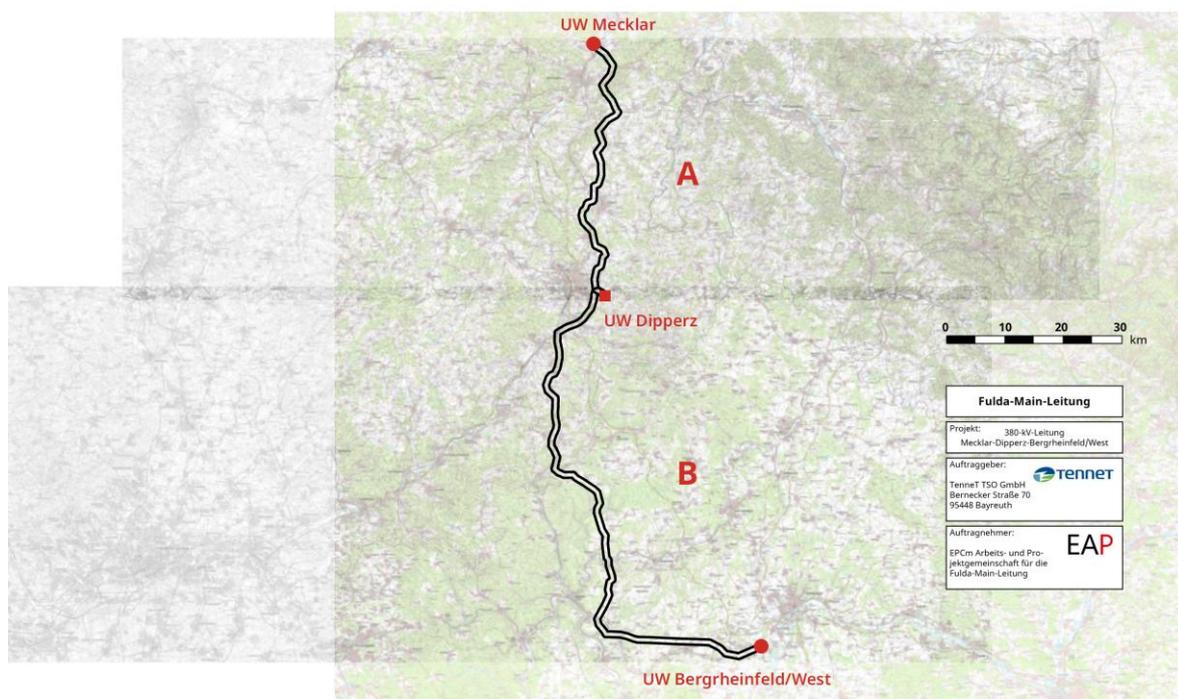


Technische Vorhabensbeschreibung § 19 – Abschnitt B



Fulda-Main-Leitung der Tennet

Vertraulichkeitsstufe C1: Öffentliche Information

Status

Version	Datum	Status	Erläuterungen	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
1-0	30.08.2024	Frei zur Anwendung		dhof	jsei	eboc

Inhalt

1. Einleitung	6
2. Übergeordnete technische Daten	6
2.1. Start- und Endpunkt, Trassenbeschreibung	6
2.2. Elektrotechnische Eckdaten	9
3. Freileitung	9
3.1. Allgemeines	9
3.2. Mast und Gestänge	11
3.2.1. Masttypen	11
3.2.2. Gestänge	11
3.2.3. Mastspitzenausführung	13
3.3. Beseilung, Isolatoren, Blitzschutzseil	14
3.4. Mastgründung und Fundamente	16
3.4.1. Allgemeines	16
3.4.2. Plattenfundamente	17
3.4.3. Stufenfundamente	18
3.4.4. Pfahlgründungen	18
3.4.5. Wahl des Fundamenttyps	19
3.5. Einsatz von Provisorien	19
3.6. Mastbau/Beschreibung des Bauablaufs	20
3.7. Flächeninanspruchnahme	21
3.7.1. Schutzbereich und Sicherung von Leitungsrechten	21
3.7.2. Temporäre Flächeninanspruchnahme	23
3.7.3. Notwendige Mindestabstände zu anderen Infrastrukturmaßnahmen	24
3.8. Emissionen	26
3.8.1. Emissionen während des Betriebs	26

3.8.2.	Emissionen während der Bauphase	27
3.9.	Maßnahmen zur Minimierung der baulichen Auswirkungen auf Schutzgüter	28
3.10.	Parallelführung zur Bestandsleitung	29
3.10.1.	Definition	29
3.10.2.	Möglichkeiten zur Parallelführung	29
3.10.3.	Verdrängung	29
3.10.4.	Regelmastgestänge	30
3.10.5.	Schneisenbreite bei Regelmastgestänge	32
3.10.6.	Gemeinschaftsleitung	33
3.10.7.	Schneisenbreite bei Gemeinschaftsleitung	35
4.	Erdkabel	35
4.1.	Beschreibung der Anlage	35
4.1.1.	Teilerdverkabelung, Allgemeines	35
4.1.2.	Maximale Kabellängen	37
4.1.3.	Offene Bauweise	38
4.1.4.	Geschlossene Bauweise	39
4.1.5.	Kabelverbindungen	42
4.1.6.	Lichtwellenleiter	43
4.2.	Bauablauf	44
4.2.1.	Offene Bauweise im Kabelgraben	44
4.2.2.	Geschlossene Bauweise	47
4.3.	Flächeninanspruchnahme	52
4.3.1.	Permanente Flächeninanspruchnahme	52
4.3.2.	Temporäre Flächeninanspruchnahme	52
4.3.3.	Parallele Errichtung einer Erdkabeltrasse	53
4.4.	Emissionen	54
4.4.1.	Emissionen während des Betriebs	54
4.4.2.	Emissionen während der Bauphase	54
4.5.	Maßnahmen zur Minimierung der Bauauswirkungen auf Schutzgüter	55
5.	Kabelübergangsanlage (KÜA)	57
5.1.	Beschreibung der Anlagenteile	57

5.2.	Bauablauf	61
5.3.	Flächeninanspruchnahme	62
5.3.1.	Permanente Flächeninanspruchnahme	62
5.3.2.	Temporäre Flächeninanspruchnahme	63
5.4.	Parallele Errichtung einer Kabelübergangsanlage	63
5.5.	Emissionen	64
5.5.1.	Emissionen während des Betriebs	64
5.5.2.	Emissionen während der Bauphase	64
5.5.3.	Betriebliche Maßnahmen	64
6.	Betrieb	65

Abbildungen

Abbildung 1:	Die geplante 380-kV-Leitung Mecklar – Dipperz – Bergheinfeld/West	8
Abbildung 2:	Typische Ausführung des Regelmastgestänges als Tragmast T1	12
Abbildung 3:	Typische Ausführung des Regelmastgestänges als Tragmast T1 im Falle einer Waldschneise	13
Abbildung 4:	Varianten für die 380-kV-Leitung Mecklar – Dipperz – Bergheinfeld/West mit geteilter Erdseilspitze	14
Abbildung 5:	Prinzipskizze: Schema der Beseilung der Masttypen Donau und Donau-Einebene mit einer Erdseilspitze	16
Abbildung 6:	Schematische Darstellung von Gründungstypen	17
Abbildung 7:	Schematische Darstellung des konvex-parabolischen Schutzstreifens	22
Abbildung 8:	Schematische Darstellung der Baumfallkurve	22
Abbildung 9:	Schematische Darstellung des Schutzstreifens im Waldbereich	23
Abbildung 10:	Abstand der Trommel- und Windenplätze vom Mast	24
Abbildung 11:	Prinzipskizze Verdrängung	30
Abbildung 12:	Parallelführung einer 380-kV-Neubautrasse neben der 380-kV-Bestandstrasse (alle Maße in m)	31
Abbildung 13:	Parallelführung einer 380-kV-Neubautrasse neben der 380-kV-Bestandstrasse (alle Maße in m)	32
Abbildung 14:	Waldschneise bei Parallelführung (alle Maße in m)	33
Abbildung 15:	Parallelführung mit Gemeinschaftsleitung (alle Maße in m)	34
Abbildung 16:	Waldschneise bei Parallelführung mit Gemeinschaftsleitung (alle Maße in m)	35

Abbildung 17: Aufbau kunststoffisoliertes Erdkabel	37
Abbildung 18: Typische Ausführung einer Bahnquerung, geschlossene Bauweise	40
Abbildung 19: Typische Ausführung einer Straßenquerung, geschlossene Bauweise	40
Abbildung 20: Typische Ausführung einer Querung einer Soleleitung, geschlossene Bauweise	41
Abbildung 21: Typische Ausführung einer Querung einer Produktleitung, geschlossene Bauweise	41
Abbildung 22: Typische Ausführung einer Gewässerquerung, geschlossene Bauweise	41
Abbildung 23: Typische Ausführung einer Querung einer Gasleitung, geschlossene Bauweise	42
Abbildung 24: Cross-Bonding-Muffen und Linkbox	43
Abbildung 25: Cross-Bonding-Muffen und Linkbox	43
Abbildung 26: Regelgrabenprofil 380-kV-Leitung mit beispielhafter Bodenlagerung	45
Abbildung 27: Prinzipskizze Pilotbohrung	49
Abbildung 28: Prinzipskizze Aufweitbohrung (Räumen)	49
Abbildung 29: Prinzipskizze Leerrohreinzug	50
Abbildung 30: Musterzeichnung einer beispielhaften HDD-Querung (alle Maße in m)	53
Abbildung 31: Parallelführung 380-kV-mit Erdkabeltrasse mit einer bestehenden Freileitung (alle Maße in m)	54
Abbildung 32: Schematische Übersicht einer 380 kV Zwischenverkabelung	58
Abbildung 33: Mindestkonfiguration einer Kabelübergangsanlage	60
Abbildung 34: Portal der Kabelübergangsanlage im Profil, exemplarische Darstellung (alle Maße in mm)	60
Abbildung 35: Parallele Errichtung einer Kabelübergangsanlage (alle Maße in m)	63

1. Einleitung

Das Gesamtvorhaben wird als „Fulda-Main-Leitung“ bezeichnet. Es handelt sich dabei um eine 380 kV-Wechselstromleitung zwischen den Umspannwerken Mecklar und Dipperz in Hessen und Berggrheinfeld/West in Bayern. Das Gesamtvorhaben erstreckt sich über eine Strecke von ca. 112 km (Luftlinie) und gliedert sich dabei in die Abschnitte

- Abschnitt A: Mecklar – Dipperz (ca. 50 km, Luftlinie ca. 44 km) und
- Abschnitt B: Dipperz – Berggrheinfeld/West (ca. 100 km, Luftlinie ca. 68 km).

