

DIN 19639



ICS 13.080.01; 91.010.99

Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben

Soil protection during planning and execution of construction projects

Protection des sols lors de la planification et de la mise en oeuvre des projets de construction

Gesamtumfang 55 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)



Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
3.1 Begriffsdefinitionen zum Baubegleitenden Bodenschutz.....	7
3.2 Begriffsdefinitionen zu Boden und Bodenschutz	8
3.3 Begriffsdefinitionen zu den Inhalten des Bodenschutzkonzeptes.....	9
3.4 Sonstige Begriffsdefinitionen.....	11
4 Kurzbeschreibung.....	11
5 Daten- und Bewertungsgrundlagen.....	14
5.1 Mindestdatensatz	14
5.2 Vorhabenbezogen relevante Datengrundlagen	15
5.3 Grundlagen zur bodenbezogenen Erfassung und Bewertung.....	17
5.3.1 Standörtliche Verdichtungsempfindlichkeit.....	17
5.3.2 Aktuelle Verdichtungsempfindlichkeit sowie Grenzen der Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit.....	17
5.3.3 Standörtliche und aktuelle Erosionsempfindlichkeit.....	20
5.3.4 Stoffliche Bodenbelastungen.....	21
6 Bodenschutzkonzept.....	21
6.1 Genehmigungsplanung.....	21
6.1.1 Inhalte des Bodenschutzkonzeptes	21
6.1.2 Vorhabenbeschreibung und Planungsvorgaben.....	22
6.1.3 Bodenbezogene Datenerfassung und Bewertung.....	22
6.1.4 Auswirkungen.....	23
6.1.5 Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen	23
6.1.6 Bodenschutzplan	24
6.1.7 Vermittlung von Informationen.....	26
6.1.8 Dokumentation	26
6.2 Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen	27
6.3 Bauausführung	27
6.3.1 Messungen und Erhebungen in der Bauphase.....	27
6.3.2 Anforderungen an Vorarbeiten und Flächenvorbereitung.....	28
6.3.3 Anforderungen bei Baumaßnahmen auf besonderen Standorten.....	29
6.3.4 Anforderungen an Baustraßen und Baubedarfsflächen	30
6.3.5 Anforderungen an den Maschineneinsatz.....	31
6.3.6 Anforderungen an den Bodenabtrag.....	31
6.3.7 Anforderungen an die Zwischenlagerung von Böden	32
6.3.8 Verwendung von Bodenmaterial.....	33
6.4 Rekultivierung.....	33
6.4.1 Wiederherstellung temporär genutzter Flächen.....	33
6.4.2 Neuaufbau von Böden	34
6.5 Zwischenbewirtschaftung	34
6.6 Maßnahmen bei Funktionseinschränkungen	35
7 Bodenkundliche Baubegleitung.....	35
Anhang A (normativ) Verwendung des Nomogramms — Hinweise und Beispiele für die Anwendung.....	37

Anhang B (normativ) Kriterien zur Abschätzung von Bodeneigenschaften bei Abtrag, Lagerung, Auftrag und Einbau	40
Anhang C (informativ) Notwendige Fachkenntnisse für den baubegleitenden Bodenschutz	41
Anhang D (informativ) Checkliste: Aufgaben der Bodenkundlichen Baubegleitung (BBB)	42
Anhang E (informativ) Zuordnung der Bodenarten nach DIN 4220 zu den Bodenklassen nach DIN 18196	44
Anhang F (normativ) Schadensschwellenwerte zur Erkennung einer Bodenschadverdichtung [9]	48
Anhang G (informativ) Empfehlung zur Dokumentation	49
Anhang H (informativ) Konzept zur Zwischenbewirtschaftung	50
Anhang I (informativ) Maßnahmen bei Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen	52
Literaturhinweise.....	54
Bilder	
Bild 1 — Phasen des baubegleitenden Bodenschutzes	13
Bild 2 — Nomogramm zur Ermittlung des maximal zulässigen Kontaktflächendruckes von Maschinen auf Böden	20
Bild 3 — Räumliche Überlagerung im Bodenschutzplan.....	24
Bild 4 — Bodenkundliche Baubegleitung [verändert nach 2]	36
Bild A.1 — Beispiel zur Anwendung des Nomogramms.....	38
Bild E.1 — Zuordnung der Bodenarten nach DIN 4220 zu den Bodenklassen nach DIN 18196 (fett) für grob-, gemischt- und feinkörnige Böden	46
Bild E.2 — Zuordnung der Bodenarten nach DIN 4220 zu den Bodenklassen nach DIN 18196 (fett) für organogene Böden und Böden mit organischen Beimengungen von 8 % bis 30 % organischer Substanz.....	47
Tabellen	
Tabelle 1 — Prüfliste relevanter Datengrundlagen zur Erstellung eines Bodenschutzkonzeptes in Abhängigkeit des jeweiligen Planungstandes und des jeweiligen Bauvorhabens	15
Tabelle 2 — Aktuelle Verdichtungsempfindlichkeit sowie Grenzen der Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit von Böden in Abhängigkeit von Konsistenzbereichen und Bodenfeuchte (siehe DIN 18915; adaptiert aus DIN 19682-5 und DIN EN ISO 14688-1; siehe Anhang A).....	19
Tabelle 3 — Inhalte des Bodenschutzkonzeptes	21
Tabelle 4 — Bodenabhängige Planung der Baubedarfsflächen	25
Tabelle A.1 — Maschinen Einsatzgrenze für Raupenbagger und Planiertraupen (Beispiele).....	39
Tabelle B.1 — Kriterien für das getrennte Abtragen, Lagern, Auftragen und Einbauen des Bodens	40
Tabelle D.1 — Checkliste	42
Tabelle F.1 — Schadensschwellenwerte.....	48

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitskreis NA 119-01-02-03-05 AK „Baubegleitender Bodenschutz“ des Unterausschusses NA 119-01-02-03 UA „Standortbeurteilung, Bodenschutz, Altlastensanierung“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW) erarbeitet. Das Dokument wurde von Fachleuten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz erarbeitet.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Es ist erforderlich, bei den Arbeiten nach dieser Norm Fachleute oder Facheinrichtungen einzubinden.

Einleitung

Dieses Dokument bietet eine Grundlage zur Planung und Umsetzung des baubegleitenden Bodenschutzes mit dem Schwerpunkt der Vermeidung und Minderung physikalischer Bodenbeeinträchtigungen und des Verlustes von Bodenfunktionen durch mechanische Einwirkungen. Es wird im stofflichen und bodenchemischen Bereich ergänzt durch DIN 19731. Bei Bodenarbeiten im Landschaftsbau ist es gemeinsam mit DIN 18915 anzuwenden. Die allgemeinen gesetzlichen Vorgaben sind vorrangig zu beachten.

Dieses Dokument stellt Kriterien zur Erstellung und zur Umsetzung eines Bodenschutzkonzeptes bereit und gibt Hinweise, wie die Planung und Umsetzung bei Bauvorhaben fachkundig begleitet und dokumentiert werden kann. Die für die Planung, Ausschreibung und Realisierung notwendigen Maßnahmen zum Bodenschutz werden in diesem Dokument bei der Erstellung des Bodenschutzkonzeptes benannt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument gibt eine Handlungsanleitung zum baubegleitenden Bodenschutz und zielt in seiner Anwendung auf die Minimierung der Verluste der gesetzlich geschützten natürlichen Bodenfunktionen im Rahmen von Baumaßnahmen ab, sofern erhebliche Eingriffe damit verbunden sind. Es konkretisiert hierbei die gesetzlichen Vorgaben zur Verhinderung schädlicher Bodenveränderungen bei Baumaßnahmen.

Dieses Dokument gilt für Vorhaben mit bauzeitlicher Inanspruchnahme von Böden und Bodenmaterialien, die nach Bauabschluss wieder natürliche Bodenfunktionen erfüllen sollen, wie z. B. Böden unter forstlicher, landwirtschaftlicher, gärtnerischer Nutzung oder unter Grünflächen und Haus- und Kleingärten, insbesondere bei der Inanspruchnahme von Böden mit hoher Funktionserfüllung oder bei besonders empfindlichen Böden oder bei einer Eingriffsfläche > 5 000 m².

Dieses Dokument gilt nicht für Erdbauwerke für bautechnische Zwecke wie insbesondere Dämme, Deiche, Landschaftsbauwerke oder andere technische Bauwerke bzw. Sonderbauflächen sowie bei Kleinstbaustellen wie z. B. die Erstellung von Hausanschlüssen, Maßnahmen zur Störungsbeseitigung oder bei ausschließlicher Betroffenheit von Böden unterhalb versiegelter Flächen.

Diese Norm richtet sich an Planer, Vorhabenträger, Genehmigungsbehörden, bauausführende Unternehmen und an die Bodenkundliche Baubegleitung.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 4047-3:2002-03, *Landwirtschaftlicher Wasserbau — Begriffe — Teil 3: Bodenkunde, Bodensystematik und Bodenuntersuchung*

DIN 4047-4, *Landwirtschaftlicher Wasserbau — Teil 4: Begriffe, Moore und Moorböden*

DIN 4049-3, *Hydrologie — Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie*

DIN 4220, *Bodenkundliche Standortbeurteilung — Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten (normative und nominale Skalierungen)*

DIN 18196, *Erd- und Grundbau — Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke*

DIN 18915:2018-06, *Vegetationstechnik im Landschaftsbau — Bodenarbeiten*

DIN 19682-8, *Bodenbeschaffenheit — Felduntersuchungen — Teil 8: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit mit der Bohrlochmethode*

DIN 19682-10, *Bodenbeschaffenheit — Felduntersuchungen — Teil 10: Beschreibung und Beurteilung des Bodengefüges*

DIN 19683-9, *Bodenbeschaffenheit — Physikalische Laboruntersuchungen — Teil 9: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit in wassergesättigten Stechzylinderbodenproben*

DIN 19683-13, *Bodenbeschaffenheit — Physikalische Laboruntersuchungen — Teil 13: Bestimmung des Substanzanteils, Porenanteils und der Porenziffer*

DIN 19706, *Bodenbeschaffenheit — Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind*

DIN 19708, *Bodenbeschaffenheit — Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG*

DIN 19731, *Bodenbeschaffenheit — Verwertung von Bodenmaterial*

DIN EN 12616, *Sportböden — Bestimmung der Wasserinfiltrationsrate*

DIN EN ISO 11074, *Bodenbeschaffenheit — Wörterbuch*

DIN EN ISO 11272:2017-07, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der Trockenrohdichte (ISO 11272:2017); Deutsche Fassung EN ISO 11272:2017*

DIN EN ISO 11274, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens — Laborverfahren*

DIN EN ISO 11276, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung des Porenwasserdruck — Tensiometerverfahren*

DIN EN ISO 17892-4, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Laborversuche an Bodenproben — Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung*

DIN ISO 11277, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in Mineralböden — Verfahren mittels Siebung und Sedimentation*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 4047-3, DIN 4047-4, DIN 4049-3, DIN 18915:2018-06, DIN EN ISO 11074 und die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>
- DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1 Begriffsdefinitionen zum Baubegleitenden Bodenschutz

3.1.1

Baubegleitender Bodenschutz

Schutz des Bodens durch Bodenschutzkonzept und Bodenkundliche Baubegleitung in den Phasen der Planung, Projektierung, Ausschreibung und Ausführung inkl. Zwischenbewirtschaftung

3.1.2

Bodenschutzkonzept

BSK

Konzept, das für ein konkretes Bauvorhaben alle bodenschutzrelevanten Daten, Auswirkungen und Maßnahmen als Text und als Karte (Bodenschutzplan) darstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Bodenschutzkonzept gilt sowohl für die Phasen der Planung, Projektierung und Ausschreibung als auch für die Phase der Ausführung (inkl. Zwischenbewirtschaftung) und ggf. Nachsorge.

3.1.3

Bodenschutzplan

BSP

großmaßstäbige Kartendarstellung (zeichnerische Darstellung) aller bodenschutzrelevanten Maßnahmen

3.1.4

Bodenkundliche Baubegleitung

BBB

Begleitung des Bauprozesses durch Personen, die über Fachkenntnisse zum Bodenschutz verfügen und Vorhabenträger bei der Planung und Realisierung des Bauvorhabens bzgl. bodenrelevanter Vorgaben unterstützen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Bodenkundliche Baubegleitung erstellt das Bodenschutzkonzept, betreut und dokumentiert seine Umsetzung im Auftrag des Vorhabenträgers. Sie verfügt über Fachkenntnisse zum Bodenschutz und kann Leistungen des vorsorgenden Bodenschutzes von der Genehmigungsplanung und Erstellung des Bodenschutzkonzeptes über die Begleitung des Bauvorhabens und Rekultivierung bis hin zum Bauabschluss bzw. zur Zwischenbewirtschaftung übernehmen (siehe Abschnitt 7 und Anhang C).

3.1.5

Vorhabenträger

private und öffentliche Auftraggeber bzw. den Bau in Auftrag gebende Personen (Bauherren)

3.1.6

Baubedarfsfläche

temporär bauzeitlich genutzte Fläche, inkl. Baustelleneinrichtungsflächen, Arbeitsstreifen usw.

Anmerkung 1 zum Begriff: Bauflächen, die später wieder den ursprünglichen Nutzungen zugeführt werden (z. B. bei der unterirdischen Verlegung von Leitungen im offenen Graben), sind wie Baubedarfsflächen zu behandeln.

3.2 Begriffsdefinitionen zu Boden und Bodenschutz

3.2.1

Boden

obere Schicht der Erdkruste, soweit sie Träger von Bodenfunktionen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese **DIN-Norm** dient vor allem dem Schutz von Ober- und Unterboden.

3.2.2

Oberboden

Mutterboden

A-Boden

A-Horizont

oberste, humose und belebte Schicht des Mineralbodens, die durch physikalische, chemische und biologische Vorgänge entstanden ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Mächtigkeit der humosen, meist intensiv belebten Schicht beträgt in der Regel 10 cm bis 30 cm, in Ausnahmen 1 cm bis 50 cm. Ausführlich siehe Bodenkundliche Kartieranleitung [1].

3.2.3

Unterboden

B-Boden

B- und weitere Horizonte

unter dem Oberboden liegende verwitterte und durch pedogenetische Prozesse geprägte Bodenschicht(en)

Anmerkung 1 zum Begriff: Unterboden umfasst den Begriff „Boden für vegetationstechnische Zwecke“ nach DIN 18915.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff „Füllboden“ sollte vermieden werden und kann u. a. durch „kulturfähiger Unterboden“ ersetzt werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Unterbodenhorizonte können humos sein (z. B. M- oder E-Horizonte).

Anmerkung 4 zum Begriff: Zu den unterschiedlichen Unterbodenhorizonten siehe ausführlich: Bodenkundliche Kartieranleitung [1].

3.2.4**Untergrund**

C-Boden

C-Horizont

nicht verwittertes bzw. nur angewittertes Ausgangssubstrat (Locker- und Festgestein) unterhalb der verwitterten und durch pedogenetische Prozesse geprägten Bodenschichten

Anmerkung 1 zum Begriff: Ausführlich siehe Bodenkundliche Kartieranleitung [1].

3.2.5**Substrat**

aus dem geologischen Ausgangsmaterial entstandene feste Bodensubstanz oder künstlich hergestellter Bodenersatz

3.2.6**Böden mit hoher Funktionserfüllung**

Böden, die die natürlichen Funktionen und die Archivfunktion nach § 2 Abs. 2 BBodSchG in besonderem Maß erfüllen

3.2.7**besonders empfindliche Böden**

Böden, die nur mit sehr aufwändigen Schutzmaßnahmen vor schädlichen Bodenveränderungen zu bewahren sind bzw. bei denen Dauerschäden unvermeidbar sind (z. B. Moore)

3.2.8**erheblicher Eingriff**

Veränderungen der Bodeneigenschaften, die die Leistungs- und Funktionsfähigkeit der Böden im Naturhaushalt deutlich beeinträchtigen können

3.3 Begriffsdefinitionen zu den Inhalten des Bodenschutzkonzeptes**3.3.1****Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**

Maßnahmen zum Bodenschutz, die im Bodenschutzkonzept für die Bauausführung, Rekultivierung und ggf. Zwischenbewirtschaftung geplant und umgesetzt werden

3.3.2**Massenbilanz**

Aufstellung, die räumlich und zeitlich differenziert Auskunft gibt über die Art und Menge des anfallenden Bodenmaterials

BEISPIEL: Angabe des anfallenden Bodenmaterials z. B. in Kubikmeter Oberboden.

3.3.3**hochwertige Verwendung**

hochwertige Verwertung

Wiedereinbau von Boden und kulturfähigem Untergrundmaterial, die als Überschussmassen einer Baumaßnahme anfallen und extern oder am Standort derart wiedereingebaut werden, dass sie die natürlichen Bodenfunktionen nach § 2 BBodSchG (unter Berücksichtigung der Standorteigenschaften am Einbauort) bestmöglich erfüllen

3.3.4

Rekultivierung

Wiederherstellung der Bodeneigenschaften und der Bodenfunktionen vergleichbar den Ausgangsbedingungen oder angestrebter Eigenschaften, Geländeformen und Nutzungseignung der Böden (Rekultivierungsziel)

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Falle des Neuaufbaus einer durchwurzelbaren Bodenschicht wie z. B. bei Tagebauen und sonstigen Abgrabungen zielt die Rekultivierung in der Regel auf die Wiederherstellung der Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen vergleichbar der ursprünglichen Bodenvergesellschaftung ab.

3.3.5

Zwischenbegrünung

Ansaat auf Bodenmieten und sonstigen offenen Bodenflächen in der Bauphase zum Schutz der Bodenoberfläche vor Erosion und unerwünschtem Aufwuchs, zur Entwässerung des Bodens und zur Nährstofffestlegung sowie zur Stabilisierung und Erhaltung des Bodengefüges

3.3.6

Zwischenbewirtschaftung

Wiederherstellungsbewirtschaftung

bodenschonende bzw. bodenverbessernde Bewirtschaftung nach erfolgter Rekultivierung mit dem Ziel der Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen vor der Ziel- oder Folgenutzung

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Regel reduzierte Befahrungintensität, keine Bodenbearbeitung mit Ausnahme der anfänglichen Bearbeitung zur Etablierung möglichst intensiv und tief wurzelnder Kulturen/Kulturartenmischungen, um ein substrattypisches Bodengefüge wiederherzustellen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Teilweise auch Folgebewirtschaftung, jedoch nicht identisch mit Folgenutzung.

