Neubau einer Gastransportleitung nach EnWG Süddeutsche Erdgasleitung (SEL)

Teil E: Umweltfachliche Unterlagen

Unterlage 14 – Fachbeitrag Bodenschutz

Teilabschnitt Grenze Regierungsbezirk Darmstadt (Hessen)/Karlsruhe – Grenze Regierungsbezirk Karlsruhe/Stuttgart

Verantwortliche

Vorhabenträgerin	terranets bw GmbH Am Wallgraben 135, 70565 Stuttgart
Auftragnehmer Planungsbüro in Kooperation mit:	DMT Engineering & Surveying GmbH & Co. KG Bobenfeld 1, 44652 Herne
Projektsteuerung	Drees & Sommer SE, NL Stuttgart, Obere Waldplätze 13, 70569 Stuttgart
Umweltplanung	Bosch & Partner GmbH, NL Herne, Kirchhofstraße 2c, 44623 Herne
Bodenschutzkonzept	Bearbeitet von: Ingenieurbüro Dr. Norbert Feldwisch Karl-Philipp-Straße 1, 51429 Bergisch Gladbach

ARGE SEL Ingenieurdienstleister

im Auftrag der terranets bw GmbH

Inhalt

1. Allgemeines 6
1.1. Kurzbeschreibung des Vorhabens 6
1.2. Aufgabenstellung und Inhalte des Bodenschutzkonzeptes 6
2. Rechtliche und normative Vorgaben 8
2.1. Rechtliche Anforderungen zum vorsorgenden Schutz der Böden bei Bauvorhaben 8
2.2. Anforderungen der Mantelverordnung 9
2.3. Normative Vorgaben 10
3. Untersuchungsgegenstand 12
3.1. Böden im Bauabschnitt 3b 12
3.2. Böden im Bauabschnitt 4 13
4. Wirkfaktoren und Wirkorte 14
4.1. Wirkfaktoren 14
4.2. Wirkorte und -intensitäten 15
5. Datengrundlagen 19
6. Erfassungskriterien 20
7. Bodenschutzfachliche Erfassungs- und Bewertungsmethoden 21
7.1. Grundlegende Hinweise zu den Auswertungen 21
7.2. Natürliche Bodenfunktionen und Archivfunktionen 21
7.3. Erfassung und Bewertung der Bodenfunktionen und Empfindlichkeiten 24
7.4. Potenzielle Winterbautauglichkeit 30
8. Vorhabenbezogene Wirkungsanalyse 31
8.1. Vorhabenspezifische Wirkungen 31
8.2. Vermeidung und Minderung der Beeinträchtigungen 34
8.3. Eingriffsbewertung und Kompensation 57
9. Zusammenfassung 64
10. Literaturverzeichnis 65

Korrekturen und Änderungen, die nach der Einreichung des Antrags vorgenommen wurden, sind in blauer Schrift dargestellt und in folgenden Kapiteln und Anlagen zu finden:

- 7.3.1 Vorbemerkungen
- 8.1.1 Versiegelungen
- 8.3.1 Ermittlung und Bewertung verbleibender Beeinträchtigung
- Anlage 1-6 und 8: Plannummern 00600, 00700, 00900, 00100, 00500, 02300, 02400, 02500
  Anlage 7: 01100, 01200, 01300, 01250, 01260, 01700, 00100, 00900, 04600, 04700, 04800, 04900, 05000

Abbildungsverzeichnis

Abb. 4-1: Regelgrabenprofil SEL bei offener Rohrverlegung mit Wirkorten, -intensitäten und -faktoren; Typical zur SEL II, befestigte Baustraße ergänzt durch das Ingenieurbüro Feldwisch .17
Abb. 4-2: Regelgrabenprofil SEL bei offener Rohrverlegung bei Waldstandorten 18
Abb. 7-1: Matrix zur Bewertung der Verdichtungsempfindlichkeit anhand von Bodenmerkmalen (Quelle: Schädliche Bodenverdichtung vermeiden. Hrsg. vom LfULG, Freiberg).....27

Tabellenverzeichnis

Tab. 5-1: Schutzgut Boden – Erfassungskriterien und Datengrundlagen.....19
Tab. 7-1: Flächen- und Längenkategorien zur SEL-Bilanzierung Abschnitte 3b & 4 24
Tab. 7-2: Altlasten und Verdachtsflächen im Trassenverlauf.....30
Tab. 7-3: Bewertungsschema der potenziellen Winterbautauglichkeit*,** (eigene Bewertung) ...31
Tab. 8-1: Versiegelungen.....31
Tab. 8-2: Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen 55
Tab. 8-3: Ermittlung und Bewertung verbleibender Beeinträchtigungen 61

Anlagen

Anlage 1: A1_SEL_II_Bodentypen_BK50

Anlage 2: A2_SEL_II_Bodenfunktionsbewertung

Anlage 3: A3_SEL_II_Verdichtungsempfindlichkeit ~~_UBo~~

Anlage 4: A4_SEL_II_Substrattrennung

Anlage 5: A5_SEL_II_Erosion_ABAG

Anlage 6: A6_SEL_II_Quergefälle_Neigung

Anlage 7: A7_SEL_II_Bodenschutzplan

Anlage 8: A8_SEL_II_Eingriffsflächen

Abkürzungsverzeichnis

ABAG	Allgemeine Bodenabtragsgleichung
Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
BauGB	Baugesetzbuch
BBB	Bodenkundliche Baubegleitung
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BBodSchV n. F.	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung in der neuen Fassung, gültig ab 01.08.2023
BBPlG	Bundesbedarfsplangesetz
BE-Flächen	Baustelleneinrichtungsflächen
BGBl.	Bundesgesetzblatt
BK50	Bodenkarte im Maßstab 1:50.000
BK5	Bodenkarte im Maßstab 1:5.000
BNetzA	Bundesnetzagentur
BSK	Bodenschutzkonzept
BSP	Bodenschutzplan
BWaldG	Bundeswaldgesetz
BWE	Bodenwerteeinheit
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
DIN	Deutsches Institut für Normung
DN	Nennweite
et al.	et alii
etc.	et cetera
GDRM	Gasdruck-Regel- und Messanlage
GIS	geographisches Informationssystem
i. d. R.	in der Regel
i. V. m.	in Verbindung mit
KA5	Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage (BGR 2005)
LGRB	Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
LBodSchAG	Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetz
LBP	Landschaftspflegerischer Begleitplan
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
OBO	Oberboden
Pl.-Nr.	Plannummer
SEL	Süddeutsche Erdgasleitung
u. a.	unter anderem
UBO	Unterboden
vgl.	vergleiche
WnE	Wertstufe nach Eingriff
WvE	Wertstufe vor Eingriff
z. B.	zum Beispiel

1. Allgemeines

1.1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die terranets bw ist ein unabhängiger Transportnetzbetreiber für Gas nach § 10 EnWG mit Sitz in Stuttgart. Mit ihrem rund 2.700 km langen Leitungsnetz stellt sie den Gastransport von Niedersachsen bis an den Bodensee sicher. Das Transportnetz wird von terranets bw seit 60 Jahren bedarfsgerecht ausgebaut. Dadurch sorgt das Unternehmen für die Versorgungssicherheit der Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg und Hessen, die an das Leitungsnetz der terranets bw angebunden sind.

Die Stadtwerke, Verteilnetzbetreiber, Kraftwerke und Industrieunternehmen, die an das Netz der terranets bw angeschlossen sind, melden für die nächsten Jahre deutlich steigende Gastransportbedarfe. Damit der Umbau der Energieinfrastruktur gelingt und eine sichere Energieversorgung trotz vereinbartem Ausstieg aus Atom- und Kohleenergie garantiert werden kann, ist der Ausbau des Gastransportnetzes der terranets bw notwendig.

Aus diesem Grund plant terranets bw den Bau der ca. 250 km langen Süddeutschen Erdgasleitung (SEL) von Lampertheim in Hessen über Heidelberg, Heilbronn, Ludwigsburg, Esslingen, Göppingen, Heidenheim bis nach Bissingen in Bayern.

Diese Transportleitung wurde ab 2003 von den damaligen Unternehmen E.ON Ruhrgas (heute Open Grid Europe) und Wingas (heute GASCADE) unter dem Projektnamen „Süddeutsche Erdgasleitung (SEL)“ geplant. Durch die Übernahme der Planung der SEL von der OGE (Open Grid Europe) hat terranets bw die Grundlage für einen effizienten und ressourcenschonenden Netzausbau geschaffen.

Die SEL ist nach Planfeststellungsabschnitten (I bis IV) eingeteilt. Die vier Abschnitte sind: Lampertheim-Viernheim (RP Darmstadt), Mannheim-Hüffenhardt (RP Karlsruhe), Siegelsbach-Esslingen a.N (RP Stuttgart) und Esslingen a.N. – Bissingen (RP Suttgart).

1.2. Aufgabenstellung und Inhalte des Bodenschutzkonzeptes

Als wesentliche Inhalte des Bodenschutzkonzepts werden zunächst die natürlichen Bodenfunktionen und Archivfunktionen sowie die vorhabenrelevanten Empfindlichkeiten erfasst und bewertet. Dabei wird auf die auf Auswertungen vorhandener Geodaten wie Bodenkarten zurückgegriffen.

Als weitere Bewertungsgrundlage werden die Ergebnisse aus den Kampagnen zur vorhabenbezogenen Erkundung des Untergrundes und der Böden in Form von Baugrunduntersuchungen (BGU) entlang der geplanten Trassenverläufe herangezogen.

In einem weiteren Bearbeitungsschritt erfolgt eine Wirkungsanalyse, bei der die vorhabenspezifischen Wirkungen auf das Schutzgut Boden für die unterschiedlichen Wirkorte (Leitungsgraben, Baustraße, Arbeitsstreifen, Lagerflächen, Stationsflächen, Sonderbauwerke/ Sonderbaustellen wie z. B. Rohrlagerplätze, Kurzvortriebe und temporäre Zufahrten etc.) erfasst

werden. Auf dieser Basis werden vorhabenbezogene, dauerhafte und erhebliche Eingriffe in die Böden bewertet und bilanziert.

Auf Grundlage der zu erwartenden Projektwirkungen werden schließlich im Rahmen des Bodenschutzkonzepts Maßnahmen abgeleitet, die geeignet sind, um Beeinträchtigungen der Böden an den Wirkorten zu mindern oder zu vermeiden. Hierzu werden zunächst differenzierte bodenschutzfachliche Anforderungen an die Bauausführung und die Wiederherstellung bzw. Rekultivierung der Böden formuliert. Zur Umsetzung dieser Zielsetzungen wird ein Katalog von geeigneten Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen für die Durchführung des Vorhabens abgeleitet. Die Maßnahmen werden den entsprechenden Trassenabschnitten räumlich zugeordnet (siehe Anlage 7 – Bodenschutzplan).

Bestandteil dieses Bodenschutzkonzepts sind die Teilabschnitte 3b und 4a.

2. Rechtliche und normative Vorgaben

2.1. Rechtliche Anforderungen zum vorsorgenden Schutz der Böden bei Bauvorhaben

Der Schutz von Böden und Bodenfunktionen ist gesetzlich geregelt. Nach § 1 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) sind die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen (Vermeidungs- und Wiederherstellungsgrundsatz). Beeinträchtigungen der Böden und ihrer natürlichen Funktionen sowie Archivfunktionen sind vorrangig zu vermeiden. Im Fall unvermeidbarer Beeinträchtigungen sind die Bodenfunktionen wiederherzustellen.

Nach § 4 Abs. 1 BBodSchG hat sich jeder, der auf den Boden einwirkt, so zu verhalten, dass schädliche Bodenveränderungen nicht hervorgerufen werden. Eine Sanierungspflicht ist in § 4 Abs. 3 BBodSchG verankert; die Pflichtigen sind verpflichtet, den Boden und Altlasten sowie durch schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten verursachte Verunreinigungen von Gewässern so zu sanieren, dass dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Die Sanierungspflicht, die sowohl stoffliche als auch physikalische schädliche Bodenveränderungen umfasst, ist unabhängig von etwaigen privatrechtlichen Ausgleichen zwischen Pflichtigem und Geschädigtem; eine privatrechtliche Flurschadensregulierung ersetzt nicht die öffentlich-rechtliche Sanierungspflicht.

Weiterhin besteht nach § 7 BBodSchG die Verpflichtung, Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen zu treffen. Vorsorgemaßnahmen sind geboten, wenn wegen der Auswirkungen einer Nutzung auf die Bodenfunktionen die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht (Besorgnisgrundsatz). Zur Erfüllung der Vorsorgepflicht sind Bodeneinwirkungen zu vermeiden oder zu vermindern.

Weitergehende bundesrechtliche Regelungen zum Schutz der Böden, die in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) verankert sind, werden im Kapitel 2.2 im Zusammenhang mit der Mantelverordnung ausgeführt.

Ergänzend dazu ist in § 7 Abs. 2 Nr. 6 des Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetzes Baden-Württemberg (LBodSchAG) ausgeführt, dass neben den Maßnahmen zur Gefahrenabwehr auch Maßnahmen zur Verhinderung des Entstehens von schädlichen Bodenveränderungen […] zu dulden oder durchzuführen sind.

Die Berücksichtigung der Belange des Bodenschutzes und der sparsame Umgang mit dem Boden werden auch im § 1 Abs. 6 Nr. 7a und § 1a Abs. 2 des Baugesetzbuches (BauGB) postuliert.

In Verfahren zur Umweltverträglichkeitsprüfung, Strategischen Umweltprüfung (Umweltbericht) oder bei Eingriffsbewertungen sind die Belange des Bodens ebenfalls zu berücksichtigen.

Zur Erfüllung dieser rechtlichen Anforderungen werden Informationen zur Ausprägung der natürlichen Bodenfunktionen und Archivfunktionen sowie der vorhabenrelevanten

Empfindlichkeiten der Böden im Rahmen des vorliegenden Bodenschutzkonzeptes bereitgestellt. Als Grundlage für die Vereinheitlichung der Regelungen zum Bodenschutz beim Bauen steht die Norm des Deutschen Instituts für Normung 19639 (DIN 19639) „Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben“ zur Verfügung (siehe Kapitel 2.3).

2.2. Anforderungen der Mantelverordnung

Die am 16. Juli 2021 verkündete so genannte Mantelverordnung (BGBl. I S. 2598) umfasst mehrere Verordnungen zum Schutz von Böden und Grundwasser. Für Vorhaben der Gastrassen sind insbesondere die neu eingeführte Ersatzbaustoffverordnung und die Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung bedeutsam. Die Mantelverordnung tritt am 01.08.2023 in Kraft.

Die Mantelverordnung regelt bundesweit die Anforderungen an den Umgang mit mineralischen Ersatzbaustoffen und die Verwertung überschüssiger Bodenmaterialien. Mit der Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung liegen nunmehr neben den Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden bzw. auf oder in die durchwurzelbare Bodenschicht (§§ 6, 7 BBodSchV neue Fassung – n. F.) ergänzende Anforderungen an die Verwendung von Materialien unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht vor (§ 8 BBodSchV n. F.).

Die Verlegung einer Gasleitung ist von den Anforderungen der §§ 6 bis 8 BBodSchV n. F. nur dann betroffen, wenn der Aushubboden nicht unmittelbar am Ort des Aushubs wieder lagegerecht eingebaut wird. Im Falle von überschüssigen Bodenmassen aus dem Leitungsgraben (hier insbesondere anstehende Bodenmaterialien, die für die Herstellung des Bettungsmaterials der Gasleitung nicht verwendet werden können), oder aus den Gruben von Sonderbaustellen sind geeignete Verwertungsoptionen außerhalb des Herkunftsorts entsprechend den Anforderungen der §§ 6 bis 8 BBodSchV n. F. zu eruieren.

Eine bedeutsame Neuerung in der BBodSchV n. F. sind die nunmehr aufgenommenen Anforderungen des physikalischen Bodenschutzes (§ 4 Abs. 3, § 6 Abs. 9 und 10 BBodSchV n. F.). Weiterhin kann die zuständige Behörde nach § 4 Abs. 5 BBodSchV n. F. eine bodenkundliche Baubegleitung verlangen. Stoffliche Anforderungen an die Verwertung von Bodenmaterialien sind entsprechend den Werteregelungen der BBodSchV n. F. in Verbindung mit den Werteregelungen der ErsatzbaustoffV umzusetzen.

§ 27 ErsatzbaustoffV enthält Übergangsvorschriften, die allerdings keine relevanten Einflüsse auf die Bauausführung der SELII, Bauabschnitte 3b & 4a haben, weil mit dem Bau des Vorhabens nicht vor 2024 begonnen werden wird, die Übergangsvorschriften allerdings Ende 2023 auslaufen. Sollten vorgezogene Maßnahmen vor Ende 2023 ausgeführt werden, dann könnte § 27 ErsatzbaustoffV ggf. relevant werden.

Bei der externen Verwertung überschüssigen Bodenmaterials außerhalb der Baustelle, allerdings auch bei Verwertungen innerhalb der Leitungstrasse, die als Verwertung außerhalb des Herkunftsortes zu interpretieren sind und durch Längstransporte realisiert werden sollen, sind

Deklarationsanalysen nach den Anforderungen der Mantelverordnung erforderlich. Der Parameterumfang ist durch Anlage 1, Tabelle 3 ErsatzbaustoffV definiert. Anhand der Deklarationsanalytik können die zur Verwertung anstehenden Überschussmassen in Materialklassen nach Anlage 1, Tabelle 3 ErsatzbaustoffV eingeordnet werden.

Verwertungsoptionen auf oder in landwirtschaftlich genutzten Böden sind anhand der bereits weiter oben genannten Anforderungen der §§ 6 und 7 BBodSchV n. F. möglich. Geeignete landwirtschaftliche Verwertungsflächen – vorrangig Ackerflächen – sind anhand der Maßstäbe der BBodSchV n. F. zu identifizieren. Für die Verwertungsoptionen ist bedeutsam, dass ein Auf- oder Einbringen in Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten in Böden nach § 6 Abs. 4 auch bei Überschreitung der Vorsorgewerte nach BBodSchV n. F. oder BM-Werte nach ErsatzbaustoffV möglich ist; dazu ist eine Abstimmung mit der zuständigen Behörde erforderlich. Darüber hinaus kann das überschüssige Bodenmaterial nach § 8 BBodSchV n. F. auch unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht verwertet werden; die Schnittstelle zur ErsatzbaustoffV ist zu beachten.

Als mögliche Einbauweisen nach Anlage 2, Tabellen 5 bis 8 ErsatzbaustoffV sind die zu verwertenden Bodenmassen hinsichtlich ihrer Einsatzmöglichkeiten bzw. möglichen Einbauweisen zu beurteilen. Die genannten Tabellenwerke differenzieren die möglichen Einbauweisen entsprechend der Materialklassen nach Anlage 1, Tabelle 3 ErsatzbaustoffV wie folgt:

Tabelle 5 – Bodenmaterial der Klassen 0* (BM-0*), F0* (BM-F0*)

Tabelle 6 – Bodenmaterial der Klasse F1 (BM-F1)

Tabelle 7 – Bodenmaterial der Klasse F2 (BM-F2),

Tabelle 8 – Bodenmaterial der Klasse F3 (BM-F3)

Eine Verwertung ist prinzipiell auch nach Anlage 3 ErsatzbaustoffV in spezifischen Bahnbauweisen möglich. Allerdings sind die Anwendungsmöglichkeiten im Zuge der Bauausführung des Vorhabens als gering einzustufen. Aus diesem Grund wird auf diese Verwertungsmöglichkeit hier nicht weiter eingegangen.

2.3. Normative Vorgaben

Für die Verlegung von Gasleitungen sind insbesondere drei Normen mit Bezug zum Bodenschutz relevant:

- DIN 19639:2019-09 – Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben
- DIN 18915:2018-06 – Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten
- DIN 19731:2021-07 – Bodenbeschaffenheit, Verwertung von Bodenmaterial

DIN 19639 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. Sie konkretisiert hierbei die gesetzlichen Vorgaben zur Verhinderung schädlicher Bodenveränderungen bei Baumaßnahmen. Die neue

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

Zeitgleich mit der Erstellung der DIN 19639 wurde die DIN 18915 überarbeitet. Die beiden Normen wurden im Hinblick auf bodenschutzfachliche Anforderungen abgestimmt und definieren damit einheitlich den Stand der Technik beim Umgang mit Boden, der für Vegetationszwecke genutzt werden soll.

Weiterhin ist die DIN 19731 zu beachten, die die beiden vorgenannten Normen insbesondere im Hinblick auf stoffliche und bodenchemische Anforderungen ergänzt. Zu beachten ist, dass diese Norm an die aktuellen rechtlichen und fachlichen Anforderungen angepasst wurde und Mitte 2023 als Neufassung herausgegeben werden wird.

Im Zuge der bodenkundlichen Erfassung und Bewertung des Bodengefüges und dessen möglichen Beeinträchtigungen ist noch die DIN 19682-10 bedeutsam. Sie beschreibt, wie anhand von Feld- und Labormethoden der Zustand des Bodengefüges sowie etwaiger schädlicher Bodenveränderungen in Folge von Verdichtungen beurteilt werden kann.

Die Grundlagen einer bodenkundlichen Kartierung sind in der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5; BGR 2005) bzw. der entsprechenden DIN 4220 niedergelegt.

3. Untersuchungsgegenstand

Für das geplante Vorhaben wird für eine räumlich konkretisierte, planfestgestellte Trasse das Bodenschutzkonzept (BSK) zur bodenkundlichen Baubegleitung erstellt. Bestandteil des BSK sind flächenkonkrete Pläne der Bodentypen, kartierte Auswertungen zu Funktionalitäten, Verdichtungsempfindlichkeiten, Maßnahmenempfehlungen zur Substrattrennung bei Erdarbeiten, Erosionsrisiken und Gefälle im Trassenverlauf (siehe Anlagen 1 – 6). Zusammengefasst werden die wichtigsten bodenschutzfachlichen Parameter im mitgelieferten Bodenschutzplan (Anlage 7).

Die Bauabschnitte 3b und 4a werden in den Anlagen als Planungsabschnitte 04 (SEL 3b) bzw. 05 (SEL 4a) gekennzeichnet.

3.1. Böden im Bauabschnitt 3b

Der südliche Teil des Bauabschnitts 3b der zukünftigen Leitung ist durch regelmäßige Wechsel der Bodentypen geprägt. Im Bereich Siegelsbach: treten Kolluvien auf, z. T. über Braunerde und Parabraunerde, aus Abschwemmmassen über Fließerden. Der Trasse nach Norden folgend treten in kleinräumigen Wechsel Braunerden, Pelosol-Braunerden, Parabraunerden aus Löss und Sandlöss auf.