Vorhabenträger für die Fulda-Main-Leitung ist der Übertragungsnetzbetreiber TenneT. Die Planungen für das Vorhaben starteten in 2019. Es ist vorgesehen, die Genehmigungsplanung bis 2027 und den Bau der Leitung bis 2031 abzuschließen. Seit 2021 unterstützt die EAP die TenneT bei der Koordination, Planung und Projektkommunikation.

EAP ist die „EPCm Arbeits- und Projektgemeinschaft für die Fulda-Main-Leitung“ im Auftrag der TenneT TSO GmbH („TenneT“). Die EAP ist zuständig für Koordination, Planung, Projektkommunikation und Baubegleitung. ARGE-Partner der EAP sind Arcadis Germany GmbH (federführend) und Bernard Ingenieure ZT GmbH. Strategische Nachunternehmer sind u. a. SPIE, Froelich & Sporbeck, navos, Ohms Rechtsanwälte, Omexom, program51 und TNL.

Von der Leitungsplanung sind die Bundesländer Hessen mit ca. 100 km und Bayern mit ca. 50 km betroffen. Die Untersuchungsräume befinden sich dabei in den hessischen Landkreisen Hersfeld-Rotenburg, Vogelsberg, Fulda und Main-Kinzig sowie in den bayerischen Landkreisen Bad Kissingen, Main-Spessart und Schweinfurt.

Es handelt sich um eine Netzausbaumaßnahme, also eine neue Leitungs-Verbindung der Umspannwerke welche grundsätzlich als Freileitung ausgeführt werden soll. Die gegenständliche Unterlage beschreibt im Folgenden den Abschnitt B, terminiert durch die beiden Umspannwerke Dipperz und Berggrheinfeld/West. Das BBPIG sieht dabei vor, dass für dieses Vorhaben als Pilotprojekt die Möglichkeit der Errichtung von Teilabschnitten als Erdkabel gegeben ist.

Die technische Vorhabensbeschreibung gibt in der Folge einen Überblick über die technischen Grundlagen, die geplante Ausführung und den Bauablauf der geplanten 380-kV-Freileitung und der Erdkabel-Teilabschnitten.

2. Übergeordnete technische Daten

2.1. Start- und Endpunkt, Trassenbeschreibung

Die 380-kV-Leitung Mecklar – Dipperz – Berggrheinfeld/West (BBPIG Vorhaben Nr. 17) hat eine Gesamtlänge von ca. 150 km und soll von Norden beginnend die Umspannwerke (UW) Mecklar, UW Dipperz und UW Berggrheinfeld/West verbinden. Die Leitung teilt sich in den Abschnitt A von Mecklar

bis Dipperz (ca. 50 km) und den hier gegenständlichen Abschnitt B von Dipperz bis Berggrheinfeld/West (ca. 100 km) auf.

Das Vorhaben Nr. 17 wurde in Anlage 1 zu § 1 Abs. 1 BBPlG als Vorhaben 17 aufgenommen und als länderübergreifendes Vorhaben mit einer „A1“ Kennzeichnung und einer „F“ Kennzeichnung versehen. Letztere führt gemäß § 2 Abs. 6 BBPlG dazu, dass für dieses Vorhaben als Pilotprojekt die Möglichkeit der Errichtung von Teilabschnitten der Leitung als Erdkabel unter den Voraussetzungen des § 4 Abs. 2 Satz 2 BBPlG eröffnet ist. Grundsätzlich ist sie jedoch als Freileitung zu errichten.

Das Leitungsbauprojekt bzw. die Leitung gliedert sich nach dem Netzentwicklungsplan in die Maßnahme 74a (Abschnitt A Mecklar – Dipperz) und die Maßnahme 74b (Abschnitt B Dipperz – Berggrheinfeld/West). Bei Abschnitt A handelt es sich um eine Netzverstärkung (Zubau) und bei Abschnitt B um einen Netzausbau (Neubau).

Abschnitt A beginnt im Norden des Untersuchungsraums am UW Mecklar. Mecklar ist eine hessische Gemarkung innerhalb der Gemeinde Ludwigsau im Landkreis Hersfeld-Rotenburg. Abschnitt A endet am UW Dipperz. Dipperz ist eine eigenständige hessische Gemeinde und gehört zum Landkreis Fulda. Die osthessischen Landkreise Hersfeld-Rotenburg und Fulda gehören beide zum Regierungsbezirk Kassel. Die direkte Luftlinie von Mecklar bis Dipperz beträgt ca. 44 km, die bestehende Leitung zwischen den Umspannwerken Mecklar und Dipperz ist rund 50 km lang.

Der Abschnitt B beginnt am UW Dipperz und endet im südlichen Bereich des Untersuchungsraums dem bayerischen Berggrheinfeld in der Nähe von Schweinfurt (Unterfranken). Berggrheinfeld ist eine eigenständige Gemeinde im Landkreis Schweinfurt. Die Luftlinie von Dipperz nach Berggrheinfeld beträgt zirka 67 km. Davon befinden sich ca. 17 km in Hessen und ca. 50 km in Bayern. Die direkte Verbindungslinie ist in den seltensten Fällen die sich ergebende Trassenlänge einer Leitungsverbindung, zumal in diesem speziellen Fall das Biosphärenreservat „Rhön“ zwischen den beiden Umspannwerken liegt. Die Addition der direkten Verbindungslinien ergibt 111 km. Für die weitere Betrachtung wird davon ausgegangen, dass sich für das Vorhaben eine gesamte Trassenlänge von ca. 150 km ergibt.

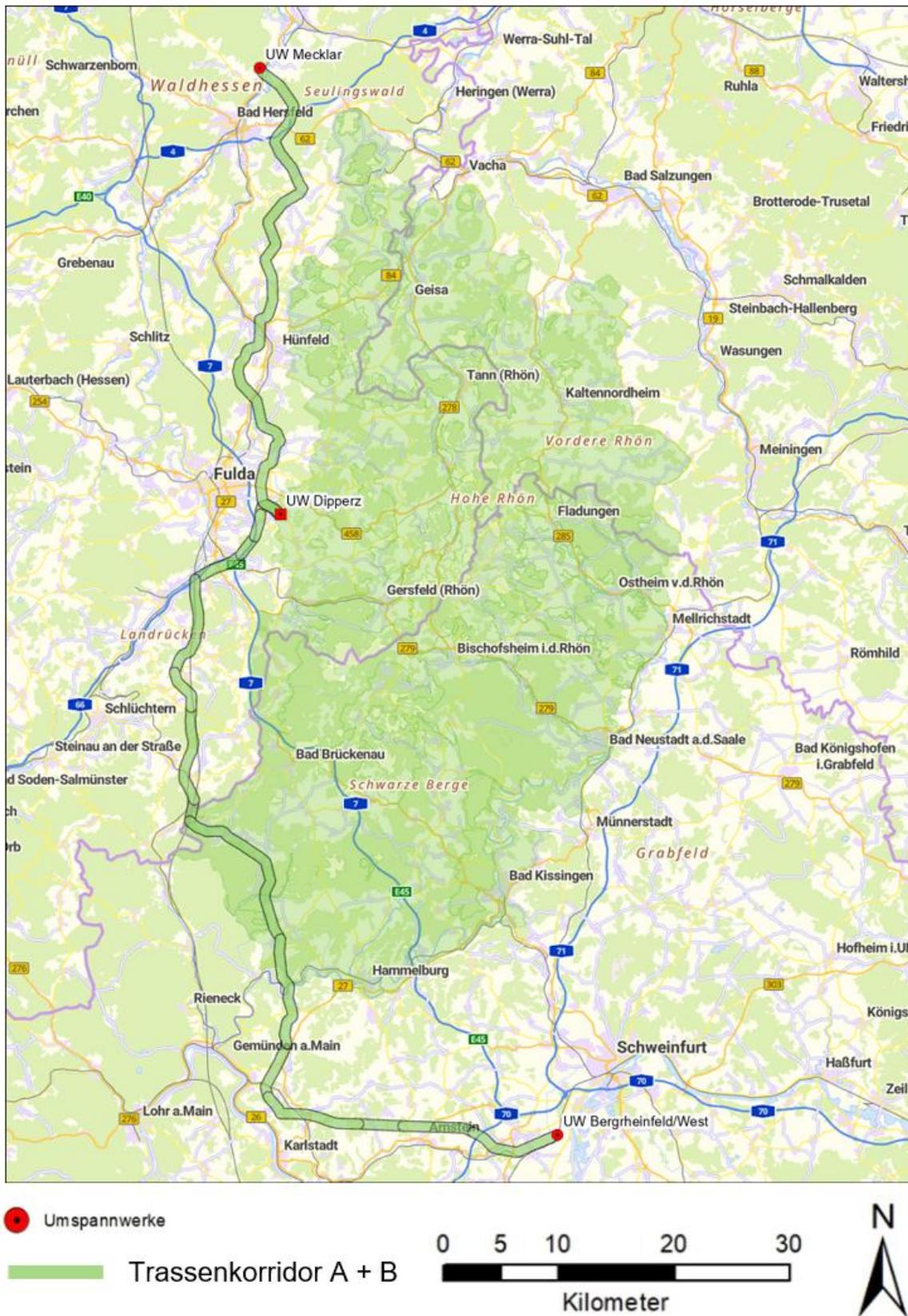


Abbildung 1: Die geplante 380-kV-Leitung Mecklar – Dipperz – Bergheinfeld/West

2.2. Elektrotechnische Eckdaten

Die Leitung weist folgende elektrotechnische Daten auf:

- Nennspannungsebene: 380 kV (max. Betriebsspannung 420 kV)
- Frequenz: 50 Hz
- Freileitung:
 - Systeme: zwei Stromkreise mit jeweils drei Leiterseilbündeln
 - Stromtragfähigkeit: 4000 A je System
- Erdkabel:
 - Systeme: vier Stromkreise mit jeweils drei Kabel
 - Stromtragfähigkeit: 2000 A je System
- Übertragungsleistung: 5,26 GW (errechnete Scheinleistung aus den obigen Annahmen)

3. Freileitung

3.1. Allgemeines

Eine Freileitung besteht aus Komponenten, die entsprechend den technischen Erfordernissen und meteorologischen Bedingungen nach der gültigen Norm DIN EN 50341 dimensioniert werden. Die wesentlichen Bauelemente sind die Gründung, die Maste, die Ketten und Verbindungsteile sowie die Beseilung (Leiter) zwischen den Masten. Diese Elemente werden in den nachfolgenden Kapiteln erläutert.

