

 	SuedOstLink - BBPIG Vorhaben Nr. 5 - „Höchstspannungsleitung Wolmirstedt – Isar; Gleichstrom“	
	Bundesfachplanung gemäß § 8 NABEG	 Von der Europäischen Union kofinanziert Fazilität „Connecting Europe“
Technische Vorhabenbeschreibung Abschnitt D		

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

1	VORBEMERKUNG	5
2	TECHNISCHE PROJEKTbeschreibung	6
2.1	Übergeordnete Technische Daten	6
2.1.1	Start- und Endpunkt	7
2.1.2	Übertragungsleistung	7
2.2	Technische Bau- und Betriebsmerkmale der Gleichstrom-Kabelanlage	7
2.2.1	Kabeltypen	7
2.2.1.1	Kabelaufbau	8
2.2.1.2	Logistikanforderungen	9
2.2.1.3	Kabelverbindungen (Muffen)	10
2.2.1.4	Lichtwellenleiter	11
2.2.1.5	Erdungsstellen	11
2.2.2	Musterquerschnitte der Kabelanlage, Schutzstreifen	12
2.2.2.1	Offene Bauweise	12
2.2.2.1.1	Anforderungen an Kabelgraben und Bettung	12
2.2.2.1.2	Musterquerschnitte Kabelgraben und Arbeitsbereich	12
2.2.2.2	Halboffene und geschlossene Bauweise	14
2.2.2.3	Schutzstreifen	15
2.2.3	Kabelabschnittstationen	16
2.2.4	Allgemeine Baubeschreibung der Erdkabelverlegung	16
2.2.4.1	Offene Bauweise	16
2.2.4.2	Halboffene Bauweisen	21
2.2.4.3	Geschlossene Bauweisen	22
2.2.5	Emissionen und Emissionsquellen	32
2.2.6	Instandhaltungsarbeiten im Betrieb	32
2.3	Technische Bau- und Betriebsmerkmale von ggf. erforderlichen Gleichstrom-Freileitungsabschnitten	32
2.4	Darstellung der technischen Bau- und Betriebsmerkmale der Konverteranlagen	32
2.4.1	Standorte	33
2.4.2	Größe und Platzbedarf	33
2.4.2.1	Platzbedarf während der Bauphase	33
2.4.2.2	Platzbedarf während des Betriebs	33
2.4.3	Konvertertyp	34
2.4.4	Konverteraufbau	35
2.4.4.1	Konverterhallen	35
2.4.4.2	Kühlanlage	36
2.4.4.3	Transformatoren	36
2.4.4.4	AC-Schaltfelder	36
2.4.4.5	Leittechnische Einrichtungen	36
2.4.5	Emissionen und Emissionsquellen	37
2.4.5.1	Emissionen während der Bauphase	37

2.4.5.2	Elektrische und magnetische Felder	37
2.4.5.3	Geräuschemissionen	37
2.4.6	Instandhaltung im Betrieb	37
2.5	Technische Bau- und Betriebsmerkmale von ggf. erforderlichen Drehstrom-Freileitungsabschnitten zur Konverteranbindung	38
2.5.1	Masttypen	38
2.5.2	Regelquerschnitt der Freileitungsanlage, Schutzstreifen	39
2.5.3	Bauablauf	40
2.5.4	Emissionen und Emissionsquellen	40
2.5.4.1	Elektrische und magnetische Felder	40
2.5.4.2	Geräuschemissionen	40
2.5.5	Instandhaltungsarbeiten im Betrieb	40
2.6	Technische Bau- und Betriebsmerkmale von ggf. erforderlichen Drehstrom-Erdkabelabschnitten zur Konverteranbindung	41
2.6.1	Kabeltyp	41
2.6.2	Regelquerschnitt der Kabelanlage, Schutzstreifen	41
2.6.3	Bauablauf	41
2.6.4	Emissionen und Emissionsquellen	41
2.6.5	Instandhaltungsarbeiten im Betrieb	42
2.7	Planungsstandrelevante Kenntnislücken und Prognoseunsicherheiten	42
3	BESCHREIBUNG BAUTECHNISCH ANSPRUCHSVOLLER QUERUNGEN	43
3.1	Vorbemerkung	43
3.2	Beschreibung bautechnisch anspruchsvoller Querungen – Abschnitt D	43
3.2.1	Spielberg bei Naabeck (TKS 073_075_076a1)	43
3.2.2	Naab-Querung bei Katzdorf (TKS 073_075_076a3)	45
3.2.3	Regen-Querung bei Hinterberg (TKS 073_075_076a3)	46
3.2.4	Donau-Nordhang zwischen Frauenzell und Wiesent (TKS 090a1)	48
3.2.5	Steilhang und Naab-Querung bei See (TKS 077_082a2)	50
3.2.6	Regen-Querung bei Laub (TKS 081_084)	52
3.2.7	Regen-Querung bei Zeitlarn (TKS 086)	54
3.2.8	B16-Querung bei Wenzenbach (TKS 085a3)	56
3.2.9	Wiesent-Querung bei Prangerlhof (TKS 093a1)	57
3.2.10	Donau-Querungen	59
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS UND GLOSSAR	61

A B B I L D U N G S V E R Z E I C H N I S

Abbildung 1:	Schematische Darstellung der Gleichstrom-Erdkabelverbindung (Längsschnitt)	7
Abbildung 2:	Aufbau kunststoffisoliertes Gleichstrom-Erdkabel (vergleichbar für Kabel der Spannungsebenen 320kV und 525kV)	8
Abbildung 3:	Schematische Darstellung der Kabelverbindungen (Muffen)	10
Abbildung 4:	Temporärer Muffen-Container	10
Abbildung 5:	Fertige Muffen vor dem Verfüllen mit Bettungsmaterial	10
Abbildung 6:	Mögliches Design einer Linkbox	11
Abbildung 7:	Musterquerschnitt Arbeits- und Schutzstreifenbreite für 525 kV, zwei Kabel/Schutzrohre in einem Graben mit 2-facher Trennung des Unterbodens	13
Abbildung 8:	Musterquerschnitt Arbeits- und Schutzstreifenbreite für 320 kV, je zwei Kabel/Schutzrohre in jeweils einem Graben mit 2-facher Unterbodentrennung; Baustraße zwischen den Gräben	13
Abbildung 9:	Musterquerschnitt für Arbeits- und Schutzstreifenbreite 320 kV, je zwei Kabel/Schutzrohre in jeweils einem Graben mit 2-facher Unterbodentrennung; Baustraße neben den Gräben, versetzte Bauweise	13
Abbildung 10:	Funktionsprinzip des Einpflügens von Schutzrohren (Bildmaterial Firma Walter Foeckersperger GmbH)	21
Abbildung 11:	Beispiel Pressbohrverfahren (Bildmaterial aus DWA-A 125)	23
Abbildung 12:	Beispiel Pilotrohr-Vortrieb mit Bodenentnahme (Bildmaterial aus DWA-A 125)	24
Abbildung 13:	Beispiel Bahnkreuzung im HDD-Verfahren (Bildmaterial aus DWA-A 125)	25
Abbildung 14:	Typische Aufweitung des Wegerechtsstreifens bei geschlossenen Querungen mittels einzelner HDD	27
Abbildung 15:	Mindestabstände der aufgeweiteten Einzelbohrungen bei Bahnquerungen (beispielhaft)	28
Abbildung 16:	Beispiel Mikrotunnelbau mit Spülförderung (Bildmaterial aus DWA-A 125)	29
Abbildung 17:	Schematische Darstellung einer Konverterstation mit zwei Konverterhallen	34
Abbildung 18:	VSC-HGÜ in bipolarer Konfiguration ohne metallischen Rückleiter „Rigid Bipol“ bei 525 kV für 2 GW	35
Abbildung 19:	Schematische Darstellung dreier herkömmlicher Stahlgittermastformen für zwei Systeme	39
Abbildung 20:	Aufbau eines einphasigen 380-kV-Kabels, exemplarische Darstellung	41
Abbildung 17:	Spielberg bei Naabeck	44
Abbildung 18:	Naab-Querung bei Katzdorf	46
Abbildung 19:	Regen-Querung bei Hinterberg	47
Abbildung 20:	Donau-Nordhang bei Wiesent	49
Abbildung 21:	Steilhang und Naab-Querung bei See	51
Abbildung 22:	Regen-Querung bei Laub	53
Abbildung 23:	Regen-Querung bei Zeitlarn	55
Abbildung 24:	B16-Querung bei Wenzelbach	56
Abbildung 25:	Wiesent-Querung bei Prangerlhof	58

1 Vorbemerkung

Beim Vorhaben 5: Wolmirstedt – Isar (SuedOstLink/SOL) des Bundesbedarfsplangesetzes (BBPlG) handelt es sich um eine geplante Gleichstromverbindung zwischen den Netzverknüpfungspunkten (NVPs) Wolmirstedt bei Magdeburg im Land Sachsen-Anhalt und Isar bei Landshut im Freistaat Bayern. Diese ist nach § 3 Abs. 1 i. V. m. § 2 Abs. 5 BBPlG als Leitung zur Höchstspannungs-Gleichstrom Übertragung (HGÜ) und aufgrund seiner Kennzeichnung mit „E“ als Erdkabel auszuführen. Gemäß § 3 Abs. 3 S. 1 BBPlG haben betroffene Gebietskörperschaften im Rahmen der Antragskonferenz die Möglichkeit, aufgrund örtlicher Belange den Einsatz einer Freileitung vom Träger des Vorhabens prüfen zu lassen. Eine solche Forderung wurde für den hier vorliegenden Teilabschnitt D nicht gestellt, weshalb das Vorhaben auf gesamter Strecke als Gleichstrom-Erdkabel zu planen und umzusetzen ist.

Wegen der großen Entfernung zwischen den Netzverknüpfungspunkten ist die vorgesehene Ausführung als HGÜ-Leitung aufgrund geringer Übertragungsverluste besonders geeignet. Als Spannungsebene für die Kabelanlagen wird 525 Kilovolt (kV) Gleichstrom zur Übertragung einer Leistung von 2 Gigawatt (GW) angestrebt. In der Planung wird allerdings als Rückfallebene der Einsatz von bereits vorhandenen und erprobten 320-kV-Kabelanlagen mit vorgesehen.

Das Projekt wird von den Übertragungsnetzbetreibern 50Hertz Transmission GmbH (50Hertz) und TenneT TSO GmbH (TenneT) beantragt und ist in die Abschnitte A-D unterteilt.

Gesetzliche Grundlage der Planungen ist eine Nennung im Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG). Hier findet sich das Vorhaben als Nr. 5 (Wolmirstedt – Isar, Gleichstrom) in der Anlage zu § 1 Abs. 1 BBPlG vom 23. Juli 2013 (BGBl. I S. 2543; 2014 I S. 148, 271), zuletzt geändert durch Artikel 12 des Gesetzes vom 26. Juli 2016 (BGBl. I S. 1786).

In der vorliegenden Unterlage zum **SOL-Abschnitt D** werden die technischen Grundlagen des Vorhabens beschrieben (Kap. 2) sowie Erläuterungen zu technischen Lösungen für ausgewählte, bautechnische schwierige Bereiche vorgestellt (Kap. 3).

Generell sind die Darstellungen in den Kapiteln 1 bis 3 der Technischen Beschreibungen für alle vier Abschnitte identisch; da jedoch Freileitungsbereiche nur in Abschnitt A sowie Konverter nur in den Abschnitten A und D vorkommen, wird nur in den jeweils zutreffenden Abschnitten auf diese Anlagenbestandteile genauer eingegangen.

2 Technische Projektbeschreibung

2.1 Übergeordnete Technische Daten

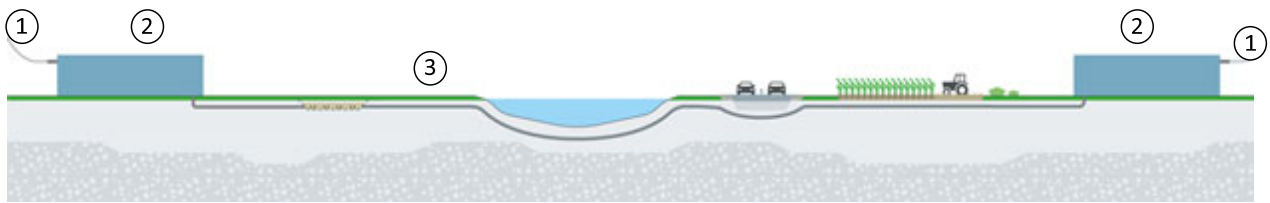
Das Projekt SuedOstLink ist nach § 3 Abs. 1 i. V. m. § 2 Abs. 5 BBPIG eine Leitung zur Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ) und aufgrund seiner Kennzeichnung mit „E“ vorrangig als Erdkabel auszuführen. Bei HGÜ handelt es sich um eine Technologie zur verlustarmen Übertragung von elektrischer Energie mit Gleichstrom. Obwohl das Projekt SuedOstLink vorrangig als Erdkabel geplant werden soll, besteht unter bestimmten Voraussetzungen auch die Notwendigkeit zur Prüfung eines Freileitungskabels. Für den Abschnitt D wurden jedoch keine Freileitungsprüfverlangen eingereicht, so dass in der vorliegenden Unterlage auf eine detaillierte Darstellung der technischen Belange von Freileitungen verzichtet werden kann.

Angestrebt wird als Spannungsebene 525-kV-Gleichstrom für die Kabelanlagen. In der Planung wird allerdings als Rückfallebene der Einsatz von bereits vorhandenen und erprobten 320-kV-Kabelanlagen mit vorgesehen. Da für die Rückfallebene zwei Kabelsysteme benötigt werden (525 kV: nur ein System; ein System besteht dabei aus jeweils 2 Kabeln (Plus- und Minus-Pol)), was zu einer größeren Breite von Arbeits- und Schutzstreifen und damit zu größeren Eingriffen in die Schutzgüter führen würde, gehen die Antragsunterlagen im Sinne einer „Worst Case“-Betrachtung hinsichtlich der vorläufigen Bemessung der Arbeits- und Schutzstreifenbreite von der Realisierung von 320-kV-Kabelanlagen aus, da hier die Verlegung in zwei Gräben mit einem größeren Eingriff verbunden wäre.

Gleichstromleitungen mit „E“-Kennzeichnung können grundsätzlich als Erdkabel (Kapitel 2.2), unter besonderen rechtlichen Voraussetzungen auch als Freileitung (Kapitel 2.3), gebaut werden. Der Übergang zwischen Gleichstromkabel und einer Gleichstromfreileitung erfolgt durch eine Kabelübergangsanlage (Kapitel 2.2.3). An den Netzverknüpfungspunkten am Anfang und Ende der HGÜ wird je ein Konverter (Kapitel 2.4) errichtet. Die Anbindung an den Netzverknüpfungspunkt (NVP) erfolgt, sofern keine unmittelbare Anbindung der Leitung möglich ist, im Wege von sogenannten Stichleitungen über Drehstromhöchstspannungsfreileitungen (Kapitel 2.5) oder unter den Voraussetzungen des § 4 Abs. 2 i. V. m. § 3 Abs. 6 BBPIG über Drehstromhöchstspannungskabel (Kapitel 2.6).

Die Gleichstromverbindung des SuedOstLinks kann elektrische Energie sowohl vom Norden in den Süden als auch in umgekehrter Richtung übertragen.

Die Übertragung zwischen den Konvertern erfolgt mit Gleichstrom (DC – direct current). Im Konverter wird der Gleichstrom in Drehstrom (AC – alternating current) umgewandelt und an die Spannungsebene von 380 Kilovolt (kV) des Drehstromnetzes durch Transformatoren angepasst. Der SuedOstLink (SOL) umfasst neben der Gleichstromverbindung zwischen den Konvertern (siehe nachstehende Abbildung, dargestellt ist die Verbindung als Erdkabel) ggf. auch Drehstromstichleitungen zu den Umspannwerken (in der Länge abhängig vom Abstand zwischen Konverterstandort und Einspeisungspunkt im Umspannwerk).



1. Anbindung an den Netzverknüpfungspunkt
2. Konverter (einschließlich Transformatoren)
3. DC-Kabel

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Gleichstrom-Erdkabelverbindung (Längsschnitt)

2.1.1 Start- und Endpunkt

Das Vorhaben schließt sich an das vorhandene Drehstromnetz an den gesetzlich festgelegten Netzverknüpfungspunkten wie folgt an:

- an das UW Wolmirstedt in Wolmirstedt, Land Sachsen-Anhalt,
- an das UW Isar am Kernkraftwerk Isar bei Landshut, Freistaat Bayern.

2.1.2 Übertragungsleistung

Der SuedOstLink wird für eine Übertragungsleistung von 2 Gigawatt (GW) ausgelegt.

2.2 Technische Bau- und Betriebsmerkmale der Gleichstrom-Kabelanlage

2.2.1 Kabeltypen

Für den SuedOstLink können, abhängig von der gewählten Konfiguration und Kabelverfügbarkeit, unterschiedliche Kabeltypen mit 320 kV oder 525 kV zum Einsatz kommen. Für beide Spannungsebenen 320 kV und 525 kV werden kunststoffisolierte Kabel präferiert, wobei zu den Kabeln mit einer Nennspannung von 525 kV bisher keine Betriebserfahrungen vorliegen.

Bei den kunststoffisolierten Kabeln mit einer Nennspannung von 525 kV handelt es sich um Neuentwicklungen, die nicht dem derzeitigen Stand der Technik entsprechen.

Um eine zukünftige Nutzung auch im Zuge dieses Vorhabens zu ermöglichen, haben die Übertragungsnetzbetreiber vereinbart, Eignungstests durchzuführen. Während dieser PQ-Tests werden alle relevanten Komponenten des Kabelsystems (Kabel, Muffen, Endverschlüsse) mechanischen, thermischen und elektrischen Prüfbedingungen im Langzeitversuch ausgesetzt. Durch akzelerierende Parameter wird eine Langzeitbeanspruchung von >30 Jahren innerhalb von ca. 1 Jahr simuliert. Die Abschlussberichte zu den Ergebnissen der PQ-Test liegen nach aktueller Einschätzung voraussichtlich Ende 2018 / Anfang 2019 vor. Ein möglicher Einsatz wird erst nach Einreichung der §8-Unterlagen entschieden. Der Einsatz der Spannungsebene von 525 kV eröffnet die Möglichkeit, die Kabelanzahl zu halbieren und die Übertragungsverluste gegenüber der Spannungsebene von 320 kV deutlich zu reduzieren.

2.2.1.1 Kabelaufbau



Abbildung 2: Aufbau kunststoffisoliertes Gleichstrom-Erdkabel (vergleichbar für Kabel der Spannungsebenen 320kV und 525kV)

(Quelle „Broschüre Hochspannungskabel von ABB“)

Leiter

Um Energie von A nach B zu übertragen, wird ein physikalisches Medium benötigt. Dies ist der Leiter. Er besteht im Regelfall aus Kupfer oder Aluminium. Während Aluminium als Leiter ein Kabel deutlich leichter macht, kann ein Kupferleiter deutlich mehr Strom übertragen. Durch den spezifischen Widerstand des Leitermaterials kommt es im Betrieb zu Verlusten an elektrischer Energie, die in Form von Wärme vom Kabel an die Umgebung abgegeben wird.

Isolierung

Der stromführende Leiter muss gegenüber dem Medium, in das er verlegt wird, isoliert werden. Die Isolierung verhindert einen Kurzschluss zwischen den einzelnen Leitern und gegen Erdpotenzial. Die Isolierung wird von einer inneren und äußeren Leitschicht umgeben. Die Isolierung wird aus Kunststoff ausgeführt (so genannte VPE-isolierte Kabel).

Schirm

Der Schirm ist nötig, um Betriebs- (Ausgleichsströme und Bereitstellung eines definierten Erdpotenzials über die gesamte Strecke) und Fehlerströme zu führen. Er besteht i. d. R. aus Kupferdrähten, die radial entlang der äußeren Leitschicht angeordnet sind. Eine Querleitwendel gewährleistet den Kontakt zwischen den ein-

zelnen Drähten. Einzelne Drähte können durch Stahlröhrchen ausgetauscht werden. In diesen Stahlröhrchen können Lichtwellenleiter geführt werden. Diese können dann zur Überwachung des Betriebszustandes genutzt werden.

Längswasserschutz

Der Längswasserschutz kann durch ein Polsterband gewährleistet werden. Das Polster ist halbleitend und quellend. Durch die quellende Eigenschaft wird eine kapillare Fortleitung von Feuchtigkeit in Längsrichtung im Kabel verhindert. Der Schirm ist zwischen den Polstern gebettet.

Metallmantel (Querwasserschutz)

Durch Kunststoffe kann über die Zeit Feuchtigkeit diffundieren. Um dies zu verhindern, bekommt das Kabel einen metallischen Querwasserschutz. Dieser Schutz besteht im Regelfall aus einer Aluminiumfolie. Die Ausführung kann je nach Anforderung auch aus einem Aluminiumglattmantel bestehen.

Kunststoffmantel

Der Kunststoffmantel schützt das Kabel vor mechanischer Beanspruchung.

2.2.1.2 Logistikanforderungen

Bei SuedOstLink liegt der Durchmesser eines Kabels je nach Typ und Aufbau etwa zwischen 100 mm und 150 mm. Das Gewicht wird abhängig von der Ausführung und dem erforderlichen Querschnitt bei bis zu 50 kg/m liegen.

Der Außendurchmesser des Kabelaußenmantels definiert den Biegeradius eines Kabels, der nicht unterschritten werden darf. Die Kabel werden auf Kabeltrommeln mit einem Durchmesser von voraussichtlich 4,2 m transportiert.

Die maximale Lieferlänge auf einer Trommel hängt u.a. vom spezifischen Gewicht des Kabels ab. Jeder Hersteller hat zudem technische Grenzen in seinem Produktionsprozess. Ebenfalls begrenzend wirken die maximal für das Kabel technisch zulässigen Zugkräfte, die beim Kabeleinzug auf die Kabel wirken dürfen. Hinzu kommen die Restriktionen durch die Transportlogistik bzgl. der einzusetzenden Transportvehikel, Untergrund, Leichtigkeit und Zuwegung bis an die Verwendungsstelle. Aktuell werden von den Kabelherstellern ca. 1.000 m bis 1.500 m Lieferlänge angegeben, was ein Transportgewicht der Kabeltrommeln zwischen ca. 50 t und 80 t ergibt. Diese Werte können sich im Zuge der weiteren Planung und technischen Weiterentwicklung noch deutlich verändern. Eine Verlängerung der Lieferlänge des Kabels führt zu einer Verringerung der Anzahl der erforderlichen Muffenverbindungen, womit sich die Systemsicherheit erhöht. Außerdem kann die Anzahl der Muffengruben verringert werden, was zu einer Verringerung der Tiefbauarbeiten und zu einer Beschleunigung des Tiefbaus führt. Allerdings führt eine Verlängerung der Lieferlängen auch zur Erhöhung des Transportgewichtes. In der gegenwärtigen Phase der Bundesfachplanung wird jedoch einheitlich von einer Lieferlänge von bis zu 1.000 m ausgegangen.

2.2.1.3 Kabelverbindungen (Muffen)

Die einzelnen Erdkabelabschnitte (ca. 1 bis 1,5 km Länge, in Abhängigkeit von der Lieferlänge der Kabel; s.o.) werden durch Muffen miteinander verbunden. Die Muffenmontage erfolgt unter kontrollierten Bedingungen in einem Container auf der Baustelle, um während der Arbeiten möglichst trockene, staubfreie und klimatisierte Bedingungen zu gewährleisten. Nach Abschluss der Arbeiten an den Muffenverbindungen werden die Container abgebaut, und die Muffenverbindungen werden gemeinsam mit den Erdkabeln im Kabelgraben verlegt und mit dem Bettungsmaterial und dem Aushubmaterial überdeckt (siehe Abbildung 3 bis Abbildung 5).



