Landesamt für Landwirtschaft,
Umwelt und ländliche Räume
Schleswig-Holstein

Leitfaden
Bodenschutz auf Linienbaustellen

Herausgeber:
Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt
und ländliche Räume des Landes
Schleswig-Holstein
Hamburger Chaussee 25
24220 Flintbek
Tel.: 0 43 47 / 704-0
www.llur.schleswig-holstein.de

Ansprechpartnerin:
Dr. Nicole Bädjer
Tel. 0 43 47 / 704-551
nicole.baedjer@llur.landsh.de

Titelfoto:
Titelfotos (Fotoautor):
groß: Linienbaustelle auf landwirtschaftlich
genutzten Flächen (TenneT)
links: Kettenfahrzeuge mit sehr geringen
Kontaktflächendrücken eignen sich zumeist
auch für schwere Transporte (GZP)
Mitte: zu dicht aneinander liegende Bodenmieten
führen zu Vermischungen beim Wiedereinbau (GZP)
rechts: hier zeigt der Mais Aufwuchsschäden im
ehemaligen Arbeitsstreifen (GZP)

alle Fotos im Innenteil von GZP

Herstellung:
Pirwitz Druck & Design, Kiel

Juni 2014

ISBN: 978-3-937937-71-7

Schriftenreihe: LLUR SH – Geologie und Boden; 19

Diese Broschüre wurde auf
Recyclingpapier hergestellt.

Diese Druckschrift wird im Rahmen der
Öffentlichkeitsarbeit der schleswig-
holsteinischen Landesregierung heraus-
gegeben. Sie darf weder von Parteien
noch von Personen, die Wahlwerbung
oder Wahlhilfe betreiben, im Wahl-
kampf zum Zwecke der Wahlwerbung
verwendet werden. Auch ohne zeit-
lichen Bezug zu einer bevorstehenden
Wahl darf die Druckschrift nicht in einer
Weise verwendet werden, die als Partei-
nahme der Landesregierung zu Gunsten
einzelner Gruppen verstanden werden
könnte. Den Parteien ist es gestattet,
die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer
eigenen Mitglieder zu verwenden.

Die Landesregierung im Internet:
www.landesregierung.schleswig-holstein.de

Inhalt

Vorwort 4

1. Ziele und Anwendungsbereich 5

2. Allgemeine Hinweise zum Bodenschutz in der Baupraxis 6

3. Trassenvorplanung 7

4. Ausführungsplanung und Bodenschutzkonzept 8

4.1 Planung des Maschineneinsatzes 8
4.2 Bodenmanagementplanung 10

5. Bauausführung 11

5.1 Örtliche Bauüberwachung 11
5.2 Begleitende Messungen 12
5.3 Umgang mit Bodenmaterial 12

6. Wiederherstellung der Bodenfunktionen 16

6.1 Rekultivierung 16
6.2 Melioration 17
6.3 Folgebewirtschaftung 17

7. Literatur 18

8. Gesetze, Normen und technische Regeln 19

Anhang 20

Anhang A – Übersicht der bodenkundlichen und geologischen Kartenwerke 20
Anhang B – Muster eines Maschinenkatasters mit Klassifizierung der Verdichtungsgefährdung 22
Anhang C – Checklisten zum Bodenschutz auf Linienbaustellen 23

Vorwort

Dr. Robert Habeck
Minister für Energiewende,
Landwirtschaft, Umwelt
und ländliche Räume
des Landes Schleswig-Holstein

Liebe Leserinnen und Leser,
Böden erfüllen nicht nur vielfältige Funktionen im Naturhaushalt und für den Klimaschutz, sondern sie sind vor allem Grundlage unseres Lebens. Boden ist ein knappes Gut, das nicht nach unseren Bedürfnissen hergestellt werden kann. Es dauert tausende von Jahren, bis sich ein fruchtbarer Ackerboden entwickelt hat. Umso größer ist unsere Verantwortung dafür, dass Böden nicht zerstört, sondern für nachkommende Generationen erhalten werden.

Die Energiewende, für die diese Landesregierung steht, erfordert die Verlegung von Erdkabeln und Gasleitungen. Dabei sind linienhafte Eingriffe in den Bodenaufbau und damit in die Bodenfunktionen über weite Strecken unvermeidbar. Dieser Leitfaden soll dazu beitragen, die Anforderungen der Energiewende mit denen des Bodenschutzes in Einklang zu bringen.

Während bisher vor allem die Vermeidung von Schadstoffeinträgen im Vordergrund stand, gewinnt der Schutz vor irreversiblen mechanischen Belastungen der Böden zunehmend an Bedeutung. Bislang hat dieser Aspekt nur unzureichend Eingang in die Planung und Umsetzung von Bauvorhaben gefunden. Ein sorgsamer Umgang mit dem Boden, der nach Abschluss der Baumaßnahmen in der Regel wieder landwirtschaftlich genutzt werden soll, ist eine Grundvoraussetzung für die Akzeptanz von Baumaßnahmen aller Art.

Der Leitfaden enthält konkrete Vorschläge für die praktische Anwendung von Bodenschutzmaßnahmen während der verschiedenen Phasen von Linienbaustellen - von der Planung des Trassenverlaufs über die bodenkundliche Baubegleitung bei der Bauausführung bis hin zur Wiederherstellung des Bodenaufbaus und der Bodenfunktionen. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf den regional unterschiedlich ausgeprägten Eigenschaften der Böden Schleswig-Holsteins.

Die Energiewende erfordert gesellschaftliche Akzeptanz. Dazu gehört auch, dass betroffene Umweltkompartimente wie der Boden bestmöglich geschützt und Eingriffe minimiert werden. Mit Hilfe der fachlichen Empfehlungen des Leitfadens lassen sich Bodenbeeinträchtigungen durch Bauprozesse vermeiden oder auf das unvermeidbare Maß reduzieren, und mögliche Folgekosten für Rekultivierungen nach Bauabschluss können gesenkt werden.

Herzlichst Ihr

Dr. Robert Habeck

1. Ziele und Anwendungsbereich

Der Boden ist ein wichtiger Bestandteil unseres Ökosystems und übernimmt neben der zentralen Rolle für das Wachstum landwirtschaftlicher Nutzpflanzen vielfältige Funktionen im Naturhaushalt. Der Schutz und Erhalt der natürlichen Bodenfunktionen sind daher zentrale Anliegen eines nachhaltigen Flächenmanagements und als Zielstellung in verschiedenen gesetzlichen Normen verankert.

Im Zuge von Bauprojekten werden Böden in erheblichem Maße mechanisch beansprucht. Beeinträchtigungen durch Gefügeänderungen und Verdichtung sind insbesondere dort zu vermeiden, wo die Böden nach Abschluss der Baumaßnahmen die natürlichen Bodenfunktionen wieder aufnehmen sollen. Durch eine vorausschauende Berücksichtigung der Bodenschutzbelange im Planungsprozess sowie eine fachkundige Begleitung der Bauausführung können ein reibungsloser Bauablauf sichergestellt und Kosten für die Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit der Böden reduziert werden.

Die vorliegenden Empfehlungen zielen vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung des Leitungsbaus im Zuge der Energiewende in Schleswig-Holstein insbesondere auf den Bau von Stromleitungstrassen ab, sind jedoch auch auf Linienbauvorhaben im Gas- oder Wasserleitungsbau sowie auf den Pipelinebau übertragbar. Sie sollen bei größeren Linienbauvorhaben außerhalb der Siedlungsbereiche Anwendung finden, die eines Raumordnungsverfahrens, eines Planfeststellungsverfahrens oder einer naturschutzrechtlichen Genehmigung bedürfen und bei denen die betroffenen Flächen anschließend wieder landwirtschaftlich oder als naturnahe Böden genutzt werden. Eine fachkundige Baubegleitung ist darüber hinaus grundsätzlich bei solchen Baumaßnahmen zu empfehlen, bei denen die geplanten Trassen durch sensible Bodenbereiche wie Moore, wassergesättigte oder feinkörnige Böden geführt werden.

Die vorliegende Kurzanleitung fasst Empfehlungen eines umfassenden Gutachtens[1] zusammen, das im Auftrag des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) erstellt und durch einen Beirat aus Vertretern der Energie- und Bauwirtschaft sowie der Landwirtschaft und der zuständigen Bodenschutzbehörden begleitet wurde.

Die für die praktische Ausführung des Bodenschutzes auf Linienbaustellen von der Trassenvorplanung bis zur Melioration wesentlichen Punkte, insbesondere auch im Rahmen der bodenkundlichen Baubegleitung, sind in Anhang C zusätzlich stichwortartig aufgelistet.

Mit den Empfehlungen werden keine zusätzlichen Regelungen zum Bodenschutz geschaffen, sondern die bestehenden gesetzlichen Anforderungen für die Baupraxis konkretisiert und auf die Besonderheiten von Linienbaumaßnahmen in schleswig-holsteinischen Bodenlandschaften abgestimmt. Die Anleitung soll Bauherren, Planer, bauausführende Unternehmen und Behörden bei der Umsetzung der geltenden Bodenschutzbestimmungen unterstützen und die Anforderungen für alle Beteiligten transparent machen. Ziel ist es, den Bodenschutz bei vergleichbaren Bauprojekten in Schleswig-Holstein unter Verwendung gleicher Maßstäbe zu berücksichtigen.

1 Gutachten „Leitfaden Bodenschutz auf Linienbaustellen“ (2013), erstellt von der Firma GZP GbR – Boden • Wasser • Geologie. Dieses Gutachten ist im Internet unter http://www.schleswig-holstein.de/UmweltLandwirtschaft/DE/BodenAltlasten/015_VollzugshilfenErlasse/01_Boden/ein_node.html veröffentlicht und kann zur Vertiefung und Ergänzung, auch hinsichtlich weiterführender Literatur, herangezogen werden.

