



Bodenschutzkonzept

110kV-Kabelleitung Anschluss Tann

Objekt: 110-kV-Kabelleitung Anschluss Tann 1 und 2, LH-08-O58/1 und O58/2

Version: 1.5

Auftraggeber: SAG GmbH CeGIT Ergolding
Landshuter Straße 65
84030 Ergolding

im Auftrag der: Bayernwerk Netz GmbH
Luitpoldplatz 5
95444 Bayreuth


Berichtsdatum: 31.10.2019

Projektnummer: L16/II-355.213-1

Bearbeiter: Dipl.-Geogr. Kerstin Scholz

Berichtsumfang: Text: 22 Seiten
Anlagen: 4


Dipl.-Geogr. Marco Vierkant
geschäftsführender Gesellschafter


Dipl.-Geogr. Kerstin Scholz
Bearbeiter

Hauptsitz
Am Oberen Anger 9
04435 Schkeuditz

Niederlassung Süd
Röhrenbach 16
88633 Heiligenberg

Niederlassung Gera
Arndtstraße 5
07545 Gera

Projektbüro Koblenz
Jakob-Hasslacher-Str. 4
56070 Koblenz

I - Änderungshistorie

Version	Aktualisierungsdatum	Bearbeiter	Freigegeben durch / am	Kurzbeschreibung / Anlass der Änderung
1.0	23.05.2017	Scholz	Azendorf / 23.05.2017	Erstellung Bodenschutzkonzept
1.1	18.07.2017	Scholz	Azendorf / 18.07.2017	Anpassungen Bodenschutzkonzept
1.2	04.09.2017	Scholz	Vierkant / 04.09.2017	Anpassungen Bodenschutzkonzept an aktuelle Kabelführung
1.3	22.09.2017	Trebeck	Azendorf / 22.09.2017	Überarbeitung und redaktionelle Änderungen
1.4	26.02.2018	Gahner	Azendorf / 26.02.2018	Überarbeitung und redaktionelle Änderungen
1.5	31.10.2019	Scholz	Azendorf / 31.10.2019	Überarbeitung und redaktionelle Änderungen



II - Inhaltsverzeichnis

1. Veranlassung	4
2. Methodik	5
3. Landschaft	5
3.1 Geologie und Relief	5
3.2 Hydrologie	6
3.3 Klima	7
4. Pedosphäre	7
4.1 Böden im Untersuchungsgebiet	7
4.2 Gefährdungspotenziale	9
4.2.1 Bodenverdichtung und Gefügeschäden	9
4.2.2 Erosion	10
4.2.3 Vermischung	10
4.2.4 Thermische und hydrologische Auswirkungen	11
4.2.5 Sonstige allgemeine Gefahren	11
5. Massenbilanz der Bodenbewegungen für den Kabelgraben	12
6. Maßnahmen zur Bauausführung	12
6.1 Hinweise zum Bauzeitenplan / Schlechtwetterszenarien	12
6.2 Arbeitsstreifenbreite	13
6.3 Bodenabtragsplanung	13
6.3.1 Aushub	13
6.3.2 Zwischenlagerung	14
6.3.3 Wiedereinbau	14
6.4 Baustraßen	15
6.5 Erosionsschutzmaßnahmen	19
6.6 Vernässungen	19
6.7 Hinweise für den Rohrpflug	19
7. Rekultivierungsmaßnahmen	20
8. Bodenkundliche Baubegleitung / Qualitätssicherung	21
9. Schlussbemerkung	21
10. Quellenverzeichnis	22



Anlagen

- 1 Bodenkarte mit Sondieransatzpunkten
- 2 Sondierdokumentation
- 3 Schummerungskarte mit Kennzeichnung der Gebiete mit erhöhter Erosionsgefährdung
- 4 Tabellarische Auflistung der Gefährdungspotenziale und empfohlenen Schutzmaßnahmen



1. Veranlassung

Die SPIE SAG GmbH Ergolding plant im Auftrag der Bayernwerk Netz GmbH den Bau der 110-kV-Kabelleitung Anschluss Tann (Leistungsnummer LH-08-O58/1 und LH-08-O58/2). Die Kabelleitung beginnt am Mast 31neu der 110-kV-Leitung Simbach – Pfarrkirchen (Leistungsnummer LH-08-O58) im Bereich der Gemeinde Reut / Gemarkung Randling und endet am neuen Umspannwerk Tann in der Gemeinde Markt Tann / Gemarkung Zimmern im Landkreis Rottal - Inn / Bayern. Die Trasse ist ca. 5,9 m lang. Der bestehende Mast 3 der 110-kV-Ltg. Simbach – Pfarrkirchen wird komplett zurück gebaut und ca. 15 m in südwestlicher Richtung als Winkelabspannmast mit Kabelübergangstraverse zum Anschluss des Kabels an die Freileitung neu.

Die Verlegung der Erdkabel soll nach derzeitiger Planung in offener Bauweise sowie mittels Pflugverfahren in einer Tiefe von ~ 1,65 m unter Geländeoberkante GOK erfolgen. An 11 Straßen- und Gewässerquerungen ist eine grabenlose Verlegung mittels Horizontalspülbohrverfahren (HDD) bis maximal 8 m unter GOK vorgesehen. Die Leitungstrasse besteht aus zwei parallelen Strängen mit jeweils drei Kabeln in insgesamt sechs PE-/PP-Schutzrohren mit einer Nennweite von DN160. Hinzu kommt ein LWL- Schutzrohr der Nennweite DN50. Das Regelgrabenprofil ist nachfolgend dargestellt:

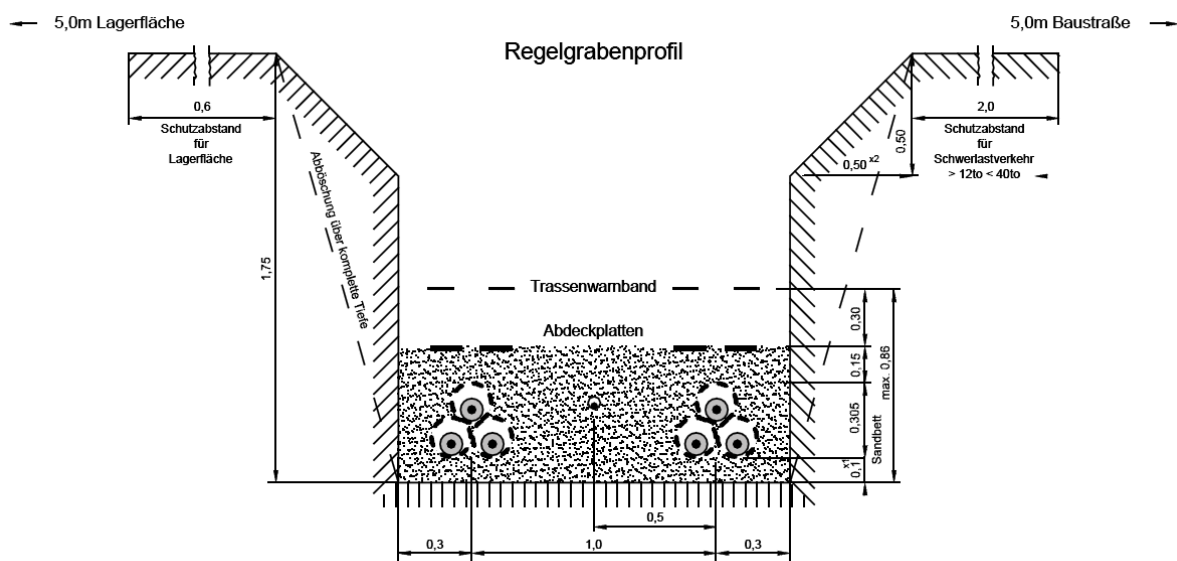


Abb. 1: Darstellung des geplanten Regelgrabenprofils (Quelle: SPIE SAG GmbH)

Neben den beiden Kabelüberganganlagen am Mast (Kabelübertragungstraverse) und im Umspannwerk sind im Kabelverlauf acht weitere Muffenstandorte (6 Verbindungsmuffen, 2 Crossbonding- Muffen) vorgesehen.

Die Verlegung von Erdkabeln und sonstigen unterirdischen Leitungen stellt dabei einen unvermeidbaren Eingriff in die Pedosphäre dar. Hierbei obliegt dem Vorhabenträger eine besondere Verantwortung bei Baumaßnahmen die natürlichen Bodenfunktionen nachhaltig zu sichern und wiederherzustellen, schädliche Bodenveränderungen abzuwehren und die Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen zu treffen.

Mit den dafür notwendigen Recherche- sowie stichprobenhaften Erkundungsarbeiten und der Erstellung des Bodenschutzkonzeptes wurde die Buchholz + Partner GmbH beauftragt.