Generell ist die geplante Freileitung mit den technischen Abmessungen anderer 380 kV-Höchstspannungsfreileitungen im deutschen Übertragungsnetz vergleichbar. Sie wird so ausgelegt, dass sowohl zwischen den Leitern als auch zwischen geerdeten und spannungsführenden Teilen am Mast unter klimatischen und elektrischen Einwirkungen ausreichend sichere Abstände vorhanden sind. Die Höhe der Aufhängung der Leiter ist abhängig vom erforderlichen Abstand zum Boden oder den Kreuzungen. Sie wird darüber hinaus durch die Spannweite und die elektrische Spannung der Leitung bestimmt. Zur Übertragung der elektrischen Energie kommen Leiter zum Einsatz, die für die geplante Freileitung als Aluminium-Stahl-Seile ausgeführt werden.

Die Spannung von 380 kV gibt die Nennbetriebsspannung an. Die zugehörige maximale Betriebsspannung beträgt 420 kV. Der maximale Strombelag je 380-kV-System beträgt 4000A. Gemeinsam mit der maximalen Betriebsspannung stellt der maximale Strombelag die Grundlage der Emissionsberechnungen dar. Die maximalen Betriebsströme werden im Normalbetrieb unterschritten und treten nur im n-1-Fall auf.

Der Mindestabstand in der Trassierung zwischen spannungsführenden Komponenten der Nennspannungsebene 380 kV und dem Boden beträgt 12 m. Unter Umständen kann es im Laufe der Entwicklung der Trassenführung zu einer Mitnahme von anderen Spannungsebenen am selben Gestänge kommen. Der Mindestabstand zwischen einer solchen spannungsführenden Komponente geringeren Nennspannungsebene und dem Boden wird durch vielerlei Parameter beeinflusst und wird im Einzelfall ermittelt. Dieser Bodenabstand ist größer als von der Norm DIN EN 50341 gefordert (7,80 m für 380-kV-Leitungen und 6,00 m für 110-kV-Leitungen). Die Grenzwerte nach 26. BImSchV von 100 μT für die magnetische Flussdichte und 5 kV/m für die elektrische Feldstärke werden bereits unter der Leitung und an den maßgeblichen Immissionsorten deutlich unterschritten.

Diese erhöhten Bodenabstandswerte verbessern auch die Situation hinsichtlich der Schallimmissionswerte und ermöglichen den Einsatz landwirtschaftlicher Großgeräte im Leitungsbereich.

Neben den Vorgaben der DIN EN 50341 gibt es weitere allgemeine Grundsätze, die im Rahmen der Trassierung zu berücksichtigen sind.

Die wichtigsten Grundsätze hierbei sind:

- Bündelung
- Vermeidung der Waldinanspruchnahme
- Meidung von Siedlungsräumen
- Meidung von Konfliktbereichen (Bereiche mit sehr hohem umweltfachlichen, technischen und raumordnerischen Konfliktpotentialen)
- Geradliniger, gestreckter Verlauf
- Geringe Kosten
- Sicherheit und technisch-wirtschaftliche Effizienz

Durch den gestreckten gradlinigen Verlauf wird das Ziel verfolgt, den Eingriff in Umwelt und Natur sowie Rechte Dritter zu minimieren. Des Weiteren werden durch die möglichst kurze Leitungslänge die Kosten für Bau und Betrieb minimiert. Im Rahmen der Planung sind zwingend auch die spätere Errichtung und Instandhaltung der Leitung zu berücksichtigen. Neben der grundsätzlichen Realisierbarkeit der Leitung ist hierbei zu beachten, dass für die Errichtung und spätere Instandhaltung der Leitung geeignete Zuwegungen und ausreichend Platz für die spätere Bauausführung zur Verfügung steht. Spezielle, kostenintensive Baumaßnahmen (z. B. Maststocken mit Helikopter) sollten nur in begründeten Ausnahmefällen zum Einsatz kommen. Durch die Nutzung von bestehendem Trassenraum und der Bündelung mit bestehenden Leitungen wird die Inanspruchnahme von Raum minimiert. Zur Minimierung der Einschränkung des Landschaftsbildes sollen die Maste im Gleichschritt, d. h. mit gleichen Spannfeldlängen, zur Parallelleitung geplant werden.

3.2. Mast und Gestänge

3.2.1. Masttypen

Die Maste einer Freileitung dienen als Stützpunkte für die Leiterseilbefestigung und bestehen aus Mastschaft, Erdseilstütze, Querträgern (Traversen) und Fundament. Die Bauform, Bauart und Dimensionierung der Maste werden insbesondere durch die Anzahl der aufliegenden Stromkreise, deren Spannungsebene, den möglichen Mastabständen und standortspezifischen Besonderheiten bestimmt. Jeder einzelne Mast wird somit spezifisch geplant und ausgeführt.

Hinsichtlich ihrer Funktion unterscheidet man die beiden Mastarten *Abspann-* und *Tragmaste*:

Abspannmaste werden dort eingesetzt, wo die Leitung ihre Richtung ändert oder die maximale Länge des Leiterseils ausgeschöpft ist. Sie nehmen die Leiterzugkräfte in den Winkelpunkten der Leitung auf. Sie sind mit Abspann-Isolatorketten in horizontaler Einbaulage ausgerüstet und für unterschiedliche Leiterzugkräfte in Leitungsrichtung ausgelegt.

Tragmaste tragen im Gegensatz zum Abspannmast die Leiter auf geraden Strecken. Sie übernehmen im Normalbetrieb keine Leiterzugkräfte und können daher relativ leicht dimensioniert werden. Der Tragmast ist mit Isolatorketten in vertikaler Einbaulage ausgerüstet. Dabei wird zwischen seitlich ausschwingenden Hängeketten und Ketten in V-Form unterschieden. Die V-Kette ist starr und schwingt seitlich nicht aus.

3.2.2. Gestänge

Für Freileitungsmaste gibt es verschiedene Erscheinungsbilder, die sich im Wesentlichen in der geometrischen Anordnung der Phasen der elektrischen Systeme unterscheiden. Das Regelgestänge für die 380-kV-Leitung Mecklar – Dipperz – Bergrheinfeld/West wird das sogenannte Donau-Gestänge (D-2-D) darstellen, bei eventueller Mitnahme von 110-kV-Systemen, das Donau-Einebenen-Gestänge (DA-4-DE) (vgl. Abbildung 4). Folgend sind in Abbildung 2 und Abbildung 3 typische Ausführungen des Regelmastgestänges dargestellt. Der Ausdruck ‚Donau‘ entspricht einer Dreiecksanordnung der Leiterseile auf jeder Mastseite. Die Namensgebung beruht auf der Errichtung einer ersten Freileitung in dieser Form in den 1920er Jahren entlang der Donau. Dieser Masttyp ist ein Kompromiss, der drei Ziele verbindet:

1. schlankes Erscheinungsbild der Maste,
2. mit einer kleiner Überspannungsfläche durch die Leiterseile und
3. in der Höhe beschränkte Maste.

Je nach Anforderungen einzelner Schutzgüter können auch Tonnenmaste zur Minimierung der Trassenbreite eingesetzt werden (z. B. zur Minimierung der Schneisenbreite in Wäldern).