1. Kabel werden überlappend in den Kabelgraben verlegt
2. Aufstellen Spezial-Container für die Muffenmontage
3. Hergestellte Muffe vor der Grabenverfüllung

Abbildung 3: Schematische Darstellung der Kabelverbindungen (Muffen)



Abbildung 4: Temporärer Muffen-Container



Abbildung 5: Fertige Muffen vor dem Verfüllen mit Bettungsmaterial

2.2.1.4 Lichtwellenleiter

Lichtwellenleiter (LWL) sind für betriebliche Zwecke, nämlich für Steuer- und Schutzsignale, sowie für abschnittsweise Temperatur-Überwachung und Fehlerortung vorgesehen. Die Verlegung erfolgt in Schutzrohren parallel zu den Höchstspannungskabeln. Die LWL zur Temperaturüberwachung und Fehlerdetektion können auch im Kabelschirm mitgeführt werden. Wegen der Lichtdämpfung in den Lichtwellenleitern muss, um die Signalqualität und Signalstärke zu gewährleisten, das Lichtsignal nach einer Strecke von ca. 100 km verstärkt und erneut in die Lichtwellenleiter eingespeist werden. Dafür werden entlang der Kabelstrecke oberirdische Repeaterstationen aufgestellt. Die Repeaterstationen haben einschließlich Sicherheitszone einen Flächenbedarf von ca. 15 x 5 m und eine Höhe von bis zu 3 m. Es ist vorgesehen, die Repeaterstationen nach Möglichkeit auf dem Gelände der Kabelabschnitts- und Kabelübergangsstationen zu platzieren.

2.2.1.5 Erdungsstellen

Zur Beschleunigung der Fehlersuche bzw. Durchführung diverser Wartungsmessungen ist es notwendig, die Schirmerdung für die Dauer der Messungen aufzutrennen. Dafür werden die Kabelschirme in eine jeweils hierzu vorgesehene Link-Box geführt und dort geerdet. Diese Erdungsstellen werden aller 5 bis 10 km entlang der Kabeltrasse oberirdisch angeordnet, die erforderliche Fläche beträgt ca. 3 x 3 m und umfasst 1 oder 2 oberirdische Verteilkästen, in denen neben einer zentralen Erdungsschiene je Pol eine Linkbox (Metallkasten) installiert ist. In den Linkboxen werden die Kabelschirme und Erden eingeführt und trennbar gestaltet. Um die Erdungsstelle herum wird ein Anfahrsschutz (Poller) installiert.

Im Zuge der weiteren Planungen wird die Lage der Linkboxen gemäß den detaillierten technischen Anforderungen und örtlichen Gegebenheiten optimiert.



Abbildung 6: Mögliches Design einer Linkbox

2.2.2 Musterquerschnitte der Kabelanlage, Schutzstreifen

2.2.2.1 Offene Bauweise

2.2.2.1.1 Anforderungen an Kabelgraben und Bettung

Bei einer Spannungsebene von 320 kV besteht das Kabelsystem aus zwei Leiterpaaren mit jeweils einem Plus- und Minuspol, bei 525 kV aus nur einem Leiterpaar. Jedes Leiterpaar wird in einen separaten Graben verlegt, daher sind bei 320 kV zwei Gräben und bei 525 kV nur ein Graben erforderlich. Die Größe und der Abstand der Gräben berücksichtigen Minimierungsanforderungen bzgl. thermischer und magnetischer Beeinflussung sowie bautechnische Anforderungen.

Bei der offenen Bauweise werden die Kabel in einem offenen Graben verlegt. Grundsätzlich wird die Anwendung von halboffenen (vgl. Kapitel 0) und geschlossenen (vgl. Kapitel 2.2.4.3) Bauweisen zusätzlich unter wirtschaftlichen und sicherheitstechnischen Aspekten und nach den örtlichen Gegebenheiten in den weiteren Planungsphasen auf der Basis genauerer Daten (z. B. zum Baugrund) geprüft.

In einem offenen Graben können die Kabel mit oder ohne Schutzrohr verlegt werden. Bei der offenen Verlegung werden die Kabel i. d. R. in einer Sandbettung verlegt. Die Schutzrohre können aus mechanischer Sicht ohne Bettung verlegt werden, allerdings kann es unter bestimmten Voraussetzungen erforderlich sein, sie entweder in einem Sandbett oder in Flüssigboden zu verlegen. Die genaue Ausführung der Bettung kann unter bestimmten Bedingungen die Ableitung der entstehenden Wärme positiv beeinflussen, sie wird allerdings erst im Rahmen der weitergehenden Planung konkretisiert. Dabei ist die Gesamtsituation hinsichtlich Verlegetiefe, -technik und lokaler Bodenverhältnisse sowie der äußeren Rahmenbedingungen wie der landwirtschaftlichen Nutzung oder der Ausweisung als Schutzgebiet zu berücksichtigen. In besonders sensiblen Bereichen (z. B. Wasserschutzgebieten) kann der Einsatz von Zusatzstoffen beschränkt oder ausgeschlossen sein.

2.2.2.1.2 Musterquerschnitte Kabelgraben und Arbeitsbereich

Je nach Anlagentopologie (Spannungsebene) und Kabeltyp kann die Verlegung in ein oder zwei Kabelgräben erfolgen. Die Trennung in mehrere Kabelgräben erfolgt, damit die ausreichende Wärmeableitung der Kabel gewährleistet ist, und damit Reparaturen keinen Einfluss auf das andere in Betrieb befindliche System haben. In den Kabelgräben werden ein oder mehrere Schutzrohre für Lichtwellenleiter mitverlegt. Diese Lichtwellenleiter dienen u.a. der Datenübertragung zwischen den Netzverknüpfungspunkten für die Steuerung des Systems.

Die Verlegetiefe der DC-Kabel bzw. der Schutzrohre beträgt zwischen 1,5 und 2 m.

Musterquerschnitte für die Varianten der Verlegung werden in den folgenden Abbildungen 7 - 9 dargestellt.

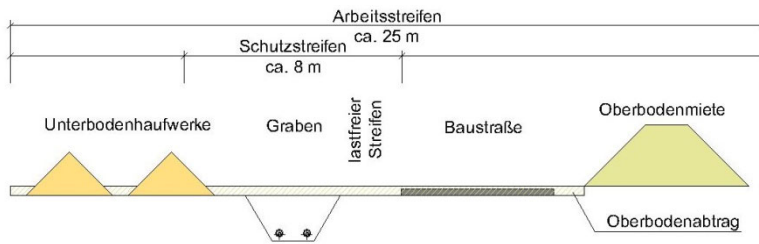


Abbildung 7: Musterquerschnitt Arbeits- und Schutzstreifenbreite für 525 kV, zwei Kabel/Schutzrohre in einem Graben mit 2-facher Trennung des Unterbodens

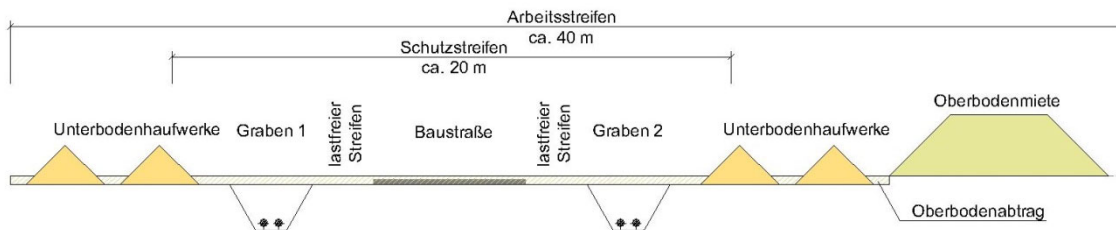


Abbildung 8: Musterquerschnitt Arbeits- und Schutzstreifenbreite für 320 kV, je zwei Kabel/Schutzrohre in jeweils einem Graben mit 2-facher Unterbodentrennung; Baustraße zwischen den Gräben

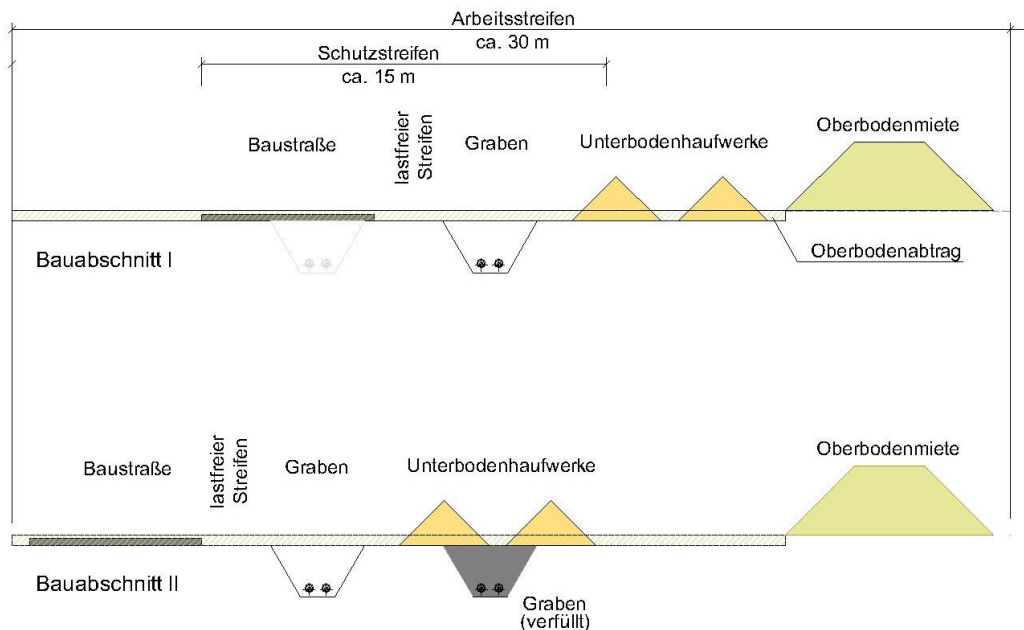


Abbildung 9: Musterquerschnitt für Arbeits- und Schutzstreifenbreite 320 kV, je zwei Kabel/Schutzrohre in jeweils einem Graben mit 2-facher Unterbodentrennung; Baustraße neben den Gräben, versetzte Bauweise

Mit fortschreitendem Planungsprozess wird auch die Planung der Musterquerschnitte u. a. unter Einbezug der örtlichen Gegebenheiten präzisiert.

Parallelführungen

Bei Parallelführungen mit anderen Infrastrukturen kommen dieselben Musterquerschnitte wie oben beschrieben zur Anwendung. Dabei sind die

- Rechte und Pflichten der Betreiber vorhandener Infrastrukturen,
- Rechte und Pflichten des Kabelbetreibers und
- gegenseitige Beeinflussungen der Infrastrukturen

zu beachten.

Beim Schienennetz, bei Autobahnen und anderen klassifizierten Straßen (Kreis-, Landes- und Bundesstraßen) bestehen Anbauverbotszonen und Sicherheitsstreifen, in denen ohne Genehmigung der zuständigen Träger und Behörden keine baulichen Eingriffe zugelassen werden.

Bei einer Parallelführung mit Freileitungen stehen in erster Linie Sicherheitsaspekte im Vordergrund. Bei der Errichtung der Kabelsysteme wird mit Großgeräten gearbeitet, die in den Bereich der Leiterseile geraten können (Bagger, Kräne etc.). Deshalb sind spannungsabhängige Sicherheitsabstände einzuhalten, um Stromüberschläge zu vermeiden.

Darüber hinaus sind Beeinflussungen des Korrosionsschutzes von Rohrleitungen und die Erdungsvorrichtungen der Freileitungen zu beachten.

Wird der Kabelgraben in einer Bündelung zu einer AC-Freileitung realisiert, dann wird geprüft, ob die Kabeltrasse im Schutzstreifen der Freileitung unterzubringen ist.

Bei Parallelverlegungen zu Pipelines und anderen unterirdischen Infrastrukturen sind für die Planung in erster Linie die bestehenden Schutzstreifen maßgeblich. Im Bereich der Schutzstreifen gelten besondere Regeln, die einen sicheren Betrieb der Leitungen gewährleisten. Darüber hinaus muss zu Instandhaltungszwecken auch der Zugang zu diesen Infrastrukturen gewahrt bleiben.

Das gesamte Baufeld neu zu verlegender HGÜ-Kabelsysteme muss daher außerhalb von Schutzstreifen der bestehenden erdverlegten Infrastrukturen geplant werden. Dies gilt i. d. R. auch für die Aushublagerung.

2.2.2.2 Halboffene und geschlossene Bauweise

Die Anwendung von halboffenen und geschlossenen Bauweisen wird zusätzlich nach örtlichen Gegebenheiten und wirtschaftlichen Gesichtspunkten auf der Basis genauerer Daten (z. B. zu Baugrund) in den weiteren Planungsphasen geprüft. Solche Verfahren sind z. B.:

- Einpflügen (halboffen),
- Pressbohrverfahren (geschlossen),
- Pilotrohrvortrieb (geschlossen),
- Horizontalbohrverfahren (abgekürzt HDD, geschlossen),

- Mikrotunnelbau (geschlossen),
- Easy-Pipe-Verfahren (geschlossen),
- Tunnel in Tübbingbauweise (geschlossen),
- sonstige geschlossene Verfahren.

Geschlossene Bauweisen kommen in der Regel bei Querungen von

- Gewässern (Gewässer werden beim SOL immer geschlossen gequert),
- Klassifizierten Straßen (Kreis-, Landes- und Bundesstraßen sowie Bundesautobahnen),
- Bahnlinien und
- NATURA-2000-Gebieten

zum Einsatz.

2.2.2.3 Schutzstreifen

Der Schutzstreifen dient der dinglichen und rechtlichen Absicherung der Kabelsysteme. Der Schutzstreifen umfasst den Bereich von ca. 3 m ab dem äußeren Kabel/Kabelstrang. Die daraus resultierenden Schutzstreifenbreiten sind in den Abbildungen 7 - 9 dargestellt.

Grundsätzlich können nach Verfüllung der Kabelgräben bzw. Wiederherstellung der Oberfläche wieder landwirtschaftliche und gärtnerische Nutzungen im Schutzstreifen erfolgen.

Forstwirtschaftliche Nutzung ist im Bereich von Schutzstreifen nur in Form von Holzlagerplätzen und Waldwegen möglich. Tiefwurzelnende Gehölze sind im Schutzstreifen nicht zulässig. Ausschlagende Gehölze werden regelmäßig entfernt.

Einer landwirtschaftlichen Nutzung im Anschluss an die Bauphase steht nichts im Wege. Ein negativer Einfluss auf Erträge und Auswuchsverhalten von landwirtschaftlichen Kulturen durch mögliche Temperaturerhöhungen ist nach bisherigen Erfahrungen (Anbindung von Offshore-Windparks in Norddeutschland) nicht zu erwarten. Es wird davon ausgegangen, dass diese Erfahrungen grundsätzlich auch auf andere Regionen übertragen werden können; dies wird durch die Vorhabenträger mit wissenschaftlicher Unterstützung laufend weiter untersucht und z. B. durch regionale Bodenschutzkonzepte auf die jeweiligen Verhältnisse übertragen.

Bei Querungen in geschlossener Bauweise ergeben sich aufgrund der erforderlichen Auffächerung der einzelnen Bohrungen größere Schutzstreifenbreiten, als bei der offenen Verlegung. Die erforderlichen Abstände variieren dabei in Abhängigkeit von der Länge der Bohrung und der Beschaffenheit des Untergrunds.

2.2.3 Kabelabschnittstationen

Eine Kabelabschnittstation (KAS) dient als Trennstelle für das Kabel, um Fehler im Kabel bzw. an den Kabelmuffen genau lokalisieren zu können (im Gegensatz zu den oben beschriebenen Linkboxen, in denen nur Kabelschirme und Begleiterdung aus dem Erdreich geführt werden, werden bei den KAS auch die Gleichstromerdkabel an die Oberfläche geführt und als Trennstelle des Leitungskabels konzipiert).

Eine KAS enthält für jedes Kabel diverse Schaltgeräte wie zum Beispiel Leitungstrenner und Leitungserder, Kombiwandler sowie Ableiter. Das Kabel wird innerhalb der KAS aus dem Erdreich auf ein Kabelendverschlussgerüst geführt. Die aufgeführten Freiluftgeräte werden via Seilverbindung miteinander verbunden und anschließend über ein Kabelendverschlussgerüst in das Erdreich geführt. Die Anlagen können sowohl offen als auch eingehaust errichtet werden; welche Bauweise zum Einsatz kommt, kann erst mit Zuge der nächsten Planungsphase in Abhängigkeit von den jeweiligen Standorten bzw. Standortbedingungen entschieden werden.

Eine KAS weist eine Fläche von bis zu 8.100 m² auf (für 320 kV, bei 525 kV etwas kleiner), das höchste Bauwerk stellen die Blitzschutzmasten mit einer Höhe von ca. 27 m dar.

Zum gegenwärtigen Kenntnis- und Planungsstand auf Ebene der Bundesfachplanung können noch keine genauen Angaben zu Anzahl (voraussichtlich 1 bis 4 Anlagen zwischen Wolmirstedt und NVP Isar) und Standorten der KAS gemacht werden. Die KAS können jedoch so flexibel angelegt werden, dass sie an Standorten ohne nachhaltige Beeinträchtigung von Natur und Landschaft errichtet werden können. "Flexibel" bezieht sich in diesem Fall auf die örtliche Festlegung des Standortes des KAS: Es ist entlang der Trasse kein Mindestabstand zwischen den KAS festgelegt, auch der Abstand der KAS zur Trasse ist nicht fixiert, d. h. die KAS muss nicht auf oder direkt an der Trasse angelegt werden, sondern kann auch auf z. B. nahe gelegenen Gewerbeflächen installiert werden, um so die Flächenverluste oder sonstige Beeinträchtigungen zu vermeiden bzw. zu minimieren. Eine Berücksichtigung der ggf. erforderlichen KAS erfolgt in der folgenden Planungsebene auf der Basis der dann vorliegenden Detailangaben.

2.2.4 Allgemeine Baubeschreibung der Erdkabelverlegung

2.2.4.1 Offene Bauweise

Bei der offenen Bauweise, die den Regelfall darstellt, soll die Verlegung der Kabel im offenen Kabelgraben erfolgen. Die offene Bauweise kommt auch zur Anwendung

- bei allen Feldwegen und Straßen, die nach Abstimmung mit dem Straßenbaulastträger offen gequert werden dürfen,
- bei Fremdleitungskreuzungen (die i. d. R. unterquert werden müssen), es sei denn, dies erforderte einen unverhältnismäßig hohen Aufwand, z. B. aufgrund der Parallellage zu einem ohnehin geschlossen zu querenden Verkehrsweg, der großen Tiefe der zu kreuzenden Fremdleitung, des hohen Grundwasserstandes etc., und der Fremdleitungsbetreiber gestattet eine geschlossene Querung.

Die Musterquerschnitte des Kabelgrabens (siehe Abbildungen 7 - 9) wurden nach DIN 4124 sowie sonstigen geltenden Vorschriften konstruiert. Sie stellen einen konservativen Ansatz aus den technischen und thermi-

schen Erfordernissen dar. Insgesamt ergibt sich eine Verlegetiefe von ca. 1,5 bis 2,0 m. Die Sohlgrabenbreiten hängen davon ab, ob 525-kV- oder 320-kV-Kabel zum Einsatz kommen und ob die Verlegung in Schutzrohren erfolgt. An der Oberkante des Grabens ergibt sich dann eine Grabenbreite je nach ausführbarem Böschungsverhältnis, das von den vorherrschenden Bodenverhältnissen abhängig ist. Je geringer die Standfestigkeit des Bodens, desto flacher wird der Böschungswinkel des Kabelgrabens ausfallen, und desto breiter ist der Graben an seiner Oberkante.

Bei ggf. erforderlicher tieferer Verlegung ergibt sich an der Oberfläche eine größere Grabenbreite. Eine tiefere Verlegung der Kabel kann beispielsweise erforderlich werden bei

- vorhandenen oder geplanten Drainagesystemen,
- vorhandenen unterirdischen Leitungen,
- besonderen landwirtschaftlichen Praktiken wie z. B. Tiefenlockerungen von Böden mit Untergrundhaaken, Sonderkulturen wie z. B. Hopfen etc.,
- Böden mit geringer Tragfähigkeit,
- oberirdischen Entwässerungssystemen wie Beetstrukturen, Muldenentwässerung etc. .

Folgende Arbeitsschritte sind beispielhaft für die offenen Bauweisen bei Kabelgräben notwendig:

- Archäologische und Kampfmittelvoruntersuchung, Fremdleitungserhebung
- Abschnittsweise Baustelleneinrichtung einschl. Errichtung der Zuwegungen
- Baufeldberäumung
- Mutterbodenabtrag und seitliche Lagerung
- Aufbau Wasserhaltung inkl. mögl. Einleitstellen
- Bodenaushub (inkl. Muffengruben) und seitliche Lagerung (getrennt nach Bodenschichten)
- Verlegung der Kabel bzw. Schutzrohre
- Herstellung der Leitungszone
- Verfüllung des Leitungsgrabens (außer im Bereich der Muffen), ggf. horizontweise
- Abfuhr des evtl. überschüssigen Bodens
- Einzug der Kabel (bei Verlegung in Schutzrohren),
- Herstellung der Muffen
- Verfüllung der Muffengruben
- Rückbau der Baustraßen, Lagerflächen und Einrichtungsflächen

- Wiederherstellung und Rekultivierung bzw. Renaturierung der Oberfläche, ggf. unter Einsatz von Tiefenlockerungsmaßnahmen (bei landwirtschaftlichen Flächen, in Abstimmung mit den jeweiligen Landnutzern)
- Wiederherstellung von Drainagefeldern

Alle Arbeitsschritte werden von bodenkundlichen und ökologischen Fachkräften begleitet.

Die Bauweise gem. Abbildungen 7 - 9 erfordert eine zeitlich versetzte Herstellung der einzelnen Gräben einschl. eines Versetzens der Baustraße nach Fertigstellung des ersten Grabens.

Nachdem die Kabel bzw. die Schutzrohre und ein oder mehrere Schutzrohre für Lichtwellenleiterkabel in den Kabelgraben eingelegt sind, können die Einsandung sowie die Rückverfüllung erfolgen. Die Muffengruben zur Verbindung der einzelnen Kabelsegmente bleiben bis zur fertigen Herstellung der Muffen offen und werden mit geeigneten Maßnahmen gesichert. An den Muffengruben ist ein erweiterter Arbeitsstreifen vorzusehen.

Bei einer Verlegung in zwei Kabelgräben sollten die Muffengruben für die einzelnen Kabelpaare zur Optimierung des Platzbedarfes längs versetzt gegeneinander angeordnet werden.

Die Auswahl der bei den Erdarbeiten einzusetzenden Geräte hängt im Wesentlichen von den vorgefundenen Böden ab:

- Der Oberboden wird in der Regel mit Baggern abgezogen oder mit Raupen abgeschoben.
- Einsatz von Profillöffeln bei leicht bis mittelschwer lösbaaren Bodenarten: Der eigentliche Kabelgraben wird idealerweise von mit entsprechend vorgefertigten Profillöffeln bestückten Baggern ausgehoben. Diese Vorgehensweise gewährleistet die Herstellung eines fachgerechten und normierten Kabelgrabens und trägt auch zu einem zügigen Arbeitsfortschritt bei. Es existieren für die meisten Profile vorgefertigte Grabwerkzeuge, aber auch hydraulisch verstellbare Löffel, um diese den erforderlichen Böschungswinkeln anzupassen. Bei schwer lösbaaren Böden kann der Graben mittels Grabenlöffel ausgehoben werden.
- Bei Antreffen von Fels (angewittert bzw. unverwittert) werden Bagger mit Grabenlöffel und Meißeln sowie auch Grabenfräsen eingesetzt.