3.3.7

Folgenutzung

Zielnutzung

Nutzung einer Fläche nach Beendigung der baulichen Maßnahmen und einer vorhabenbezogen vorgeesehenen Zwischenbewirtschaftung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Etablierung der Folgenutzung ist Ziel der Rekultivierung und bestimmt deren Umsetzung sowie die i. d. R. vorgeschaltete Zwischenbewirtschaftung.

Anmerkung 2 zum Begriff: In vielen Fällen identisch mit der Vornutzung.

3.3.8

Maßnahmen bei Funktionseinschränkungen

Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung nachteiliger Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Bodens

3.3.9

Bodenschadverdichtung

schädliche Bodenverdichtung

schädliche Bodenveränderungen (siehe Anhang F) infolge anthropogener erheblicher Beeinträchtigungen des substrattypischen Bodengefüges, insbesondere durch Verlust an Grob- und Mittelporenvolumen und deren Porenkontinuität

3.4 Sonstige Begriffsdefinitionen

3.4.1

Trockenrohdichte

Verhältnis der bei 105 °C getrockneten Masse der Feststoffe zum Volumen des Bodens

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Rohvolumen schließt das Volumen der Feststoffe und des Porenraumes ein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die bevorzugte SI-Einheit der Messung ist Kilogramm je Kubikmeter ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$), aber Gramm je Kubikzentimeter ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) ist ebenfalls sehr gebräuchlich. Es gilt $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3} = 1\,000 \times \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

[QUELLE: DIN EN ISO 11272:2017-07, 3.1, modifiziert: Temperaturangabe zugefügt.]

3.4.2

Packungsdichte

empirische Größe, die nach DIN 19682-10 aus Gefügemerkmalen abgeleitet wird und die Kompaktheit bzw. Lockerheit eines Bodens beschreibt

[QUELLE: DIN 4047-3:2002-03, 3.5.71, modifiziert: „nach DIN 19682-10“ zugefügt, Quellenangabe entfernt, Alternativbezeichnungen entfernt.]

3.4.3

Planum

Rohplanum

technisch bearbeitete Oberfläche von zu überdeckenden Schichten mit festgelegten Merkmalen wie Gefälle, Höhenlage und Ebenheit

[QUELLE: DIN 18915:2018-03, 3.8, modifiziert: Alternativbezeichnung zugefügt.]

3.4.4

Feinplanum

technisch bearbeitete Oberfläche der Vegetationstragschicht mit festgelegten Merkmalen wie Gefälle, Höhenlage und Ebenheit

[QUELLE: DIN 18915:2018-03, 3.9]

4 Kurzbeschreibung

Der Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben basiert auf einem vorhabenbezogenen Bodenschutzkonzept. Dieses enthält insbesondere die notwendigen Maßnahmen zum Erhalt oder zur Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen und der damit verbundenen Bodenqualität.

Das Bodenschutzkonzept ist bereits in der Planungsphase auf Basis geeigneter Datengrundlagen (nach Abschnitt 5) mit bodenkundlichem Fachwissen (siehe Anhang C) zu erstellen. Zielsetzungen und Maßnahmen des Bodenschutzkonzeptes sind in die Ausschreibungsunterlagen und in das Leistungsverzeichnis zu integrieren. Während der Durchführung des Bauvorhabens wird die Umsetzung des vertraglich festgelegten Konzeptes von der Bodenkundlichen Baubegleitung betreut und dokumentiert.

In der Bauphase werden die vertraglich zu vereinbarenden Maßnahmen des Bodenschutzkonzeptes umgesetzt. Bild 1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Phasen und Aufgaben des baubegleitenden Bodenschutzes. In 6.3 werden die für das Bodenschutzkonzept notwendigen, wesentlichen Maßnahmen benannt, die in der Bauphase umzusetzen sind.

In Phase 1 bis Phase 5 ist der Vorhabenträger verantwortlich für die Umsetzung der Maßnahmen des Bodenschutzes. Der Vorhabenträger beauftragt die Bodenkundliche Baubegleitung und Bauunternehmen, die notwendigen Maßnahmen zum Bodenschutz umzusetzen. Mit Beginn der Folgenutzung (Zielnutzung) geht die Verantwortung wieder auf den Eigentümer bzw. Nutzungsberechtigten über.

Phasen	Aufgabenschwerpunkte	Boden-Informationen
Arbeitsschritte	Aufgaben im Einzelnen	
Phase 1 Genehmigungsplanung	Erstellen des Bodenschutzkonzeptes Erfassen und Bewerten des Schutzgutes Boden Erforderliche Maßnahmen zum baubegleitenden Bodenschutz werden festgelegt, insbesondere Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen.	Angaben zur Bodenart, Humusgehalt, Carbonatgehalt, Vernässung, Schichtung, Durchwurzelbarkeit usw. sowie daraus ableitbare Bodenparameter, Schutzwürdigkeiten und Empfindlichkeiten der Böden (vorhabenbezogen)
	Baugenehmigung: Bodenschutzkonzept und Nebenbestimmungen machen fachliche Vorgaben für die Ausschreibung und Bauausführungsphase.	
Phase 2 Ausschreibung	Begleiten der Ausschreibung Beratung des Vorhabenträgers zur Bauausschreibung im Hinblick auf Bodenschutzmaßnahmen.	Bodenschutzkonzept und Nebenbestimmungen (erforderlich)
	Ausschreibung	
Phase 3 Bau	Begleiten der Umsetzung von Schutzmaßnahmen	
Baustart/Bauanlaufbesprechung	Information der am Bau Beteiligten über erforderliche Maßnahmen des Bodenschutzes.	Bodenschutzkonzept und Nebenbestimmungen (erforderlich)
Bauausführung	Begleitung der Umsetzung des Bodenschutzkonzeptes. Bei unvorhergesehenen Situationen Beratung im Hinblick auf erforderliche Bodenschutzmaßnahmen.	Wasserspannung, Konsistenz (erforderlich) vorhabenbezogen zusätzliche Parameter des Mindestdatensatzes
	Abschluss der Bauarbeiten: Bodenschutzkonzept und Nebenbestimmungen machen fachliche Vorgaben für die Rekultivierung und Zwischenbewirtschaftung.	

Phasen	Aufgabenschwerpunkte	Boden-Informationen
Arbeitsschritte	Aufgaben im Einzelnen	
Phase 4 Rekultivierung Wiederherstellen durchwurzelbarer Bodenschichten	Begleitung der Umsetzung von Rekultivierungsmaßnahmen Begleitung der Maßnahmenumsetzung bei Verfüllung, Oberflächenwiederherstellung (Feinplanum) und nach Bedarf bei ergänzenden Maßnahmen wie insb. Tieflockerung oder Wiederherstellung der Drainage.	Wasserspannung, Konsistenz, Bodenart, Grobbodenanteil, Humusgehalt, Bodengefüge, Eindringwiderstand (vorhabenbezogen)
↓	Bodenschutzkonzept und Nebenbestimmungen der Genehmigung geben fachliche Vorgaben für die Zwischenbewirtschaftung. Falls keine Zwischenbewirtschaftung vorgesehen ist, erfolgt Bauabschluss, Flächenabnahme (Abnahmeprotokoll) und Flächenrückgabe.	
Phase 5 Zwischenbewirtschaftung (vorhabenbezogen) Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen	Beurteilung des Umfangs und Begleitung der Umsetzung Begleitung der Maßnahmenumsetzung; Beratung zur Ansaatmischung, Bewirtschaftung und deren Dauer.	Bodengefüge, Durchwurzelung (Tiefe, Verteilung), Aufwuchsbonitur, Vernässungen, Verdichtungen (vorhabenbezogen)
↓	Bodenkundliche Beurteilung des Rekultivierungserfolges. In der Regel Bauabschluss, Flächenabnahme (Abnahmeprotokoll) und Flächenrückgabe.	
Phase 6 Maßnahmen bei Funktionseinschränkungen/ Nachsorge/Folgenutzung (optional) Wiederaufnahme der Folgenutzung nach Bauabschluss	Bodenkundliche Beurteilung des Rekultivierungserfolges/ Begleitung der Nachsorge Baubedingte Bodenbeeinträchtigungen werden erfasst und beurteilt. Nach Bedarf werden geeignete und erforderliche Maßnahmen abgeleitet.	Bodengefüge, Durchwurzelung (Tiefe, Verteilung), Aufwuchsbonitur der Folgebegrünung, Vernässungen, Verdichtungen (vorhabenbezogen)

Bild 1 — Phasen des baubegleitenden Bodenschutzes

Der nötige Umfang der Aufgaben der Bodenkundlichen Baubegleitung in der Bauphase unterscheidet sich in Abhängigkeit von der Empfindlichkeit der Böden sowie der Dauer und Eingriffsintensität der Baumaßnahme und der Komplexität der Maßnahmen (siehe Abschnitt 7 und Anhang C).

Bei allen Bodenarbeiten ist darauf zu achten, dass die Vermeidung schädlicher Bodenveränderungen vor deren Beseitigung geht (Vermeidungsgrundsatz). Es sind die Vorgaben des Bodenschutzkonzeptes sowie der Genehmigung zu beachten. Ergibt sich bei der Bauausführung die Notwendigkeit von Abweichungen, dann bedürfen diese der Abstimmung mit dem Vorhabenträger und ggf. weiterer Beteiligter.

5 Daten- und Bewertungsgrundlagen

5.1 Mindestdatensatz

In der Planungsphase ist bei der Erstellung des Bodenschutzkonzeptes die Erfassung und Bewertung des bodenkundlichen Ausgangszustandes notwendig. Er dient der Beurteilung der vom Projekt betroffenen Böden hinsichtlich ihrer Qualität und Empfindlichkeiten. Auf dieser Grundlage erfolgt die Festlegung projektspezifischer Schutzmaßnahmen und der Erstellung der Massenbilanz. Im Regelfall sollte der bodenkundliche Ausgangszustand bis zur Eingriffstiefe bzw. bis 2 m Tiefe erhoben werden. Der Boden ist bereits in der Planungs- und Genehmigungsphase zu bewerten.

Um Böden erfassen, bewerten und geeignete Maßnahmen ableiten zu können, sind möglichst großmaßstäbige Bodenkarten und/oder aktuelle, ergänzende Kartierungen zu verwenden. In Abhängigkeit von der zu erwartenden Bodenheterogenität sind bei Kartierungen die folgenden Sondierabstände zu wählen (empfohlene Richtwerte):

- Flächenbaustellen: mindestens 1 Bohrung bzw. Aufschluss je 1 000 m² bis 4 000 m²;
- Linienbaustellen: mindestens 1 Bohrung bzw. Aufschluss je 50 m bis 200 m laufender Trasse.

Bei komplexen Bodenverhältnissen oder zur Eingrenzung von Unregelmäßigkeiten können geringere Abstände oder eine größere Anzahl an Bohrungen, ggf. ergänzt durch Aufschlüsse, erforderlich sein. Dagegen kann bei sehr gleichförmigen Bodenverhältnissen ein größerer Abstand oder eine geringere Anzahl der Bohrungen oder Aufschlüsse ausreichend sein. Solche Fälle sind im Bodenschutzkonzept zu begründen. Folgende Parameter sind mindestens zu erfassen. Die Parameter werden je Horizont oder Schicht und soweit nicht anders angegeben im Feld nach DIN 4220 bestimmt:

- Mächtigkeit Ober- und Unterboden sowie bei geschichteten Unterböden Mächtigkeiten von Schichten mit unterschiedlichen Eigenschaften;
- Bodenart (Feinboden) (im Zweifelsfall mit Korngrößenverteilung inklusive Tonfraktion nach DIN ISO 11277 bzw. DIN EN ISO 17892-4);
- Grobbodenart und Grobbodenanteil;
- Gehalt an organischer Substanz (Humusgehalt);
- Carbonatgehalt mittels HCl-Test, soweit nach Vorerkundung mit Carbonat zu rechnen ist;
- Einfluss von Grundwasser und Staunässe:
 - als Grundwasserstufe und
 - als Staunässestufe oder Vernässungsstufe.

In der Bauphase sind im Wesentlichen die aktuellen Empfindlichkeiten und Gefährdungen der Böden zu erfassen und zu bewerten (nach 6.3.1). Dazu sind ergänzend zu den o. g. Bodeneigenschaften die aktuellen Verdichtungsempfindlichkeiten heranzuziehen (Methodik der Erfassung und Bewertung nach 5.3.2) sowie vorhabenbezogen die Erosionsempfindlichkeiten (nach 5.3.3).

5.2 Vorhabenbezogen relevante Datengrundlagen

In Abhängigkeit von den Bedingungen des Einzelfalls ist zu prüfen, ob zusätzlich zum Mindestdatensatz folgende Bodeneigenschaften vorhabenbezogen erhoben werden müssen:

- Packungsdichte nach DIN 19682-10 in Bodenschürfen bzw. Profilgruben oder Trockenrohdichte nach DIN EN ISO 11272;
- Wasserdurchlässigkeit (im Feld mit Wasserinfiltrationsrate nach DIN EN 12616);
- Bodenreaktion und Nährstoffvorrat, soweit die Baumaßnahme sie beeinflussen wird;
- für Baumaßnahmen, bei denen die Wassergehalte mit TDR/FDR-Sonden ermittelt werden, ist die repräsentative Bestimmung der Porengrößenverteilung und daraus u. a. der nutzbaren Feldkapazität nach DIN EN ISO 11274 notwendig;
- aktuelle Erosionsempfindlichkeit (Methodik der Erfassung und Bewertung nach 5.3.3).

Empfehlenswert ist jeweils, den im Vorhabengebiet zu erwartenden jahreszeitlichen Witterungsverlauf anhand langjähriger Wetteraufzeichnungen zu erheben, um erwartbare Vernässungsphasen zu erkennen und angepasste Maßnahmen für die Bauphase einzuplanen.

In Tabelle 1 sind weitergehende Datengrundlagen aufgeführt, die zur Charakterisierung und Beurteilung von Böden bzw. weiterer Schutzgüter und Ableitung von geeigneten Schutzmaßnahmen im Rahmen eines Bodenschutzkonzeptes geeignet sind. In Abhängigkeit des jeweiligen Bodeneingriffs ist zu dokumentieren, welche Daten aus Tabelle 1 verwendet werden, ob sie hinreichend aktuell sind und ob der räumliche Maßstab den Erfordernissen des Vorhabens entspricht. Weiterhin ist anzugeben, wenn bodenschutzfachlich notwendige Grundlagen fehlen und für das Vorhaben nicht mit verhältnismäßigem Aufwand erhoben werden können. Anhang E enthält eine orientierende Zuordnung der Bodenarten nach DIN 4220 zu den Bodenklassen nach DIN 18196; diese ersetzt jedoch nicht die Bodenansprache nach DIN 4220.

Bei der Ermittlung des notwendigen Datenumfanges für das Bodenschutzkonzept ist zu klären, welche Bodenkennwerte für eine hochwertige Verwendung bzw. Verwertung von Bodenmaterial benötigt werden. Das Bodenschutzkonzept stellt in der Regel wesentliche Grundlagen für die Planung der Verwendung von Bodenmaterial zur Verfügung.

Tabelle 1 — Prüfliste relevanter Datengrundlagen zur Erstellung eines Bodenschutzkonzeptes in Abhängigkeit des jeweiligen Planungstandes und des jeweiligen Bauvorhabens

Nr.	Datengrundlagen
A	für die detaillierte Beschreibung der Bodeneigenschaften bis 2 m Tiefe bzw. bis zur Tiefe des baubedingten Eingriffs
A_1	Bodenkarten im Maßstab 1 : 5 000 oder größer zur Detailplanung
A_2	ergänzende Bodenkartierungen im Erhebungsmaßstab 1 : 5 000 oder größer nach DIN 4220
A_3	Karte der Bodenschätzung
A_4	Bodenkarten im Maßstab 1 : 50 000 oder 1 : 25 000 zur Übersichtsplanung
A_5	Auswertekarten zu Bodenfunktionen und -eigenschaften, Karten zu Geotopen und schutzwürdigen Böden sowie Archivfunktionen
A_6	Auswertekarten zu Empfindlichkeiten der Böden gegenüber Wasser- und Winderosion und Verdichtung

Nr.	Datengrundlagen
A_7	Karten der Grundwassergleichen bzw. Flurabstände, wenn oberflächennahes Grundwasser zu erwarten ist
B	für die detaillierte Beschreibung der stofflichen Eigenschaften bzw. stofflichen Überprägung der Böden
B_1	Information über bekannte oder vermutete stoffliche Belastungen und Altlasten, z. B. Auszüge der Bodenschutz- und Altlastenkataster der Städte und Kreise
B_2	Karten zu schädlichen Bodenveränderungen wie z. B. Karten zu großflächig erhöhten Stoffgehalten, die durch den historischem Bergbau bedingt sind, Bodenbelastungskarten (BBK), Karten von Bodenplanungsgebieten usw., die länderspezifisch vorliegen, z. T. mit festgesetzten Regelungen zu deren Anwendung
B_3	Karten und Informationen über erhöhte Hintergrundwerte
C	zur Berücksichtigung vorhabenbezogener oder baulicher Risiken
C_1	bekannte Informationen über das Vorkommen von Phytopathogenen, invasiven Neophyten und unerwünschten Ackerunkräutern im Baufeld bzw. deren Samenmaterial im zugeführten Boden (ggf. mit Kartierungen)
C_2	Karten zu Überschwemmungsgebieten und Hochwassergefahrenkarten (länderspezifisch)
C_3	Karten zu Starkregenrisikogebieten oder Karten der reliefbedingten Abflussbahnen für Oberflächenwasser (Geomorphologische Tiefenlinien)
C_4	Karten zum Baugrund und zu Baugrundrisiken (Rutschungsgebiete)
C_5	Karten über bekannte oder vermutete Naturgefahren wie Lawinen oder Muren
C_6	Drainagepläne zur Identifizierung vorhandener Drainagen und ggf. Planung der Wiederherstellung
C_7	Leitungspläne und unterirdische Infrastruktur (Telefon, Strom, Gas, Wasser, sonstige)
C_8	geologische und hydrogeologische Karten, z. B. zur Identifizierung von Besonderheiten wie Pyritvorkommen (sulfatsaure Böden)
C_9	Information über Flächen mit biologischer Wirtschaftsweise
D	zur Berücksichtigung weiterer Schutzgüter
D_1	Karten der Wasserschutz- und Wasserschongebiete, Heilquellenschutzgebiete
D_2	Karten der geschützten Biotope (z. B. Auszüge aus dem Biotopkataster)
D_3	Karten der Schutzgebiete und Schutzobjekte des Natur- und Landschaftsschutzes
D_4	Karten über bekannte oder vermutete archäologische Fundstellen
E	für die Lageorientierung
E_1	topographische Karten
E_2	Flur- bzw. Liegenschaftskarten, Katasterpläne
E_3	Luftbilder, ggf. von mehreren Befliegungen
E_4	digitale Geländemodelle

5.3 Grundlagen zur bodenbezogenen Erfassung und Bewertung

5.3.1 Standörtliche Verdichtungsempfindlichkeit

Die standörtliche Verdichtungsempfindlichkeit lässt sich auf Grundlage des Mindestdatensatzes bewerten und ist im Bodenschutzplan darzustellen.