Nördlich von Hüffenhardt folgen Parabraunerden aus Löss, regelmäßig geschnitten von schmalen Bändern aus Kolluvien.

Südlich von Kälbertshausen verschwenkt die Trasse Richtung Nordwesten, hier liegen großräumig Braunerden-Terra fusca aus Kalk- und Dolomitgestein vor, regelmäßig geschnitten von Bändern aus Braunerde, Pelosol-Braunerden sowie Pseudogley-Braunerden.

Im Bereich der Auenbereiche des Gaulbachs stehen auf einer Strecke von ca. 330 m gewässertypisch Auengleye sowie Auenböden aus Auensand- und lehm an.

Nördlich von Bargen und Flinsbach stehen Braunerden und Parabraunerden an, geschnitten von schmalen Bändern aus Pararendzinen und Kolluvien. Im Bereich des Forstbachs werden erneut Auenböden angetroffen, dies ist der Trasse folgend ebenso im Bereich der Kreuzung des Wollenbachs der Fall.

Um Epfenbach stehen hauptsächlich Parabraunerden aus Löss über Muschelkalk an, östlich und westlich treten in kleinräumigem Wechsel Pararendzinen, Parabraunerden und Braunerden-Terra fusca auf. Beidseitig der A45 bis Gauengelloch setzen sich Pararendzinen verschiedener Ausprägung fort.

Im südlichen Heidelberger Bereich werden zunächst kalkhaltige braune Auenböden angetroffen, bevor westlich von Heidelberg hauptsächlich Parabraunerden uns älteren Hochwassersedimenten des Neckars anstehen.

Bänder von Auenböden werden neben den oben erwähnten im Bereich des Schwarzbachs, des Auerbachs, des Epfenbachs, des Spechbachs, des Lobbachs nordöstlich von Mönchzell, der

Elsenz nördlich von Meckesheim, des Scheerbachs nördlich von Schatthausen sowie nördlich von Leimen parallel zur A3 angetroffen.

3.2. Böden im Bauabschnitt 4

Der Bauabschnitt 4 der zukünftigen Leitung weist keine kleinräumigen Veränderungen der anstehenden Bodentypen auf.

Im südlichen Bereich, anschließend an Bauabschnitt 3b, dominieren Auenböden der mittleren Auenterrasse des Neckars unterhalb von Heidelberg bis Ladenburg, Richtung Norden gefolgt von Parabraunerden und Pseudogley-Parabraunerden aus älteren Hochterrassensedimenten im Bereich des Neckarschwemmfächers. Im nördlichsten Abschnitt dominieren Pararendzinen und Parabraunerde-Pararendzinen aus lössreichem Hochflutsediment, unterbrochen von einem Band aus Anmoorgley, Nassgley und Humus- und Moorgley des Auenrandbereichs der Rheinzuflüsse.

4. Wirkfaktoren und Wirkorte

Es wird zwischen bau- und anlagenbedingten Wirkfaktoren differenziert (Kap. 4.1). Betriebsbedingte Wirkungen werden nicht betrachtet, weil sie bei unterirdischen Gasleitungen im Regelfall unerheblich sind. Eine Zuordnung der Wirkfaktoren im Baufeld erfolgt dann im Unterkapitel 8.1.

4.1. Wirkfaktoren

4.1.1. Baubedingte Wirkfaktoren

Bei der Verlegung der SEL können folgende Wirkfaktoren im Hinblick auf das Schutzgut Boden auftreten:

- Verdichtung
  Im Zuge der Bauausführung werden Böden mechanischen Lasteinträgen ausgesetzt. Übersteigen die auf den Boden einwirkenden Kräfte die Eigenstabilität des Bodens, kommt es zu einem Verlust an Porenraum und Porenkontinuität. Je nach Wirkintensität können davon alle natürlichen Bodenfunktionen betroffen sein. Die standörtliche Verdichtungsempfindlichkeit der Böden im Trassenverlauf wird in Anlage 3 dargestellt.

- Vermischung
  Ober- und Unterboden sowie ggf. hoch anstehender Untergrund werden generell getrennt ausgehoben, zwischengelagert und wieder eingebaut, so dass deren Vermischung soweit wie möglich vermieden wird. Eine mehrfache Trennung des Unterbodenaushubs erfolgt nur dann, wenn eine bedeutsame Substratschichtung oder eine Differenzierung des Humusgehaltes dies bodenschutzfachlich erforderlich machen. Ansonsten werden die Unterbodenhorizonte gemeinsam ausgehoben, zwischengelagert und wiedereingebaut. Bei nicht fachgerechter Ausführung können bedeutsame Vermischungen unterschiedlicher Substratschichten auftreten, die dauerhaft und erheblich auf die natürlichen Bodenfunktionen einwirken. Die Entscheidung, ob eine mehrfache Trennung von Unterböden erforderlich ist, obliegt der vor Ort anwesenden bodenkundlichen Baubegleitung; Hinweise zu Substratwechseln im Unterboden sind Anlage 4 zu entnehmen. Ansonsten werden die Unterbodenhorizonte gemeinsam ausgehoben, zwischengelagert und wiedereingebaut. Insofern verändert sich die natürliche Bodenschichtung bzw. -horizontierung des Unterbodens, wenn keine Trennung erfolgt.

- Entwässerung
  Böden mit deutlichen Vernässungen werden im Zuge des Bauvorhabens entwässert, um die Baugrundeigenschaften und die Bodenstandfestigkeit insbesondere für die Herstellung eines stabilen Rohrgrabens und das Einlegen des Rohrstranges zu verbessern. Neben diesem temporären Wirkfaktor kann von der Rohrbettung in Abhängigkeit vom verwendeten Material und ohne Berücksichtigung von Präventivmaßnahmen eine entwässernde Wirkung ausgehen, die dauerhaft anhalten kann.

- Bodenerosion
  Bodenerosion bezeichnet den Abtrag von Boden durch Wasser und Wind. Im Bauablauf wird die Gestalt (Oberflächenform) oder Nutzung einer Bodenfläche verändert. Beispielsweise wird im Zuge von Baufeldfreimachungen die schützende Vegetationsdecke beseitigt, so dass der Boden zeitweise Wind und Wasser schutzlos ausgeliefert ist. Im Vorhabensgebiet ist die potenzielle Gefährdung durch Wassererosion von hauptsächlicher Bedeutung (siehe Anlage 5).

- Verlust der Eigenart
  Durch den Aushub der Leitungsgräben und anderer Gruben im Bereich von Sonderbaustellen (Kurzvortrieb, HDD, Mikrotunnelbau) verlieren die betroffenen Böden ihre Eigenart. Dieser Wirkfaktor ist sehr bedeutsam bei Böden mit Archivfunktionen. Durch den Bodenaushub gehen bedeutsame Bodeneigenschaften, die eine Schutzwürdigkeit der Archivböden begründen (besondere Prozesse oder Ausgangssubstrate der Bodenbildung), verloren.

4.1.2. Anlagenbedingte Wirkfaktoren

- Versiegelung
  Eine bauliche (Teil-)Versiegelung erfolgt kleinräumig im Bereich der Schieberstationen und Gasdruckregel- bzw. Gasdruckmess-Stationen (GDR(M)-Stationen), einschließlich deren Zufahrten.

4.2. Wirkorte und -intensitäten

Die vom Vorhaben tangierten Wirkorte sind für folgende Trassenbereiche zu betrachten:

- Rohrverlegung im offenen Graben (mit verschiedenen Regelquerschnitten)
- Sonderflächen (Pressgruben, Baueinrichtungsflächen, temporäre Baustellenzufahrten)
- Schieberstationen und GDR(M), dauerhaft neue Zufahrten, permanente Inanspruchnahme durch (Teil-)Versiegelungen
- Gesamter Trassenbereich: Wirkungen durch Wind- und Wassererosion

Die Regelarbeitsstreifenbreite beträgt auf Landwirtschaftsflächen 34 m und gilt für eine Regelüberdeckung von mindestens 1 m. Im Bereich von Pressgruben (geschlossene Querungen von Gewässern, Straßen etc.) und Sonderbaustellen wird die Arbeitsstreifenbreite entsprechend angepasst (erweitert). In Waldflächen und weiteren ökologisch sensiblen Bereichen ist der Regelarbeitsstreifen auf 24 m eingeengt. Der Arbeitsstreifen gliedert sich in Mietenflächen für ausgehobenen Ober- und Unterboden, Baustraße, Rohrgraben und beidseitig vom Rohrgraben benötigte Abstandsflächen.

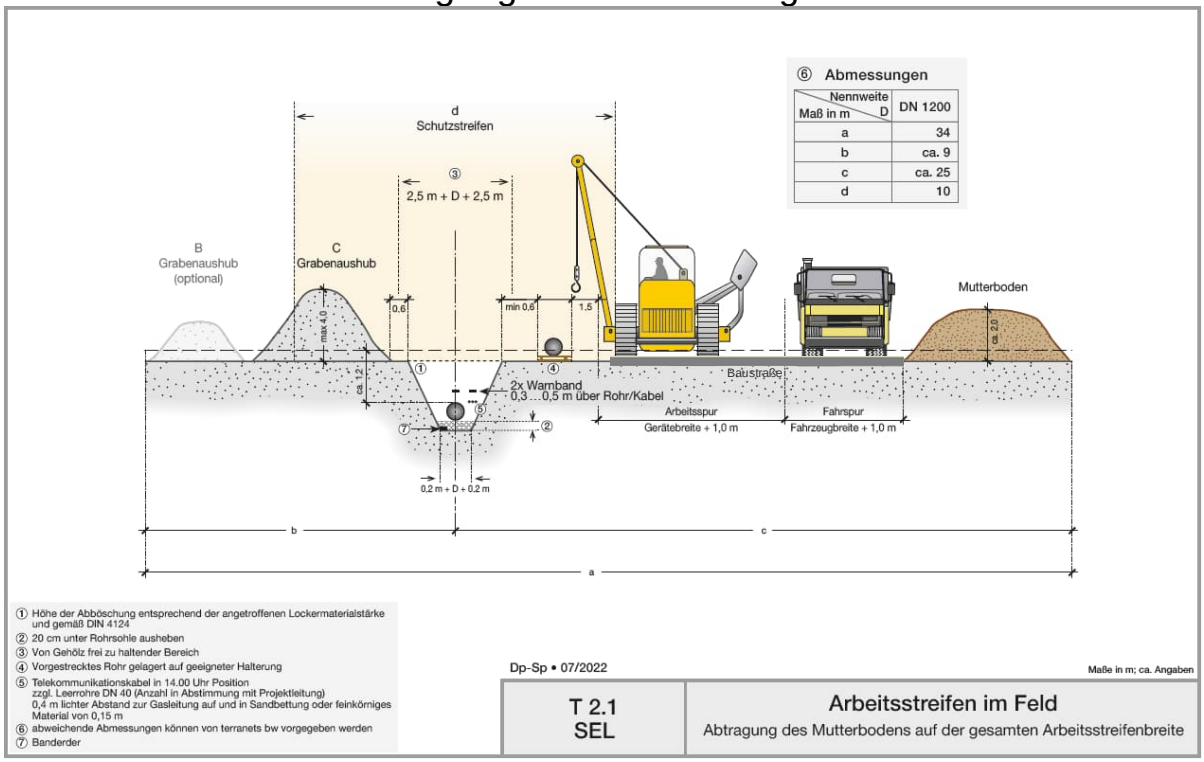
Den unterschiedlichen Teilflächen der BE-Flächen für die Rohrverlegung im offenen Graben können Wirkintensitäten und Wirkfaktoren zugeordnet werden (Abb. 4-1). Dargestellt ist der

Regelquerschnitt auf Acker/Grünland. Ein Regelquerschnitt für Waldstandorte wird in Abb. 4-2 wiedergegeben; auch für diesen Regelquerschnitt gelten die gleichen Zuordnungen im Hinblick auf Wirkfaktoren und Wirkintensitäten.

Sehr hohe Wirkintensitäten sind im Bereich der Leitungsgräben und Baustraßen zu erwarten. Die restlichen Trassenflächen sind bei einer fachgerechten und schonenden Bauausführung lediglich sehr geringen bis geringen Wirkintensitäten ausgesetzt.

GDRM sind gemäß bereitgestellter Planunterlagen im betrachteten Trassenbereich nicht geplant.

Regelarbeitsstreifen auf freier Feldflur
für die Verlegung einer Gasleitung DN 1200[1]



Orte	B-Hor	C-Hor	A	RG	RS	Bs	A	Mubo
Intensitäten	s.g.	s.g.	m.	s.h.	m.	s.h.	m.	s. g.
Faktoren	Vd E	Vd E	Vd E	Vd Vm VE Ew E	Vd E	Vd	Vd E	Vd E

Abb. 4-1: Regelgrabenprofil SEL bei offener Rohrverlegung mit Wirkorten, -intensitäten und -faktoren; Typical zur SEL II, befestigte Baustraße ergänzt durch das Ingenieurbüro Feldwisch

Abkürzungen:
- Orte: Mubo = Mutterboden, B-Hor = Rohrgrabenaushub B-Horizont, C-Hor = Rohrgrabenaushub C-Horizont, A = Abstand, Bs = Baustraße, RG = Rohrgraben, RS = Rohrstrang
- Intensität: s.g. = sehr gering, g. = gering, m. = mittel, h. = hoch, s.h. = sehr hoch
- Faktoren: Vd = Verdichtung, Vm = Vermischung, VE = Verlust Eigenart, Ew = Entwässerung, E = Erosion
-

[1] Nach einer Planungsänderung wird der Rohrdurchmesser auf der SEL von 1200mm auf 1000mm reduziert, wodurch die Grabenbreite sowie die Grabentiefe um je 20 cm reduziert werden. Die Arbeitsstreifenbreiten werden beibehalten. Aktualisierte Darstellungen der Regelgrabenprofile standen den Erstellern des BSK nicht zur Verfügung.

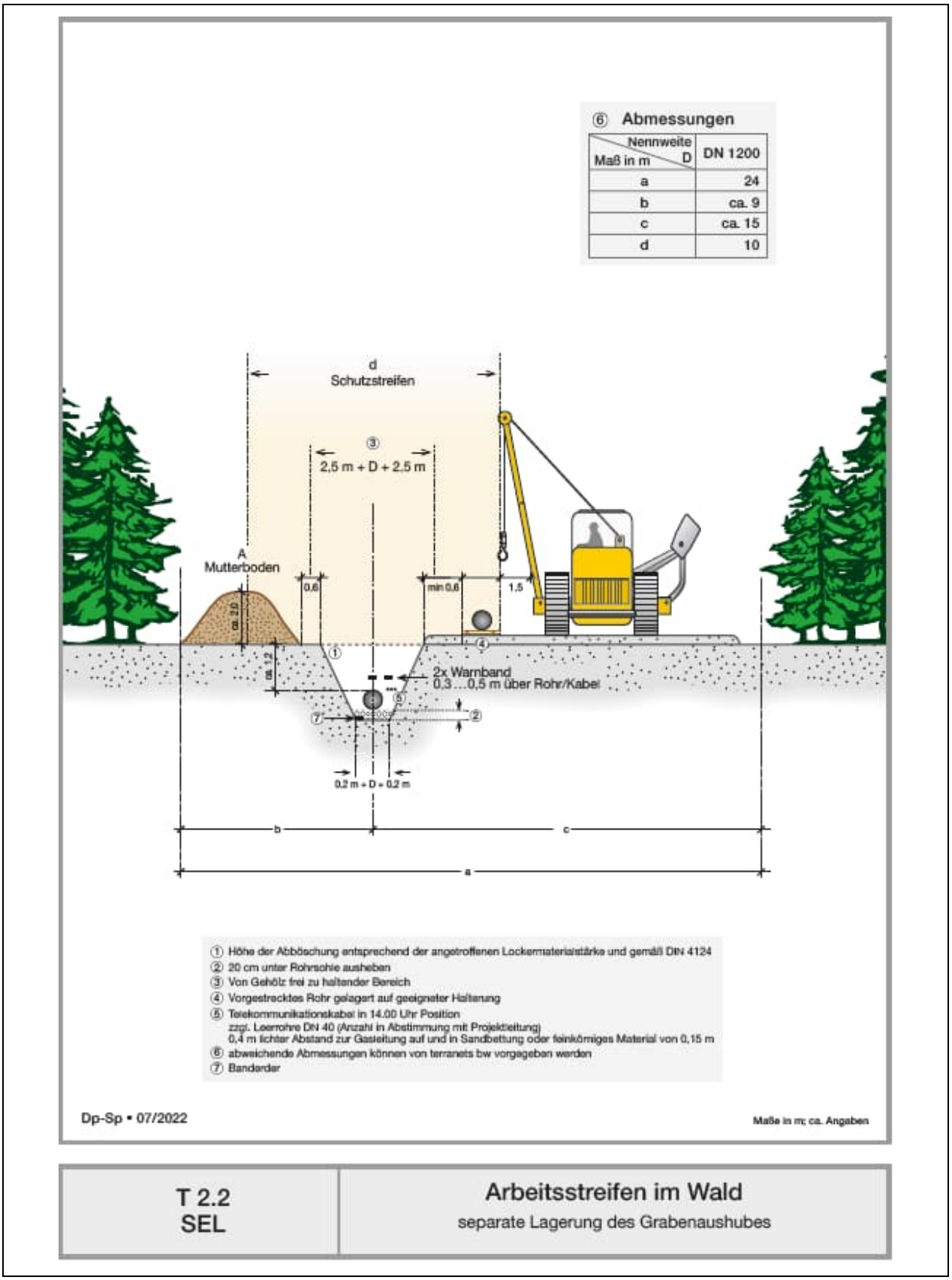


Abb. 4-2: Regelgrabenprofil SEL bei offener Rohrverlegung bei Waldstandorten

5. Datengrundlagen

Zur Erfassung und Bewertung des Schutzgutes Boden für das vorliegende BSK werden die Datengrundlagen nach Tab. 5-1 verwendet.

Erfassungkriterien	Quelle	Stand
Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 BBodSchG - Natürliche Bodenfruchtbarkeit/ Ertragsfähigkeit	Bodenkarte BK50 (LGRB) - Auswertung Bodenfruchtbarkeit (Ertragsfähigkeit), WFS-service	Dez. 2022
Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 BBodSchG - Archivböden und seltene Böden	Bodenkarte BK50 (LGRB) - Auswertung Böden mit hoher natur- oder kulturgeschichtlicher Bedeutung, Seltene Böden	Dez. 2022
Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 BBodSchG - Böden mit besonderen Standortpotenzial/ Extremstandorte mit Biotopentwicklungspotenzial	Bodenkarte BK50 (LGRB) - Auswertung Böden mit besonderen Standorteigenschaften	Dez. 2022
verdichtungsempfindliche Böden	Bodenkarte BK50 (LGRB) - Auswertung standörtliche Verdichtungsempfindlichkeit	Dez. 2022
Böden mit bedeutsamen Substratschichtungen	Bodenkarte BK50 (LGRB) - Eigene Auswertung	Dez. 2022
Bodenschutzfunktion Wald (Bodenschutzwald, Klimaschutzwald)	Waldfunktionenkarten der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg	Jan. 2023
Altlasten- und Verdachtsflächen	Abfrage bei den Altlastenkatastern der Landkreise	Jan. 2023

Tab. 5-1: Schutzgut Boden – Erfassungskriterien und Datengrundlagen

Punktuelle Bodeninformationen konnten den Bohrungsdaten entnommen werden:

- Bodenkundliche Erkundungsbohrungen (BOKU)
- Baugrunduntersuchungen (BGU)

6. Erfassungskriterien

Im Rahmen des Bodenschutzkonzeptes werden folgende Erfassungskriterien erfasst und bewertet:

- Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 und2 BBodSchG:
  - Natürliche Bodenfruchtbarkeit/ Ertragsfähigkeit (Lebensraumfunktion)
  - Böden mit besonderen Standorteigenschaften (Lebensraumfunktion)
  - Böden mit naturgeschichtlicher Bedeutung (Archivfunktion)
  - Böden mit kulturgeschichtlicher Bedeutung (Archivfunktion)
  - Seltene Böden (Archivfunktion)
- Verdichtungsempfindlichkeit
- Böden mit Substratschichtungen
- Bodenschutzwald
- Klimaschutzwald
- Stoffliche Vorbelastungen

Für die Bewertung der standörtlichen Erosionsempfindlichkeit durch Wasser stehen der Kartenviewer und die WMS-Dienste des LGRB zur Verfügung (vgl. Kap.7.3.6). Die Auswertungen der ABAG umfassen räumliche Darstellungen beispielsweise der Erodierbarkeitsfaktoren der Böden (K-Faktoren) sowie der langjährigen mittleren Bodenabträge. Im Zuge der Auswertungen wurden die landesspezifischen Auswertungskarten des LGRB zur potenziellen Erosionsgefährdung durch Wasser geprüft.

Für das Vorhaben relevant ist wild abfließendes Niederschlagswasser z.B. nach Starkregenereignissen und ein Übertritt in das Baufeld, in diesem Sinne insbesondere ein Übertritt in Baugruben und den Rohrgraben, sowie Erosions- und Abflussrisiken von den Bauflächen auf unterliegende Flächen. Aus diesem Grunde wurden auf Grundlage eines digitalen Geländemodells DGM5 reliefbedingte Abflusspfade ermittelt. Die Auswertung zeigt Bereiche auf, in denen bevorzugt ein konzentrierter Abfluss von Niederschlagswasser erfolgt, so dass in diesen Bereichen mit erhöhten Erosionsgefährdungen zu rechnen ist.

Geowissenschaftlich bedeutsame Objekte (Geotope) und Bodendenkmäler sind dem Schutzgut „Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter“ zugeordnet und unterliegen den länderspezifischen Denkmalschutzgesetzen.

7. Bodenschutzfachliche Erfassungs- und Bewertungsmethoden

7.1. Grundlegende Hinweise zu den Auswertungen

7.1.1. Ausgewertete Bodenkarten

Das vorliegende Bodenschutzkonzept greift auf die Methoden zur Bodenfunktionsbewertung der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) zurück.

Zur Erfassung und Bewertung des Schutzgutes Boden werden die mittelmaßstäbigen Bodenkarten 1:50.000 (BK50) des LGRB sowie die darauf basierenden Auswertungen aktualisiert. Die BK50 liegen für den Untersuchungsraum flächendeckend vor. Großmaßstäbigere und digital vollständig aufbereitete Bodenkarten stehen nicht zur Verfügung.