Die Schwerlasttransporte für die Kabeltrommeln sowie die Einrichtung sämtlicher Materiallagerflächen für Kabel und andere Materialien erfordern im Rahmen der Planfeststellung die Erstellung eines Wegekonzeptes, das u.a. das für den Schwerlastverkehr zu ertüchtigende Wegenetz und die Baustellenzufahrten detailliert festlegt. Insbesondere sind hier auch die Lastkapazitäten vorhandener Brückenüberfahrten und die Durchfahrtshöhen und -breiten vorhandener Brückenunterfahrten mit einzubeziehen. Bei einem nicht ausreichenden Straßennetz kann ggf. die Herstellung längerer schwerlastfähiger Zufahrten erforderlich werden. Generell soll jedoch das Abtrommeln des Kabels von bestehenden Straßen aus erfolgen, um eine Verdichtung von Böden durch die Befahrung mit Schwerlastverkehr (Kabeltrommel mit Fahrzeug) zu vermeiden.

Bei Waldquerungen wird die Bündelung der Trassenkorridore mit vorhandenen Waldschneisen z. B. von Freileitungen, erdverlegten Leitungen oder Verkehrswegen angestrebt, um keine zusätzliche Zerschneidung

zu verursachen. Hier kann ggf. teilweise die vorhandene Waldschneise in den Arbeitsstreifen einbezogen werden und/oder der Arbeitsstreifen im Wald durch Längstransport des Aushubs entlang der Trasse und Lagerung außerhalb des Waldes eingeengt werden, um Rodungen zu minimieren. Außerhalb des Waldes sind dann zusätzliche Aufweitungen des Arbeitsstreifens zur Aushublagerung erforderlich. Zudem wird im Wald das Abtragen des Oberbodens grundsätzlich auf den Grabenbereich beschränkt, um den Platzbedarf für die Oberbodenmiete möglichst klein zu halten.

Während der Bauausführung erfolgt eine naturschutzfachliche, bodenökologische und archäologische Baubegleitung, die die Einhaltung aller einschlägigen Auflagen aus dem Genehmigungsprozess überwacht bzw. während des Baus auftretende Aspekte, wie z. B. archäologische Funde, entsprechend behandelt.

Arbeitsstreifen

Der Abtrag und die getrennte Lagerung von Ober- und Unterboden erfolgt unter Beachtung von DIN 19731 und DIN 18915.

Die Unterbodenschichten sollten auch auf dem vom Oberboden geräumten Unterboden gelagert werden. Bei Grünland kann der Unterboden auch auf der vorher gemähten Grasnarbe abgelegt werden.

Mehrschichtige Böden erfordern eine Miete für jeden Horizont im Arbeitsstreifen. Dies ist im Rahmen der Baugrunduntersuchungen zu erkunden und bei der Festlegung der Arbeitsstreifen in den Unterlagen zur Planfeststellung zu berücksichtigen.

Insgesamt ergibt sich bei zwei Gräben (320 kV) eine Arbeitsstreifenbreite von bis zu ca. 40 m.

Die Arbeitsstreifenbreiten der verschiedenen Musterquerschnitte können den Abbildungen 7 - 9 entnommen werden.

Weitere Festlegungen für die offene Bauweise

Nach derzeitigem Planungs- und Erkenntnisstand (Bundesfachplanung) wird die Bauausführung generell wie folgt aussehen (standardisierte technische Ausführung):

Tageszeitliche Bauzeitenregelung: Die Ausführung erfolgt am Tag zu den üblichen Arbeitszeiten (07:00 bis 20:00 Uhr).

Muffenverbindung: Zur Verbindung zweier Kabelstränge werden Muffen installiert. Dies erfolgt in sogenannten Muffengruben. Da die Montage der Muffen unter trockenen und staubfreien Bedingungen erfolgen muss, wird über die Muffengruben im Arbeitsstreifen temporär ein Zelt bzw. ein mobiler Container für den Zeitraum von max. 1 Woche je Muffengruben aufgestellt; die Auf- und Abbauarbeiten für das Zelt bzw. den Container erfolgen zu den üblichen Arbeitszeiten. Beeinträchtigungen durch Licht und Lärm sind im Bereich der Muffengruben nicht zu erwarten.

Bauablauf beim Kabelgraben

Die Kabel werden entweder direkt in die Gräben oder in Schutzrohre verlegt. Während der Bauzeit ist zusätzlich zu den Kabelgräben noch Platz für Baufahrzeuge und für die Lagerung von Erdaushub und Baumaterialien erforderlich, so dass in Abhängigkeit von der Anzahl der Kabel und Gräben ein Arbeitsstreifen von

ca. bis 40 m Breite benötigt wird. Nach Abschluss der Verlegung kann die Fläche wieder landwirtschaftlich genutzt oder begrünt werden. Der Schutzstreifen mit einer maximalen Breite von ca. 20 m muss allerdings dauerhaft von tiefwurzelnden Gehölzen und Bebauung freigehalten werden. Abhängig von den örtlichen Gegebenheiten kann die Breite des Arbeitsstreifens verringert werden. Bei Bedarf muss die Kabeltrasse jederzeit innerhalb des Schutzstreifens zugänglich sein.

- Schutzstreifen bei angenommener Regelbauweise: bis zu ca. 20 m
- Arbeitsstreifen bei angenommener Regelbauweise: ca. 40 m im Offenland und ca. 30 m im Wald
- Rekultivierung des Arbeitsstreifens nach Abschluss der Baumaßnahme und Aufforstung außerhalb des Schutzstreifens im Wald
- Mutter- und Unterboden werden getrennt ausgehoben und getrennt gelagert; Lagerung erfolgt im Arbeitsstreifen; nach Abschluss der Baumaßnahme schichtengerechte Rückverlagerung, um ursprüngliche Bodenstruktur wiederherzustellen
- Die Kabel werden in Längen von rund 1.000 m angeliefert. Die einzelnen Kabelabschnitte werden mit Muffen unterirdisch verbunden. Dabei wird der Kabelgraben nach Beendigung der Baumaßnahmen verfüllt, so dass die Verbindungsstellen an der Oberfläche nicht sichtbar sind.
- Bei verdichtungsempfindlichen Böden wird eine Baustraße aus z. B. Baggermatten oder Stahlplatten angelegt, die nach Abschluss der Baumaßnahme wieder rückgebaut wird; generell erfolgt nach Abschluss der Baumaßnahme eine Lockerung des Bodens
- Der Einsatz von Felsmeißel oder Spundung zur Sicherung von Baugruben sind, wenn lokal erforderlich, auf einen Zeitraum von wenigen Tagen beschränkt.
- Wenn Wasserhaltung erforderlich ist, werden die Grabenabschnitte nur über je ca. 1 km geführt und sofort nach Kabelverlegung der Graben verfüllt (durch die maximale Länge der Kabel von ca. 1.000 m sind die Längen der Grabenabschnitte klar abgrenzbar), so dass eine monataweise Offenhaltung der Grabenabschnitte nicht notwendig ist. Wasserhaltung zur Trockenhaltung des Kabelgrabens beschränkt sich somit auf 2 - 3 Wochen; Absenkrichter weisen u.a. in Abhängigkeit von Bodenbeschaffenheit, kf-Wert (Versickerungsfähigkeit) und Grundwasserstand Reichweiten von üblicherweise ca. 10 - 50 m beidseits des Kabelgrabens auf (mit mehrwöchigen Trockenperioden vergleichbar); im seltenen Ausnahmefall (Worst-Case) werden 80 m als Erfahrungswert betrachtet; bei Drain-Effekten werden Lehm- oder Tonriegel eingesetzt.
- Für Wasser, das aus dem Kabelgraben zum Zwecke der Wasserhaltung gefördert wird, werden vor der Einleitung in den Vorfluter Absetzcontainer genutzt. In diesen mobilen Containern (meist ca. 6 m lang und 2 - 3 m breit) wird das Wasser gefiltert.
- Bauzeit von 1 km Länge (Länge des Kabels) beträgt i. d. R. 8 Wochen; auf langen Strecken mit mehr als 5 km ohne größere Hindernisse Bauzeit bis zu 3 Monate (auch längere Pausen sind möglich)

Die Kabelgräben wurden nach DIN 4124 sowie sonstigen geltenden Vorschriften konstruiert. Sie stellen einen konservativen Ansatz aus den technischen und thermischen Erfordernissen dar.

An der Oberkante des Grabens ergibt sich dann eine Grabenbreite je nach ausführbarem Böschungsverhältnis, das von den vorherrschenden Bodenverhältnissen abhängig ist. Je geringer die Standfestigkeit des

Bodens, desto flacher wird der Böschungswinkel des Kabelgrabens ausfallen, und desto breiter ist der Graben an seiner Oberkante.

Die Kabelstrecke mit 2 Kabelgräben kann bei Bedarf z. B. an Engstellen in zwei Schritten gebaut werden, um die temporäre Flächenbeanspruchung so gering wie möglich zu halten.

Nachdem die Kabel bzw. die Schutzrohre und ein oder mehrere Schutzrohre für Lichtwellenleiterkabel in den Kabelgraben eingelegt sind, können die Einsandung sowie die Rückverfüllung erfolgen. Die Muffengruben zur Verbindung der einzelnen Kabelsegmente bleiben bis zur fertigen Herstellung der Muffen offen und werden mit geeigneten Maßnahmen gesichert.

2.2.4.2 Halboffene Bauweisen

In Bereichen, in denen keine Fremdleitungen liegen, z. B. bei landwirtschaftlichen Flächen ohne Drainagen, ist ggf. auch das Einpflügen der Schutzrohre möglich. Das direkte Einpflügen der Kabel ist nicht möglich, da hierbei das Kabel beschädigt werden könnte (z. B. mechanische Beschädigung beim Verlegen durch Steine im Boden, Belastung des Kabels durch Zug beim Verlegen u. a.). Der Einzug der Kabel sowie die Herstellung der Muffen einschließlich der Herstellung der Muffenbaugruben erfolgt im Anschluss an das Einpflügen der Schutzrohre. Die Eignung des Pflugverfahrens wird von den Vorhabenträgern untersucht. In diesem Zusammenhang werden Vorversuche geplant und ausgeführt.

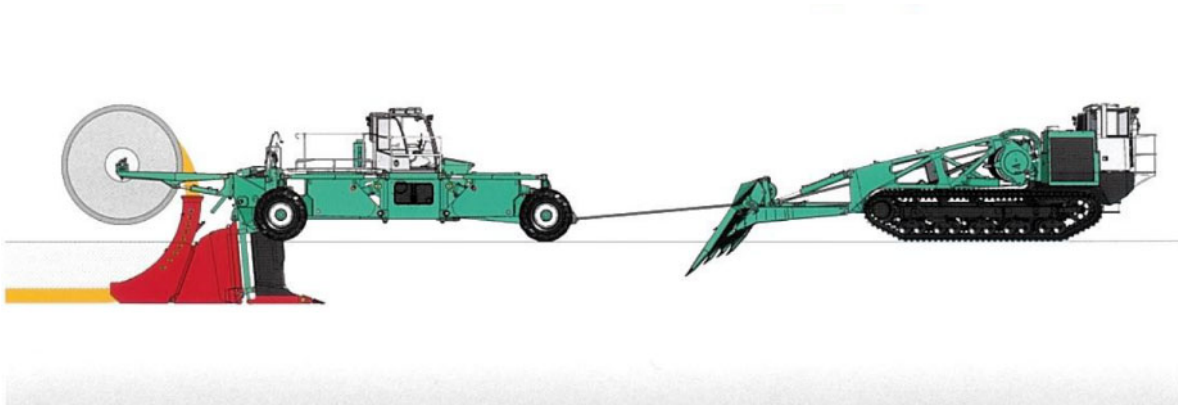


Abbildung 10: Funktionsprinzip des Einpflügens von Schutzrohren (Bildmaterial Firma Walter Foeckersperger GmbH)

2.2.4.3 Geschlossene Bauweisen

Die technische Ausführungsalternative der geschlossenen Bauweise kommt in folgenden Situationen zum Einsatz:

- bei der Querung von Verkehrsinfrastruktureinrichtungen
- bei der Querung von Gewässern inkl. Uferstrukturen
- an Engstellen und Riegeln
- bei der Querung von riegelbildenden Natura 2000-Gebieten und Naturschutzgebieten

Über die aufgelisteten Situationen hinaus kann der Einsatz der geschlossenen Bauweise in Form der alternativen technischen Ausführung als Ergebnis von arten- oder anderen naturschutzrechtlichen Belangen, z. B. bei Vorkommen von sensiblen Arten oder Habitaten, erforderlich sein.

Folgende Verfahren der geschlossenen Bauweise können zum Einsatz kommen (die genauen Verfahren werden in den weiteren Planungsschritten auf der Basis genauerer Daten z. B. zum Baugrund festgelegt):

- Pressbohrverfahren
- Horizontalbohrverfahren (englisch: Horizontal Directional Drilling, abgekürzt: HDD)
- Mikrotunnelbauverfahren

Im Kapitel 2.7 ist beispielhaft dargestellt, wie eines der größten natürlichen Hindernisse entlang der Trasse, die Donau, mit Hilfe von geschlossenen Bauweisen unterquert werden könnte.

Pressbohrverfahren

Das Pressbohr-Verfahren ist ein ungesteuertes Verfahren, das zu Querung von Bahnstrecken ohne feste Fahrbahn eingesetzt werden kann. Dabei wird das Produktrohr aus Stahl hydraulisch vorgepresst, gleichzeitig wird das eindringende Erdreich mittels Förderschnecken zur Startbaugrube gefördert.

Erfordernisse aus Kreuzungsbedingungen und -vorschriften anderer zu kreuzender Infrastrukturen, insbesondere z. B. Bundesautobahnen, können ebenfalls derartige Vortriebsverfahren erfordern.

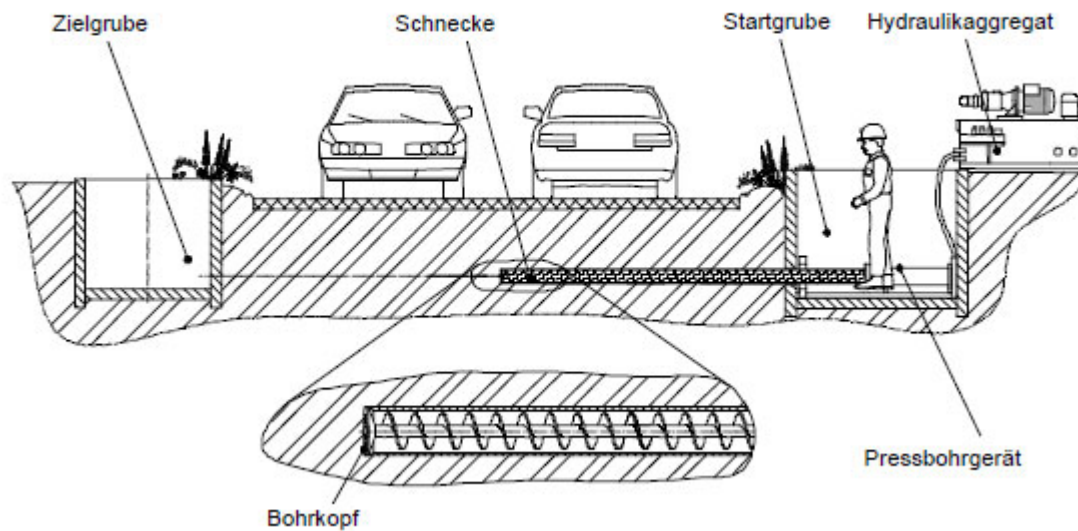


Abbildung 11: Beispiel Pressbohrverfahren (Bildmaterial aus DWA-A 125)

Darüber hinaus können auch insbesondere Straßen in Dammlage mit diesem Verfahren gequert werden, welches allerdings ab etwa 100 m Länge an seine Grenzen stößt.

Pilotrohr-Vortrieb

Das Pilotrohr-Verfahren ist geeignet, um bspw. Querungen von Bahnstrecken mit fester Fahrbahn auszuführen. Bei diesem Verfahren wird ein Pilotrohrstrang bodenverdrängend oder -entnehmend gesteuert vorgetrieben. Richtungsänderungen werden durch an der Pilotspitze angebrachte Steuerflächen vorgenommen. Nachfolgend werden Mantelrohre größeren Außendurchmessers bei gleichzeitigem Herauspressen oder -ziehen der Pilotrohre vorgetrieben (ggf. mehrere Arbeitsgänge).

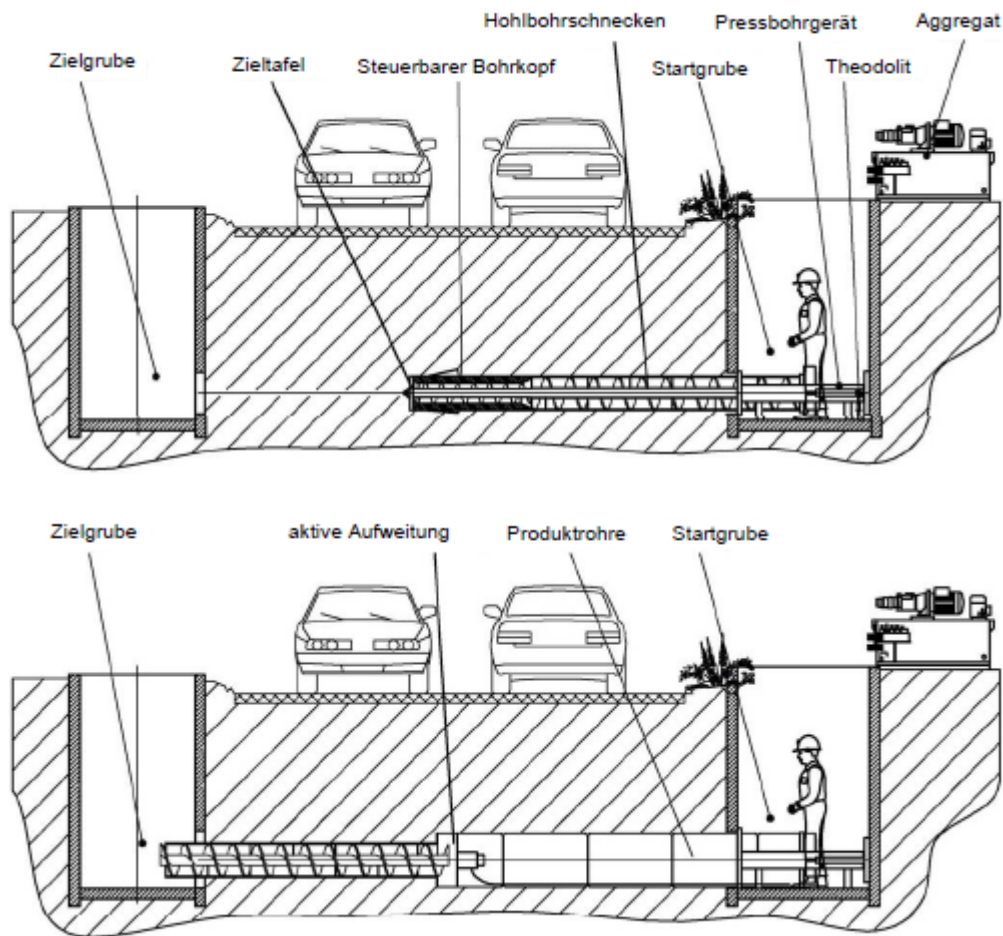


Abbildung 12: Beispiel Pilotrohr-Vortrieb mit Bodenentnahme (Bildmaterial aus DWA-A 125)

Horizontalbohrverfahren (englisch: Horizontal Directional Drilling, abgekürzt: HDD)

Mit dem HDD-Verfahren können geschlossene Querungen von Straßen, Bahnlinien, größere Fremdleitungen, Gewässer und Deiche sowie alle NATURA-2000-Gebieten hergestellt werden. Die Bedingungen für die Kreuzung von Bahnlinien werden in der Stromkreuzungsrichtlinie geregelt. Zurzeit dürfen nur Bahnlinien mit zugelassenen Streckengeschwindigkeiten von ≤ 160 km/h und Schotteroberbau mit dem HDD-Verfahren gequert werden. Bei Bahnlinien mit fester Fahrbahn darf das HDD-Verfahren unabhängig von der zulässigen Streckengeschwindigkeit nicht angewandt werden.

Je nach Länge der Bohrung und Art des zu kreuzenden Bereiches müssen unterschiedliche Bohrgeräte eingesetzt werden. Entsprechend der erforderlichen Bohrgeräte-Dimension sind unterschiedliche Standplatzgrößen und Standplatz-Ausbauten erforderlich.

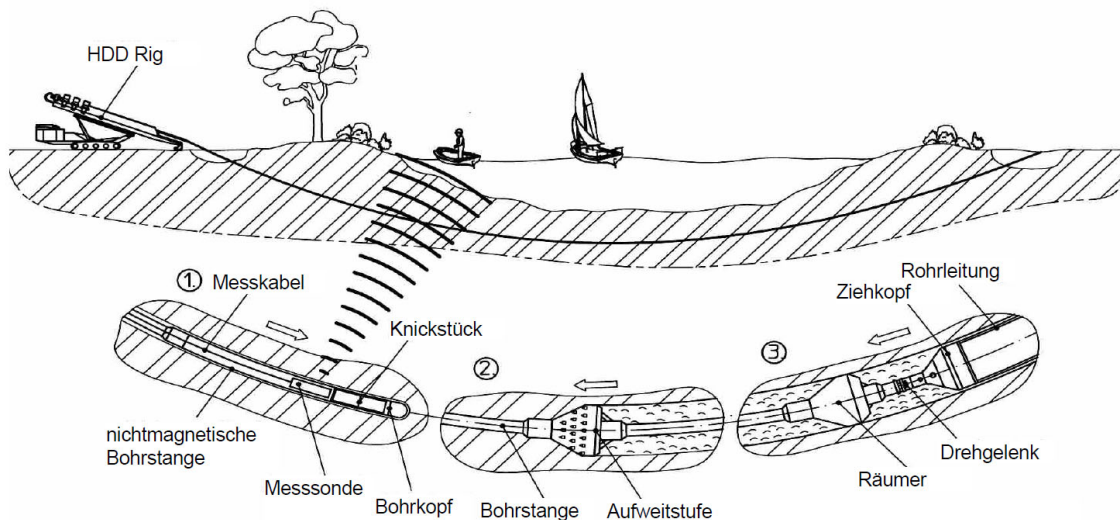


Abbildung 13: Beispiel Bahnkreuzung im HDD-Verfahren (Bildmaterial aus DWA-A 125)

Bei Bohrungen in Bereichen mit geotechnisch günstigen Verhältnissen und mit bis zu 200 m Länge kann mit einer Aufstellfläche von lediglich 20 m Länge und 5 m Breite gearbeitet werden. Die temporäre, mit Folie ausgeschlagene Auffanggrube für das zum Einsatz kommende Bentonit wird ca. 2 x 3 m in Anspruch nehmen. An- und Abtransporte können über die Baustraßen erfolgen.

Längere und schwierige Bohrungen können es erforderlich machen, die Flächen zu erweitern. Die Erfordernisse müssen im Einzelfall geprüft werden.

Die Anwendung des HDD-Verfahrens in Bereichen mit Hangneigung ist grundsätzlich möglich, hier sind bei der Planung Kriterien wie Statik, Geologie, Höhenunterschiede, Gesamtlänge etc. zu beachten.

Im Verlauf des HDD werden durch geeignete Bohrgeräte bentonitstabilisierte Bohrkanäle erstellt. In diese Bohrkanäle werden dann Schutzrohre eingezogen. Die Enden der Schutzrohre werden nach Einzug an der Kabelgrabensohle der offenen Rohrgräben an beiden Seiten abgesenkt. Durch die Schutzrohre werden später die Kabel einzeln (1 Kabel je Schutzrohr) eingezogen. Separate Schutzrohre für parallellaufende Glasfaserkabel werden separat ebenfalls mittels HDD verlegt.