Alle Böden sind durch Baumaßnahmen mehr oder weniger verdichtungsgefährdet. Ausnahmen sind Sandböden, deren Ton- und Schluffgehalt unter 15 % (Massenanteil) und deren Humusgehalt unter 8 % (Massenanteil) liegen, Böden mit über 75 % Grobbodenanteil (Kornfraktion > 2 mm nach DIN 4220) oder nachweislich bereits schadverdichtete Böden (nach Anhang F, wobei auch unterhalb dieser Schwellenwerte Schadverdichtungen vorliegen können). Die Verdichtungsempfindlichkeit steigt meist mit dem Ton-, Schluff- und Humusgehalt.

Die Wahrscheinlichkeit einer erheblichen Bodenverdichtung ist besonders hoch für

- Böden mit einer Grundwasserstufe von GWS 1, 2, 3 oder 4 nach DIN 4220,
- Böden mit vergleichbarem Stauwassereinfluss und
- stark humose Böden mit einem Humusanteil von über 8 % (Massenanteil).

ANMERKUNG Böden mit einem Tongehalt > 40 % sind besonders plastisch verformbar, sodass die Bodenfunktionen bei eingetretenen Verdichtungen in der Regel nicht wiederherstellbar sind.

Unterschiedliche Verdichtungsempfindlichkeiten bei Böden mit Schichtungswechsel und markantem Körnungssprung sind zu berücksichtigen. Wechsel der Verdichtungsempfindlichkeiten sind zu erwarten bei größeren Unterschieden der

- Bodenarten,
- Grobbodenanteile,
- Humusgehalte,
- Carbonatgehalte,

und vor allem der

- Bodenfeuchte bzw. Wasserspannung.

Ergänzend kann auf Basis von Niederschlag und Verdunstung die Bodenfeuchte und damit die Verdichtungsempfindlichkeit prognostiziert werden.

5.3.2 Aktuelle Verdichtungsempfindlichkeit sowie Grenzen der Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit

Im Bodenschutzkonzept sind erforderliche Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen gegen Verdichtungswirkungen zu beschreiben. Dabei sind neben den standörtlichen Verdichtungsempfindlichkeiten auch die witterungsabhängigen (aktuellen) Verdichtungsempfindlichkeiten zu berücksichtigen. Messungen und Bewertungen der witterungsabhängigen Verdichtungsempfindlichkeiten bestimmen sich nach 6.3.1.

Die aktuelle Verdichtungsempfindlichkeit hängt in starkem Maße von der Bodenfeuchte ab. Entscheidend ist dabei nicht die absolute Wassermenge (aktueller Bodenwassergehalt), sondern die Wasserspannung (Saugspannung), d. h. die Kraft, mit der das Wasser im Boden gebunden ist (also die stabilisierend wirkenden Meniskenkräfte). Relevant sind

- die aktuelle Bodenfeuchte (Wasserspannung) im Wirkungsbereich des Vorhabens (z. B. Tiefenwirkung der Erdarbeiten und Baufahrzeuge unter Berücksichtigung der aktuellen Tiefenlage des Grundwassers beim Bodenabtrag) sowie
- die Wirkungsstärke (spezifischer Bodendruck, Häufigkeit der Belastung, Scherwirkungen).

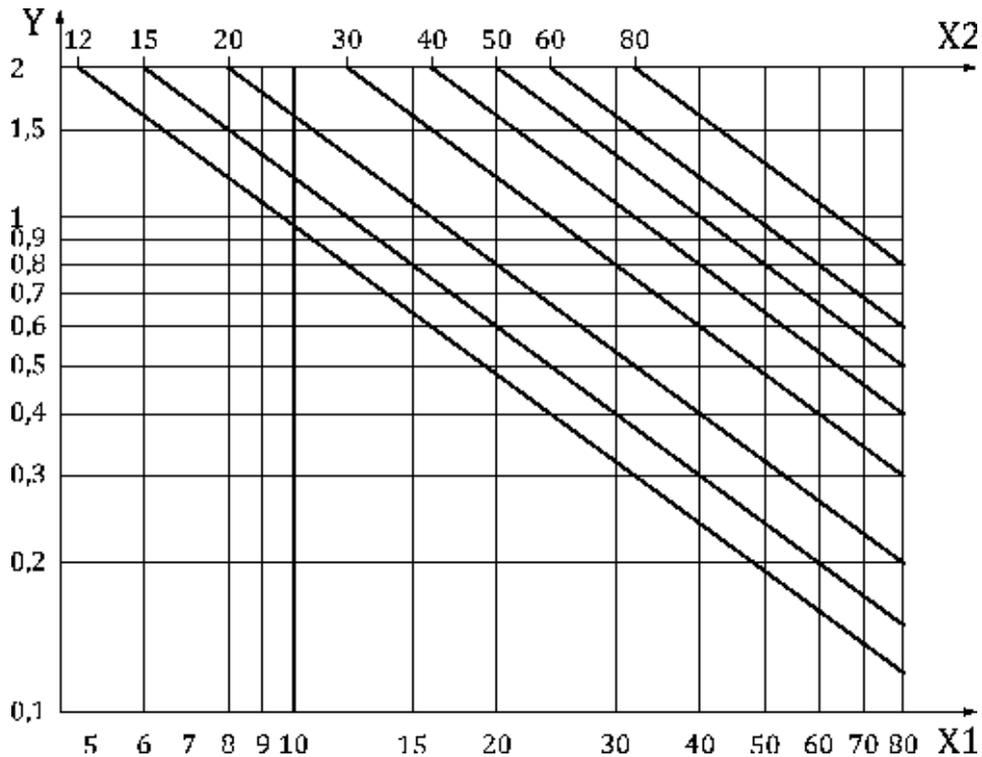
Die aktuelle Verdichtungsempfindlichkeit der Böden ist nach Tabelle 2 hinsichtlich ihrer aktuellen Konsistenz oder der Wasserspannung einzustufen und zu bewerten. Eine Bewertung bodenverträglicher Kontaktflächendrücke in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte und der abzustützenden Gesamtgewichte kann mit Hilfe von Bild 2 erfolgen. Die Verwendung des Nomogramms ist hierbei auch in Konsistenzbereich ko_2 sinnvoll. Für Böden im Konsistenzbereich ko_3 dürfen die Arbeiten nur dann fortgesetzt werden, wenn die Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit nach Bild 2 nachgewiesen ist bzw. wenn die Bodenkundliche Baubegleitung dem Vorhabenträger eine Freigabe empfiehlt. Beim Befahren ohne Unterbrechungen sind in Abhängigkeit von der aktuellen Wasserspannung in den Böden entsprechende Maßnahmen zu deren Schutz vorzusehen. Diese werden im Bodenschutzkonzept eingeplant und beschrieben.

Die Einstufung und Bewertung der aktuellen Verdichtungsempfindlichkeit der Böden ist zu wiederholen, wenn durch witterungsbedingte Abnahme, besonders aber Zunahme der Bodenfeuchte (Wasserspannung) ein Konsistenzwechsel wahrscheinlich ist. Diese Einstufung und Bewertung kann durch eine Prognose der Wasserspannung und daraus der Verdichtungsempfindlichkeit oder durch die Einrichtung eines Tensiometer-Messfeldes vereinfacht und objektiviert werden.

Langfristig oder ganzjährig grund- oder staunasse Böden bzw. Bodenbereiche, die nicht entwässert werden, sowie stark humose Böden sollten nicht befahren oder bearbeitet werden. Ist eine Befahrung unumgänglich, dann sind diese Böden durch Maßnahmen nach 6.3.4 zu schützen sowie weniger häufig und mit geringerer Last zu befahren. Alternativ kann eine bauseitige Wasserhaltung vorgesehen werden, die ausreichend früh vor der ersten baubedingten Belastung wirksam wird.

Tabelle 2 — Aktuelle Verdichtungsempfindlichkeit sowie Grenzen der Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit von Böden in Abhängigkeit von Konsistenzbereichen und Bodenfeuchte (siehe DIN 18915; adaptiert aus DIN 19682-5 und DIN EN ISO 14688-1; siehe Anhang A)

Konsistenzbereich		Bodenmerkmale bei geringer und mittlerer effektiver Lagerungsdichte		Bodenfeuchtezustand				Befahrbarkeit	Bearbeitbarkeit	Verdichtungsempfindlichkeit (bodenartenabhängig)
Kurzzeichen	Bezeichnung	Zustand bindiger Böden (Tongehalt > 17 %)	Zustand nicht bindiger Böden (Tongehalt ≤ 17 %)	Wasserspannung pF-Bereich lg hPa		Feuchtestufe Bezeichnung Kurzzeichen				
ko1	fest (hart)	nicht ausrollbar und knetbar, da brechend; Bodenfarbe dunkelt bei Wasserzugabe stark nach	staubig; helle Bodenfarbe, dunkelt bei Wasserzugabe stark nach	> 4,0	> 990	trocken	feu1	optimal	Bindige Böden: mittel bis ungünstig ^b Nicht bindige Böden: optimal	gering
Schrumpfgrenze										
ko2	halbfest (bröckelig)	noch ausrollbar, aber nicht knetbar, da bröckelnd beim Ausrollen auf 3 mm Dicke; Bodenfarbe dunkelt bei Wasserzugabe noch nach	Bodenfarbe dunkelt bei Wasserzugabe noch etwas nach	4,0 bis > 2,7	990 bis > 50	schwach feucht	feu2	gegeben	optimal	mittel
Ausrollgrenze										
ko3	steif (-plastisch)	ausrollbar auf 3 mm Dicke ohne zu zerbröckeln, schwer knetbar und eindrückbar, dunkelt bei Wasserzugabe nicht nach	Finger werden etwas feucht, auch durch Klopfen am Bohrer kein Wasseraustritt aus den Poren; dunkelt bei Wasserzugabe nicht nach	2,7 bis > 2,1	50 bis > 12,4	feucht	feu3	eingeschränkt, nach Nomogramm	eingeschränkt (ja, wenn im Löffel rieselfähig)	hoch
ko4	weich (-plastisch)	ausrollbar auf < 3 mm Dicke, leicht eindrückbar, optimal knetbar	Finger werden deutlich feucht, durch Klopfen am Bohrer wahrnehmbarer Wasseraustritt aus den Poren	2,1 bis > 1,4	12,4 bis > 2,5	sehr feucht	feu4	nur auf befestigten Baustraßen	nicht bearbeitbar, unzulässig	hoch
ko5	breiig (-plastisch)	ausrollbar, kaum knetbar, da zu weich, quillt beim Pressen in der Faust zwischen den Fingern hindurch	durch Klopfen am Bohrer deutlicher Wasseraustritt aus den Poren, Probe zerfließt, oft Kernverlust	≤ 1,4	≤ 2,5	nass	feu5	nur auf befestigten Baustraßen	nicht bearbeitbar, unzulässig	extrem
Fließgrenze										
ko6	zähflüssig	nicht ausrollbar und knetbar, da fließend	Kernverlust	0	0	sehr nass	feu6	nur auf befestigten Baustraßen	nicht bearbeitbar, unzulässig	extrem
^a	Die Einheit Centibar wird hier in Anlehnung an das Schweizer Nomogramm verwendet. Die Umrechnung in den pF-Wert erfolgt über eine Multiplikation mit 10 und einer anschließenden Logarithmierung zur Basis 10 (log10).									
^b	Die Bearbeitbarkeit stark bindiger Böden (> 25 % Ton) ist bei sehr starker Austrocknung nur bedingt möglich, weil starke Klutenbildung die Bearbeitungsqualität — insbesondere im Hinblick auf die Wiederherstellung durchwurzelbarer Bodenschichten — vermindert.									



Legende

- X1 Gesamtgewicht, in t
- X2 Wasserspannung, in cbar
- Y Flächenpressung, in kg/cm²

Bild 2 — Nomogramm zur Ermittlung des maximal zulässigen Kontaktflächendrucks von Maschinen auf Böden

BEISPIEL Bei einem Boden mit einer Wasserspannung von 15 cbar ist bei einem Raupenfahrzeug mit einer Masse (Einsatzgewicht) von 30 t ein maximaler Kontaktflächendruck von 0,4 kg/cm² zulässig. Dementsprechend muss die Aufstandsfläche des Fahrwerkes mindestens 7,5 m² betragen. Bei einer Aufstandsfläche des Fahrwerkes von 4,7 m ergeben sich daraus zwei Bodenplatten mit mindestens je 0,8 m Breite. Weitere Beispiele siehe Anhang A.

Geräte mit einem Gesamtgewicht von über 80 t sollten im Bodenschutzkonzept gesondert behandelt werden. Eine befestigte Baustraße ist bei Maschinen über 80 t empfehlenswert.

Die Anwendung von Tabelle 2 in Verbindung mit Bild 2 dient dem Schutz der Böden vor Verdichtungen im Rahmen der Baumaßnahme. Vorliegende, natürliche oder anthropogene Verdichtungen sind davon nicht betroffen.

5.3.3 Standörtliche und aktuelle Erosionsempfindlichkeit

Die standörtliche Erosionsgefährdung der Böden wird in Abhängigkeit von der Bodenart, dem Grob- boden- und Humusgehalt für Wassererosion nach DIN 19708 und für Winderosion nach DIN 19706 oder nach anderen nachweislich geeigneten Methoden abgeschätzt. Bei der Abschätzung der standörtlichen Erosionsgefährdung durch Wasser wird aufgrund der Baufeldfreimachung als Oberbodenzustand „Schwarzbrache“ angenommen und der C-Faktor der „Allgemeinen Bodenabtragsgleichung“ auf den Wert 1 gesetzt. Entsprechend wird der Bewirtschaftungseinfluss bei der standörtlichen Winderosionsgefährdung auch ohne eine schützende Vegetationsdecke eingestuft.

Bei der aktuellen Erosionsgefährdung sind neben der Wettervorhersage im Hinblick auf Niederschlags- und Windereignisse folgende Informationen in der Planung zu berücksichtigen:

- aktueller Bodenzustand (Gefügestand, Verschlammung, Verdichtung);
- aktueller Vegetationszustand (Bodenbedeckung inkl. Mulch);
- Hangneigung und -länge;
- Umgebungseinflüsse (wie Zutritt wild abfließenden Wassers);
- jahreszeitlich zu erwartende Witterungszustände oder konkrete Wettervorhersagen (Niederschlags- und Windverhältnisse).

5.3.4 Stoffliche Bodenbelastungen

Im Rahmen der Erfassung und Bewertung des Schutzguts Boden ist zu klären, ob mit einer Belastung durch Schadstoffe zu rechnen ist. Hier ist nach DIN 19731 zu verfahren. Gegebenenfalls kommt den Datengrundlagen in Tabelle 1, Teil B, besondere Bedeutung zu.

6 Bodenschutzkonzept

6.1 Genehmigungsplanung

6.1.1 Inhalte des Bodenschutzkonzeptes

Das Bodenschutzkonzept bildet für alle Phasen des Bauvorhabens die notwendigen Daten, Auswirkungen und Maßnahmen zum baubegleitenden Bodenschutz einschließlich der Vermittlung von Informationen und die Dokumentation ab. Es beschreibt das zeitliche und räumliche Management textlich und durch großmaßstäbliche Pläne (Bodenschutzplan). Dazu werden Daten über Bodeneigenschaften, -funktionen und -empfindlichkeiten ausgewertet und mit Informationen über Baumaßnahmen, Bauzeiten und Baubedarfsflächen zusammengeführt.

Das Bodenschutzkonzept ist zur Genehmigungsplanung (Phase 1) mit den in Tabelle 3 genannten Inhalten zu erstellen. Es beinhaltet die notwendigen Maßnahmen, die zur Erhaltung oder Wiederherstellung der am Standort vor der Baumaßnahme angetroffenen natürlichen Bodenfunktionen oder zur Herstellung der für das Rekultivierungsziel notwendigen Bodenqualität erforderlich und bei der Bauausführung zu berücksichtigen sind.

Tabelle 3 — Inhalte des Bodenschutzkonzeptes

Inhalte des Bodenschutzkonzeptes	Abschnitt	Grad der Verbindlichkeit
Vorhabenbeschreibung und Planungsvorgaben	6.1.2	verpflichtend
Bodenbezogene Datenerfassung und Bewertung	6.1.3 und 5.3	verpflichtend
Auswirkungen, vorhabenbezogene zu erwartende Beeinträchtigungen der Bodenqualität und der Funktionserfüllung	6.1.4	verpflichtend
Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen mit konkreter Beschreibung der geplanten Maßnahmenumsetzung	6.1.5 und 6.3	verpflichtend
Bodenschutzplan als räumliche Darstellung der baubegleitenden Bodenschutzmaßnahmen	6.1.6	verpflichtend
Vermittlung von Informationen	6.1.7	verpflichtend
Dokumentation	6.1.8	verpflichtend
Rekultivierungsmaßnahmen zur Wiederherstellung durchwurzelbarer Bodenschichten	6.4	verpflichtend
Zwischenbewirtschaftung	6.5	vorhabenbezogen
Maßnahmen bei Funktionseinschränkungen	6.6	bei Bedarf

Ergänzend sind die Anforderungen nach DIN 19731 und DIN 18915:2018-03 zu beachten.

6.1.2 Vorhabenbeschreibung und Planungsvorgaben

Das Vorhaben ist mit seinen technischen und planerischen Rahmenbedingungen zu beschreiben. Dazu sind im Bodenschutzkonzept der geplante Bauablauf mit seinen wesentlichen bodenbezogenen Arbeitsprozessen und die bodenbezogenen Einschränkungen für den Maschineneinsatz sowie die betroffenen Bodenflächen darzulegen.