7.2. Natürliche Bodenfunktionen und Archivfunktionen

7.2.1. Grundlagen der Bodenfunktionsbewertung

Das vorliegende BSK greift im Rahmen der Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen auf die Auswertungen der mittelmaßstäbigen bodenkundlichen Landesaufnahme, der Bodenkarte BK50 des LGRB zurück. In den Sachdaten der digitalen BK50 ist die Bewertung der Bodenfunktionen nach dem Leitfaden Bodenschutz 23 der LUBW implementiert.

Die in § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 BBodSchG genannten Bodenfunktionen können in Bodenteilfunktionen differenziert werden, die ihrerseits mit Hilfe von Kriterien erfasst und bewertet werden können. Vereinfachend wird im Bodenschutzvollzug nur von Bodenfunktionen gesprochen, auch wenn Bodenteilfunktionen oder Kriterien gemeint sind.

Für das Schutzgut Boden differenziert die LUBW zwischen folgenden wesentlichen Bodenfunktionen bzw. Kriterien:

- Natürliche Bodenfruchtbarkeit
- Ausgleichskörper im Wasserkreislauf
- Filter und Puffer für Schadstoffe
- Sonderstandort für naturnahe Vegetation
- (Archive der Natur- und Kulturgeschichte)

Die Bewertung der Bodenfunktionen auf Grundlage der Bodenkarte beschränkt sich in der Regel auf die Bezugstiefe bis maximal 1 m Tiefe (Kontrollsektion). Bei grundwasserbeeinflussten Böden erfolgt die Bewertung bis zur Obergrenze der Gr-Horizonte, bei Böden aus Festgestein bis zur Oberkante Festgestein, sofern diese oberhalb 1 m Tiefe liegen.

Die Bewertung der Bodenfunktionen erfolgt aufgrund des Grades ihrer Funktionserfüllung in fünf Bewertungsklassen 0 bis 4 (keine bis sehr hoch), mit Ausnahme der Bodenfunktionen

„Sonderstandort für naturnahe Vegetation“ und „Archive der Natur- und Kulturgeschichte“. Für Sonderstandorte für naturnahe Vegetation werden lediglich zwei Wertstufen mit hoher oder sehr hoher Funktionserfüllung (Stufen 3 und 4) ausgewiesen. Für Archivböden liegen abweichende Bewertungsregeln gemäß LUBW (2008) vor, und sie fließen auch nicht in die Gesamtbewertung der natürlichen Bodenfunktionen ein.

Im Rahmen der Gesamtbewertung eines Bodens erhält der Boden bei Erreichen der Bewertungsklasse 4 als Sonderstandort für naturnahe Vegetation auch in der Gesamtbewertung die Wertstufe 4, unabhängig von der Ausprägung der anderen drei Bodenfunktionen. In allen anderen Fällen werden die Wertstufen der anderen drei Bodenfunktionen arithmetisch gemittelt.

Die zusammenfassende Bodenfunktionsbewertung beschränkt sich somit nicht auf hohe und sehr hohe Ausprägungen einzelner Bodenfunktionen und sieht auch keine Priorisierungen einzelner Bodenfunktionen vor.

7.2.2. Böden mit natürlicher Bodenfruchtbarkeit

Die natürliche Bodenfruchtbarkeit wird mit Hilfe bodenphysikalischer Kennwerte, der Wasserverhältnisse sowie mit Hilfe von Reliefparametern bewertet. Dazu hat die LUBW eine Bewertungsmatrix mit den bodenkundlichen Bewertungsparametern nutzbare Feldkapazität, Grund- und Staunässeeinflüsse sowie der Hangneigung als Zusatzparameter entwickelt.

7.2.3. Ausgleichskörper im Wasserkreislauf

Die Funktion als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf wird anhand der Kennwerte des Bodenwasserhaushalts, und zwar des Wasserspeichervermögens und der Gesamtwasserleitfähigkeit, bewertet. Das Wasserspeichervermögen entspricht der nutzbaren Feldkapazität, und berücksichtigt in abflussträgen Lagen mit Hangneigungen < 6% zusätzlich den verfügbaren Grobporenraum bzw. die Luftkapazität. Die Gesamtwasserleitfähigkeit ergibt sich aus den über die Bezugstiefe gemittelten kf-Werten der einzelnen Bodenschichten.

7.2.4. Filter und Puffer für Schadstoffe

Zur Bewertung der Puffer- und Filterfunktion für Schadstoffe werden die schichtenbezogenen Kennwerte der Humus- und Tonmengen sowie die maximalen pH-Werte ermittelt. Bei der Berechnung der Tonmengen werden die schichtenspezifischen Trockenrohdichten und Grobbodenanteile berücksichtigt.

7.2.5. Sonderstandort für naturnahe Vegetation

Die Zielsetzung bei der Ausweisung von Sonderstandorten für naturnahe Vegetation liegt in der Ausweisung kleinräumiger Extremstandorte. Daher werden in der maßstabsbedingt stark regionalisierten BK50 Kartiereinheiten mit der Bewertungsstufe 3 für diese Bodenfunktion lediglich als Suchräume für Sonderstandorte gekennzeichnet.

Extremstandorte sind besonders nasse oder trockene, sehr nährstoffarme oder sehr nährstoffreiche Standorte. Die Methodik der LUBW zur Ausweisung von Extremstandorten basiert auf den bodenphysikalischen Kennwerten der Gründigkeit (Festgestein oder Skelettgehalt > 75%), der bodenkundlichen Feuchtestufe sowie der Bewertung bodenkundlicher

Besonderheiten wie z.B. den Bodenklassen der Podsole und der Ah-C-Böden oder sanddominierten Böden.

7.2.6. Archive der Natur- und Kulturgeschichte

Böden als Archive der Natur- und Kulturgeschichte werden gemäß LUBW (2008) aufgrund ihrer wertgebenden Eigenschaften wie folgt differenziert.

Als Archive der Naturgeschichte werden Bodenbildungen aufgrund besonderer pedogenetischer Prozesse, der Ausgangsgesteine der Bodenbildung oder der Landschaftsgeschichte eingestuft. Des Weiteren werden Geotope als Urkunden der Naturgeschichte eingestuft. Die Beurteilungen schließen gleichermaßen das Kriterium der Seltenheit ein. Moore und Standorte von Bodenmessnetzen werden nebst ihrem naturgeschichtlichen Wert ebenso als kulturgeschichtliche Archive eingestuft, da sie aufgrund des menschlichen Eingriffs in die Landschaft und damit verbundenen Veränderungen auch den kulturgeschichtlichen Aspekt widerspiegeln. Archive der Kulturgeschichte sind durch ihre Besonderheit hinsichtlich historischer Nutzungsformen und ihrer Siedlungsgeschichte geprägt.

Archivböden lassen sich aus Bodenkarten über das Kriterium Bodentyp sowie über die geogenetischen bzw. petrografischen Beschreibungen identifizieren. Zur Erfassung von Archiven der Naturgeschichte aufgrund besonderer pedo- oder geogenetischer Entstehung wurden die BK50-Bodeneinheiten des Untersuchungsgebietes gemäß LUBW (2008) ausgewertet. Im Bereich des geplanten Vorhabens liegen auf dieser Auswertungsgrundlage kleinräumig Rigosole vor.

Im Abschnitt 3b sind im Bereich zwischen Heidelberg und Leimen (Pl.-Nr. 00700 & 00800) Rigosole (Kartiereinheit D48) ausgewiesen.

Für die Erfassung von Mooren wurde auf die Daten- und Kartendienste des Geotop- und Moorkatasters bei der LUBW[2] bzw. beim LGRB[3] zurückgegriffen. Demnach findet sich in Bauabschnitt 4a westlich von Heddesheim (Pl.-Nr. 00100) ein Band der Kartiereinheit w111 (Humusgley, Anmoorgley und Auengley aus tonigem Altwassersediment), welches auf einer Länge von ca. 190 m im Trassenverlauf angetroffen wird. Am Übergang nach Hessen wird diese Kartiereinheit auf einer Länge von ungefähr 80 m ebenfalls angetroffen. Im Zuge der Ausführungsplanung sollten diese Böden durch bodenkundliche Bohrungen verifiziert und das BSK um geeignete Sondermaßnahmen zum Umgang mit anmoorigen Substraten erweitert werden.

[2] https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/index.xhtml

[3] https://maps.lgrb-bw.de/

7.3. Erfassung und Bewertung der Bodenfunktionen und Empfindlichkeiten

7.3.1. Vorbemerkungen

Die Erfassung und Bewertung der Bodenfunktionen und Empfindlichkeiten erfolgten auf Basis der digitalen BK50 (vgl. Ziff.5). Kleinflächige Versiegelungen wie Radwege oder Straßen sowie teilversiegelte Flächen wie Wirtschaftswege sind in Absprache mit dem Vorhabenträger bei der Ermittlung der Flächenbetroffenheit des Schutzguts Boden nicht herausgerechnet worden. Ebenso werden Abschnitte mit geschlossener Bauweise innerhalb der Baubedarfsflächen bei der Kalkulation der Bodenoberfläche des Rohrgrabens nicht in Abzug gebracht. Insofern wird die Flächenbetroffenheit des Schutzguts Boden bewusst überzeichnet.

Grundlage für die Erfassung und Bewertung bildet die Geometrie des Arbeitsstreifens mit einer Regelbreite von 34 m bzw. 24 m. Innerhalb des Arbeitsstreifens werden generell drei Flächenkategorien betrachtet:

- Bodenoberfläche des Rohrgrabens mit 4,2 m oberer Böschungsbreite (Böschungswinkel: 60 Grad bei bindigen Böden)
- Baustraßen mit einer Regelbreite von 6 m
- Mietenlager- und Abstandsflächen

Weiterhin werden Böden auf den Rohrlagerplätzen und den Schieberstationen inkl. permanenter Zufahrten beansprucht.

In Tab. 7-1 sind die Flächengrößen und Flächenanteile der Kategorien zusammengestellt. Für alle Flächenkategorien werden die Betroffenheiten des Schutzgutes Boden in den folgenden Unterkapiteln getrennt tabellarisch bilanziert.

Flächen- bzw. Längenkategorie	Länge [km] bzw. Fläche [m²]	Flächenanteil (%)
Länge Leitungsachse	~~*63,11*~~ *62,92*	-
Rohrgraben	~~170.190~~ 169.375	~~7,06~~ 7,10
Baustraßen	~~350.489~~ 348.948	~~14,54~~ 14,63
Mieten- und Abstandsflächen	~~1.640.832~~ 1.617.911	~~68,07~~ 67,82
Rohrlagerplätze	240.198	~~9,96~~ 10,07
Schieberstationen inkl. Zufahrten	~~8.862~~ 9.078	~~0,37~~ 0,38
Flächensumme	~~**2.410.571**~~ **2.385.398**	**100,00**

Tab. 7-1: Flächen- und Längenkategorien zur SEL-Bilanzierung Abschnitte 3b & 4

7.3.2. Bodenfunktionen im Naturhaushalt/Schutzwürdige Böden

Nach den Landesmethoden der LUBW (2008, 2010) werden in Baden-Württemberg, bezogen auf den Maßstab 1:50.000, Böden als Archive der Kultur- und Naturgeschichte sowie ausgewiesene Sonderstandorte für naturnahe Vegetation per se als schutzwürdige Bodenbildungen bewertet. Des Weiteren sind in Anlehnung an § 7 Abs. 1 Satz 1 Nr. 3 LBodSchAG besonders schutzwürdige Böden im Sinne des § 12 Abs. 8 BBodSchV, also Böden, welche die Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 BBodSchG in besonderem Maße erfüllen, vor schädlichen Einwirkungen zu schützen. Dies sind demnach Böden, welche gemäß Bodenfunktionsbewertung (LUBW 2010) für die einzelnen natürlichen Bodenfunktionen hohe bis sehr hohe Grade der Funktionserfüllung mit den Wertstufen 3 bis 4 aufweisen.

Die Betroffenheit bzw. Empfindlichkeit der Bodenfunktionen durch den geplanten Bau der Gasleitung SELII stellt sich für die Bodenfunktionen wie folgt dar:

Alle Böden mit einem Biotopentwicklungspotenzial, welches sich auf eine starke Vernässung und/oder Moorbildungen begründet, sind – unabhängig vom Funktionserfüllungsgrad – sehr empfindlich gegenüber Eingriffen. Bewertungsrelevant sind Verdichtungswirkungen oder Beeinträchtigungen des natürlichen Vernässungsgrades, die vom Vorhaben ausgehen können. Die Verdichtungsempfindlichkeit wird anhand von Bodeneigenschaften eigenständig erfasst und bewertet (siehe Anlage 3), so dass diese Vorhabenswirkung nicht mit Hilfe der Bodenfunktionen und der Schutzwürdigkeit beurteilt wird. Bestandsdränagen sind bei der Erfassung des Ausgangszustandes zu berücksichtigen. Die ggf. notwendige Wiederherstellung von Bestandsdränagen entsprechend des Ausgangszustandes ist keine vorhaben bezogene Beeinträchtigung der Bodenfunktionen.

Mit der natürlichen Bodenfruchtbarkeit werden gleichzeitig auch die Regelungs- und Pufferfunktionen in den Wasser- und Nährstoffkreisläufen der Böden abgebildet, weil die Funktionsausprägungen dieser Teilfunktionen im Regelfall positiv miteinander korreliert sind. Aus diesem Grund kann auf eine getrennte Betrachtung die einzelnen Teilfunktionen regelmäßig verzichtet werden. Böden mit natürlicher Bodenfruchtbarkeit bzw. Regelungs- und Pufferfunktionen sind in unterschiedlichem Umfang empfindlich gegenüber Eingriffen. Bewertungsrelevant sind insbesondere Verdichtungswirkungen (siehe Kap.7.3.3). Aus diesem Grund sind mit Hilfe der zuvor genannten Bodenfunktionen keine vorhabensbezogenen Empfindlichkeiten zu beurteilen.

7.3.3. Standörtliche Verdichtungsempfindlichkeit

Die standörtliche Verdichtungsempfindlichkeit ergibt sich aus der Eigenstabilität des Bodens während einer mechanischen Belastung, die im Zuge von Bauvorhaben auftritt. Neben der standörtlichen Verdichtungsempfindlichkeit sind Witterungseinflüsse zu beachten. Nasse Böden mit weicher Konsistenz, wie sie im Winterhalbjahr oder nach ergiebigen Niederschlägen flächenhaft vorkommen, sind generell sehr verdichtungsgefährdet, unabhängig von ihren standörtlichen Eigenschaften. Die Eigenstabilität ist vor allem von der Körnung des Feinbodens

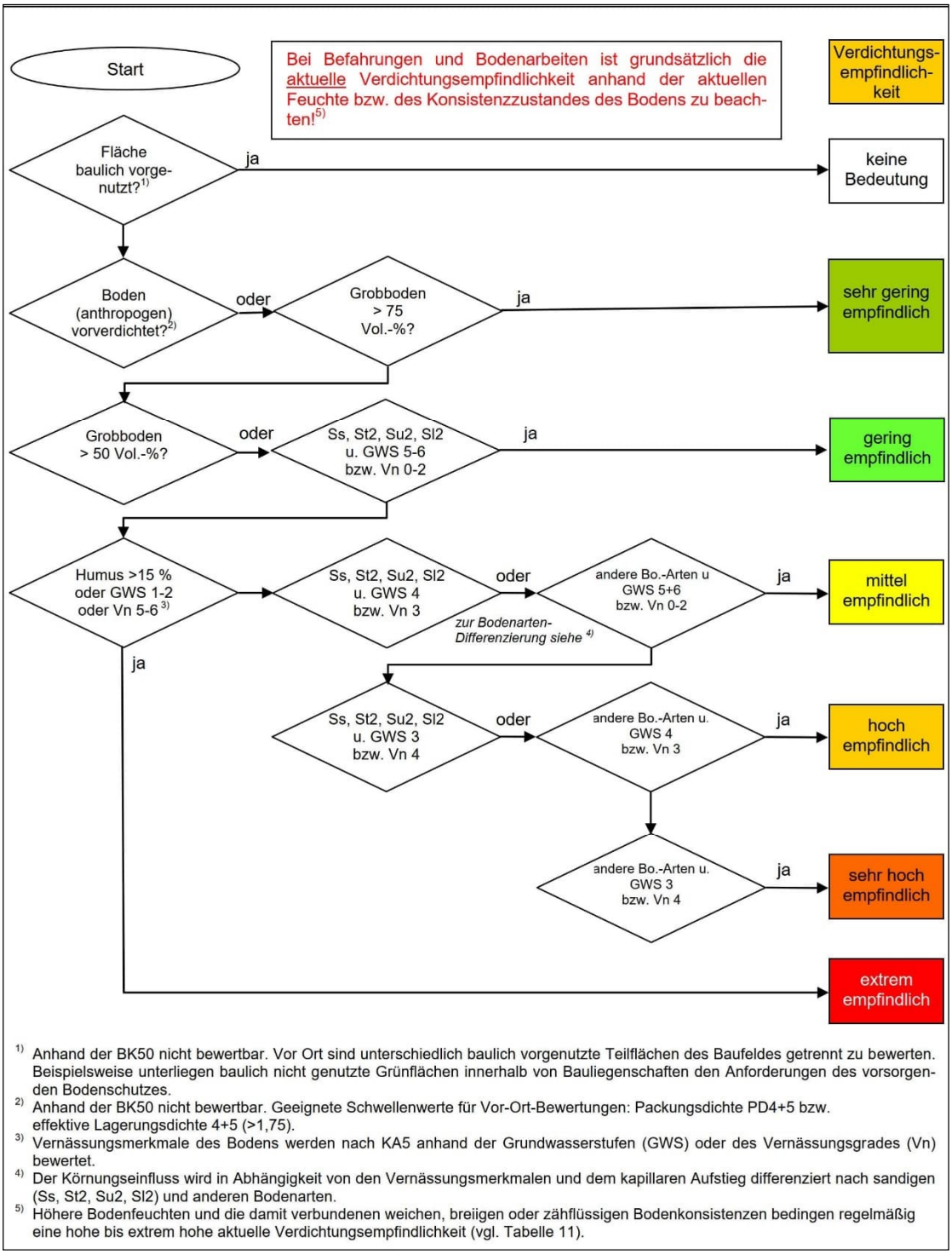
(Bodenart), dem Anteil an Grobboden (Steingehalt), dem Bodengefüge, dem Humusgehalt und der aktuellen Bodenfeuchte abhängig. So sind beispielsweise stark humose Böden und vernässte Böden generell hoch empfindlich gegen mechanische Belastungen.

Für planerische Fragestellungen und die Bauausführungsplanung ist letztendlich entscheidend, dass alle Böden durch mechanische Belastungen, wie sie bei Bauprozessen auf gewachsenen Böden bei den heute eingesetzten Baumaschinen auftreten, erheblich beeinträchtigt werden können. Die Wahrscheinlichkeit einer erheblichen Bodenverdichtung ist besonders hoch, wenn die Baumaßnahmen in Phasen hoher Bodenwassergehalte (Winterhalbjahr) durchgeführt werden, große Kräfte (hohe Gesamtmassen und hohe spezifische Flächendrücke) auf den Boden wirken und lange Bauzeiten (Häufigkeit der Belastungen) vorgesehen sind.

Zur Beurteilung der Verdichtungsempfindlichkeiten auf Grundlage von Bodenkarten existiert in Baden-Württemberg derzeit noch kein landesspezifischer methodischer Ansatz. Aufgrund der inhaltlichen Architektur der baden-württembergischen Bodenkarte BK50, die nachfolgend kurz erläutert wird, wurde die Methodik des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie herangezogen, deren Parameter und Verknüpfungsregeln vergleichbar zur nordrhein-westfälischen Methode sind.

Zur Beurteilung der standörtlichen Verdichtungsempfindlichkeit werden die Einflussfaktoren der Feinbodenkörnung, des Stein- und Humusgehaltes sowie insbesondere der Vernässung durch Grund- und Staunässe ausgewertet. Für die Auswertung auf Grundlage der Schichtungsinformationen der vorliegenden Bodenkarte BK50 wurden worst-case-Annahmen hinsichtlich der eingeschriebenen Sachdaten getroffen. Dies ist darin begründet, dass die BK50 keine eindeutigen schichtenbezogenen Kennwerte zu den bodenphysikalischen Eigenschaften oder dem Bodenwasserhaushalt enthält, wie dies z.B. bei den nordrhein-westfälischen Bodenkarten BK50 der Fall ist. Vielmehr werden für eine Bodenschicht mitunter mehrere mögliche Kennwertklassen eingeschrieben, wie z.B. bei den Humusgehaltsstufen nach Bodenkundlicher Kartieranleitung KA5 (z.B. *3,4).* Auch bei den Grund- oder Stauwasserverhältnissen existieren lediglich sehr grobe Angaben zum Vorhandensein von Grund- oder Stauwasser, nicht aber klassifizierte Angaben zu den mittleren Grundwasserständen respektive Grund- oder Stauwasserstufen. Um den methodischen Ansatz zur Bewertung der Verdichtungsempfindlichkeiten anwenden zu können, wurde daher im Sinne einer worst-case-Betrachtung die ungünstigste Kombination der Kennwerte aus den Sachdatentabellen unterstellt.

Der Abb. 7-1 ist die Matrix zur Bewertung der standörtlichen Verdichtungsempfindlichkeiten zu entnehmen.



1) Anhand der BK50 nicht bewertbar. Vor Ort sind unterschiedlich baulich vorgenutzte Teilflächen des Baufeldes getrennt zu bewerten. Beispielsweise unterliegen baulich nicht genutzte Grünflächen innerhalb von Bauliegenschaften den Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes.
2) Anhand der BK50 nicht bewertbar. Geeignete Schwellenwerte für Vor-Ort-Bewertungen: Packungsdichte PD4+5 bzw. effektive Lagerungsdichte 4+5 (>1,75).
3) Vernässungsmerkmale des Bodens werden nach KA5 anhand der Grundwasserstufen (GWS) oder des Vernässungsgrades (Vn) bewertet.
4) Der Körnungseinfluss wird in Abhängigkeit von den Vernässungsmerkmalen und dem kapillaren Aufstieg differenziert nach sandigen (Ss, St2, Su2, Sl2) und anderen Bodenarten.
5) Höhere Bodenfeuchten und die damit verbundenen weichen, breiigen oder zähflüssigen Bodenkonsistenzen bedingen regelmäßig eine hohe bis extrem hohe aktuelle Verdichtungsempfindlichkeit (vgl. Tabelle 11).

Abb. 7-1: Matrix zur Bewertung der Verdichtungsempfindlichkeit anhand von Bodenmerkmalen (Quelle: Schädliche Bodenverdichtung vermeiden. Hrsg. vom LfULG, Freiberg)

7.3.4. Empfindlichkeit gegenüber Entwässerung

Vernässte Böden infolge von Grund- oder Stauwassereinfluss im oberen 2 m-Bodenraum sind empfindlich gegenüber Entwässerungsmaßnahmen und mechanischen Beanspruchungen (Verdichtung).