2. Methodik

Zur Charakterisierung der vorkommenden Böden im Untersuchungsgebiet sowie zur Ableitung des Bodenschutzkonzeptes wurden folgende Methoden eingesetzt:

- **Vorerkundung:** Auswertung von pedologischen, geologischen, hydrologischen und topographischen Quellen, Auswertung von Planungsunterlagen, Internetrecherche.
- **Stichprobenhafte Bodenkundliche Aufnahme nach KA 5** mittels 5 Pürckhauer-Sondierungen (BP) zur Erkundung des Bodenprofils. Die angetroffenen Schichten wurden gemäß Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5, 5. verbesserte und erweiterte Auflage 2005) erfasst und dokumentiert.
- **Darstellung der Erkundungsergebnisse** als Formblätter der KA5 und als Fotodokumentation.
- **Bodenschutzkonzept** in Anlehnung an die DIN 19639 – Ableitung von charakteristischen Bodeneigenschaften und damit verbundenen Gefährdungspotenzialen bei der vorgenannten Baumaßnahme.
- **Geotechnischer Bericht** zur Baugrunderkundung und –begutachtung (Buchholz+Partner GmbH, Projekt-Nr.: L16-II-355.213)

Für die Bewertung der Bodeneigenschaften sowie zur Ableitung des Bodenschutzkonzeptes lagen neben der Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:25.000 außerdem die digitale Bodenschätzungskarte im Maßstab 1:5.000 vor. Aufgrund der guten Datenlage erfolgte nach Auswertung der Kartenmaterialien und des Digitalen Geländemodells (mit 1 m Rasterweite) lediglich eine stichprobenhafte bodenkundliche Aufnahme nach KA 5 in Bereichen, wo die verschiedenen Datenquellen Fragen offen ließen. Das war vorrangig in den Tiefenlinien bzw. den Zuflüssen zum Nopplinger Bach der Fall. Dafür wurden entsprechend den genannten Kartenwerken 4 Ansatzpunkte für die Pürckhauer-Sondierungen im Vorfeld der Feldarbeiten festgelegt. Die genaue Lage der Ansatzpunkte ist in Anlage 1 in der Bodenkarte verzeichnet bzw. auf den Aufnahmeblättern der KA 5 (Anlage 2) als geographische Koordinate erfasst.

Die Bereiche, in denen das Erdkabel durch Horizontalbohrtechnik (grabenlose Verlegung) verlegt werden soll, werden nicht als Eingriff in die Pedosphäre eingestuft und dementsprechend entfällt die genauere Betrachtung.

3. Landschaft

3.1 Geologie und Relief

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im niederbayerischen Tertiärhügelland als Teil des süddeutschen Molassebeckens. Dieser Sedimenttrog stellte im Tertiär eine Vortiefe der Alpen dar, in welcher der Abtragungsschutt des wachsenden Gebirges als Molassesedimente abgelagert wurde. Die Sedimentation von fein- bis grobklastischen Materialien erfolgte unter wechselnden Umweltbedingungen im Bereich von



Flüssen und in teils von Meer erfüllten, teils von Brack- und Süßwasserseen durchsetzten Vorlandbecken. Die oberen 100 bis 250 m werden vor allem durch die limnisch-fluviatilen Ablagerungen der oberen Süßwassermolasse gebildet. Typisch ist ein kleinräumiger Wechsel von Tonen, Schluffen, Mergeln, Sanden und Kiesen in unterschiedlichen Verfestigungsgraden, die sich horizontal verzahnen und fließend ineinander übergehen können (Homogenbereiche 2 bis 5). Mit dem beginnenden Quartär führte eine Klimaverschlechterung zu wiederholten Gletschervorstößen und ausgedehnten Vorlandvereisungen. Dabei lag das Untersuchungsgebiet im nicht vergletscherten Periglazialgebiet. Nach der Phase der flächenhaften Sedimentation im Tertiär dominierten im Pleistozän landschaftsprägende Abtragungs- und Umlagerungsprozesse. Aufgrund der Wechsellagerung von grobklastischen wasserleitenden und feinklastischen wasserstauenden Schichten in Kombination mit Schichtwasserquellen in verschiedenen Höhenlagen bildete sich ein weit verzweigtes Talsystem heraus. Die heutige Landschaft mit einer Vielzahl von Höhenrücken und Hügeln, welche von Tälern ca. 30 – 50 m tief zerschnitten sind, bildete sich heraus. Neben der verstärkten Seiten- und Tiefenerosion der Fließgewässer kam es infolge der Auftau- und Gefrierprozesse zu flächenhaften Umlagerungsprozessen (Denudation) und Bodenfließen (Solifluktion). Aufgrund der unterschiedlichen Sonneneinstrahlung bzw. Auftautiefen erfolgte an den westexponierten Hängen eine stärkere Denudation als an den ostexponierten Hängen, sodass asymmetrische Täler herausgebildet wurden (z.B. Tal des Duschelbaches, Tanner Baches oder Mühlreither Grabens). Zusätzlich erfolgte die Ablagerung von schluffigen Materialien (Löss), welche in den Schotterfluren der Schmelzwasserrinnen (z.B. Inn) von starken Winden verweht und im Hügelland wieder abgelagert wurden. Die Löss vermengten sich mit den durch Frostsprengung, Kryoturbation und Solifluktion umgelagerten Molassesedimenten. Diese Sedimente werden als periglaziale Deckschichten (Homogenbereich 1) bezeichnet und bilden im Untersuchungsgebiet fast flächendeckend den Baugrund zwischen GOK und max. 5 m u. GOK. Gekennzeichnet sind die periglazialen Deckschichten in der Regel durch sandig, tonige Schluffe mit unterschiedlichen Kiesanteil (entsprechend des Ausgangsgesteins) und weichplastischer bis steifplastischer Konsistenz.

Die Trasse quert mehrere Höhenrücken und Täler, sodass an zahlreichen Abschnitten die starke Hangneigung längs und quer zur Trasse für die Bautätigkeit berücksichtigt werden sollte (vgl. Anlage 1 und 4 des Geotechnischen Berichts zur Baugrunderkundung und –begutachtung, Buchholz+Partner GmbH, Projekt-Nr.: L16-II-355.213). Die einzelnen Abschnitte mit Angabe der zu erwartenden Hangneigungen können Anlage 3 des eben genannten Geotechnischen Berichtes entnommen werden.

3.2 Hydrologie

Die Hügellandschaft ist vor allem durch Sickerwasser- und Hangwassereinflüsse im oberflächennahen Untergrund geprägt. Ein zusammenhängender Grundwasserleiter ist erst in den tieferliegenden tertiären Sedimenten ausgebildet, dessen Grundwasseroberfläche anhand den Angaben des LfU Bayerns ca. 435 m ü. NN erwartet werden kann (vgl. Anlage 6 des Geotechnischen Berichts zur Baugrunderkundung und –begutachtung, Buchholz+Partner GmbH, Projekt-Nr.: L16-II-355.213). Die absolut tiefste Verlegehöhe des Kabels liegt bei ca. 441 m ü. NN und befindet sich am Ende der Trasse im Bereich der Unterörterung der Kronwittener Straße nach Muffe 8 (Kilometrierung 5+235 bis 5+330). Dementsprechend werden die Grundwasserspiegeln des tertiären Grundwasserleiters nicht durch das Erdkabel unterschritten.



Die bei der Erkundung angetroffenen Wässer sind daher als Schichtwässer bzw. als schwebender Grundwasserleiter anzusprechen. Es handelt sich dabei um Sickerwasser, welches oberhalb von sehr feinkörnigen Schichten aufgestaut und als Interflow dem nächsten Vorfluter zugeführt wird. Die Schicht- und Hangwassereinflüsse sind vor allem im Unterboden wirksam (Wechselfeuchtstandorte mit starken niederschlagsabhängigen Wasserstandsschwankungen). Wassershizonte oberhalb von 3,5 m unter GOK sind selten und können nur in den Sohlbereichen der Tälchen auftreten.

Die steilwandigen Böschungen der Bäche deuten auf eine aktive Tiefenerosion. Vermutlich wird in den Bächen und Gräben vorrangig Oberflächenwasser gefasst und abgeleitet. Ein Anschluss an den Grundwasserleiter ist unwahrscheinlich.

3.3 Klima

Im Untersuchungsgebiet herrscht ein Übergangsklima, welches durch ganzjährige, aber im Sommer erhöhte Niederschläge sowie durch gemäßigte Temperaturen mit im Jahresverlauf stärkeren Schwankungen und einem Sommermaximum charakterisiert werden kann. Stellvertretend für die Region ist das Klimadiagramm von Tann in Abbildung 2 dargestellt. In Abhängigkeit der zu erwartenden Niederschlagsmengen und Sonneneinstrahlung bieten sich als günstige Monate für die Baumaßnahme September bis November an.