Das zum Einsatz kommende Bentonit besteht aus einer Mischung aus Tonerde und Wasser und kann aufgrund seiner geringen Partikelgröße in die Porenräume der Umgebung des Bohrkanals eindringen. Bentonit ist ein Material, das grundsätzlich unschädlich für die Umwelt ist. Es muss allerdings vermieden werden, dass Bentonit in Oberflächengewässer gerät, da es Atmungsorgane von Tieren mechanisch verstopfen kann. Die genaue Zusammensetzung aus natürlichen Tonmineralen und je nach geologischen bzw. pedologischen Standorteigenschaften sowie der erforderlichen Bohrlänge und dem eingesetzten Gerät abhängigen weiteren umweltverträglichen Stoffen kann erst auf Grundlage der Baugrunduntersuchung und technischen Planung in der nächsten Planungsebene festgelegt werden. Das überschüssige Bentonit wird in der Auffanggrube aufgefangen und wiederaufbereitet. Nach Fertigstellung werden der Rest des Bentonits und das anfallende Bohrgut fachgerecht entsorgt bzw. recycelt.

Beim HDD-Verfahren wird an der Startseite das Bohrgerät aufgestellt. Die Bedienung und der Transport erfolgen von der zuvor hergestellten Baustraße aus.

Als erster Schritt erfolgt die Pilotbohrung mittels eines Bohrgestänges mit steuerbarem Bohrkopf. Die Position des Bohrkopfes wird mit einem Messsystem permanent ermittelt, so dass die geplante Bohrlinie nicht verlassen wird. In der Regel wird an der Oberfläche ein Signal empfangen. Hierfür werden Personen über der Bohrung mit Messgeräten den Verlauf verfolgen oder ggf. auch mit geeigneten kleinen Wasserfahrzeugen den Bohrkopf unter dem zu kreuzenden Gewässer orten.

Am geplanten Austrittspunkt wird an das austretende Gestänge anstelle des Bohrkopfes ein Aufweitungskopf befestigt. Im Zurückziehen wird der Bohrkanal aufgeweitet. Diese Schritte können wiederholt werden, bis der Bohrkanal den benötigten Durchmesser aufweist. Danach wird das Kabelschutzrohr in den Bohrkanal eingezogen, indem es an das Bohrgestänge an der Austrittsseite angehängt wird. Das Kabelschutzrohr wird bei Standard HDDs mit bis zu 400 m Länge bevorzugt aus Polyethylen (HDPE (High-density polyethylene)) gefertigt sein, welches bei geringem Platzbedarf auch etwas gekrümmt und den Platzverhältnissen angepasst ausgelegt werden kann.

Lediglich aufwändigere HDDs über 400 m Länge können aufgrund der höheren Einzugskräfte ggf. den Einsatz eines Stahlschutzrohrs erforderlich machen.

Die überschüssige Bentonit-Suspension wird in der Auffanggrube aufgefangen und wieder aufbereitet. Nach Fertigstellung werden überschüssige Bentonit-Suspension und das anfallende Bohrgut fachgerecht entsorgt bzw. recycelt.

Dieser Prozess erfolgt für jedes Kabelschutzrohr separat. Auffanggruben werden für mehrere parallele HDD-Bohrungen genutzt werden.

Die Mindestüberdeckungen für HDDs beträgt bspw. im Bereich von Flussquerungen 3 m (Abstand zwischen Oberkante Schutzrohr und Sohle Fließgewässer) und bei Bahnquerungen 5 m (Abstand zwischen Oberkante Schutzrohr und Gleisanlange). Die genauen Überdeckungen sind mit den zuständigen Behörden bzw. mit den Trägern der Verkehrslast abzustimmen.

Bei längeren Bohrungen müssen auch Ablaufbahnen für die Kabelschutzrohre eingeplant werden, die in der Regel auf dem Arbeitsstreifen des unmittelbar sich anschließenden Trassenstreifens für die offene Bauweise angelegt werden. So ergibt sich hierbei kein zusätzlicher Platzbedarf.

Werden mehrere HDD-Bohrungen unmittelbar hintereinander ausgeführt, sind Standorte für die Verbindung der Abschnitte vorzusehen.

Der Platzbedarf für eine Verbindungsgrube bemisst sich aus den auf Tiefe zu legenden Schutzrohrenden und dem Bereich zwischen zwei Schutzrohrenden, in dem das einzuziehende Kabel manövriert werden muss, ohne dass Schäden an den Kabeln entstehen.

Auch die geschlossene Bauweise beinhaltet i. d. R. die *Tageszeitliche Bauzeitenregelung*, so dass die Ausführung am Tag zu den üblichen Arbeitszeiten erfolgt (07:00 bis 20:00 Uhr). Dies umfasst insbesondere Auf-

und Abbauarbeiten an den Bohrstellen. Nur bei langen Bohrungen in felsigem Untergrund können vereinzelt Bohrungen in der Nachtzeit anfallen, da die Dauer der Bohrung dann möglicherweise die Tageslänge übersteigt und eine Unterbrechung der Bohrung an sich technisch nicht möglich ist. Welche Bohrungen davon betroffen sein können, kann erst in den folgenden Planungsschritten auf der Basis genauerer Daten (v. a. Baugrund) ermittelt werden.

Die Schutzstreifen werden in den HDD-Bereichen aufgeweitet, da die Bohrungen Mindestabstände zueinander einhalten müssen, die sich einerseits aus der Steuergenauigkeit des Verfahrens, andererseits aus den erforderlichen Abständen zur Wärmeableitung im Untergrund ergeben. Die erforderliche Schutzstreifenbreite wird daher unterschiedlich ausfallen.

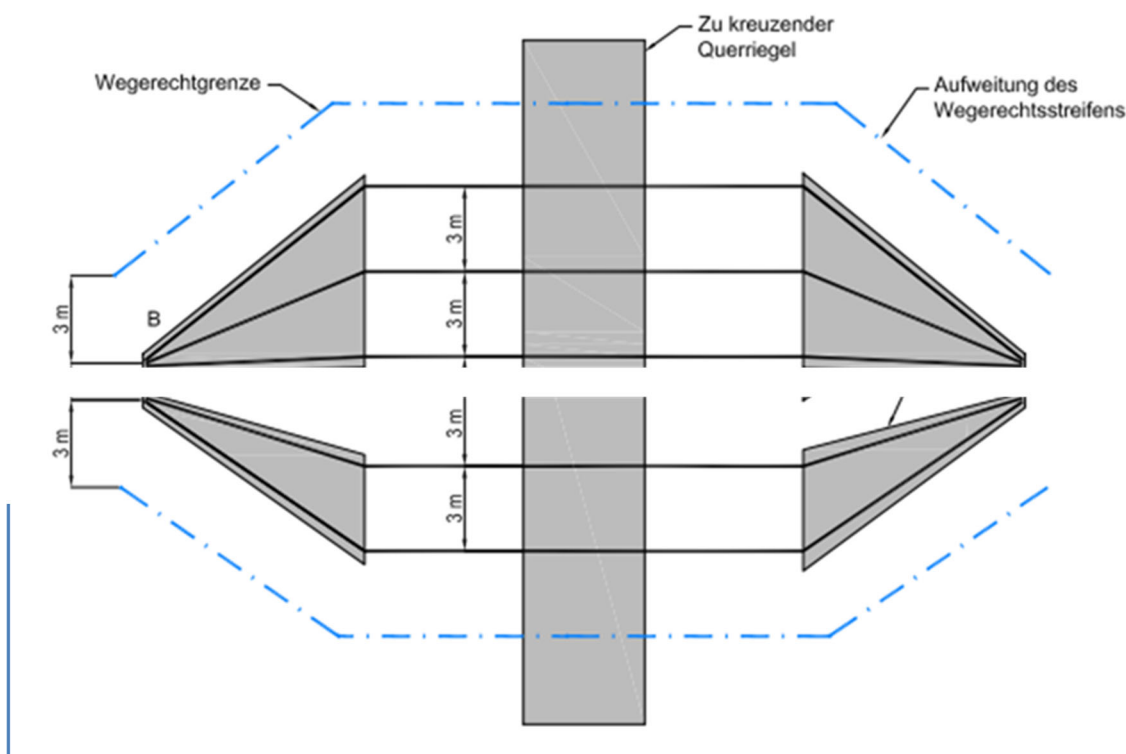


Abbildung 14: Typische Aufweitung des Wegerechtsstreifens bei geschlossenen Querungen mittels einzelner HDD

Hierbei ist zu beachten, dass sich der Achsabstand der einzelnen HDD bei zunehmender Verlegetiefe vergrößern muss, um die hinreichende Wärmeableitung zu gewährleisten. Die entsprechenden Berechnungen werden nach Vorliegen der Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen in den weiteren Planungsphasen durchgeführt.

Die Technik des HDD-Verfahrens unterscheidet sich hinsichtlich der zu kreuzenden Struktur grundsätzlich nicht. Bei Bahnkreuzungen sind die Vorgaben der Kreuzungsrichtlinie der DB AG (SKR 2016) zu beachten, in der u.a. die Abstände zwischen einzelnen Bohrungen definiert sind. Dadurch können sich sehr breite Schutzstreifen für die Bahnkreuzungen ergeben, wie in der folgenden Abbildung 15 dargestellt.

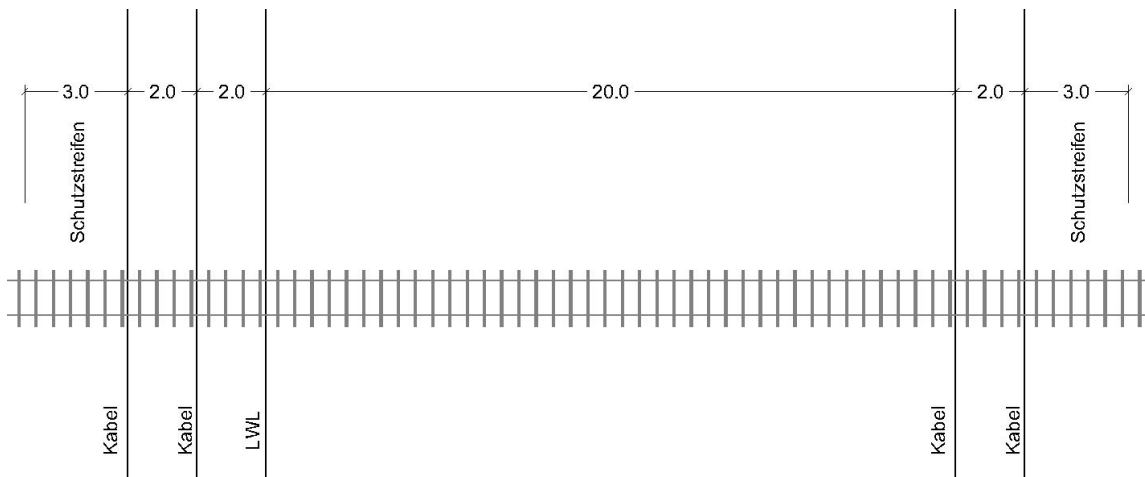


Abbildung 15: Mindestabstände der aufgeweiteten Einzelbohrungen bei Bahnquerungen (beispielhaft)

Es wird hierbei von einer Schutzstreifenbreite von mindestens 32 m für die 320-kV-Variante mit vier Leiterkabeln ausgegangen. Jede Kreuzung muss hier individuell berechnet werden, da die tiefenbedingten Mindestabstände, wie oben beschrieben, ebenfalls eingehalten werden müssen.

Die Vorhabenträger sind gegenwärtig mit der Deutschen Bahn in fachlichem Austausch, um Typenzulassungen für hiervon abweichende Bohrungsanordnungen zu erhalten. Hierdurch könnten die Schutzstreifenbreiten reduziert werden.

Mikrotunnelbau

Für Querungen mit geotechnischen ungünstigen Verhältnissen, bei denen eine Ausführungen von HDDs ausscheidet und für die Querungen von Bahnstrecken mit fester Fahrbahn können Mikrotunnel eingesetzt werden (bis ca. 1,5 km Länge; bei größeren Längen: Tübbing-Bauweise – s. folgender Absatz).

Diese Anlagen werden im Vorschubverfahren erstellt. Die Baustellen werden über schwerlastfähige Transportwege bedient.

Das anfallende Bohrmaterial wird abtransportiert und fachgerecht entsorgt bzw. einer geeigneten Verwendung zugeführt.

Beim Mikrotunnelbau werden verbaute Start- und Zielgruben mit geschlossener Wasserhaltung erstellt, eine Wasserhaltung entlang der Bohrstrecke ist nicht notwendig. Die Dimensionen der dazu erforderlichen Arbeitsflächen sind deutlich größer als beim HDD-Verfahren. Für Start- und Zielgrube werden je ca. 7.500 m² in Anspruch genommen.

Die erforderlichen Flächen für die Baustelleneinrichtungen sind individuell zu berechnen.

Die Vortriebsmaschine wird in der Startgrube platziert. Eine hydraulische Schubvorrichtung steuert die Bohreinrichtung in und durch den Untergrund. Die Rohrsegmente werden dann mit der Schubvorrichtung der Vortriebsmaschine nachgeführt, indem sie mit hydraulischen Pressen durch den Bohrkanal geschoben werden. Hierbei wird die Umgebung des Bohrkanals mit Bentonit geschmiert, welches über den Bohrkopf und

ggf. über Zwischenschmiersegmente eingepresst wird. In der Zielgrube tritt die Vortriebsmaschine wieder zu Tage und kann dort abtransportiert werden.

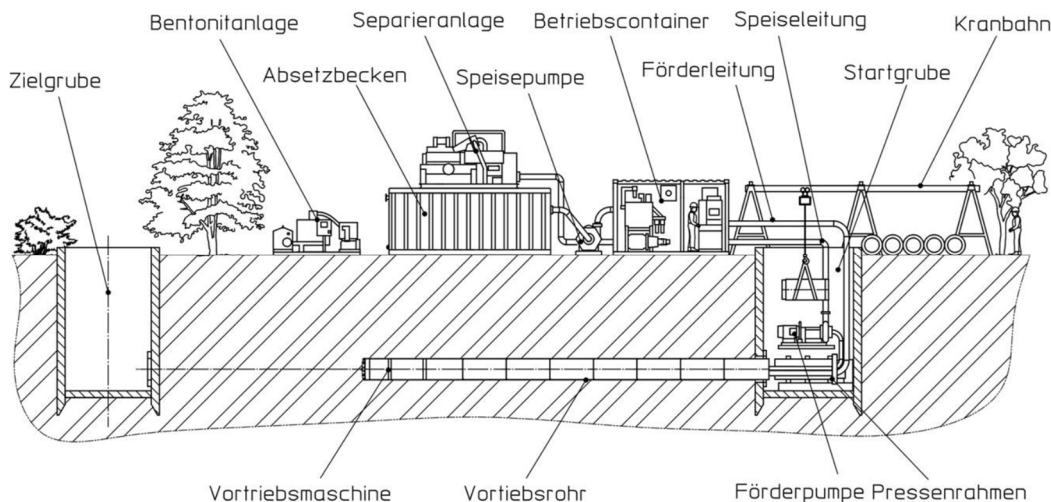


Abbildung 16: Beispiel Mikrotunnelbau mit Spülförderung (Bildmaterial aus DWA-A 125)

Mit dem Mikrotunnelbau können auch Durchmesser erreicht werden, die eine Begehung möglich machen. Falls die Mikrotunnel für Instandhaltungszwecke begehrbar bleiben sollen, werden sie nach Fertigstellung entsprechend ausgebaut. Anschließend werden die Kabel eingezogen. Begehrbare Mikrotunnel werden außerdem an beiden Enden eine verbleibende Zugangseinrichtung aufweisen, die entsprechend gesichert werden muss.

Tunnel in Tübbingbauweise

Mikrotunnel können je nach Untergrundverhältnissen etwa 1.500 m Länge erreichen. Müssen größere Längen überwunden werden, ist ein Tunnel in Tübbingbauweise erforderlich. Ein Tübbing ist ein vorgefertigtes Betonsegment für Versteifungen im Tunnelbau. In der gebräuchlichsten Form bilden sieben Segmente einen vollständigen Ring. Der Tunnel setzt sich dann aus einer Vielzahl von Ringen zusammen. Die Tübbinge werden unmittelbar hinter der Tunnelbohrmaschine verlegt, die sich in axialer Richtung zum Erreichen des Vortriebs an den Rändern der bereits verlegten Tübbinge abstützt.

Die Dimensionierung von Tunneln hängt von den Erfordernissen der Wartungsmöglichkeiten (z. B. Begehrbarkeit des Tunnels), aber auch von der Wärmeentwicklung der Kabel und von der Abfuhr der Wärme ab. Ein typischer Tunnelquerschnitt wird einen Außendurchmesser von ca. 3 bis 4 m aufweisen.

Tunnel in Tübbingbauweise sind mit beträchtlichen Kosten und langen Bauzeiten verbunden, die ein Vielfaches der offenen Bauweise oder der Verlegung mittels HDD-Verfahrens für vergleichbare Längen und Durchmesser erreichen. Zudem ist der Eingriff in Natur und Landschaft an der Start- und Zielgrube ebenfalls nicht zu unterschätzen. Die Baustelleneinrichtungsfläche für eine typische Start- oder Zielgrube eines Tunnels beträgt ca. 100 x 100 m, sie ist jedoch für jeden Anwendungsfall individuell zu ermitteln.

Sonstige geschlossene Verfahren

Es gibt verschiedene weitere geschlossene Verfahren auf dem Markt, die für die Herstellung von Kabeltrassen im Bereich von notwendigen Unterquerungen geeignet sind. Insbesondere sind hier weitere Mischverfahren zwischen dem HDD-Verfahren und dem Mikrotunnel-Verfahren wie z. B. das Direct-Pipe-Verfahren der Firma Herrenknecht zu nennen.

Darüber hinaus entwickelt die Firma Herrenknecht zurzeit in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, der Amprion GmbH, dem Institut für Hochspannungstechnik und der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen ein Verfahren, welches speziell auf die Verlegung der im Rahmen der Energiewende notwendig werdenden Erdkabeltrassen ausgelegt ist. Das Verfahren wurden in mehreren Tests erprobt, hat aber zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Serienreife erlangt und weist Einschränkungen z. B. hinsichtlich Größe der befestigten Startbaugrube, der erreichbaren Länge sowie der möglichen Biegeradien auf. Die Einsatzfähigkeit dieses Verfahrens für die Anforderungen des SOL ist in den nachfolgenden Planungsstufen zu überprüfen.

Weitere Festlegungen für die geschlossene Bauweise

Nach derzeitigem Planungs- und Erkenntnisstand (Bundesfachplanung) wird bei den HDD-Bohrungen die Bauausführung generell wie folgt vorgesehen (standardisierte technische Ausführung der geschlossenen Bauweise):

- Baugruben werden außerhalb von naturschutzfachlich sensiblen Bereichen angelegt, d. h. bevorzugt auf Ackerflächen.
- Bei Bohrungen über 400 m Länge werden für Start- und Zielgrube je 1.500 m² Arbeitsfläche in Anspruch genommen. Bei Bohrungen bis zu 200 m Länge kann mit einer Aufstellfläche von lediglich 20 m Länge und 20 m Breite gearbeitet werden. Die temporäre, mit Folie ausgeschlagene Auffanggrube für das zum Einsatz kommende Bentonit wird ca. 2 x 3 m in Anspruch nehmen. An- und Abtransporte können über die Baustraßen erfolgen.

Längere und schwierige Bohrungen können es erforderlich machen, die Flächen zu erweitern. Die Erfordernisse müssen im Einzelfall geprüft werden.

Werden mehrere HDD-Bohrungen unmittelbar hintereinander ausgeführt, sind Standorte für die Verbindung der einzelnen Kabelenden vorzusehen. Diese Verbindungsgruben haben eine Länge von ca. 20 m und eine Breite, die der Breite des normalen Kabelgrabens entspricht.

Die Schutzstreifen werden in den HDD-Bereichen aufgeweitet, da die Bohrungen Mindestabstände zueinander einhalten müssen, die sich einerseits aus der Steuergenauigkeit des Verfahrens, andererseits aus den erforderlichen Abständen zur Wärmeableitung im Untergrund ergeben. Die erforderliche Schutzstreifenbreite wird daher unterschiedlich ausfallen. Wenn schutzwürdige Gehölzbestände zu unterbohren sind, wird durch

eine angepasste Verlegetiefe (i. d. R. 3,5 m Tiefe) des Erdkabels gewährleistet, dass die notwendigen Bohrungen außerhalb des Durchwurzelungshorizonts der Gehölze stattfinden¹.

Nach derzeitigem Planungs- und Erkenntnisstand (Bundesfachplanung) enthält die standardisierte technische Ausführung der geschlossenen Bauweise die folgenden Vorkehrungen:

- Verwendung schallminimierender Lärmschutzwände: Zur Verminderung von Lärmemissionen durch die HDD-Bohrungen kommen mobile Lärmschutzwände bis hin zur Einhausung der Bohrgeräte zum Einsatz, die die Schallausbreitung erheblich minimieren. Größe und Standort der mobilen Lärmschutzwände bzw. Einhausungen werden so gewählt, dass die bestehenden Emissionsrichtwerte (z. B. AVV Bau-lärm) eingehalten werden. Die Lärmschutzmaßwände bzw. Einhausungen sind in den relevanten Bereichen so konzipiert, dass i. d. R. im Abstand von 100 m zur Bohrung der Schallpegel 45 dB(A) nicht überschreitet (entsprechende Berechnungen finden sich in der ISE in Unterlage 5.4).
- Verwendung lichtminimierender Leuchtmittel: Einsatz eingriffsminimierender Leuchtmittel (z. B. Natrium-Dampflampen oder LED 3000K), Ausrichtung und Abschirmung der Lichtquelle innerhalb der Baugruben sowie Abschirmung des Lichtkegels nach oben bzw. zu den Seiten.
- Schutzeinrichtungen/Baugrubensicherung: Zum Schutz von Kleintieren (z. B. von Laufkäfern, Amphibien, Reptilien und Kleinsäugetern) werden die Baugruben (Start- und Zielgruben) durch geeignete Kleintierschutzzäune gesichert, um Beeinträchtigungen von Kleintieren durch Fallenwirkung zu vermeiden.

Bei Querungen über 1.000 m Länge kann das HDD-Verfahren nicht mehr eingesetzt werden, da dann die empfindlichen Muffen in das Leerrohr eingezogen werden müssten. Auch bei schwierigem Baugrund kann der Einsatz des HDD-Verfahrens nicht möglich sein. In solchen Fällen kann das Mikrotunnelbau-Verfahren zum Einsatz kommen (s.o.).

Wie bei der HDD-Bohrung werden auch beim Mikrotunnelbau im Rahmen der Ausführung die oben aufgeführten Vorkehrungen Verwendung schallminimierender Lärmschutzwände, Verwendung lichtminimierender Leuchtmittel und Schutzeinrichtungen/Baugrubensicherung vorgesehen.

Baugruben können bei längeren Kreuzungen bis zu 6 Wochen offenbleiben; bei hochstehendem Grundwasser ist ggf. Bauwasserhaltung zu betreiben; die Reichweite des Absenkrichters kann in seltenen Einzelfällen bis zu 80 m, liegt im Regelfall aber deutlich darunter.

Typische Bauzeiten für HDD und Mikrotunnelbau:

¹ Gemäß RASPER (2004) sind für die durchschnittlichen maximalen Wurzeltiefen folgende Werte anzusetzen: Kiefer: 1,7 - 2,5 m, Stieleiche: 2 m, Schwarzerle: 2 - 2,5 m, Esche: 1 - 1,5 m, Hainbuche: 1,5 m, Fichte: 1,5 - 2 m, Buche: 1,3 - 1,8 m, Hängebirke: 1,5 - 2,6 m, Bergahorn: 1,5 m.