Während der Bauzeit müssen vernässte Böden durch temporäre Wasserhaltungsmaßnahmen entwässert werden. Eine hohe bis extrem hohe Empfindlichkeit kann bei Böden mit starkem Grundwassereinfluss bestehen, zumal wenn grundwasserabhängige Landökosysteme betroffen sind. Besonders empfindlich reagieren Moorböden auf Entwässerungsmaßnahmen.

Die Empfindlichkeit gegen Entwässerungsmaßnahmen bestimmt sich nach dem Ausmaß der lokalen Grundwasserabsenkung, der Reichweite der Absenkung und der Wirkungsdauer. Trassenabschnitte, in denen eine temporäre Wasserhaltung wahrscheinlich vorgenommen werden muss, sind den hydrogeologischen Gutachten zu entnehmen. Mögliche Auswirkungen temporärer Wasserhaltungsmaßnahmen werden in der Ausführungsplanung erfasst und bewertet.

Die generelle Empfindlichkeit vernässter Böden gegenüber Verdichtungswirkungen durch Befahrungen und andere mechanische Beanspruchungen wird bereits bei der Bewertung der Verdichtungsempfindlichkeit berücksichtigt (Kap. 7.3.3), so dass sie nicht noch einmal gesondert betrachtet wird.

7.3.5. Empfindlichkeit gegenüber Vermischung bei geschichteten Böden

Die Unterbodenschichten werden nicht getrennt, wenn keine bedeutsamen Schichtunterschiede vorliegen. Als bedeutsame Schichtunterschiede im Unterboden werden insbesondere starke Wechsel der Feinbodenart, des Grobbodenanteils (Steingehalt), des Auftretens von Festgestein und des Humusgehaltes eingestuft. Die Karbonatgehalte werden bei der Auswertung nicht berücksichtigt, da in den Sachdaten der BK50 innerhalb einer Kartiereinheit keine Wechsel der Karbonatgehalte im Profil ausgewiesen werden.

In den genannten Fällen darf keine Vermischung erfolgen, um dauerhafte Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen zu vermeiden. Dies gilt sowohl für die Wiederverfüllung der Leitungsgräben und Baugruben im Zuge der Rückverfüllung als auch für die rekultivierten Flächen. Insofern sind Böden mit deutlichen Substratwechseln im Unterboden als empfindlich gegen Vermischung einzustufen.

7.3.6. Erosionsgefährdung

Bodenerosion erfolgt im Wesentlichen durch abfließendes Niederschlagswasser oder Wind und ist überwiegend auf unbedecktem Boden wirksam, d.h. eine potenzielle Erosionsgefährdung ist bei vegetationslos gestellten Baubedarfsflächen möglich und liegt je nach Witterungsverlauf ganzjährig vor.

Die Erosion durch Wind betrifft hauptsächlich Bodenarten mit einem hohen Feinsandanteil. Da im Untersuchungsgebiet keine großräumig sandbürtigen Böden vorliegen, wird die Empfindlichkeit gegenüber Winderosion nicht weiter betrachtet.

Für die Bewertung der standörtlichen Erosionsempfindlichkeit durch Wasser stehen der Kartenviewer[4] und die WMS-Dienste[5] des LGRB zur Verfügung. Darin werden landesweite Auswertungen für die einzelnen Erosionsfaktoren der allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) und zu den langjährigen mittleren Bodenabträgen bereitgestellt. Die Fachinformationen liegen in einer Auflösung von 100 m vor. Für eine feiner aufgelöste Darstellung der Erosionsfaktoren wurden in Anlage 5 die Abflussbahnen ergänzt, die mit Hilfe eines Digitalen Geländemodells ermittelt worden sind. Anlage 6 gibt einen Überblick über Hangneigung und -richtung im Baufeld. Mithilfe dieser Grundlagen können im Rahmen der Ausführungsplanung erforderliche Erosionsschutzmaßnahmen zwischen terranets bw, bauausführender Firma und der BBB abstimmt werden.

Bereiche mit erhöhtem Wassererosionspotenzial (vgl. Anlage 5) liegen z.B. im Bereich der Pl.-Nr. 00300 und 00500. Abflusssysteme im Längsverläufen lassen sich u.a. auf den Pl.-Nr. 00800, 02400 und 02700 erkennen. Lange Abflusssysteme parallel zum Leitungsverlauf und im Bereich von RLP wurden u.a. auf den Pl.-Nr. 01000, 01400 und 02200 ausgewiesen.

Generell ist an Geländetiefpunkten mit erhöhtem Wasserzulauf und Erosion zu rechnen.

7.3.7. Altlasten und Verdachtsflächen

Stoffliche Vorbelastungen von Böden sind bei der Bauausführung zu berücksichtigen. So darf durch die Bauausführung weder eine räumliche Verbreitung stofflicher Belastungen noch eine Gefährdung ausgelöst werden.

Stofflich belasteter Bodenaushub darf nur am unmittelbaren Aushubort wieder eingebaut werden, wenn keine Gefahren im Sinne des Bodenschutzrechtes ausgelöst werden.

Überschüssiger Bodenaushub mit erhöhten Schadstoffgehalten darf nur nach den Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes, insbesondere geregelt in § 12 BBodSchV bzw. §§ 6-8 BBodSchV n.F. i.V.m. ErsatzbaustoffV, verwertet oder entsorgt werden. Bei der Beseitigung sind entsprechend abfallrechtliche Anforderungen zu berücksichtigen.

Stoffliche Vorbelastungen der Böden werden mit Hilfe der in Kapitel 5 aufgeführten Datenquellen ermittelt. Auf Grundlage der Ergebnisse zur Altlastenrecherche im Verlauf der Antragstrasse werden mit dem BSK Empfehlungen hinsichtlich eines Handlungsbedarfs vor oder während der

[4] URL: https://maps.lgrb-bw.de/

[5] WMS LGRB-BW Bodenerosion in Baden-Württemberg; URL: http://services.lgrb-bw.de/index.phtml?SERVICE_NAME=lgrb_bodenerosion&REQUEST=GetCapabilities&VERSION=1.1.1&SERVICE=WMS&

Bauausführung herausgearbeitet, sofern eine Altlast/ -Verdachtsfläche in offener Bauweise gekreuzt werden soll. Im Untersuchungsraum der SELII liegen vereinzelt Altlastenverdachtsflächen vor, diese sind in Tab. 7-2 aufgeführt. Die Altlasten im Trassenverlauf sind in Anlage 7 (Bodenschutzplan) kartografisch dargestellt.

Datenführende Stelle	Art der Altlast	Bezeichnung	Bemerkung	Gemarkung
Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie, Heidelberg	verfüllte Kiesgrube & ehemaliger Schrottplatz	506	Auffüllungen bis 7,2 uGOK z.T. hohe PAK-Werte	Heidelberg
Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie, Heidelberg	ehem. Steinbruch	1863		Heidelberg
Landratsamt Rhein-Neckar-Kreis	Kiesgrubengebiet Eppelheim	2-3	WSG Eppelheim WSG Plankstadt WSG Rauschen	Eppelheim
Landratsamt Neckar-Odenwald-Kreis	Altablagerung	115	grenzt südwestlich an Baufeld	Hüffenhardt

Tab. 7-2: Altlasten und Verdachtsflächen im Trassenverlauf

7.4. Potenzielle Winterbautauglichkeit

Als Bestandteil des BSK werden die Böden im Bereich der Antragstrasse hinsichtlich ihrer bauzeitlichen Eignung ausgewertet. Ebenso sollten die klimatischen Bedingungen im Jahresgang in die Planung des Bauablaufs einbezogen werden. Bauabschnitte mit empfindlichen Böden sollten nach bautechnischer Möglichkeit nicht in den Monaten Januar bis März, in denen regelmäßig Wassersättigung im gesamten Bodenprofil zu erwarten ist, in die Bauplanung einbezogen werden. Umgekehrt kann in Bauabschnitte mit weniger verdichtungsempfindlichen, gut regenverdaulichen Böden (Sandböden mit einem geringen Schluff-, Ton- und Humusanteil) ohne bedeutsame Grund- und Staunässe eine potenziell bessere Winterbautauglichkeit angenommen werden, wobei die konkreten Witterungsbedingungen während der Bauphase zu berücksichtigen sind. Entsprechende ermessensleitende Hinweise werden im Bodenschutzplan (siehe Kapitel 8.2.4 und Anlage 7) mit den Maßnahmenkürzeln Wi1 bis Wi3 gegeben.

Eine potenzielle Winterbautauglichkeit ist nicht als generelle Winterbautauglichkeit zu interpretieren. Neben den berücksichtigten Bodeneigenschaften sind in der Bauphase dann noch die tatsächlichen Witterungsverläufe zu berücksichtigen, wenn abschließend über mögliche Bauprozesse im Winterhalbjahr entschieden wird.

Die potenzielle Winterbautauglichkeit orientiert sich im Wesentlichen an den anstehenden Substratschichten und an den Vernässungsmerkmalen im Trassenverlauf bis zur Regeleingriffstiefe von 2,50 m bei der offenen Grabenverlegung. Die Einstufung der potenziellen Winterbautauglichkeit basiert auf den Körnungseigenschaften, Humus-/Torfgehalten und Grundwasserstufen bzw. Vernässungsgraden nach Tab. 7-3:

		Terrestrische Böden	Grund- und Stauwasserböden
	Mittlerer Grundwasserstand unter Flur nach BK50	**MGW > 20 dm**	**MGW = 0-8 dm**
Beschreibung der Bodenarten	**Bodenarten nach KA5**		
Nicht bindige Böden (reine Sandböden)	Ss, Su2	Wi1	Wi2
Nicht bindige Böden (Lehm- und Schluffsande, Sandlehme)	Su3, Su4, Sl2, Sl3, Sl4, Slu, St3	Wi2	Wi3
Bindige Böden (Sand- und Normallehme)	Ls2, Ls3, Ls4, St3	Wi3	Wi3
Bindige Böden (Gruppe Schluffe, Schlufftone)	Uu, Us, Uls, Ut2, Ut3, Ut4, Lu	Wi3	Wi3
Stark bindige Böden (Gruppe Tone, Tonlehme)	Lt2, Lt3, Lts, Ts3, Ts4, Tu4, Tu3, Tu2, Tl, Ts2, Tt	Wi3	Wi3

Tab. 7-3: Bewertungsschema der potenziellen Winterbautauglichkeit*,** (eigene Bewertung)

** Erläuterungen: Wi1 = eingeschränkt winterbautauglich; Wi2 = stark eingeschränkt winterbautauglich; sowohl bei Wi1- als auch bei Wi2-Bewertung sind Baumaßnahmen mit BBB anhand der konkreten Standort- und Witterungsbedingungen vor Ort abzustimmen; Wi3 = nicht winterbautauglich; Bauen im Winter im Regelfall nicht möglich (Ausnahmen: u. a. vor dem Winter vorbereitete und befestigte Sonderbaustellen bzw. BE-Flächen, im Winter kann dann der Tiefbau erfolgen)*

*** Erläuterungen: bodenkundliche Abkürzungen nach KA5 (BGR 2005)*

8. Vorhabenbezogene Wirkungsanalyse

8.1. Vorhabenspezifische Wirkungen

Vom Vorhaben können folgende Wirkungen auf den Boden ausgehen:

- Versiegelung
- Einkürzung des effektiven Wurzelraums durch die Leitungs-/Bettungszone
- Physikalische und hydrologische Wirkungen im Hinblick auf Bodenfunktionen/Schutzwürdigkeiten und Empfindlichkeiten
- Stoffliche Wirkungen im Hinblick auf Altlasten/Verdachtsflächen

In den folgenden Unterkapitel werden die vorhabenspezifischen Wirkungen analysiert.

8.1.1. Versiegelungen

Vom Vorhaben gehen folgende Versiegelungen (Teil- und Vollversiegelungen) aus:

Flächenkategorie	Beschreibung	Fläche [m²]
Oberflächige Versiegelung	Schieberstationen inkl. Zufahrten	~~8.862~~ 9.078

Tab. 8-1: Versiegelungen

GDRM sind im Verlauf der SEL II nicht ausgewiesen.

Auf ca. ~~0,9~~ 0,91 **ha** werden die natürlichen Bodenfunktionen durch die ausgewiesenen Versiegelungen im Bereich von Schieberstationen inkl. Zufahrten beeinträchtigt bzw. gehen verloren (Vollversiegelung).

Unabhängig von der Versiegelungsart wird bei der Ermittlung des bodenbezogenen Kompensationsbedarfs ein vollständiger Verlust der Bodenfunktionen unterstellt.

8.1.2. Einkürzung des effektiven Wurzelraums durch die Leitungs-/Bettungszone

Darüber hinaus wird als Bemessungsgrundlage für die Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen, und insbesondere der Bodenfruchtbarkeit auf Ackerflächen, die Überdeckung der Rohrleitung einschließlich der Bettungszone, zusammen als technisches Bauwerk zu bezeichnen, mit dem wiederverfüllten standörtlichen Bodenmaterial in natürlicher Schichtung herangezogen. Entsprechend LUBW (2012, Tabelle 4) wird die Rekultivierung im Bereich des Leitungsgrabens bewertet. Somit wird bei einer Rückbaumächtigkeit von 1,2 m, unterhalb welcher der Rohrscheitel bzw. das technische Bauwerk beginnt, ein maximale Funktionserfüllung von 3 Wertstufen angesetzt.

8.1.3. Physikalische Wirkungen

Verdichtung

Physikalische Wirkungen sind – außer im Bereich des Rohgrabens – insbesondere im Bereich der Fahrspuren resp. Baustraßen und der temporären Zuwegungen zu erwarten.

Als wesentliche baubedingte Wirkung auf die Böden ist die Empfindlichkeit gegenüber Verdichtung zu betrachten. Die tatsächliche Verdichtungswirkung wird beeinflusst durch:

a) die standörtliche Verdichtungsempfindlichkeit
   Als standörtlich besonders verdichtungsempfindlich können alle (sehr) stark vernässten Grundwasser gelten. Böden mit starkem Stauwassereinfluss sind insbesondere im Winterhalbjahr/Frühjahr besonders verdichtungsempfindlich. Lediglich die flachgründigen Felsböden sind gering empfindlich.

b) die witterungsbedingte Verdichtungsempfindlichkeit
   Nahezu alle Böden (Ausnahmen: flachgründige Felsböden) sind stark verdichtungsempfindlich, wenn sie nach Niederschlägen sehr stark nass sind (≥ Feldkapazität bzw. weich-plastisch bis zähflüssig), unabhängig von der standörtlichen Verdichtungsempfindlichkeit.

c) die ergriffenen Vermeidungs-/Minderungsmaßnahmen
Zur Vermeidung und Minderung erheblicher physikalischer Beeinträchtigungen des Bodens werden geeignete angepasste Maßnahmen ergriffen (s. Kap. 8.2.4). Es kann davon ausgegangen werden, dass die potenziellen Bauauswirkungen auf die natürlichen Bodenfunktionen deutlich minimiert werden können. Gleichwohl wird eine vollständige Vermeidung der Auswirkungen auf das Schutzgut Boden nicht möglich sein, so dass verbleibende Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen zu erwarten sind.

Die physikalischen Wirkungen im Baufeld werden entsprechend LUBW (2012, Kap. 4.2, Zwischenüberschrift „Bodenverdichtung durch Baumaßnahmen“) bewertet.
Verdichtungswirkungen werden nur für die intensiv genutzten Baustraßenflächen unterstellt. Werden verdichtungsempfindliche Böden (mittel bis extrem hoch) von der Baustraße in Anspruch genommen, dann wird für diese Bodenfläche ein pauschaler Funktionsverlust in Höhe von 10 % angenommen und bei der Eingriffsbilanzierung berücksichtigt.

8.1.4. Hydrologische Wirkungen

Die Wasserhaltung wird nur bauzeitlich erfolgen. Falls es erforderlich sein sollte, werden Tonriegel in die Rohrbettung eingebaut, die einen durch den Rohrgraben gerichteten Wasserfluss unterbinden. Im Zuge der Ausführungsplanung und speziell der detaillierten Planung der Wasserhaltungsmaßnahmen sowie der Rohrbettung werden erforderliche und geeignete Vermeidungsmaßnahmen dargelegt (nicht Gegenstand des FB Bodenschutz). Es ist auch möglich, derartige Tonriegel i.S. einer ad hoc-Entscheidung in Abstimmung mit der FB Bodenschutz während der Baumaßnahme zu installieren.

Angesichts der vorgenannten Prämissen werden keine dauerhaften hydrologischen Wirkungen vom Vorhaben SEL ausgehen.

8.1.5. Stoffliche Wirkungen

Die Vorhabenträgerin wird dafür Sorge tragen, dass ein Alarmplan für etwaige Öl- und Treibstoffunfälle erstellt wird, um die eventuelle Ausbreitung wasser- und bodengefährdender Stoffe soweit wie möglich zu begrenzen. Betankungen werden nur mit gesonderten Schutzmaßnahmen (Auffangwanne oder auf befestigten Flächen) zugelassen.

Im Falle schadstoffbelasteter Böden im Baufeld werden die unterschiedlichen Aushubqualitäten gekennzeichnet, getrennt gelagert und nicht vermischt. Die bodenkundliche Baubegleitung wirkt auf eine fachgerechte Umsetzung hin. Bei Umgang mit stofflich belastetem Bodenaushub werden die bodenschutz- und abfallrechtlichen Anforderungen umgesetzt.

Angesichts der vorgenannten Prämissen werden keine dauerhaften stofflichen Wirkungen vom Vorhaben SEL ausgehen.

8.2. Vermeidung und Minderung der Beeinträchtigungen

8.2.1. Generelle bodenschutzfachliche Anforderungen and die Bauausführung

Die Bauausführung erfolgt unter Beachtung der DIN 18915, DIN 19639 und DIN 19731 in der jeweils aktuell gültigen Fassung. Bodenschutzfachliche Hinweise zur Vermeidung und Minderung von Bodenbeeinträchtigungen sowie zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen aus der Fachliteratur (BVB 2013, Engel & Prause 2021, Feldwisch & Friedrich 2017, Feldwisch & Hönerlage 2017, Feldwisch & Tollkühn 2017, HLNUG 2019, LUBW 2012, Runge et al. 2021) sind in die Maßnahmenplanung eingeflossen.

Aus diesen normativen Anforderungen sowie den Empfindlichkeiten und Funktionen des Bodens im Trassenverlauf ergeben sich allgemeine und flächenkonkrete bodenschutzfachliche Anforderungen, die in der Bauausführung zu beachten sind. Die allgemeinen bodenschutzfachlichen Anforderungen, die auf der gesamten Baubedarfsfläche generell zu beachten und umzusetzen sind, werden nachfolgend aufgeführt. Die flächenbezogenen Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen werden in Kapitel 8.2.2.1 und 8.2.3.2 konkretisiert und in Kapitel 8.2.4 i. V. m. dem Bodenschutzplan (siehe Anlage 7) übersichtlich zusammengefasst.

Die natürlichen Bodenfunktionen werden bauzeitlich beansprucht. Allerdings zielen die vorgesehenen Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen darauf ab, dass diese natürlichen Bodenfunktionen nicht dauerhaft und erheblich beeinträchtigt werden. Baubedingte zeitliche Beeinträchtigungen werden mit Hilfe geeigneter Rekultivierungsmaßnahmen (siehe Kapitel 8.2.5), soweit möglich, beseitigt.

Die Baumaßnahmen, und insbesondere Erdbaumaßnahmen, sollten im Sinne einer weitgehenden Baufreiheit möglichst bei trockenen Witterungs- und Bodenverhältnissen durchgeführt werden. Witterungsbedingte starke Vernässungen des Baufeldes infolge von Starkregenereignissen oder langanhaltenden Niederschlägen können eine Unterbrechung der Bauarbeiten erfordern.

In den Trassenabschnitten mit erosionsgefährdeten Böden und insbesondere in Hanglagen können Erosionsschutzmaßnahmen notwendig sein, die mit der BBB abzustimmen sind.

Bei der Bauausführung ist auf ggf. vom BSK abweichende Bodenbedingungen zu achten. Im Vergleich zu den berücksichtigten flächenhaften Bodenkarten sind kleinflächige Besonderheiten oder Differenzierungen der Bodeneigenschaften möglich, so dass nach Notwendigkeit mit geeigneten Maßnahmen darauf reagiert werden muss. Auch können die Grenzverläufe zwischen Bodeneinheiten und den daran gekoppelten Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen im Gelände anders verlaufen, als es die Auswertungen der Bodenkarten anzeigen. Während der Bauausführung ist darauf zu achten und die Maßnahmenumsetzung ist an die angetroffenen Bodenbedingungen vor Ort sinngemäß anzupassen; die Bodenkundliche Baubegleitung ist dabei einzubinden.

8.2.1.1. Bodenkundliche Baubegleitung

Die Vorhabenträgerin sieht aufgrund der Komplexität des Vorhabens und des großen Umfangs der beanspruchten Böden eine Bodenkundliche Baubegleitung im Sinne der DIN 19639 vor.

Folgende Anforderungen, Aufgaben und Befugnisse der BBB sind entsprechend der Selbstverpflichtung zu berücksichtigen:

- terranets bw wird für die BBB Personen bzw. Fachbüros beauftragen, welche die notwendigen Fachkenntnisse im Sinne der DIN 19639 nachweisen können.
- Die BBB prüft, ob die Regelungen aus dem Planfeststellungsbeschluss sowie den relevanten gesetzlichen Regelungen eingehalten werden.
- Bodenschutzfachliche Beratung zur Rekultivierung und Zwischenbewirtschaftung.
- Erfassung, Bewertung und Dokumentation des Bodenzustands vor und während der Baumaßnahme.
- Beratung von terranets bw und Baufirma im Hinblick auf bodenschutzfachlich ggf. erforderliche partielle Bauunterbrechungen.
- Beratung von terranets bw zur Beseitigung etwaiger Verdichtungsschäden oder sonstiger schädlicher Bodenveränderungen.
- Erstellen eines Abnahmeprotokolls inkl. Bewirtschaftungsfreigabe zur landwirtschaftlichen Folgebewirtschaftung oder Zwischenbewirtschaftung.