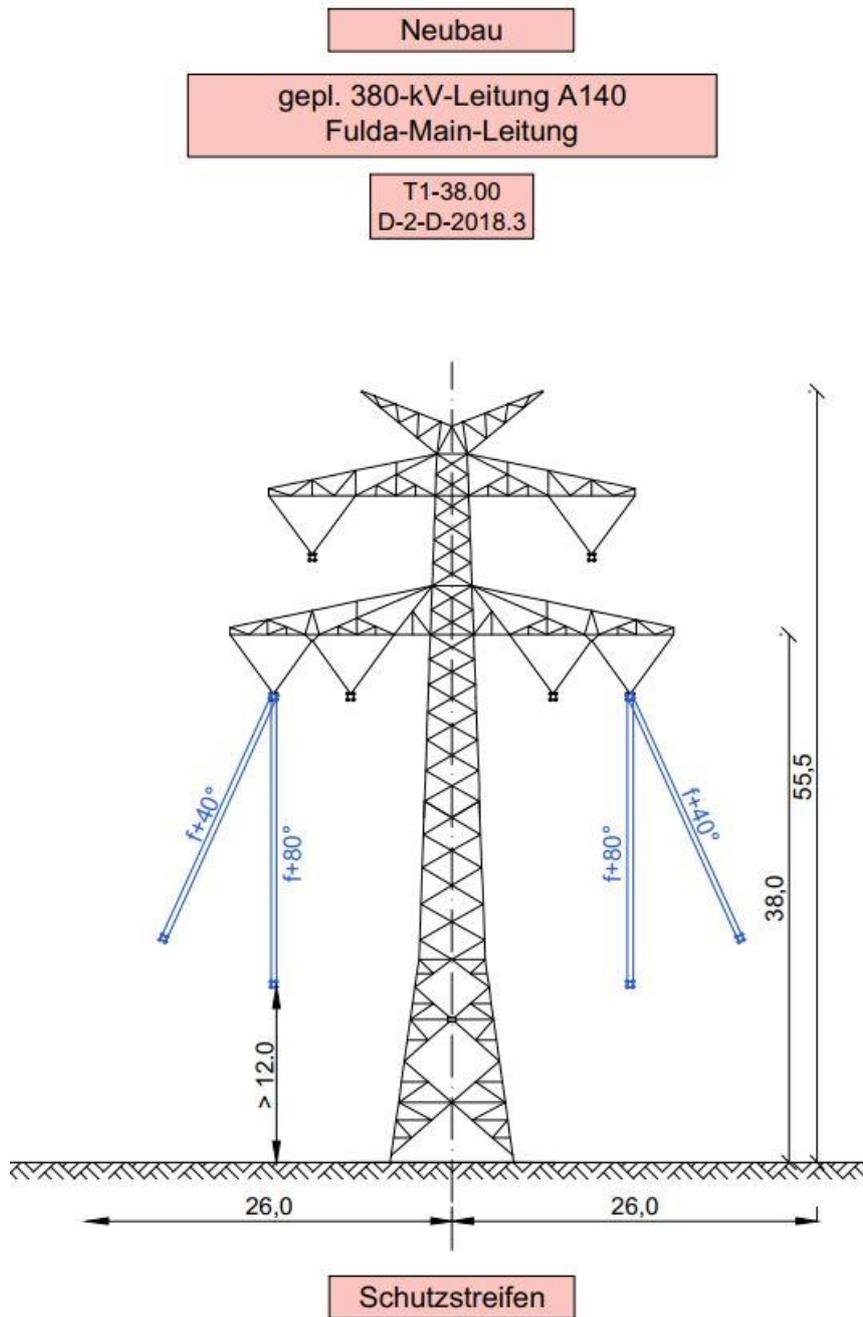


Abbildung 2: Typische Ausführung des Regelmastgestänges als Tragmast T1

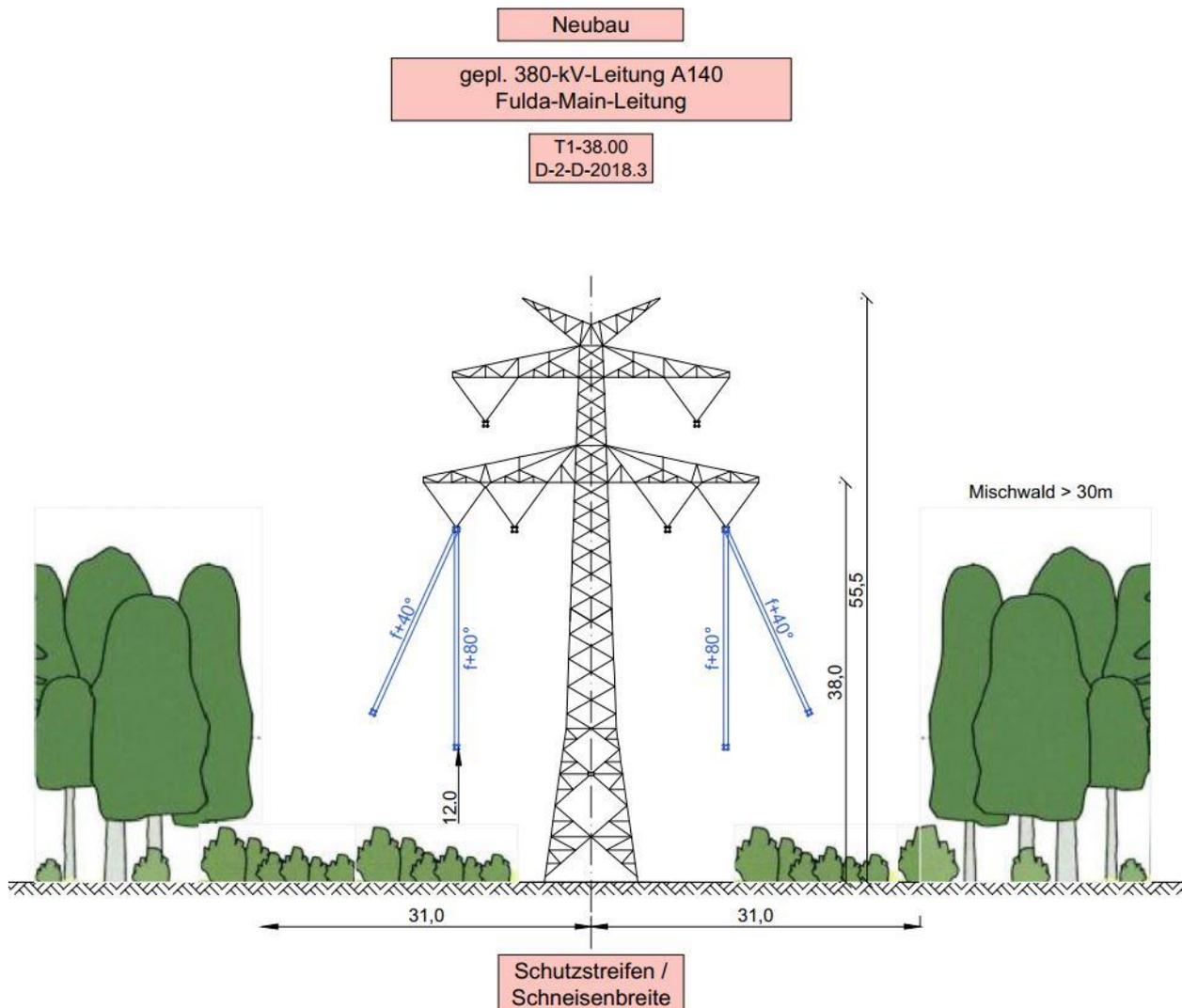
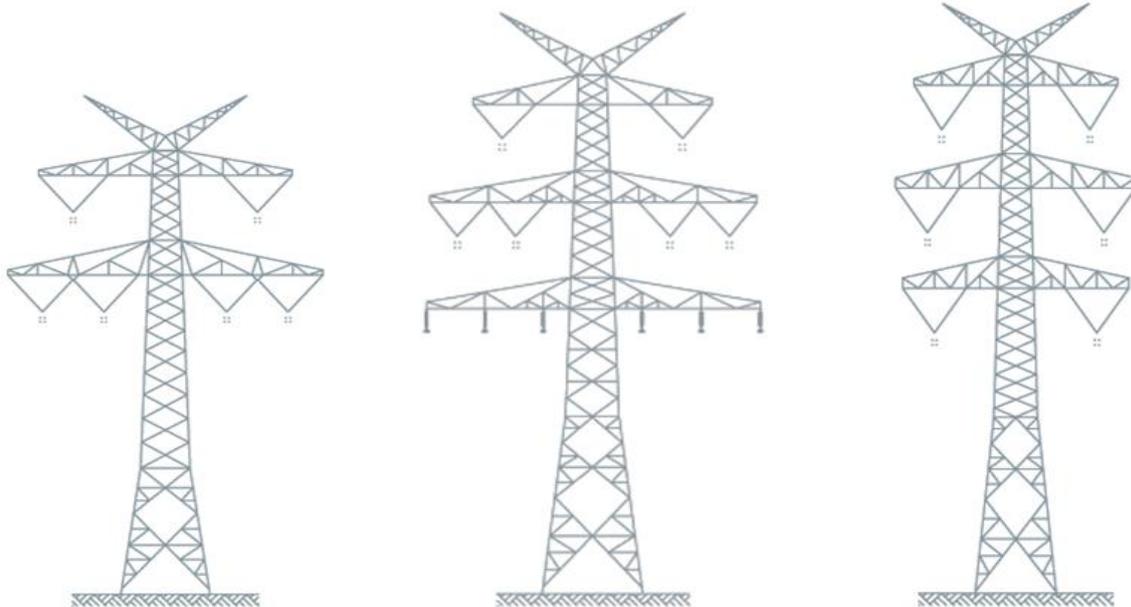


Abbildung 3: Typische Ausführung des Regelmastgestänges als Tragmast T1 im Falle einer Waldschneise

3.2.3. Mastspitzenausführung

Freileitungsmaste in der 380-kV-Ebene werden mit Erdseilen ausgelegt, die an einer Erdseilspitze befestigt sind, siehe Abbildung 4. Diese dienen in erster Linie dem Schutz der Leitungen gegen direkte Blitzeinschläge und sind daher am höchsten Punkt der Maste anzubringen, um die darunter liegenden Leiterseile abzuschirmen. Des Weiteren werden über die Erdseile aber auch Fehlerströme geleitet, d. h. die Erdseile sind auch ein wichtiger Bestandteil der Schutzerdung und Betriebserdung der Gesamtanlage. Darüber hinaus können im Kern der Erdseile auch Lichtwellenleiter verbaut werden, die der Übertragung von Betriebsdaten entlang der Leitung und damit zwischen den Umspannwerken dienen. In diesem Fall spricht man von Erdseilluftkabel.

Beim Vorhaben 380-kV-Leitung Mecklar – Dipperz – Berggrheinfeld/West werden die 380-kV-Maste in der Grundkonfiguration mit einem Erdseilluftkabel und einem Erdseil auf einer zweifachen Erdseilspitze ausgestattet sein. Im Falle eines Blitzeinschlags wird dadurch die Abschirmung der darunter liegenden Leiterseile signifikant erhöht. Dies führt insbesondere auch zu verbesserten Verhältnissen für benachbarte Schaltanlagen und zu signifikant geringeren induzierten Beeinflussungsspannungen in benachbarten Anlagen (Fernmelde- oder Rohrleitungen, Erdkabel zur Stromübertragung etc.).



Donau

Diesen Masttyp setzt TenneT in ganz Deutschland am häufigsten ein. Er bietet einen guten Kompromiss zwischen Masthöhe und Trassenbreite.

Höhe: 50-60m
Breite: ca. 30m

Donau-Einebene

Diese Kombination aus den Masttypen „Einebene“ und „Donau“ ermöglicht die Aufnahme von vier Systemen (z.B. Mitnahme von 110-kV-Systemen).

Höhe: 60-70m
Breite: ca. 35m

Tonne

Wegen seiner geringen Breite lassen sich schmale Trassen realisieren. Dies bedingt aber die größeren Masthöhen.