Insbesondere sind die folgenden relevanten baulichen Nutzungen im Bodenschutzplan (nach 6.1.6) darzustellen:

- befestigte Baustraßen und Sonderbauwerke, die im Bereich vorhandener oder geplanter Verkehrswege sowie zukünftig versiegelter bzw. bebauter Flächen eingerichtet werden;
- temporäre Baustraßen mit Angabe zu Aufbau, Mindesthöhe und Material sowie ggf. zu bauzeitlichen Belastungen, insbesondere zu maximalen Gesamtmassen, die abgestützt werden müssen, und Befahrungsfrequenzen;
- Erläuterung zur einzusetzenden Bautechnik sowie zur Baustellenentwässerung und Erosionsschutzmaßnahmen;
- Lagerflächen für alle zwischenzulagernden Materialien entsprechend ihrer Qualität;
- Baustelleneinrichtungsflächen für Baumaschinen, Baucontainer und -material usw.;
- Flächen, auf denen Stoffe umgesetzt werden (z. B. Befüllstationen), Lagerung und Umgang mit wassergefährdenden Stoffen;
- Flächen für vorgezogene Maßnahmen (z. B. aktive Begrünung von Fahrtrassen, nach 6.3.2);
- Flächen, auf denen nach der Baumaßnahme eine durchwurzelbare Bodenschicht hergestellt wird.

Im Bodenschutzkonzept sind Maßnahmen zu formulieren, wie die Baubedarfsflächen so genutzt werden können, dass besonders schutzwürdige oder empfindliche Böden nicht bzw. in möglichst geringem Umfang baulich in Anspruch genommen werden.

Die Volumina des Bodenabtrags sind anhand einer Massenbilanz zu ermitteln. Es ist sicherzustellen, dass für die auszuhebenden Bodenmengen entsprechend ihrer Qualität ausreichend Zwischenlagerungsmöglichkeiten und Bereitstellungsflächen vorgehalten werden. Die Menge des Bodenmaterials, das extern verwendet wird, ist darzustellen.

6.1.3 Bodenbezogene Datenerfassung und Bewertung

Die Böden sind für das Bodenschutzkonzept entsprechend des Mindestdatensatzes nach 5.1 zu erfassen und nach 5.3.1 bis 5.3.4 zu bewerten. Die räumliche Verteilung der so erfassten und bewerteten Böden im Baufeld ist im Bodenschutzplan darzustellen. Dies dient der Lenkung der unterschiedlichen Bauflächen und der Festlegung der notwendigen Maßnahmen. Zu beachten sind bei der Auswertung insbesondere die Lage und Ausprägung

- empfindlicher Böden (Empfindlichkeit gegen Verdichtung, Erosion, hydrologische Auswirkungen und — bei organischen Böden sowie bei sulfatsauren Böden — gegen Sauerstoffzufuhr),
- geschichteter Böden mit deutlichem Wechsel der vertikalen Abfolge der Bodeneigenschaften wie z. B. Feinbodenart, Grobbodenanteilen oder Humusanteilen, bei denen eine Mehrfachtrennung des Unterbodens (z. B. bei humusreichen Unterböden usw.) beim Aushub und eine getrennte Zwischenlagerung nötig sind, sowie
- von Böden mit hoher oder sehr hoher Erfüllung natürlicher Bodenfunktionen oder der Archivfunktion nach BBodSchG.

6.1.4 Auswirkungen

Die zu erwartenden Beeinträchtigungen der Böden sind zu beschreiben und zu bewerten. Im Regelfall sind folgende Wirkfaktoren mit ihren jeweils wesentlichen Auswirkungen zu betrachten:

- Versiegelungen: Verlust aller natürlichen Bodenfunktionen;
- Verdichtungen, Gefügestörungen: Vernässungen und Beeinträchtigungen der Durchwurzelbarkeit und der natürlichen Bodenfunktionen;
- Vermischungen der ursprünglichen Bodenschichten in der durchwurzelbaren Bodenschicht: Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen;
- dauerhafter Bodenauf- und -eintrag in oder auf die durchwurzelbare Bodenschicht: Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen (die temporäre Zwischenlagerung von Bodenaushub ist über seine Wirkfaktoren „Verdichtung“ und „Vermischung“ zu bewerten; bodenschutzfachlich begründeter Bodenauftrag zur Sicherung oder Wiederherstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht bleibt davon unberührt);
- Einbringen eines Baukörpers in den Boden: Beeinträchtigungen der Durchwurzelbarkeit und der natürlichen Bodenfunktionen;
- dauerhafter Bodenabtrag: Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen und des durchwurzelbaren Bodenraums;
- Veränderungen des Bodenwasserhaushalts: Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen;
- Veränderung des Bodenlufthaushalts: Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen, u. a. aerober Abbau organischer Bodensubstanz (Humusabbau) und Pyritoxidation bei sulfatsauren Böden;
- Veränderung der Vegetation bzw. der Bodenbedeckung: Erhöhung der Erosionsgefährdung unter Berücksichtigung von Fremdwasserzutritten und Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen;
- Schad- und Fremdstoffeinträge: Verschlechterung der Schadstoffsituation und Beeinträchtigung der Bodenfunktionen.

Die vorgenannten Wirkfaktoren können differenziert werden in bau-, anlagen- und betriebsbedingte Faktoren.

Gehen vom Vorhaben auch Wärme- oder Kälteemissionen aus, dann ist der Wirkfaktor „Veränderung des Bodentemperaturhaushaltes“ in die Betrachtung einzubeziehen.

Die zu erwartenden Wirkfaktoren sind im Baufeld den unterschiedlichen Bauflächen zuzuordnen und mit den Bodeneigenschaften und -empfindlichkeiten auszuwerten bzw. zu verschneiden. Die Auswertung hat zum Ziel, die vorhabenbezogenen Auswirkungen und damit verbundenen Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen sowie Archivfunktionen zu bewerten. Sie ist Grundlage für die Ermittlung geeigneter und erforderlicher Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen (nach 6.3 bis 6.5).

6.1.5 Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen

Im Bodenschutzkonzept sind die notwendigen Maßnahmen zum Schutz der Böden

- in der Bauphase (nach 6.3),
- für die Rekultivierung (nach 6.4) und — falls vorgesehen —
- für die Zwischenbewirtschaftung (nach 6.5)

zu benennen und räumlich im Bodenschutzplan zu verorten.

Sofern unvermeidbare Beeinträchtigungen oder Funktionseinschränkungen der Böden zu erwarten sind, sind Maßnahmen nach 6.6 einzuplanen.

Generell sind im Zuge der Planung die Bau- bzw. Eingriffsflächen bedarfsgerecht zu ermitteln und auf ein Minimum zu beschränken. Weiterhin sind besonders empfindliche Böden (z. B. staunasse oder grundwasserbeeinflusste) oder naturnahe Böden soweit wie möglich von einer bauzeitlichen oder temporären Inanspruchnahme auszuschließen. Sind Baubedarfsflächen auf besonders empfindlichen oder naturnahen Böden unvermeidbar, dann sind geeignete Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen einzuplanen.

Bei der Planung der Bauflächen (Hoch- und Tiefbau, Straßenbau, Leitungsbau) und der temporär im Bauablauf genutzten Flächen (Baubedarfsflächen) sind Böden mit einer Vorbelastung oder einer geringen Erfüllung der natürlichen Bodenfunktionen und Archivfunktionen nach BBodSchG zu bevorzugen. Weiterhin sind Baubedarfsflächen bevorzugt dort anzulegen, wo zukünftig Bauflächen vorgesehen sind.

6.1.6 Bodenschutzplan

Der Bodenschutzplan beinhaltet als zeichnerische Darstellung die räumliche Konkretisierung von Bodenschutzmaßnahmen (Maßnahmenkarte), die in der Bauphase umzusetzen sind, und ist ein zwingender Bestandteil des Bodenschutzkonzeptes. Die Schutzmaßnahmen resultieren aus der räumlichen Überlagerung von Bodeneigenschaften und Einflüssen während der Bauphase (nach Bild 3 und Tabelle 4). Vorhabenbezogen ist bei neuen Erkenntnissen in Abstimmung mit dem Vorhabenträger der Bodenschutzplan zu aktualisieren bzw. zu ergänzen.

Den Planungs- und Genehmigungsunterlagen sind die notwendigen Grundlagenkarten zu Bodeneigenschaften, Bodenempfindlichkeiten, Schutzwürdigkeiten usw. beizulegen. Wenn möglich, sind die Nutzungen der Böden in der Bauphase im Bodenschutzplan zeitlich zuzuordnen.

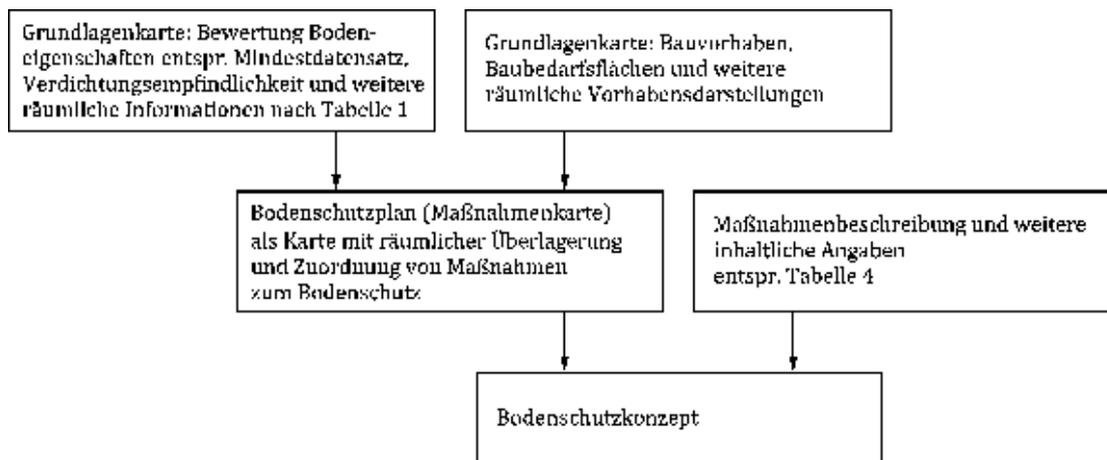


Bild 3 — Räumliche Überlagerung im Bodenschutzplan

Zielmaßstab für den Bodenschutzplan ist 1 : 5 000 oder größer. Der notwendige Datenumfang in Bezug auf Bodeneigenschaften (Mindestdatensatz) und weitere räumliche Einflüsse ist in Abschnitt 5 beschrieben. Das Bodenschutzkonzept mit dem Bodenschutzplan können auch in andere Genehmigungsunterlagen wie z. B. in den landschaftspflegerischen Begleitplan integriert werden. Andernfalls sind sie als eigenständiger Fachbeitrag den Genehmigungsunterlagen beizufügen.

Um die baubedingte Flächennutzung zu planen, ist eine eindeutige, realistische Begrenzung der Baufelder und Auswahl der Maßnahmen und Nutzungen in Abhängigkeit der Bodeneigenschaften notwendig (nach Tabelle 4). Die vorgesehenen Baubedarfsflächen, d. h. alle Lager-, Auftrags- und Baustellen-einrichtungsf lächen, sind zu ermitteln und im Bodenschutzplan räumlich festzulegen. Flächen, die nach Plan nicht baulich oder temporär genutzt werden, sind gesondert darzustellen und ggf. Schutzmaßnahmen gegen Befahren oder Materialablagen einzuplanen (z. B. Bauzaun).

Ergänzend sind im Bodenschutzplan Flächen darzustellen, auf denen ein vorgezogener oder späterer Beginn vorgesehen ist oder Flächen, auf denen ggf. witterungsbedingte Stillstandzeiten eingeplant werden.

Tabelle 4 — Bodenabhängige Planung der Baubedarfsflächen

Nutzung während der Bauphase	Bodeneigenschaften				
	besonders verdichtungs-empfindlich ^a	erosions-empfindlich ^b	stofflich vorbelastet ^c	verdichtet ^d	nicht verdichtungs-empfindlich ^e
Befestigte Baustraßen und Sonderbauwerke im Bereich zukünftig versiegelter Flächen (Straßen, Bauflächen usw.)	+	+	+	+	+
Befestigte Baustraßen	o	o	+/o	+	+
Unbefestigte Baustraßen	—	o	o	+	+
Lagerflächen für Bodenmaterial (zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht)	—	o	o	+	+
Lagerflächen für weitere Bodenmaterialien	—	o	+	+	+
Stellflächen für Baumaschinen	—	o	+/o	+	+
Flächen zur Lagerung und zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen usw.	—	o	+/o	+/o	+/o

Legende

- Arbeiten vermeiden.
- o Arbeiten nur mit standortbezogenen Vermeidungsmaßnahmen durchführbar.
- + Vorhabenbezogen Nutzung auf diese Flächen lenken.
- +/o Beides ist zu beachten

^a Insbesondere oberflächennahe anmoorige und moorige Horizonte oder stark humose Böden (> 8 % Massenanteil Humus) sowie Böden mit Grundnässestufe ≤ 4; Stau-, Haft- oder Hangnässe entsprechend (nach DIN 4220).

^b Bewertung der Erosionsgefährdung nach DIN 19708 bzw. DIN 19706 oder vergleichbarer Bewertungsmethoden. Geomorphologische Tiefenlinien, die als bevorzugte Abflussbahnen dienen, sind mit Hilfe von digitalen Geländemodellen zu erfassen.

^c Die Prüf- bzw. Maßnahmenwerte für Boden nach BBodSchV, Anhang 2, werden überschritten.

^d Entsprechend Anhang F vor Baubeginn.

^e Insbesondere Böden mit einem Grobbodenanteil > 75 % (Volumenanteil); Kornfraktion > 2 mm (nach DIN 4220) oder Sandböden aus Mittel- und Grobsand mit < 15 % (Massenanteil) bindigen Körnungsanteilen (Schluff und Ton).

6.1.7 Vermittlung von Informationen

Die Inhalte des Bodenschutzkonzeptes sind den am Bau Beteiligten in geeigneter Weise zu vermitteln. Im Bodenschutzkonzept ist darzustellen, ob und auf welche Weise Informationen über notwendige Maßnahmen zum Bodenschutz bereitgestellt werden und wer für die Informationsbereitstellung verantwortlich ist. Ebenso sind Entscheidungswege für die Beteiligten darzustellen. Bei der Planung der Informations- und Kommunikationswege im Bodenschutzkonzept können folgende Bausteine sinnvoll sein:

- Information des Baustellenpersonals (unter anderem Bauanlaufberatung) über bodenspezifische Belange und deren ggf. notwendige Wiederholungen (z. B. bei wechselndem Baustellenpersonal);
- Ergänzung der Baustellenordnung um Bodenschutzmaßnahmen;
- Abstimmungsgespräche von BBB mit Bauleitung bzw. Vorhabenträger;
- Abstimmungsgespräche mit Eigentümern, Flächennutzern sowie zuständigen Behörden;
- Organigramm mit den Beteiligten (Grundeigentümer, Bauherr, Bauunternehmer, sonstige beteiligte Personen wie z. B. Pächter, zuständigen Behörden, BBB);
- Zeitplan mit Beginn und Dauer der Arbeiten;
- weitere Begleitmaßnahmen.

6.1.8 Dokumentation

Im Bodenschutzkonzept ist in Abhängigkeit des Vorhabens und der Empfindlichkeiten der Böden der Umfang der Dokumentation festzulegen, wie z. B. Anforderungen an:

- periodische Untersuchungen (Mindesthäufigkeit und -wiederholung) sowie ergänzende witterungsabhängige Untersuchungen;
- geeignete Untersuchungsmethoden und Prüfverfahren (insbesondere zur Bestimmung der Wasserspannung bzw. Bodenfeuchte); sowie
- Notwendigkeit und Umfang von Beweissicherungen.

Durch die Bodenkundliche Baubegleitung werden die wesentlichen Arbeiten einschließlich gegebenenfalls erforderlicher Abweichungen vom Bodenschutzkonzept (siehe Anhang G) kontinuierlich dokumentiert. In der Regel beschreibt die Dokumentation kontinuierlich durch orts- und zeitgenaue Angaben sowie durch aussagekräftige Fotos Bodenzustände und Situationen.

Die einzelnen Dokumentationen können im Abschlussbericht zusammenfassend dargestellt werden, damit dieser eine Qualitätskontrolle der gesamten Baumaßnahme erlaubt. Der Abschlussbericht enthält darüber hinaus Angaben zu:

- unerwarteten Funktionsminderungen oder anderen schädlichen Bodenveränderungen, die bereits vor der Baumaßnahme vorlagen; und
- Abweichungen, die während der Baumaßnahme auftraten und Funktionsminderungen oder andere schädliche Bodenveränderungen zur Folge hatten.

Wenn im Zuge einer Baumaßnahme neue bodenbezogene Techniken erstmalig durchgeführt werden, wird empfohlen, im Abschlussbericht zusätzlich diese Erfahrungen detaillierter zu beschreiben. Der Abschlussbericht kann um eine Reflexion über die Wirksamkeit der ergriffenen Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen ergänzt werden.

6.2 Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen

Verantwortlich für die Umsetzung des Bodenschutzkonzeptes ist der Vorhabenträger. Die Vorgaben des Bodenschutzkonzeptes sind in die Leistungsbeschreibung und in gesonderten Positionen des Leistungsverzeichnisses aufzunehmen. Dies ist in den Plänen detailliert darzustellen, sodass es dem bauausführenden Unternehmen ermöglicht wird, die erforderlichen Leistungen klar zu erkennen und zu kalkulieren. Für etwaige Bauunterbrechungen oder -verzögerungen sind bereits im Bauvertrag Regelungen, z. B. über die Erstattung hierdurch verursachter Mehrkosten sowie zu Bauzeitverlängerungen, zu treffen.

Bei der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen auf Basis des Bodenschutzkonzeptes und der Nebenbestimmungen ist darauf zu achten, dass Maßnahmen zum baubegleitenden Bodenschutz in der Ausführungsphase separat als besondere Leistungen ausgeschrieben werden können. Auch bei der Einzellosvergabe hat der Vorhabenträger die Vorgaben zum Bodenschutz zu verantworten und nach Bedarf mit den einzeln beauftragten Bauunternehmen zu koordinieren.