8.2.1.2. Bodenkundliche Beweissicherung

Eine schlagbezogene bodenkundliche Beweissicherung kann insbesondere mit Auswertungen von aktuellen, großmaßstäbigen Luftbildern durchgeführt werden (BVB 2013). Damit lassen sich räumliche Kontraste des Pflanzenaufwuchses sowie der Bodenfarbe bzw. Bodenfeuchte identifizieren. Derartige Kontraste können Hinweise auf unterschiedliche Bodeneigenschaften oder auch Vorschädigungen bzw. baubedingte Schäden geben. Die Eignung von Luftbildern hängt vom Aufnahmezeitpunkt ab; zu bevorzugen sind Luftbilder aus der Phase der Abtrocknung der Bodenoberfläche und des Vegetationsbeginns im Frühjahr sowie aus der Phase der Abreife der flächig verbreiteten Getreide- und Rapsbestände, weil dann Kontraste regelmäßig sehr gut zu erkennen sind. Die Auswertung setzt bodenkundliche Kenntnisse und Erfahrungen voraus. Denkbar ist zudem eine gezielte Befliegung im Vorfeld der Baumaßnahme.

Terrestrische Bodenaufnahmen jeder Bewirtschaftungseinheit mittels Bohrungen oder Bodenschürfen, die über die vorliegenden Bohrdaten hinausgehen, sind nicht generell vorgesehen und bodenschutzfachlich auch nicht erforderlich. Im Einzelfall können Trassenabschnitte, die entweder im Luftbild auffällige Strukturen erkennen lassen oder die anhand der Bodendaten besonders empfindlich gegenüber den Bauwirkungen reagieren, mit angepassten Bodenuntersuchungen gesondert erfasst und beweisgesichert werden.

Die Beurteilung etwaiger baubedingter Bodenbeeinträchtigungen kann in der Regel nach Bauabschluss anhand von gezielten Bodenuntersuchungen in der beanstandeten Baufläche im Vergleich zu einer neben dem Baufeld liegenden Referenzfläche effizient erfolgen. Die erforderlichen bodenkundlichen Methoden zur Beweissicherung können so gezielt an die

Bedingungen des Einzelfalls angepasst werden. Im Regelfall sind das die Erfassung des Bodenprofils entsprechend des Mindestdatensatzes nach DIN 19639 in Verbindung mit der Erfassung des Bodengefüges nach DIN 19682-10. Aufwändige Laboranalysen wie insbesondere Untersuchungen zur Trockenrohdichte, Porengrößenverteilung oder zur Nähr- und Schadstoffsituation bleiben regelmäßig Einzelfällen entsprechend der jeweiligen Erforderlichkeit vorbehalten.

Bodenkundliche Erfassungen der Bauauswirkungen während der baulichen Umsetzung beschränken sich im Regelfall auf eine fotografische Dokumentation etwaig erheblicher Beeinträchtigungen.

In vielen Fällen wird nach Bauabschluss insbesondere eine schädliche Verdichtung, eine zu geringe Mächtigkeit des Oberbodens und/oder ein zu hoher Steingehalt der Böden moniert. Auch diese häufigen Beanstandungen können mit der oben beschriebenen anlassbezogenen Untersuchung erfasst und beurteilt werden. Sie können im Regelfall wie folgt beweisgesichert werden:

- Bodenverdichtungen:
  - Vor Baubeginn:
    Auswertungen von Luftbildern im Hinblick auf Aufwuchsbeeinträchtigungen oder Stauwassereffekten bzw. Pfützenbildungen
  - Nach Bauabschluss:
    Vergleichende Luftbildauswertungen vor und nach Bau.
    Im Einzelfall im Gelände nach DIN 19682-10, ggf. nach DIN 19662 (Einschränkungen siehe unten).
    Im Einzelfall mit Hilfe von ungestörten Bodenproben mittels Stechringen und der Bestimmung der Trockenrohdichte, im Einzelfall auch der Porengrößenverteilung.
- Mächtigkeit des Oberbodens (Bearbeitungs- und damit Auflockerungszustand zwingend zu beachten):
  - Vor Baubeginn:
    Anhand vorliegender Bohrungen.
    Im Einzelfall anhand kleiner Bodenschürfen mit dem Spaten.
  - Während der Bauausführung:
    Anhand der Profilaufschlüsse an den Böschungen der Leitungsgräben. Die BBB sollte auf auffällige Abweichungen von den Regelmächtigkeiten achten und dies fotografisch dokumentieren.
  - Nach Bauabschluss (Regelfall):
    Anhand von Bohrungen oder Kleinschürfen innerhalb der beanstandeten Fläche und einer geeigneten Referenzfläche neben dem Baufeld.
- Steingehalt (Bearbeitungszustand zwingend zu beachten mit seinem Einfluss auf die visuell erfassbare Steinbedeckung):
  - Vor Baubeginn:
    Im Einzelfall durch Begehung und fotografische Dokumentation.

- Nach Bauabschluss (Regelfall):
  Begehung und fotografische Dokumentation innerhalb der beanstandeten Fläche und einer geeigneten Referenzfläche neben dem Baufeld.
  Im Zweifelsfall mit Hilfe von Sieblinien (Achtung, repräsentative Beprobung beachten.)

Auch kann die BBB in Abstimmung mit der Vorhabenträgerin und der betroffenen Landwirtin bzw. dem betroffenen Landwirt im Einzelfall erforderliche Einzelfalluntersuchungen vornehmen.

Zur Unterstützung der bodenschonenden Bauausführung, insbesondere bei der schonenden Rückverfüllung der Leitungsgräben und der Bestimmung des erforderlichen Rückverdichtungsaufwandes, kann es im Zweifelsfall hilfreich sein, die Trockenrohdichten der Leitungsrückverfüllung vergleichend zu Referenzflächen außerhalb des Baufeldes zu ermitteln; auf dieser Grundlage kann dann eine Feinjustierung der Rückverfüllung, die gleichzeitig die Wiederherstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht darstellt, erfolgen.

Bei allen bodenschutzfachlichen Untersuchungen ist generell der horizontalen und vertikalen Heterogenität der Bodeneigenschaften angemessen Rechnung zu tragen. Einzelmessungen sind zumeist wertlos, weil sie die Bodenzustände nicht repräsentativ erfassen.

Bei sogenannten ungestörten Bodenproben mittels Stechringen sind im Regelfall mindestens 4 Wiederholungen in unmittelbarer räumlicher Nähe zu gewinnen. Die Bodenschichtungen und Einwirkungstiefen der Bauarbeiten sind fachgerecht bei der Beprobung zu berücksichtigen.

Messungen der Eindringwiderstände mit Penetrometern, Künzelstab oder Rammsondierungen sind ohne Kenntnis der Bodenschichtungen und der vertikalen Bodenfeuchteverteilung weitgehend ohne bodenschutzfachliche Aussagekraft. Vergleichende Untersuchungen im Sinne der DIN 19662 sind möglich; dabei sind zwingend die Randbedingungen zu beachten. Auch ist zwischen einerseits natürlichen, pedogenen Dichtlagerungen und hohen Eindringwiderständen sowie andererseits anthropogen bedingten Dichtlagerungen und hohen Eindringwiderständen fachgerecht zu unterscheiden.

8.2.1.3. Beachten des Witterungsverlaufs

Die Baumaßnahmen werden nur bei geeigneter Witterung durchgeführt, um die entstehenden Boden-, Flur- und Aufwuchsschäden auf ein Minimum zu reduzieren.

Bodenbefahrungen außerhalb befestigter Baustraßen/Baueinrichtungsflächen und Bodenbewegungen sind bis zu maximal steif-plastischer Konsistenz zulässig (DIN 18915 und DIN 19639); nach ergiebigen Niederschlägen, bei Pfützenbildung oder bei weich-plastischer Konsistenz sind die Arbeiten im Regelfall unzulässig.

Ausnahmen von der Regel, dass alle Bodenarbeiten bis maximal steif-plastischer Konsistenz erfolgen dürfen, sind mit der BBB abzustimmen. So kann es im Einzelfall bodenschutzfachlich vertretbar sein, einen begonnenen Bauprozess oder auch eine Rekultivierung trotz etwas zu hoher Bodenfeuchten noch abzuschließen, wenn dadurch größere Schäden vom Boden

ferngehalten werden können. Ebenfalls können erforderliche Bodenarbeiten in Abstimmung mit der BBB auf allen standörtlich dauerhaft vernässten Grundwasserböden auch bei Konsistenzstufen > ko3 bzw. Bodenfeuchten > feu3, jeweils bezogen auf die dauerhaften Grundwasserhorizonte (Gr), erfolgen.

Eine weitere Ausnahme können bandartig quer zur Trasse verlaufende sehr empfindliche Böden wie standörtlich vernässte Grundwasserböden darstellen. Wenn die Bau- bzw. Rekultivierungskolonne aus Richtung terrestrischer, unvernässter Böden auf derartige Böden trifft, ist in Abstimmung mit der BBB eine Fortführung der Arbeiten im Streckenbau auch in den stärker vernässten Bodenabschnitt abzuwägen. Andernfalls wird eine nachgezogene Bauausführung oder Rekultivierung solcher bandartigen, empfindlichen Böden die erneute Anfahrt der gesamten Bau- bzw. Rekultivierungskolonne erfordern, was bei fehlender Wegeanbindung wiederum Beeinträchtigungen der Böden im Zufahrtsbereich auslöst.

8.2.1.4. Potentielle Winterbautauglichkeit

Im Rahmen der Planung des Bauablaufs ist die potenzielle Winterbautauglichkeit entsprechend Kapitel 7.4 zu berücksichtigen (Maßnahme Wi im Bodenschutzplan entsprechend Kapitel 8.2.4.2; siehe Anlage 7).

8.2.1.5. Sondermaßnahmen bei Betroffenheit schutzwürdiger Böden

Die Trassenplanung konnte nicht alle besonderen Bodenformen umfahren. Insofern werden auch schutzwürdige Böden, seltene Böden und Böden mit besonderen Biotopentwicklungspotenzialen baulich beansprucht. Unabhängig von ihren jeweils spezifischen Bodenempfindlichkeiten, anhand derer diesen Böden im Bodenschutzplan (siehe Anlage 7) entsprechende Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen zugeordnet werden, sind ggf. einzelfallbezogene Sondermaßnahmen zu ergreifen. Dazu ist die BBB während der Bauausführung einzubeziehen. Im Regelfall bietet es sich an, das LGRB nach Öffnung des Leitungsgrabens zu informieren und ihm Gelegenheit zur Dokumentation bzw. bodenkundlichen Erfassung der schutzwürdigen Böden einzuräumen (Maßnahme S1 im Bodenschutzplan; siehe Anlage 7).

8.2.1.6. Maßnahmen bei standörtlichen Vernässungen

Bei stark grund- oder staunassen Böden ist eine bauzeitliche Wasserhaltung erforderlich. Je nach Vernässungsgrad startet die bauzeitliche Wasserhaltung entweder vor bzw. zu Beginn des Oberbodenabtrags (alternativ vor oder zu Beginn der Befestigung der Baustraße) oder zu Beginn des Tiefbaus (Ausheben Leitungsgraben oder Baugruben an den Sonderbaustellen). Der Bodenschutzplan (siehe Anlage 7) gibt anhand der Informationen aus der Bodenkarte Hinweise, wo die Maßnahmen W1 oder W2 erforderlich werden können; die Ableitung dieser Maßnahmen beschränkt sich auf den 2 m-Raum.

Erfolgt die bauzeitliche Wasserhaltung mittels eingefräster Tiefendränagen, sollte der Fräsgang möglichst grabennah angesetzt werden, um Bodenvermischungen im Baufeld auf ein Minimum zu beschränken; das ist umso bedeutsamer, wenn der Oberboden nur im Bereich der Leitungsgräben abgetragen wird. Daraus wird regelmäßig eine grabennahe Position der Pumpen resultieren. Die grabennahe Aufstellung kann Konflikte mit dem Grundwasserschutz auslösen; den Konflikten kann mit der Verwendung technisch einwandfreier und gewarteter Diesel-Pumpen inkl. Auffangwanne oder bevorzugt mit elektrischen Pumpen (und grabenfern aufgestellten Stromaggregaten) begegnet werden. Das Betanken der Pumpen oder Stromaggregate erfolgt nach den Regeln eines fachgerechten Umgangs mit wassergefährdenden Stoffen (siehe Kapitel 8.2.1.8).

8.2.1.7. Maßnahmen bei Altlasten und Verdachtsflächen sowie sonstigen Schadstoffbelastungen

Bei der Querung von Altlasten und Verdachtsflächen empfiehlt sich vor der Bauausführung eine Orientierende Bodenuntersuchung nach Bodenschutzrecht, um den Verdacht entweder bestätigen oder ausräumen zu können. Besonderes Augenmerk ist auf ggf. überschüssige Bodenmaterialen zu legen; sollten diese schadstoffbelastet sein, dann gelten erhöhte abfall-, bodenschutz- und wasserrechtliche Anforderungen an deren Zwischenlagerung und Entsorgung. Angesichts der rechtlichen Neuerungen im Zuge der Mantelverordnung sind die Untersuchungen entsprechend den Vorgaben der BBodSchV n. F. und ErsatzbaustoffV vorzunehmen. Entsprechend ist zu verfahren, wenn Auffälligkeiten während der Bauausführung auf relevante Schadstoffbelastungen hinweisen.

Die ggf. erforderliche Zwischenlagerung von schadstoffbelastetem Boden vor Ort muss entsprechend dem Austragsrisiko von wassergefährden Stoffen angepasst werden, wie insbesondere Lagerung auf befestigten bzw. abgedeckten Flächen, Abdeckung von kontaminierten Bodenmieten etc.

8.2.1.8. Umgang mit Fremdmaterialien, Bauabfällen und wassergefährdenden Stoffen

Eine Vermischung von Boden mit Fremdmaterialien und Bauabfällen ist zu vermeiden. Fremdmaterialeintrag (einschließlich Resten von Geotextilen/Geovliesen, Kunststoffsägespänen, zwischengelagertem Drainagefiltermaterial und Baustraßenschotter etc.) in den ungeschützten Boden ist durch geeignete Unterlagen zu unterbinden. Eventuelle Fremdmaterialeinträge sind rückstandslos zu entfernen.

Die Vorhabenträgerin wird dafür Sorge tragen, dass ein Alarmplan für etwaige Öl- und Treibstoffunfälle durch die für die Sicherheits- und Gesundheits-Koordination zuständige Person (SiGeKo) in Abstimmung mit der BBB erstellt wird, um die eventuelle Ausbreitung wasser- und bodengefährdender Stoffe soweit wie möglich zu begrenzen. In Wasserschutzgebieten werden

Betankungen nur mit gesonderten Schutzmaßnahmen (Auffangwanne oder auf befestigten Flächen) zugelassen.

Auch der Umgang mit Bohrspüllösungen, Bohrklein und sonstigen Abfällen aus geschlossenen Querungen ist fachgerecht anhand abfall- und bodenschutzfachlicher Anforderungen wie insbesondere der Mantelverordnung zu erfolgen. Vor einer landbaulichen Verwertung ist deren Eignung und Unschädlichkeit auch unter Beachtung etwaiger synthetischer Bohrzusätze durch entsprechende Untersuchungen/Analytik nachzuweisen.

8.2.1.9. Einsatz von Radfahrzeugen

Der Einsatz von Radfahrzeugen auf unbefestigten Bodenflächen ist nicht zulässig. Ausnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen gelten lediglich für landtechnische Radfahrzeuge (Traktoren), die im Zuge der Trassenvorbereitung (siehe Kapitel 8.2.1.11) und Rekultivierung (siehe Kapitel 8.2.5) zielgerichtet eingesetzt werden, insbesondere zur Lockerung des Unterboden-Planums vor Auftrag des Oberbodens oder zur Tieflockerung. Auch sind Traktoren für landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmaßnahmen nach Oberflächenwiederherstellung oder zur Zwischenbewirtschaftung nach DIN 19639 zulässig. Die landtechnischen Radfahrzeuge müssen mit bodenschonenden Niederdruckreifen ausgestattet sein.

8.2.1.10. Spezifischer Bodendruck

Auf unbefestigten Bodenflächen sind Kettenfahrzeuge mit Bodenpressungen von maximal 8 N/cm² (0,8 kg/cm²) zulässig. Bei extrem verdichtungsempfindlichen Böden (Moor- bzw. Torfböden, stark vernässte Böden; siehe Maßnahme B1 in Anlage 7) sind geringere Bodenpressungen erforderlich. Unter Beachtung der Witterungsbedingungen sind mit Hilfe von Breit- bzw. Moorlaufwerken oder auch mitgeführten Baggermatten bzw. Lastverteilungsplatten die Bodenpressungen auf Werte bis maximal 3,5 N/cm² (= 0,35 kg/cm²) zu begrenzen. Kettenfahrzeuge mit größeren Bodenpressungen sind, wie auch Radfahrzeuge, nur auf Baustraßen bzw. befestigten Bauflächen zulässig.

Die Spezifikationen der eingesetzten Kettenfahrzeuge sind seitens der bauausführenden Firmen in Form einer Geräteliste (Typ/Bezeichnung, zulässiges Gesamtgewicht, Kettenbreite, Kettenlänge bis zur Mitte der Laufrollen, Bodenpressung/Kontaktflächendruck) zu führen. Die Geräteliste ist vor dem jeweiligen erstmaligen Geräteeinsatz der BBB auszuhändigen und entsprechend fortzuschreiben. Die Kettenfahrzeuge sind entsprechend der Geräteliste eindeutig, gut sichtbar und dauerhaft zu markieren. Bei Gerätewechsel im Bauablauf ist die Liste und Kennzeichnung zu erneuern. Die Kennzeichnung ist farblich wie folgt zu differenzieren:

- Rot: Einsatz nur auf befestigten Flächen/Baustraßen.
- Gelb: Maximale Bodenpressung 8 N/cm². Einsatz auch auf unbefestigten, nicht besonders verdichtungsempfindlichen Böden zulässig.
- Grün: Maximale Bodenpressung 3,5 N/cm². Noch geringere Bodenpressungen bis 3,5 N/cm² können in Abstimmung mit der BBB farblich gesondert gekennzeichnet werden. Einsatz auch auf unbefestigten, besonders verdichtungsempfindlichen Böden zulässig.

Ggf. bautechnisch erforderliche höhere Bodenpressungen sind mit der BBB abzustimmen und standörtlich individuelle Maßnahmen zum Bodengefügeschutz umzusetzen.

8.2.1.11. Umgang mit Aufwuchs bei der Trassenvorbereitung

Im Zuge der Trassenvorbereitung ist vorhandener Aufwuchs innerhalb der Bauflächen abzumulchen. Ab sehr hohen/mastigen Pflanzenbeständen ist in Abstimmung mit der BBB abzuwägen, ob das Mahdgut aufzunehmen und abzutransportieren ist, um Fäulnisprozessen der frischen Pflanzenmasse in den Bodenmieten vorzubeugen. Als grobe Orientierung für das Abmulchen kann ein kniehoher Pflanzenbestand dienen.

Die Grasnarbe von Dauergrünlandflächen ist in der Regel vor dem Oberbodenabtrag zu fräsen; Abweichungen, z.B. bei Installation einer grünen Baustraße, sind mit der BBB abzustimmen.

8.2.2. Bodenschutzfachliche Maßnahmen in Trassenabschnitten mit offener Grabenverlegung

8.2.2.1. Anlegen befestigter Baustraßen nach Oberbodenabtrag

Der Oberboden- bzw. Mutterbodenabtrag soll mittels Raupenbagger rückschreitend erfolgen. Der Einsatz schiebender Raupen (einschließlich Schürfkübelraupen) ist für den Massentransport nicht zulässig. Bei der Ausbildung von Rampen vom B-Boden-Planum nach Oberbodenabtrag auf das Wegenetz ist die Verwendung von (nicht-humosem) B-Bodenmaterial aus dem künftigen Leitungsgraben zulässig, sofern eine maximale Bodenpressung von 3,5 N/cm² des Baustellenverkehrs durch Baustraßenelemente (Metall, Holz, oder Kunststoffmatten) gewährleistet wird.

Beim Anlegen von Baustraßen und Schleppkurven der Zufahrten ist im Falle von mineralischen Schüttungen ein reißfestes Geotextil (Geotextilrobustheitsklasse 5) einzusetzen, um das Schüttmaterial vom Unterboden zu trennen. Bei der Verlegung soll eine Überlappung einzelner Geotextilbahnen von 0,5 m und ein randlicher Überstand von 1,0 m gewährleistet sein.

Mineralische Schüttungen, Lastverteilungsplatten und profilierte, koppelbare Baustraßenelemente sind vor Kopf einzubauen, der Rückbau erfolgt rückschreitend und rückstandsfrei. Bei Begegnungsverkehr sind befestigte Ausweichstellen herzustellen. Der Baustraßenaufbau bzw. die Mächtigkeit der mineralischen Schüttung ergibt sich aus der maximal

zulässigen Bodenpressung von 8 N/cm² (Maßnahme B2) bzw. bei besonders verdichtungsempfindlichen Böden von 3,5 N/cm² (Maßnahme B1) Bei gering bzw. nicht verdichtungsempfindlichen Böden wird seitens der BBB über den eventuellen Verzicht auf eine befestigte Baustraße aus bodenschutzfachlicher Sicht im Einvernehmen mit der Bauleitung der terranets bw anhand der konkreten Witterungsbedingungen während der Bauausführung befunden (Maßnahme B3).

8.2.2.2. Anlegen befestigter Baustraßen (Grüne Baustraße)

Die erforderlichen Baustraßen werden nach Möglichkeit auf dem Oberboden mit der jeweils angetroffenen Vegetation ausgelegt (grüne Baustraße).

Ziel dieser Maßnahme ist die bestmögliche Vermeidung bzw. Verminderung von Bodenstrukturschäden im Unterboden. Das Gefüge des Unterbodens mit seinem Porensystem und Regenwurmgängen wird bestmöglich geschützt, so dass der Unterboden nach der baulichen Ausführung im Regelfall nicht zusätzlich tief gelockert werden muss. Damit bleiben die natürlichen Bodenfunktionen und die Ertragsfähigkeit bestmöglich erhalten.

Zur Befestigung der Baustraßen auf dem Oberboden werden geeignete Lastverteilungs-Platten eingesetzt, welche die Lasten durch Befahrungen breitflächig auf den Boden verteilen. Die Plattensysteme sind in der Regel aus Stahl oder Holz. Die Platten werden vor Kopf verlegt, so dass der ungeschützte Boden nicht befahren wird.

In Abschnitten, in denen bautechnisch höhere Lasten oder länger andauernde Arbeiten erforderlich sind (z. B. bei Sonderbauwerken), werden die Befestigungen mit mineralischen Substraten (bspw. Schotter) über reißfestem Geotextil auf dem Oberboden vorgenommen.