KLIMADIAGRAMM FÜR TANN

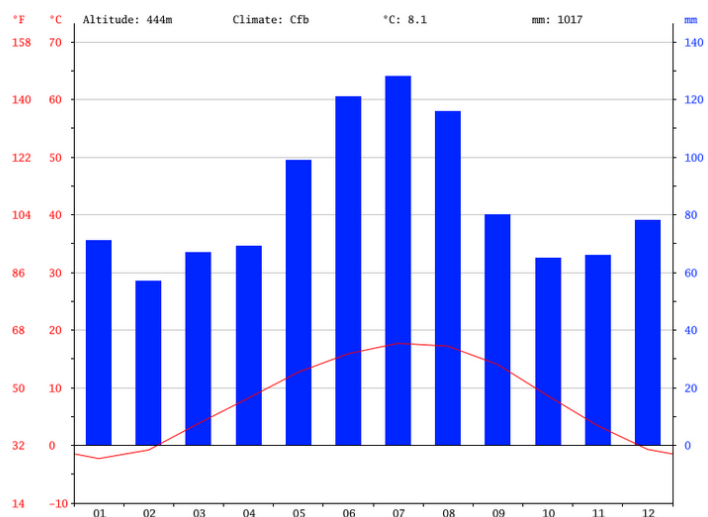


Abb. 2: Klimadiagramm Tann (Quelle: <https://de.climate-data.org/>)

4. Pedosphäre

4.1 Böden im Untersuchungsgebiet

Die Ausgangsgesteine für bodenbildende Prozesse im Untersuchungsgebiet sind die periglazialen Deckschichten sowie die verschiedenen Molassesedimente. In Abhängigkeit von Lage im Relief und Körnung der anstehenden Sedimente können sich unterschiedliche Bodentypen herausbilden, die entsprechend ihrer Eigenschaften unterschiedliche Gefährdungspotenziale haben können. Laut Bodenübersichtskarte haben sich im Untersuchungsgebiet fast ausschließlich Braunerden mit unterschiedlicher Pseudovergleyung entwickelt. Aufgrund der periglazialen Umlagerungsprozesse sind zweischichtige Bodenprofile (z.B. Braunerde über Pseudogley) möglich. Außerdem sollen sich in den Tälern grundwasserbeeinflusste Böden (z.B. Gleye) befinden, deren abgebildeten Grenzen jedoch nicht genau zum Relief passen. Zur Feststellung ob und wo grundwasserbeeinflusste Böden vorhanden sind, wurde zur Trassenbegehung am 06.04.2017 im Bereich der Tiefenlinien, wo ein Konfliktpotenzial

entstehen könnte (offene Bauweise, Ziel-/Startgrube), eine stichprobenhafte Erkundung mittels Pürckhauer-Sondierung durchgeführt. Die untersuchten Abschnitte sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Übersicht stichprobenhafte Pürckhauer-Sondierungen

Nr.	Stationierung	Konflikt	Untersuchungsmethode	Ergebnis
1	1+450 - 1+460	offene Bauweise	Pürckhauer-Sondierung, Vor-Ort-Begehung, Reliefanalyse	Pseudogley-Braunerde
2	2+040 - 2+060	Zielgrube	Pürckhauer-Sondierung, Vor-Ort-Begehung, Reliefanalyse	Braunerde-Pseudogley und pseudovergleyte Braunerde
3	3+990 - 3+000	Zielgrube	Vor-Ort-Begehung, Reliefanalyse	keine Bedingungen für die Bildung von grundwasserbeeinflussten Böden vorhanden
4	4+170 - 4+210	offene Bauweise	Pürckhauer-Sondierung, Vor-Ort-Begehung, Reliefanalyse	Pseudogley-Kolluvisol
5	5+230 - 5+250	Start-/Zielgrube, Muffengrube	Pürckhauer-Sondierung, Vor-Ort-Begehung, Reliefanalyse	Pseudogley-Kolluvisol

Bei der Trassenbegehung wurde festgestellt, dass keine grundwasserbeeinflussten Böden durch einen offenen Kabelgraben oder die Anlage von einer Start- oder Zielgrube bzw. Muffengrube betroffen sind. Bei der stichprobenhaften Pürckhauer-Sondierung wurden stattdessen Pseudogley-Braunerden bzw. Pseudogley-Kolluvisole angetroffen. Die Ergebnisse bestätigen die Annahme bzgl. der hydrologischen Bedingungen (vgl. Kap.3.2), dass die Böden fast ausschließlich sicker- und stauwasserbeeinflusst sind.

Die im Großteil der Trasse zu erwartenden Böden sind entsprechend der Bodenschätzungskarte (Maßstab 1:5.000) und der stichprobenartigen Pürckhauer-Sondierungen durch die Bodenarten Lehmschluffe, Normallehme und Sandlehme (Bodenart nach KA 5) charakterisiert. Teilweise sind die Böden schwach bis mittelmäßig kiesführend. Die Oberböden sind meist durch Krümelgefüge und die Unterböden durch Subpolyeder- bis Polyedergefüge gekennzeichnet. Tiefere Bereiche können stellenweise auch ein geogen bedingtes Plattengefüge aufweisen. Die effektive Lagerungsdichte steigt mit zunehmender Tiefe und kann vor allem in den wasserstauenden Schichten (Sd-Horizont) hoch bis sehr hoch sein. Dementsprechend sinken die Luftkapazität und die Durchwurzelungsintensität ebenfalls mit der Tiefe. Die Wasserdurchlässigkeit ist im oberflächennahen Bereich als mittelmäßig und mit zunehmender Tiefe als gering bis sehr gering zu bewerten. Die Staunässemerkmale sind vor allem im Unterboden sichtbar, können sich jedoch im Bereich von ebenen Gelände bis in den Oberboden fortsetzen.



4.2 Gefährdungspotenziale

Entsprechend der beschriebenen Eigenschaften ergeben sich unterschiedliche Gefährdungspotenziale der Böden durch die Baumaßnahme. Betrachtet werden die Neigung zu Bodenverdichtung bzw. Gefügeschäden, Erosion und Vermischung sowie allgemeine Gefahren infolge Verunreinigung, Flächenverbrauch und thermische bzw. hydrologische Auswirkungen. Die potenziellen Gefahrenquellen sind entsprechend der betroffenen Abschnitte inklusiver Handlungsempfehlungen in Anlage 4 zusammengefasst.

4.2.1 Bodenverdichtung und Gefügeschäden

Der Großteil der zu erwartenden Böden ist aufgrund der geogenen Vorbelastung im trockenen Zustand als relativ unempfindlich gegenüber Bodenverdichtung und Gefügeschäden zu bewerten. Jedoch wird anfallendes Niederschlagswasser aufgrund der geringen Wasserdurchlässigkeit nicht schnell in den Untergrund weitergeleitet, sondern verbleibt zunächst in oberflächennahen Bereichen. Der steigende Wassergehalt führt zu einem Konsistenzwechsel und damit verbunden zu deutlichen Tragfähigkeitsverlusten. Vor allem nach Niederschlagsereignissen sind die Böden im Untersuchungsgebiet bei z.B. unsachgemäßer Befahrung anfällig für massive Schäden. Problematisch ist die Erhöhung der Lagerungsdichte im Bereich der Unterböden, weil damit einhergehend die Porenräume bzw. die Kontinuität zwischen den Porenräumen zerstört wird und eine Wasser- bzw. Luftzirkulation nicht mehr möglich ist. Außerdem wird durch die Verdichtung und durch die knetende Wirkung der Ketten- und Radfahrzeuge das Bodengefüge zerstört.

Tab. 2: Angabe maximaler Bodendrucke bei Wassersättigung des Bodens

Schichtbezeichnung	Maßeinheit	Molassekies	Molassefeinsand	periglazialer Decklehm	Molasseschluff / -mergel	Molasseton
Körnung n. DIN 18196		G, s*-s, u-u', z.T. t'	fS, u*-u', z.T. ms-ms', t'-t'	U, s*-s, t*-t'	U, fs*-fs', t*-t', z.T. ms	T, u*-u, z.T. fs-fs'
Bodenart nach DIN 18196		GU, GU*	SU*, SU	UL, UM, UA	UL, UM, UA	TL
Bodenart nach KA5		G5	SU3, SI3, SI4	Uls, Lu, Slu, Ls2	Uf2, Uf3	Tu2
Verdichtungsempfindlichkeit		gering bis mittel	gering bis mittel	hoch	hoch	hoch
Tongehalt ¹⁾	%	<15	5-30	15-35	15-35	>35
maximaler Bodendruck bei Wassersättigung = 6cbar in 35cm Bodentiefe ²⁾	Radlast = 1300kg	111 (Reifendruck = 1,80bar)	55 (Reifendruck = 0,65bar)	35 (Reifendruck = 0,45bar)	35 (Reifendruck = 0,45bar)	35 (Reifendruck = 0,45bar)
	Radlast = 1500kg	111 (Reifendruck = 1,75bar)	52 (Reifendruck = 0,60bar)	37 (Reifendruck = 0,45bar)	37 (Reifendruck = 0,45bar)	37 (Reifendruck = 0,45bar)
	Radlast = 1900kg	111 (Reifendruck = 1,65bar)	56 (Reifendruck = 0,60bar)	33 (Reifendruck = 0,40bar)	33 (Reifendruck = 0,40bar)	33 (Reifendruck = 0,40bar)
	Radlast = 2300kg	111 (Reifendruck = 1,55bar)	54 (Reifendruck = 0,55bar)	37 (Reifendruck = 0,40bar)	37 (Reifendruck = 0,40bar)	37 (Reifendruck = 0,40bar)
	Radlast = 2500kg	111 (Reifendruck = 1,50bar)	56 (Reifendruck = 0,55bar)	-	-	-
	Radlast = 2900kg	110 (Reifendruck = 1,40bar)	54 (Reifendruck = 0,50bar)	-	-	-

¹⁾ angenommen wurde höher angegebener Tongehalt

²⁾ Es ist bei den angegebenen Werten mit einer beträchtlichen Verdichtungsgefährdung zu rechnen, wenn auf dem blanken Boden gefahren wird. Die Radlast oder der Reifendruck sollten reduziert werden, bzw. sollte das Befahren bei nassem Untergrund vermieden werden. Alternativ erfolgt die Arbeit von einer Baustraße aus, wobei die Arbeiten relativ unabhängig von den Bodenfeuchteverhältnissen durchgeführt werden können.