6.3 Bauausführung

6.3.1 Messungen und Erhebungen in der Bauphase

Im Bodenschutzkonzept sind die Maßnahmen für die Bauausführung zu planen.

Hierbei sind entsprechend Tabelle 2 die Grenzen der Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit sowie die Bodeneigenschaften einzuplanen und entsprechende Schutzmaßnahmen vorzusehen. Sofern eine dauerhafte Befahrbarkeit vorgesehen ist, sind entsprechende Maßnahmen (z. B. befestigte Baustraßen) vorzusehen.

Mit Ausnahme verdichtungsunempfindlicher Böden nach 5.3.1 sind die plastischen Eigenschaften der Böden oder die Wasserspannung während der Bauausführung regelmäßig zu erheben und nach Tabelle 2 zu bewerten.

Im Bodenschutzkonzept sind in Abhängigkeit der Bodeneigenschaften die vorgesehenen Beprobungsintervalle, zeitliche Wiederholungen bzw. witterungsabhängige Untersuchungen und Beprobungsorte sowie die geplanten Untersuchungsmethoden festzulegen.

Gleichwertige Parameter zur Bewertung der aktuellen Verdichtungsempfindlichkeit sind

- die Konsistenzbereiche nach Tabelle 2 oder
- die Wasserspannung (Saugspannung) durch Tensiometer nach DIN EN ISO 11276 oder entsprechend geeignete Messtechnik zur Bestimmung der Wasserspannung oder
- die Bestimmung der Porengrößenverteilung und daraus u. a. der nutzbaren Feldkapazität nach DIN EN ISO 11274. Die Bestimmung ist die Voraussetzung, um die Wasserspannung im Baufeld mit Hilfe von Messungen des Wassergehaltes (u. a. mit mobilen Messgeräten im Gelände oder mit Mikrowellen-Waagen im Baucontainer) zu ermitteln.

Um den Bauverlauf größerer Maßnahmen hinsichtlich der witterungsabhängig zeitveränderlichen Verdichtungsempfindlichkeit der Böden besser planen zu können, wird die Einrichtung repräsentativer kleiner Messfelder zur Bestimmung der Bodenfeuchte (Wasserspannung) empfohlen. Solche Messfelder werden an repräsentativen Stellen des Baufelds eingerichtet, um u. a. die situationspezifischen Folgen von verzögerter Bodenabtrocknung, von seitlichem Zuzugwasser (Interflow) sowie von Stau- oder Grundwasser abbilden zu können.

Messtechnik und Messtiefen sind vorhabenbezogen festzulegen. Beim Einsatz von Tensiometern werden je Messtiefe fünf Tensiometer empfohlen. Übliche Messtiefe ist 35 cm unter Geländeoberkante. Vorhabenbezogen sind ergänzende Messungen in 60 cm bis 80 cm Tiefe sinnvoll [8].

Auffällige Abweichungen zwischen Bodenfeuchtemessungen müssen fachlich überprüft werden. Erfahrungsgemäß sind bei Tensiometern Abweichungen von $\pm 0,5$ pF-Einheiten bzw. von ± 50 % um einen pF-Mittelwert noch als natürliche Schwankungsamplitude einzustufen. Darüber hinaus gehende Abweichungen sind entweder einer Messstörung oder deutlichen Bodenheterogenitäten zuzuordnen und zu klären.

ANMERKUNG Logarithmierte Werte wie der pF-Wert werden vor einer arithmetischen Mittelwertbildung delogarithmiert.

Der maximale noch bodenverträgliche Kontaktflächendruck von Maschinen in Abhängigkeit von der Wasserspannung (Saugspannung) und dem Maschinengewicht kann nach Bild 2 ermittelt werden. Als Eingangswert für die Wasserspannung (Saugspannung) ist der Median der ermittelten Wasserspannung (Saugspannung) der Tensiometer eines Messfelds zu verwenden.

6.3.2 Anforderungen an Vorarbeiten und Flächenvorbereitung

Bereits bei der Flächenvorbereitung sind die Anforderungen nach 6.3.1 und 6.3.5 zu berücksichtigen, um die Einsatzgrenzen nach Tabelle 2 und Bild 2 einzuhalten.

Lastverteilende Maßnahmen (nach 6.3.4) für Baubedarfsflächen sind entsprechend ihrer vorgesehenen Dauer und in Abhängigkeit der Bodeneigenschaften wie folgt zu planen:

- Bei temporär bis zu 6 Monaten beanspruchten Bodenflächen sind in Abhängigkeit von der Verdichtungsempfindlichkeit der Böden die lastverteilenden Schutzmaßnahmen (nach 6.3.4) ohne Abtrag des Oberbodens direkt auf den begrüntem Oberboden anzulegen.
- Bei temporär über 6 Monaten beanspruchten Bodenflächen ist in der Regel der Oberboden nach 6.3.6. abzutragen und nach 6.3.7 zwischenzulagern.
- Generell ist der Oberboden abzutragen, wenn der Unterboden bzw. Untergrund beispielsweise aufgrund eines sehr hohen Steingehaltes eine deutlich geringere Verdichtungsempfindlichkeit als der Oberboden aufweist.

Entsprechend der in der Baubedarfsfläche vorgefundenen Konstellation aus Verdichtungsempfindlichkeit der anstehenden Böden und baubedingter Belastung ist eine vorgefundene Vegetationsdecke wie folgt zu behandeln:

a) Oberboden verbleibt in der Baubedarfsfläche:

Die Vegetationsdecke sollte nach Möglichkeit erhalten werden, insbesondere bei Grünlandflächen. Auf Ackerflächen oder vegetationsoffenen Flächen ist eine aktive Begrünung vorzusehen. Diese ist in der Vegetationsperiode mindestens 3 Monate vor der Baumaßnahme, wenn möglich bevorzugt vor Ende August des Vorjahres, anzulegen.

b) Oberboden wird abgetragen:

- Nicht holziger Pflanzenaufwuchs: Trocknet oder zersetzt sich das Mäh- oder Mulchgut weitgehend vor weiteren Arbeiten, kann es auf der Fläche verbleiben bzw. in diese eingearbeitet werden, andernfalls ist es abzufahren (bei Wald siehe 6.3.3.3).
- Bei ökologisch wertvollem Grünland ist die Wiederbegrünung einzuplanen (z. B. durch den Abtrag von Grassoden, die getrennt gelagert werden, um sie nach Bauabschluss wieder anzudecken oder durch Ansaat von Regiosaatgut bzw. von Saatgut, das auf der Fläche vor der Maßnahme gewonnen wurde).

6.3.3 Anforderungen bei Baumaßnahmen auf besonderen Standorten

6.3.3.1 Maßnahmen bei dauerhafter Bodennässe

Dauerhaft vernässte Böden (z. B. Anmoore, Moore, Grund- oder Stauwasserböden) sind stark verdichtungsempfindlich und für die Anlage von Baubedarfsflächen, insbesondere für die Anlage von Zwischenmieten, nicht geeignet.

Bei einer nicht vermeidbaren Beanspruchung dauerhaft vernässter Böden sind geeignete Maßnahmen vorzusehen, um der standörtlich hohen Verdichtungsempfindlichkeit entgegenzuwirken, z. B. erhöhte Anforderungen an lastverteilende Maßnahmen nach 6.3.4, die vorgezogene bauzeitliche Wasserhaltung und die gesonderte Berücksichtigung beim Bodenabtrag. Auf gering durchlässigen Lagerflächen ist ein Entwässerungssystem vorzusehen. Wasserzuflüsse sind um die Zwischenlagerflächen herum abzuleiten.

6.3.3.2 Bodenschutz bei Baumaßnahmen auf organischen Böden

Humusreiche und organische Böden (mit einem Humusanteil von über 8 % Massenanteil) sind im Bodenschutzkonzept besonders zu berücksichtigen und nach Möglichkeit von baubedingten Eingriffen auszuschließen.

Sofern Bodeneingriffe unvermeidlich sind, sind zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen des Bodenschutzes für organische Böden folgende spezielle Maßnahmen zu berücksichtigen [6]:

- Eine Absenkung des Wasserspiegels mit ausreichendem zeitlichen Vorlauf vor den Bauarbeiten mit geeigneten bautechnischen Verfahren oder mittels bestehender Drainagen kann erforderlich sein. Dabei sind ggf. eintretende großflächige Setzungen zu berücksichtigen.
- Beim Bodenabtrag sind die trockenen, feinen Oberschichten von tieferen, nassen Torfschichten zu trennen. Mineralische Schichten, die zwischen oder unterhalb des organischen Bodens liegen oder andere Horizonte von Moorböden mit unterschiedlichen Eigenschaften sind ebenfalls getrennt abzutragen und zu lagern.
- Überschüssiger organischer Boden sollte — soweit geeignet — zur Verbesserung von mineralischen Böden oder zur Wiederherstellung von Moorböden verwendet werden. Bei der Verbesserung von mineralischen Böden ist zu berücksichtigen, dass nasser Torf für eine notwendige Entwässerung bis zu einem Jahr zwischengelagert werden muss. Wenn überschüssiger Torf zur Wiederherstellung von Moorböden verwendet werden soll, ist eine Entwässerung zu vermeiden.
- Die Wahl der Baumaschinen richtet sich nach der Tragfähigkeit des Bodens. Die Flächenpressung sollte so klein wie technisch möglich sein. Für notwendige lastverteilende Maßnahmen bestehen erhöhte Anforderungen.

6.3.3.3 Bodenschutz bei Baumaßnahmen im Wald

Baumaßnahmen im Wald erfordern in der Regel die vorhergehende Entfernung von Bäumen und Wurzelstöcken. Besonderheiten von Waldböden wie Streuauflagen und oft hohe Anteile organischer Substanz in und auf den Böden (z. B. Streu, Rohhumusauflage, Äste, Holzschnitzel, Wurzelstockfräsgut), die Inhomogenität im Horizontaufbau, der mögliche, hohe Grobanteil sowie die Verdichtungsempfindlichkeit sind zu beachten und im Bodenschutzkonzept abzubilden.

Zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen des Bodenschutzes sind für Waldböden folgende spezielle Maßnahmen zu berücksichtigen:

- Abholzung und Stockentfernung müssen bodenschonend erfolgen. In Regionen mit anhaltendem und tiefreichendem Bodenfrostd können die Rodungsarbeiten im Winterhalbjahr bodenschonend durchgeführt werden.

- Zu bevorzugen ist die bodengleiche Entfernung der Baumstümpfe und Belassen der Wurzeln im Boden mit seiner tragenden, lastverteilenden Funktion.
- Sofern das Entfernen der Wurzelstöcke erforderlich ist, ist ein standortangepasstes Vorgehen zu wählen. Beispiele sind das Ziehen der Wurzelstöcke mit Raupenbaggern, die punktuelle Beseitigung der Wurzelstöcke mit einer Wurzelfräse, einem Wurzelbohrer oder einer Stockfräse.
- Flächendeckendes Einfräsen der Wurzelstöcke (z. B. Einsatz mobiler Stockfräsen) bewirkt erhebliche Beeinträchtigungen des Bodengefüges und Bodenlebens und ist zu unterlassen.
- Falls ein getrennter Abtrag von Ober- und Unterboden technisch nicht möglich ist, ist auch ein gemeinsamer Abtrag zulässig. In diesem Fall erfolgen auch die Zwischenlagerung und der Wiederauftrag ohne Trennung.
- Holzschnitzel und Wurzelstockfräsgut können gemeinsam mit dem (Ober)bodenabtrag zwischengelagert werden. Astmaterial ist vorher zu entfernen.
- Baustraßen können auch mit Astteppichen oder einer mindestens 50 cm mächtigen Schicht aus langen Holzhackschnitzeln hergestellt werden.

6.3.3.4 Bodenschutz bei Böden in geographisch/klimatisch besonderen Lagen

Spezifische Anforderungen an das Bodenschutzkonzept bzw. die Bodenkundliche Baubegleitung können u. a. für folgende Böden bzw geographische/klimatische Lagen erforderlich sein:

- alpine Böden (hier sind besondere Maßnahmen (z. B. Direktumlagerungen) notwendig, z. B. aufgrund kurzer Zeitfenster und erhöhter Erosionsempfindlichkeit.);
- Marschen.

6.3.4 Anforderungen an Baustraßen und Baubedarfsflächen

Ist zu erwarten, dass unter Berücksichtigung des Witterungsverlaufes die Befahrbarkeit des Bodens nicht gegeben sein wird, dann sind für Baustraßen, Baustelleinrichtungsflächen und andere Baubedarfsflächen lastverteilende Maßnahmen vorzusehen. In Abhängigkeit von Bodenart, Bodenzustand sowie vorgesehener Dauer und Intensität der Belastung sind folgende Maßnahmen möglich:

a) Unbefestigte Baustraßen

- Herstellen einer belastbaren Vegetationsdecke auf belassenem Oberboden (nach 6.3.2).

b) Befestigte Baustraßen

- Mineralische, nicht gebundene Baustraßen bestehend aus einer Material bzw. Gesteinsauflage auf reißfestem Geotextil/Vlies (entsprechend M Geok E und TL Geok E-StB) angelegt auf belassenem Oberboden nach 6.3.2. Um ein Zerreißen beim Rückbau zu verhindern, muss das Geotextil eine hohe Zugfestigkeit aufweisen (z. B. wird nach derzeitigem Erfahrungsstand eine biaxiale Zugfestigkeit von 100 kN/m empfohlen). Mächtigkeit und Qualität der Material- bzw. Gesteinsauflage (i. d. R. Gesteinskörnungsmischungen) sind den Bodenverhältnissen und den zu erwartenden mechanischen Belastungen anzupassen und entsprechend statisch nachzuweisen. Die lastenverteilende Material- bzw. Gesteinslage ist mindestens in einer Stärke von 30 cm auszuführen. Je nach Vorhaben ist eine Mindestauflage von 50 cm und mehr erforderlich.
- Baustraßen mit gebundenen Tragschichten.
- Lastverteilungsplatten.

Die Maßnahmen sind so auszuwählen und zu dimensionieren, dass der Baustellenverkehr jederzeit gewährleistet und der Bodenschutz gesichert bleibt. Vielbefahrene Flächen, insbesondere mit Radtechnik befahrene Flächen, benötigen immer befestigte Baustraßen. Werden Baustraßen benötigt, sind nach Möglichkeit bestehende Transport- und Wirtschaftswege zu nutzen. Baustraßen sind regelmäßig auf Funktionsfähigkeit zu prüfen und instand zu setzen.

6.3.5 Anforderungen an den Maschineneinsatz

Zur Einhaltung der Vorgaben nach Tabelle 2 und Bild 2 und zur Vermeidung nachhaltiger Schäden an Böden sind im Bodenschutzkonzept vorhabenbezogen zu benennen:

- Maßnahmen, um die Grenzen der Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit einzuhalten;
- Vorgaben bzw. Beschränkungen bezüglich des Maschineneinsatzes;
- Kennzeichnung der einzusetzenden Maschinen/Geräten mit entsprechender Flächenpressung für deren Nutzungsmöglichkeiten bei definierten Bodenzuständen bzw. Konsistenzbereichen;

ANMERKUNG Umsetzung z. B. mit einem Ampelsystem zur Kennzeichnung von Baumaschinen:

„Rot“ — nur auf befestigten Baustraßen einzusetzen;

„Gelb“ — nur bei tragfähigem Boden im Konsistenzbereich 1 und 2 einzusetzen;

„Grün“ — im Konsistenzbereich 1 bis 3 einzusetzen.

- Möglichkeiten, um die Überrollhäufigkeit zu reduzieren und unnötige Rangierfahrten zu vermeiden; sowie
- Ausnahmen von den Vorgaben in der Technik- und Maschinenauswahl und ggf. zusätzlich notwendige Vermeidungs-, Minderungs- und Rekultivierungsmaßnahmen in Abhängigkeit von den spezifischen Bodendrücken und Überrollhäufigkeiten;

BEISPIEL Beim technisch unabdingbar notwendigen Einsatz von Fahrzeugen oberhalb der Vorgaben nach Tabelle 2 und Bild 2 (Werkstattwagen, Seitenbäume).

- ggf. Hinweise auf ungeeignete Maschinen und Bauverfahren.

6.3.6 Anforderungen an den Bodenabtrag

Der Bodenabtrag ist zeitlich so zu planen, dass die Arbeiten in möglichst trockenem Zustand (ko1 bis ko3 nach Tabelle 2) erfolgen. Jahreszeitlich typische Witterungsverläufe und Niederschlagshäufigkeiten sind bei der Planung zu berücksichtigen.

Um die Grenzen der Bearbeitbarkeit nach Tabelle 2 und Bild 2 einzuhalten, ist im Bodenschutzkonzept darzulegen, ob

- Pufferzeiten für einen witterungsabhängigen Bodenabtrag und weitere Bodenarbeiten eingeplant werden können bzw.
- ein vorgezogener Bodenabtrag unter Beachtung der standörtlichen Erosionsgefährdung möglich ist.

Die tolerierbare Flächenpressung ist nach Bild 2 zu bestimmen. Im Bodenschutzkonzept kann der anhand der Standorteigenschaften und Jahreszeit zu erwartende ungünstigste Bodenfeuchtezustand, bei dem noch Bodenarbeiten erfolgen dürfen (Grenze zwischen ko3 nach ko4, 12 cbar Wasserspannung) unterstellt werden, um die maximal vertretbaren Bodendrücke der Baumaschinen festzulegen.

Der Abtrag der Böden im Baufeld hat rückschreitend bevorzugt mit Raupenbaggern zu erfolgen, wobei der Oberboden generell mit Raupenbaggern abzuheben ist. Reicht die Arbeitsbreite der Raupenbagger nicht aus, um den Boden in einem Arbeitsschritt ohne Rangierfahrten aus dem Baufeld abzutragen und seitlich zwischenzulagern, dann erfolgt der Abtrag in parallel versetzten Befahrungslinien. Ein mehrmaliges Befahren derselben Stellen ist zu vermeiden.

Der Einsatz schiebender Fahrzeuge (Planierraupen) ist nur für den Unterbodenabtrag bei trockenen Bodenverhältnissen (k_{o1} und k_{o2} nach Tabelle 2) und über kurze Schubwege bis zu 30 m tolerierbar. Das Aufsetzen der Bodenmieten muss mit Raupenbaggern erfolgen, um die Mieten nicht mit der Planierraupe befahren zu müssen.

