abfällen in und auf Böden III. Reihe BVB-Materialien Bd. 7, Erich Schmidt Verlag Berlin, ISBN 3-503-06003-0, 212 S.
- LABO - Bund/ Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1997): Anforderungen an die Verwertung von kultivierbarem Bodenmaterial. In: Bodenschutz – Ergänzbares Handbuch, 24. Lfg. IX/97, E.Schmidt Verlag, Berlin.
- LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1995): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. Reihe Luft, Boden, Abfall, Heft 31.
- LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2000a): Boden nutzen, Böden schützen – Fragen und Antworten rund um das Thema Geländeauffüllungen. 1. Auflage. 19 S.
- LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2000b): Erhebungsuntersuchungen zur Qualität von Geländeauffüllungen, Band 4 der Reihe Bodenschutz
- Schwertmann, U.; Vogl, W. & Kainz, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser – Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen.. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