Nach dem Bau werden die Befestigungen wieder vollständig zurückgebaut, ohne dabei die ungeschützten Bodenbereiche zu befahren. In der Regel reicht danach eine einfache Bearbeitung des Oberbodens aus, weil mögliche Verdichtungen bereits im Oberboden vollständig aufgefangen werden. Durch die Anlage der Baustraßen auf der Vegetationsschicht direkt auf dem Oberboden werden im Unterboden unterhalb der Befestigungen keine erheblichen Verdichtungen erwartet. Das Bodengefüge mit dem Porensystem wird bestmöglich geschützt, so dass der Unterboden später im Regelfall nicht zusätzlich tief gelockert werden muss.

Bei der Reduzierung des Bodenabtrags fallen Überschussmassen an Unterbodensubstraten an, da bei vollständiger Rückverfüllung reduziert auf die Grabenbreite aufgrund der Verdrängungsmassen durch Bettungsmaterialien, Rohr, Begleitmedien etc. bei vollständigem Rückbau eine zu mächtige Überhöhung der Flächen die Folge wären. Diese Überschussmassen können, bei Eignung insbesondere aufgrund eines hohen Feinbodenanteils, teilweise an andere Stelle, wo Grobbodenanteile ≥ 40 % einen Wiedereinbau ausschließen, als Austauschboden wiederverwendet werden

Bautechnische Hinweise zur Anlage erforderlicher Befestigungen

Die Befestigungen sind vor Kopf einzubauen, der Rückbau erfolgt rückschreitend und rückstandsfrei. Bei Begegnungsverkehr sind befestigte Ausweichstellen herzustellen. Der Baustraßenaufbau bzw. die Mächtigkeit der mineralischen Schüttung ergibt sich aus der maximal zulässigen Bodenpressung von 8 N/cm² (Maßnahme B2) bzw. bei besonders verdichtungsempfindlichen Böden von maximal 3,5 N/cm². Bei gering bzw. nicht verdichtungsempfindlichen Böden (steinreiche Böden mit Gehalten > 75 Vol.-% oder reine Sandböden mit Schluff- und Tonsummenanteilen < 15 Masse-% und Humusgehalten < 8 Masse-%) kann in Abhängigkeit von den baulichen Auswirkungen auf eine Befestigung in Abstimmung mit der BBB verzichtet werden (Maßnahme B3). Im Verlauf der Vorhabentrasse sind derartige Böden auf der Grundlage der verfügbaren Bodendaten nicht zu erwarten; falls sie dennoch auftreten sollten, dann ist im Einzelfall zu entscheiden.

Verwendung von Lastverteilungsplatten

Befestigungen können mit Hilfe von Lastverteilungsplatten (Stahl, Holz) vollflächig hergestellt werden. Stahlplatten sind mit einer Überlappung von mindestens 10 cm auszulegen. Bei lagestabilen, koppelbaren Lastverteilungsplatten ist keine Überlappung nötig. Verrutschte Lastverteilungsplatten sind zu korrigieren. Die Herstellung der Befestigungen aus Lastverteilungsplatten kann im Vergleich mit einer mineralischen Befestigung schneller und mit erheblich weniger Transporten hergestellt werden und es kann flexibler auf sich ändernde Bedingungen reagiert werden. Im Gelände mit Längs- oder Querneigung kann die Bausicherheit auf Lastverteilungsplatten durch Abrutschen der Baufahrzeuge beeinträchtigt sein; in diesen Fällen empfiehlt sich der Einsatz mineralischer Befestigungen.

Verwendung von mineralischen Befestigungen

Die Herstellung einer mineralischen Befestigung kann mit Schotter erfolgen. Die Mächtigkeit der mineralischen Schüttung ist an die Tragfähigkeit bzw. Verdichtungsempfindlichkeit der anstehenden Böden anzupassen. Es dürfen nur nachweislich stofflich unbedenkliche mineralische Schüttungen verwendet werden. Bei stark verdichtungsempfindlichen Böden ist die mineralische Schüttung i. d. R. > 40 cm vorzusehen (Maßnahme B1 in Anlage 7). Auf weniger bis mittel-verdichtungsempfindlichen Böden reichen mineralische Schüttmächtigkeiten von bis zu 40 cm regelmäßig aus. Das Schüttmaterial ist durch reißfestes Geotextil (GRK 5) vom anstehenden Boden zu trennen. Rollige Kiese oder Sande sind ohne Zusatzmaßnahme nicht für die Befestigung einer Baustraße geeignet; wenn sie beispielsweise aufgrund lokaler Verfügbarkeit eingesetzt werden sollen, müssen sie als sogenannte „holländische“ Baustraße ausgeführt werden (Schüttung wird vollständig in reißfestes Geotextil bzw. Geovlies eingeschlagen, zusätzlich werden auf diese eingeschlagene Schüttung entweder eine Feinsplittlage in Art einer wassergebundenen Decke oder Lastverteilungsplatten aufgelegt).

Oberbodenabtrag beschränkt auf den Verlauf der Leitungsgräben und Gruben im Bereich der Sonderbaustellen

Um ein bestmögliches Schutzniveau des Unterbodens in der Gasleitungs-Trasse zu gewährleisten, kann der eigentliche Oberbodenabtrag auf den Verlauf der Leitungsgräben und

Gruben im Bereich der Sonderbaustellen beschränkt werden. Die erforderlichen Befestigungen der Baustraßen und BE-Flächen erfolgen dann auf dem Oberboden (siehe Kapitel 8.2.2.2). Auch die Zwischenlagerung des Bodenaushubs aus den Leitungsgäben und sonstigen Baugruben erfolgt im Regelfall auf dem Oberboden; erforderliche Ausnahmen – wie im Falle von schadstoffbelastetem Unterboden oder steinreichen Unterböden – sind im Rahmen der Ausführungsplanung festzulegen.

Die Minimierung des Oberbodenabtrags – beschränkt auf den Verlauf der Leitungsgräben (ca. 5,2 m breit bei den Gräben in der Regelbauweise)[6] und Gruben im Bereich der Sonderbaustellen – dient folgenden Zielsetzungen:

- Bestmöglicher Schutz der Unterböden vor Verdichtungswirkungen.
  Hinweis: Der Oberboden wird in gewissem Umfang durch die darauf verlegten Befestigungen beeinträchtigt und verdichtet. Allerdings sind diese unvermeidbaren Verdichtungswirkungen unterhalb befestigter Baustraßen und Baueinrichtungsflächen leichter aus dem Oberboden zu entfernen als aus dem Unterboden. Im Oberboden wird die Gefügeregeneration durch das Quellen und Schrumpfen des Bodens im Jahresverlauf, das aktivere Bodenleben, die intensivere Durchwurzelung und winterliche Frosteinwirkungen gefördert. Diese positiven Wirkungen fehlen in der Regel im Unterboden. Aus diesem Grund sind – wenn immer möglich – Verdichtungswirkungen vorrangig aus dem Unterboden fernzuhalten. Im Übrigen ist die Bearbeitung des Oberbodens deutlich einfacher und effektiver möglich als die technisch aufwändigere Unterbodenlockerung.
- Reduzierung der Bodenbewegungen auf das unbedingt erforderliche Maß.
- Reduzierung der erforderlichen Mietenlagerfläche für Oberboden
- Zusammenfassend: Bodenschutzfachliche Eingriffsminimierung.
- Darüberhinausgehende Vorteile:
  - Minimierung der Nitratmobilisierung durch geringe Baueingriffe in Oberböden
  - Beschleunigung des Bauablaufs durch Reduzierung der erforderlichen Erdarbeiten

Der Oberbodenabtrag im Verlauf des Leitungsgrabens und im Bereich der Gruben der Sonderbaustellen erfolgt mittels Raupenbagger rückschreitend. Der Einsatz schiebender Raupen (einschließlich Schürfkübelraupen) ist für den Bodenabtrag nicht zulässig.

Bei der Ausbildung von Rampen vom B-Boden-Planum nach Oberbodenabtrag auf das Wegenetz ist die Verwendung von (nicht humosem) B-Bodenmaterial aus dem künftigen Leitungsgraben zulässig, sofern eine maximale Bodenpressung von 3,5 N/cm² des Baustellenverkehrs durch Baustraßenelemente (Stahlplatten, Holzbohlen etc.) gewährleistet wird.

[6] Die Breitenangaben orientieren sich am Regelgrabenprofil. Die SEL-Gräben sind an der Bodenoberfläche bei einer Grabensohle von 2,4 m unter Geländeoberkante, einer Sohlbreite von ca. 1,4 m und einer 60°-Böschung ca.4,2 m breit; zzgl. eines beidseitigen ergänzenden Streifens von 0,5 m erfolgt dann ein Oberbodenabtrag auf einer Breite von ca. 5,2 m. Bei veränderten Geometrien sind die Abtragsbreiten entsprechend anzupassen.

8.2.2.3. Bodentrennung

Ober- und Unterboden respektive Untergrund werden getrennt ausgehoben, zwischengelagert und wieder eingebaut. Eine Vermischung von Oberboden- und Unterbodensubstraten ist zu vermeiden. Bei geschichteten Unterböden, die erhebliche Substratunterschiede aufweisen, ist zudem eine Trennung der unterschiedlichen Schichten vorzunehmen; dazu sind die Schichten getrennt auszuheben, zwischenzulagern und bei der Verfüllung des Leitungsgrabens bzw. der Baugrube wieder lagegerecht einzubauen (Maßnahmen T2 und T3).

Bei einem einheitlichen Unterboden-Substrat muss lediglich eine Unterbodenmiete angelegt werden (Maßnahme T1).

Bei erforderlichen Trennungen unterschiedlicher Unterboden- bzw. Untergrundschichten muss eine ausreichende Mächtigkeit der Schichten vorliegen, die unter Praxisbedingungen mit vertretbarem Aufwand durchgeführt werden kann. In der Baupraxis hat sich eine Mindestmächtigkeit von 20 cm bewährt; bei geringeren Mächtigkeiten wird regelmäßig keine Trennung mit vertretbarem Aufwand vorgenommen werden können. Der Hinweis auf die Mindestmächtigkeit ist keine absolute Festlegung, sondern ist vor Ort anhand der bodenschutzfachlichen Erforderlichkeit mit der BBB abzustimmen.

Die Trennung unterschiedlicher Bodenschichten kann auch durch unebene, gelappte Schichtübergänge erschwert sein. In derartigen Fällen ist regelmäßig eine Trennung in der Mitte des Überlappungsbereiches umzusetzen; im Zweifelsfall ist die Trennung in solchen Fällen mit der BBB abzustimmen.

Die Substratdifferenzierungen und die darauf basierenden Bilanzierungsergebnisse sind als bestmögliche Näherung an die zu erwartenden Aushub- bzw. Überschussmassen und deren Qualitäten zu verstehen. Die ausgewerteten Bodenkarten erlauben aufgrund der regionalisierten Bodeneigenschaften keine inhaltlich und räumlich Meter-genaue Ermittlung. Die im Gelände tatsächlich auftretenden räumlichen Abgrenzungen unterschiedlicher Bodenqualitäten können im 10er-Meterbereich von den Grenzlinien der zugrundeliegenden Bodendaten abweichen. Daher sind räumliche und inhaltliche Unschärfen hinsichtlich der tatsächlich anstehenden Substratschichtungen bei den verwendeten Bodenkarten BK50 zu berücksichtigen. Insofern sind im Zuge der Bauausführung Verschiebungen der benötigten Lagerflächen und der Massenbilanzen möglich.

Es bleibt zu beachten, dass notwendige mehrfache Trennungen der Unterbodensubstrate Auswirkungen auf die Mietenlagerflächen und die erforderliche Trassenbreite haben.

8.2.2.4. Zwischenlagerung in Bodenmieten und Mietenbegrünung

Die Böden sind gemäß DIN18915, DIN19639 und DIN19731 zu lagern. Bodenmieten sollten nach Möglichkeit nicht im Bereich von Senken angelegt werden, um Bodenschäden durch Staunässe vorzubeugen; Wasserrückstau an Bodenmieten außerhalb des Arbeitsstreifens ist zu

unterbinden, Wasserrückstau innerhalb des Arbeitsstreifens ist schadlos und rechtskonform abzuleiten.

Der Oberboden (A-Boden) wird in einer maximal 2 m hohen separaten Miete gelagert (steile Trapezform). Die Oberbodenmiete ist allseitig zu profilieren und bei voraussichtlichen Lagerzeiten > 2 Monaten unmittelbar nach Aufmietung aktiv zu begrünen, wenn Witterung und Jahreszeit eine Begrünung zulassen. Die Begrünung ist mit der BBB abzustimmen.

Eine aktive Begrünung ist grundsätzlich in Bereichen längerer Bauzeiten (Rohrlagerplätze, BE-Flächen, Sonderbaustellen einschließlich deren bauzeitlichen Zufahrten) zu etablieren. Die Ansaatmischung ist nach Standorteigenschaften, Fruchtfolge, angenommener Lagerzeit und Jahreszeit anzupassen und mit der BBB abzustimmen (Mai bis Mitte September: z. B. nematodenresistente Gelbsenfsorten oder Phacelia; in den anderen Monaten je nach Witterung z. B. Gräsermischungen oder Wintergetreide). Die aktive Begrünung ist während der gesamten Standzeit der Miete zu pflegen (Abmulchen, Nachsaat). Die Bodenmieten sind durch mechanische Bekämpfung (Mahd, Jäten) ohne Einsatz von Pflanzenschutzmitteln von Verunkrautung freizuhalten.

Bei der Erstellung eines Mietenkonzeptes ist Platz für Wasserhaltung in Form von Lücken zwischen den Mieten einzuplanen.

Der Unterboden (B-Boden) ist jeweils getrennt vom Untergrund zu lagern. Eine maximale Mietenhöhe von 3 m ist einzuhalten.

Auch für die Zwischenlagerung des Untergrundmaterials (C-Boden) ist eine maximale Mietenhöhe von 3 m einzuhalten.

Besteht während der Zwischenlagerung von Unterboden und Untergrund die Gefahr der erheblichen Vernässung (lange Lagerzeiten, ergiebige Niederschläge etc.), dann kann eine Begrünung oder Abplanung hilfreich sein, um einer Vernässung der Bodenmieten vorzubeugen und damit die Wiederverfüllbarkeit (ko ≤ 3 bzw. feu ≤ 3) zu erhalten; das Erfordernis ist mit der BBB abzustimmen.

Ist eine Lagerung entlang der Trasse nicht möglich, kann der Bodenaushub auf einem gesonderten Lagerplatz zwischengelagert werden. Die Länge der Transporte entlang der Trasse ist möglichst gering zu halten. Durch ein geeignetes Konzept zur Lagerung und Markierung der Mieten ist zu gewährleisten, dass der gelöste Boden in dem Bereich wiedereingebaut wird, in dem er ausgebaut wurde. Da mit dem Verbringen des Bodens eine Erhöhung der Überfahrungshäufigkeit – insbesondere der Lagerplätze – einhergeht, sind diese entsprechend Kapitel 8.2.2.1 zu befestigen. Ein Konzept zur Herstellung der Lagerplätze ist zu entwickeln, sobald feststeht, in welchem Umfang diese erforderlich werden.

Die Befahrung von Bodenmieten aus A- und B-Boden oder deren Nutzung als Lagerfläche ist nicht zulässig. Muss C-Aushub mit hohem Felsanteil zur Wiedereinbaubarkeit bearbeitet oder vermischt werden, ist eine Befahrung z. B. mit einer Siebmaschine bei ausreichend

abgetrocknetem Boden in Abstimmung mit der BBB zulässig. Auch kann in Abstimmung mit der BBB geeigneter C-Aushub ggf. zur Befestigung der Baustraße verwendet und damit auch befahren werden.

Hinweise zur Zwischenlagerung von Unterboden und Untergrund auf dem anstehenden Oberboden

Bei Einsatz einer grünen Baustraße erfolgt die Zwischenlagerung des Aushubs sowohl des Oberbodens, des Unterbodens als auch des Untergrunds im Regelfall unmittelbar auf dem Oberboden. Diese Vorgehensweise ist Folge des eingeschränkten Oberbodenabtrags. Die Baggerfahrer werden angehalten, den zwischengelagerten Unterboden und Untergrund möglichst sauber vom anstehenden Oberboden wieder abzutragen. Allerdings werden in geringen Mengenanteilen einzelne Unterboden- oder Untergrundbröckel auf dem Oberbodenplanum liegen bleiben können; dieser Baueinfluss wird in Abwägung der Auswirkungen eines alternativen vollständigen Oberbodenabtrags, der derartige kleine Restmengen auf dem Oberboden vermeiden könnte, als weniger bedeutsam und bodenschutzfachlich vertretbar eingestuft. Im Falle spezieller Aushubmassen, die den anstehenden Oberboden im Hinblick auf seine natürlichen Bodenfunktionen und Nutzungsfunktionen zur landwirtschaftlichen Produktion erheblich beeinträchtigen könnten (z. B. steinreicher oder schadstoffbelasteter Aushub), ist in Abstimmung mit der BBB eine Trennung des Bodenaushubs vom anstehenden Oberboden mittels z. B. Geotextil oder Stahlplatten abzuwägen.

8.2.2.5. Lagerung von steinhaltigem Bodenaushub, Baumaterial und Einsatz mineralischer Schüttungen zur Befestigung der Bauflächen

Bei der Lagerung von steinhaltigem Material und beim Einsatz mineralischer Schüttungen zur Befestigung der Bauflächen ist im Regelfall das steinreiche Material durch reißfestes Geotextil mit einer einer Geotextilrobustheitsklasse (GRK) 5 vom Boden zu trennen. Bei der Verlegung muss mindestens eine Überlappung einzelner Geotextilbahnen von 0,5 m und ein randlicher Überstand von 1,0 m gewährleistet werden.

8.2.2.6. Wiederverfüllen des Leitungsgrabens

Der Leitungsgrabenaushub ist lagenweise getrennt nach Substratschichten in der ursprünglichen Reihenfolge mittels Raupenbaggern rückzuverfüllen. Das Andrücken der einzelnen Lagen von 30-40 cm Mächtigkeit mit dem Baggerlöffel ist zulässig. Eine dynamische/vibrierende Verdichtung bei der Rückverfüllung des Leitungsgrabenaushubs ist oberhalb des technischen Bauwerks nicht zulässig. Der ggf. standörtlich begründete Einsatz statischer Verdichtungsgeräte ist mit der BBB abzustimmen.

Nach der Grabenverfüllung ist die Oberfläche der Leitungsgräben zum Schutz vor starkem Eintrag von Niederschlagswasser in die lockere Verfüllung mittels Raupenbagger oder

Planierraupe vollflächig zu überrollen Das einfache Einplanieren der Oberfläche mittels Planierraupe oder Schleppschild nach erfolgtem Verfüllen des Leitungsgrabenaushubs ist zulässig. Die vorgenannten Arbeiten sind in Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften, speziell der Bodenfeuchte, und dem Witterungsverlauf in Abstimmung mit der BBB gefügeschonend durchzuführen.

Grundsätzlich ist die Verfüllung so auszuführen, dass die ursprünglichen, natürlichen Lagerungsdichten der anstehenden Böden nicht überschritten und damit schädliche Verdichtungen vermieden werden. Eine leichte uhrglasförmige Überhöhung bis ca. 5 cm über dem ursprünglichen Geländeniveau im Bereich des Leitungsgrabens in Konsequenz der lockeren Verfüllung und die daher zu erwartenden Sackungen sind bodenschutzfachlich vertretbar.

Der Wiedereinbau der Böden hat bei möglichst trockenen Bodenverhältnissen (steif-plastische Bodenkonsistenz; ≤ ko3 bzw. feu3) zu erfolgen. Bei stark feuchten oder nassen Bodenmaterialien ist mit der Rekultivierung zu warten, bis der Boden ausreichend abgetrocknet ist (maximal steif-plastische Konsistenz). Ist es im Bauablauf zwingend notwendig, die Verfüllung im feuchteren Zustand durchzuführen, kann in begründeten Ausnahmefällen und in Abstimmung mit der BBB eine lageweise Rückverfüllung unter Einmischung von Kalk durchgeführt werden. Ausnahmen bei grundnassen Standorten richten sich nach den Ausführungen in Kapitel 8.2.1.3.

8.2.2.7. Umgang mit Drainagen

Bei der Öffnung der Leitungsgräben sind funktionstüchtige/wasserführende gekreuzte Bestandsdrainagen durch leitungsparallel laufende Abfangsammler zu fassen. Mögliche Alternative sind zwischen Eigentümern/betroffenen Landwirten, bauausführender Firma, Vorhabenträgerin und BBB abzustimmen.

Offene Wasserhaltungen mit mineralischen Schüttungen in der Leitungsgrabensohle sind auf das technisch notwendige und seitens der Arbeitssicherheit erforderliche Minimum zu beschränken.

Bei bauzeitlichen Wasserhaltungsmaßnahmen erfolgen vereinzelt Einleitungen in nahegelegene Vorfluter, auf Strecken ohne offene Vorflut erfolgt die Ableitung des geförderten Grundwassers auf angrenzende Flächen, überwiegend Forstflächen. Es ist sicherzustellen, dass die Pumpenschläuche ausreichende Längen und Dichtigkeiten bis zu den geeigneten Einleitstellen aufweisen, um eine künstliche flächenhafte Vernässung von Böden zu vermeiden und Gewässerböschungen zu schützen.

Nach Bauabschluss sind die baulich beeinträchtigten Bestandsdrainagen funktionsgleich und fachgerecht wiederherzustellen. Nach Grabenverfüllung (siehe Kapitel 8.2.2.6) und vor Tieflockerung (siehe Kapitel 8.2.2.9) und Oberbodenauftrag (siehe Kapitel 8.2.2.8) erfolgt die Wiederherstellung der Drainagen in ihrer Funktion i. d. R. im Parallelstrangverfahren. Nach dem Einfräsen bzw. Einpflügen der Drainagestränge ist das einfache Einplanieren des Fräsguts bzw. der Pflugfurche mittels Planierraupe oder Schleppschild bzw. Schiebeschild am Kettenbagger

zulässig. Drainagebrücken durch/über den verfüllten Leitungsgraben sollten im Regelfall vermieden werden.

8.2.2.8. Vorbereitung des Unterbodenplanums und Oberbodenauftrag

Vor dem Auftrag des Oberbodens wird das Unterbodenplanum (B-Planum) fachgerecht vorbereitet; dabei sind schädliche Verdichtungen zu vermeiden, beispielsweise bindige Unterböden möglichst wenig zu befahren.

In einem ersten Schritt ist i. d. R. die Wiederherstellung der Drainagen auf dem rohen B-Planum vorzunehmen (siehe Kapitel 8.2.2.7).