6.3.7 Anforderungen an die Zwischenlagerung von Böden

Oberboden und für Vegetationszwecke vorgesehener Unterboden sind entsprechend der Kriterien nach Anhang B (z. B. Bodenart, Wassergehalt, organische Anteile, Kalkgehalt) jeweils getrennt zu transportieren, zu lagern und gegebenenfalls zu sichern.

Es sind ausreichend Lagerungsflächen bereit zu halten. Dabei sind Besonderheiten des lokal angetroffenen Bodenaufbaus wie bodenartspezifischer Auflockerungsfaktor, Schüttkegel, Tragfähigkeit und die Anzahl der zu trennenden Bodenschichten zu berücksichtigen.

Bei der Anlage von Bodenmieten zur Lagerung von Oberboden und für Vegetationszwecke vorgesehener Unterböden ist zur Vermeidung von Vernässung und anaeroben Verhältnissen bei der Herstellung der Mieten zu beachten:

- die Mietenlagerfläche muss wasserdurchlässig sein und es darf sich kein Stauwasser bilden. Die Lagerfläche sollte sich nicht in Muldenlage befinden. Müssen Lagerflächen auf nicht wasserdurchlässigen Böden eingerichtet werden, sind entsprechende Maßnahmen zum Ableiten von Niederschlagswasser vorzusehen;
- Mietenhöhe: Oberboden $\leq 2,0$ m; Unterboden $\leq 3,0$ m. Je nach Bodeneigenschaften ist die Schütthöhe anzupassen. Abweichungen sind im Hinblick auf ihre bodenschonenden Ausführungsmöglichkeiten zu belegen [4];
- möglichst steile Flanken unter Berücksichtigung der Standsicherheit und des Arbeitsschutzes;
- geneigte Oberseite und profilierte, jedoch nicht verschmierte Flanken zum ungehinderten Wasserabfluss (leichtes Andrücken mit Baggerschaufel);
- Ableiten des Oberflächenwassers am Mietenfuß.

Bodenmieten für Oberboden und Unterboden dürfen — auch in Zwischenbauzuständen — nicht schädlich verdichtet und nicht befahren oder als Lagerflächen genutzt werden. Beim Herstellen der Bodenmiete ist das Bodengefüge zu schonen (nach 6.3.6).

Bei Lagerungsdauer über zwei Monate ist unmittelbar nach Herstellung der Miete zur Vermeidung von Vernässung, Erosion und zum Schutz gegen unerwünschten Aufwuchs eine Zwischenbegrünung vorzusehen. Die Ansaatmischung ist nach Standorteigenschaften, Fruchtfolge, angenommener Lagerzeit und Jahreszeit anzupassen. Bei Ansaat zwischen Mai bis Mitte September z. B. Senf (*Sinapis alba*), Phacelia (*Phacelia tanacetifolia*), Steinklee (*Melilotus officinalis*); in den anderen Monaten je nach Witterung z. B. Ölrettich (*Raphanus sativus*), Gräsermischungen oder Wintergetreide wie Winterweizen (*Triticum aestivum*) und Winterroggen (*Secale cereale*); siehe DIN 18915, Anhang E. Bei überjähriger Bodenlagerung sollten Mischungen auch tiefwurzelnde Arten wie z. B. Luzerne (*Medicago sativa*) enthalten. Bei steilen Mieten oder trockener Witterung ist ggf. eine Begrünung mittels Anspritzverfahren vorzusehen.

Mieten aus verdichtungsempfindlichen Böden (insbesondere anmoorige und moorige Böden) oder sulfat-sauren Böden sind dauerhaft feucht zu halten. Bei anmoorigem und moorigem Bodenaushub kann das durch Abdecken mit Folien oder Beregnung erfolgen. Aushub sulfatsaurer Böden sollte mit Folien abgedeckt werden. In beiden Fällen sind die Maßnahmen zum Feuchthalten unmittelbar nach dem Aufmieten umzusetzen.

6.3.8 Verwendung von Bodenmaterial

Entsprechend den Anforderungen nach DIN 19731 und BBodschV sind Maßnahmen für eine möglichst hochwertige Verwendung wertvoller Bodenmaterialien zu planen, die ggf. als Überschussmassen nach bodenschutz- und abfallrechtlichen Kriterien aus dem Bauprojekt abgefahren werden müssen. Darüber hinaus minimiert das Bodenschutzkonzept im Sinne des Vermeidungsgebotes den Anteil an Boden, der einer Fremdverwendung zugeführt werden muss (Massenbilanz).

Hinsichtlich der beim Bodenauftrag zu beachtenden Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen gelten die Ausführungen nach 6.4.

Standorte innerhalb der Baubedarfsflächen, auf denen invasive Neophyten wachsen, sind im Bodenschutzkonzept zu kennzeichnen. Gleiches gilt für bodenbürtige, schwer bekämpfbare Schad- oder Krankheitserreger. In diesen Bereichen ist zu gewährleisten, dass abgetragener Boden am Entnahmeort verwertet oder so entsorgt wird, dass eine Weiterverbreitung ausgeschlossen ist. Problempflanzen für die Landwirtschaft, wie z. B. Ackerschachtelhalm, Landwasserknöterich oder Jakobskreuzkraut sind vorhabenbezogen zu bewerten. Ihre Weiterverbreitung ist zu verhindern.

6.4 Rekultivierung

6.4.1 Wiederherstellung temporär genutzter Flächen

Die Rekultivierung auf temporär genutzten Flächen dient der Wiederherstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht ohne erhebliche und dauerhafte Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen. Der Bodenauftrag erfolgt getrennt nach Unter- und Oberboden. Die Auftragsmächtigkeiten richten sich nach Ausgangszustand und dem im Bodenschutzkonzept formulierten Rekultivierungsziel und der Zielnutzung. Die Grenzen der Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit nach Tabelle 2 sowie die maximal tolerierbaren Bodendrucke nach Bild 2 sind zu beachten.

In der Regel wird der Boden im Streifenverfahren ohne Befahren des Bodens aufgetragen. Hinsichtlich Maschineneinsatz, Bodenfeuchtigkeit usw. gelten grundsätzlich die gleichen Rahmenbedingungen wie beim Bodenabtrag (nach 6.3.6).

Das Planum aller zu überdeckenden Schichten ist jeweils ohne schädliche Verdichtung herzustellen. Bei der Verfüllung von Baugruben oder Leitungsgräben sind über die standörtliche Normalverdichtung hinausgehende Verdichtungen zu vermeiden. Dynamische Verdichtungsarbeiten sind im Regelfall nicht bodenverträglich. Begründete Ausnahmen können zugelassen werden. Der Wiedereinbau stark bindiger bzw. stein- und blockreicher Böden kann zur Bildung von Hohlräumen führen, die durch nachfolgende Sackungen die Folgenutzung erschweren oder unmöglich machen. Um dies auszuschließen oder hinreichend zu verringern, kann das einzubauende Material in geringmächtigen Schichten eingebaut und derart verdichtet werden, dass weder sprunghafte Dichteänderungen auftreten noch die standorttypische Dichte des ursprünglichen, anstehenden Materials überschritten wird.

Störende, nicht natürliche Verdichtungen, z. B. durch Maschinen oder Geräte sind zu beseitigen. Bei schädlichen Verdichtungen des Unterbodens hat eine geeignete Tieflockerung regelhaft vor dem Oberbodenauftrag zu erfolgen, wobei die Lockerungstiefe nicht tiefer gehen soll als die erzeugten Verdichtungen. Hierbei ist auch auf die funktionsgerechte Wiederherstellung bestehender Drainagen und Unterbinden drainierender Wirkung von Leitungen oder des Bettungsmaterials zu achten.

Zur Wiederverfüllung eingesetztes Bodenmaterial von anderen Standorten soll in seiner Beschaffenheit dem Boden im Baufeld nach den Anforderungen nach Anhang B und BBodSchV entsprechen. Das gilt auch für den Einbau von Bodenmaterial, welches im Zuge von Längstransporten in anderen Planungsabschnitten wieder eingebaut werden soll.

Der Einsatz schiebender Fahrzeuge (Planierraupen) zur Herstellung des Planums ist im Konsistenzbereich 1 bis 2 zulässig. Überfahrten sind soweit wie möglich zu reduzieren.

Vor Beginn der Rekultivierung sind alle baubedingten Fremdstoffe (Baustraßen, Geotextilien, Schotter, Abfälle u. a.) rückstandsfrei aus dem Baufeld zu entfernen.

6.4.2 Neuaufbau von Böden

Der Neuaufbau von Böden hat unter Beachtung des Rekultivierungsziels und der in der Region vorkommenden Böden standortangepasst zu erfolgen.

Beim Neuaufbau von Böden auf Abgrabungs- oder Auftragsflächen bzw. nach Entsiegelungen sind vor der eigentlichen Wiederherstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht ggf. vorhandene Hohlformen mit geeignetem Bodenmaterial bis etwa 2 m unter geplanter Geländeoberfläche aufzufüllen und ein Rohplanum herzustellen. Vor dem Auftrag des Unterbodenmaterials ist das Rohplanum zu lockern.

Im Auftragsbereich des Unter- und Oberbodens empfiehlt sich die beetartige oder streifenweise Vorgehensweise. Unter- und Oberbodenmaterial werden mittels Raupenbagger getrennt aufgebracht. Zur Absicherung des Rekultivierungserfolges ist in der Regel eine Zwischenbewirtschaftung nötig (nach 6.5), bevor die Flächen in die Folgenutzung entlassen werden können.

Nach dem Wiedereinbau muss der Boden durchwurzelbar und wasserdurchlässig sein. Schädliche Bodenverdichtungen nach Anhang F dürfen nicht hervorgerufen werden.

6.5 Zwischenbewirtschaftung

Zur Förderung, Wiederherstellung sowie Stabilisierung der bodenphysikalischen und bodenchemischen Gleichgewichtsverhältnisse in frisch angelegten Böden ist eine auf die Bodenverhältnisse und Folgenutzung abgestimmte und schonende Zwischenbewirtschaftung von besonderer Bedeutung. Hier wird empfohlen, eine Dokumentation und Information über den Bodenzustand nach Abschluss der Baumaßnahme sowie nach der Zwischenbewirtschaftung zu erstellen. Damit die Vorgaben der Zwischenbewirtschaftung erfüllt werden, sollte eine vertragliche Vereinbarung mit dem Zwischenbewirtschafter getroffen werden.

Im Bodenschutzkonzept ist darzustellen, ob eine Zwischenbewirtschaftung vorzusehen ist. Ihre Dauer, geeignete Saatgut(mischungen) sowie bodenschonende Bewirtschaftungsmaßnahmen sind vorhabenbezogen festzulegen. Sinnvoll ist eine dreijährige Zwischenbewirtschaftung.

Zur Zwischenbewirtschaftung eignen sich besonders Saatgutmischungen mit unterschiedlichen Wurzeltypen, Durchwurzelungsintensitäten und -tiefen, wie z. B. Mischungen aus Luzerne (*Medicago sativa*), Steinklee (*Melilotus officinalis*), Winterweizen (*Triticum aestivum*), Winterroggen (*Secale cereale*), Lupine (*Lupinus*), Senf (*Sinapis alba*), Rübsen (*Brassica rapa*), Kresse (*Lepidium sativum*), Weidelgras (*Lolium multiflorum*), Knautgras (*Dactylis glomerata*), Rotschwingel (*Festuca rubra*), Rohrglanzgras (*Phalaris aruncinacea*). Informationen für ein Konzept zur Zwischenbewirtschaftung enthält Anhang H.

Eine dreijährige Zwischenbewirtschaftung ist sinnvoll, damit der frisch aufgetragene Boden optimal erschlossen wird, sich ein substrattypisches Bodengefüge wieder regenerieren kann und die Gefahr, dass Unterbodenverdichtungen entstehen, reduziert wird.

6.6 Maßnahmen bei Funktionseinschränkungen

Grundsätzlich sind Maßnahmen zur Vermeidung von Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen während der Baumaßnahme sowie einer fachkundigen Zwischenbewirtschaftung der Vorrang einzuräumen.

Sind die natürlichen Bodenfunktionen nach Bauabschluss und erfolgter Zwischenbewirtschaftung dennoch erheblich beeinträchtigt, dann sind diese Beeinträchtigungen mit geeigneten Maßnahmen zu beseitigen (siehe Anhang I). Die Maßnahmen sind unter Berücksichtigung der standörtlichen Verhältnisse sowie der angestrebten Nutzung fachkundig zu planen und auszuführen.

Die Bodenkundliche Baubegleitung kann für die Dokumentation einer fachgerechten Rekultivierung und Beurteilung des Rekultivierungserfolges herangezogen werden. Hierzu sind feldbodenkundliche, bodenphysikalische und gegebenenfalls bodenchemische Beurteilungsparameter auszuwerten. Die Beurteilung bezieht sich in der Regel auf die Oberfläche sowie den Profilaufbau (durchwurzelbare Bodenschicht) der Rekultivierungsfläche und auf die Qualität des Einbaumaterials.

Folgende Parameter sind für die Beurteilung geeignet:

- Qualität des Planums, Setzungen, Fahrspuren;
- Spuren von Abschwemmung, Erosion und Rutschung;
- Abweichungen vom ursprünglichen oder geplanten Profilaufbau;
- Verdichtungen anhand optischer Kriterien wie Nässebildung auf der Bodenoberfläche, Aufwuchschäden, Auftreten von Staunässezeigern wie Binsen, Durchwurzelungshindernisse oder anhand feldbodenkundlicher Methoden wie Packungsdichte nach DIN 19682-10 oder anhand von Messungen wie z. B. der Trockenrohdichte;
- Verschmutzungen (stoffliche Belastungen, Bauabfälle);
- Vermischung unterschiedlicher Bodenschichten;
- Einmischung von Steinen in zuvor steinfreie Schichten;
- Ein- und Auftrag standortfremden Bodenmaterials.

Als Referenzfläche für den Rekultivierungserfolg kann i. d. R. die angrenzende Fläche derselben Bewirtschaftungseinheit herangezogen werden.

7 Bodenkundliche Baubegleitung

Die Bodenkundliche Baubegleitung (BBB) übernimmt von der Planung des Bauvorhabens bis hin zum Bauabschluss bzw. zur Zwischenbewirtschaftung Leistungen des vorsorgenden Bodenschutzes (siehe Bild 4). Im Rahmen des Bodenschutzkonzeptes ist einzuschätzen, in welchem Umfang eine Begleitung notwendig ist.

Die Fachkenntnisse der Bodenkundlichen Baubegleitung (siehe Anhang C) sind bereits in der Planungsphase als bodenkundliche Fachplanung zur Erstellung des Bodenschutzkonzeptes einzubeziehen, um geeignete und erforderliche Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen für die Bauphase einplanen zu können.

Hauptaufgaben der Bodenkundlichen Baubegleitung (siehe Anhang D) sind:

- Erstellung des Bodenschutzkonzeptes zur Genehmigungsplanung;

- Begleitung der Schutzmaßnahmen in der Bauphase: In der Bauphase folgt der Bodenschutz den Vorgaben des Bodenschutzkonzepts und -plans bzw. den bodenschutzfachlichen Nebenbestimmungen der Vorhabengenehmigung, die vertraglich zu vereinbaren sind. Bei allen Bodenarbeiten ist darauf zu achten, dass die Vorgaben nach Tabelle 2 und Bild 2 beachtet werden. Ergibt sich bei der Bauausführung die Notwendigkeit einer Abweichung vom Bodenschutzkonzept, bedarf dies der Abstimmung mit dem Vorhabenträger und der zuständigen Behörde;
- Dokumentation der technischen Ausführung: Wie im Bodenschutzkonzept festgelegt, ist die technische Ausführung der Baumaßnahmen in Bezug auf bodenrelevante Eingriffe einschließlich gegebenenfalls erforderlicher Abweichungen vom Konzept zu dokumentieren;
- Begleitung der Rekultivierung und ggf. Hinzuziehung bei der Flächenabnahme.

Die Inhalte des Bodenschutzkonzeptes sind den Beteiligten vor Baubeginn in geeigneter Weise zu vermitteln. Die Bodenkundliche Baubegleitung begleitet die Umsetzung des Bodenschutzkonzeptes. Sie schlägt dem Vorhabenträger Empfehlungen bei Abweichungen der vor Ort vorgefundenen Bodeneigenschaften vor. Bei notwendigen Abweichungen vom Bodenschutzkonzept oder bei unvorhergesehenen Situationen unterstützt die Bodenkundliche Baubegleitung den Vorhabenträger bei der Entscheidung im Hinblick auf erforderliche Bodenschutzmaßnahmen. Gegenüber dem ursprünglichen Bauvertrag abweichende Bodenschutzmaßnahmen sind dem Vorhabenträger zuzuordnen und erneut vertraglich zu vereinbaren.

Beteiligte	Phase				
	Vorbereitung		Durchführung		Zwischenbewirtschaftung (ggf. Nachsorge)
Bauherr/ Planer	Grundlagen- ermittlung bis Genehmigungs- planung	Erstellen Ausschreibungs- unterlagen, Ausführungs- planung	Ausschreibung, Überwachung, Abnahme		Betreuung, Dokumentation
Zuständige Behörde	Vorprüfung	Planfeststellung Genehmigung Zustimmung		behördliche Überwachung (anlassbezogen)	behördliche Überwachung (anlassbezogen)
Unternehmer Subunter- nehmer			Angebot	Bauausführung unter Beachtung der im Bodenschutzkonzept benannten und im Bauvertrag vereinbarten Schutzmaßnahmen	ggf. Beheben von Boden- beeinträchtigungen mit geeigneten Maßnahmen im Rahmen der Gewähr- leistungspflichten
					
Aufgaben BBB im Auftrag des Vorhaben- trägers	Erstellung des Bodenschutz- konzeptes	Beratung zu Bodenschutz- inhalten in der Ausschreibung	Begleitung und Umsetzung der vertraglich zu vereinbarenden Maßnahmen des Bodenschutzkonzeptes		Beurteilung, ob und wie lange eine Zwischenbe- wirtschaftung erforder- lich ist (oder Auswahl geeigneter Maßnahmen zur Beseitigung von Funktionseinschrän- kungen) und — wenn ja — Begleitung deren Umsetzung

Bild 4 — Bodenkundliche Baubegleitung [verändert nach 2]

Anhang A (normativ)

Verwendung des Nomogramms — Hinweise und Beispiele für die Anwendung

Nach 5.3.2 dieses Dokuments kann die Wasserspannung (Saugspannung) des Bodens als Maß für seine witterungsabhängige Verdichtungsempfindlichkeit herangezogen werden. Die Wasserspannung bestimmt, welches Gerät den Boden direkt befahren darf, ohne dass lastverteilende Maßnahmen zum Einsatz gelangen müssen. Zur einfachen Bestimmung der Zulässigkeit des Geräteinsatzes kann das in 5.3.2 dargestellte Nomogramm (Bild 2) herangezogen werden. Für den Bodenabtrag sind nach 6.3.6 i. d. R. Raupenbagger vorzusehen.