Bei einer Belastung / Befahrung des ungeschützten Bodens nach bzw. während Niederschlagsereignissen können irreversible Schäden entstehen. Dieses Gefährdungspotenzial gilt für die komplette Trasse. Für die erkundeten Homogenbereiche im Untersuchungsgebiet (vergleiche Geotechnischen Bericht zur Baugrunderkundung und –begutachtung, Buchholz+Partner GmbH, Projekt-Nr.: L16-II-355.213) werden in Tabelle 2 die maximalen Bodendrücke in 35 cm Bodentiefe für unterschiedliche Bodendrücke und Radlasten bei einer Wassersättigung des Bodens angegeben. Hierbei ist darauf zu achten, dass bei den angegebenen Werten mit einer beträchtlichen Verdichtungsgefährdung zu rechnen ist, wenn auf dem ungeschützten Boden gefahren wird. Die Radlast oder der Reifendruck sollten reduziert werden, bzw. sollte das Befahren bei trockeneren Bedingungen durchgeführt werden. Alternativ erfolgt die Arbeit von einer Baustraße aus, wobei die Arbeiten relativ unabhängig von den Bodenfeuchteverhältnissen durchgeführt werden können.

4.2.2 Erosion

Wasser und Wind sind in der Lage auch in kurzer Zeit große Mengen an Erdreich ungewollt zu bewegen. Das Gefährdungspotenzial kann in Abhängigkeit der Bodenart, Gehalt an organischen Bestandteilen, Größe der Bodenaggregate und der Wasserleitfähigkeit geschätzt werden. Im Untersuchungsgebiet sind vor allem die schluffigen Böden im Bereich der periglazialen Decklehme besonders erosionsanfällig durch Wasser. Für die meisten Flächen entlang der Trasse weist die Bodenschätzungskarte einen k-Faktor zwischen 0,4 und 0,5 aus, was einem Gefährdungspotenzial von hoch bis sehr hoch entspricht. Vereinzelt besteht in Bereichen mit rolligen Molassesedimenten als Bodenausgangsgestein eine niedrigere Gefährdungsstufe. Generell besonders gefährdet sind Bereiche, in denen sich natürliche Abflussbahnen befinden oder jene mit größerer Hangneigung (vgl. Anl. 3).

Eine Gefährdung durch Winderosion besteht vor allem für die Molassefeinsande (Homogenbereich 3). Die Substrate der anderen Homogenbereiche sind nicht bzw. lediglich gering gefährdet. Es können drei Abschnitte entlang der Trasse ausgewiesen werden, bei denen die Unterbodenmieten aus Molassefeinsanden besonderen geschützt werden müssen (vgl. Anl. 4).

Betroffen sind folgende Abschnitte (Hinweis: die Grenzen sind anhand der punktuellen Aufschlüsse und des Reliefs interpoliert; Abweichungen können auftreten):

- ca. Station 0+222 – 0+760
- ca. Station 4+350 – 4+480
- ca. Station 5+320 – 5+385

4.2.3 Vermischung

Der oberflächennahe Bereich im Untersuchungsgebiet ist durch die weit verbreitete periglaziale Decklehmschicht zum Teil sehr homogen. Lediglich in wenigen Abschnitten werden durch den Kabelgraben weitere Homogenbereiche angeschnitten. Unterscheiden sich die verschiedenen Schichten deutlich im Substrat, besteht die Gefahr bei einem gemeinsam Aushub, Lagerung und Wiederbefüllung, dass sich die verschiedenen Substrate vermischen und ein schichtgerechter Einbau nicht möglich ist. Die betroffenen Abschnitte können Tabelle 3 entnommen werden, bzw. sind ebenfalls in Anlage 4 erfasst.



Tab. 3: Durch Substratvermischung gefährdete Abschnitte (Hinweise: der Oberboden wurde nicht zusätzlich ausgewiesen; die Grenzen sind anhand der punktuellen Aufschlüsse und des Reliefs interpoliert; Abweichungen können auftreten):

Nr.	Stationierung	betroffene Substrate / Homogenbereiche
1	ca. 0+222 – 0+760	- periglazialer Decklehm / Homogenbereich 1 - Molassefeinsand / Homogenbereich 3
2	ca. 0+730 – 0+760	- periglazialer Decklehm / Homogenbereich 1 - Molassefeinsand / Homogenbereich 3 - Molasseton / Homogenbereich 5
3	ca. 2+000 – 2+050	- periglazialer Decklehm / Homogenbereich 1 - Molassekies / Homogenbereich 2
4	ca. 2+550 – 2+565	- periglazialer Decklehm / Homogenbereich 1 - Molassekies / Homogenbereich 2
5	ca. 3+035 – 3+600	- periglazialer Decklehm / Homogenbereich 1 - Molassekies / Homogenbereich 2
6	ca. 5+180 – 5+237	- periglazialer Decklehm / Homogenbereich 1 - Molassekies / Homogenbereich 2
7	ca. 5+320 – 5+385	- periglazialer Decklehm / Homogenbereich 1 - Molassefeinsand / Homogenbereich 3
8	ca. 5+680 – 5+730	- Molassekies / Homogenbereich 2 - Molassschluff / Homogenbereich 4

4.2.4 Thermische und hydrologische Auswirkungen

Nach aktuellem Stand der Wissenschaft sind die Auswirkungen aufgrund der durch das Kabel abgegebenen Wärme bzgl. Bodenfeuchte bei 110-kV-Kabelleitungen als gering zu bewerten. Die meist im Untersuchungsgebiet angetroffenen periglazialen Decklehme (Homogenbereich 1) sind schluffige Böden, die Bodenwasser lange speichern können. Eine Austrocknung infolge der geringfügigen und meist nur kurzfristigen Erwärmung ist nach derzeitigem Kenntnisstand eher unwahrscheinlich. Ein negativer Einfluss auf das Pflanzenwachstum ist nicht zu erwarten. Inwieweit sich die Aktivität der Bodenlebewesen verändert ist bisher nicht hinreichend untersucht worden.

4.2.5 Sonstige allgemeine Gefahren

Generell geht der Eingriff in das Schutzgut Boden mit verschiedenen Gefährdungspotenzialen einher, die unter anderem auch durch menschliches Versagen ausgelöst werden können. Gemeint sind:

- Vernässungen durch aufstauendes Niederschlags-, Schicht- oder Oberflächenwasser
- Unsachgemäßer Umgang / Lagerung / Transport von Fremd- und Schadstoffen



- Unkontrollierte Flächeninanspruchnahme durch wildes Befahren, Lagerung von Arbeitsmaterialien, Abstellen von Baufahrzeugen, etc.
- Schlecht organisierte Logistik auf der Baustelle (Lieferung von Baumaterialien, Abtransport von Erdstoffen, etc.)

5. Massenbilanz der Bodenbewegungen für den Kabelgraben

Die Kabelleitung hat inklusive der getrennten Führung vor dem Umspannwerk Tann eine Länge von 5,9 km. Davon werden 688,1 m mittels HDD-Bohrung durchörtert. Auf den restlichen Trassenabschnitten soll nach derzeitigem Kenntnisstand vom Mast 31neu der 110-kV-Leitung Simbach – Pfarrkirchen (Leistungsnummer LH-08-O58) bis Station 2+550 der Kabelpflug zum Einsatz kommen. Ab Station 2+662 bis zum Umspannwerk Tann soll in offener Bauweise gebaut werden (ca. 2.674 m). Die entsprechenden zu erwartenden Erdbewegungen können Tabelle 3 entnommen werden.

Tab. 4: Massenbilanz

Bauweise	Gesamtlänge in m	Gesamtaushub in m ³ ¹⁾	Aushub in m ³ ¹⁾	
			Oberboden ²⁾	Unterboden
offene Bauweise / Kabelgraben	ca. 2.674,3	~ 10.818 / 13.657	~ 2.675 / 3.477	~ 8.143 / 10.180
Ziel-/ Startgruben HDD-Bohrungen	ca. 229,6	~ 2.647 / 3.322	~ 275 / 357	~ 2.372 / 2.965
Muffengruben	ca. 160,0	~ 1.200 / 1.505	~ 140 / 180	~ 1.060 / 1.325

¹⁾berechnet ohne/mit Auflockerungsfaktor 1,3 für Oberboden, bzw. 1,25 für Unterboden

²⁾durchschnittliche Oberbodenmächtigkeit von 0,3 m angenommen

6. Maßnahmen zur Bauausführung

Entsprechend der verschiedenen Gefährdungspotenziale können unterschiedlich Maßnahmen für die Bauausführung abgeleitet werden. Generell ist zu erwähnen, dass trotz aller Maßnahmen negative Einwirkungen auf das Schutzgut Boden nicht verhindert, aber auf ein Minimum reduziert werden können.