- HDD und Pressbohrung bis ca. 100 m: ca. 2 Wochen
- HDD bis ca. 200 m: ca. 3 Wochen
- HDD bis ca. 400 m: ca. 4 Wochen
- HDD bis ca. 1.000 m: ca. 8 Wochen
- Mikrotunnel bis ca. 1 km: ca. 4 Monate

2.2.5 Emissionen und Emissionsquellen

Die Geräuschemissionen während der Bauphase werden durch die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm (AVV Baulärm) geregelt. Die hier enthaltenen Bestimmungen zu den Emissionen, den Bauzeiten und den zulässigen Immissionen in der Umgebung sind vom Vorhabenträger einzuhalten. Weiterhin kommt es während der Bauzeit zu Staubentwicklung.

HGÜ-Kabel erzeugen magnetische Gleichfelder in ihrer Umgebung.

Die magnetischen Flussdichten in den zugänglichen Bereichen bewegen sich in jedem Betriebszustand unterhalb des Grenzwerts gemäß 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) (500 μ T). Bei den hier der Planung zugrunde gelegten Auslegungsvarianten bewegen sich die Werte selbst unmittelbar über der Trasse unterhalb der zulässigen Grenzwerte. Elektrische Felder entstehen in der Umgebung von Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungskabeln nicht, da sie vollständig vom Schirm der Kabelanlage abgeschirmt werden. Akustischen Emissionen treten im Betrieb ebenfalls nicht auf.

Weitere Angaben finden sich in der Immissionsschutzrechtlichen Ersteinschätzung (ISE, s. Anlagen).

2.2.6 Instandhaltungsarbeiten im Betrieb

Die Kabel sind im Idealfall weitgehend wartungsfrei. Es empfiehlt sich allerdings, an den Link-Boxen in längeren zeitlichen Abständen Kontrollmessungen durchzuführen. Außerdem vereinfachen die Link-Boxen die Fehlereingrenzung.

Der Schutzstreifen ist von tiefwurzelnden Gehölzen freizuhalten.

2.3 Technische Bau- und Betriebsmerkmale von ggf. erforderlichen Gleichstrom-Freileitungsabschnitten

Obwohl das Projekt SuedOstLink vorrangig als Erdkabel geplant werden soll, besteht unter bestimmten Voraussetzungen auch die Notwendigkeit zur Prüfung eines Freileitungskabels. Im Abschnitt D wurden jedoch keine Freileitungsprüfverlangen eingereicht, so dass auf die detaillierte Darstellung der technischen Belange von Gleichspannungs-Freileitungen verzichtet werden kann.

2.4 Darstellung der technischen Bau- und Betriebsmerkmale der Konverteranlagen

Neben den im Vorrang geplanten Erdkabelabschnitten sind die Konverter weitere wesentliche Betriebsmittel der Gleichstromverbindung.

2.4.1 Standorte

Als sog. Nebenanlagen sind Konverter nicht unmittelbar Gegenstand der Bundesfachplanung. Gegenstand der Bundesfachplanung sind Trassenkorridore, innerhalb derer die Trasse einer Stromleitung verläuft. Im Gegensatz zur Regelung in § 18 Abs. 2 NABEG zur Planfeststellung gibt es für die Bundesfachplanung keine konkreten gesetzlichen Vorgaben, wie bei der Trassenkorridorbestimmung mit betriebsnotwendigen Nebenanlagen umzugehen ist. Gleichwohl muss für die Bundesfachplanungsentscheidung hinreichend sicher gewährleistet sein, dass innerhalb des Trassenkorridors oder an dessen Rand die Anbindung der Stromleitung an die Konverter erfolgen kann. Daher sind in der Bundesfachplanung auch die Standorte von Convertern mit zu betrachte. Mit dem Antrag nach § 6 NABEG wurde eine Auswahl an Standorten je Netzverknüpfungspunkt ermittelt, denen auf Ebene der Bundesfachplanung keine Realisierungshemmnisse entgegenstehen. Für diese Auswahl wurden gem. des Untersuchungsrahmens nach § 7 Abs. 4 NABEG weitere vertiefende Untersuchungen durchgeführt (vgl. Anlage 8).

2.4.2 Größe und Platzbedarf

2.4.2.1 Platzbedarf während der Bauphase

Für die Baustelleinrichtungsfläche wird ein zusätzlicher temporärer Platzbedarf in Höhe von ca. 1,5 ha benötigt. Dieser Platzbedarf steht unmittelbar im Zusammenhang der Stromrichtererrichtung. Die Baustelleinrichtungsflächen werden nach Möglichkeit in der Nähe des Converters eingerichtet und beherbergen Baustelleninfrastruktur, Parkplätze für die Bauarbeiter und temporäre Lager für diverse Baumaterialien sowie Anlagenteile und Maschinen. Für den Transport der Baumaterialien und der Anlagenteile sind geeignete Zuwege erforderlich.

Für den Antransport schwerer Lasten wie zum Beispiel Leistungstransformatoren muss eine Zuwegung für den Schwerlasttransport vorhanden sein oder gebaut bzw. verstärkt werden.

Die Flächen für die Baustelleinrichtung und die Zuwege für den Baustellenbetrieb werden nach Abschluss der Bauphase wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurückversetzt.

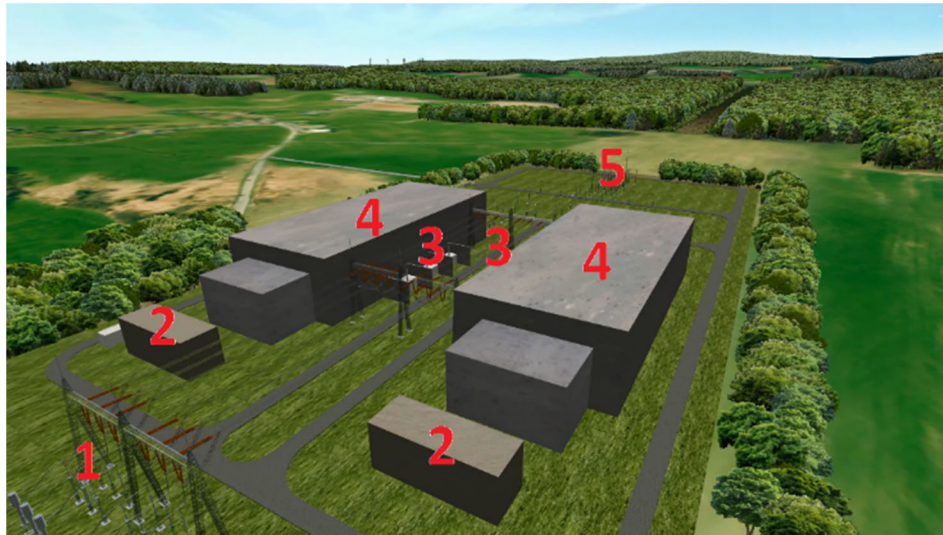
2.4.2.2 Platzbedarf während des Betriebs

Die umzäunte Fläche des Converterstandorts für eine bipolare Anordnung beträgt nach derzeitiger Planung ca. 7-8,75 ha. Für den Fall, dass der Converter in ein bestehendes Umspannwerk integriert werden kann beläuft sich die Fläche auf 7 ha. Wenn ein separater Converterstandort gewählt wird, beläuft sich der Flächenbedarf auf bis zu 8,75 ha aufgrund der notwendigen Drehstromschaltanlage. In beiden Varianten muss standortspezifisch eine Zuwegung und ggf. noch ein Grünstreifen berücksichtigt werden. Die Converterhallen haben nach dem heutigen Stand der Technik eine Nutzhöhe von ca. 25 m. Die tatsächliche Höhe kann abhängig vom Hersteller und behördlichen Konstruktionsvorgaben davon abweichen.

Das Layout der Converterstation und die Gebäudeabmessungen ergeben sich aus den Standortbedingungen (Anbindung der Drehstrom- und Gleichstromanschlüsse, Infrastrukturanbindung, Distanz zur nächsten Wohnbebauung, Flächenschnitt) und dem herstellerabhängigen Converterdesign. Das Schaltfeld in der Außenanlage des Converters ist in Aufbau und Aussehen vergleichbar mit herkömmlichen Umspannwerken.

Die Ausdehnung der Außenanlage wird hauptsächlich durch die notwendigen Isolationsabstände zwischen den Anlagenkomponenten bestimmt.

Der Personenschutz in der Konverteranlage wird nach den Regeln der Technik sichergestellt.



1. Drehstromseite, Anschluss zum Netzverknüpfungspunkt über AC-Leitung
2. Kühlanlage
3. Transformatoren
4. Konverterhalle
5. Gleichstromseite, weiter über DC-Verbindung

Abbildung 17: Schematische Darstellung einer Konverterstation mit zwei Konverterhallen

2.4.3 Konvertertyp

Heutiger Stand der Technik sind Konverter in VSC-Technik (Voltage Source Converter) mit einer Nennspannung von 320 kV und 525 kV. Mit diesen Spannungsebenen liegen bereits Betriebserfahrungen vor. Die Leistung der Konverter macht bei einer Spannung von 320 kV den Einsatz von zwei Stromkreisen mit je zwei Kabeln (= vier Kabel) für ein Vorhaben mit 2 GW erforderlich, bei 525 kV ist nur ein Stromkreis mit zwei Kabeln notwendig.

Die technische Ausführung des SuedOstLink (SOL) wird als Rigid Bipol erfolgen.

Abhängig von der Trassenlänge und dem Vorhandensein eines Freileitungsabschnitts muss der DC-Kreis in den Stationen gleichstromseitig geerdet werden können. Dies ist erforderlich, um eventuell auftretende Überspannungen an den Betriebsmitteln zum Beispiel durch Blitzeinschlag zu beherrschen. Um Erdströme zu vermeiden, ist die Erdung nur in einer Station möglich. Diese Konfiguration trägt den Namen „Rigid Bipol“. Für 320 kV ist ein Aufbau mit zwei Rigid Bipolen erforderlich.

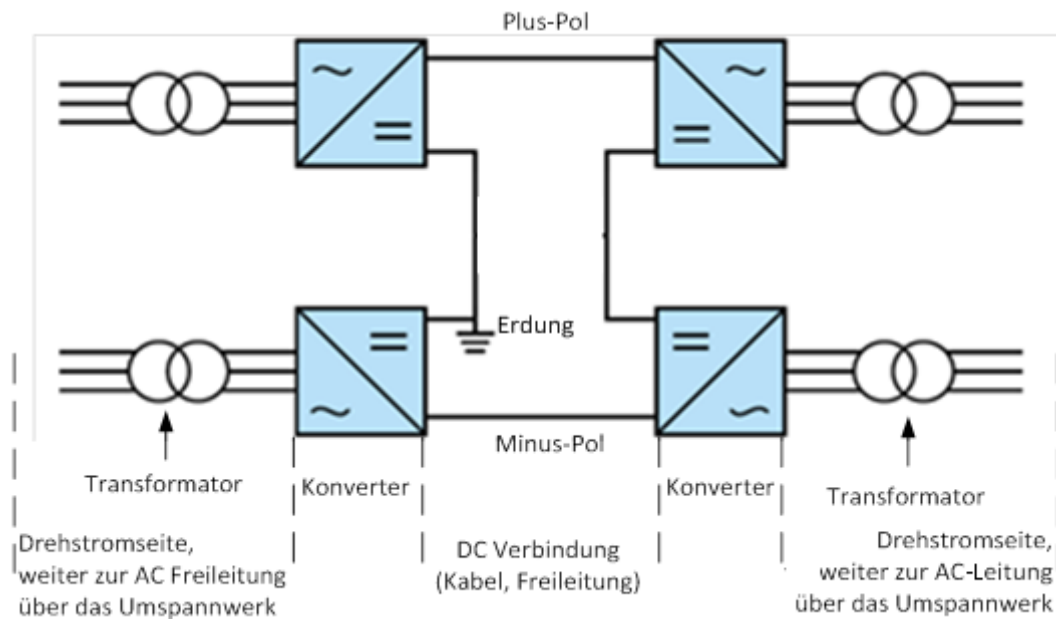


Abbildung 18: VSC-HGÜ in bipolarer Konfiguration ohne metallischen Rückleiter „Rigid Bipol“ bei 525 kV für 2 GW

2.4.4 Konverteraufbau

Die Konverteranlage umfasst zwei Hallen je Stromkreis, in denen der Umrichtungsvorgang stattfindet, sowie Transformatoren, Schaltfelder und weitere Höchstspannungskomponenten, um den Wechselstrom mit entsprechender Spannung in das vermaschte Höchstspannungsnetz zu übertragen.

2.4.4.1 Konverterhallen

In den Konverterhallen befinden sich die Stromrichter, die als selbstgeführte Stromrichter (englisch VSC - Voltage Source Control) ausgeführt sind. Außerdem wird in den Konverterhallen der Dreh- bzw. Gleichstrom mit speziellen Leistungselektronikbauteilen (zentrale Bausteine sind die IGBTs (insulated-gate bipolar transistors = Bipolartransistoren mit isolierten Gate-Elektroden) in Gleich- bzw. Drehstrom umgewandelt. Der Konverter kann somit sowohl als Gleich- als auch als Wechselrichter betrieben werden und damit die Lastflussrichtung bestimmen.

Neben den Stromrichtern befinden sich in den Konverterhallen weitere Höchstspannungskomponenten wie zum Beispiel Spulen, Messeinrichtungen, Wanddurchführungen etc. Die Hallen dienen zum einem der erforderlichen Reinraumhaltung für die Stromrichter, zum anderen schirmen sie die Stromrichter sowohl elektrisch als auch akustisch nach außen ab. Die Größe der Hallen ist sowohl von den Komponenten selbst als auch von den erforderlichen Freiluftabständen zwischen spannungsführenden Teilen und der Wand abhängig (je höher die Spannung, umso größer sind die erforderlichen Freiluftabstände).

Zur Abführung der Komponentenabwärme an die Luft sind die Hallen mit Belüftungssystemen ausgestattet.

Die Anbindung der Konverterhallen an die Transformatoren erfolgt über einen Freiluftteil. Dieser umfasst neben den Leitern auch diverse erforderliche Höchstspannungskomponenten wie zum Beispiel Widerstände, Leistungsschalter und Spulen.

2.4.4.2 Kühlanlage

Im Stromrichter entsteht durch Verluste bei der Durchleitung und Schaltvorgängen Abwärme. Diese wird über ein Kühlmedium (entionisiertes Wasser oder Glykolegemisch) von den Stromrichtern abgeführt und zu der (Außen-) Kühlanlage transportiert. Die Kühlanlage besteht aus einzelnen Kühlersektionen, die abhängig von der abzuführenden Wärme und der Außentemperatur zu- oder abgeschaltet werden. In der Regel liegen die Kühlmitteltemperaturen im Bereich zwischen 30 °C und 50 °C, bei höheren Außentemperaturen erreichen sie bis zu 60 °C. Unter der Kühlanlage befinden sich Auffangbecken, die im Fall von Leckage das Kühlmittel auffangen.

2.4.4.3 Transformatoren

Die Aufgabe der Transformatoren ist es, die netzseitige Spannung an die Erfordernisse der Stromrichter anzupassen. Hierbei handelt es sich um Leistungstransformatoren in Größen, wie sie auch in Umspannwerken eingesetzt werden. Ein Transformator besteht im Wesentlichen aus einem Transformatorkessel, der den Eisenkern, die Wicklungen, den Stufenschalter und das Isolationsmedium (Öl) beinhaltet sowie einer Lüfteranlage, die für die erforderliche Kühlung sorgt. Um die Schallemission der Transformatoren zu begrenzen, werden die Transformatorkessel eingehaust. Unter den Transformatoren befinden sich Auffangbecken, die im Fall einer Leckage das austretende Öl auffangen.

2.4.4.4 AC-Schaltfelder

Die Anbindung der Transformatoren an das Drehstromnetz erfolgt über die sogenannten Schaltfelder. Diese bestehen im Wesentlichen aus Höchstspannungs-Leistungsschaltern, Trennern und Erdern. Das Schaltfeld wird über AC-Freileitung(en), AC-Kabel oder Rohrausleitungen an den Netzverknüpfungspunkt angebunden. Bei HGÜ-Systemen können elektrische Oberwellen auftreten. Diese können bei Bedarf durch HöchstspannungsfILTER reduziert werden, die im Wesentlichen aus Kondensatoren und Spulen aufgebaut sind.

Das Schaltfeld kann sowohl in Freiluft- als auch in gasisolierter Technik ausgeführt werden.

2.4.4.5 Leittechnische Einrichtungen

Die Leittechnik der Konverter ist in einem sogenannten Betriebsgebäude untergebracht. Dieses kann als Teil der Konverterhalle oder als eigenes Gebäude ausgeführt werden. In dessen Betriebsräumen sind auch die Eigenbedarfsversorgung und die Kühlanlagenpumpen sowie weitere erforderliche Einrichtungen untergebracht.

2.4.5 Emissionen und Emissionsquellen

2.4.5.1 Emissionen während der Bauphase

Während der Bauphase kommt es zu baustellentypischen Geräusch- und Staubemissionen, wie diese bei Tiefbauarbeiten üblich sind. Auch entstehen evtl. Beeinträchtigungen durch den An- und Abtransport der erforderlichen Baumaterialien. Die Anforderungen an den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sind dabei einzuhalten.

2.4.5.2 Elektrische und magnetische Felder

Beim Betrieb des Konverters treten sowohl elektrische und magnetische Felder an den Drehstromleitungen (50 Hz) wie auch elektrische und magnetische Gleichfelder (0 Hz) an den Gleichstromgeräten sowie Überlagerungen von Oberschwingungsanteilen auf. Diese Überlagerungen werden durch Filter gedämpft.

Die elektrischen Gleichfelder der Konverter werden durch die Konverterhalle nach außen hin abgeschirmt. Die elektrischen Gleichfelder der Kabel werden durch den Kabelmantel abgeschirmt.

Das magnetische Feld wird durch die Anordnung der Geräte und der Kabel am Anlagenzaun auf Werte unterhalb der Grenzwerte der 26. BImSchV (500 μ T) für Gleichfelder (0 Hz) minimiert.

Die elektrischen und magnetischen Felder der Drehstromgeräte und der Stickleitung vom Konverter zum Umspannwerk halten die nach der 26. BImSchV zulässigen Grenzen von 5 kV/m für das elektrische Feld und 100 μ T für das magnetische Feld (50 Hz) ein.

2.4.5.3 Geräuschemissionen

Die Hauptgeräuschquelle eines Konverters sind die Transformatoren und die Kühlanlage. Soweit erforderlich kann eine Geräuschminimierung über eine gezielte Komponentenordnung, Einhausung von Teilkomponenten oder vergleichbare Maßnahmen erfolgen.

Allgemein ist die Geräuschkulisse am Konverter mit der eines Umspannwerkes zu vergleichen. Die Freileitungsarmaturen und Seile werden z. B. mit größeren Abmessungen/Querschnitten ausgelegt, um die Geräuschemission durch Koronaeffekte zu verringern. Die kumulierte Beschreibung aller Geräuschemissionen wird durch ein Schallgutachten erfolgen.

Das Design der Anlagenkomponenten und deren Anordnungen stellt sicher, dass die gesetzlichen Anforderungen eingehalten werden.

2.4.6 Instandhaltung im Betrieb

Einige der eingebauten Anlagenteile der Konverterstation bedürfen einer regelmäßigen Instandhaltung, etwa die Motoren, Lüfter, Kühl- und Lüftungsanlagen, mechanisch bewegte Teile etc. Des Weiteren werden bei Instandhaltungsarbeiten auch zusätzliche Wartungsschritte, Inspektionen, Messungen und Präventivwartungen durchgeführt, um die Zuverlässigkeit des Betriebs über die nächste Instandhaltungsperiode sicherzustellen.

2.5 Technische Bau- und Betriebsmerkmale von ggf. erforderlichen Drehstrom-Freileitungsabschnitten zur Konverteranbindung

Die Konverter sollen möglichst nahe an den gesetzlich vorgesehenen Netzverknüpfungspunkten aufgestellt werden. Bedingt durch die Situation vor Ort kann es allerdings vorkommen, dass der zur Verfügung stehende Standort eine gewisse Entfernung zum Netzverknüpfungspunkt aufweist. Die Verbindung zwischen dem Konverter und dem Anschluss an den Netzverknüpfungspunkt erfolgt vorrangig über eine 380-kV-Drehstrom-Freileitung. Drehstrom-Freileitungen dienen wie die Gleichstromtrassen dem Transport von elektrischer Energie. Kennzeichen der Drehstromtechnik ist das Vorhandensein von drei elektrischen Leitern je Stromkreis, welche sich durch die Phasenverschiebung von 120° ergeben. Diese drei Leiter pro Stromkreis werden auch als System bezeichnet. Die auch als Phasen bezeichneten Leiter haben die Aufgabe, die elektrischen Betriebsströme zu führen. Die Leiter stehen gegenüber der Erde und gegeneinander unter Spannung. Es handelt sich um Wechselspannungen mit einer Frequenz von 50 Hz. Die ggf. notwendige Leitung zwischen Konverter und Netzverknüpfungspunkt umfasst jeweils zwei Stromkreise mit insgesamt sechs Leitern/Phasen. Jeder Leiter besteht aus vier einzelnen, durch Abstandhalter miteinander verbundenen Einzelseilen (Viererbündel).

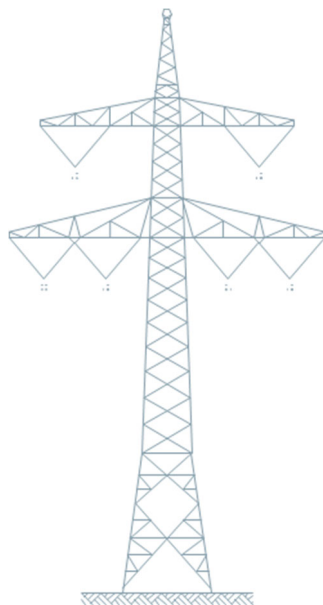
Tabelle 1: Technische Merkmale der Freileitung zur Konverteranbindung

Leitung	2-systemige 380 kV Freileitung mit Stahlgittermastkonstruktion
Leiterseile	Viererbündel
Erdseile	Zwei Erdseile
Grundlastfall	1 GW je Stromkreis
Höchste maximal mögliche Anlagenauslastung (n-1-Fall)	2 GW je Stromkreis
Spannfeldweite	Ca. 300 bis 500 m

2.5.1 Masttypen

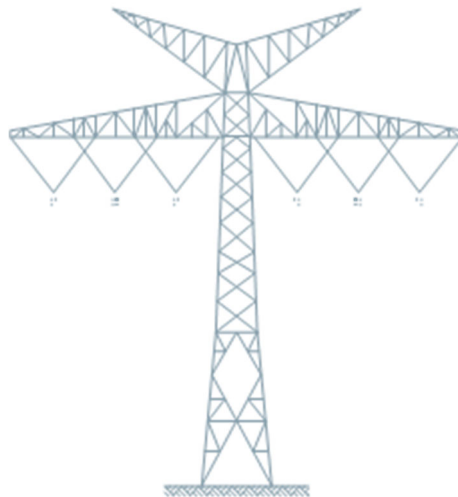
Es gibt verschiedene Masttypen, welche sich durch die Anzahl und Anordnung der Traversen und die an ihnen geführten Stromkreise unterscheiden (siehe Abbildung 19). Auch Kombinationen dieser Mastformen sind im Leitungsverlauf möglich.

Die Maste einer Freileitung werden als Stützpunkte bezeichnet, an denen die Leiter über Isolatorenketten aufgehängt bzw. abgespannt sind. Die Stützpunkte werden im Hinblick auf ihre Funktionen unterschieden in die Mastarten Abspann- bzw. Endmasten (Fixierung der Leiter in Leitungsrichtung mittels Abspannketten) und Tragmasten (Fixierung der Leiter in vertikaler Richtung durch Tragketten).