2. Allgemeine Hinweise zum Bodenschutz in der Baupraxis

Die Durchführung von Baumaßnahmen ist mit erheblichen Eingriffen in den Boden verbunden. Der Abtrag des Oberbodens bzw. die Zwischenlagerung in Form trassenparalleler Bodenmieten und die Wiederverfüllung von Bodenmaterial wie auch die Einbringung eines Sandbettes in den Leitungsgraben stören die natürliche Lagerung und das Gefüge des Bodens. Die Einrichtung von Lagerflächen, Zuwegungen und Fahrwegen sowie das Befahren des Bodens mit schwerem Gerät sind mit ungewollten Boden(schad)verdichtungen verbunden. Die Durchführung bzw. Veränderung von Drainage- und Wasserhaltungsmaßnahmen führen zu Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes. Bei empfindlichen Böden, wie organischen oder sulfatsauren Böden, kann es bei unsachgemäßer Behandlung zu Problemen durch Volumenverluste oder Versauerungen kommen.

Abbildung 1: Tiefe Fahrspuren entlang eines Leitungsgrabens

Die frühzeitige Einbindung bodenkundlichen Sachverstandes in den Planungsprozess sowie einer bodenkundlichen Begleitung bei der Bauausführung und gegebenenfalls bei Rekultivierungsmaßnahmen tragen dazu bei, Schädigungen zu vermeiden und die Leistungsfähigkeit des Bodens für Nachnutzungen wiederherzustellen. Sind negative Auswirkungen nicht zu vermeiden, müssen die Böden melioriert oder saniert werden. Zu empfehlen ist die Einrichtung einer bodenkundlichen Baubegleitung durch den Bauherrn. Sie stellt fachkundig den Schutz des Bodens im Zuge der Bauausführung sicher.

Bei der Planung und Durchführung sowie nach Fertigstellung von Linienbaustellen ist eine Reihe von rechtlichen Rahmenbedingungen und technischen Regeln zu beachten. Dazu zählen insbesondere das Baugesetzbuch (BauGB), das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG), die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), die Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln Teil I, II und III (LAGA M20), das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), das Raumordnungsgesetz (ROG), das Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG), das Umweltschadensgesetz (USchadG), das Umwelthaftungsgesetz (UmweltHG), das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) (siehe Kapitel 8). Zuständige Bodenschutzbehörden in Schleswig-Holstein sind die unteren Bodenschutzbehörden bei den Kreisen und kreisfreien Städten. Sofern für bestimmte Gewerke bereits spezifische Regelungen vorliegen (z. B. DVGW 2008, 2013), sollte dieser Leitfaden ergänzend herangezogen werden.

3. Trassenvorplanung

Der Schutz des Bodens ist neben anderen Belangen bereits im Zuge der Trassenfindung und Trassenplanung zu berücksichtigen. Zu diesem Zeitpunkt ist die genaue Trassenführung möglicherweise noch veränderbar und Bereiche, die aus Sicht des Bodenschutzes als empfindlich einzustufen sind, können bei der Festlegung der Trasse berücksichtigt werden. Sowohl Böden mit einer besonderen Wahrnehmung von Bodenfunktionen als auch empfindliche Böden wie Moore, Grundwasserböden und Böden aus feinkörnigen Substraten mit einer hohen Verformbarkeit und Verdichtungsgefährdung sollten aus bodenschutzfachlicher Sicht möglichst von Baumaßnahmen ausgenommen werden. Zudem ist das Bauen auf empfindlichen Böden zeitlich nur beschränkt möglich, die Baumaßnahmen sind nur mit größerem Aufwand durchzuführen und in der Regel mit höheren (Folge-)Kosten und strengeren Genehmigungsauflagen verbunden. Gegebenenfalls sind umfangreichere Gründungsarbeiten, Bodenaustausch und Vorkehrungen gegen Bodenverdichtungen einzuplanen.

Aus diesen Gründen sind verfügbare Informationen zum Bodenaufbau und zur Bodenbeschaffenheit im Rahmen der Trassenplanung auszuwerten und zu berücksichtigen. Grundlegende digitale Informationen zum Thema Boden bietet der Landwirtschafts- und Umweltatlas Schleswig-Holstein[2]. Weitere bodenkundliche und geologische analoge und digitale Kartenwerke und Daten können über das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) bezogen werden (vgl. Tabelle A1 und A2 im Anhang A). Auch Luft- und Satellitenbilder, Höhenmodelle oder vorhandene Baugrunduntersuchungen wie auch Kenntnisse ortsansässiger Landwirte können nützliche Informationen darstellen.

2 http://www.umweltdaten.landsh.de/atlas/script/index.php

4. Ausführungsplanung und Bodenschutzkonzept

Nach Festlegung des Trassenverlaufs sollte in Abstimmung mit der zuständigen Bodenschutzbehörde ein auf die Baumaßnahme zugeschnittenes Bodenschutzkonzept erarbeitet werden. Hierfür sind zunächst die vorhandenen Daten zu nutzen. Ergänzend kann eine Bodenkartierung entlang der Trasse oder von Trassenabschnitten, für die keine ausreichenden Vorinformationen zur Verfügung stehen, notwendig sein, um Bodendaten in ausreichender Aktualität und räumlicher Auflösung zu erhalten. Profilaufnahmen sollten nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA 5, AG Boden 2005) erfolgen und eine Messung des Eindringwiderstandes beinhalten. Die Ergebnisse sollten auf Trassenplänen dargestellt und aus diesen die mechanischen Kennwerte (Befahrbarkeit, Belastbarkeit, Stabilität) sowie Informationen zur notwendigen Bodentrennung abgeleitet werden.

Das Bodenschutzkonzept sollte vorrangig auf der Grundlage vorliegender Bodendaten im Vorfeld der Baumaßnahme erstellt werden. Es enthält die Ausweisung empfindlicher Böden im Trassenverlauf, Empfehlungen zu gegebenenfalls bestehenden Bereichen, in denen für einen bodenschonenden Maschineneinsatz Lastverteilungsplatten auszulegen sind, sowie die Planung des Bodenmanagements auf der Baustelle. Ziel ist eine boden- und witterungsangepasste Bau- und Terminplanung im Jahresverlauf unter Berücksichtigung der Bodenempfindlichkeit. Werden im Zuge der Bauarbeiten Maßnahmen zur Wasserhaltung oder Grundwasserabsenkung notwendig, sind diese auf das notwendige Minimum zu beschränken, um negative Auswirkungen auf Boden und Gewässer zu vermeiden.

Diese bodenschutzfachlichen Ausarbeitungen sollten bereits so rechtzeitig vorliegen, dass sie in die Ausschreibungsunterlagen bzw. das Leistungsverzeichnis einfließen können.

4.1 Planung des Maschineneinsatzes

Der Einsatz von Maschinen soll unter Berücksichtigung der Empfindlichkeit der betroffenen Böden erfolgen. Neben Bodentyp und Bodenart ist der Haupteinflussfaktor für die Befahrbarkeit die zum Zeitpunkt der Bauausführung vorherrschende Bodenfeuchte. Grundsätzlich sollte eine Befahrung möglichst bei trockenem Boden erfolgen, da dieser tragfähiger (mechanisch stabiler) ist als feuchter Boden. Alle notwendigen Fahrzeugeinsätze auf landwirtschaftlich genutztem Boden sollten logistisch und technisch so geplant und durchgeführt werden, dass die mechanischen Belastungen, die Flächeninanspruchnahme sowie die Überrollhäufigkeiten minimiert werden. Geeignet sind bodenschonende Maschinen (vor allem kettenbetriebene Fahrzeuge) mit möglichst großen Aufstandsflächen, die auch bei hohen Fahrzeuggewichten nur geringe Kontaktflächendrücke aufweisen. Diese können häufig auch unter ungünstigeren (feuchten) Bodenverhältnissen eingesetzt werden. Als weitere technische Maßnahme für die Verringerung des Kontaktflächendrucks von Radfahrzeugen kann der Reifendruck während des Betriebes im Feld minimiert werden, um die Aufstandsflächen der Reifen zu maximieren.

Abbildung 2: Kettenfahrzeuge weisen i.d.R. sehr geringe Kontaktflächendrücke auf und eignen sich daher auf den meisten Böden auch für schwere Transporte

Tabelle 1: Mittelwerte der Unterbodenstabilität (Vorbelastung) repräsentativer schleswig-holsteinischer Böden in 40 cm Tiefe und Grenzwerte für den Kontaktflächendruck

Repräsentative Böden	**Mittlere Unterbodenstabilität (Vorbelastung) bei Feldkapazität [kg cm^{-2}]**	**Verdichtungsempfindlichkeit**	**Grenzwert für den Kontaktflächendruck [kg cm^{-2}]**
Schluffige und tonige Böden der Marsch (z. B. Kalkmarsch, Kleimarsch)	0,57	hoch	0,8
Sandige Böden der Geest (z. B. Podsol, Gley)	0,89	gering	1,6
Sandige und lehmige Böden des östlichen Hügellandes (z. B. (Para-) Braunerde, Pseudogley)	0,75	mittel	1,2
Moore (Hochmoor, Niedermoor)	0,37	sehr hoch	0,6 (in der Regel Lastverteilungsplatten)

Entscheidend ist die Verdichtungsgefährdung in 40 cm Tiefe, da der Unterboden im Gegensatz zum Oberboden bei eingetretenen Verdichtungen wesentlich langsamer wieder regeneriert und weniger gut wieder aufgelockert werden kann. In Tabelle 1 sind Mittelwerte für die Unterbodenstabilität der in Schleswig-Holstein vorkommenden Bodenartenhauptgruppen und die daraus abgeleiteten Grenzwerte für den Kontaktflächendruck für Baumaschinen aufgeführt. Die Werte gelten für Böden mit Wassergehalten im Bereich der Feldkapazität[3] und sind aufgrund der klimatischen Bedingungen in Schleswig Holstein und des teilweise vorliegenden Grundwassereinflusses nahezu ganzjährig anzusetzen. Sie sollten grundsätzlich nicht überschritten werden, um Unterbodenschadverdichtungen zu vermeiden. Die maximal zulässigen Kontaktflächendrücke sollten der ausführenden Baufirma mitgeteilt und gegebenenfalls vertraglich vereinbart werden, damit der Auftragnehmer seine erforderlichen Fahrzeuge und Maschinen entsprechend disponieren kann.