6.1 Hinweise zum Bauzeitenplan / Schlechtwetterszenarien

Generell sollte die Baumaßnahme als Linienbaustelle durchgeführt werden. Der Bauablauf sollte so konzipiert werden, dass der Kabelgraben an einer Stelle maximal drei bis fünf Tage geöffnet ist. Der Bodenaushub sollte dementsprechend zeitlich optimiert werden, sodass die Oberbodenmieten nicht zu lange im Vorfeld der eigentlichen Baumaßnahme angelegt werden.

Entsprechend Kapitel 3.3 empfehlen wir die Baumaßnahme in einer niederschlagsarmen Periode durchzuführen. Generell ist der Sommer und Herbst besser als der Winter und Frühling für Erdarbeiten geeignet. Empfehlenswert ist, die Baumaßnahme in den Monaten September bis November durchzuführen, weil neben den abnehmenden Niederschlagsmengen, eine immer noch relativ hohe



Evapotranspiration die Bodenfeuchte erfahrungsgemäß senkt. Außerdem sollten mehrtägige Baustellenstillstandszeiten infolge von Stark- und Dauerniederschlagsereignissen einkalkuliert werden.

6.2 Arbeitsstreifenbreite

Bei der Festlegung der Arbeitsstreifenbreite müssen folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- (1) Breite des Kabelgrabens
- (2) Breite der notwendigen Schutzstreifen
- (3) Breite der Fahrwege / Baustraße
- (4) Anzahl der Bodenmieten
- (5) evtl. Lagerflächen für Baustoffe

Punkt (1), (2) und (5) sind durch den Planer festzulegen.

Die trassenparallelen Fahrwege bzw. Baustraßen sollten um mindestens 1 m die maximale Spurbreite der befahrenden Fahrzeuge überschreiten. Wir empfehlen die Baustraße als Einbahnstraße festzulegen oder vereinzelt Ausweichstellen (mit der doppelten Breite) einzuplanen um die Gesamfläche der Baustraße auf ein erforderliches Minimum zu reduzieren.

Pro Bodenmiete sind ca. 5 m Breite einzuplanen. Entsprechend der Anzahl der erforderlichen Bodenmieten (vgl. Kap. 4.2.3 und 6.3.2) ist die Arbeitsstreifenbreite anzupassen.

Es sollte im Vorfeld der Baumaßnahme geprüft werden, ob weiterer Platzbedarf z.B. für das Schweißen der Rohre oder ähnliche Arbeiten benötigt wird. Die Baustraße sollte für die Lagerung von Baustoffen auch nicht temporär genutzt werden.

Für die Anlage eines Baulagers bzw. für die Lagerung von Baustoffen, Maschinen und ähnliches empfiehlt es sich bereits versiegelte Flächen in der näheren Umgebung zur Trasse anzumieten.

6.3 Bodenabtragsplanung

Das Bodenmanagement ist nachfolgend gemäß DIN 19731 (Bodenbeschaffenheit – Verwertung von Bodenmaterial) zusammengefasst. Das Bodenmanagement umfasst den Bodenabtrag, die Zwischenlagerung und die Wiederverfüllung. Die nachfolgend beschriebenen Aspekte sind neben der Kabelverlegung in offener Bauweise auch bei den Baugruben für einen grabenlosen Rohrvortrieb zu beachten.

6.3.1 Aushub

Ein Oberbodenabtrag darf nur im geplanten Leitungsbereich bzw. im Bereich der Unterbodenmieten erfolgen. Abhängig von der Flächennutzung ist vor dem Bodenabtrag auf Ackerflächen der Kulturpflanzenbestand zu entfernen bzw. auf Grünflächen die Grasnarbe zu fräsen. Das Abschieben von Oberboden mittels Planierraupen oder ähnlichen Fahrzeugen ist generell nicht zulässig, weil auf diese Weise das Bodengefüge zerstört wird. Der Bodenaushub sollte nur mit Raupenbaggern mit möglichst breiten Ketten erfolgen.



Die anstehenden bindigen Erdstoffe (Oberboden, Homogenbereich 1, 4 und 5) dürfen nur bei mindestens steifplastischer Konsistenz ausgehoben werden. Dementsprechend müssen die Erdstoffe möglichst trocken sein und dürfen nicht wassergesättigt bzw. wasserübersättigt sein. Das Bodenmaterial ist horizont- und schichtenweise abzutragen. Hierbei darf es zu keiner Vermischung der Bodenschichten kommen.

6.3.2 Zwischenlagerung

Um lange Transportwege und nachteilige Prozesse für den Boden zu vermeiden, sollte das Material in einem Arbeitsgang abgetragen und seitlich, parallel zum Trassenverlauf in Bodenmieten abgelegt werden. Oberbodenmieten können auf benachbarten Oberboden und Unterbodenmieten auf dem vom Oberboden befreiten Unterboden angelegt werden. Alternativ kann der Unterboden durch ein Geotextil getrennt auf den anstehenden Oberboden zwischengelagert werden. Substratvermischungen sind zu vermeiden. Für Oberbodenmaterial sollen die Mieten eine maximale Schutthöhe von 2 m und für Unterbodenmaterial von maximal 4 m aufweisen. Die Bodendepots sollten möglichst trocken und trapezförmig geschüttet werden sowie gut durchlüftet sein. Ist aufgrund eines Platzmangels kein ausreichender Abstand zwischen den Bodenmieten möglich, muss für die Aneinanderlagerung der Bodenmieten ein Geovlies zwischen die verschiedenen Erdstoffe gelegt werden. Entsprechend Kapitel 4.2.3 sind voraussichtlich in acht Abschnitten neben der Oberbodenmiete zwei Unterbodenmieten erforderlich. Zwischen Station ~ 0+730 bis ~ 0+760 könnte eine dritte Unterbodenmiete notwendig werden.

Eine Vernässung durch aufstauendes Sickerwasser in den Bodenmieten ist unbedingt zu verhindern. Das Eindringen von Sickerwasser kann durch Profilieren und Glätten der Oberfläche reduziert werden. Treten Vernässungen auf, ist eine temporäre Oberflächenentwässerung einzurichten.

Bodenmieten aus den Molassefeinsanden (Homogenbereich 3) sind stark anfällig für Winderosion. Wir empfehlen zur Verhinderung von ungewollten Bodenabtrag die Mieten während ihrer Standzeit mit Folien abzudecken. Die Profilierung der Bodenmieten aus bindigen Erdstoffen dient ebenfalls dem Schutz gegen Wassererosion. Gegebenenfalls entstandene Erosionsrinnen müssen umgehend beseitigt werden.

Sollten im Bereich zwischen Station ca. 0+730 bis 0+760 Molassetone ausgehoben werden, ist die dazugehörige Bodenmiete mit Folien abzudecken um eine Austrocknung zu verhindern. Trocknen die tonigen Substrate aus, besteht die Gefahr, dass betonartige Brocken entstehen, welche schwerer wieder einzubauen sind bzw. vorher mechanisch zerkleinert werden müssen. Im Nachgang der Verfüllung besteht zusätzlich das Risiko, dass bei einer Wiederbefeuchtung Sackungen auftreten können.

Überschreitet die Standzeit der Bodenmieten 4 Wochen, ist eine Zwischenbegrünung aus tiefwurzelnden und wasserzehrenden Pflanzen (z.B. Luzerne-Kleegras Mischung) empfehlenswert. So können einer Vernässung und Verunkrautung (zum Beispiel durch invasive Neophyten) entgegengewirkt werden.

Generell dürfen Bodenmieten nicht befahren werden.

6.3.3 Wiedereinbau

Bei der Wiederverfüllung des zwischengelagerten Ausgangssubstrats sollen die ursprünglichen Bodenverhältnisse, die Lagerung und Funktion des Bodens wiederhergestellt werden. Hierbei ist eine Bodenvermischung zu vermeiden und das Material entsprechend der vorgefundenen Schichtung, Reihenfolge und Tiefenlage wieder einzubauen. Die ggf. vorhandene Wasserhaltung ist aufrecht zu



erhalten bzw. die Gräben vor dem Einbau leer zu pumpen. Eine Übermäßige Verdichtung und Verschmierung ist zu vermeiden. Der Wiedereinbau von bindigen Erdstoffen ist ebenfalls nur möglich, wenn diese eine mindestens steifplastische Konsistenz aufweisen. Sind vor dem geplanten Wiedereinbau starke Niederschläge vorausgesagt, empfiehlt es sich die bindigen Bodenmieten mit Folien abzudecken um ein Aufweichen der Erdstoffe zu verhindern.

Das Unterbodenmaterial ist in einem Arbeitsgang in den Kabelgraben einzufüllen. Nach dem Einfüllen sind die Erdstoffe mit der Baggerschaufel anzudrücken. Bindige Substrate dürfen nicht glatt gestrichen und nicht dynamisch verdichtet werden. Das Oberbodenplanum kann nach Abtrocknung mit geeigneten Kettenfahrzeugen hergestellt werden. Eine leichte Überhöhung ist vorzusehen (ca. 10-20 % der Aushubtiefe), um die Entstehung von Tiefstellen infolge der Eigenkonsolidierung zu vermeiden.