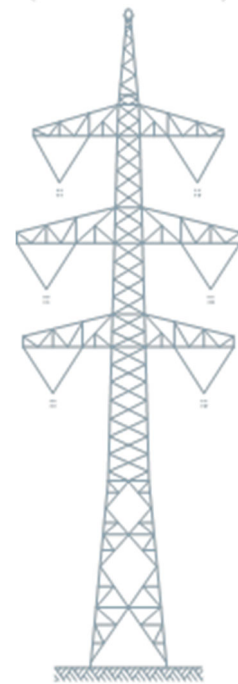
Masttyp „Donau“

Diesen Masttyp setzt TenneT in ganz Deutschland am häufigsten ein. Er bietet einen guten Kompromiss zwischen Masthöhe (ca. 50 – 60 m) und Trassenbreite (ca. 30 m).



Masttyp „Einebene“

Aufgrund seiner geringeren Höhe (ca. 40 – 50 m) wird dieser Masttyp vorwiegend in Regionen mit einer Höhenbegrenzung eingesetzt, z. B. in der Nähe von Flughäfen



Masttyp „Tonne“

Wegen seiner geringen Breite (ca. 20 – 30 m) lassen sich schmale Trassen realisieren. Dies bedingt aber größere Masthöhen (ca. 60 – 70 m).

Abbildung 19: Schematische Darstellung dreier herkömmlicher Stahlgittermastformen für zwei Systeme

2.5.2 Regelquerschnitt der Freileitungsanlage, Schutzstreifen

Der sogenannte Schutzstreifen dient dem Schutz der Freileitung und stellt eine durch Überspannung der Leitung dauernd in Anspruch genommene Fläche dar. Der Schutzbereich ist für die Instandhaltung und den vorschriftsgemäßen sicheren Betrieb einer Freileitung erforderlich. Bis auf die Fläche des Mastes ist die Nutzung der Flächen des Schutzstreifens durch Land- und Viehwirtschaft weiterhin möglich.

Die Größe der Fläche ergibt sich rein technisch aus der durch die Leiterseile überspannten Fläche unter Berücksichtigung der seitlichen Auslenkung der Seile bei Wind und des Schutzabstands nach DIN VDE 50341 Teil 1 und Teil 3 in dem jeweiligen Spannungsfeld.

Bei Annäherung an Gehölzbestände wird aus Sicherheitsgründen ein paralleler Schutzbereich gesichert. Der parallele Schutzbereich berechnet sich aus dem größten Abstand des parabolischen Schutzstreifens zur Leitungsachse im jeweiligen Spannungsfeld zuzüglich eines Sicherheitsabstandes von fünf Metern. Innerhalb des Schutzbereichs bestehen teilweise Aufwuchsbeschränkungen für Gehölzbestände zum Schutz vor umstürzenden oder heranwachsenden Bäumen. Direkt unter der Trasse gelten zudem Beschränkungen für die bauliche Nutzung. Einer weiteren z.B. landwirtschaftlichen Nutzung steht unter Beachtung der Sicherheitsabstände zu den Leiterseilen der Freileitung nichts entgegen.

Die erst im Planfeststellungsverfahren genauer bestimmbare Masthöhe wird im Wesentlichen durch den Masttypen, den Abstand der Masten zueinander (Spannfeldlänge), den daraus resultierenden Leiterseildurchhang im Spannfeld und den erforderlichen Abstand zum Erdboden, die lokale Topographie, die Isolatorlänge sowie die Anforderungen der 26. BImSchV bestimmt.

Der Schutzstreifen beträgt ca. 50 bis 65 m bei einer Spannweite von 300 bis 500 m und beim Einsatz von Donaumasten (Abbildung 19, links).

2.5.3 Bauablauf

Die Freileitungen werden durch Höchstspannungsmaste aufgespannt, die Gesamtbreite der Trasse durch den Schutzstreifen bestimmt. Die Schutzstreifenbreite ist abhängig von den eingesetzten Masttypen sowie dem Abstand der Maste voneinander (Spannfeldlänge). Die Errichtung der Maste umfasst neben den vorbereitenden Baumaßnahmen die Fundamentherstellung, die Mastvormontage, die Mastmontage sowie die Installation der Isolatoren und der Beseilung. Für den Bau sind Baustraßen zu den Maststandorten sowie Baustelleneinrichtungsflächen erforderlich. Genaue Angaben zum Flächenbedarf sind erst auf der Grundlage einer detaillierten technischen Planung in Vorbereitung des späteren Planfeststellungsverfahrens möglich.

2.5.4 Emissionen und Emissionsquellen

2.5.4.1 Elektrische und magnetische Felder

Die Anforderungen der 26. BImSchV für die elektrischen und magnetischen Felder sind einzuhalten. Die Verordnung schreibt für Niederfrequenzanlagen mit einer Frequenz von 50 Hz einen Grenzwert für elektrische Felder von 5 kV/m und für die magnetische Flussdichte einen Grenzwert von 100 µT (Mikrotesla) vor.

2.5.4.2 Geräuschemissionen

Durch Teilentladungen und Koronaeffekte an der Leiterseiloberfläche kann es während des Betriebes zu Geräuschemissionen kommen. Das Auftreten der Koronaeffekte und die Schallleistungen der Bündelleiter können über die Minimierung der Randfeldstärken und konstruktive Maßnahmen an der Leitung begrenzt werden. Die Geräuschemissionen können rechnerisch prognostiziert werden.

Bei einer Kabelübergangsanlage treten Geräusche ggf. an den Armaturen und Seilen auf. Diese Geräuschquelle ist mit der eines Umspannwerkes (ohne Transformatoren) zu vergleichen. Die kumulierte Beschreibung aller Geräuschemissionen erfordert ein Schallgutachten.

Die Immissionsrichtwerte für angrenzende Wohnbereiche sind in der 'TA Lärm' (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm) geregelt.

2.5.5 Instandhaltungsarbeiten im Betrieb

Die Freileitungstrassen werden jährlich inspiziert. Bei Bedarf werden Instandhaltungsarbeiten durchgeführt, die in der Regel Isolatoren, Armaturen, Seile oder auch Mastteile betreffen.

Größere Instandhaltungsarbeiten erfolgen in der Regel alle 30 bis 40 Jahre. Sie umfassen, je nach Zustand der Anlage, Maßnahmen zum Korrosionsschutz, Auswechseln der Isolatoren oder der Leiterseile.

2.6 Technische Bau- und Betriebsmerkmale von ggf. erforderlichen Drehstrom-Erdkabelabschnitten zur Konverteranbindung

Alternativ zu Drehstrom-Freileitungsabschnitten zur Konverteranbindung (s. vorausgegangenes Kapitel) können, unter den im Bundesbedarfsplangesetz (BBPIG) formulierten Ausnahme Fällen, auch Drehstrom-Erdkabelabschnitte errichtet werden.

2.6.1 Kabeltyp

Nachfolgende Beschreibung zum Kabel ist als mögliche Variante zu betrachten.

1	Kupfer-Millikenleiter	7	Kupfer-Drahtschirm
2	Leitfähige Bandierung	8	Gegenwendel
3	Leitschicht innen, leitfähiges VPE	9	Bettung
4	Isolierung, VPE trocken vernetzt	10	Aluminium-Schichtmantel
5	Leitschicht, außen leitfähiges VPE	11	HDPE 3-Außenmantel mit leitfähiger Skinschicht
6	Leitfähiges Polster		

Abbildung 20: Aufbau eines einphasigen 380-kV-Kabels, exemplarische Darstellung

2.6.2 Regelquerschnitt der Kabelanlage, Schutzstreifen

Im Fall einer Verkabelung der AC-Stichverbindung zwischen Konverter und Netzverknüpfungspunkt – zu beachten ist hierbei, dass dies nur möglich ist, wenn die gesetzlichen Bedingungen gemäß BBPIG erfüllt sind – ist eine Verlegung im offenen Kabelgraben oder in Kunststoff-Kabelschutzrohren DN 250 möglich.

In der Regel werden die Kabel in offener Bauweise verlegt. Für 1 GW Übertragungsleistung sind drei Drehstromkabel vorgesehen. Somit sind für das SuedOstLink-Vorhaben (2 GW) 6 Kabel erforderlich.

Die Verlegung der Drehstrom-Erdkabel folgt den gleichen Auslegungsgrundsätzen wie die der Gleichstromkabel.

2.6.3 Bauablauf

Die Bauweise wird unter Berücksichtigung der Anzahl der Kabel und der Verlegeabstände analog der Bauweise bei Gleichstromkabeln realisiert, siehe Kapitel 2.2.4.

2.6.4 Emissionen und Emissionsquellen

Drehstrom-Erdkabel erzeugen magnetische Wechselfelder in ihrer Umgebung. Die magnetischen Flussdichten bleiben aber in den öffentlich zugänglichen Bereichen während des Betriebes unterhalb des Grenzwerts gemäß 26. BImSchV (100 μ T). Elektrische Felder entstehen in der Umgebung von Höchstspannungskabeln konstruktionsbedingt nicht. Höchstspannungskabel erzeugen keine akustischen Emissionen.

2.6.5 Instandhaltungsarbeiten im Betrieb

Die Instandhaltungsarbeiten im Betrieb entsprechen denen der Gleichstromkabel, siehe Kapitel 2.2.6.

2.7 Planungsstandrelevante Kenntnislücken und Prognoseunsicherheiten

Exakte Angaben zur Breite des Arbeitsstreifens oder des Schutzstreifens in der Betriebsphase hängen von der eingesetzten Technologie zum Stromtransport (verwendetes Erdkabel, Spannungsebene) sowie der Bautechnologie bzw. Bauorganisation ab (getaktetes Bauverfahren oder gleichzeitige Grabenherstellung), aber auch von den konkreten Untergrundverhältnissen (Bodenaufbau, geologischer Untergrund, ggf. mit Bauerschweren wie Karsterscheinungen, Dolinen) und der Geländebeschaffenheit (Hangneigung, starke Relieferung, zu querende Infrastrukturen etc.). Deshalb wird in dieser Unterlage bei Technologieoffenheit von einem worst-case-Ansatz ausgegangen, um diese Eventualitäten möglichst abzudecken. So können im Planungsfortschritt diese Annahmen konkretisiert werden, ohne dass größere Dimensionierungen des Vorhabens zu erwarten sind.

Die Frage der Erwärmung im Umfeld der Erdkabel hängt von vielen Faktoren ab; zum einen von dem technischen Aufbau (Kern, Ummantelung) und der Anordnung der Kabel (Abstände untereinander, Verlegetiefe) und zum anderen von dem umgebenden Medium Boden (Wärmeleitfähigkeit, Anteil Bodenluft- und Bodenwasserporenvolumen, Mächtigkeit, Wassersättigungsverlauf im Tages- und Jahresgang). Ohne Vorliegen dieser Kenngrößen, die erst im Zuge einer Baugrunduntersuchung in späteren Planungsphasen ermittelt werden, sind keine für eine Bewertung ausreichend detaillierten Angaben möglich. Genauere Angaben zur Bodenerwärmung und ihrer Folgen können erst bei Konkretisierung der Planung in der nächsten Planungsebene getroffen werden.

Nach den Ergebnissen der Studie „Auswirkungen verschiedener Erdkabelsysteme auf Natur und Landschaft“; EKNA (FKZ 3514 82 1600; P. Ahmels et al.) ist jedoch davon auszugehen, dass von HGÜ-Erdkabeln keine nachhaltigen Beeinträchtigungen weder in Bezug auf landwirtschaftlichen Erträge noch auf ökologische Belange zu erwarten sind: *„Die betriebsbedingten Auswirkungen auf den Boden und den Wasserhaushalt sowie auf den Boden als Lebensraum durch Wärmeabgabe des Stromleiters sind nach bisherigem Kenntnisstand gering. Die Temperaturveränderungen an der Bodenoberfläche liegen nach den Ergebnissen der bisher durchgeführten Feldversuche im Bereich der natürlichen Schwankungsbreite. Eine Bodenaustrocknung im Wurzelraum ist nicht zu erwarten. Durch ein ökologisches Monitoring bei künftigen Vorhaben, sollte die derzeit schmale empirische Basis verbreitert werden.“* (EKNA/P. Ahmels et al.; S. 192).

Im Pipelinebau sind für die Abstände zu Stromleitungen insbesondere Anforderungen an den kathodischen Korrosionsschutz (KKS) ausschlaggebend. Sowohl die Rohrleitung als auch Metallmaste sind gegen Korrosion mit einem Kathodenschutzsystem geschützt. Die Systeme können sich gegenseitig beeinflussen. Bei längeren Parallelverlegungen können Induktionsprobleme auftreten. Hier liegen für Gleichstrom-Kabelsysteme noch keine abgesicherten Erfahrungen vor, ab welcher Parallelverlegungslänge relevante Wechselwirkungen auftreten. Festlegungen zu Konsequenzen aus Wechselwirkungen mit Gleichstromsystemen werden zurzeit vom Arbeitskreis für Korrosionsfragen (AfK beim DVGW/VDE) beraten. Bis zum Vorliegen von diesbezüglichen Ergebnissen sind für konkrete Parallellagen/Kreuzungen (Entwurfsphase) Abstände im Einzelfall abzustimmen. Hilfsweise kann dies in Anlehnung an die AfK-Empfehlung Nr. 3 „Maßnahmen beim Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungs-Wechselstromanlagen und Wechselstrom-Bahnanlagen“ erfolgen.

3 Beschreibung bautechnisch anspruchsvoller Querungen

3.1 Vorbemerkung

In den folgenden Kapiteln werden kritische Bereiche in den Trassenkorridorsegmenten dargestellt. Die vorgestellten Trassenverläufe und technischen Möglichkeiten stellen nach aktuellem Kenntnisstand auf der Ebene der Bundesfachplanung die bautechnisch günstigste Möglichkeit dar. Eine vertiefte Diskussion von Alternativen kann jedoch erst auf Basis der Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen in der nächsten Planungsebene durchgeführt werden. Eine Gesamtübersicht der Querungen findet sich in den SUP-Unterlagen.

In den folgenden Kapiteln findet sich jeweils eine Abbildung, in der z. B. die Korridor Grenzen, der Verlauf der potTA sowie eine Auswahl an Schutz- und Restriktionsgebieten dargestellt sind, letztere dienen neben der Verwendung des Luftbildes lediglich zur Verdeutlichung der Raumsituation und bilden nicht die Gesamtheit der berücksichtigten Kriterien ab. Die vorkommenden Signaturen sind im Folgenden erläutert:

Abgrenzung des Trassenkorridorsegments:	orange Linie
Potentielle Trassenachse:	rote Linie
Geschlossene Querungen:	blaue Linie auf potentielle Trassenachse
FHH-Gebiet:	rote Fläche
Naturschutzgebiet:	grüne Fläche
Vogelschutzgebiet:	dunkelgraue Fläche
Wasserschutzgebiete:	dunkelblau schraffierte Fläche
Stillgewässer:	hellblaue Flächen
Fließgewässer:	dunkelblaue Linien
Straßen:	braune Linie
Bahnstrecken:	grüne Linien

Um die Übersichtlichkeit zu erhalten wurden nicht alle geschützten Bereiche (z. B. Biotope oder sensible Flächen) eingeblendet:

3.2 Beschreibung bautechnisch anspruchsvoller Querungen – Abschnitt D

3.2.1 Spielberg bei Naabeck (TKS 073_075_076a1)

Übersicht

Westlich der Ortschaft Naabeck verläuft die Trasse – wie auch in den Abschnitten nördlich und südlich von Spielberg – in Parallellage zu zwei OGE-Gasleitungen am Waldrand entlang. Es handelt sich um einen Hangbereich (jedoch kein Steilhang), der nach Osten zur Naab hin abfällt. Die Ortschaft Spielberg liegt am Waldrand, dort findet sich auch eine umzäunte Brunnenfassung. Durch die bestehende Lücke zwischen Brunnen und Ortslage Spielberg verlaufen die beiden o. g. Gasleitungen, so dass die Verlegung der SOL-Trasse hier nicht mehr oder nur unter erheblichem technischen Aufwand in Abstimmung mit den Leitungsbetreibern möglich ist. Das Teilstück im Korridor zwischen Spielberg und TKS-Grenze ist durch Bebauung bzw.

Steilhanglagen für die SOL-Verlegung nicht nutzbar, so dass die Trasse westlich der Brunnenfassung im Wald bzw. Waldrand verlaufen muss.

Der Wald ist hier forstlich genutzt und weist keine naturschutzfachlichen Besonderheiten auf. Im Korridor befinden sich keine Schutzgebietsausweisungen, allerdings ist die Naab als FFH-Gebiet ausgewiesen (Abstand Luftlinie zwischen Schutzgebiet und Trasse: ca. 900 m).

Neben den beiden bereits benannten OGE-Gasleitungen sind laut Hinweisschildern noch Wasserleitungen vorhanden, deren genauer Verlauf vor Ort nicht ermittelt werden konnte.

Geologie

Gemäß digitaler Übersichtskarten des geologischen Landesamtes ist der Querungsbereich geprägt von Gesteinsschichten des Jura. Diese Schichten der Unteren Aalen bestehen aus Tonstein, wohingegen die Schichten der Oberen Aalen bis Callov-Schichten aus feinkörnigen Sandstein und Eisenerzflözen bestehen welche von Kalkstein, Mergelstein, und Kalksandstein überlagert werden.

Grundwasserleiter in den Gesteinsschichten liegen als gering leitende bis leitende Kluftgrundwasserleiter vor.

Die Bodentypen in diesem Bereich bilden vorwiegend Braunerden und teilweise Pseudogley-Braunerden sowie Regosole bis Regosol-Braunerden.



Abbildung 21: Spielberg bei Naabeck

Bauverfahren

Durch die Brunnenfassung sowie die vorhandenen Leitungen muss die SOL zwischen Brunnen und Wald geführt werden. Da sich die Umzäunung des Brunnens direkt am Waldrand befindet, muss für die Trasse eine neue Schneise im Wald errichtet werden bzw. der Waldrand zurückgesetzt werden (der hier verlaufen-

de kleine Pfad ist zu schmal für die Aufnahme der SOL-Trasse). In dem Bereich ist laut Auskunft der Anwohner mit leichten Hangrutschungen zu rechnen, so dass zwischen Brunnen und Wald der Kabelgraben bauzeitlich durch Spundwände auf einer Länge von ca. 100 - 150 m zu sichern ist. Zur Verringerung der Breite der Schneise ist zu überlegen, die beiden Kabel in den parallel laufenden Kabelgräben nicht neben-, sondern übereinander zu verlegen und den Abstand der beiden Kabelgräben auf der betroffenen Länge von ca. 100 - 150 m zu verringern.

Zufahrten und Baustelleneinrichtung

Die Baustelle ist über die Gemeindestraße von Naabeck nach Spielberg sowie über das gut ausgebaute Wirtschaftswegenetz um Spielberg problemlos zu erreichen. Der Antransport von Schwermaschinen muss allerdings von Norden über die dort befestigten Wirtschaftswege und den Arbeitsstreifen erfolgen, da die Straße in Spielberg teilweise zu steil und kurvig ist.

3.2.2 Naab-Querung bei Katzdorf (TKS 073_075_076a3)

Übersicht

Nördlich von Katzdorf führt das TKS über die Naab. Der Fluss verläuft hier in einer breiten, landwirtschaftlich (Grünland, Ackerbau) genutzten Aue, in der sich Reste von Altarmen (oft nur noch an Bäumen und Sträuchern erkennbar) sowie kleinere Teiche befinden. Der Fluss mit der angrenzenden Gewässerbegleitvegetation ist als FFH-Gebiet ausgewiesen, so dass eine geschlossene Querung des Fließgewässers mit dem FFH-Gebiet vorgesehen ist.

Östlich der Naab befindet sich eine größere Teichlandschaft teilweise im Korridor (z. B. Neuweiher), die aber von der potentiellen Trassenachse nicht beeinträchtigt wird.

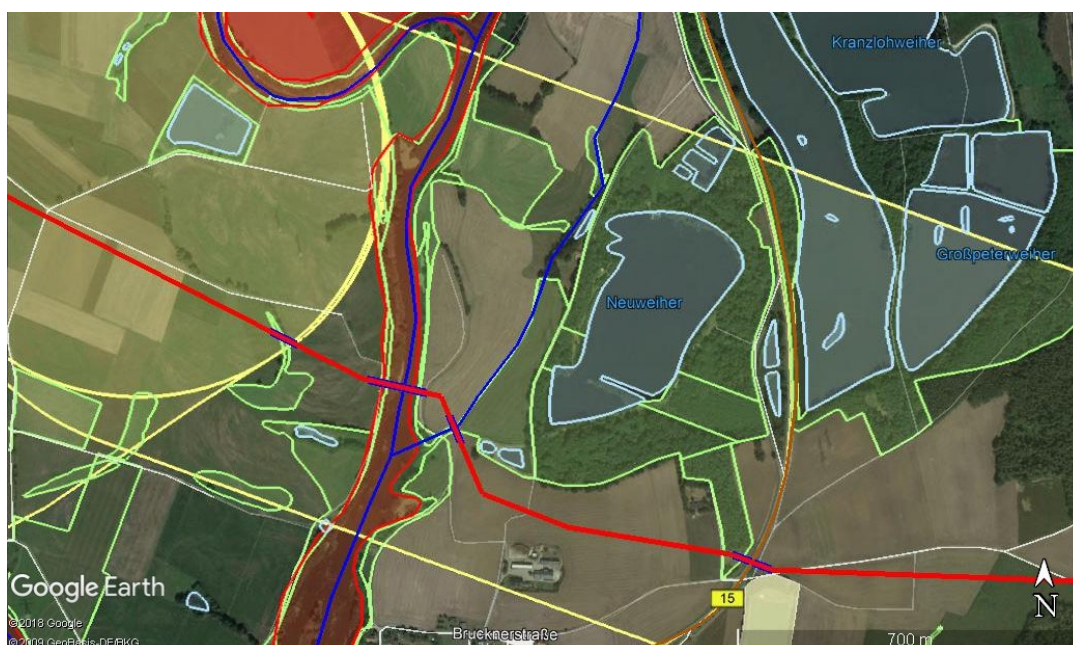


Abbildung 22: Naab-Querung bei Katzdorf

Geologie

Nach Angaben der digitalen Übersichtskarten des geologischen Landesamtes ist der Querungsbereich der Naab bzw. die Naab-Aue geprägt von quartären Ablagerungen des Holozäns. Dabei handelt es sich um Sande und Kiese, welche zum Teil von Flusslehm oder Flussmergel überlagert werden.

Grundwasserleiter in den Ablagerungen liegen als Porengrundwasserleiter vor.

Die Bodentypen in diesem Bereich bilden vorwiegend Gleye bis Braunerde-Gleye, Anmoorgleye und Vegen.

Bauverfahren

Wegen des entlang des Flusses ausgewiesenen FFH-Gebietes ist eine geschlossene Querung erforderlich. Vorgesehen ist ein HDD mit einer Länge von ca. 200 m, das auch die sensiblen Auenbereiche mit einschließt.

Auf Grund der besseren Zugänglichkeit für schweres Bohrgerät wird die Rig-Site (Bohranlage) auf der Ostseite der Naab errichtet, die Pipe-Site auf der Westseite.

Bisher sind keine besonderen Risiken für die geschlossene Querung erkennbar, außer ggf. im Untergrund auftretende, größere Gesteinsblöcke, die in dieser Region nie ausgeschlossen werden können.

Zufahrten und Baustelleneinrichtung

Im Westen ist die Baustelle an der Naab über Wirtschaftswege von der Ortschaft Bubach aus gut zu erreichen; das letzte Zufahrtsstück erfolgt dabei über die Baustraße im Arbeitsstreifen.

Von Osten erfolgt die Zufahrt über die St2397, die von Katzdorf aus nach Norden führt und den Korridor quert, auf den Arbeitsstreifen und zur Querungsstelle. Alternativ kann ein Wirtschaftsweg bzw. eine Zufahrt zu einem Aussiedlerhof nördlich von Katzdorf als Zufahrtsweg genutzt werden.