Bei höheren Wasserspannungen, d. h. trockenerem Boden, nimmt die Gefahr der Unterbodenschadverdichtung ab, und es kann im Einzelfall von den in Tabelle 1 genannten Grenzwerten des Kontaktflächendruckes abgewichen werden. Hierzu ist die aktuelle mechanische Unterbodenstabilität (Vorbelastung) während der Bauausführung zu ermitteln und mit dem Kontaktflächendruck der einzusetzenden Baumaschinen abzugleichen. Der Druck einer Maschine wird dann als schädlich eingestuft, wenn er den mittleren Vorbelastungswert (= Druckbelastbarkeit) des Unterbodens um 20% überschreitet. Bei Mooren und humosen Tonen darf auch bei höheren Wasserspannungen aufgrund der erhöhten Empfindlichkeit nicht von den in Tabelle 1 genannten Grenzwerten abgewichen werden.

Soll bei höheren Wasserspannungen von den in Tabelle 1 genannten Vorgaben abgewichen werden, ist zum weiteren Vorgehen das genannte Gutachten zum Bodenschutz auf Linienbaustellen (GZP 2013) heranzuziehen. Diesem sind die Grundlagen zur Berechnung von Kontaktfläche, Kontaktflächendruck und Druckbelastung in der zu betrachtenden Tiefe (40 cm) zu entnehmen. Hierzu sind die Kenntnis maschinenbezogener Einzeldaten oder auf Maschinengruppen bezogener Daten bzw. Erfahrungswerte zu Reifenbreite und -durchmesser sowie zur Radlast erforderlich. Kurzfristige Änderungen des Maschinenparks sind zu berücksichtigen.

Empfehlenswert ist es, auf der Grundlage der Informationen zu den Bodeneigenschaften und den einzusetzenden Maschinen eine Klassifizierung der Verdichtungsgefährdung aller am Bau beteiligten Maschinen in Form eines tabellarischen Maschinenkatasters vorzunehmen (Muster siehe Anhang B). Mit Hilfe eines Ampelsystems können im Vorfeld ungeeignete Maschinen vorsorgend von empfindlichen Böden fern gehalten werden bzw. unter ungünstigen Witterungs- oder Bodenfeuchteverhältnissen entsprechende Empfehlungen für zusätzliche Schutzmaßnahmen (Auslegen von Lastverteilungsplatten) abgeleitet werden. Tie-

3 die Feldkapazität entspricht der Wassermenge, die ein zunächst wassergesättigter Boden entgegen der Schwerkraft nach 2 bis 3 Tagen noch halten kann

Abbildung 3: Unter solch nassen Bedingungen mit stehendem Wasser auf der Bodenoberfläche dürfen keine Erdarbeiten ausgeführt werden

fe Fahrspuren sind immer Anzeichen dafür, dass die Stabilität des Bodens nicht ausreicht, um die Last eines Fahrzeuges schadlos zu tragen, und der Einsatz besser geeigneter Maschinen oder zusätzlicher Schutzmaßnahmen erfolgen sollte. Werden Lastverteilungsplatten ausgelegt, ist auf eine ausreichende Breite und eventuell notwendige Ausweichstellen zu achten.

Vor allem Baumaschinen, die hohe Kontaktflächendrücke aufweisen (insbesondere schwere Radfahrzeuge), können häufig nicht ohne besondere Schutzmaßnahmen (Auslegen von Lastverteilungsplatten) eingesetzt werden. Bei wassergesättigten Bodenverhältnissen (siehe Abbildung 3) soll der Baubetrieb mit diesen Maschinen insbesondere auf bindigen Böden bis zur Verbesserung der Verhältnisse temporär unterbrochen werden. Sollen Lastverteilungsplatten zum Einsatz kommen, ist bei feuchten Bodenbedingungen darauf zu achten, dass sie im Vortriebsverfahren verlegt werden.

Werden Baustraßen aus Sand oder Schotter angelegt, führt dies trotz der üblichen Trennung mit Geovlies beim Rückbau häufig zu Verunreinigungen des anstehenden Oberbodens mit dem zugeführten Einbaumaterial.

Baustraßen sollten daher nach Möglichkeit nur für den Schutz von längerfristig benötigten Flächen (z. B. Zuwegungen, Baustelleneinrichtungsflächen) angelegt werden. Bei der Planung der Baustraßen und Baustelleneinrichtungsflächen sollten nach Möglichkeit bereits vorhandene Wirtschaftswege genutzt werden.

4.2 Bodenmanagementplanung

Wird Bodenmaterial abgetragen, zwischengelagert und wiederverfüllt, sind grundsätzlich Ober- und Unterbodenmaterial getrennt voneinander zu behandeln. Ziel der Bodenmanagementplanung ist, besonders verdichtungsempfindliche oder anderweitig empfindliche Bereiche (z. B. organische oder sulfatsaure Böden) auszuweisen bzw. für die Planung der Bodentrennung Horizontgrenzen und -mächtigkeiten der betroffenen Böden zu dokumentieren. Mit Hilfe der Angaben zu Anzahl und Mengen der zu trennenden Substrate werden die unter Berücksichtigung der zulässigen Maximalhöhen (siehe DIN 19731) benötigten Lagerflächen sowie der insgesamt benötigte Arbeitsstreifen dimensioniert. Die Grundlagen der Planung des Bodenmanagements für eine Baumaßnahme bilden die Auswertungen vorhandener Bodendaten sowie die Ergebnisse der gegebenenfalls durchgeführten Bodenkartierung.

5. Bauausführung

In dieser Projektphase finden der Erdbau und die Verlegung der Leitungen statt. Je besser im Vorfeld die Planung der Baumaßnahme durchgeführt wurde, desto eher findet in der Regel auch eine reibungslose Bauausführung statt. Sämtliche das Schutzgut Boden betreffenden Belange müssen vor Beginn der Arbeiten definiert, mit der zuständigen Bodenschutzbehörde abgestimmt und allen am Bau Beteiligten bekannt sein. Zu empfehlen ist der Einsatz einer bodenkundlichen Baubegleitung, die im Laufe der Bauausführung die Umsetzung der bodenschutzrelevanten Auflagen und Empfehlungen kontrolliert, die Bauleitung berät und im Konfliktfall zwischen dem Auftraggeber, Eigentümern/Pächtern und Behörden vermittelt. Die bodenkundliche Baubegleitung hat gegenüber dem Auftragnehmer (einschließlich etwaiger Subunternehmer) und dem Auftraggeber keine Weisungsbefugnis, insbesondere auch nicht hinsichtlich eines Baustopps oder einer temporären Bauunterbrechung. Hierzu ist ausschließlich die zuständige Behörde befugt, die sich insbesondere bei Arbeiten in empfindlichen Bodenbereichen durch regelmäßige Besuche auf der Baustelle über die aktuelle Situation informiert. Sie sollte über den Fortgang der Arbeiten sowie gegebenenfalls bestehende bodenschutzrelevante Probleme zeitnah, z. B. in Form von wöchentlichen Berichten durch die bodenkundliche Baubegleitung, unterrichtet werden.

Abbildung 4: Ausheben eines Leitungsgrabens in einer Kalkmarsch

5.1 Örtliche Bauüberwachung

Die bodenkundliche Baubegleitung muss im Rahmen der Bauüberwachung vor Ort regelmäßig anwesend sein, um den Umgang mit den Böden und diesbezügliche Zielvorgaben überwachen zu können.

Im Zuge der Bauüberwachung führt die bodenkundliche Baubegleitung ein Bautagebuch, in dem für jeden Baustellenbesuch alle bodenrelevanten Belange dokumentiert werden. Diese Dokumentation enthält neben Hinweisen auf mögliche Unzulänglichkeiten und Bodenschäden auch Lösungsvorschläge sowie die zur Schadensbehebung durchgeführten Maßnahmen. Insbesondere auf die Vermeidung von Bodenverdichtungen und Verminderung der Bodenbefahrung, das Bodenmanagement und die Vermeidung von Bodenvermischung, eine sachgerechte Wiederherstellung der Bodenfunktionen sowie die Vermeidung stofflicher Belastungen und den Gewässerschutz ist dabei zu achten. Mit Hilfe von Fotos und Protokollen von durchgeführten Messungen wird die Dokumentation

belegt. Zusätzlich wird nach Wiederherstellung der Flurstücke im Rahmen der Abnahme mit den Bewirtschaftern der Zustand der rekultivierten Flächen einschließlich aller Wiederherstellungsmaßnahmen festgehalten. Die bodenkundliche Baubegleitung erstellt eine Abschlussdokumentation, in der auch eine Gesamtbewertung der Umsetzung in der Planung definierter Vorgaben und der Maßnahmen zum Bodenschutz sowie zu einer bodenschonenden Bauausführung dokumentiert wird.

Die bodenkundliche Baubegleitung identifiziert Gefährdungen und Baumängel und erbringt gegebenenfalls im Schadensfall belastbare Nachweise über entstandene Bodenschäden. Auch nach Baufertigstellung sind gegebenenfalls auftretende Bodenschäden zu erfassen. Mit Hilfe eines Beweissicherungsverfahrens können mit Kontrollmessungen (z. B. Verdichtungskontrollen und Nährstoffanalysen) im Verdachtsfall belastbare Nachweise für infolge der Bautätigkeiten entstandene Schäden ermittelt werden.

Hinweise zur Vorgehensweise beim Beweissicherungsverfahren können dem o. g. Gutachten zum Bodenschutz auf Linienbaustellen (GZP 2013) entnommen werden.

5.2 Begleitende Messungen

Zur Einschätzung der aktuellen Verdichtungsgefährdung der Böden können begleitende Messungen der jeweils aktuellen Bodenwasserspannung notwendig werden. Dazu werden im jeweiligen Bauabschnitt an repräsentativen Standorten mit Hilfe von Tensiometern (Geräte zur Feststellung der Saugspannung) und Niederschlagsmessern tagesaktuelle Daten zur Wasserspannung sowie zu Niederschlagshöhen erfasst. Diese Daten werden zusammen mit Messergebnissen der Eindringwiderstände oder Scherparameter und der aktuellen effektiven Bodenstabilität für Befahrbarkeitsanalysen und die Beurteilung der Gefahr von Unterbodenverdichtungen verwendet. Auch für eine gegebenenfalls erforderliche Entscheidung zu einem witterungsbedingten Baustopp sind diese Daten unerlässlich.