In Bereich mit erhöhter Reliefenergie (Hangneigung $> 10^\circ$) empfiehlt es sich die Oberfläche vor dem Oberbodenauftrag anzurauen bzw. stufenförmig auszubilden um eine bessere Standfestigkeit zu gewährleisten. Auf glatter oder steiler Unterlage können infolge abfließenden Schichtwassers die lockeren Oberbodenhorizonte abrutschen.

Bei der Verwendung ortsfremden Bodens ist für diesen die Eignung für den Einbau und die Schadstofffreiheit in Abhängigkeit vom Verwendungszweck nachzuweisen (mit Herkunftsnachweis, Eignungszertifikat). Dabei ist darauf zu achten, dass Oberbodenmaterial vor allem aus der Region anzuliefern ist, sodass die Gefahr der Einschleppung von invasiven Neophyten auf ein Minimum reduziert wird. Bodenüberschüsse, die nicht wieder eingebaut werden können, sind gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz fachgerecht zu verwerten bzw. zu entsorgen.

Die wiederverfüllten Bereiche sind auf eventuell erfolgte Verdichtungen oder Bodengefügeschädigungen zu überprüfen. Gegebenenfalls sind Rekultivierungsmaßnahmen erforderlich (siehe Kapitel 7). Generell sollten die wieder verfüllten Bereiche zum Schutz gegen Erosion umgehend begrünt werden.

Auf die Flächen der bereits rückverfüllten Gräben darf kein Boden zwischengelagert werden, da diese lastfrei zu halten sind. Nach Herstellung der Bodenoberfläche dürfen nur bei geringer Bodenfeuchte die Flächen von geeigneten Maschinen zur weiteren Rekultivierung befahren werden.

6.4 Baustraßen

Die im Untersuchungsgebiet vorrangig anzutreffenden schluffigen Braunerden aus Decklehmen sind bei steifplastischer bis halbfester Konsistenz relativ gut tragfähig. Jedoch neigen die Böden infolge von Niederschlägen zu starken Vernässungen und damit verbundenen Konsistenzwechseln, sodass die Tragfähigkeit massiv herabgesetzt werden kann. Daher empfehlen wir für einen bodenschonenden Bauablauf den Bau einer trassenparallelen, befestigten Baustraße. Generell gelten für befestigte Baustraßen folgende Hinweise:

- Die Befahrung des ungeschützten Bodens durch Fahrzeuge und Baumaschinen aller Art ist zwingend zu unterlassen. Eine Ausnahme gilt für die Raupenbagger, welche für den Abtrag des Oberbodens bzw. für den Kabelgrabenaushub zuständig sind. Weitere Hinweise folgen im laufenden Text.



- Der Baustraßenaufbau sollte mittels Vor-Kopf-Schüttung und der Rückbau von der Baustraße aus rückschreitend durchgeführt werden.
- Der Straßenaufbau sollte auf dem Oberboden erfolgen. Das Entfernen des Oberbodens ist nicht erforderlich, weil die organischen Bestandteile (Grasnarbe, Humus, Wurzelgeflecht etc.) ein stabiles Bodengefüge schaffen und in Folge dessen die Lastausbreitungstiefe im Unterboden reduziert wird. Da eine Bodenverdichtung auch durch den Einsatz von Baustraßen nicht verhindert werden kann, ist es wichtig die Tiefe des Lasteintrages zu minimieren. Dabei ist zu beachten, dass eine Verdichtung im Unterboden schlechter zu rekultivieren ist als im Oberboden.
- Die Baustraße sollte 1 m breiter als die benötigte Fahrspur sein. Außerdem sind Ausweichstellen für entgegengerichtete Fahrzeuge einzuplanen bzw. die Option einer Einbahnstraßenregelung zu prüfen (Minimierung des Flächenbedarfs).
- Der Straßenaufbau darf nicht auf nassen bindigen Böden mit breiiger Konsistenz erfolgen. Gegebenenfalls muss gewartet werden bis die Böden oberflächennah abgetrocknet sind. Die Böden müssen mindestens weichplastisch sein, bzw. eine Saugspannung von mindestens 6 cbar aufweisen bevor die Straßenelemente verlegt werden dürfen. Befahrung und Rückbau der Straßenelemente ist bei sachgemäßer Ausführung unabhängig von der Bodenfeuchte möglich. Jedoch dürfen Baustraßen nicht befahren werden, wenn sie zum Beispiel in Senken nach Stark- oder Dauerregenereignissen komplett unter Wasser stehen.
- Generell sollte auf einer temporären Baustraße langsam gefahren werden sowie durch eine überlegte Logistik die Überfahrten auf ein Minimum reduziert werden.
- Die Baustraßen sollten regelmäßig auf Schadstellen und Funktionstüchtigkeit geprüft werden und gegebenenfalls ausgebessert werden.
- Die temporäre Baustraße ist nach Beendigung der Arbeiten unverzüglich zurückzubauen, der Untergrund auf mögliche Verdichtungen oder andere schadhafte Veränderungen zu untersuchen und gegebenenfalls Rekultivierungsmaßnahmen durchzuführen.

Entlang von Acker- und Grünlandflächen empfiehlt sich aufgrund der Hangneigung eine Befestigung der Baustraße mittels mineralischer Schüttung. Aus Sicht des vorsorgenden Bodenschutzes sind dabei weitere Aspekte zu beachten:

- Um das Einsinken bzw. die Vermischung der Schüttmaterialien in den Oberboden zu vermeiden sollte ein Vlies zwischen der Schüttung und dem Oberboden verlegt werden. Dabei ist zu beachten, dass anfallendes Niederschlagswasser seitlich abgeleitet wird oder aufgrund eines wasserdurchlässigen Vlieses versickern kann. Ein Aufstau des Oberflächenwassers sollte unbedingt vermieden werden. Die Verlegung eines Vlieses ist außerdem zweckmäßig um ein Verschmieren der Bodenoberfläche vorzubeugen. Das Vlies sollte mindestens 1 m überstehen oder umgeschlagen werden.
- Die Mächtigkeit der Schüttmaterialien ist von den zu erwartenden Lasteinträgen und der Überrollhäufigkeit abhängig. Auf das Geovlies erfolgt der lagenweise (maximale Schütthöhe 0,2 m), verdichtende Aufbau eines mindestens 0,4 – 0,6 m mächtigen Bodenpolsters aus einem gut verdichtbaren Mineralgemisch. Vor allem bei unebenen Gelände ist die Mindestschütthöhe unbedingt zu beachten.
- Schüttmaterialien können Kies, Schotter oder geeignete Recyclingmaterialien (mit Nachweis zur Einhaltung von Schadstoffgrenzwerten) sein. Gegebenenfalls kann der Einsatz von



Holzhackschnitzel (Langhächselgut) als Schüttgut sinnvoll sein. Vorteil der Holzhackschnitzel ist ihr geringes Eigengewicht sowie aufgrund der Verzahnung der unregelmäßig geformten Komponenten eine sehr gute Lastverteilung. Für Böden mit feuchten oder nassen Standortbedingungen sind die Holzhackschnitzel nicht geeignet.

Alternativ kann die befestigte Baustraße aus Baggermatratzen, starren Plattensystemen und Verbundplattensystemen hergestellt werden. Jedoch ist zu beachten, dass bei einer Geländeneigung $> 5\%$ bzw. $> 3^\circ$ die Gefahr besteht, dass die Straßenelemente unter Last wippen und / oder verrutschen. Die Bewegung der Straßenelemente kann dazu führen, dass der unterlagernde Boden verschmiert und das Bodengefüge geschädigt wird. Außerdem können bei feuchter Witterung die Straßenelemente rutschige Oberflächen bilden, die zu Einschränkung der Arbeitssicherheit bzw. zu Bauverzögerung und Baustopp führen können. Sollten trotz dessen Baustraßen mit Straßenelementen aus Holz, Stahl, Aluminium o.Ä. errichtet werden, sind aus Sicht des vorsorgenden Bodenschutzes folgende Aspekte zu beachten:

- Um das Einsinken der Straßenelemente in den Oberboden zu reduzieren sollte ein Vlies zwischen den Straßenelementen und dem Oberboden verlegt werden. Dabei ist zu beachten, dass anfallendes Niederschlagswasser seitlich abgeleitet wird oder aufgrund eines wasserdurchlässigen Vlieses versickern kann. Ein Aufstau des Oberflächenwassers sollte unbedingt vermieden werden. Die Verlegung eines Vlieses ist außerdem zweckmäßig um ein Verschmieren der Bodenoberfläche infolge Bewegungen der Straßenelemente bei erhöhter Geländeneigung vorzubeugen.
- Für eine effektive Lastverteilung sollten die Straßenelemente quer zur Fahrtrichtung und ohne Abstand zueinander verlegt werden.
- Die Verwendung von Holzbohlen (Baggermatratzen) als Straßenelemente ist aufgrund ihres geringen Eigengewichts die bevorzugte Variante. Jedoch muss eine Baustraße aus Holzelementen während der Benutzung sachgemäß gewartet werden. Vor allem Raupenfahrzeuge mit Stegraupen können die Holzbohlen beschädigen. Defekte Elemente müssen sofort ersetzt werden. Die Dicke der Baggermatratzen aus Holzbohlen sollte für die Benutzung durch LKW's 25 cm und für die Benutzung durch Bagger 35 cm betragen.
- Starre Plattensysteme (v.a. Stahlplatten) haben den Vorteil, dass diese durch eine sehr gute Lastverteilung gekennzeichnet sind. Nachteil ist ihr hohes Eigengewicht. Die Stahlplatten sind weniger anfällig für Schäden im Zuge der Befahrung durch Baustellenfahrzeuge, jedoch sollte die Lage der Platten vor allem bei geneigten Gelände stets überprüft werden.
- Weiterhin ist zu beachten, dass auf den temporären Baustraßen die Rutschsicherheit (z.B. Elemente mit Riffeln) der Baufahrzeuge gewährleistet ist, da ansonsten insbesondere in den Hanglagen mit Behinderungen im Bauablauf und einer negativen Beeinträchtigung von zusätzlichen Flächen (vermeidbare Flurschäden) zu rechnen ist. Dies gilt vor allem für niederschlagsreiche Witterungsperioden.
- Aufgrund der zu erwartenden Geländeneigung $> 5\%$ bzw. $> 3^\circ$ müssen die Straßenelemente gegen Verrutschen gesichert werden. Das kann zum Beispiel mittels Erdnägeln erfolgen.
- Die Baustraßenabschnitte mit Querneigung erfordern fallspezifische Sonderlösungen, welche in Absprache mit Auftraggeber, bauausführende Firma und der bodenkundlichen Baubegleitung im Vorfeld zu untersuchen sind. Zu prüfen sind die Möglichkeiten, ob ein Unterfüttern der



Straßenelemente mit z.B. Langhächselgut, eine temporäre Geländeneivellierung oder andere Optionen bodenschonend bzw. technisch realisierbar sind. Generell ist in Bereichen mit Querneigung eine geschüttete Baustraße einer Baustraße aus festen Straßenelementen vorzuziehen.

Für den Bau einer temporären Baustraße hat sich bei vorrangegangenen Projekten gezeigt, dass der Aufbau einer Baustraße unabhängig seiner Art und Weise, aber auf einer intakten Grasnarbe den effektivsten Schutz vor Bodenschadverdichtungen darstellt. Daher empfehlen wir für die Ackerstandorte den geplanten Arbeitsstreifen mit einer für die Region spezifischen Gräsermischung zu begrünen. Die Ansaat erfolgt meist im Frühling oder Herbst. Für eine gute Stabilisierung des Oberbodens infolge einer dichten Grasnarbe und der intensiven Durchwurzelung sollte die Ansaat ca. ein Jahr vor dem Start der Baumaßnahme durchgeführt werden.

Da die steifplastischen bis halbfesten Lehmböden eine ausreichende Tragfähigkeit aufweisen, könnten die für den Aushub und Wiedereinbau zuständigen Raupenbagger bei trockenen Bodenverhältnissen auf dem ungeschützten Boden fahren. Es sollten Raupenbagger zum Einsatz kommen, die eine geringe Flächenpressung aufweisen. Das Befahren ist bis zu einer Schichtsetzung von maximal 2 cm unterhalb der Ketten vertretbar. Ändert sich die Konsistenz infolge von Wassergehaltsänderungen, ist das Befahren des ungeschützten Bodens auch durch Raupenfahrzeuge nicht zulässig. Die Grenzen der Befahrbarkeit sind neben der Bodenfeuchte vor allem von der Flächenpressung und dem Gesamtgewicht der Raupenbagger abhängig. Für eine Bewertung und Festlegung der Einsatzgrenzen ist der bodenkundlichen Baubegleitung eine Geräteliste aller einzusetzenden Maschinen mit Angaben zu Einsatzgewicht, Flächenpressung und Kettenbreite vorzulegen. Generell sollte die Überrollhäufigkeit der Raupenbagger auf dem ungeschützten Boden so gering wie möglich sein. In diesem Zusammenhang empfehlen wir, die Baustellenlogistik so anzupassen, dass die Raupenbagger nur für den Aushub und Wiedereinbau eingeplant werden. Jegliche Transportarbeiten (z.B. Auf- und Abbau der Baustraßen, Auslegen der Leerrohre) sollten auf der befestigten Baustraße durchgeführt werden.

Sind zusätzliche Baustraßen außerhalb des Arbeitsstreifens für z.B. die Lieferung von Baumaterialien, Kabeltrommeln oder generell Lagerplätze notwendig, empfehlen wir bereits versiegelte Flächen (z.B. Feldwege etc.) zu nutzen bzw. entsprechend den technischen Notwendigkeiten auszubauen. Die Neuversiegelung von Flächen ist zwingend zu vermeiden.

Die Baustraßen sind nach Beendigung der Arbeiten unverzüglich zurückzubauen, der Untergrund auf mögliche Verdichtungen oder andere schadhafte Veränderungen zu untersuchen und gegebenenfalls Rekultivierungsmaßnahmen durchzuführen.

Wir empfehlen, dass im Vorfeld der Baumaßnahme ein Wegebaukonzept durch die ausführende Baufirma erstellt wird und dieses durch ein unabhängiges Fachbüro hinsichtlich Umsetzbarkeit beurteilt wird.



6.5 Erosionsschutzmaßnahmen

Die Sedimente im Bereich der baulichen Eingriffe sind vorrangig wassererosionsgefährdet. Dabei stellt der Oberboden einen natürlichen Schutz dar. Wir empfehlen den Oberbodenabtrag erst kurz vor den weiteren Aushubarbeiten durchzuführen um die Oberflächen solange wie möglich unberührt zu lassen. Besonders für Wassererosion anfällige Bereiche sind in Anlage 3 gekennzeichnet.

Das Herstellen des Oberbodenplanums sollte in Hangbereichen immer quer zum Hang erfolgen um potentielle Abflussbahnen zu unterbrechen und einer linearen Erosion vorzubeugen. Des Weiteren sollten nach Wiederverfüllung der Kabelgräben und nach Rückbau der Baustraße die betroffenen Flächen **sofort** begrünt werden. Weitere Hinweise sind Kapitel 7 zu entnehmen.

Die Bodenmieten aus Molassefeinsanden sind besonders anfällig für Winderosion. Dementsprechend empfehlen wir diese Sedimente nach einer Aufmietung mit Folien abzudecken.

6.6 Vernässungen

Die Sedimente im Untersuchungsgebiet sind gering wasserdurchlässig, sodass eventuell anfallendes Niederschlags-, Schicht- oder Oberflächenwasser nur langsam versickern kann. Die anstehenden bindigen Erdstoffe reagieren auf eine Vernässung in der Regel mit unerwünschten Konsistenzwechseln. Dementsprechend sind die Baugruben bzw. der Kabelgraben unbedingt trocken zu halten. Vor allem nach Niederschlägen kann eine offene Wasserhaltung notwendig werden.

6.7 Hinweise für den Rohrpflug

Da der Kabelpflug in der Regel auf dem ungeschützten Oberboden fährt bzw. der Boden direkt mechanisch beansprucht wird, ist die Bodenfeuchte bzw. die Konsistenz der bindigen Böden für den Zeitpunkt der Anwendung maßgebend. Für die Festlegung der Einsatzgrenzen sind die Angaben zu Flächenpressung und Gesamtgewicht des Kabelpfluges sowie des Trucks mit der Seilwinde der bodenkundlichen Baubegleitung vorzulegen. Die Böden müssen eine mindestens steifplastische Konsistenz aufweisen, was z.B. nach intensiven oder langanhaltenden Niederschlägen nicht gegeben sein muss. Zusätzlich besteht bei nassen Böden und erhöhter Hangneigung die Gefahr, dass im Bereich der Aufstandsflächen das Bodengefüge durch Verschmierungen und Verdichtungen geschädigt wird. Der Einsatz des Kabelpfluges sollte bei trockenen Witterungsbedingungen und schwach feucht bis trockenen Böden erfolgen. Gegebenenfalls müssen Bereifung oder der Reifeninnendruck zur Vergrößerung der Aufstandsfläche angepasst werden. Eine flexible Einsatzplanung mit Puffer für Schlechtwetterphasen sollte einkalkuliert werden.

Nach dem Einpflügen der Leerrohre muss der aufgeworfene Boden im Bereich der Geländeoberfläche wieder eingeebnet werden. Das Einebnen darf nur bei trockenen Bodenverhältnissen erfolgen um Bodengefügeschäden zu reduzieren. Außerdem sollte die Verdichtungsenergie statisch aufgebracht werden bzw. keinesfalls dynamisch und so gering wie möglich sein, um eine Schadverdichtung zu vermeiden.



7. Rekultivierungsmaßnahmen

Das Bodengefüge wird trotz aller Maßnahmen zum Bodenschutz durch Befahren, Umlagerung etc. beeinträchtigt und instabil. Die übermäßige Belastung des baubedingt beeinträchtigten Bodengefüges kann durch eine ungünstige Folgenutzung dazu führen, dass das Bodengefüge nachträglich geschädigt wird. Die mittel- bis langfristige Stabilisierung kann nur durch eine bodenschonende Folgebewirtschaftung unterstützt werden.