In einem zweiten Schritt ist der Tieflockerungsbedarf von der BBB zu klären. Der verfüllte Leitungsgraben wird in der Regel in Abhängigkeit von der Bodenart dynamisch oder statisch tiefgelockert werden müssen (siehe Kapitel 8.2.2.9), um die lagenweise angedrückten Unterbodenschichten im Hinblick auf eine verbesserte Durchwurzelbarkeit wieder aufzulockern. Über die rein substratbezogen abgeleiteten Maßnahmen nach Kapitel 8.2.2.9 wird durch die BBB eine baubegleitende Tieflockerungsplanung vorgenommen, welche die Tieflockerungsmaßnahmen an die Bedingungen und tatsächlichen Bauauswirkungen vor Ort anpasst. Örtlich kann im Hinblick auf die tatsächlichen Bauauswirkungen auch auf Baustraßenstrecken sowie Sonderbaustellen ein Tieflockerungsbedarf bestehen. Im Regelfall sind für die Tieflockerung landtechnische Fahrzeuge mit nicht-wendender dynamischer oder statischer Lockerungstechnik (Stech-Hub-Lockerer, Abbruchlockerer) und nachlaufender Packerwalze einzusetzen.

Ist keine Tieflockerung erforderlich, dann ist das B-Planum flach zu bearbeiten, um Durchwurzelungshindernisse zu beseitigen und eine Verzahnung des Ober- mit dem Unterboden zu gewährleisten. Die Lockerung ist entsprechend der Standort- und Witterungsbedingungen mit geeigneten landwirtschaftlichen Geräten wie insbesondere Grubber vorzunehmen. Grobe Schollen sind mittels geeigneter Technik zu beseitigen, um wiederum eine standorttypische Durchwurzelbarkeit zu gewährleisten. Zudem besteht bei groben Schollen eine zu große Klüftigkeit. In die Klüfte fiele anschließend Oberboden hinein, so dass ein großer Übergangsbereich zwischen Ober- und Unterboden entstände. Bei der ersten krumentiefen Bodenbearbeitung entstände dann eine Vermischung aus Oder- und Unterboden, was es zu vermeiden gilt. Dazu bietet sich insbesondere die Kombination aus geeignetem Lockerungsgerät mit nachlaufender Packerwalze an, die ein ebenes und nicht zu klüftiges B-Planum hinterlassen.

Der Oberbodenauftrag erfolgt vor Kopf auf das vorbereitete Unterbodenplanum. Mit Raupenbaggern ist eine möglichst gleichmäßige Vorlage des Oberbodens durchzuführen, um den Planieraufwand zu begrenzen. Das anschließende einfache Einplanieren des gleichmäßig vorgelegten Oberbodens mittels Planierraupe oder Schleppschild ist zulässig; dabei sind Rangierarbeiten so weit wie möglich zu begrenzen.

Sollten trotz gebotener Vermeidungsmaßnahmen (siehe Kapitel 8.2.1.8) doch baubedingte Abfälle und Fremdkörper im Baufeld verblieben und bei der Herstellung des Unterboden- oder Oberflächenplanums augenscheinlich erkennbar sein, dann sind diese abzulesen.

8.2.2.9. Tieflockerung

Art und Umfang eventuell erforderlicher Tieflockerungsarbeiten werden zwischen terranets bw und der BBB abgestimmt. Die Art und Weise der Durchführung der Tieflockerung ist von den lokalen Standort- und Witterungsverhältnissen (Letztere siehe Kapitel 8.2.1.3) abhängig und wird zumeist auf dem Unterbodenplanum vor dem Auftrag des Oberbodens durchgeführt (Maßnahmen L1 und L2; siehe auch Kapitel 8.2.2.8).

Erforderliche Tieflockerungsarbeiten sind bei bindigen Böden mit geeigneten speziellen dynamischen Lockerungsgeräten wie z. B. Abbruchlockerungs- oder Stechhublockerungsgeräten vorzunehmen. Eine einfache Lockerung mit dem Heckaufreißer von Planierraupen ist nicht geeignet.

Bei Skelettböden mit geringem Anteil an Feinboden, deren Ton- und Schluffgehalt unter 15 % (Massenanteil) und deren Humusgehalt unter 8 % (Massenanteil) liegen, besteht regelhaft kein Lockerungsbedarf (DIN 18915). Sandböden mit entsprechend geringen Feinanteilen können mit starren Lockerungsgeräten bearbeitet werden.

Die Tieflockerungsgeräte sind im Regelfall mit nachlaufenden Packerwalzen einzusetzen, um ein gleichmäßiges und nicht zu klüftiges Lockerungsbild zu schaffen.

8.2.2.10. Zwischenbewirtschaftung

Zur Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen kann bei bindigen Böden eine bodenschonende Zwischenbewirtschaftung die Gefügeregeneration und damit die Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen einschließlich der landwirtschaftlichen Ertragsfunktion unterstützen und beschleunigen. Die im Regelfall erforderliche mechanische (Tief-)Lockerung der baulich beanspruchten Böden schafft instabile Porensysteme. Diese instabilen Porensysteme werden dann im Zuge der Zwischenbewirtschaftung durch eine möglichst intensive und tiefgängige Durchwurzelung stabilisiert und offengehalten. Die Wurzelgänge wirken sich somit positiv auf eine gleichmäßige vertikale Durchporung der Böden aus, so dass der Wasser- und Lufthaushalt der Böden wieder bestmöglich hergestellt wird. Für die Zwischenbewirtschaftung wird die BBB standortangepasstes Saatgut oder Saatgutmischungen empfehlen.

Um eine substrattypische Regeneration des Bodengefüges zu ermöglichen und die Wahrscheinlichkeit von dauerhaften Folgeschäden zu reduzieren, kann eine mehrjährige Zwischenbewirtschaftung im Sinne der DIN 19639 sinnvoll sein.

Bei lehmig-schluffigen Böden im Trassenverlauf ist bodenschutzfachlich zu empfehlen, eine mindestens überjährige Zwischenbewirtschaftung (bei Aussaat bis Anfang September bis mindestens Mitte Mai des Folgejahres aufwachsen lassen) vorzusehen, damit das Höhenwachstum im Frühjahr, welches mit dem Tiefenwachstum der Wurzeln korreliert, für die Gefügeregeneration genutzt werden kann. Zur Zwischenbewirtschaftung eignen sich besonders Saatgutmischungen mit unterschiedlichen Wurzeltypen, Durchwurzelungsintensitäten und Durchwurzelungstiefen. Besonders gute Durchwurzelungsergebnisse werden mit Luzerne (*Medicago sativa*) auf gut gepufferten, schwach sauren bis kalkigen Böden erreicht. Auf schwach gepufferten, saureren Böden können Rotklee (*Trifolium pratense*), andere Leguminosenarten oder auch Kleegrasmischungen eingesetzt werden.

Je nach Bauablauf eingedenk der Witterung während der Bauausführung und ggf. doch nicht vermeidbaren Bodenbeeinträchtigungen kann es bodenschutzfachlich empfehlenswert sein, die Zwischenbewirtschaftung in Abhängigkeit der Bodeneigenschaften auf bis zu 3 Jahre auszudehnen. Eine Beurteilung hierzu sollte durch die BBB erfolgen.

Bei Skelett- und Sandböden mit geringem Anteil an Feinboden, deren Ton- und Schluffgehalt unter 15 % (Massenanteil) und deren Humusgehalt unter 8 % (Massenanteil) liegen, so dass ein Einzelkorngefüge angetroffen wird, kann eine kurze Zwischenbewirtschaftung ausreichend sein; bei sehr guter, sprich bodenschonender Bauausführung kann in Abstimmung mit der BBB ggf. vollständig von einer Zwischenbewirtschaftung abgesehen werden.

8.2.3. Bodenschutzfachliche Maßnahmen an Rohrlagerplätzen, Sonderbaustellen und sonstigen BE-Flächen mit Fahrverkehr

Die Maßnahmen nach Kapitel 8.2.1 und 8.2.2 gelten sinngemäß auch für Sonderbaustellen und sonstige BE-Flächen mit Fahrverkehr. Spezifische Maßnahmenanforderungen an diesen Flächen werden nachführend beschrieben.

8.2.3.1. Spezifische Maßnahmen an Sonderbaustellen

Um Baufreiheit an Sonderbaustellen weitgehend witterungsunabhängig gewährleisten zu können, sind die erforderlichen Befestigungen bei trockenen, tragfähigen Bodenverhältnissen (max. ko3 bzw. feu3) anzulegen (siehe Kapitel 8.2.1.3), bei Erfordernis auch mit zeitlichem Vorlauf zum eigentlichen Tiefbau. Es muss vermieden werden, die Einrichtung der Befestigungen an den Sonderbaustellen zu Zeiten hoher Bodenfeuchte vorzunehmen, weil dann a) erhebliche Bodenbeeinträchtigungen drohen und b) die Standfestigkeit der aufgetragenen Befestigungsschicht gemindert werden kann.

Die Anlage aller erforderlichen Befestigungen kann nach Möglichkeit auf dem begrünten Oberboden vorgenommen werden, siehe Kapitel 8.2.2.2. An Sonderbaustellen wird regelhaft ein ca. 0,70 m mächtiger, tragfähiger Aufbau aus mineralischen Substraten (Schotter etc.) vorgesehen (siehe Kapitel 8.2.2.1 zur Eignung mineralischer Substrate).

Die Lagerdauer des erforderlichen Bodenaushubs an den Sonderbaustellen ist deutlich länger als in der Trasse mit offener Grabenverlegung. Aus diesem Grund sind die Oberbodenmieten unmittelbar nach dem Aufmieten zu begrünen (siehe Kapitel 8.2.2.4).

Zur bodenschutzfachlichen Wiederherstellung der Sonderbaustellen wird auf Kapitel 8.2.2.6 bis 8.2.2.10 verwiesen; die Ausführungen für den Streckenbau sind sinngemäß auf die Sonderbaustellen anzuwenden.

8.2.3.2. Bodenschutzfachliche Maßnahmen an sonstigen BE-Flächen mit Fahrverkehr

Weitergehende Flächenbedarfe für Rohrlagerflächen oder zur Lagerung von Baumaterial etc. sind in ähnlicher Weise zu befestigen wie die Sonderbaustellen (siehe Kapitel 8.2.3.1). Darüber hinaus gehende spezifische bodenschutzfachliche Anforderungen sind anhand der konkreten Nutzungen und den Bodenverhältnissen mit der BBB abzustimmen.

8.2.4. Flächenkonkrete Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen (Bodenschutzplan)Flächenkonkrete Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen (Bodenschutzplan)

8.2.4.1. Vorbemerkungen

Die anhand der verfügbaren Bodeninformationen räumlich verortbaren Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung der Auswirkungen auf das Schutzgut Boden werden im Bodenschutzplan mit Hilfe von Maßnahmenbändern dargestellt (siehe Anlage 7). Sollten während der Bauausführung offenkundige Abweichungen von den Bodeneigenschaften, die dem Bodenschutzkonzept zugrunde liegen, auftreten, dann sind diesbezügliche Anpassungen der Maßnahmen in Abstimmung mit der BBB vorzunehmen.

Weiterhin empfiehlt sich die Ausführung der Maßnahmen in baulogistisch sinnvoll abgrenzbaren Abschnitten. Der Bodenschutzplan orientiert sich ausschließlich an bodenschutzfachlichen Grenzen unabhängig von der Längenausdehnung einer daraus abgeleiteten Maßnahme in der späteren Ausführung. Daraus können stellenweise sehr kurze Maßnahmenlängen im Bodenschutzplan ausgewiesen werden, die bautechnisch schwer umsetzbar sind.

Ein kleinräumiger Wechsel der Maßnahmen, wie z. B. ein Wechsel zwischen unterschiedlichen Baustraßentypen, ist bei der Bauausführung technisch schwer zu realisieren und führt erfahrungsgemäß regelmäßig zu schlechter Maßnahmenumsetzung, in deren Folge Bodenbeeinträchtigungen entstehen können. Aus diesem Grund sind die Bodenschutzmaßnahmen anhand technischer und logistischer Möglichkeiten festzulegen. Die Abgrenzung baulogistisch sinnvoller Abschnitte für die Umsetzung von Maßnahmen zum Schutz der Böden kann von der BBB im Zuge der Ausführungsplanung in Abstimmung mit der technischen Bauplanung erfolgen.

Zur Umsetzung der Zielsetzungen der bodenschutzfachlichen Anforderungen sind in den Kapiteln 8.2.1, 8.2.2 und 8.2.3 geeignete Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen für den Bau der geplanten Leitung aufgeführt. Diese sind zum einen anhand der bodenkundlichen Auswertungen auf Basis der BK50 den Trassenabschnitten zugeordnet (siehe Kapitel 8.2.4 und Anlage 7). Zum anderen werden die Erkundungsbohrungen im Hinblick auf bodenschutzfachliche Inhalte klassifiziert im Bodenschutzplan dargestellt. Die räumliche Zuordnung und Abgrenzung der Maßnahmen kann dem Bodenschutzplan entnommen werden.

8.2.4.2. Maßnahmentabelle

Bodenschutzfachlicher Hinweis zum Umgang mit dem Bodenschutzplan bei der Bauausführung

Das Bodenschutzkonzept und die im Bodenschutzplan räumlich zugeordneten Maßnahmen (siehe Anlage 7) stützen sich auf verfügbare Bodenkarten und Bohrungsdaten. Damit werden die durchschnittlich in der Trasse zu erwartenden Bodenverhältnisse hinreichend gut abgebildet. Alle auf diesen bodenkundlichen Grundlagen abgeleiteten Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen (Tab. 8-2) spiegeln die zu erwartenden Empfindlichkeiten der Böden wider.

Aufgrund der Generalisierungen der Bodenkarten sind im Längsverlauf der Trasse Abweichungen sowie kleinräumige Bodenunterschiede, die von den Datengrundlagen abweichen können, nicht auszuschließen. Auch die durch Bohrungen gewonnenen Informationen sind lediglich Punktdaten und geben keinen Rückschluss über räumliche Ausdehnungen angesprochener Substrate und deren Eigenschaften. Insofern muss auf derartige Abweichungen in der Bauausführung entsprechend der in diesem Bodenschutzkonzept ausgeführten Vermeidungs- und Minderungsziele mit einer angepassten Maßnahmenauswahl reagiert werden. Die Abstimmung derartiger Anpassungen erfolgt mit der BBB.

Betroffenheit	**Maß-nahmen-kürzel**	**Bodenschutzfachliche Bedingungen ***	**Maßnahmenbeschreibung***	**Kapitelverweise** (weitergehende Erläuterungen)
Baustraße	B1	Verdichtungsempfindlichkeit extrem oder sehr hoch	Besondere Tragfähigkeit/Lastverteilung der befestigten Baustraßen aufgrund der sehr hohen Verdichtungsempfindlichkeit herstellen. Bodenpressung unter der Baustraße in Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften beschränken (zwischen min. 0,25 und max. 0,35 kg/cm²)	8.2.2.1
Baustraße	B2	Verdichtungsempfindlichkeit hoch oder mittel	Standardbaustraße, Bodenpressung unter der Baustraße max. 0,8 kg/cm² (Mächtigkeit mineralischer Baustraßen i. d. R. ca. 40 cm bzw. entsprechend wirksame Lastverteilungsplatten)	8.2.2.1
Baustraße	B3	Verdichtungsempfindlichkeit gering oder keine	Baustraße optional/witterungsabhängig OBO ist ggf. tragfähig und nicht verdichtungsempfindlich, so dass ggf. keine Befestigungen der Baustraßen oder BE-Flächen erforderlich sind; mit BBB abstimmen.	8.2.2.1
Regel-arbeits-streifen	S1	Schutzwürdigkeit, Seltene Böden, Biotop-entwicklungspotenzial,	eventuelle Sondermaßnahme einzelfallbezogen, mit BBB abzustimmen; ggf. LGRB einbinden und Zugang zum Leitungsgraben nach Absprache ermöglichen	8.2.1.5
Regel-arbeits-streifen	W1	GRUUSTAWR	Wasserhaltung vor/bei OBO-Abtrag bzw. Befestigung der Baustraße abwägen; grabennahe Aufstellung der Pumpen	8.2.1.6
Regel-arbeits-streifen	W2	GRUWR12	Wasserhaltung vor UBO-Aushub (Leitungsgraben) bzw. Befestigung der Baustraße; grabennahe Aufstellung der Pumpen	8.2.1.6
Leitungs-graben	T1	UBO Substratwechsel/-trennung 1-fach = 1 einheitliches UBO-Substrat	UBO Substratwechsel/ -trennung 1-fach = 1 einheitliches UBO-Substrat und nur 1 UBO-Miete) (einfache Trennung UBO von OBO ist obligatorisch)	8.2.2.3

Betroffenheit	Maß-nahmen-kürzel	Bodenschutzfachliche Bedingungen *	Maßnahmenbeschreibung*	Kapitelverweise (weiter-gehende Erläuterun-gen)
Leitungs-graben	T2	UBO Substratwechsel/-trennung 2-fach	UBO Substratwechsel/ -trennung 2-fach (2 UBO Mieten)	8.2.2.3
Leitungs-graben	T3	UBO Substratwechsel/-trennung 3-fach	UBO Substratwechsel/ -trennung 3-fach (3 UBO Mieten)	8.2.2.3
Leitungs-graben	U1	Unterboden mit Grobbbodenanteil ≥40 % oberhalb Bettungszone	Unterbodensubstrate nicht geeignet für den Einbau unterhalb der durchwurzelbaren Zone; Austausch mit grobbodenfreien Überschussmassen innerhalb des Baufeldes, mit BBB abstimmen.	8.2.2.2
Rekultivierung	L1	UBO: Bodenarten-gruppen Rein- und Lehmsande	starre Tieflockerung; Details nach Vorgaben der BBB anhand der Standortbedingungen, tatsächlichen Bauauswirkungen und Witterung	8.2.2.9
Trassen-breite	Wi1	Substrateigenschaften	eingeschränkt winterbautauglich mit BBB anhand der konkreten Standort- und Witterungsbedingungen vor Ort abstimmen	8.2.1.3
Trassen-breite	Wi2	Substrateigenschaften	stark eingeschränkt winterbautauglich mit BBB anhand der konkreten Standort- und Witterungsbedingungen vor Ort abstimmen	8.2.1.3
Trassen-breite	Wi3	Substrateigenschaften	nicht winterbautauglich Bauen im Winter im Regelfall nicht möglich (Ausnahmen: u. a. vorbereitete und befestigte Muffen- und Sonderbaustellen bzw. BE-Flächen)	8.2.1.3
Rekultivierung	L2	UBO: Andere, bindige Feinbodenarten	dynamische Lockerung; Details nach Vorgaben der BBB anhand der Standortbedingungen, tatsächlichen Bauauswirkungen und Witterung	8.2.2.9
Maßnahmen an Rohrlagerplätzen, Sonderbaustellen und sonstigen BE-Flächen mit Fahrverkehr				
Sonder-baustellen	So1	-	BE-Fläche der Sonderbaustellen (HDD, Mikrotunneling, Kurzvortrieb) außerhalb der erforderlichen Gruben/Einbindungsbereiche auf begrünten OBO befestigen bei trockenen, tragfähigen Bodenverhältnissen (max. ko3)	8.2.3.1

Tab. 8-2: Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen

** Erläuterungen:*
BE = Bau-Einrichtungsfläche
OBO = Oberboden (= Mutterboden)
UBO = Unterboden
x/gr6 = Gehalt an Grobboden (Grus, Kies, Steine) der Stufe 6 → extrem stark (≥ 75 Vol.-%)
GRU… = Grundwasserstufe;
USTAWR → Stau- und Grundwasser 0 bis 1 m unter Flur
WR12 → Grundwasser 1 bis 2 m unter Flur
BK50 = Bodenkarte im Maßstab 1:50.000

8.2.5. Rekultivierungsmaßnahmen

Die Rekultivierung der Leitungstrasse dient der Wiederherstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht ohne erhebliche und dauerhafte Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen. Die Maßnahmen der bodenschonenden Rückverfüllung des Leitungsgrabens (siehe Kapitel 8.2.2.6), der Drainagewiederherstellung (siehe Kapitel 8.2.2.7), der Vorbereitung des Unterbodenplanums und Oberbodenauftrags (siehe Kapitel 8.2.2.8), der Tieflockerung (siehe

Kapitel 8.2.2.9) und der Zwischenbewirtschaftung (siehe Kapitel 8.2.2.10) sind entsprechend den inhaltlichen Anforderungen in den jeweiligen Unterkapiteln umzusetzen.

Bei der Maßnahmenausführung werden die Grenzen der Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit (siehe Kapitel 8.2.1.3) sowie die maximal tolerierbaren Bodendrücke nach DIN 19639 beachtet.

Durch die vorgenannten Maßnahmen im Zuge der Baumaßnahme, einschließlich Zwischenbewirtschaftung, können die Beeinträchtigungen von Bodenfunktionen vermieden oder gemindert werden. Sollten dennoch erhebliche Beeinträchtigungen entstanden sein, sind diese durch geeignete Maßnahmen zu beseitigen. Einen Überblick über die Maßnahmen gibt der Anhang I der DIN 19639. Die Maßnahmen sind unter Einbeziehung der BBB anhand der Standortverhältnisse und der angestrebten Nutzung zu planen und auszuführen.

8.2.6. Vermittlung der Bodeninformationen auf der Baustelle

Die am Bau beteiligten Personen werden vor Beginn der Arbeiten durch die BBB im Auftrag der Vorhabenträgerin in die Umsetzung des Bodenschutzes bei der Bauausführung eingewiesen. Dabei werden die wesentlichen Inhalte des vorliegenden BSK vermittelt. Dazu wird eine Liste der wesentlichen Bodenschutzmaßnahmen für das bauausführende Personal erstellt. Diese Liste wird zur Bauanlaufbesprechung dem bauausführenden Personal vorgestellt. Bei Personalwechsel und nach Bedarf wird diese bodenschutzfachliche Instruktion wiederholt.

Weiterhin nimmt die BBB regelhaft an den Baubesprechungen teil und legt die bodenschutzfachlichen Belange in Bezug zu den anstehenden Gewerken dar. Auf den Baubesprechungen wird auch auf die Umsetzung der Maßnahmen zum Schutz der Böden eingegangen (positive und negative Beispiele).

Bodenschutzfachliche Erläuterungen und Abstimmungen mit Eigentümern und Flächenbewirtschaftern werden von der BBB auf Veranlassung der Vorhabenträgerin vorgenommen.

8.2.7. Dokumentation der Bodenkundlichen Baubegleitung

Die Inhalte und Ergebnisse der BBB werden in Wochenberichten zusammengefasst und an die Vorhabenträgerin, die Baufirma und die zuständigen Behörden versendet.