Grundsätzlich sollte ab dem Konsistenzbereich ko5 (breiig, plastisch) nach AG Boden (2005) bzw. unterhalb des Ausrolldurchmessers 3 mm gemäß DIN 18915 (Ausrollversuch) keine Bodenbearbeitung mehr stattfinden (vgl. DIN 19731). Dies betrifft den Ober- und den Unterboden.

5.3 Umgang mit Bodenmaterial

Im Zuge von Tiefbauarbeiten können Bodenvermischungen durch unsauber durchgeführte Bodentrennungen zu erheblichen Beeinträchtigungen der landwirtschaftlichen Folgenutzung führen (Befahrbarkeit, Bodenfruchtbarkeit). Im Normalfall wird sämtlicher Bodenaushub vor Ort wieder eingebaut. Um das Gefüge möglichst nach Abschluss der Bauarbeiten annähernd wiederherzustellen, sind bei Abtrag, Zwischenlagerung und Wiederverfüllung folgende Punkte zu beachten:

Bodenabtrag

Beim Abtrag von Bodenmaterial im Zuge der Baudurchführung ist insbesondere darauf zu achten, dass der Boden nicht zu plastisch ist und das Material horizont- bzw. schichtenweise abgetragen und zwischengelagert wird. Vor Beginn des Bodenabtrages sollte der gegebenenfalls vorhandene Kulturpflanzenbestand abgeerntet sowie abgefahren, bei Grünland die Grasnarbe gefräst werden. Abtragsarbeiten dürfen nur mit Kettenbaggern mit möglichst breiten Ketten durchgeführt werden. Schadstoffbelastete Böden müssen unter Berücksichtigung besonderer Entsorgungswege separat behandelt, überschüssiges Bodenmaterial nach Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) fachgerecht verwertet oder beseitigt werden.

Zwischenlagerung

Ein Abtrag bedingt an anderer Stelle die zeitlich begrenzte Zwischenlagerung des entnommenen Bodenmaterials. Zur Vermeidung von für den Boden nachteiligen Prozessen sollte das aufgenommene Material in einem Arbeitsgang abgetragen und seitlich abgelegt werden. Dabei sollten Transportwege so kurz wie möglich gehalten werden. Bodenmieten sind trassenparallel mit einer maximalen Schütthöhe von zwei Metern für Oberbodenmaterial, im Ausnahmefall bei größeren Mieten mit Unterbodenmaterial bis zu drei Metern Höhe anzulegen. Um anaerobe Bedingungen im Mietenkern, Verdichtung und Stauwirkung sowie Vernässung zu vermeiden, sollten Bodendepots möglichst trocken geschüttet werden und gut durchlüftet sein. Substratvermischungen sind zu vermeiden, Ober- und Unterboden sind getrennt voneinander zu lagern. Bei längerer Lagerung ist eine Zwischenbegrünung aus tiefwurzelnden, wasserzehrenden Pflanzen vorzusehen. Mieten sollten nicht in Muldenlage angelegt werden, um Vernässungen zu vermeiden. Bei auftretender Vernässung ist eine temporäre Oberflächenentwässerung einzurichten. Mieten bindiger Substrate sollten

Abbildung 5: Die einzelnen Bodenmieten liegen zu dicht aneinander, so dass Vermischungen beim Wiedereinbau nicht zu vermeiden sind

nicht befahren werden. Insbesondere Mieten sulfatsaurer Substrate und aus Torfen sollten nicht austrocknen.

Wiederverfüllung

Bei der Wiederverfüllung des Leitungsgrabens soll der ursprüngliche Boden in Annäherung an die natürliche Lagerung und Funktion wiederhergestellt werden. Dabei ist eine Vermischung des Bodenmaterials zu vermeiden, es ist in der seiner natürlichen Schichtung entsprechenden Reihenfolge wiedereinzubauen. Bei vorhandener Wasserhaltung muss diese so lange in Betrieb bleiben, bis der Unterboden verfüllt ist, anderenfalls muss der Leitungsgraben vor Wiedereinbau des Bodens leergepumpt werden. Gegebenenfalls müssen bauliche Maßnahmen zur Verringerung oder Vermeidung von Drainagewirkungen des Leitungsgrabens getroffen werden. Übermäßige Verdichtung oder Verschmierung des neuverfüllten Unterbodens müssen vermieden, insbesondere bindiges Bodenmaterial darf nicht befahren werden.

Nach Einbau des Unterbodenmaterials ist dieses mit der Baggerschaufel anzudrücken. Dabei sind bindige Substrate nicht glattzustreichen, um vorhandene Poren nicht zu verschmieren und nicht mit Schaffuß- oder Grabenwalzen zu bearbeiten. Auf keinen Fall dürfen Vibrationsverdichtungen durchgeführt werden. Die Erstellung des Oberbodenplanums kann nach Abtrocknung des Bodens durch Befahrung mit geeigneten Kettenfahrzeugen mit geringen Kontaktflächendrücken durchgeführt werden. Eine leichte Überhöhung ist vorzusehen, um zu vermeiden, dass bei der nachfolgenden Setzung Tiefstellen entstehen. Grüppen und Gräben, die in offener Bauweise gequert wurden, sind nach der Wiederverfüllung des Leitungsgrabens wiederherzustellen.

Umgang mit empfindlichen Böden

Vor allem Marschböden mit natürlicherweise hohen Grundwasserständen und Tongehalten bei häufig lockerer Lagerung, organischen Weichschichten im Untergrund und der Gefahr des Vorkommens sulfatsaurer Substrate sowie Moore sind bei Tiefbauarbeiten mit besonderer Vorsicht zu behandeln, um die natürlichen Bodenfunktionen bzw. die anschließende landwirtschaftliche Nutzung nicht nachhaltig zu beeinträchtigen.

Abbildung 6: An strohgelben Jarositausfällungen erkennbarer aktuell sulfatsaurer Bodenaushub

Sulfatsaure Böden (siehe Abbildung 6) können bei unsachgemäßer Behandlung zu Versauerungsprozessen und damit verbundenen negativen Auswirkungen führen. Dazu gehören verminderter Pflanzenwuchs, erhöhte Sulfatkonzentrationen im Boden und Sickerwasser sowie eine erhöhte Schwermetalllöslichkeit und -verfügbarkeit. Zusätzlich ist hier darauf zu achten, dass die Lagerzeit ausgebauten sulfatsauren Bodenmaterials so kurz wie möglich gehalten wird. Wasserhaltungsmaßnahmen im Leitungsgraben müssen auf das unbedingt erforderliche Maß beschränkt bleiben. Zur Abschätzung der Verockerungsgefahr von Vorflutern sollten regelmäßige Untersuchungen des Pumpwassers auf Frachten an reduziertem Eisen vorgesehen werden. Die Austrocknung von potentiell sulfatsaurem Material muss bestmöglich verhindert werden. Der Wiedereinbau sulfatsauren Bodens muss anaerob unterhalb der Grundwasseroberfläche erfolgen. Im Zuge der Rekultivierung sollten die betroffenen Flächen gekalkt werden, um gegebenenfalls in den Oberboden eingetragene Säurefrachten zu neutralisieren (vgl. Gröger et al. 2009; Schäfer et al. 2010a, b).

Ebenfalls problematisch sind organische Böden. Im Zuge der Trassenplanung sollten Moore soweit möglich umgangen werden, da durch Tiefbauarbeiten in diesen Böden Sackungen sowie Schrumpfung und Mineralisation und damit Volumenverluste hervorgerufen werden. Zu beachten ist die sehr eingeschränkte Befahrbarkeit von Mooren aufgrund ihrer geringen Tragfähigkeit. Aus diesem Grunde sollten hier nur Maschinen mit sehr geringen Kontaktflächendrücken und Kettenlaufwerk, z. B. spezielle Bagger mit Moorlaufwerk, eingesetzt bzw. Lastverteilungsplatten verlegt werden. Torfe, die oberhalb der Grundwasseroberfläche ausgebaut werden, sind von denjenigen getrennt zu halten und zu lagern, die unterhalb ausgebaut werden. Sie dürfen während der möglichst kurz zu haltenden Lagerung nicht zu stark austrocknen, um Schrumpfung und Mineralisation der organischen Substanz so gering wie möglich zu halten. Unterstützend werden dazu eine Mietenabdeckung mit Planen oder Folien oder eine Bewässerung empfohlen. Bei überschlickten Torfen der Marsch oder übersandeten Moorflächen sind Vermischungen von mineralischem mit organischem Material unbedingt zu vermeiden. Auch bei organischen Böden sollten Wasserhaltungsmaßnahmen im Kabelgraben auf das unbedingt erforderliche Maß beschränkt werden, um Veränderungen des anstehenden Torfes möglichst weitgehend zu verhindern.

Abbildung 7: Rissbildung und Schrumpfung infolge der Belüftung von Torfen im Leitungsgraben

Umgang mit ortsfremdem Material

Zur Wiederverfüllung einzusetzendes zusätzliches Substrat von anderen Standorten muss in seiner Beschaffenheit und Körnung dem Boden am Baustandort entsprechen. Wenn im Zuge der Bautätigkeiten ortsfremder Boden oder anderes Material eingebracht wird, müssen entsprechende Herkunftsnachweise und Eignungszertifikate mit Untersuchungsergebnissen zum Nachweis der Eignung bzw. Schadstofffreiheit in Abhängigkeit vom Verwendungszweck (durchwurzelbare Bodenschicht oder darunter) gemäß BBodSchV oder LAGA M20 vorliegen. DIN 19731 ist zu beachten. Insbesondere sind die Bodenart, der pH-Wert, der Gehalt an organischer Substanz, gegebenenfalls der Kalkgehalt bei Bodenmaterial aus Marschböden, die Untersuchung gemäß BBodSchV für den Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht bzw. die Untersuchung und Einbauklasse nach LAGA M20 für den Bereich unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht, die Gehalte der Hauptnährelemente Phosphor, Kalium und Magnesium im Oberboden sowie der Wassergehalt des anzuliefernden Bodenmaterials zum Einbauzeitpunkt zu dokumentieren.