Höhe: 60-70m
Breite: ca. 20-30m

Abbildung 4: Varianten für die 380-kV-Leitung Mecklar – Dipperz – Berggrheinfeld/West mit geteilter Erdseilspitze

3.3. Beseilung, Isolatoren, Blitzschutzseil

Die Funktion einer Freileitung ist die Übertragung elektrischer Energie zwischen zwei Punkten, in der Regel zwischen zwei Umspannwerken. Die Leiterseile erfüllen diesen Zweck direkt und sind somit die wichtigsten Komponenten einer Freileitung. Als Leiterseil werden die zwischen den Stütz-

punkten einer Freileitung frei gespannt, von der Mastkonstruktion durch Isolatorketten getrennt, elektrisch leitenden Seile bezeichnet. Im Fall einer Freileitung spricht man daher von Beseilung (vgl. Abbildung 5).

Zur Übertragung elektrischer Energie im Höchstspannungsnetz in Form von Drehstrom kommt vorrangig die Freileitungstechnik zum Einsatz. Für die Freileitungstechnik im Höchstspannungsnetz existieren aufgrund der jahrelangen Erfahrungen anerkannte Regeln der Technik, die über den Stand der Technik hinausreichen. Diese anerkannten Regeln der Technik können bei der Freileitung sowohl auf den Bau als auch auf den Betrieb der Leitung angewendet werden. Auf europäischer Ebene wurden diese in die „System Operation Guidelines“ überführt. Kennzeichen der Drehstromtechnik ist das Vorhandensein von drei elektrischen Phasen je Stromkreis (System). Die Leiterseile stehen gegenüber der Erde und gegeneinander unter Spannung. Es handelt sich dabei um Wechselspannung mit einer Frequenz von 50 Hertz (Hz).

Bei 380-kV-Stromkreisen werden als Phasen meist sogenannte Bündelleiter verwendet, die aus mehreren Leiterseilen bestehen. Für das vorliegende Projekt sollen Bündel aus je vier quadratisch angeordneten Leiterseilen mit einem Abstand von 400 mm verwendet werden. Die Ausführung der einzelnen Leiterseile ist als Aluminium-Stahl-Verbundseil vom Typ 565-AL1/72-ST1A (Finch) geplant. Das Seil hat somit einen Querschnitt von 565 mm² Aluminium und 72 mm² Stahl, der Gesamtdurchmesser beträgt 33 mm. Der Einsatz von Bündelleitern wirkt sich günstig auf die Übertragungsfähigkeit sowie den Schallpegel aus.

Zur Isolation der Leiterseile gegenüber dem geerdeten Mast werden Isolatorketten eingesetzt. Mit ihnen werden die Leiterseile der Freileitungen an den Traversen der Freileitungsmasten befestigt. Die Ketten müssen die elektrischen und mechanischen Anforderungen aus dem Betrieb der Freileitungen erfüllen. An Tragmasten werden die Leiter mit sogenannten Trag- oder Hängeketten in vertikaler Einbaurichtung befestigt, die nur in geringem Maße Kräfte in Leitungsrichtung auf die Maste übertragen. Im gegenständlichen Projekt werden V-Ketten in dieser Funktion zur Anwendung kommen. An Abspannmasten werden die Leiter an zwei parallelen, horizontal angeordneten Isolatoren befestigt, die die gesamten Leiterzugkräfte auf den Masten übertragen. Die Ketten bestehen aus zwei tragfähigen Isolatorsträngen, von denen jeder in der Lage ist, allein die mechanische Beanspruchung aus den Seilen aufzunehmen. Die geplanten Isolatorketten bestehen aus Kunststofflangstabisolatoren.

Die Isolation der Leiterseile gegenüber der Erde und zu sonstigen Objekten wird durch Luftstrecken sichergestellt, die nach den entsprechenden Vorschriften dimensioniert werden.

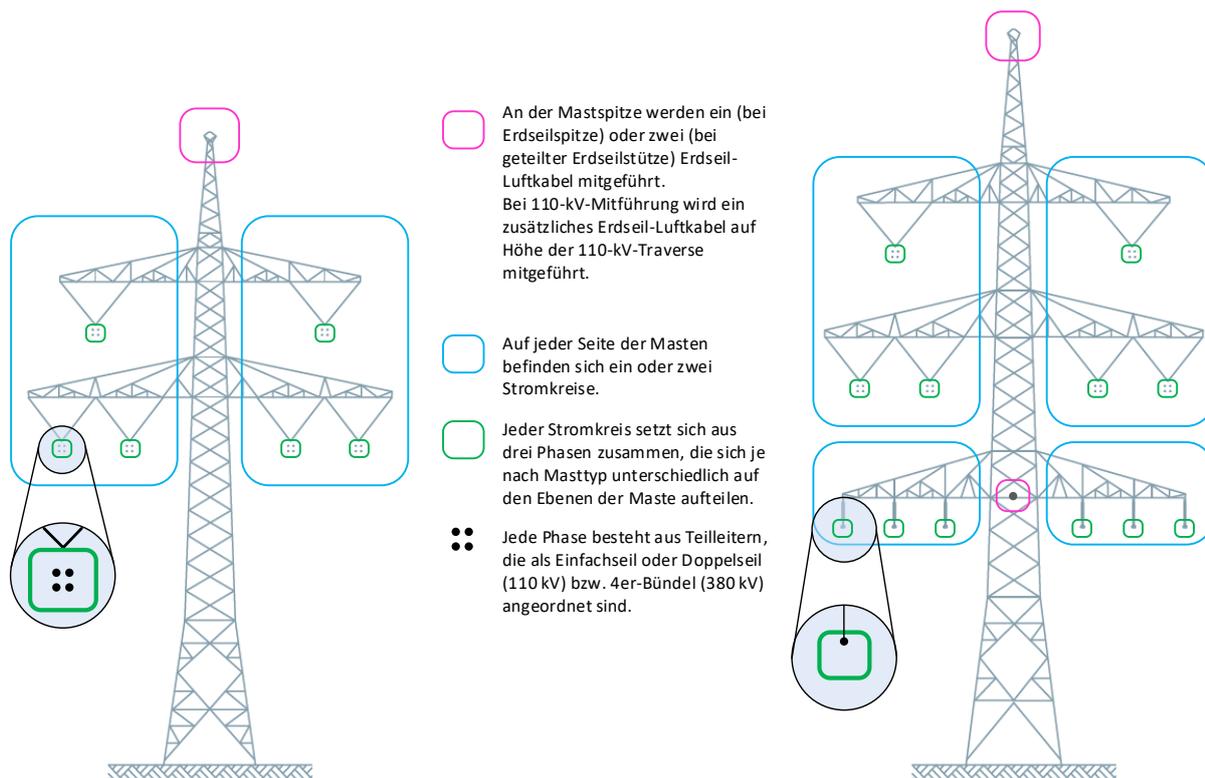


Abbildung 5: *Prinzipische Skizze: Schema der Beseilung der Masttypen Donau und Donau-Einebene mit einer Erdseilspitze*

3.4. Mastgründung und Fundamente

3.4.1. Allgemeines

Die Gründungen und Fundamente sichern die Standfestigkeit der Maste. Sie haben die Aufgabe, die auf die Maste einwirkenden Kräfte und Belastungen mit ausreichender Sicherheit in den Baugrund einzuleiten und gleichzeitig den Mast vor kritischen Bewegungen des Baugrundes zu schützen.

Je nach Beschaffenheit des Bodens wird entweder die Flachgründung oder die Tiefgründung gewählt. Zu den Flachgründungen zählen die Stufenfundamente und die Plattenfundamente. Als Tiefgründungen bezeichnet man gerammte oder gebohrte Pfahlfundamente. Zudem können Gründungen als Kompaktgründungen oder als aufgeteilte Gründungen ausgebildet sein. Kompaktgründungen bestehen aus einem einzelnen Fundamentkörper für den jeweiligen Mast. Aufgeteilte Gründungen verankern die Eckstiele der jeweiligen Maste in getrennten Einzelfundamenten. Abbildung 6 zeigt eine schematische Darstellung der wichtigsten Gründungs- bzw. Fundamenttypen. Zudem findet sich in den folgenden Unterkapiteln eine kurze Beschreibung der unterschiedlichen Gründungstypen.