Zur Bestimmung der Zulässigkeit des Einsatzes eines bestimmten Geräts zu einem bestimmten Zeitpunkt sind folgende Informationen erforderlich:

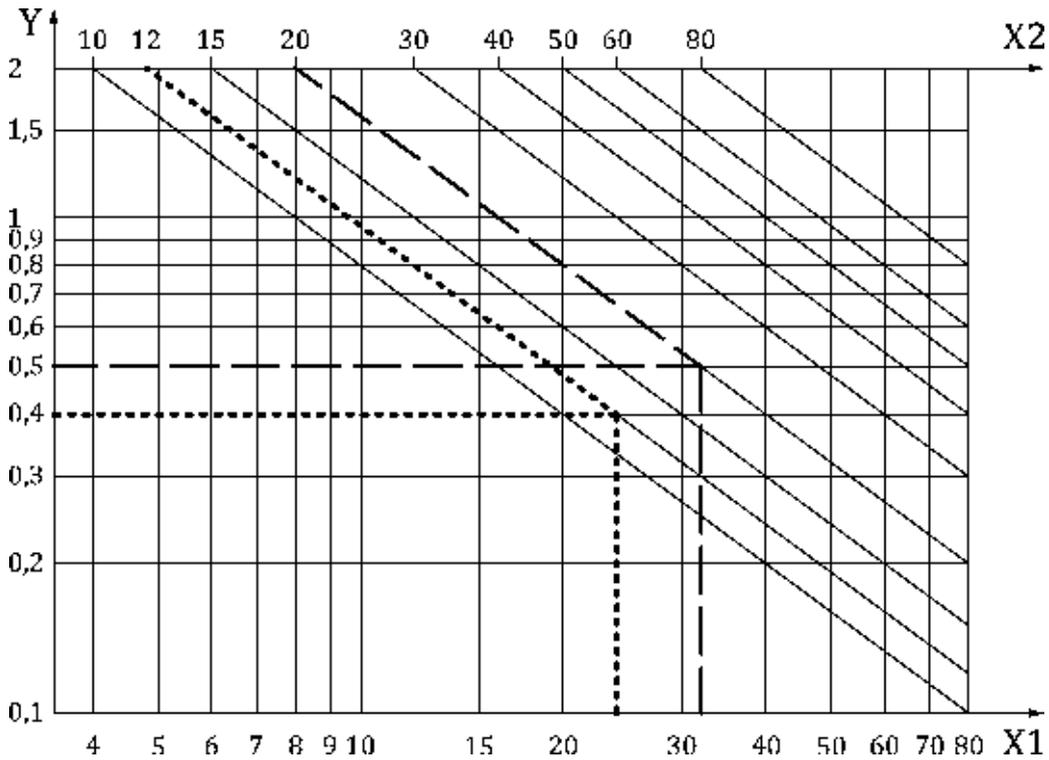
- 1) Wasserspannung (Saugspannung) des Bodens (cbar oder hPa; Umrechnung 1 cbar = 10 hPa): wird vor Ort nach 5.3.2 und 6.3.1 direkt mittels Tensiometerstation ermittelt oder feldbodenkundlich nach Tabelle 2 abgeleitet;
- 2) Gesamtgewicht des Geräts (t);
- 3) Kontaktflächendruck des Geräts (kg/cm^2 oder hPa) wird nach der Formel $A : F$ ermittelt, wobei
 - A das Gesamtgewicht des Geräts und
 - F die Gesamt-Kontaktfläche der Räder oder der Raupen ist.

Die Anwendung des Nomogramms wird nachfolgend anhand von zwei Beispielen (siehe auch Bild A.1) verdeutlicht. Dabei errechnet sich die Flächenpressung [kg/cm^2] aus dem Einsatzgewicht [kg] dividiert durch die Fläche des Fahrwerkes [cm^2]. Die Daten können aus dem technischen Datenblatt des Geräts entnommen und müssen in aller Regel nicht selbst errechnet werden:

Zum Aushub eines Leitungsgrabens stehen ein Raupenbagger mit 24,35 t Gesamtgewicht und 75 cm breiten und 396 cm langen Raupenfahrwerken ($\times 2$ Fahrwerke) zur Verfügung. Daraus resultiert eine Flächenpressung (Kontaktflächendruck) von $0,41 \text{ kg}/\text{cm}^2$. Weiterhin steht ein zweiter Bagger mit 33,45 t Gesamtgewicht bereit, dessen Raupenfahrwerke 70 cm breit und 468 cm lang ($\times 2$ Fahrwerke) sind, sodass die Flächenpressung $0,51 \text{ kg}/\text{cm}^2$ beträgt. Die Wasserspannung des zu befahrenden Bodens wird anhand einer Tensiometerstation mit 15 cbar (150 hPa) ermittelt.

Der Eintrag der Werte in das Nomogramm zeigt, dass der Bagger mit 24,5 t ab einer Wasserspannung (Saugspannung) von 12,6 cbar (126 hPa) eingesetzt werden kann (gepunktete Linien). Der Raupenbagger dagegen kann mit 33,45 t (gestrichelte Linien) erst ab einer Wasserspannung (Saugspannung) von 21,3 cbar (213 hPa) eingesetzt werden.

Im vorliegenden Fall können die anstehenden Arbeiten zum Aushub des Leitungsgrabens daher nur mit dem leichteren Raupenbagger durchgeführt werden. Soll dagegen der schwerere Raupenbagger zum Einsatz gelangen, sind entweder zusätzliche lastverteilende Maßnahmen zu ergreifen oder der Einsatz wird so lange ausgesetzt, bis der Boden entsprechend abgetrocknet ist.



Legende

- X1 Gesamtgewicht, in t
- X2 Wasserspannung, in cbar
- Y Flächenpressung, in kg/cm²

Bild A.1 — Beispiel zur Anwendung des Nomogramms

Statt des Nomogramms kann nachstehende Formel zur Ermittlung der Maschinen-Einsatzgrenze bzw. der minimalen Saugspannung eingesetzt werden:

$$\text{Maschinen-Einsatzgrenze} = \text{Saugspannung (cbar)} = \text{Einsatzgewicht (t)} \times \text{Flächenpressung (kg/cm}^2) \times 1,25$$

Rechnerische Maschinen-Einsatzgrenzen bzw. minimale Saugspannungen unterhalb von 12 cbar sind nicht zulässig.

Das Nomogramm wurde anhand von praktischen Feldversuchen an der Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik in Tänikon (FAT) entwickelt, bei denen die Zusammenhänge zwischen Maschinengewicht, Flächenpressung (spezifischer Druck je cm²), Saugspannung und Druckübertragung im Bodenkörper ermittelt worden sind. Hierbei hatte sich herausgestellt, dass sich der Druck einer schwereren Maschine bei gleicher Bodenfeuchte und gleicher Flächenpressung tiefer fortpflanzt. Um diese Einwirkung (insbesondere auf die Unterböden) mit zu berücksichtigen, wurde das Nomogramm auf der Grundlage der o. g. Variablen entwickelt.

Die nachfolgende Tabelle A.1 zeigt beispielhaft die für das Nomogramm relevanten Kenngrößen für einige häufig im Erdbau eingesetzte Geräte.

Tabelle A.1 — Maschinen Einsatzgrenze für Raupenbagger und Planiertraupe (Beispiele)

Gerät	Einsatzgewicht kg	Flächenpressung kg/cm ²	Maschinen-Einsatzgrenze Saugspannung in cbar
Raupenbagger	10.000	0,25	12,0 ^a
	20.000	0,40	12,0 ^a
	24.500	0,41	12,6
	30.000	0,50	18,8
	33.450	0,51	21,3
	40.000	0,60	30,0
	50.000	0,75	46,9
	70.000	0,90	78,8
	80.000	1,10	110
	Planiertraupe	20.000	0,37
20.000		0,50	12,5

^a Rechnerische Maschinen-Einsatzgrenzen bzw. minimale Saugspannungen unterhalb von 12 cbar sind nicht zulässig und werden auf 12 cbar festgesetzt.

Anhang B (normativ)

Kriterien zur Abschätzung von Bodeneigenschaften bei Abtrag, Lagerung, Auftrag und Einbau

Nach dem Grundsatz „Gleiches zu Gleichem“ enthält Tabelle B.1 Kriterien für das getrennte Abtragen, Lagern, Auftragen und Einbauen des Bodens. In Abhängigkeit des Rekultivierungsziels ist eine Bodenverbesserung nach DIN 19731, Tabelle 2, zulässig. Die vorliegende Schichtung und Horizontierung des Bodens hinsichtlich der Anwendung der einzelnen Kriterien sind zu berücksichtigen. Die Vorgaben nach DIN 19731 und der BBodSchV sind zu beachten.

Tabelle B.1 — Kriterien für das getrennte Abtragen, Lagern, Auftragen und Einbauen des Bodens

Kriterien	Vorhandener Boden	Einzubauender Boden
Bodenarten und Ausgangsmaterial	vorgefundene Bodenart	gleiche oder im Bodenartendiagramm nach DIN 4220 unmittelbar benachbarte Bodenart
	vorgefundenes Ausgangsmaterial	gleiches Ausgangsmaterial
Korngrößen über 2 mm (Kies, Steine)	nicht enthalten	frei von Kies, Grus oder Steinen
	enthalten	Abweichungen liegen unter 10 % Anteil, jedoch keine technogenen Beimischungen, z. B. Bauschutt, Aschen, Schlacken
Grundwasser und Staunässe	frei von Einflüssen	frei von Einflüssen
	beeinflusst	vergleichbar beeinflusst
Organische Substanz	humusfrei	humusfrei
	humos	vergleichbar natürlich humos
Carbonat	carbonatfrei	carbonatfrei
	carbonathaltig	vergleichbarer Carbonatgehalt

Im Einzelfall sind weitere Kriterien, z.B. Nährstoffgehalte, Schwermetallgehalte, endokrine Stoffe, Phytopathogene, invasive Neophyten usw. heranzuziehen.

Anhang C (informativ)

Notwendige Fachkenntnisse für den baubegleitenden Bodenschutz

Folgende Fachkenntnisse sind in der Regel erforderlich [2], die durch Abschluss einschlägiger Studiengänge oder Fortbildungen oder durch geeignete Referenzen zu belegen sind:

- a) theoretisches bodenkundliches Wissen (Bodenansprache nach DIN 4220, Bodenphysik, -mechanik und -chemie);
- b) praktische Erfahrungen in der Feldbodenkunde und in der Bewertung von Böden unter dem Aspekt Bodenschutz;
- c) technisches und planerisches Fachwissen über Bauprozesse und deren Wirkung auf Böden;
- d) landwirtschaftliches bzw. forstwirtschaftliches Wissen (Landtechnik, Bewirtschaftungsverfahren usw.) soweit vorhabenbezogen notwendig;
- e) hydrologisches Wissen und Wasserrecht soweit vorhabenbezogen notwendig;
- f) Kenntnisse des Bodenschutzrechtes;
- g) Kenntnisse der einschlägigen Normen und Regelwerke;
- h) Erfahrungen im Projektmanagement;
- i) Kommunikationssicherheit und Erfahrungen im Konfliktmanagement;
- j) Kenntnisse im Erstellen von Leistungsverzeichnissen und Vergabeverfahren.

Anhang D (informativ)

Checkliste: Aufgaben der Bodenkundlichen Baubegleitung (BBB)

Die aufgeführten Aufgaben nach Tabelle D.1 sind nicht alle zwingend von der BBB zu erledigen. Welche der genannten Aufgaben an die BBB übertragen werden, ist von der Art des Vorhabens sowie dem Verhältnis Vorhabenträger/BBB abhängig.

Tabelle D.1 — Checkliste

Nr.	Art Tätigkeit	Aufgaben der BBB
Genehmigungsplanung		
G_1	K	Erstellen eines Bodenschutzkonzeptes
G_2	O	Durchführung fragestellungsbezogener Bodenkartierungen
Ausführungsplanung/Ausschreibungsphase		
P_1	K	Bodenschutzfachliche Begleitung der Ausschreibung
P_2	K	Erarbeitung bodenrelevanter Ausführungspläne auf der Grundlage des Bodenschutzkonzeptes und der Genehmigung
P_3	O	Mitwirkung bei der Ausschreibung der Bauarbeiten und der Erstellung des Leistungsverzeichnisses
P_4	O	Mitwirkung bei der Integration des Bodenschutzkonzeptes in die Ausschreibung
Bauphase		
B_1	K	Beratung, welche konkreten Erdarbeiten bei den gegebenen Witterungsbedingungen ausführbar sind
B_2	K	Beratung zur Anlage von Baustraßen oder Auslegen von Baggermatten
B_3	K	Beratung zu schadensvermeidenden und -behebenden Maßnahmen
B_4	O	Begleitung der Erdarbeiten entsprechend des Bodenschutzkonzeptes
B_5	O	Teilnahme an Baubesprechungen mit Bezug zum Bodenschutz
B_6	O	Erheben der Bodenfeuchte mit Tensiometern oder Feldmethoden und Niederschlagsdaten und ggf. Abstimmung zum Anpassen der Bauarbeiten
B_7	I	Information auf der Baustelle zum Bodenschutz
B_8	I	Regelmäßige Information des Vorhabenträgers und bedarfsweise der Bodenschutzbehörde
B_9	D	Dokumentation und Kontrolle der fachgerechten Umsetzung der vertraglich zu vereinbarenden Maßnahmen des Bodenschutzkonzeptes in allen Phasen (z. B. durch regelmäßig verfasste Begehungsprotokolle)
B_10	D	Verfassen eines Abschlussberichts über die Befunde der BBB und ggf. zu noch vorhandenen Bodenbeeinträchtigungen

Nr.	Art Tätigkeit	Aufgaben der BBB
Bauabnahme, Rekultivierung, Zwischenbewirtschaftung und Nachsorge		
R_1	K	Erstellen eines Konzeptes für die bodenschonende Zwischenbewirtschaftung
R_2	K	Beratung zur Zwischenbewirtschaftung
R_2	K	Beratung zu Meliorationsmaßnahmen bei tief reichenden Verdichtungen
R_3	O	Mitwirkung bei der Bauabnahme
R_4	O	Mitwirkung bei der Schlussabnahme
R_5	D	Kontrolle und Dokumentation des Verlaufs und des Erfolgs der Zwischenbewirtschaftung
<p>Legende</p> <p>Art der Tätigkeit:</p> <p>K Konzepte/Beratungen</p> <p>O Operative Tätigkeiten</p> <p>I Information</p> <p>D Dokumentation/Kontrolle</p> <p>Aufgaben der BBB in der:</p> <p>G_ Genehmigungsplanung</p> <p>P_ Ausführungsplanung/Ausschreibungsphase</p> <p>B_ Bauphase</p> <p>R_ Bauabnahme, Rekultivierung, Zwischenbewirtschaftung und Nachsorge</p>		

Anhang E (informativ)

Zuordnung der Bodenarten nach DIN 4220 zu den Bodenklassen nach DIN 18196

Die Bodenklassen nach DIN 18196 bewerten von 0,002 mm bis 630 mm sedimentativ analysierte Gesteinskörnungen und differenzieren diese unterhalb von 0,63 mm nur nach der Plastizität, im Gegensatz dazu bewertet die DIN 4220 Gesteinskörnungen von 0,002 mm bis 2 mm und berücksichtigt keine Plastizität. Aufgrund dieser Unterschiede kann für die meisten natürlichen Böden im 2-Meterraum keine unmittelbare Übersetzung der Bodenklassen nach DIN 18196 und der Bodenarten nach DIN 4220 ineinander vorgenommen werden.

Als erste Orientierung zum Vergleich der Ansprachen können jedoch die Überlagerungen von DIN 18196 und DIN 4220 in Bild E.1 und Bild E.2 dienen (analog DIN 18915).

Kurzzeichen DIN 18196 Definition und Benennung

GU* Kies-Schluff-Gemisch mit > 15 % bis 40 % der Kornfraktion $\leq 0,063$ mm

GT* Kies-Ton-Gemisch mit > 15 % bis 40 % der Kornfraktion $\leq 0,063$ mm

SE eng gestufte Sande

SI intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische

ST Sand-Ton-Gemisch mit 5 % bis 15 % der Kornfraktion $\leq 0,063$ mm

ST* Sand-Ton-Gemisch mit > 15 % bis 40 % der Kornfraktion $\leq 0,063$ mm

SU Sand-Schluff-Gemisch mit 5 % bis 15 % der Kornfraktion $\leq 0,063$ mm

SW weit gestufte Sand-Kies-Gemische

TA ausgeprägt plastische Tone

TL leicht plastische Tone

TM mittelplastische Tone

UA ausgeprägt plastische Schluffe

UL leicht plastische Schluffe

UM mittelplastische Schluffe

W_L Fließgrenze

W_p Ausrollgrenze

Bild E.1 — Zuordnung der Bodenarten nach DIN 4220 zu den Bodenklassen nach DIN 18196 (fett) für grob-, gemischt- und feinkörnige Böden

Anhang F
(normativ)

Schadensschwellenwerte zur Erkennung einer Bodenschadverdichtung [9]

Anhand Tabelle F.1 können bodenkundlich geschulte Fachleute eine Bodenschadverdichtung im Wurzelraum identifizieren, wenn alle Schadensschwellen in einem Boden erreicht werden und es sich nicht um den Spezialfall eines hoch verdichteten, ton- und schluffarmen Sandbodens mit hoher Luftkapazität und Wasserleitfähigkeit handelt.

Es können teilweise auch unterhalb dieser Schwellen erhebliche Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen auftreten.