6. Wiederherstellung der Bodenfunktionen

Nach Baufertigstellung sollen die natürlichen Bodenfunktionen so weit wie möglich wiederhergestellt werden. Die Flächen sind zu rekultivieren, gegebenenfalls auch zu meliorieren und Dränagen müssen nach Abschluss der Bauarbeiten wieder in den ursprünglichen Funktionszustand versetzt werden. Alle baulichen Vorkehrungen zum Betrieb der temporären Wasserhaltung oder Grundwasserabsenkung müssen nach Beendigung der Baumaßnahme ordnungsgemäß wieder zurückgebaut und entfernt werden, um den ursprünglichen Bodenwasserhaushalt annähernd wiederherzustellen.

6.1 Rekultivierung

Die in Anspruch genommenen Flächen sind zeitnah nach Wiederherstellung bei abgetrocknetem Boden zu rekultivieren. Bei schonender und kontrollierter Bauausführung sollten nur oberflächliche Bodenverdichtungen im Bereich der Baustraßen bzw. Fahrspuren entstanden sein. Lockerungsbedarf und Lockerungstiefe sind im Vorfeld über Messungen der Eindringwiderstände zu ermitteln. Der Einsatz flach lockernder Geräte ist zumeist ausreichend. Durch die Ermittlung von Horizontmächtigkeiten, Substratvermischungen und Verdichtungen sollte eine Dokumentation des Bodenzustandes nach der Rekultivierung erfolgen.

Mit Verfahren zur schnellstmöglichen Stabilisierung und Restrukturierung der Böden sowie einer unterstützenden Folgebewirtschaftung nach erfolgter Rekultivierung können zeitnah die ursprüngliche Bodenfruchtbarkeit, -befahrbarkeit bzw. -ertragsfähigkeit wiedererlangt werden (vgl. BLFUW 2012).

Abbildung 8: Aufwuchsschaden durch Gefügebeeinträchtigungen im ehemaligen Arbeitsstreifen

6.2 Melioration

Sollten trotz Einhaltung sämtlicher Vorgaben des Bodenschutzes tieferreichende Bodenschadverdichtungen eingetreten sein, die sich mit den üblichen Standardbodenbearbeitungen nicht lockern lassen, sind diese im Rahmen der Rekultivierung zu meliorieren. Vor allem Tieflockerungsmaßnahmen sind jedoch Eingriffe in den Boden, die zwar die Voraussetzung für die Restrukturierung des geschädigten Bodens schaffen, ihn jedoch zunächst anfällig für erneute Bodenverdichtungen hinterlassen. Erst eine schonende Folgebewirtschaftung (vgl. Kapitel 6.3) führt zur Entstehung eines dauerhaft stabilisierenden Bodengefüges. Eine Tieflockerung darf nur bei abgetrocknetem Boden durchgeführt werden. Der beste Zeitraum dafür ist der Herbst, da dann in der Regel die besten Bodenfeuchtebedingungen im Jahresverlauf vorliegen. Die Restabilisierung des Bodens erfolgt über den Winter.

Über die Regulierung der Bodenfeuchte werden die Prozesse der Quellung, Schrumpfung und Frostgare gefördert, die eine günstige erneute Gefügebildung zur Folge haben. Tiefwurzelnde, winterharte und stark wasserzehrende Pflanzen wie Luzerne, Lupine, Raps oder Ölrettich unterstützen ebenfalls die Bodenrestrukturierung und -stabilisierung über die Zufuhr organischer Substanz und die Förderung der natürlichen Durchmischung durch Bodenorganismen. Weiterhin kann die Gefügebildung durch Zufuhr und Einarbeitung von Bodendüngern wie Branntkalk oder Löschkalk gefördert werden. Bei kalkhaltigen Unterböden ist auch eine biologische Stabilisierung mit Hilfe von kalkhaltigen Phosphaten zur Förderung der Tiefendurchwurzelung möglich. Weiterhin kann organische Substanz über Wirtschaftsdünger zur Unterstützung der Gefügebildung zugeführt werden.

6.3 Folgebewirtschaftung

Die angepasste Folgebewirtschaftung der in Anspruch genommenen landwirtschaftlichen Nutzflächen ist für die schnellstmögliche Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit und der Ertragsfähigkeit von großer Bedeutung. Durch nicht angepasste Bewirtschaftung im Zuge des Leitungsbaus genutzter Flächen können Verdichtungsschäden, Schäden durch Bodenvermischungen oder Versackungen auftreten. Zur Unterstützung der standortbezogenen Klärung möglicher Schäden und Erarbeitung von Empfehlungen zur Bewirtschaftung ist eine landwirtschaftliche Fachberatung, bei bereits eingetretenen Schäden gegebenenfalls ein bodenkundlicher Sachverständiger, hinzuzuziehen.

Die Folgebewirtschaftung muss insbesondere in labilen Böden die biologische Aktivität zur Unterstützung einer dauerhaften Stabilisierung und Restrukturierung fördern. Die erneute Strukturbildung im (Unter-)Boden durch Schrumpfungs- und Quellungsvorgänge wird erreicht, indem hydraulische Spannungen durch Austrocknungen und Wiederbenetzungen in tonhaltigen Böden ausgelöst werden. Dadurch wird die Wahrnehmung ertragsrelevanter Bodenfunktionen verbessert und die Bodenstabilität nimmt zu.

Insbesondere der Bodenfeuchtezustand ist bei der Folgebewirtschaftung zu beachten. Der Boden sollte dafür möglichst abgetrocknet sein. Zur Minderung des Bodendrucks sind möglichst leichte Maschinen einzusetzen, die über große Aufstandsflächen und gegebenenfalls Reifendruckregelungsanlagen verfügen. Die Bodenbearbeitung sollte strukturschonend erfolgen. Geeignete Verfahren dafür sind das On-Land-Pflügen, konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat. Strukturfördernd ist auch der Anbau von wurzelaktiven wasserzehrenden Gründüngungspflanzen oder Zwischenfrüchten wie Luzerne, Rotklee oder Senf im Rahmen einer Fruchtfolge mit wurzelaktiven Kulturpflanzen wie z. B. Raps oder Hafer. Bei Grünland sollten wenigstens im ersten Jahr nach der Baumaßnahme kein tiefer und früher Schnitt sowie keine Beweidung stattfinden. Auf den Anbau bodenzehrender Hackfrüchte oder spät und mit schweren Maschinen zu erntender Kulturen wie Mais oder Zuckerrüben sollte in den ersten Jahren nach einer Baumaßnahme verzichtet werden.

Eine Erfolgskontrolle der durchgeführten Folgebewirtschaftung im Hinblick auf die Regeneration des Bodens sollte durch regelmäßiges Beobachten des Bestandes und des Bodens erfolgen. Wenn Schadstellen durch oberflächliche Vernässungen, schlechten Kulturpflanzenwuchs oder Versackungen angezeigt werden, sind Bodenuntersuchungen zur Erkundung des Schadens durchzuführen und es ist gegebenenfalls zu meliorieren (siehe auch Kapitel 6.2).

7. Literatur

AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 5. Auflage, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.) in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesrepublik Deutschland, in Kommission: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

BLFUW I Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.) (2012): Richtlinien für die sachgerechte Bodenrekultivierung land- und forstwirtschaftlich genutzter Flächen. Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz - Arbeitsgruppe Bodenrekultivierung, 2. Auflage, Wien.

DVGW I Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. (Hrsg.) (2008): Praxis der Erd- und Oberflächenarbeiten beim Leitungsbau – Technisch sichere, rationelle und wirtschaftliche Planung und Ausführung, 2. überarbeitete Auflage, Bonn.

DVGW I Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. (Hrsg.) (2013): Bodenschutz bei Planung und Errichtung von Gastransportleitungen. Technischer Hinweis – Merkblatt DVGW G 451 (M), Bonn.

Gröger, J., Hamer, K., Blankenburg, J. (2009): Handlungsempfehlung zur Bewertung des Versauerungspotentials von Aushubmaterial durch reduzierte anorganische Schwefelverbindungen. Version 1.1, Fachbereich Geowissenschaften Universität Bremen und Geologischer Dienst für Bremen (GDfB).

GZP – Boden • Wasser • Geologie – GbR (2013): Gutachten „Leitfaden Bodenschutz auf Linienbaustellen", erstellt im Auftrag des LLUR, Flintbek, http://www.schleswig-holstein.de/UmweltLandwirtschaft/DE/BodenAltlasten/015_VollzugshilfenErlasse/01_Boden/ein_node.html

Inns, F. M., Kilgour, J. (1978): Agricultural tyres: Principle of off highway mobility. Dunlop Limited, S. 26-36.

Schäfer, W., Gehrt, E., Müller, U., Blankenburg, J., Gröger, J. (2010a): Sulfatsaure Böden in niedersächsischen Küstengebieten. Geofakten 24, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.

Schäfer, W., Pluquet, E., Weustink, A., Blankenburg, J., Gröger, J. (2010b): Handlungsempfehlungen zur Bewertung und zum Umgang mit Bodenaushub aus (potentiell) sulfatsauren Sedimenten. Geofakten 25, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.

8. Gesetze, Normen und technische Regeln

BauGB	Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 11. Juni 2013 (BGBl. I S. 1548).
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 30 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212).
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 31 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212).
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), zuletzt geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 21. Januar 2013 (BGBl. I S. 95).
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), zuletzt geändert durch § 44 Absatz 4 des Gesetzes vom 22. Mai 2013 (BGBl. I S. 1324).
ROG	Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), zuletzt geändert durch Artikel 9 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585).
UmweltHG	Umwelthaftungsgesetz (UmweltHG) vom 10. Dezember 1990 (BGBl. I S. 2634), zuletzt geändert durch Art. 9 Abs. 5 Gesetz vom 23.11.2007 (BGBl. I S. 2631).
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Februar 2010 (BGBl. I S. 94), zuletzt geändert durch Artikel 10 des Gesetzes vom 25. Juli 2013 (BGBl. I S. 2749).
USchadG	Umweltschadensgesetz vom 10. Mai 2007 (BGBl. I S. 666), zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 23. Juli 2013 (BGBl. I S. 2565).
WHG	Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 6 des Gesetzes vom 21. Januar 2013 (BGBl. I S. 95).
DIN 18915	Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten, Ausgabe 2002-08.
DIN 19731	Bodenbeschaffenheit - Verwertung von Bodenmaterial, Ausgabe 1998-05.
LAGA M20	Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20: - Allgemeiner Teil (Überarbeitung vom 06.11.2003); - Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden) (Stand: 05.11.2004); - Teil III: Probenahme und Analytik (Stand: 05.11.2004).