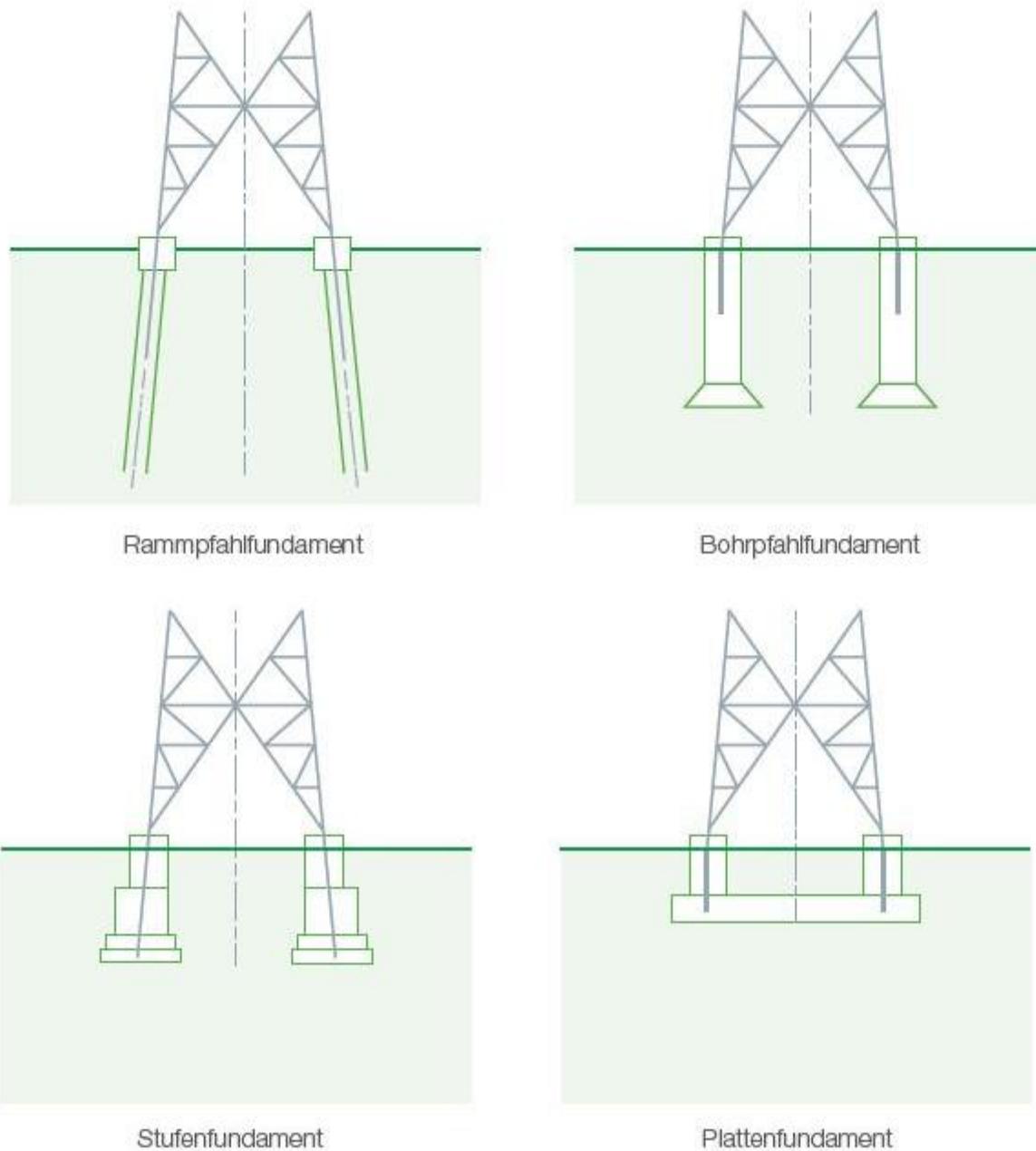


Abbildung 6: Schematische Darstellung von Gründungstypen

3.4.2. Plattenfundamente

Früher wurden Plattenfundamente nur in Sonderfällen ausgeführt, wenn z. B. in Bergsenkungsgebieten, aufgeschüttetem Gelände oder abrutschgefährdetem Boden Maste gegründet werden mussten. Heute werden sie auch aus wirtschaftlichen Gründen immer häufiger eingesetzt, sofern es die Baugrundverhältnisse zulassen.

Plattenfundamente sind bewehrte Stahlbetonkompaktgründungen. Bei entsprechenden Grundwasserspiegeln ist bei der Herstellung dieses Fundamenttyps gegebenenfalls mit notwendiger Wasserhaltung zu rechnen.

3.4.3. Stufenfundamente

Stufenfundamente stellen die klassische Gründungsmethode für Freileitungsmaste dar. Hierbei handelt es sich um abgestufte Einzelfundamente je Ecke. Durch den verstärkten Einsatz von Pfahlgründungen und aus wirtschaftlichen Gründen, ist die Bedeutung der Stufenfundamente rückläufig. Bei entsprechenden Grundwasserspiegeln ist bei der Herstellung dieses Fundamenttyps gegebenenfalls mit notwendiger Wasserhaltung zu rechnen.

3.4.4. Pfahlgründungen

Pfahlfundamente werden aus technischen und wirtschaftlichen Gründen in Böden mit hohem Grundwasserstand und/oder geringer Tragfähigkeit ausgeführt. Beim Freileitungsbau werden Pfahlgründungen in der Regel durch Rammen oder Bohren in den Untergrund eingebracht. Anlog hierzu wird zwischen Bohr- und Rammpfählen unterschieden.

Bei dieser Gründungsweise können umfangreiche Erdarbeiten und Wasserhaltung an den Maststandorten minimiert werden. Bei besonders ungünstigem Baugrund und bei Pfahlgründungen, welche besonders große Kräfte in den Untergrund ableiten müssen, kann der Einsatz von Mehrfach-Bohr- oder Rammpfählen an den einzelnen Eckstielen notwendig sein. Dies hat zur Folge, dass die einzelnen Pfähle über einen Querriegel miteinander verbunden werden müssen, welcher in offener Bauweise hergestellt wird und in diesen Fällen auch bei Pfahlgründungen Erdarbeiten und ggf. Wasserhaltung notwendig sind.

Bohrpfahlgründungen werden in Bereichen verwendet, in denen ein erschütterungsfreies Arbeiten notwendig ist. Bohrpfähle können entweder verrohrt oder unverrohrt hergestellt werden. Mittels einer Verrohrung sind Bohrpfähle auch in nicht standfesten und grundwasserführenden Böden anwendbar. Die Bohrpfahlfundamente werden an den Eckpunkten des Mastes mit einem Bohrgerät hergestellt. Der Bohraushub wird am jeweiligen Maststandort zwischengelagert und nach Abschluss der Arbeiten abtransportiert. Nach den Bohrarbeiten werden die Pfähle mit Stahlbewehrungen versehen und bis zur Geländeoberkante einbetoniert.

Rammpfahlgründungen erfolgen als Tiefgründung durch ein oder mehrere gerammte Stahlrohrpfähle je Masteckstiel. Zur Herstellung wird ein Rammgerät auf einem Raupenfahrwerk eingesetzt. Dies vermeidet größere Beeinträchtigungen des Bodens im Bereich der Zufahrtswege. Die Pfähle werden je Mastecke in gleicher Neigung wie die Eckstiele hergestellt.

Pfahlgründungen haben sich vor allem dort bewährt, wo tragfähiger Boden erst in größeren Tiefen angetroffen wird und wo bei nicht bindigen Böden starker Wasserdrang zu erwarten ist.

3.4.5. Wahl des Fundamenttyps

Die Auswahl des geeignetsten Fundamenttyps wird für jeden Maststandort spezifisch getroffen und ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Diese sind im Wesentlichen:

1. Lage des Maststandorts
2. die aufzunehmenden Zug-, Druck- und Querkräfte
3. die Baugrundverhältnisse am Maststandort und damit die Bewertung von Tragfähigkeit und Verformungsverhalten des Baugrunds in Abhängigkeit vom Fundamenttyp
4. Dimensionierung des Tragwerkes
5. Witterungsabhängigkeit der Gründungsverfahren und die zur Verfügung stehende Bauzeit.

Die Bodeneigenschaften werden je Maststandort durch Baugrunduntersuchungen bzw. Baugrundvoruntersuchungen ermittelt. Dies geschieht in der konkreten Planungsphase, wenn die einzelnen Maststandorte koordinatenmäßig feststehen.

Unabhängig von der Gründungsart sind nur die Fundamentköpfe an den vier Eckstielen sichtbar, das restliche Fundament liegt mindestens 0,8 m unter der Geländeoberkante.

3.5. Einsatz von Provisorien

Im Verlauf der geplanten 380-kV-Leitungen gibt es Bereiche, in denen vorhandene Leitungen gekreuzt werden. Da die betroffenen Leitungen während der Bauphase aus versorgungstechnischen Gründen in Betrieb bleiben müssen, ist dies nur unter Zuhilfenahme zusätzlicher technischer Einrichtungen möglich. Hierfür stehen unterschiedliche Ausführungen zur Verfügung.

Eine Variante dieser technischen Einrichtungen ist das Errichten von Freileitungs- eine andere der Einsatz von Baueinsatzkabelprovisorien. Freileitungsprovisorien werden in der Regel auf Hilfsgerüsten errichtet und können Abschnitte einer bestehenden Leitung durch eine provisorische Leitung ersetzen, sodass der im Arbeitsbereich der neuen Leitung befindliche Abschnitt abgeschaltet werden kann. Baueinsatzkabelprovisorien werden entsprechend den Freileitungsprovisorien eingesetzt, kommen allerdings in Bereichen zum Einsatz, in denen aufgrund nicht vorhandener Platzverhältnisse keine Freileitungsprovisorien aufgestellt werden können. Die Baueinsatzkabel werden am Freileitungsmast mit den Leiterseilen der Freileitung verbunden und am Mastgestänge nach unten geführt. Das Baueinsatzkabelprovisorium wird auf der Erdoberfläche liegend bis zum Ende des Provisoriums am entsprechenden Mast geführt. Eine Kombination beider Provisorienarten ist möglich. Für 380-kV-Leitungen stehen ausschließlich Freileitungsprovisorien zur Verfügung. Bei Kreuzungen oder Mitnahmen von 110-kV-Freileitungen können beide Arten der Provisorien eingesetzt werden.

3.6. Mastbau/Beschreibung des Bauablaufs

Der Bauablauf gliedert sich in die folgenden Bauphasen:

1. Vorbereitende Maßnahmen
2. Gründungsherstellung
3. Mastvormontage
4. Mastmontage
5. Seilzug
6. Montage von Zubehör
7. Abschluss der Arbeiten

Zu den bauvorbereitenden Maßnahmen gehören der Wegebau und die Schaffung von Baufreiheit.

Die Zuwegungen zu den Winden- und Arbeitsflächen an den Maststandorten sowie den Standorten von Schutzgerüsten erfolgen soweit möglich über das bestehende öffentliche Straßen- und Wegenetz bzw. über bestehende Feld- und Wirtschaftswege. Falls keine Zuwegungen über das bestehende öffentliche Straßen- und Wegenetz bzw. über bestehende Feld- und Wirtschaftswege möglich sind, werden für den Zeitraum der Bauausführung temporäre Zuwegungen mit einer Regeldimensionierung von ca. 5 m Breite hergestellt. Die Ausführung der Zuwegung erfolgt, abhängig von den vorherrschenden Boden- und Witterungsverhältnissen sowie den eingesetzten Baugeräten durch das Auslegen mit Baggermatratzen, Alumatten, Trackway Panels o. ä. oder dem Einbau von auf Vlies verlegtem Schotter.

Im Rahmen der Baufeldfreimachung sind die Arbeitsflächen von Gehölz freizumachen. Entlang der Trasse ist der Gehölzrückschnitt entsprechend der Planung durchzuführen, um die geforderten Mindestabstände zwischen Bewuchs und den später zu montierenden Seilen sicherzustellen. Je nach Untergrund und eingesetztem Baugerät kann die Befestigung der Arbeitsflächen analog zur Herstellung der Zuwegung notwendig sein.