Bei der Durchführung von bodenrelevanten Arbeiten wird der Baufortschritt durch die BBB kontinuierlich dokumentiert. Die unterschiedlichen Bodenzustände und bodenrelevante Situationen im Zeitverlauf der Baumaßnahme werden durch aussagekräftige Fotos mit Zeit- und Ortsangaben in Wochenberichten festgehalten und in einem Abschlussbericht zusammengefasst. Im Abschlussbericht werden darüber hinaus unerwartet auftretende Funktionsminderungen oder schädliche Bodenveränderungen, über welche im Zuge der Erstellung des BSK keine Kenntnis vorlagen, dokumentiert. Festgehalten wird, ob die während

der Bauausführung offenkundig gewordenen Funktionsminderungen oder schädliche Bodenveränderungen schon vor der Baumaßnahme existierten oder durch diese verursacht worden sind.

8.3. Eingriffsbewertung und Kompensation

8.3.1. Ermittlung und Bewertung verbleibender Beeinträchtigungen

Zur Bewertung der vorhabenbezogenen Eingriffe in das Schutzgut Boden und für die Ermittlung der bodenbezogenen Kompensationsmaßnahmen wird die Arbeitshilfe zur naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung des LUBW (2012) herangezogen. Die durchgeführten Auswertungen berücksichtigen die unterschiedlichen Wertigkeiten der Böden in Abhängigkeit der Flächennutzung.

Im Anhang 8 (Eingriffsflächen) sind Baustraßen und Rohrgraben schematisch dargestellt, so dass möglicherweise mit Mehr- oder Mindermassen zu rechnen ist.

Nach vollständiger Umsetzung der vorgesehenen Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen verbleiben dauerhaft folgende Beeinträchtigungen (siehe Tab. 8-3)

Versiegelung und Beeinträchtigung der Bodenfunktionen

Nach aktuellem Planungsstand ist die Installation von insgesamt fünf Stationen vorgesehen

Die Stationsflächen samt Zufahrten sind als vollständiger Verlust der natürlichen Bodenfunktionen zu bewerten und erhalten die Wertstufe WnE=0. Als Berechnungsgrundlage wird die vollständige versiegelte Fläche durch den Neubau herangezogen (siehe Tab. 8-1). Die Wertstufe des Bodens vor dem Eingriff WvE wird anhand der nutzungsorientierten Stufe der Gesamtbewertung nach BK50 herangezogen.

Hieraus ergibt sich durch den Bau der Stationen ein Kompensationsbedarf von ~~8.862~~9.078 **BWE.**

Zusätzlich werden im Bereich des Leitungsgrabens Böden bis in eine Tiefe von ca. 2,4 m ausgehoben und nach Bauabschluss lagegerecht bis zu einer Regeltiefe von 1,2 m uGOK zurückgebaut. Nach den Bewertungsregeln der Arbeitshilfe (LUBW 2012) kann bei der fachgerechten (Wieder)Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht in einer Mächtigkeit von mindestens 80 cm (inkl. Oberboden) die Wertstufe des natürlich gewachsenen Bodens wieder erreicht werden, jedoch maximal bis zur Wertstufe WnE=3 (hohe Funktionserfüllung). Bei Böden mit der Wertstufe 4 bzw. sehr hoher Funktionserfüllung kann demnach im Zuge einer Rekultivierung die ursprüngliche Wertigkeit nicht vollständig wiederhergestellt werden. Dieser Bewertungsansatz impliziert, dass durch einen Bodeneingriff die Eigenschaften des natürlich entwickelten Bodenkörpers, und hierbei insbesondere die Kontinuität und Tortuosität (Gewundenheit) des Porensystems, den natürlichen standörtlichen Bedingungen entsprechend nicht wiederhergestellt werden kann.

Zur Ermittlung des Kompensationsbedarfs aufgrund der Beeinträchtigung der Bodenfunktionen im Zuge der Baumaßnahme werden sowohl die Stufen der Gesamtbewertung als auch die Wertstufen der Einzelfunktionen gemäß BK50 ausgewertet.

Der Kompensationsbedarf durch die Baumaßnahme berechnet sich wie folgt (LUBW 2012):

KB = Fläche [m^2] x (WvE – WnE)

KB = Kompensationsbedarf in Bodenwerteinheiten (BWE)

Fläche [m^2] = Eingriffsfläche in m^2

WvE = Wertstufe des Bodens vor dem Eingriff

WnE = Wertstufe des Bodens nach dem Eingriff

Keine Anwendung findet diese Berechnung im Bereich des Rohrgrabens; hier fließen, unter Annahme vollständiger Umsetzung der in Kap. 8.2 beschriebenen Maßnahmen, gemäß Kap. 5.2.1, Tab. 4.1 der Arbeitshilfe LUBW (2012) Wertstufeneinheiten ≤ 3, entsprechend den nach LUBW vorliegenden WvE in die Bewertung des Kompensationsbedarfs ein.

Für den Bereich des Rohrgrabens ergibt sich ein Kompensationsbedarf von 32.163 BWE aufgrund einer nach Eingriff maximalen Wertstufe von 3.

Bodenverdichtung

Bei der Flächeninanspruchnahme von Böden können schädliche Bodenverdichtungen durch angepasste Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen weitestgehend vermieden werden (s. Kap.8.2). Im Rahmen des Vorhabens ist in Bereichen der Baustraßen der Einsatz lastverteilender Maßnahmen vorgesehen. Ggf. baubedingt verursachte Bodenverdichtungen können im Zuge der Rekultivierung/ Wiederherstellung mittels (Tief-)Lockerung beseitigt werden (siehe Kap. 8.2.2). Für verdichtungsempfindliche Böden wird dennoch ein Eingriffsfaktor von 0,1 zur Ermittlung des Kompensationsbedarfs entsprechend LUBW (2012) angesetzt, da hier auch bei Einsatz lastverteilender Maßnahmen von einer gewissen Verdichtungswirkung auszugehen ist. Verdichtungsempfindliche Böden werden im Bereich der Baustraßen auf 35,0 ha beeinträchtigt, welche eine Kompensationsfläche von ~~**101.964 BWE**~~ **102.059** generieren, Baustraßen im Bereich von Rohrlagerplätzen auf verdichtungsempfindlichen Böden (Annahme: ca. 12% der Flächen an Rohrlagerplätzen dienen, als ausgebaute Baustraße, als Fahrspur , die verbleibenden Flächenanteile werden lediglich als Lagerfläche der Rohre genutzt und erfahren keine Beeinträchtigung) werden auf 24 ha beeinträchtigt, was zu einem Kompensationsbedarf von **8.958 BWE** führt.

Flächen ohne Wertpunktverluste

Die physikalischen Wirkungen auf die anstehenden Böden unter den Mietenlagerflächen stellen sich anders dar als im Bereich der Baustraßen. Folgende bodenschutzfachliche Aspekte sind zu berücksichtigen:

Die Auflast der Bodenmieten übt Druck auf den unterliegenden Boden aus. Die Auflast hängt von der Mietenhöhe, der Trockenrohdichte und dem Bodenfeuchtegehalt der Bodenmiete ab. A- und B-Boden sollten entsprechende DIN 19639 nicht über 2 m respektive 3 m Höhe zwischengelagert werden. Bei einer lockereren Aufschüttung der Bodenmieten stellen sich erfahrungsgemäß Trockenrohdichten (TRD) zwischen 1,0 und 1,3 g/cm³ ein. Der Wassergehalt bei Feldkapazität (pF 1,8) schwankt körnungsabhängig zwischen 20 und 40 Volumenprozent.

Damit errechnet sich eine maximale, vertikal auf die Bodenaufstandsfläche der Miete wirkende Bodenpressung von (ungünstige Annahmen: 2 m Mietenhöhe, 1,5 g/cm³ TFD, 40 Vol.- bzw. Masse-% Wassergehalt) 200/300 cm x 1,9 g/cm³ = 380/570 g/cm² = 0,38/0,57 kg/cm² bzw. (maximal, worst case). Im Regelfall wird die Bodenmiete lockerer lagern und geringere Wassergehalte aufweisen als beim worst case unterstellt. Folgende Regelspanweiten der Bodenpressung unter den Bodenmieten sind zu erwarten: (Annahmen für Unterbodenmieten: 3 m Mietenhöhe, 1,0 bis 1,3 g/cm³ TRD, 20 bis 30 Vol.- bzw. Masse-% Wassergehalt) = 300 cm x 1,2 bis 1,6 g/cm²= 360 – 480 g/cm² = 0, 36 bis 0,48 kg/cm² (regelhaft, normal case).

Die kalkulierte maximale Bodenpressung, die von Bodenmieten nur bei sehr ungünstigen Konstellationen ausgehen kann, wirkt weitgehend statisch, also ohne dynamische Scherwirkungen, wie sie bei den anderen Eingriffsflächen (Baustraße und Rohrgraben) auftreten. Aus diesem Grund sind die Verdichtungswirkungen unter den Bodenmieten ungleich geringer als bei den anderen Eingriffsflächen.

Bei mineralischen Böden ist nach Ergebnissen der Arbeitsgruppe Prof. Horn (Uni Kiel) von einer Eigenstabilität bei Feldkapazität im Regelfall > 40 kPa (~ 0,4 kg/cm²) auszugehen, so dass die berechneten Druckbelastungen durch Bodenmieten ohne bedeutsame Verdichtungswirkung getragen werden können.

Gleichwohl haben besonders verdichtungsempfindliche Böden zum Teil eine geringere Eigenstabilität (= Normalverdichtung), die auch unterhalb der maximal anzusetzenden statischen Druckwirkung für Bodenmieten liegen kann. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass bei den extrem verdichtungsempfindlichen organischen Böden, deren Eigenstabilität ca. 15 bis 30 kPa (~ 0,15 bis 0,3 kg/cm²) beträgt, die TRD bzw. das Substanzvolumen in Abhängigkeit vom Humusgehalt deutlich unterhalb 0,5 liegt, mithin die Bodenpressung bei Aufmietung organischer Böden ebenfalls die oben errechnete maximale Bodenpressung deutlich unterschreitet und im Bereich der Eigenstabilität liegt.

Neben den Bodenmietenflächen sind noch die Abstandsflächen im Hinblick auf ihre physikalische Beeinträchtigung durch das Vorhaben hin zu bewerten. Die Abstandflächen werden bodenmechanisch während des Ab- und Auftrags des A-Bodens sowie durch die punktuelle Auflast der Rohrböcke nur gering beansprucht. Aus diesem Grund sind keine erheblichen und dauerhaften Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen im Bereich der Abstandsflächen zu erwarten.

Zusammenfassend werden keine physikalischen Wirkungen im Bereich der Bodenmietenlagerflächen und der Abstandsflächen unter Beachtung der maximalen Mietenhöhe, der lockeren/unverdichteten Aufmietung und dem Unterlassen von Befahrungen unterstellt.

Ermittlung des Kompensationsbedarfs

Der Tab. 8-3 ist der ermittelte Kompensationsbedarf für die Neubaumaßnahme zu entnehmen. Die Kennzahlen sind nach den betroffenen Kartiereinheiten der BK50 mit ihren spezifischen bodenfunktionalen Wertstufen differenziert ermittelt worden.

Insgesamt ergibt sich durch das geplante Vorhaben ein bodenbezogener Kompensationsbedarf in Höhe von ~~151.946~~ 153.077 Bodenwerteeinheiten (BWE).

Bei Einsatz einer grünen Baustraße, also der Anlage der Baustraße auf dem gewachsenen Oberboden, kann der Kompensationsbedarf deutlich reduziert werden, da hierbei der Eingriffsfaktor von 0,1 entfällt und stattdessen, ähnlich wie bei Mietenlagerflächen, ein Eingriffsfaktor von 0,0 angesetzt werden kann. Wenn die grüne Baustraße auf der gesamten Trasse realisiert werden könnte, dann reduzierte sich der bodenbezogene Kompensationsbedarf auf 49.982 BWE.

Eingriffskategorie	Wirkfaktoren	Differenzierung nach Empfindlichkeit der Böden	Eingriffsfaktor für Berechnungen der Wertpunktverluste	Kompensationsfläche gesamt [BWE]	Kompensationsanteil [%]
Baustraße	Physikalische Wirkungen im Bereich der Baustraßen	Verdichtungsempfindliche Böden	0,1	~~101.964~~ 102.059	67,1
Lager- und Abstellflächen	Physikalische Wirkungen Mietenlager und Abstandsflächen	Alle Böden	0,0	0	0,0
Rohrlagerplätze (RLP)	Physikalische Wirkungen bei Rohrlagerflächen (Fahrwege innerhalb der Lagerflächen auf 12% Flächenanteil)	Verdichtungsempfindliche Böden	0,1	8.957	5,9
Rohrgraben	Physikalische Wirkungen beim Rohrgraben	Alle Böden	Maximal 3 Wertpunkte in der Gesamtbewertung der Bodenfunktionen nach Rekultivierung	~~32.163~~ 32.983	21,2
Stationen	Teil- und Vollversiegelungen (Schieberstationen inkl. Zufahrten) = als Verlust der natürlichen Bodenfunktionen bewertet	Alle Böden	1,0	~~8.862~~ 9.078	5,8
Summe:				**~~151.946~~ 153.077**	**100,0**

Tab. 8-3: Ermittlung und Bewertung verbleibender Beeinträchtigungen

8.3.2. Bodenbezogene Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen

Die Vorhabenswirkungen umfassen im Wesentlichen Beeinträchtigungen des Bodengefüges und damit alle natürlichen Bodenfunktionen in den Wasser- und Stoffkreisläufen des Natur-/Landschaftshaushaltes. Insofern sollten Ausgleichsmaßnahmen geeignet sein, die bodenphysikalischen Beeinträchtigungen zu kompensieren. Eine schlichte Einbeziehung des bodenbezogenen Kompensationsbedarfs in den allgemeinen Ausgleichspool des Arten-/Biotopschutzes ist bodenschutzfachlich nicht erwünscht, nicht zuletzt, weil einige Naturschutzmaßnahmen wiederum Eingriffe in Böden auslösen.

Die Kompensation der bodenbezogenen Verluste kann grundsätzlich anhand folgender Maßnahmenvorschläge erfolgen:

- Teil- und Vollversiegelungen:
  - präferiert Entsiegelungen
  - alternativ mit folgenden bodenbezogenen Kompensationsmaßnahmen
- Extensivierung der Bewirtschaftungsintensität
  - Ackerbau: konservierende Bodenbearbeitung, ökologische Landwirtschaft
  - Grünland: Reduzierung des Viehbesatzes / der Beweidungsintensität, Extensivbewirtschaftung; maximal 3-schürige Schnittnutzung
  - Wald-Prozessschutz
- Förderung des Bodenlebens
  - Ackerbau: konservierende Bodenbearbeitung; ökologische Landwirtschaft; vielfältige, mindestens 4-gliedrige Fruchtfolgen; Verwendung langsam wirkenden organische Dünger wie Stallmist oder Kompost; Reduzierung / Verzicht auf Pflanzenschutzmittelanwendungen; PIK-Maßnahmen.
  - Grünland: Etablierung artenreicher Grünlandbestände; Reduzierung des Viehbesatzes / der Beweidungsintensität; maximal 3-schürige Schnittnutzung
  - Umwandlung von Acker in Grünland oder von konventionellem Ackerbau in biologischen Ackerbau
  - Waldumbau: Umwandlung von Nadelgehölzen in naturnahe Laubwälder
- Erosionsschutzmaßnahmen (auf standörtlich gefährdeten Ackerflächen)
  - Anlegen von Querstrukturen wie mehrjährige/dauerhafte Gras-/Krautstreifen oder Gehölzstreifen zur Unterbrechung der erosionswirksamen Hanglänge
  - dauerhafte Begrünung von abfluss- und erosionsgefährdeten Hangmulden
  - dauerhafte Bewirtschaftungsverpflichtungen zu vielfältigen Fruchtfolgen mit langen Bodenbedeckungszeiten, Zwischenfrüchten, Humuswirtschaft und konservierenden Bodenbearbeitung (grundbuchliche Sicherung)
- Entsiegelungsmaßnahmen zur Wiederherstellung durchwurzelbarer Bodenschichten bis 2 m Tiefe mit seinen Wasser- und Stoffkreisläufen im Natur-/Landschaftshaushalt

- Wiederherstellung durchwurzelbarer Bodenschichten bis 2 m Tiefe mit seinen Wasser- und Stoffkreisläufen im Natur-/Landschaftshaushalt auf vorgeschädigten Flächen, für die keine Wiederherstellungs- oder Sanierungsverpflichtungen vorliegen (z. B. Altbergbauflächen, alte aufgelassene Siedlungsflächen-/brachen, aufgelassene militärische Übungsflächen etc.).
- Verwendung von überschüssigem A-Boden auf Ackerflächen, auf denen natürliche Bodenfunktionen wiederhergestellt bzw. verbessert werden können, unter Beachtung schonender Ausführungsbedingungen, die einzelfallspezifisch festzulegen sein werden.

Weitergehende bodenbezogene Kompensationsmöglichkeiten können nach Engel & Prause (2021) ermittelt und bewertet werden (siehe auch HLNUG 2019 und LUBW 2012). Die bodenbezogene Kompensation wird im Rahmen des Landschaftspflegerischen Begleitplans berücksichtigt.

9. Zusammenfassung

Im Abschnitt 3b kommen vor allem Böden mit hoher Funktionserfüllung vor, im Abschnitt 4a wird für große Teile der Trasse sogar eine Gesamtbewertung von sehr hoch angesetzt.

Aufgrund verschiedener Substrateigenschaften wird auf einem Großteil der Trasse eine 2-fach-Trennung des Unterbodenaushubs ausgewiesen, streckenweise können zum Erhalt der Bodeneigenschaften auch 3-fach-Trennungen notwendig sein. Die Auswertung der bodenkundlichen Bohrungen gibt Hinweise auf notwendige 4-fach-Trennungen; Notwendigkeit und Umsetzungsmöglichkeit sollten durch die BBB im laufenden Betrieb bestätigt oder angepasste Maßnahmen veranschlagt werden. Notwendige mehrfache Trennungen der Unterbodensubstrate können hierbei Auswirkungen auf die Mietenlagerflächen und die erforderliche Trassenbreite haben.

Während der Baumaßnahme spielt auch der Witterungsverlauf eine nicht unwesentliche Rolle. Hierbei sollten, sowohl um Verdichtungen der Böden als auch erhöhte Erosion durch Wasser zu minimieren, die im BSK empfohlenen Maßnahmen umgesetzt werden.

Anhand der Wirkungsanalyse wird deutlich, dass durch das Vorhaben potenziell erhebliche, insbesondere physikalische Wirkungen auf den Boden ausgehen können. Um diese Auswirkungen deutlich und wirkungsvoll zu vermeiden, werden Maßnahmen genannt und die Betreuung des Vorhabens durch eine BBB empfohlen.

Eine vollständige Vermeidung der Auswirkungen wird nicht möglich sein, sodass verbleibende Beeinträchtigungen der anstehenden Böden zu erwarten sind. Diese Beeinträchtigungen sind durch bodenbezogene Kompensationsmaßnahmen auszugleichen oder zu ersetzen.

Die Kompensation der bodenbezogenen Verluste durch Versiegelungen ist nach Möglichkeit durch Entsiegelungen zu kompensieren, wenn entsprechende Flächen dafür für Verfügung stehen sollten. Alternativ können die versiegelungsbedingten Verluste multifunktional zusammen mit bodenverträglichen Arten-/Biotopmaßnahmen kompensiert werden. Eine weitere Möglichkeit, der Kompensationsverpflichtung nachzukommen, besteht in der Zahlung von Ersatzgeld.

Die bodenbezogene Kompensation wird im Rahmen des Landschaftspflegerischen Begleitplans berücksichtigt. Ein Verzeichnis der bodenbezogenen Kompensationsmaßnahmen kann dem Landschaftspflegerischen Begleitplan entnommen werden.

10. Literaturverzeichnis

BBodSchG – Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 306) geändert worden ist.

BBodSchV – Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 126 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.

BBodSchV n. F. – Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung neue Fassung, siehe Mantelverordnung.

BGR – Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5), 5. Auflage, Hannover; in Kommission: Stuttgart: E. Schweizerbart´sche Verlagsbuchhandlung.

BVB (2013): Bodenkundliche Baubegleitung – ein Leitfaden für die Praxis. Hrsg. vom Bundesverband Boden e.V., Merkblatt Band 2. Erich Schmidt Verlag.

DIN 18915: 2018-06 – Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten. Beuth Verlag, Berlin.

DIN 19639: 2019-09 – Bodenschutz bei der Planung und Ausführung von Bauvorhaben. Beuth Verlag, Berlin.

DIN 19662: 2012-07 – Bodenbeschaffenheit – Felduntersuchungen - Bestimmung des Eindringwiderstandes von Böden mit dem Handpenetrometer. Beuth Verlag, Berlin.

DIN 19682-10:2014-07 – Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau; Felduntersuchungen, Bestimmung des Makrogefüges. Beuth Verlag, Berlin.

DIN 19731: Neufassung 2023 – Bodenbeschaffenheit, Verwertung von Bodenmaterial. Beuth Verlag, Berlin.

DIN 4220: 2008-11 – Bodenkundliche Standortbeurteilung – Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten. Beuth Verlag, Berlin.

DIN EN ISO 14688-1:2020-11 – Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung. Beuth Verlag, Berlin.

Engel, N. & Prause, D. (2021): Geofakten 31 – Erhalt und Wiederherstellung von Bodenfunktionen in der Planungspraxis. – 2. Aufl., 12 S., 2 Tab.; Hannover: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (Geofakten – Schriftenreihe des LBEG).

Feldwisch, N., Friedrich, Ch. (2016): Schädliche Bodenverdichtung vermeiden. Hrsg. vom Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Freiberg.

Feldwisch, N., Hönerlage, Th. (2017): Grundlagen und Anwendungsbeispiele einer Bodenkundlichen Baubegleitung in Nordrhein-Westfalen. LANUV-Fachberichte 82. Hrsg. vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen.

Feldwisch, N., Tollkühn, T (2017): Bodenschutz in Hessen – Rekultivierung von tagebau- und sonstigen Abgrabungsflächen – Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht. Hrsg. vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden.

LUBW (2008): Böden als Archive der Natur- und Kulturgeschichte. Grundlagen und beispielhafte Auswertung. Bodenschutz 20, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

LUBW (2010): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Bodenschutz 23, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

LUBW (2012): Das Schutzgut Boden in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung. Hrsg. vom Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

LfULG (2016): Schädliche Bodenverdichtung vermeiden. Schriftenreihe, Heft 10/2016. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

Mantelverordnung – Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung – i. d. F. v. 09.07.2021 (BGBl. I. S. 2598)