Anhang A – Übersicht der bodenkundlichen und geologischen Kartenwerke

Tabelle A1: Für Schleswig-Holstein nutzbare bodenkundliche Kartenwerke in der Reihenfolge ihrer Priorisierung

Name[1]	Kartenblätter	Maßstab	Art	Bezug
BK25	verfügbar[3] für etwa die Hälfte der Landesfläche	1:25.000	gedruckt; Vektordatei	LLUR[3]
Bodenschätzung und bodenkundliche Ableitungen (Bodenfunktionsbewertungskarten[5])	verfügbar für die landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzten Flächen des Landes	variabel	Vektordatei; Landwirtschafts- und Umweltatlas Schleswig-Holstein	LLUR, Internet[4]
Boden-Sonderkarten	Stadt Kiel und Umland, Forstamt Segeberg	1:20.000 1:25.000	gedruckt; digital (georeferenziert)	LLUR[3]
BK10, BK5	vor allem westliche Landesteile	1:10.000 1:5.000	gedruckt; digital (georeferenziert)	LLUR[3]
BK50	L2526	1:50.000	Vektordatei, pdf	LLUR[3]
Insel Fehmarn	1 Kartenblatt	1:50.000	gedruckt	LLUR[3]
Böden der Eiderniederung	1 Kartenblatt	1:100.000	gedruckt; digital (pdf; georeferenziert)	LLUR[3]
BÜK200	liegt für Schleswig-Holstein flächendeckend vor (6 Kartenblätter)	1:200.000	gedruckt; digital (pdf, jpeg, png, tiff, ESRI shape)	Geoshop[2] Hannover (online-shop)
Karten der Holozänmächtigkeit	17 Kartenblätter	1:25.000	gedruckt; digital (tiff; georeferenziert)	LLUR[3]
Karten der Holozänmächtigkeit	7 Kartenblätter (Süderau- und Mielegebiet)	1:10.000	gedruckt; digital (tiff; georeferenziert)	LLUR[3]

1 BK: Bodenkarte, BÜK: Bodenübersichtskarte

2 http://www.geoshop-hannover.de

3 http://www.umweltdaten.landsh.de/bestell/bestellpubl.html

4 http://www.umweltdaten.landsh.de/atlas/script/index.php

5 http://www.schleswig-holstein.de/UmweltLandwirtschaft/DE/BodenAltlasten/03_BodenzustandUntersuchung/05_Bodenbewertung/PDF/ErlaeuterungenNutzer__blob=publicationFile.pdf

Tabelle A2: Für Schleswig-Holstein nutzbare geologische Kartenwerke

Name[1]	Kartenblätter	Maßstab	Art	Bezug
GÜK250	Karte der Landesfläche	1:250.000	gedruckt; digital (pdf)	LLUR[2]
GK25	verfügbar für etwa die Hälfte der Landesfläche	1:25.000	gedruckt; digital (georeferenziert)	LLUR[2, 3]
Ingenieur-geologische Planungskarte	16 Kartenblätter	1:50.000 1:10.000 1:5.000	gedruckt	LLUR[2]

1 GK: Geologische Karte, GÜK: Geologische Übersichtskarte

2 http://www.umweltdaten.landsh.de/bestell/bestellpubl.html

3 http://www.umweltdaten.landsh.de/atlas/script/index.php

Anhang B – Muster eines Maschinenkatasters mit Klassifizierung der Verdichtungsgefährdung

Beispiel eines vereinfachten Maschinenkatasters mit Bewertung des Gefährdungspotentials für Bodenverdichtungen für repräsentative schleswig-holsteinische Böden

Geräteart (Beispiele)	(zulässiges) Gesamt-gewicht [kg]	Kontakt-flächen-druck [kg cm^{-2}]	Gefährdungspotential bei Feldkapazität			
			Schluffige und tonige Böden der Marsch (z. B. Klei-marsch, Kalkmarsch)	Sandige Böden der Geest (z. B. Podsol, Gley)	Sandige und lehmige Böden des östlichen Hügellandes (z. B. (Para-) Braun-erde, Pseudogley)	Moore (Hochmoor, Niedermoor)
Kettenbagger	27.230	0,40	🟢	🟢	🟢	🟢
	25.600	0,35	🟢	🟢	🟢	🟢
	25.500	0,37	🟢	🟢	🟢	🟢
	22.130	0,28	🟢	🟢	🟢	🟢
	25.300	0,30	🟢	🟢	🟢	🟢
	20.000	0,29	🟢	🟢	🟢	🟢
	12.450	0,36	🟢	🟢	🟢	🟢
Minibagger	4.000	0,20	🟢	🟢	🟢	🟢
	1.720	0,30	🟢	🟢	🟢	🟢
Raupen	18.200	0,26	🟢	🟢	🟢	🟢
	18.200	0,26	🟢	🟢	🟢	🟢
	16.000	0,23	🟢	🟢	🟢	🟢
Kettendumper	22.700	0,29	🟢	🟢	🟢	🟢
	17.900	0,28	🟢	🟢	🟢	🟢
	15.500	0,29	🟢	🟢	🟢	🟢
Rohrleger	95.000	1,01	🟠	🟢	🟢	🟠
	90.000	0,90	🟠	🟢	🟢	🟠
	85.000	0,79	🟢	🟢	🟢	🟠
	60.000	0,87	🟠	🟢	🟢	🟠
Bohranlagen	19.000	0,54	🟢	🟢	🟢	🟢
	14.200	0,77	🟢	🟢	🟢	🟠
	7.000	0,47	🟢	🟢	🟢	🟢
Mobilbagger	15.100	2,92	🟠	🟠	🟠	🟠
	14.400	2,78	🟠	🟠	🟠	🟠
Kabeltransportanhänger	29.250	6,57	🟠	🟠	🟠	🟠
	22.000	2,29	🟠	🟠	🟠	🟠
	18.000	4,98	🟠	🟠	🟠	🟠
Rohrtransporter	22.000	2,60	🟠	🟠	🟠	🟠
Schlepper	14.000	1,06	🟠	🟢	🟢	🟠
	11.000	1,00	🟠	🟢	🟢	🟠
	8.000	0,88	🟠	🟢	🟢	🟠
Radlader	8.330	1,27	🟠	🟢	🟠	🟠
	6.400	1,14	🟠	🟢	🟢	🟠
	6.000	1,52	🟠	🟢	🟠	🟠
	5.170	1,10	🟠	🟢	🟢	🟠
Muldenkipper	21.000	2,43	🟠	🟠	🟠	🟠
	12.000	1,18	🟠	🟢	🟢	🟠
	22.000	2,55	🟠	🟠	🟠	🟠

🟠 Spannungseintrag ist höher als die Eigenstabilität des Bodens in 40 cm Bodentiefe (Unterbodenverdichtung)

🟢 Spannungseintrag ist geringer als die Eigenstabilität des Bodens in 40 cm Bodentiefe (keine Unterbodenverdichtung)

Anhang C – Checklisten zum Bodenschutz auf Linienbaustellen

Inhaltsübersicht

Checkliste 1: Ergänzende Bodenkartierung

Checkliste 2: Maschinendaten

Checkliste 3: Bodenmanagementplanung

Checkliste 4: Grundlegende Aufgaben der Bodenkundlichen Baubegleitung

Checkliste 5: Bodenkundliche Baubegleitung beim Bodenabtrag

Checkliste 6: Bodenkundliche Baubegleitung bei der Zwischenlagerung

Checkliste 7: Bodenkundliche Baubegleitung bei der Wiederverfüllung

Checkliste 8: Bodenkundliche Baubegleitung bei sulfatsauren Böden

Checkliste 9: Bodenkundliche Baubegleitung bei organischen Böden/Torfen

Checkliste 10: Bodenkundliche Baubegleitung bei Einsatz von ortsfremdem Material

Checkliste 11: Bodenkundliche Baubegleitung bei Wasserhaltung

Checkliste 12: Bodenkundliche Baubegleitung bei der Rekultivierung

Checkliste 13: Bodenkundliche Baubegleitung bei der Melioration

Checkliste 14: Bodenkundliche Baubegleitung bei der Folgebewirtschaftung

Checkliste 1: Ergänzende Bodenkartierung

Lfd. Nr.	Parameter bei erforderlicher ergänzender Bodenkartierung	erforderlich		gewährleistet		Bemerkungen
		ja	nein	ja	nein	
1	Profilaufnahme nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (KA 5; AG Boden 2005)					
2	Eindringwiderstand					
3	Fotodokumentation des Ausgangszustandes					

	Nutzung der ermittelten Informationen zur					
1	Erstellung einer Bohrdatenbank					
2	Ableitung von Informationen zur notwendigen Bodentrennung					
3	Ableitung bodenmechanischer Kennwerte (Befahrbarkeit, Belastbarkeit, Stabilität)					
4	Darstellung der Ergebnisse auf Trassenplänen nach vorgefundenen pedologischen Einheiten					

Checkliste 2: Maschinendaten

Lfd. Nr.	Parameter	Daten
1	Gerätebezeichnung	
2	Art des Fahrwerkes (Rad- oder Kettenfahrzeug)	
3	Leergewicht	
4	Zulässiges Gesamtgewicht	
5	Zulässige Achslasten (vorne und hinten)	
6	Ggf. geplante Zuladung	
7	Kettenbreite/Reifendimensionen	
8	Kettenlänge (Aufstandslänge)	
9	Anzahl Achsen (Reifenbestückung)	