Sollte die Planung Änderungen an bestehender Infrastruktur vorsehen, sind diese durchzuführen. Hierbei kann es sich z. B. um das Absenken eines Erdseils einer zu überkreuzenden Freileitung oder der Montage von Schutzplanken an Straßen handeln.

Es erfolgt die Herstellung der Gründung. Hierzu wird der vorgesehene Maststandort vermessen und bei Flachgründungen der Aushub der Fundamentgrube vorgenommen. Anschließend erfolgt die Herstellung der Fundamente bzw. bei Tiefgründungen die Ramm- bzw. Bohrpfahlarbeiten. Erdaushub wird nach den einzelnen Bodenschichten getrennt in Mieten gelagert und nach Errichtung der Gründung, getrennt nach Bodenschichten in der entnommenen Reihenfolge, wiedereingebaut. Überschüssiger Boden wird abtransportiert.

Ohne Sonderbehandlung des eingesetzten Betons kann die Mastmontage frühestens vier Wochen nach dem Einbringen des Betons für das Fundament beginnen. In dieser Abbindezeit kann die Vor-

montage des Masts durchgeführt werden. Hierzu werden die Einzelteile des Masts an die vorgesehene Vormontagefläche transportiert und dort zu größeren Segmenten (Mastwand, Mastschuss, Traverse) vormontiert.

Das eigentliche Stocken des Mastes, also die Montage der vormontierten Segmente erfolgt im Anschluss. Das Stocken eines Mastes erfolgt in der Regel mit dem Autokran. Alternativ kann der Mast mit dem Helikopter oder mit einem Stockbaum errichtet werden. Die Methode, mit der die Stahlgittermasten errichtet werden, hängt von Bauart, Gewicht und Abmessungen der Masten, von der Erreichbarkeit des Standortes und der nach der Örtlichkeit tatsächlich möglichen Arbeitsfläche und Abläufen ab.

Vor Beginn des Seilzugs sind die Isolatorketten an den Masten zu montieren und etwaige Kreuzungsstellen zu sichern. Zur Montage der Isolatorketten werden diese mittels Seilwinde am Mast hochgezogen und an den vorgesehenen Befestigungspunkten an Querträgern bzw. Traversen montiert. Zur Sicherung von Kreuzungsstellen können Verfahren wie das Rollen- oder Querleinenverfahren eingesetzt werden, um das Kreuzungsobjekt vor der Gefährdung durch Herunterfallen eines Seils auf die Kreuzungsstelle zu schützen. Vereinzelt kommt die Sperrung des Kreuzungsobjekts in Betracht. In diesem ist der Bereich unter der Leitung abzusperrern. Bei Verkehrswegen ist ggf. eine Umleitung einzurichten. Mit die häufigste Kreuzungsschutzmaßnahme ist die Sicherung durch Gerüste, mit und ohne Schutznetz, welche vor dem Seilzug aufgestellt werden müssen.

Das Auflegen der Leiterseile bzw. des Erdseiles (Ziehen der Seile) erfolgt mit Winden von Abspannmast zu Abspannmast. An einem Ende befindet sich der „Trommelplatz“ mit den Seilen auf Trommeln und den Seilbremsen, am anderen Ende der „Windenplatz“ mit den Seilwinden zum Ziehen der Seile. Für den Seilzug werden an den Ketten Rollen montiert, durch die ein Vorseil geführt wird. An diesem Vorseil wird das Leiter- oder Erdseil befestigt. Anschließend zieht die Seilwinde mit Hilfe des Vorseils das Seil über die Rollen vom Trommelplatz zum Windenplatz. Die Seilbremse stellt hierbei sicher, dass der Seilzug schleiffrei, d. h. ohne Berührung des Bodens, erfolgt und ermöglicht die Regulage des Seils.

Nach dem Bau werden alle temporär genutzten Flächen in ihren ursprünglichen Zustand zurückversetzt, d. h. ausgelegte Baggermatratzen, Alumatten o. ä werden abtransportiert. Aufgeschotterte Fläche und Baustraßen werden zurückgebaut. Rekultivierungsmaßnahmen werden durchgeführt und ggf. entstandene Bodenverdichtungen mittels Tiefenlockerung entfernt.

3.7. Flächeninanspruchnahme

3.7.1. Schutzbereich und Sicherung von Leitungsrechten

Der sogenannte Schutzbereich dient dem Schutz der Freileitung. Diese Fläche wird durch Überspannung der Leiterseile dauernd in Anspruch genommen und wird für die Instandhaltung und den sicheren Betrieb der Freileitung unter Berücksichtigung entsprechender Normen benötigt. Innerhalb des Schutzbereichs bestehen Aufwuchsbeschränkungen für Gehölze, zudem bestehen Beschränkungen für die bauliche Nutzung.

Die Größe der Fläche ergibt sich rein technisch aus der durch die Leiterseile überspannten Fläche unter Berücksichtigung der möglichen seitlichen Auslenkung der Leiterseile bei Wind und des Schutzabstands nach DIN EN 50341 Teil 1 bis 4 in dem jeweiligen Spannfeld. Dadurch ergibt sich eine konvex-parabolische Fläche zwischen zwei Masten. Die Größe des Schutzbereichs ist also abhängig von den spezifischen Gegebenheiten wie Spannfeldlänge etc. und wird für jedes Spannfeld individuell festgelegt. Eine schematische Darstellung mit typischen Größenangaben ist in Abbildung 7 zu finden.

Im Bereich von Bäumen, die im Umfallen den zulässigen Mindestabstand unterschreiten würden (z. B. Waldbereiche, Baumreihen, etc.) wird der Schutzbereich anhand der Baumfallkurve (siehe Abbildung 8) ermittelt und um einen zusätzlichen Sicherheitsabstand von 5 m zum Schutz von umstürzenden Bäumen erweitert. Zudem wird hier der Schutzbereich parallel zur Trassenachse ausgewiesen. Eine entsprechende schematische Darstellung ist in Abbildung 9 enthalten.

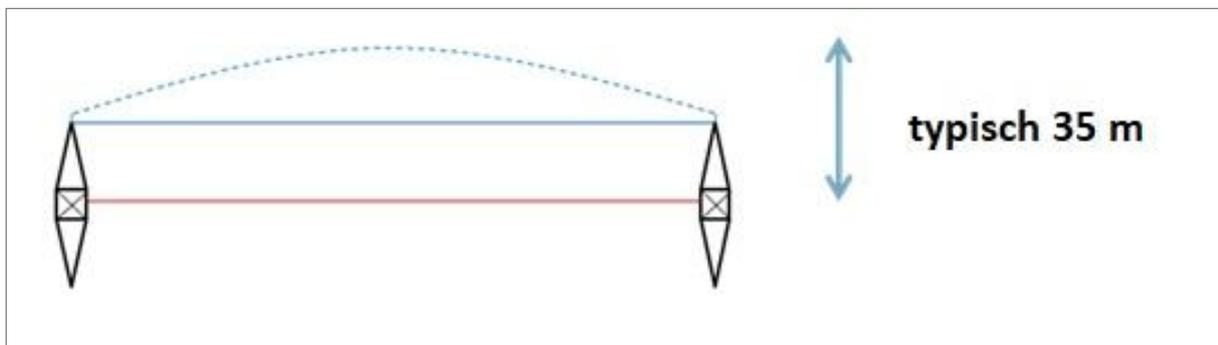


Abbildung 7: Schematische Darstellung des konvex-parabolischen Schutzstreifens

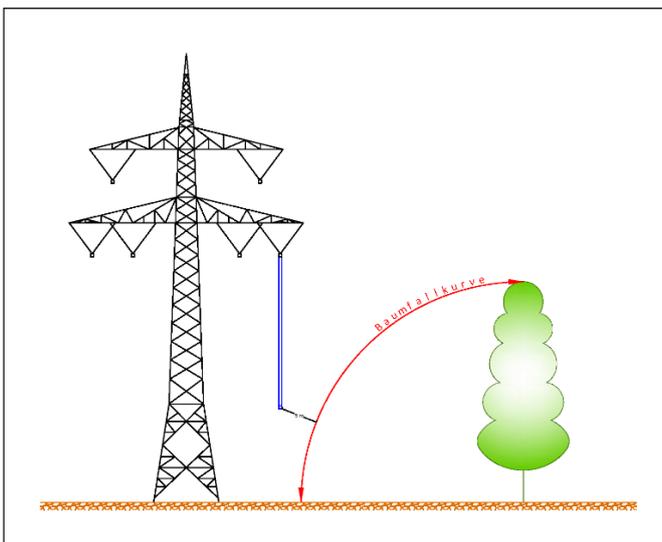


Abbildung 8: Schematische Darstellung der Baumfallkurve

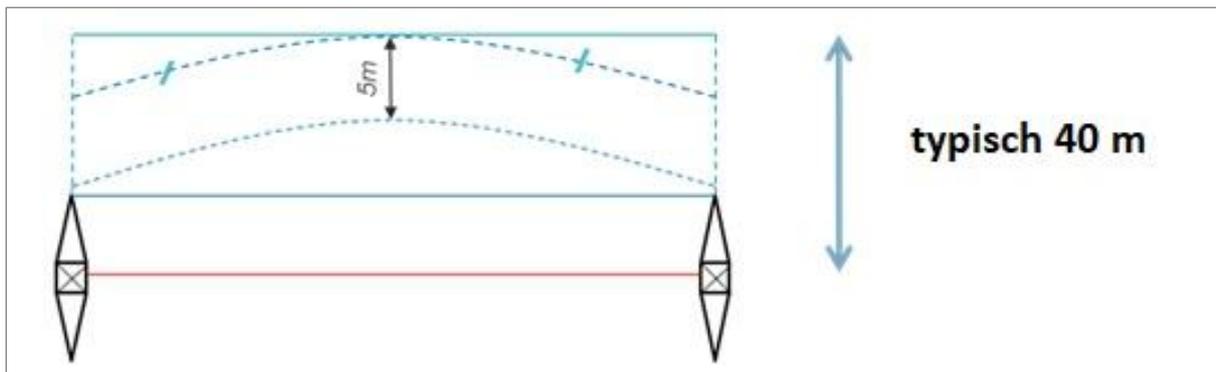


Abbildung 9: Schematische Darstellung des Schutzstreifens im Waldbereich

Die konkrete Ausgestaltung des Schutzstreifens wird in der Feinplanung je Mastfeld ermittelt. Die Inanspruchnahme des Schutzbereichs zum Bau und Betrieb der Leitung sichert sich der Leitungsbetreiber für das jeweilige Grundstück durch Eintragung einer beschränkten persönlichen Dienstbarkeit in das Grundbuch. Der Eigentümer behält sein Eigentum und wird für die Inanspruchnahme entsprechend entschädigt. Bei der dauerhaften Flächeninanspruchnahme kann zwischen der Überspannungsfläche unter den Seilen und dem Maststandorten unterschieden werden. Bei der Überspannungsfläche steht der weiteren Nutzung, z. B. landwirtschaftlicher Bewirtschaftung, i. d. R. nichts entgegen. An den Maststandorten ist keine weitere Nutzung möglich. Der Maststandort ist die nicht mehr nutzbare Fläche, welche innerhalb der Fundamentkappen liegt. Aufgrund der Breitenzunahme der Maste ist die Flächeninanspruchnahme abhängig von der Höhe der Maste. Je nach eingesetztem Masttyp und -höhe beträgt die Kantenlänge der Fläche in der Regel zwischen 8 und 15 m. Bei Sondermasten (Weitspannfelder, besonders hohe Maste, usw.) ist gegebenenfalls eine größere Flächeninanspruchnahme notwendig.