3.2.3 Regen-Querung bei Hinterberg (TKS 073_075_076a3)

Übersicht

Westlich von Obermainsbach wird der Regen gequert. Der Fluss führt hier durch eine relativ breite Aue (ca. 400 - 500 m) und ist beidseitig von steileren Hängen bis Steilhängen aus (Kristall-) Granit umgeben. Der Auenbereich ist landwirtschaftlich genutzt (Grünland, Ackerbau). Im Osten ragt die Ortschaft Entermainsbach in den Korridor, wird aber von der geplanten SOL-Trassenführung nicht beeinträchtigt, auch nicht im Hinblick auf eine mögliche Erweiterung einzelner landwirtschaftlicher Betriebe am Westrand der Ortschaft.

Der Fluss Regen zusammen mit seinen Uferbereichen ist als FFH-Gebiet ausgewiesen, das eine Breite von ca. 60 bis 80 m aufweist. Im Regen-Tal verlaufen mehrere Leitungen (Wasserleitungen, Strom- und Tele-

kommunikationskabel), die bei der SOL-Verlegung berücksichtigt werden müssen, aber kein Hindernis darstellen.

Die Bereiche westlich von Entermainsbach sind als Verdachtsflächen für Bodendenkmäler ausgewiesen, die aber von der potentiellen Trassenachse vermieden werden.

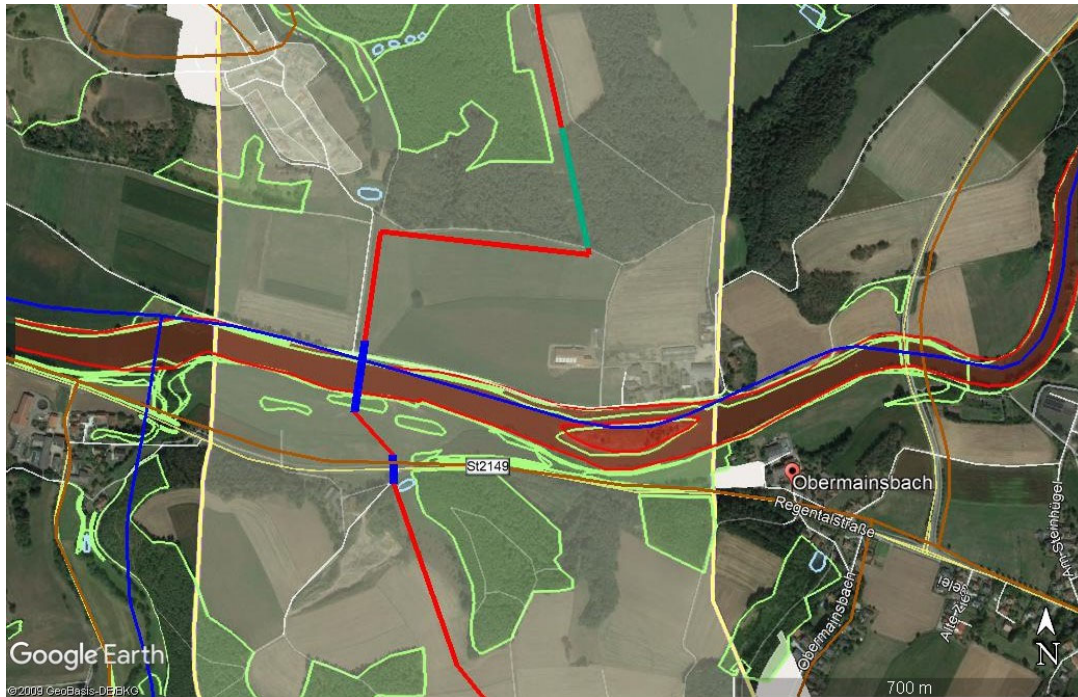


Abbildung 23: Regen-Querung bei Hinterberg

Geologie

Gemäß Geologischer Karte stehen im Tal des Regens Talböden und holozäne Ablagerungen an. Erfahrungsgemäß sind hier oberflächennah bindige bis gemischtkörnige Hochflutlehme und Hochflutsande über rolligen Terrassensedimenten anzutreffen. Die Quartärmächtigkeit ist mit wenigen Metern sehr gering. Etwas weiter flussaufwärts sind im Flussbett des Regen bereits Granitfindlinge erkennbar.

Das Hügelland einschließlich der Talhänge, das sich südlich und nördlich an das Flusstal anschließt, wird aus mittel- bis grobkörnigem Kristallgranit aufgebaut. Die quartäre Überdeckung aus Hangschutt wird mit wenigen Metern sehr gering sein.

Im geplanten Querungsbereich des Regen ist davon auszugehen, dass nur bis in mittlere Tiefen von ca. 3 m bis 5 m quartäre Sedimentfüllungen anstehen. Darunter steht Granit an. Der Granit kann – wie vorbeschrieben – grusig-mürb verwittert sein, es können aber auch Härtlinge mit Druckfestigkeiten bis 400 MPa eingeschaltet sein. Aus Erfahrungen bei einer anderen Querung des Regen bei Nittenau ist bekannt, dass im Flussbett große Granitfindlinge auftreten können. Die quartären Schichten werden als stark bis sehr stark durchlässig eingestuft.

Zufahrten und Baustelleneinrichtung

Die Baustelle im Regen-Tal ist im Norden über die Ortschaft Neuhaus und die von dort nach Süden führende Gemeindeverbindungsstraßen bzw. befestigte Wirtschaftswege gut zu erreichen.

Im Süden erfolgt der Zugang zur Baustraße über die St2149, die am Hangfuß südlich parallel des Flusses bzw. der Flussaue verläuft; von der Straße, die den TKS quert, gehen Zufahrten in den Niederungsbereich ab.

Bauverfahren

Die Querung des Flusses Regen erfolgt im HDD-Verfahren auf einer Länge von ca. 250 m, so dass der Fluss zusammen mit dem FFH-Gebiet unterkreuzt wird. Gemäß den Aussagen der geotechnischen Bewertung sollte die Bohrkurve sehr flach unter dem Regen geplant werden (allerdings mit mind. 3 m Abstand unter der Flusssohle), um die möglichen Granitschichten bzw. Härtlinge zu vermeiden. Das Bohrgerät wird dabei auf der Südseite aufgestellt (bessere Zufahrtsmöglichkeiten für Schwerlastverkehr über die St2149). Die Baugruben befinden sich bereits wieder auf den ansteigenden, etwas höheren und trockeneren Bereichen des Regens. Dennoch müssen ggf. für die Baugruben Sicherungsmaßnahmen gegen mögliche Hochwasser eingerichtet oder zumindest vorgehalten werden. Die Querung erfolgt ca. 50 m östlich einer Stelle, an der im Frühjahr 2017 ein Kabel im HDD-Verfahren unter den Regen geführt wurde.

Am Nordhang des Regentales führt die Trasse parallel zu einer 380 kV-Freileitung am westlichen Rand des Freileitungsschutzstreifens. Es handelt sich um einen steileren Hangbereich, bei dem auf einer Länge von ca. 200 m mit erschwerten Baubedingungen durch die Hangneigung (bis 30 %) und den felsigen Untergrund (verwitterter Granit) zu rechnen ist.

Südlich des Naabtals quert die SOL-Trasse zuerst die St2149 und anschließend ein Hangstück, das relativ flach ist. Westlich davon befindet sich ein alter Steinbruch, östlich davon teilweise senkrecht anstehende Felswände, so dass diese Lücke die günstigste Quermöglichkeit des Regental-Südhangs darstellt.

3.2.4 Donau-Nordhang zwischen Frauenzell und Wiesent (TKS 090a1)

Übersicht

Im Abschnitt zwischen etwa Frauenzell im Norden und Wiesent im Süden führt das Trassenkorridorsegment über einen meist bewaldeten Hang zur Donau-Niederung.

Im nördlichen Teil um Frauenzell und Himmelbachtal führt der Korridor meist über hängige, landwirtschaftlich genutzte Flächen (Grünland und Acker), die v. a. im westlichen Teil des TKS 090a1 kleinräumig gegliedert und oft von Hecken und Baumreihen unterteilt sind. Am östlichen Rand finden sich meist größere Ackerbereiche.

Südlich von Frauenzell bis etwa Ettersdorf wird das TKS vollständig von Wald bzw. Forst eingenommen.

Am nordöstlichen Rand ragt ein Wasserschutzgebiet in den TKS, ein großflächiges FFH-Gebiet westlich von Frauenzell, das einen Großteil des Forstmühler Forstes einnimmt, befindet sich vollständig außerhalb des Korridors. Weitere Schutzgebiete (außer Landschaftsgebiet, auf das hier nicht eingegangen werden soll) sind nicht ausgewiesen, doch ist nach den bisher durchgeführten Geländebegehungen davon auszugehen, dass

im nördlichen Bereich um Frauenzell am Waldrand und außerhalb des Waldes geschützte Biotope (z. B. Feuchtgebiete) anzutreffen sind.



Abbildung 24: Donau-Nordhang bei Wiesen

Geologie

Basierend auf der digitalen Übersichtskarte des geologischen Landesamtes ist der Querungsbereich geprägt durch Gesteinsschichten des Karbon bis Perm sowie den quartären Ablagerungen des Pleistozäns im Bereich zur Donau hin.

Diese Gesteinsschichten bestehen aus grobkörnigen, porphyrischen Graniten wohingegen die Ablagerungen des Quartär von Fließerden, Lehm und zum Teil kiesigen Sand gebildet werden.

Grundwasserleiter liegen als gering leitende Kluftgrundwasserleiter und zur Donau hin als Porengrundwasserleiter vor.

Die Bodentypen in diesem Bereich bilden vorwiegend Braunerden sowie zur Donau hin auch Pseudogley-Braunerden.

Teilweise befinden sich im Korridor harte Granitschichten, die schwer zu bearbeiten sind. Die potentielle Trassenachse verläuft aber im Wesentlichen auf Gneis, der bis eine Tiefenlage von 1,5 bis 2 m verwittert ist.

Zufahrten und Baustelleneinrichtung

Die Baustellen im TKS sind über Forst- und Wirtschaftswege, die von der Kreisstraße R42, die etwa mittig durch den Korridor läuft, gut zu erreichen. Da die R42 im Wald kurvig verläuft und teilweise unübersichtlich ist, müssen ausreichend Verkehrssicherungsmaßnahmen während der Bauzeit eingerichtet werden (Beschilderung, Geschwindigkeitsbeschränkungen etc.).

Bauverfahren

Der Bau soll im offenen Verfahren erfolgen. Die potentielle Trassenachse verläuft im Bereich Frauenzell über die z. T. größeren Ackerschläge am Nord-/Nordostrand des Korridors. Im Waldgebiet folgt die Trasse der Kreisstraße R42.

Entlang der potentiellen Trassenachse finden sich hauptsächlich Gneise, die bis in eine Tiefenlage von 1,5 bis 2 m verwittert sind, so dass die Errichtung des Kabelgrabens ohne besonderes Werkzeug (z. B. Felsmeißel) möglich ist.

Im südlichen Teil bei Ettersdorf befindet sich auf einer Länge von ca. 100 m ein bewaldeter Steilhang, der bautechnisch etwas schwieriger, aber auch im offenen Verfahren gequert werden kann.

3.2.5 Steilhang und Naab-Querung bei See (TKS 077_082a2)

Übersicht

Nordöstlich der kleinen Ortschaft See (nördlich von Kallmünz) quert das TKS 077_082a2 einen Steilhang aus Muschelkalk zum Naab-Tal. Da sich sowohl weiter nördlich als auch südlich der Ortschaft See Steilhänge mit naturschutzfachlichen wertvollen Wacholdertrockenrasen anschließen, ist die Trassenführung auf den Bereich unmittelbar nordöstlich der Ortschaft begrenzt.

Die Zonen um See werden landwirtschaftlich genutzt, an den Steilhängen bzw. Hängen zur Naab stocken Wälder (Mischwälder).

In der Naab-Niederung wird ebenfalls Landwirtschaft betrieben, wobei hier Grünland dominiert.

Die Kalkhänge bei See sind nicht als Schutzgebiete ausgewiesen, allerdings ist die Naab mit ihren Gewässerrandbereichen durchgehend als FFH-Gebiet klassifiziert.

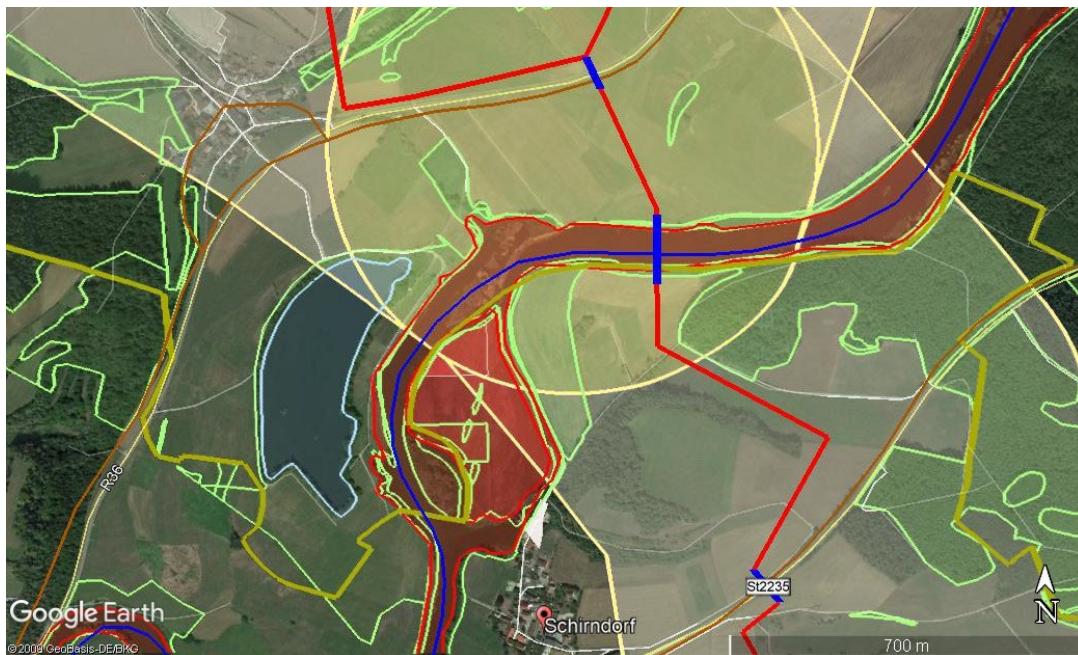


Abbildung 25: Steilhang und Naab-Querung bei See

Geologie

Laut geologischer Karte handelt es sich bei den Steilhängen um die Ortschaft See um dickbankigen Kalkstein, in dem lokal dünne Lagen aus Dolomit auftreten können. Die Gesteine sind stark verkarstet (Karbonatkarst mit offenen Klüften und Spalten).

Der Querungsbereich der Naab ist geprägt durch fluviatile, quartäre Ablagerungen des Holozän, limnisch fluviatile Ablagerungen des Miozän sowie den Kimmeridge-Schichten des Oberjura.

Die Ablagerungen des Holozäns im Naab-Bereich werden aus Schluffen, Sanden und Kiesen gebildet, wohingegen der Bereich des Steilhangs aus Gesteinsschichten der Jura aus Riff-Kalkstein und Schwamm-Kalkstein bestehen sowie Sand-, Kies- und Braunkohlelagen des Miozän besteht.

Grundwasserleiter liegen als Porengrundwasserleiter im Naab-Bereich und in geringerem Umfang als Kluftgrundwasserleiter im Steilhangbereich vor.

Die Bodentypen in diesem Bereich bilden vorwiegend Gleye, Braunerden und Vegen.

Zufahrten und Baustelleneinrichtung

Die Hangquerung bei See ist über das gut ausgebaute Wirtschaftswegenetz um die Ortschaft von allen Seiten gut zu erreichen.

Zur Naab-Querung führen von Norden, abgehend von der Kreisstraße SAD7, gut ausgebaute Wirtschaftswege zur Baustelle.

Von Süden kann die Baustelle über einen von der St2235 abgehenden Wirtschaftsweg angefahren werden.

Bauverfahren

Für eine geschlossene Querung des Hanges bei See liegen – unabhängig vom gewählten Verfahren – sehr ungünstige Verhältnisse vor; methodisch wäre nur ein Mikrotunnel mit hohem Aufwand möglich, HDD und Pressungen scheiden auf Grund der Härte des vorgefundenen Gesteins aus. Demgemäß ist eine offene Querung des Hanges nordöstlich der Ortschaft See vorgesehen, wobei Spezialwerkzeug (Felsfräse, -meisel) eingesetzt werden muss.

Die Querung der Naab erfolgt im HDD-Verfahren mit einer Länge von ca. 200 m, wobei die gewässerbegleitende Vegetation bzw. das Schutzgebiet an der Naab mit unterkreuzt wird. Es handelt sich hier um Überschwemmungsböden mit Sedimenten, so dass auch Kiese und größere Steine vorkommen können. Insgesamt soll für eine HDD-Bohrung keine größere Schwierigkeit auftreten, zumal die Bohrkurve relativ flach gehalten werden kann (ca. 3 m unter Naab-Sohle). Das Bohrgerät (Rig-Site) ist auf der trockeneren Südseite aufzustellen, so dass der dorthin führende Wirtschaftsweg evtl. ausgebaut werden muss. Auf der Nordseite der Naab (Pipe-Site) ist Überschwemmungsschutz vorzuhalten.

3.2.6 Regen-Querung bei Laub (TKS 081_084)

Übersicht

Südlich von Regenstauf, etwa 300 m nördlich von Laub quert das TKS den Fluss Regen mit seinen Niederungsbereichen. Der Fluss selbst sowie Altarme in der Niederung sind als FFH-Gebiet ausgewiesen. Westlich und südöstlich der TKS-Grenzen (bei Laub auch im Korridor) befinden sich Wasserschutzgebiete.

Östlich des Regen ist der Korridor durch Wohngebiete von Laub, im Norden durch ein Gewerbegebiet eingeschränkt, wobei sich die vorhandene Lücke als Erweiterung des Wohn- bzw. Gewerbegebietes anbietet. Allerdings quert an dieser Stelle eine Hochspannungsfreileitung den Fluss, so dass die Querung so in den Schutzstreifen der Freileitung gelegt werden kann, dass eine Erweiterung der Flächen von Norden oder Süden in den Korridor die Trasse nicht beeinträchtigt.

Westlich des Regen befindet sich im Auenbereich Grünlandnutzung. Auch außerhalb der FFH-Gebiete finden sich schützenswerte Bereiche (Weißstorch-Schutzzone), so dass eine geschlossene Querung nicht nur für den Flusslauf selbst, sondern auch den gesamten Niederungsbereich vorgesehen ist.

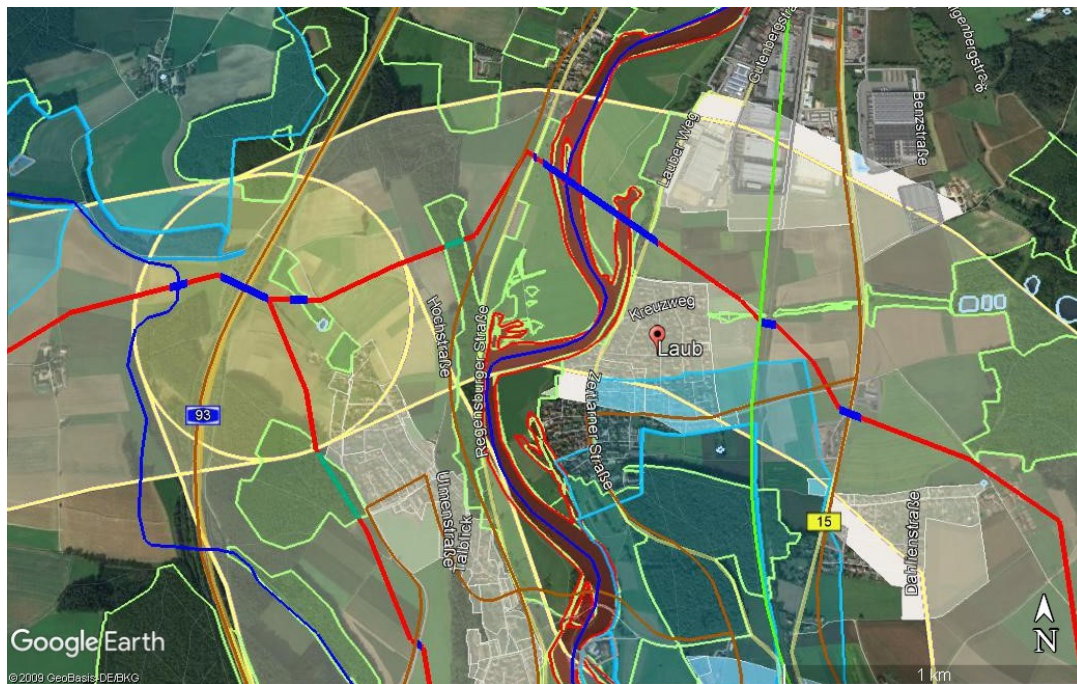


Abbildung 26: Regen-Querung bei Laub

Geologie

Nach Angaben der geologischen Karte stehen im Flusstal jüngere quartäre Sedimente an, welche nicht weiter untergliedert sind. Erfahrungsgemäß handelt es sich hier um feinkörnige Auensedimente, die im Hangenden von rolligen Terrassensedimenten abgelagert sind. Östlich des Regen stehen pleistozäne Terrassenschotter mit einer Mächtigkeit von bis zu 10 m an. Im Westen erreichen diese pleistozänen Terrassensedimente eine Mächtigkeit bis zu 5 m. Zu den Rändern der holozänen Fließrinne bilden die pleistozänen Schotter typische Terrassenkanten.

Im geplanten Querungsbereich des Regen ist davon auszugehen, dass bis in größere Tiefen von ca. 13 bis 20 m quartäre / tertiäre Sedimentfüllungen anstehen. Darunter steht Mergel an. Die quartären Schichten sind als stark bis sehr stark durchlässig einzustufen.

Die Bodentypen in diesem Bereich bilden vorwiegend Gley-Vegen und Vegen-Gleye.

Zufahrten und Baustelleneinrichtung

Im Westen kann die Querungsstelle über die Ortsverbindungsstraße von Edlhausen nach Laub bzw. Riesen ohne Probleme angefahren werden.

Im Osten dient die Verbindungsstraße zwischen Laub und Gewerbegebiet als Zufahrt.

Auf beiden Seiten sind ausreichend Baustelleneinrichtungsflächen auf (trockenen) Äckern möglich.

Bauverfahren

Laut geotechnischer Betrachtung ist eine geschlossene Querung im HDD mit Risiken auf Grund des zu erwartenden Baugrundes behaftet. Dennoch wird hier von der Möglichkeit eines HDD als favorisierter Kreuzungsmethode ausgegangen. Sollten spätere Baugrunduntersuchungen zeigen, dass diese Methode hier nicht anwendbar ist, müsste ggf. ein Easy-Pipe oder Mikrotunnel vorgesehen werden.

Das Bohrgerät wird auf dem höher gelegenen, trockenen Teil westlich der Straße von Edlhausen nach Riesen angelegt. Von dort erfolgt die ca. 670 m lange Bohrung in südöstlicher Richtung in Parallellage zur Hochspannungsfreileitung. Dabei werden der Regen, ein Altarm des Flusses, die Auenbereiche sowie die Verbindungsstraße zwischen Laub und dem Gewerbegebiet geschlossen unterquert. Interessant wäre es, auch die weiter östlich gelegene Bahnstrecke mit geschlossen zu unterqueren, doch würde dann die maximale Bohrlänge von ca. 1.000 m überschritten. Sollten bis zur Erstellung der Planfeststellungsunterlagen längere Kabel und damit längere HDD-Bohrungen möglich sein, ist diese Option, auch im Hinblick auf Baugrundrisiken (Baugrund und Länge), noch zu prüfen.

Auf Grund der Länge und des geologischen Untergrunds ist die Querung im HDD-Verfahren mit Risiken behaftet (s. o. Geologie), so dass vor Baubeginn bzw. im Planfeststellungsverfahren genaue Baugrunduntersuchungen in einem dichten Raster entlang der Bohrung durchgeführt werden müssen.