Checkliste 3: Bodenmanagementplanung

Lfd. Nr.	Durchzuführende Arbeitsschritte	erforderlich		durchgeführt		Bemerkungen
		ja	nein	ja	nein	
1	Ausweisung von Böden im Trassenverlauf, die besonders empfindlich sind und besondere Arbeitsweisen erfordern (z. B. besonders verdichtungsempfindliche, besonders nasse Böden oder Böden mit besonders hohen Gehalten an organischer Substanz)					
2	Abgrenzung von Substraten und Horizonten sowie Angaben zu Mächtigkeiten und Tiefenlagen					
3	Anzahl und Mengenabschätzung der zu trennenden Substrate, Berechnung der benötigten Lagerflächen (unter Einhaltung der zulässigen Maximalhöhen) und der Breite des insgesamt benötigten Arbeitsstreifens, Festlegung der Lagerflächen für Aushubmaterial					
4	Festlegung des Verlaufs von Zuwegungen zur Trasse (z. B. Nutzung vorhandener Wirtschaftswege), von Baustelleneinrichtungsflächen sowie der Art der Befestigung der Baustelleneinrichtungsflächen					
5	Gewährleistung des Schutzes empfindlicher Böden im Bereich der bestehenden Leitung bei zeitnah aufeinander folgenden Parallelverlegungen von Leitungen					
6	Boden- und witterungsangepasste Bau- und Terminplanung im Jahresverlauf unter Berücksichtigung der Bodenempfindlichkeit (z. B. Festlegung von Bereichen, in denen Bauarbeiten möglichst nur im Sommer unter trockenen Bedingungen stattfinden sollten)					

Checkliste 4: Grundlegende Aufgaben der Bodenkundlichen Baubegleitung

Lfd. Nr.	Durchzuführende Arbeitsschritte	erforderlich		durchgeführt		Bemerkungen
		ja	nein	ja	nein	
1	Regelmäßige Baustellenbegehungen					
2	Durchführung begleitender Messungen (z. B. Bodenwassergehalt) und Begutachtung der Baumaßnahmen hinsichtlich witterungsangepasster Arbeitsweisen und der Einhaltung der Bodenschutzbestimmungen					
3	Dokumentation aller bodenrelevanten Belange des Baubetriebs und der Bauausführung (Bautagebuch, Fotodokumentation, Abnahmeprotokolle, Abschlussdokumentation etc.)					
4	Beratung hinsichtlich des sachgerechten und bodenschonenden Maschineneinsatzes (Befahrbarkeit, Tabuflächen, Baustraßen, Überfahrten)					
5	Teilnahme und Beratung bei Bau- und Bauabschnittsbesprechungen					
6	Überprüfung des Bodenmanagements (sachgerechter Ausbau, Bodentrennung, Zwischenlagerung, Wiedereinbau)					
7	Begutachtung und Untersuchung von Erdbaustoffen (Materialkontrollen, Eignungsprüfungen, Verwertungsklassen)					
8	Begutachtung und Beratung hinsichtlich der sachgerechten Wiederherstellung von ehem. Aushubbereichen					
9	Ggf. Überprüfung der Gewässergüte und Wasserhaltung (Wasserbeprobungen)					
10	Beweissicherung im Schadensfall (Feldmessungen, Probenahmen, Stellungnahmen) und Meliorationsvorschläge					
11	Empfehlungen zur sachgerechten Rekultivierung und Beratung zur Folgebewirtschaftung in Abstimmung mit dem Grundeigentümer oder dem zuständigen landwirtschaftlichen Berater					
12	Begleitung von Behörden bei Ortsbesichtigungen					
13	Mediation bei Gesprächen/Konflikten mit Eigentümern, Pächtern oder Behörden					

Checkliste 5: Bodenkundliche Baubegleitung beim Bodenabtrag

Lfd. Nr.	Durchzuführende Arbeitsschritte	erforderlich		durchgeführt		Bemerkungen
		ja	nein	ja	nein	
1	Grünland: Vor Beginn des Bodenabtrages Abtrag des Grasbestandes und ggf. Abfräsen der Grasnarbe					
2	Ackerland: Vor Beginn des Bodenabtrages Abernten des ggf. vorhandenen Pflanzenbestandes					
3	Oberbodenabtrag nur im Bereich des geplanten Leitungsgrabens sowie ggf. bei Lagerflächen der Unterbodenmieten					
4	Bodenbearbeitung bei möglichst niedrigem Bodenwassergehalt (trockene Böden sind stabiler als nasse)					
5	Keine Erdarbeiten bei wassergesättigten Bodenverhältnissen					
6	Horizont-/schichtweiser Bodenabtrag (Trennung von Ober- und Unterboden sowie ggf. bei Substratwechseln, organischen oder sulfatsauren Böden)					
7	Durchführung der Abtragsarbeiten nur mit Kettenbaggern (mit möglichst breiten Ketten)					
8	Bei schadstoffbelasteten Böden besondere Entsorgungswege berücksichtigen					

Checkliste 6: Bodenkundliche Baubegleitung bei der Zwischenlagerung

Lfd. Nr.	Durchzuführende Arbeitsschritte	erforderlich		durchgeführt		Bemerkungen
		ja	nein	ja	nein	
1	Abtragen und seitliches Ablegen des Bodenmaterials in einem Arbeitsgang					
2	Längere Transportwege und Umlagerungen vermeiden					
3	Bodenmieten vorzugsweise direkt auf dem benachbarten Oberboden oder im Fall von Unterboden ggf. auf dem Unterboden trassenparallel und trapezförmig anlegen (Schütthöhe max. 2 m bei Oberboden, bei Unterboden im Ausnahmefall bis zu 3 m)					
4	Bodendepots gut durchlüften lassen (möglichst trockene Schüttung)					
5	Substratvermischungen vermeiden, Lagerung von Ober- und Unterboden (und ggf. weiterer Schichten) getrennt nebeneinander					
6	Aneinanderlagerung von Bodenmieten vermeiden, sonst Geovlies zur Trennung vorsehen					
7	Bei längerer Lagerung (> 2-3 Monate) Zwischenbegrünung aus tiefwurzelnden, wasserzehrenden Pflanzen (z. B. geimpfte Luzerne-Kleegrasmischung)					
8	Mieten nicht in Muldenlage anlegen, Vernässungen vermeiden					
9	Bei auftretender Vernässung in Abstimmung mit der zuständigen Wasserbehörde temporäre Oberflächenentwässerung und Wasserableitung einrichten					
10	Mieten aus bindigen Substraten nicht befahren					
11	Bei Grünland: Sicherung von Grünlandsoden (in erosionsgefährdeten Gebieten) auf den Oberbodenmieten (keine neue Ansaat erforderlich, Ausbreitung von Unkräutern wird dezimiert)					
12	Depots aus potentiell sulfatsauren Substraten nicht austrocknen lassen					
13	Depots aus Torfen nicht austrocknen lassen					

Checkliste 7: Bodenkundliche Baubegleitung bei der Wiederverfüllung

Lfd. Nr.	Durchzuführende Arbeitsschritte	erforderlich		durchgeführt		Bemerkungen
		ja	nein	ja	nein	
1	Bodenmaterial schichtenkonform einbauen, Vermischungen vermeiden					
2	Vorhandene Wasserhaltung bis zur Verfüllung des Unterbodens in Betrieb lassen, anderenfalls Leitungsgraben vor Wiedereinbau des Bodens leerpumpen					
3	Ggf. bauliche Maßnahmen zur Verringerung von Drainagewirkungen des Leitungsgrabens treffen (z. B. Einbau von Tonriegeln)					
4	Übermäßige Verdichtung oder Verschmierung des Unterbodens vermeiden, ggf. Überprüfung mittels stichprobenartiger Penetrologger- und Scherflügel-messungen und Dokumentation					
5	Verfüllten bindigen Unterboden möglichst nicht befahren					
6	Bodenmieten aus bindigen Substraten möglichst nicht befahren (Arbeitsweise vor Kopf oder von der Baustraße aus)					
7	Falls Unterbodenmieten auf dem gewachsenen Oberboden angelegt wurden, diese restlos entfernen					
8	Unterbodenplanum: Andrücken mit der Baggerschaufel (in bindigen Substraten keine Schaffuß- oder Grabenwalzen nutzen und auf keinen Fall Vibrations-verdichtungen durchführen); bindige Substrate nicht glattstreichen, um Poren nicht zu verschmieren					
9	Oberbodenplanum: Befahrung mit geeigneten Kettenfahrzeugen mit geringen Kontaktflächendrücken ist bei abgetrocknetem Boden zulässig; leichte Über-höhung vorsehen, um die natürliche Setzung des Bodens zu ermöglichen und Sackungen zu vermeiden					
10	Ggf. Wiederherstellung von Grüppen und Gräben, die in offener Bauweise gequert wurden					
11	Bei erforderlicher Verfüllung mit ortsfremdem Material darauf achten, dass Textur und Qualität derjenigen des Bodens im Bereich der Auffüllung entsprechen					
12	Überschüssiges Bodenmaterial, das für eine Wiederverwendung auf den betroffenen Flächen nicht geeignet ist, gemäß geltender Richtlinien abfahren und ggf. entsorgen					

Checkliste 8: Bodenkundliche Baubegleitung bei sulfatsauren Böden

Lfd. Nr.	Durchzuführende Arbeitsschritte	erforderlich		durchgeführt		Bemerkungen
		ja	nein	ja	nein	
1	Zur Identifikation sulfatsauren Bodenmaterials auf strohgelbe Jarositausfällungen achten; zur Vor-Ort-Analytik evt. begleitende Salzsäure-Schnelltests sowie Messungen der pH-Werte (ggf. nach Oxidation mit H_2O_2) durchführen; ggf. Laborbestimmungen des Säurebildungspotenzials und der Säureneutralisations-kapazität veranlassen, um aktuell und potentiell sulfatsaure Trassenbereiche identifizieren zu können					
2	Vermischungen von aktuell sulfatsaurem, potentiell sulfatsaurem und nicht sulfatsaurem Material verhindern (einzeln ausheben und zwischenlagern; in der Regel Trennung nach Oberboden sowie nach aktuell und potentiell sulfatsaurem Material)					
3	Lagerzeit (v. a. von potentiell sulfatsaurem Material) so kurz wie möglich halten					
4	Bei kurzfristiger Lagerung ist eine Zwischenlagerung auf benachbartem Oberboden zulässig					
5	Wasserhaltung im Leitungsgraben auf das unbedingt erforderliche Maß beschränken					
6	Zur Abschätzung der Verockerungsgefahr von Vorflutern regelmäßige Unter-suchungen des Pumpwassers auf Frachten an reduziertem Eisen vorsehen					
7	Austrocknung von potentiell sulfatsaurem Material bestmöglich verhindern (bei absehbar sehr warmer und trockener Witterung Abdeckung der Mieten mit Folie; keine Bewässerung vorsehen, um Säureeintrag in den anstehenden Oberboden zu verhindern)					
8	Boden aus aktuell und potentiell sulfatsauren Depots beim Wiedereinbau möglichst weit entfernt vom anstehenden Oberboden einbringen					
9	Wiedereinbau von potentiell sulfatsaurem Boden anaerob und schichtenkonform unterhalb der Grundwasseroberfläche					
10	Aktuell sulfatsauren Boden in ursprünglicher Tiefenlage wieder einbauen, keine Vermischung mit dem nicht sulfatsauren Oberboden					
11	Im Zuge der Rekultivierung die betroffenen Flächen kalken, um ggf. in den Oberboden eingetragene Säurefrachten zu neutralisieren; zur Kontrolle pH-Wert-Messungen durchführen					