Die Durchführung von jeglichen Rekultivierungsmaßnahmen ist nur bei ausreichend trockenen Bodenverhältnissen, bzw. wenn bindige Böden eine mindestens steifplastische Konsistenz aufweisen, möglich. Die Befahrbarkeit durch Fahrzeuge für die Rekultivierung (z.B. Tieflockerungsgeräten) ist genauso wie für Baumaschinen durch Bodenfeuchte und Flächenpressung reglementiert.

Eine Tiefenlockerung ist gegebenenfalls sinnvoll. Jedoch sollte der Oberboden unbedingt durch landwirtschaftliche Bodenbearbeitungsverfahren initial mechanisch gelockert werden. Vor allem unterhalb der Baustraßen ist eine Oberbodenverdichtung zu erwarten. Wir empfehlen eine schonende Lockerung mittels Grubbern und Eggen.

Zusätzlich sollten die Flächen im Bereich des Arbeitsstreifens umgehend nach der vollständigen Rückverfüllung des Grabens angesät werden. Zur Wiederherstellung bzw. zur Unterstützung des bestehenden Bodengefüges empfehlen wir eine mehrjährige schonende Bewirtschaftung. Wir empfehlen die Ansaat von tiefwurzelnden, wasserzehrenden, frostfesten und mehrjährigen Pflanzen. So kann infolge der Durchwurzelung, der Schrumpf- und Quellvorgänge sowie Gefrier- und Auftauprozesse die Wiederherstellung des Bodengefüges unterstützt werden. Pflanzen mit geeigneten Eigenschaften sind:

- Kreuzblütler (z.B. Senf, Ölrettich)
- Schmetterlingsblütler (z.B. Esparsette, Luzerne, Lupine)
- Gräser und Kräuter (für die Wiesenflächen könnte man z.B. eine Saatmischung aus deutsches Weidegras, Wiesen-Lieschgras, Wiesen-Schwingel, Wiesen-Knäuelgras, Rot-Schwingel, Esparsette, Hornschotenklee, Kleiner Wiesenknopf, Luzerne, Gemeine Flockenblume, Wilde Möhre, Acker-Witwenblume und Wegwarte)

Sollte das Ende der Baumaßnahme in die Wintermonate fallen, sind Pflanzen anzubauen, deren Keimfähigkeit bereits bei 0°C beginnt (z.B. Wintergetreide). Vegetationslose Flächen sind unbedingt zu vermeiden, da auch kurzzeitig wirkende Erosion flächenhaften Bodenabtrag verursachen kann.

Des Weiteren empfehlen wir bei der Folgebewirtschaftung auf den Anbau von Hackfrüchten in den ersten Folgejahren zu verzichten. Hackfrüchte, wie z.B. Kartoffeln, Zuckerrüben oder Mais, haben zum einen ein kaum den Boden stabilisierendes Wurzelgeflecht und zum anderen einen geringen Überdeckungsgrad, der wiederum Erosion begünstigt.

Weitere Maßnahmen wie z.B. Kalkung oder Ausbringung organischen Düngers unterstützt ebenfalls die Gefügebildung und kann bei Bedarf zum Einsatz kommen.

Die bindigen Substrate werden nach dem Einbau durch natürliche Prozesse (Wiederbefeuchtung, Gefrier- und Auftauprozesse im Winter) weiter konsolidiert. Obwohl sich die Bodenoberfläche absenken kann, bleiben bei dieser natürlichen Konsolidation die Porenräumen für die Luft- und Wasserzirkulation erhalten. Sollte die angelegte Überhöhung im Bereich des Kabelgrabens nicht ausreichen um die



Setzungen auszugleichen, sind die Sackungen und Senken mit geeignetem Material aufzufüllen. Dabei ist darauf zu achten, dass Oberbodenmaterial vor allem aus der Region anzuliefern ist, sodass die Gefahr der Einschleppung von invasiven Neophyten auf ein Minimum reduziert wird. Aus Bodenschutzgründen ist eine nachträgliche Verfüllung von Senken einer potenziellen Unterbodenverdichtung, welche bei einem massiven Einbau der Erdstoffe eintreten kann, vorzuziehen.

8. Bodenkundliche Baubegleitung / Qualitätssicherung

Zur Durchführung der Baumaßnahme im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes ist eine bodenkundliche Baubegleitung empfehlenswert. Die Bodenkundliche Baubegleitung sollte bereits in der Planungsphase einbezogen werden.

Um dem Verschlechterungsverbot zu entsprechen, kann der Zustand vor dem Eingriff dokumentiert werden. Alternativ kann die Ausgangssituation an repräsentativen Beprobungsstellen außerhalb des Kabelgrabens auch noch während der Baumaßnahme durchgeführt werden. Wir empfehlen für die Feststellung des Ist-Zustandes die Trockenrohdichte des Unterbodens zu bestimmen (z.B. mittels Densitometer). Wir empfehlen die Untersuchungen in einen Abstand von ca. 200 bis 300 m durchzuführen.

Zusätzlich empfehlen wir zu Beginn der Grabenwiederverfüllung (entsprechend Kap. 6.3.3) ein Testfeld anzulegen, in dem mittels Künzelstab der Eindringwiderstand im Bereich der Verfüllung im Vergleich zum umliegenden Boden erfasst wird um festzustellen, dass das Verschlechterungsverbot eingehalten wird. Die Sondiertiefe sollte auf den ersten oberen Meter begrenzt sein.

9. Schlussbemerkung

Das Bodenschutzkonzept ist in Kombination mit dem Baugrundgutachten erarbeitet worden und nur zusammen mit diesem zu betrachten. Die bodenkundlichen Aussagen sind anhand bodenkundlicher Quellen sowie stichprobenhaften Pürckhauer-Sondierungen abgeleitet, weshalb Abweichungen von den getroffenen Aussagen möglich sind. Sollten bei den Aufgrabungsarbeiten besonders vernässte Stellen oder stark humifizierte Standorte gefunden werden, ist ein Bodengutachter hinzuzuziehen, um diese Standorte zu dokumentieren und um vor Ort geeignete Schutzmaßnahmen festzulegen.

Das Bodenschutzkonzept basiert auf den zum Zeitpunkt der Bearbeitung bereitgestellten Unterlagen (Stand August 2017). Ergeben sich in der weiteren Planungsphase Änderungen, so sind vom zuständigen Gutachter zusätzliche Empfehlungen einzuholen bzw. sind die Angaben zu überprüfen.

Das Bodenschutzkonzept ist nur in seiner Gesamtheit (22 Seiten, 4 Anlagen) und in Verbindung mit dem Geotechnischen Bericht zur Baugrundhauptuntersuchung (Projekt-Nr.: L16-II-355.213) gültig.



10. Quellenverzeichnis

1. Bayernwerk Netz GmbH: Profilpläne 1:1.000; Ergolding 01/2017
2. Bayernwerk Netz GmbH: Bohrungsprofile 1:1.000; Ergolding 03/2017
3. SPIE SAG GmbH: Kabelleitung Tann; dwg-Datei; 29/08/2017
4. BGR: Geologische Übersichtskarte 1:200.000, Blatt CC 7934 München; Hannover 1991
5. Bayerisches Landesamt für Umwelt: Hydrogeologische Karte 1:50.000, Blatt L 7742 Altötting; Augsburg 2008
6. Bayerisches Landesamt für Umwelt: Bayern-Atlas, Grundwasserisohypsen und Grundwassermessstellen; <http://www.umweltatlas.bayern.de> (Zugriff: 04/2017)
7. Bayerisches Landesamt für Umwelt: vorläufige Geologische Karte 1:25.000, Blatt 7641 Neumarkt- St.Veit; Augsburg 2015
8. Bayerisches Landesamt für Umwelt: GeoFachdatenAtlas (BIS-BY), Übersichtsbodenkarte 1:25.000; Augsburg 2000
9. magicmaps GmbH: Tourexplorer 1.25.000 (Version 7.0); Pliezhausen 2014
10. Bayerische Vermessungsverwaltung: Digitales Geländemodell mit Rasterweite 1 m; 2017
11. Bayerisches Geologisches Landesamt: Die Böden Bayerns, Datenhandbuch für die Böden des Tertiärhügellandes der Iller-Lech-Platte und des Donautales; München 1992
12. Bundesamt für Naturschutz: Landschaftsteckbriefe Bayern; Bonn 2010
13. Wohlrab / Ernstberger / Meuser / Sokollek: Landschaftswasserhaushalt; Paul Parey – Verlag, Hamburg-Berlin 1992.
14. DVGW: Technische Regel, Arbeitsblatt GW 324, Fräs- und Pflugverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung; Bonn 08/2007
15. AD-HOC-Arbeitsgruppe Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Bodenkundliche Kartieranleitung; Hannover 2005
16. Bundesverband Boden: BVB-Merkblatt 2, Bodenkundliche Baubegleitung, Leitfaden für die Praxis; Berlin 2013
17. Scheffer / Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde; Berlin 2009
18. Berner Fachhochschule: Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL: Berechnung des Bodenverdichtungsrisikos: Terranimo.ch, abgerufen am 22.02.2018