Tabelle F.1 — Schadensschwellenwerte

Parameter	Schadensschwelle	Bestimmung
Luftkapazität	unter 5 % (Volumenanteil)	DIN 4220 oder DIN EN ISO 11274 bzw. DIN 19683-13
Gesättigte Wasserleitfähigkeit	unter 10 cm/d	DIN 19682-8 (Feld) DIN 19683-9 (Labor)
Effektive Lagerungsdichte oder Packungsdichte	Stufe 4 und Stufe 5	DIN 4220 bzw. DIN 19682-10

ANMERKUNG Die gesättigte Wasserdurchlässigkeit wird bevorzugt im Feld durch die Bohrlochmethode nach DIN 19682-8 oder im Labor nach DIN 19683-9 oder nach DIN EN ISO 17892-11 bestimmt; für Spezialfälle kann die Wasserinfiltration im Feld mit dem Doppelring-Infiltrometer nach DIN 19682-7 gemessen werden.

Anhang G (informativ)

Empfehlung zur Dokumentation

Im Bodenschutzkonzept ist festzulegen, wie die technische Ausführung der Baumaßnahmen in Bezug auf bodenrelevante Eingriffe zu dokumentieren ist und von wem die Dokumentation erstellt wird.

Die folgenden Punkte sind für die Dokumentation geeignet:

- a) Maßnahmen zur Sicherstellung allgemeiner Grundsätze zum Bodenschutz:
 - Verwendung geeigneter Arbeitstechniken und Arbeitsgeräte;
 - Berücksichtigung der Witterungs- und Bodenwasserverhältnisse;
 - Anlage von Verkehrs- und Arbeitswegen, Baustraßen usw.;
- b) Abtrag des Bodens:
 - Standortverhältnisse am Entnahmestandort (sofern vom Einbaustandort abweichend);
 - Angaben zum Bodenabtrag, wie Flächengrößen, Schichtmächtigkeiten und Kubaturen von abzutragendem Ober- und Unterboden — differenziert nach Bodenqualität (insbesondere Bodenart, Grobbodenanteil, unter Umständen Schadstoffgehalt);
 - Arbeitstechnik der Bodenabtragsarbeiten;
 - Zwischenlagerung des Bodenaushubs;
 - tatsächlich zwischengelagerte Kubaturen und Flächen, Ausformung und Höhe des Bodenmieten, Zwischenbegrünung, Dauer der Zwischenlagerung sowie Umsetzung der Bodenmieten;
 - Darstellung des Verwertungs-/Entsorgungswegs überschüssiger Bodenmassen;
- c) Herstellung des Planums und Gewährleistung einer ausreichenden Entwässerung;
- d) Herstellung der Rekultivierungsschicht:
 - Plan der betroffenen Flächen, mit Angaben zu Flächengrößen, Schichtmächtigkeiten, Bodenqualität und Nutzungseignung;
 - Kubaturen von aufzutragendem Ober- und Unterboden differenziert nach Bodenqualität;
 - bei Materialzufuhr Kubatur, Qualität und Herkunftsort getrennt nach Ober- und Unterboden;
 - Arbeitstechnik der Bodenauftragsarbeiten;
- e) Zwischenbewirtschaftung bzw. Begrünung des Oberbodens;
- f) Qualitätsbeurteilung und Nachkontrolle nach 6.6.

Anhang H (informativ)

Konzept zur Zwischenbewirtschaftung

Zur Förderung, Wiederherstellung sowie Stabilisierung der bodenchemischen und bodenphysikalischen Gleichgewichtsverhältnisse (Bodeneigenschaften) in frisch angelegten Böden ist eine auf die Bodenverhältnisse und Kulturart abgestimmte und schonende Zwischenbewirtschaftung von besonderer Bedeutung. Der Erfolg der Zwischenbewirtschaftung ist mit geeigneten Mitteln wie insbesondere Aufwuchsbonitur und Bewertung der Durchwurzelbarkeit und Gefügemerkmale nach DIN 19682-10 zu untersuchen. Bei bindigen Böden hat sich eine dreijährige Zwischenbewirtschaftung bewährt. Auf sandigen Standorten mit Einzelkorngefüge eine Zwischenbewirtschaftung reduziert bzw. teilweise verzichtet werden. Folgende Vorgehensweise wird empfohlen:

- a) Erstellung eines Konzeptes für die Zwischenbewirtschaftung:
 - ggf. Abschluss von (Bewirtschaftungs-)Vereinbarungen mit dem betroffenen Grundeigentümer/Bewirtschafteter;
 - ggf. Einbindung der Zwischenbewirtschaftung in ein Beweissicherungskonzept;
- b) Durchführung der Bewirtschaftungs- und Pflegemaßnahmen grundsätzlich nur bei ausreichend trockenem und tragfähigem Boden entsprechend den Anforderungen nach Tabelle 2 und Bild 2;
- c) Unterstützung des Aufbaus eines stabilen Bodengefüges durch standortangepasste Kalkungs- und/oder Düngungsmaßnahmen. Die Düngung ist vorhabenbezogen und entsprechend den Bodeneigenschaften festzulegen. Für eine intensivere Wurzelbildung kann es sinnvoll sein, im ersten Jahr nach einem Bodenauftrag nicht zu düngen. Insbesondere auf frischgeschüttetem Material und nach einer Tiefenlockerung sollten die mechanischen Lasteinträge möglichst gering gehalten werden;
- d) für die Zwischenbewirtschaftung ist ein Pflegekonzept aufzustellen, welches sowohl auf eine möglichst gute Bestandsentwicklung als auch auf die Vermeidung einer Verunkrautung und Aussamung der angesäten Kulturen abzielt;
- e) bei Folgenutzung Grünland gelten darüber hinaus folgende Empfehlungen für die ersten drei, auf die Ansaat folgenden Jahre:
 - Verwendung spezieller tiefwurzelnder Pflanzen in der Grünlandsaat (z. B. Leguminosen, Obergräser, siehe DIN 18915, Anhang E) in der Ansaatmischung zur Förderung der struktur- und gefügebildenden Prozesse im Boden und zur Verringerung des Erosionsrisikos;
 - Verzicht auf Beweidung und intensive Nutzungsformen mit hohem Befahrungsaufwand;
 - Düngung mit Wirtschaftsdüngern und Kompost;
 - Mulchen einzelner Schnitte zur Förderung des Humusaufbaues und der Gefügebildung;

- f) bei Folgenutzung Acker gelten darüber hinaus folgende Empfehlungen:
- Anbau tiefwurzelnder Kulturen/Kulturartenmischungen (z. B. Leguminosen und Saadmischungen mit Leguminosenanteil, siehe DIN 18915, Anhang E), die aufgrund ihrer Durchwurzelungsleistung wesentlich zur Stabilisierung des Bodengefüges durch Lebendverbauung beitragen über zumindest drei Jahre. Abweichungen sind fachlich zu begründen. Beim Anbau von Cruciferen, wie z. B. Gelbsenf (*Sinapis alba*) und Ölrettich (*Raphanus sativus*) sollte beachtet werden, dass im Begrünungszeitraum kein Aussamen zu erwarten ist oder ein Mulchen nach der Blüte erfolgt, da die ölhaltigen Samen viele Jahre im Boden überdauern und somit die Folgebewirtschaftung belasten können;
 - bevorzugt keine Futternutzung sondern regelmäßiges Mulchen des Aufwuchses, um Humusaufbau und Gefügebildung zu fördern und Verunkrautung zu vermeiden;
 - nach dem dritten Jahr ist eine Ackernutzung möglich, wobei der Anbau von Feldfrüchten mit hoher Bodenbeanspruchung (z. B. Hackfrüchte wie Kartoffeln, Zuckerrüben) möglichst lange unterbleiben sollte;
 - Bodenbearbeitung und Erntetechnik sind unter dem Aspekt einer möglichst hohen Bodenschonung auszuwählen und durchzuführen;
- g) bei Folgenutzung Wald gelten unter Berücksichtigung der forstbehördlichen Vorgaben folgende Empfehlungen:
- Anbau tiefwurzelnder Kulturen/Kulturartenmischungen (z. B. Leguminosen und Saadmischungen mit Leguminosenanteil, siehe DIN 18915, Anhang E), die aufgrund ihrer Durchwurzelungsleistung wesentlich zur Stabilisierung des Bodengefüges durch Lebendverbauung beitragen über zumindest drei Jahre. Abweichungen sind fachlich zu begründen;
 - Baumartenauswahl entsprechend den standörtlichen Verhältnissen unter Berücksichtigung von Pionierbaumarten und Vorwaldstadien;
 - Maßnahmen zur Sicherung der Kultur und Pflege des Aufforstungsbestandes (z. B. Nachbesserung ausgefallener Pflanzen, Schutz vor Wildschäden in Form von Einzelschutz oder Zäunung, mechanische Bekämpfung des Unterwuchses) haben unter größtmöglicher Schonung des Bodengefüges zu erfolgen.

Ausnahmen bzw. Abweichungen zu den o. a. Empfehlungen sind im Einzelfall möglich, soweit fachlich begründbar. Insbesondere bei Linienbaustellen sind aufgrund der Abweichung von der üblichen Schlagnutzung entsprechende Mehraufwendungen zu berücksichtigen.

Durch eine unsachgemäße Zwischenbewirtschaftung kann der Erfolg bodenschonender Maßnahmen während der Bauarbeiten wesentlich beeinträchtigt oder zunichtegemacht werden. Da die Zwischenbewirtschaftung häufig außerhalb des Wirkungsbereichs der für die Baumaßnahmen verantwortlichen Personen liegt, ist eine ausreichende Dokumentation und Information über den Bodenzustand nach Abschluss der Bauarbeiten sowie Vereinbarungen mit den Zwischenbewirtschaftern zu empfehlen (z. B. im Rahmen einer Beweissicherung).

Weitergehender Hinweis:

Weitere Empfehlungen für die sachgemäße Zwischenbewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen sowie von Wald können [2] und [7] entnommen werden.

Anhang I (informativ)

Maßnahmen bei Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen

Grundsätzlich ist § 12 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) anzuwenden. Zur Beseitigung von Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen sind folgende Maßnahmen geeignet:

Unterbodenlockerung

Neben biologischen Maßnahmen, die ggf. im Rahmen der Zwischenbewirtschaftung vorgesehen sind, können auch technische Tieflockerungsmaßnahmen ergriffen werden.

Maßnahmen zur Unterbodenlockerung erfolgen im Regelfall zwischen 30 cm bis größer 100 cm unter Geländeoberkante. Für die Oberbodenlockerung kommen alle gängigen landwirtschaftlichen Geräte zur Bodenbearbeitung (Grubber, Pflug, Fräse usw.) in Frage, die in dieser Norm nicht betrachtet werden. Bei der Auswahl der Maßnahme sind die Lockerungsfähigkeiten des Bodens und dessen Feuchtezustand zu berücksichtigen.

Baubedingte, erhebliche Unterbodenverdichtungen sind zu beseitigen. In Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen sind geeignete Geräte wie z. B. Abbruchlockerer, Stechhublockerer, Tiefengrubber zu verwenden. Der mechanische Lockerungserfolg ist im Regelfall mit einer bodenschonenden Zwischenbewirtschaftung abzusichern (nach 6.5).

Entwässerung bei verursachter Staunässe

Ist nach der Baudurchführung trotz Maßnahmen zum vorsorgenden Bodenschutz und gegebenenfalls nach Durchführung der Maßnahmen zur Sanierung von Schadverdichtungen im Untergrund weiterhin eine für das Sickerwasser undurchlässige Schicht vorhanden, welche zeitweilig oder dauerhaft ein für die Kulturpflanzen schädliches und die Bearbeitung einschränkendes Stauwasser verursacht, ist diese bei geeigneten morphologischen Verhältnissen mittels Rohrdrainage oder im Einzelfall mittels Drainagepflug im Rahmen der rechtlichen Möglichkeiten abzuführen.

Auffüllung von Sackungen

Sackungen sind mit standorttypischem Bodenmaterial bei ausreichend trockenem und tragfähigem Boden aufzufüllen. DIN 19731 ist zu beachten. Bei großflächigen Auffüllungen empfiehlt sich eine Zwischenbewirtschaftung.

Bodenaustausch

Wurden durch die Baumaßnahmen innerhalb der durchwurzelbaren Bodenschichten erhebliche und dauerhafte Gefügeschäden verursacht oder wurde ungeeignetes Bodenmaterial — insbesondere Boden mit zu hohem Schadstoff- oder Fremdstoffgehalten, nicht standortangepasste Körnungseigenschaften, zu hohe oder zu geringe Humusgehalte usw. — eingesetzt, dann ist der entsprechende Boden auszutauschen. Für die dafür erforderlichen Bodeneingriffe gelten die Ausführungen dieser Norm. Dabei müssen vor allem die natürlichen Bodenfunktionen gesichert oder wiederhergestellt werden. Die Ertragsfähigkeit bei land- oder forstwirtschaftlicher Nutzung ist nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen. Eine Nährstoffzufuhr ist dem Pflanzenbedarf der Folgevegetation anzupassen.

Technisch nötige Materialeinbringungen, beispielsweise zur Einbettung von Rohrleitungen oder Erdkabeln, sind von den vorgenannten Gründen für einen Bodenaustausch ausgenommen.

Düngung

Treten in der Folge von Bodeneingriffen im Zusammenhang mit Baumaßnahmen Nährstoffmängel auf, so sind diese durch entsprechende Düngemaßnahmen oder Kalkung unter Berücksichtigung des Rekultivierungszieles bzw. der Zwischenbewirtschaftung auszugleichen.

Entsteinung

Anteil und Art des Grobbodens sind im Regelfall an den Ausgangsbedingungen der Böden zu orientieren. Spezifische Anforderungen der Folgenutzung können davon abweichende Gehalte an Grobboden rechtfertigen.

Die Beseitigung von Steinen im Oberboden kann manuell oder maschinell erfolgen. Dauerhafte Gefügebeeinträchtigungen durch Entsteinungsmaßnahmen sind zu vermeiden.

Behebung von Erosions- oder Rutschungsschäden

Baubedingte Erosions- oder Rutschungsschäden sind mit geeignetem Bodenmaterial bei ausreichend trockenem und tragfähigem Boden (max. k_{03} nach Tabelle 2) zu beseitigen. Die Flächen sind mit Hilfe einer unmittelbaren Begrünung zu sichern.

Auf erosions- oder rutschungsgefährdeten Standorten sind durch die BBB entsprechende Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen im Rahmen des Bodenschutzkonzeptes für die Arbeiten während und nach der Bauphase zu planen und zu berücksichtigen.

Ausgleich des Verlustes organischer Substanz

Der Humusanteil des Bodens nach Oberflächenwiederherstellung ist im Regelfall an den Ausgangsbedingungen der Böden bzw. der standörtlichen Bodenvergesellschaftung zu orientieren. Etwaige Verluste sind unter Berücksichtigung der standörtlichen Verhältnisse und der angestrebten Nutzung auszugleichen. Dies ist insbesondere durch Zufuhr von organischen Düngern (z. B. Stallmist oder Kompost) sowie durch Anbau humusmehrender Kulturen (z. B. Leguminosen-Grasgemenge, Luzerne) im Zuge einer Zwischenbewirtschaftung möglich. Der Pflanzenaufwuchs der Zwischenbewirtschaftung sollte vor Ort belassen werden (Mulchen oder Einarbeitung).

Literaturhinweise

- [1] BGR — Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.), 2005: *Bodenkundliche Kartieranleitung*. (KA5) 5. Auflage, Hannover; in Kommission: Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
- [2] BVB — Bundesverband Boden (Hrsg.) (2013): *Leitfaden Bodenkundliche Baubegleitung*
- [3] DVGW G 451 (M), (2016): *Bodenschutz bei Planung und Errichtung von Gastransportleitungen*
- [4] FABO (Fachstelle Bodenschutz) 2003: *Rekultivierung von Böden. Erläuterungen zu den Richtlinien für Bodenrekultivierungen* — Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich, Amt für Landschaft und Natur, Fachstelle Bodenschutz, 12 Seiten, Zürich, CH. Zugriff: http://www.aln.zh.ch/internet/baudirektion/aln/de/fabo/bauen/bauliche_bodeneingriffe/_jcr_content/contentPar/downloadlist_0/downloaditems/erl_uterungen_zu_den.spooler.download.1291201232309.pdf/rekultivierung_von_boeden_erlaeuterungen_zu_den_richtlinien.pdf, [Abgerufen 11.12.2014]
- [5] LABO — Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2002): *Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV* Zugriff: https://www.labo-deutschland.de/documents/12-Vollzugshilfe_110902_9be.pdf [Abgerufen: 10.09.2014]
- [6] LfU und LfL Bayern (2016): *Merkblatt — Umgang mit humusreichem und organischem Bodenmaterial*
- [7] Österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2012): *Richtlinien für die sachgerechte Bodenrekultivierung land- und forstwirtschaftlich genutzter Flächen*
- [8] SN 640581: *Bodenschutz und Bauen*. Hrsg.: VSS, Stand 2017, Schweizer Norm
- [9] Umweltbundesamt (2004): *Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden/Regelungen zur Gefahrenabwehr*; Autoren M. Lebert, J. Brunotte, C. Sommer; UBA-FB 000706; Berlin
- [10] **DIN 4020**, *Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke — Ergänzende Regelungen zu **DIN EN 1997-2***
- [11] M Geok E (2016): *Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Köln, FGSV
- [12] TL Geok E-StB: *Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaues*. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Köln, FGSV
- [13] DIN 19662, *Bodenbeschaffenheit — Felduntersuchungen — Bestimmung des Eindringwiderstandes von Böden mit dem Handpenetrometer*
- [14] DIN 19682-5, *Bodenbeschaffenheit — Felduntersuchungen — Teil 5: Bestimmung des Feuchtezustands des Bodens*
- [15] DIN 19682-7, *Bodenbeschaffenheit — Felduntersuchungen — Teil 7: Bestimmung der Infiltrationsrate mit dem Doppelring-Infiltrometer*

- [16] DIN EN 1997-2, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*
- [17] DIN EN ISO 11461, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung des Wassergehalts des Bodens als Volumenanteil mittels Stechzylinder — Gravimetrisches Verfahren*
- [18] DIN EN 15936, *Schlamm, behandelter Bioabfall, Boden und Abfall — Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) mittels trockener Verbrennung*
- [19] DIN 18916, *Vegetationstechnik im Landschaftsbau — Pflanzen und Pflanzarbeiten*
- [20] ISO 10390, *Soil quality — Determination of pH*
- [21] DIN EN ISO 17892-11, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Laborversuche an Bodenproben — Teil 11: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit*
- [22] DIN EN ISO 14688-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden — Teil 1: Benennung und Beschreibung*