3.2.7 Regen-Querung bei Zeitlarn (TKS 086)

Übersicht

Zwischen Regendorf im Norden und Zeitlarn im Süden quert das TKS 086 die Regenniederung.

Der Fluss verläuft hier in einer weiten Schleife zwischen den beiden Orten nach Süden. Entlang des Fließgewässers ist ein FFH-Gebiet ausgewiesen. Im Norden innerhalb des TKS 086 befindet sich ein Wasserschutzgebiet.

Zwischen den Ortschaften Zeitlarn und Mühlhof-Regendorf befindet sich eine über 400 m breite Baulücke, durch die die Trasse geführt werden soll.

Auf Grund der Schutzgebietsausweisung entlang des Regen ist eine geschlossene Querung vorgesehen. Eine gemeinsame geschlossene Kreuzung des Flusses sowie der östlich verlaufenden Bahnstrecke ist auf Grund der Länge von über 1.000 m nach gegenwärtigem Planungsstand (Begrenzung der Kabellänge auf ca. 1.000 m) nicht möglich.

Geologie

Nach Angaben der geologischen Karte stehen im Flusstal jüngere quartäre Sedimente an, welche nicht weiter untergliedert sind. Erfahrungsgemäß handelt es sich hier um feinkörnige Auensedimente, welche im Hangenden von rolligen Terrassensedimenten abgelagert sind. Östlich des Regen stehen pleistozäne Terrassenschotter mit einer Mächtigkeit von bis zu 10 m an. Im Westen erreichen diese pleistozänen Terrassensedimente eine Mächtigkeit von bis zu 5 m. Zu den Rändern der holozänen Fließrinne bilden die pleistozänen Schotter typische Terrassenkanten.

Im geplanten Querungsbereich des Regen ist davon auszugehen, dass bis in größere Tiefen quartäre / tertiäre Sedimentfüllungen anstehen. Darunter steht Mergel an. Die quartären Schichten liegen als Porengrundwasserleiter vor.

Die Bodentypen in diesem Bereich bilden vorwiegend Gley-Vegen und Vegen-Gleye sowie Braunerden und vereinzelt Podsole.

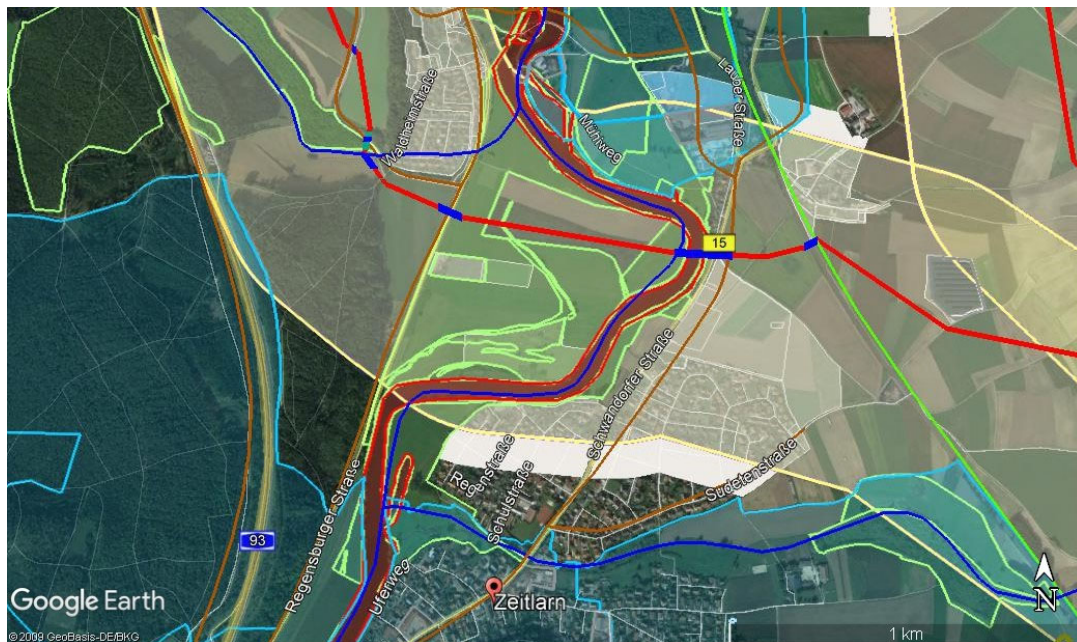


Abbildung 27: Regen-Querung bei Zeitlarn

Zufahrten und Baustelleneinrichtung

Im Westen ist die Baustelle über die Ortsverbindungsstraße zwischen Zeitlarn und Regendorf zu erreichen; diese Straße quert den Korridor, so dass von dort in die Regenniederung im Arbeitsstreifen eine Baustraße errichtet werden kann bzw. muss.

Im Osten erfolgt der Zugang zur Baustelle über einen von der B15 abgehenden Wirtschaftsweg sowie die Baustraße im Arbeitsstreifen.

Bauverfahren

Trotz der möglichen Risiken aus geotechnischer Sicht wird für die Querung ein HDD mit einer Länge von ca. 600 bis 700 m vorgesehen – auch aus der Länge ergeben sich zusätzliche Risiken für dieses Verfahren. Alternativ wären Easy Pipe oder Mikrotunnel einsetzbar.

Bei einem HDD würde das Bohrgerät (Rig-Site) auf der Ostseite des Regen errichtet werden, so dass die Straße zwischen Zeitlarn und Regendorf sowie die Terrassenkante am Ostrand der Regen-Niederung mit geschlossen unterquert würde. Um die Länge möglichst kurz zu halten, würde die Pipe-Site auf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche westlich des Regen in der Niederung errichtet werden, so dass die Baustelle

auch auf mögliche Überschwemmungen mit vorbereitet sein muss. Durch die Lage in der Niederung des Regen ergeben sich zusätzliche Aufwendungen für die Baustellenzufahrt (Baustraße etc.).

3.2.8 B16-Querung bei Wenzenbach (TKS 085a3)

Übersicht

Östlich von Wenzenbach quert das TKS 085a3 die Bundesstraße B16, die von Bernhardswald nach Wenzenbach führt. Das Gebiet ist durch kleinere und größere Wald- und Forstgebiete geprägt, wobei die Trasse selbst über Ackerflächen führt.

Südlich der Bundesstraße verläuft der Forstbach in etwa parallel zur Straße.

Die Bundesstraße, die hier von der Trasse gequert werden muss, befindet sich in einer Hanglage im Einschnitt. Da es sich um eine klassifizierte, gut befahrene Straße handelt, ist eine geschlossene Querung erforderlich.

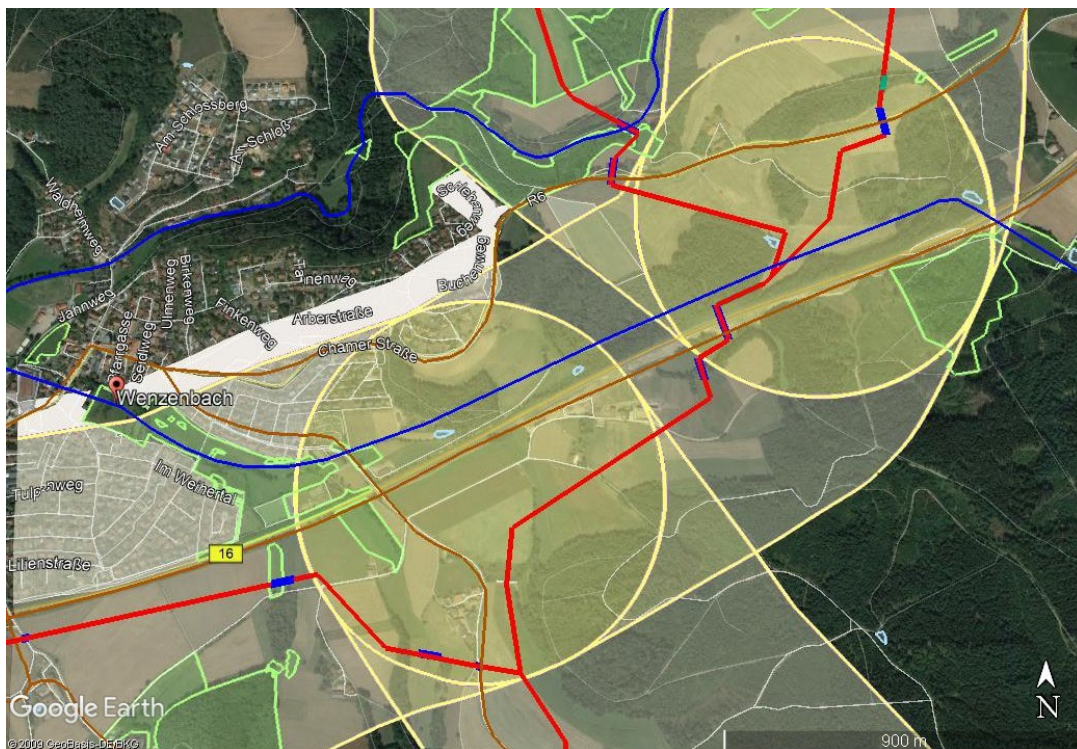


Abbildung 28: B16-Querung bei Wenzenbach

Geologie

Nach den Angaben der digitalen Übersichtskarten des geologischen Landesamtes ist der Bereich östlich von Wenzenbach geprägt durch Gesteinsschichten des Präkambriums bis Paläozoikums. Die Gesteinsschichten werden gebildet von Leukokrater Gneisen, Migmatischen Gneisen sowie Diatexiten.

Grundwasserleiter liegen als geringleitende Kluftgrundwasserleiter vor.

Die Bodentypen in diesem Bereich bilden vorwiegend Braunerden, in den Niederungslagen des Forstbaches auch Gleye.

Zufahrten und Baustelleneinrichtung

Die Kreuzungsstelle ist von Norden aus über die Kreisstraße R6 und von dort über den Arbeitsstreifen aus zu erreichen. Auf Grund der relativ steilen Hanglage ist die Zufahrt zur Querungsstelle kritisch. Günstiger ist hier die An- und Abfahrt der schweren Baumaschinen (Bohrgerät) direkt über die B16, bevorzugt in den Abendstunden, die dann kurzfristig einseitig gesperrt werden müsste (Verkehrssicherungsmaßnahmen erforderlich).

Gleiches gilt für die Südseite, obwohl hier über den gut ausgebauten Wirtschaftsweg von Wenzenbach zum Aussiedlerhof / Ponyhof am Forstbach eine gute Zufahrtsmöglichkeit besteht.

Bauverfahren

Als geschlossenes Verfahren ist hier eine Bohrpressung vorgesehen, da ein HDD auf Grund der Hanglage nicht umsetzbar erscheint. Die Pressung würde dabei von oben (Nordseite der Bundesstraße) nach unten (Südseite der B16) erfolgen. Wegen der Hanglage mit einer Länge von ca. 80 m und des oberflächennah anstehenden Felsen ist die Pressung aufwändig und anspruchsvoll. An der Südseite der Autobahn ist eine Böschungssicherung durch Spundung notwendig.

3.2.9 Wiesent-Querung bei Prangerlhof (TKS 093a1)

Übersicht

Zwischen Frauenzell im Nordwesten und Dietersweg im Südosten verläuft das Wiesenttal, das von TKS 093a1 gequert wird. Das Wiesenttal ist entlang des Flusses auf einer Gesamtbreite von ca. 100 bis 180 m beidseitig als FFH-Gebiet ausgewiesen. Entsprechend sind Fluss und Schutzgebiet geschlossen zu queren.

Der Fluss ist auf beiden Seiten von steilen, weitgehend bewaldeten Hängen umgeben. Auf der Ostseite befinden sich teilweise Grünland- und Ackerflächen, über die die Trasse nach Osten geführt werden kann.

Am Westhang befindet sich auf einer Länge von über 250 m ein bewaldeter Steilhang; hier ist eine Querung im offenen Kabelgraben erforderlich, wobei eine neue Schneise errichtet werden muss.

Geologie

Laut geologischer Karte werden in der Umgebung des Querungsbereiches der Wiesent metamorphe Gesteine in Form von Gneis erwartet. Es handelt sich hier erfahrungsgemäß um ein hochfestes Gestein.

Im Wiesentener Forst liegt die Trasse fast vollständig innerhalb von Kristallgranit, welcher abschnittsweise ebenfalls als hochfestes Gestein mit Druckfestigkeiten bis 400 MPa einzustufen ist. Wegen der typischen

Wollsackverwitterung sind rasche Übergänge von grusig-mürb verwittertem zu sehr hartem Material zu erwarten.

Die Bodentypen in diesem Bereich bilden vorwiegend Gley-Vegen und Vega-Gleye im Talauenbereich sowie Braunerden.

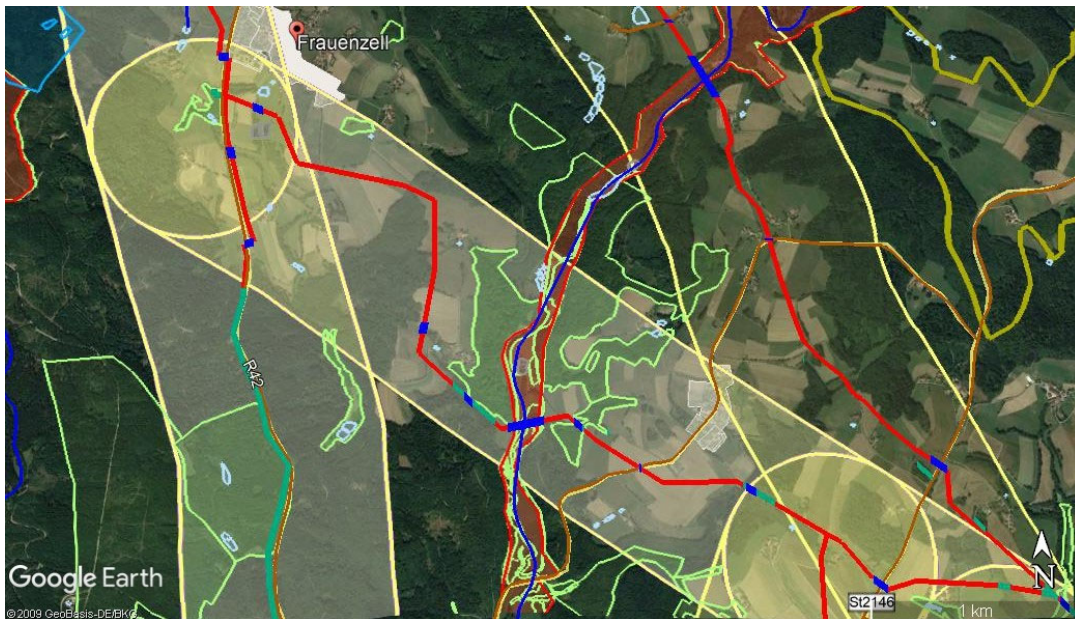


Abbildung 29: Wiesent-Querung bei Prangerlhof

Zufahrten und Baustelleneinrichtung

Von Norden ist die Baustelle über eine asphaltierte Straße zugänglich, die in mehreren Kurven ins Wiesental verläuft.

Von Süden führt ein Weg von Wiesent nach Norden, der nur teilweise befestigt ist und für schwere Maschinen (Bohrgerät für Mikrotunnel) nicht nutzbar ist. Die Bedienung der Baustelle müsste deshalb von Norden erfolgen, wobei die vorhandene Brücke über die Wiesent für Schwerlastverkehr (Anlieferung Mikrotunnel-Equipment) nicht ausgerichtet ist und verstärkt werden müsste.

Bauverfahren

Nach Ergebnissen der geotechnischen Untersuchungen sind die Standortverhältnisse für HDD-Bohrungen sehr ungünstig. Empfohlen wird daher ein geschlossenes Verfahren mit Mantelrohr wie Mikrotunnel mit einer Gradientenlage in der quartären Überlagerung.

Die Errichtung des Mikrotunnels erfolgt von einer Wiese westlich der Wiesent (außerhalb des FFH-Gebietes) in nordöstlicher Richtung auf einer Länge von ca. 170 m. Bei einer Mindestüberdeckung von 5 m sind angesichts der Lage von Start- und Zielgrube auf Terrassenhöhen außerhalb des Wiesentales tiefe Gruben zu erstellen, die voraussichtlich auch im Felsgestein liegen. Insgesamt, auch unter Berücksichtigung der er-

schweren Zugänglichkeit des Bereichs, bestehen große Schwierigkeiten bei der Realisierung der Querung im Wiesental.

An den Talhängen und im Wiesentener Forst treten Felslagen und teilweise sehr harte Gesteine auf, so dass die Herstellung des offenen Kabelgrabens mit sehr hohem Aufwand, ggf. mit Sprengungen, verbunden ist. Geschlossene Querungen sind im Hangbereich nach erster Einschätzung nicht möglich.

3.2.10 Donau-Querungen

Für die Querungen der Donau an den vier potenziell möglichen Stellen (Donaustauf, Wiesent, Pfatter und Hofdorf) wurde eine eigene Machbarkeitsstudie erstellt, auf die an dieser Stelle verwiesen sein soll (s. Unterlage 9). Nachstehend sind jedoch die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie kurz zusammengefasst:

Die Querung der Donau erwies sich nach den bisher durchgeführten Untersuchungen bzgl. der Unterlagen nach § 6 und § 8 NABEG als eine der bautechnisch herausforderndsten Bereiche der betrachteten SOL-Korridore. Vier in Frage kommende Querungsstellen, die Querungen bei Donaustauf, Wiesent, Pfatter und Hofdorf, wurden nach einer ersten Studie vom Februar 2017, welche auf der Auswertung vorhandener Daten wie Geologie und Hydrogeologie sowie auf Ortsterminen beruht, untersucht. Jedoch stellte sich heraus, dass ohne Angaben des Baugrunds nur Aussagen von begrenzter Gültigkeit gemacht werden können, weshalb im Frühjahr 2018 je Querungsstelle vier bis fünf Rammkernbohrungen mit Tiefen bis zu 30 m durchgeführt wurden.

Untersucht wurde die technische Umsetzbarkeit der möglichen Gewässerquerungen im offenen Verfahren sowie in geschlossener Bauweise mittels HDD-Bohrung und Mikrotunnelbau. Dazu wurden der Standort (Lage, Geologie, Hydrologie), Raumwiderstände und die Lage von Schutzgebieten betrachtet und bewertet. Für jeden Standort wurden die Querungsverfahren verglichen, bewertet und das jeweils, nach aktuellem Kenntnisstand, günstigste Verfahren empfohlen.

Die erste Möglichkeit der Querung der Donau liegt südöstlich von Donaustauf. Auf beiden Seiten der Donau befinden sich Vorranggebiete Hochwasserschutz sowie Landschaftsschutzgebiete, am nördlichen Ende der Querungsstelle befindet sich zusätzlich ein FFH-Gebiet. Nachträgliche Beeinträchtigungen der Schutzgebiete können vermieden werden. Aufgrund der Granitschicht im Untergrund entsteht ein erhöhtes Realisierungsrisiko. Im Norden der Querung erweist sich die Antrassierung am Donau-Nordhang als schwierig, im Süden erschwert die Lage von Bodendenkmalen die Abtrassierung. Insgesamt ist die Querungsstelle aus bautechnischer Sicht als ungünstige Querungsstelle mit hohen bis sehr hohen Realisierungsrisiken anzusehen. Infrage kommen, allerdings mit hohen Risiken, nur eine offene Querung oder ein Mikrotunnelverfahren.

Eine weitere Möglichkeit der Querung der Donau liegt westlich der Ortschaft Wiesent bei Wörth an der Donau. Auf beiden Seiten des Flusses befinden sich Vorranggebiete Hochwasserschutz sowie ein Vogelschutzgebiet, jedoch können nachhaltige Beeinträchtigungen entlang des Flusses durch geeignete Maßnahmen, wie das Arbeiten außerhalb der Brut- und Setzzeit, vermieden werden. Insgesamt erweist sich die Querungsstelle Wiesent trotz eines gewissen Realisierungsrisikos, aufgrund eventueller Kiesschichten im Untergrund, aus bautechnischer Sicht, insbesondere für geschlossene Verfahren, als insgesamt gut geeig-

net. Für eine offene Querung sind die Bedingungen ungünstig. Abschließend wird aufgrund der gegebenen Bedingungen und der Kosten eine HDD-Bohrung empfohlen.

Die dritte Möglichkeit der Querung der Donau liegt südlich der Ortschaft Oberachdorf bei Pfatter. Beidseitig der Donau befinden sich Vorranggebiete Hochwasserschutz, ein Vogelschutzgebiet sowie ein FFH-Gebiet, welche durch eine geschlossene Querung nicht nachhaltig beeinträchtigt werden. Aus bautechnischer Sicht ergeben sich, trotz der Kiesschichten im Untergrund, die ein gewisses Baugrundrisiko hervorrufen, günstige Bedingungen für geschlossene Querungsverfahren und etwas schlechtere Bedingungen für eine offene Querung. Durch die Beeinträchtigung der Schutzgebiete gilt die offene Querung allerdings als nicht genehmigungsfähig. Die beiden untersuchten geschlossenen Verfahren HDD und Mikrotunnelbau können als nahezu gleichwertig betrachtet werden. Für den Mikrotunnelbau spricht das im Vergleich zur HDD-Bohrung etwas geringere Baugrundrisiko, gegen den Mikrotunnelbau die höheren Kosten.

Die vierte Möglichkeit der Querung der Donau liegt bei Hofdorf nordöstlich von Aholting. Beidseitig der Donau liegt ein Überschwemmungsgebiet, dazu kommen ein FFH-Gebiet und ein Vogelschutzgebiet, die durch eine geschlossene Querung des Flusses nicht nachhaltig beeinträchtigt werden. Eine Aufweitung der Schutzgebiete auf südlicher Seite der Donau, z. B. Natura-2000-Flächen, erfordert größere Kreuzungslängen. Die An- und Abtrassierung erweist sich durch steile Hänge im Norden und Bodendenkmale im Süden als schwierig. Zudem ergeben sich aufgrund von unterschiedlichen Gesteinslagen im Untergrund sehr hohe Ausführungsrisiken für die geschlossenen Querungsverfahren sowie aufgrund der angrenzenden Schutzgebiete sehr lange Querungslängen bis zu einem Kilometer. Insgesamt kann die Querungsstelle Hofdorf im Vergleich zu den Alternativen Wiesent und Pfatter aus bautechnischer Sicht sowie aufgrund sonstiger Kriterien als deutlich ungünstiger bewertet werden.

Zusammenfassend zeigen sich die Querung der Donau bei Wiesent und bei Pfatter als bautechnisch und umwelttechnisch am günstigsten. Empfohlen wird daher, weitere Untersuchungen auf diese Standorte zu konzentrieren, wobei die Flusskreuzung bei Pfatter aus bautechnisch-geotechnischer Sicht leichte Vorteile gegenüber dem Standort Wiesent aufweist. Zusätzlich soll sich auf das geschlossene Querungsverfahren konzentriert werden um Naturschutzgebiete nicht nachhaltig zu beeinträchtigen.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS UND GLOSSAR

AC	Alternate Current
BBPlG	Bundesbedarfsplangesetz
BE	Baustelleneinrichtung
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
DC	Direct Current
DN	Nenndurchmesser
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
GW	Gigawatt
HDD	Horizontal Directional Drilling (Verfahren zur geschlossenen Querung)
HDPE	High-density Polyethylene (Hart-Polyethylen)
HGU	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
ISE	Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung
KAS	Kabelabschnittsstation
KKS	Kathodischer Korrosionsschutz
KÜS	Kabelübergangsstation
kV	Kilo-Volt
LWL	Lichtwellenleiter
MBS	Machbarkeitsstudie
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz
NVP	Netzverknüpfungspunkt
potTA	Potentielle Trassenachse
SOL	SuedOstLink
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TKS	Trassenkorridorsegment
UW	Umspannwerk
VHT	Vorhabenträger
µT	Mikrotesla