Checkliste 9: Bodenkundliche Baubegleitung bei organischen Böden/Torfen

Lfd. Nr.	Durchzuführende Arbeitsschritte	erforderlich		durchgeführt		Bemerkungen
		ja	nein	ja	nein	
1	Aufgrund der geringen Tragfähigkeit von Torfen nur Maschinen mit sehr geringen Kontaktflächendrücken und Kettenlaufwerk (z. B. Bagger mit Moorlaufwerk) einsetzen bzw. befestigte Baustraße oder Lastverteilungsplatten vorsehen					
2	Ggf. Trennung von Substraten oberhalb und unterhalb der Grundwasseroberfläche					
3	Zwischenlager aus Torfen nicht stark austrocknen lassen, um Schrumpfung und Mineralisation der organischen Substanz so gering wie möglich zu halten (Zwischenlagerung so kurz wie möglich, ggf. Mietenabdeckung mit Planen oder Folien oder eine Bewässerung einplanen)					
4	Bei überschlickten Torfen der Marsch oder übersandeten Moorflächen Vermischungen von mineralischem mit organischem Material unbedingt vermeiden (insbesondere besteht bei Eintrag von Torf in den Oberboden die Gefahr von Volumen- und Stabilitätsverlusten)					
5	Wasserhaltungsmaßnahmen im Kabelgraben auf das unbedingt erforderliche Maß beschränken, um die Entwässerung des anstehenden Torfes und damit Volumenverluste durch Sackung, Schrumpfung und Mineralisation möglichst zu verhindern					
6	Im Zuge der Rekultivierung die betroffenen Flächen kalken, um ggf. in den Oberboden eingetragene Säurefrachten zu neutralisieren; zur Kontrolle pH-Wert-Messungen durchführen					

Checkliste 10: Bodenkundliche Baubegleitung bei Einsatz von ortsfremdem Material

Lfd. Nr.	Durchzuführende Arbeitsschritte	erforderlich		durchgeführt		Bemerkungen
		ja	nein	ja	nein	
1	Bodenart					
2	pH-Wert					
3	Gehalt an organischer Substanz					
4	Kalkgehalt bei Marschböden					
5	Materialuntersuchung gemäß BBodSchV (für den Bereich der durchwurzelbaren Bodenschicht) bzw. Untersuchung und Bestimmung der Einbauklasse nach LAGA M20 (für den Bereich unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht)					
6	Gehalte der Hauptnährelemente (P, K und Mg) im Oberboden					
7	Wassergehalt zum Einbauzeitpunkt					

Checkliste 11: Bodenkundliche Baubegleitung bei Wasserhaltung

Lfd. Nr.	Durchzuführende Arbeitsschritte	erforderlich		gewährleistet		Bemerkungen
		ja	nein	ja	nein	
1	Gewährleistung des ordnungsgemäßen Abflusses der zur Einleitung genutzten Vorfluter, um Vernässungen angrenzender Flurstücke zu vermeiden					
2	Böschungsschonende Einleitung des Wassers					
3	Sicherstellen, dass die Pumpenschläuche ausreichende Längen und Dichtigkeiten bis zu den geeigneten Einleitstellen aufweisen, um flächenhafte Vernässungen zu vermeiden					
4	Zur Vermeidung von Gefährdungen von Boden und Gewässer durch belastetes Pumpwasser, v. a. im Hinblick auf Eisen- und Salzkonzentrationen, ggf. begleitende Messungen der relevanten Parameter durchführen					
5	Kontrolle hinsichtlich des ordnungsgemäßen Rückbaus temporärer Grabenüberfahrten und Wiederherstellung der Gewässer und Ufer, Beseitigung von Sedimenteinträgen					

Checkliste 12: Bodenkundliche Baubegleitung bei der Rekultivierung

Lfd. Nr.	Durchzuführende Arbeitsschritte	erforderlich		durchgeführt		Bemerkungen
		ja	nein	ja	nein	
1	Rekultivierung der in Anspruch genommenen Flächen zeitnah nach Wiederherstellung der Fläche bei abgetrocknetem Boden (Kontrolle durch begleitende Wasserspannungs- und Niederschlagsmessungen)					
2	Bei schonender und kontrollierter Bauausführung sowie geeigneter Maschinenwahl Bodenverdichtungen nur oberflächlich im Bereich der Baustraßen bzw. Fahrspuren zulassen					
3	Lockerungsbedarf bzw. Lockerungstiefe im Vorfeld durch Messungen der Eindringwiderstände ermitteln					
4	Einsatz flach lockernder Geräte (z. B. Schwergrubber bis max. 30 cm Bodentiefe) ist zumeist ausreichend					
5	Dokumentation des Bodenzustandes nach der Rekultivierung durch begleitende Untersuchungen (Ermittlung von Horizontmächtigkeiten, Substratvermischungen, Verdichtungen)					

Checkliste 13: Bodenkundliche Baubegleitung bei der Melioration

Lfd. Nr.	Durchzuführende Arbeitsschritte		erforderlich ja	erforderlich nein	durchgeführt ja	durchgeführt nein	Bemerkungen
1	Mechanische Melioration (primäre Lockerung von Verdichtungen)	Erfassung der Lockerungs- oder Austauschbedürftigkeit mittels Messungen der Eindringwiderstände oder Kleinbohrungen (sollten Sondierungen über der verlegten Leitung notwendig sein, ist bei der Wahl der Messtiefe die Verlegetiefe der Leitung zu beachten und das Vorgehen mit dem Auftraggeber abzustimmen)					
2		Tieflockerung nur bei trockenem Boden durchführen (begleitende Wasserspannungsmessungen, Ausrollgrenze bei bindigen Böden beachten)					
3		Tieflockerung möglichst im Herbst, da zu dieser Zeit in der Regel die besten Bodenfeuchtebedingungen im Jahresverlauf vorherrschen (die Restabilisierung des Bodens erfolgt über den Winter)					
4		Mögliche Verfahren: Hublockerungs- und Abbruchlockerungsverfahren (starre Verfahren: Tiefen- und Schichtengrubber, Parapflug; bewegliche Verfahren: Wippschar-, Abbruch-und Hubschwenklockerer (MM100, TLG12 etc.))					
5	Hydromelioration (sekundäre Lockerung, Bedarfsdränierung) zur Regulierung der Bodenfeuchte und Förderung der Schrumpfungsdynamik bzw. zur Verbesserung des Restrukturierungsverhaltens (Quellung, Schrumpfung, Frostgare)						
6	Biomelioration	Unterstützung der Bodenrestrukturierung und -stabilisierung über tiefwurzelnde, winterharte und stark wasserzehrende Pflanzen (z. B. bakteriengeimpfte Luzerne, Lupine, Raps oder Ölrettich)					
7		Zufuhr organischer Substanz (Förderung der natürlichen Durchmischung durch Bodenorganismen)					
8	Chemomelioration	Förderung der Gefügebildung durch Zufuhr und Einarbeitung von Branntkalk oder Löschkalk (Gefügekalkung)					
9		Bei kalkhaltigen Unterböden möglicherweise biologische Stabilisierung mit Hilfe von kalkhaltigen Phosphaten zur Förderung der Tiefendurchwurzelung					
10		Einsatz organischer Substanz als Bodenhilfsstoff für sandige Böden (Rottemist, Gründüngung, Kompost, Klärschlamm, Torf)					

Checkliste 14: Bodenkundliche Baubegleitung bei der Folgebewirtschaftung

Lfd. Nr.	Durchzuführende Arbeitsschritte	erforderlich		durchgeführt/ gewährleistet		Bemerkungen
		ja	nein	ja	nein	
1	Bei Befahrungen der Flächen Bodenfeuchtezustand beachten (Befahrungen möglichst in abgetrocknetem Zustand)					
2	Bei Befahrungen der Flächen Bodendruck beachten (Befahrungen mit möglichst leichten Maschinen bzw. bei großen Aufstandsflächen und geringem Reifen-druck)					
3	Strukturschonende Bodenbearbeitung: On-land-Pflügen, konservierende Boden-bearbeitung, Direktsaat					
4	Optimal: Anbau von wurzelaktiven wasserzehrenden Gründüngungspflanzen oder Zwischenfrüchten (bakteriengeimpfte Luzerne, Rotklee, Senf etc.) im Rahmen einer Fruchtfolge mit wurzelaktiven Kulturpflanzen wie z. B. Raps oder Hafer					
5	Kein tiefer und früher Schnitt sowie keine Beweidung bei Grünland wenigstens im ersten Jahr nach der Baumaßnahme					
6	Kein Anbau bodenzehrender Hackfrüchte oder spät und mit schweren Maschinen zu erntender Kulturen wie Mais oder Zuckerrüben in den ersten Jahren nach einer Baumaßnahme					
7	Erfolgskontrolle der durchgeführten Folgebewirtschaftung im Hinblick auf die Regeneration des Bodens durch regelmäßiges Beobachten des Bestandes und des Bodens					
8	Bei visuell erkennbaren Schadstellen (Vernässungen, schlechter Wuchs, Versackungen) Bodenuntersuchungen zur Erkundung des Schadens durchführen und vom Schadensverursacher ggf. eine Melioration durchführen oder in Auftrag geben lassen					