Durch die eingesetzten Donaumaste bei der Fulda-Main-Leitung i. V. m. der geplanten Beseilung wird die typische Schutzbreitenstreife außerhalb bewaldeter Gebiete ca. 70 m und innerhalb bewaldeter Gebiete ca. 80 m betragen.

3.7.2. Temporäre Flächeninanspruchnahme

Neben der dauerhaften Flächeninanspruchnahme durch die Maststandorte und die Überspannung müssen während der Bauphase zusätzliche Flächen für Sicherungsmaßnahmen, Trommel- und Windenplätze und Arbeitsflächen in Anspruch genommen werden. Ein durchgehender Arbeitsstreifen entlang der Leitung Achse ist für die Bauausführung nicht erforderlich, da sich die Arbeiten punktuell auf die einzelnen Maststandorte beschränken und weitere Flächen nur für die Sicherungsmaßnahmen an den kreuzenden Objekten oder für die Zuwegung zu den genannten Flächen benötigt werden.

Soweit diese Flächen im Schutzstreifen liegen, ist die Inanspruchnahme durch die für das jeweilige Grundstück eingetragene Dienstbarkeit geregelt. Für die temporärer Inanspruchnahme von Flächen außerhalb des Schutzstreifens, sind Nutzungsvereinbarungen mit den Eigentümern und Pächtern abzuschließen.

Die für Sicherungsmaßnahmen notwendige Fläche dient dem Aufstellen von Schleif- und Schutzgerüsten. Die benötigte Fläche ist abhängig von dem zu kreuzenden Objekt und dessen Lage zur Freileitung und ist im Einzelfall zu ermitteln.

Die Arbeitsflächen umschließen den Maststandort und haben eine Fläche mit einer Seitenlänge von ca. 40 x 40 m, können aber in Form und Größe aufgrund der unterschiedlichen örtlichen Gegebenheiten variieren. Sie werden im Wesentlichen zur Montage, zur Zwischenlagerung von Gründungsmaterial, von Erd- bzw. Bodenmaterialien, Oberboden- und Unterboden getrennt, und als potenzielle Stellfläche für Bagger, Baufahrzeuge sowie Autokran genutzt.

An Standorten der geplanten Abspannmasten sind, neben den Arbeitsflächen, zusätzlich Trommel- und Windenplätze vorgesehen. Sie haben eine Fläche von 35 m x 40 m und liegen in der Verlängerung der Achse des Abspannabschnitts. Je Winkelmast sind daher zwei Trommel- bzw. Windenplätze vorgesehen. Der Abstand zwischen den Trommel- und Windenplätzen zum Abspannmast ist abhängig von der Aufhängehöhe der zu ziehenden Seile und somit von der Masthöhe und ist in Abbildung 10 dargestellt. Außerdem ist pro System jeweils eine Fläche von 10 x 30 m für Bodenanker zum Absichern der Abspannmasten notwendig. (Im Fall der Mitführung zusätzlicher Systeme kann sich die benötigte Fläche entsprechend vergrößern.)

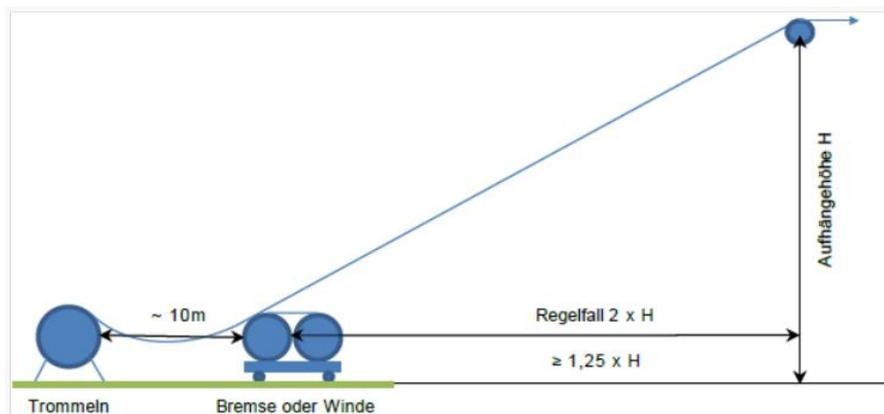


Abbildung 10: Abstand der Trommel- und Windenplätze vom Mast

Zu den im Rahmen des Baus in Anspruch genommenen Flächen wird eine Zuwegung benötigt. Die Zuwegungen werden soweit möglich über öffentlich gewidmete Straßen oder Wege geführt. Die Breite der Zuwegung beträgt ca. 4 m.

3.7.3. Notwendige Mindestabstände zu anderen Infrastrukturmaßnahmen

Um Auswirkungen auf andere Infrastrukturmaßnahmen auszuschließen bzw. diese zu minimieren sind Mindestabstände einzuhalten. Die Mindestabstände ergeben sich aus der DIN EN 50341-1 VDE 0210-1:2013-11. Die wichtigsten Abstände in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Mindestabstände nach DIN EN 50341

Kreuzungsobjekt	Erforderlicher Mindestabstand für Objekte unter der Leitung
Gelände	7,8 m
Bäume (besteigbar)	4,3 m
Gebäude mit fester Bedachung (Dachneigung >15°)	4,8 m
Gebäude mit fester Bedachung (Dachneigung <15°)	6,8 m
Gebäude mit sonstiger Bedachung	12,8 m
Verkehrsanlagen	8,8 m
Fremdleitungen	3,2 m
Antennen, Leuchten, Fahnenmaste	4,8 m
Sportflächen	9,8 m

Die Mindestabstände der DIN EN 50341 sind immer eingehalten, wenn Objekte (inklusive ihrer Schutzstreifen) außerhalb des Schutzstreifens der Freileitung liegen. Ausgenommen hiervon sind Windenergieanlagen, da deren Nachlaufströmung negative Auswirkungen auf das Schwingungsverhalten der Seile hat. Der hierbei nötige Mindestabstand richtet sich nach dem Rotordurchmesser der Windenergieanlage, dem für Wartungsarbeiten an der Windenergieanlage vorgegebenen Arbeitsraum und danach, ob die Freileitung mit Schwingungsschutzmaßnahmen ausgerüstet ist. Ausführliche Bestimmungen zum Mindestabstand von spannungsführenden Bauwerken im Nahbereich von Windenergieanlagen sind in der DIN EN 50341-1 VDE 0210-1:2013-11 festgehalten.

Neben den Mindestabständen der DIN EN 50341 gibt es für die Maststandorte noch zusätzliche horizontale Abstände, die einzuhalten sind. Dies betrifft Bundesautobahnen und Bundesstraßen nach § 9 Bundesfernstraßengesetz. Für diese gilt eine Bauverbotszone von 40 m beziehungsweise 20 m gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn. Zudem gilt im Bereich von 100 m ab dem Fahrbahnrand von Bundesautobahnen eine Baubeschränkungszone. Für Bundesstraßen sind dies 40 m.

Nach dem Hessischen Straßengesetz gilt nach § 23 für Landes- und Kreisstraßen eine Bauverbotszone bis 20 m gemessen vom Fahrbahnrand und eine Baubeschränkungszone von 40 m gemessen vom Fahrbahnrand.

Gemäß dem Bayerischen Straßen- und Wegegesetz gilt nach Art. 23 und 24 für Staatsstraßen eine Bauverbotszone bis 20 m bzw. für Kreisstraßen bis 15 m gemessen vom Fahrbahnrand sowie ein Einvernehmensvorbehalt für Staatsstraßen von 40 m bzw. für Kreisstraßen von 30 m gemessen vom Fahrbahnrand.

In der Nähe von Flugplätzen sind die Masthöhen zu begrenzen. In welchem Bereich um den Flugplatz und auf welche Höhe die Maste zu begrenzen sind, ist ebenso wie die Notwendigkeit von Maßnahmen zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen (Befeuerung, Flugwarnkugeln) im Einzelfall zu prüfen.

3.8. Emissionen

3.8.1. Emissionen während des Betriebs

3.8.1.1. Geräuschemissionen

Bei feucht-nassen Wetterlagen kommt es aufgrund von Koronaentladungen an den Leiterseilen von Höchstspannungsfreileitungen zu Geräuscentwicklungen, die in benachbarten Siedlungsbereichen Schallimmissionen verursachen können. Als Maß für die Kennzeichnung der an einem Ort wirkenden Schallimmission wird der Beurteilungspegel verwendet. Im unmittelbaren Bereich der Leitungssachse erreicht der Beurteilungspegel einer 380-kV-Leitung in der geplanten Realisierungsart typischerweise nur einen Wert von 35 dB(A) und liegt damit unter dem Immissionsrichtwert gemäß Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) für den Wert von seltenen Ereignissen (6.3 TA Lärm). Da es sich bei Koronaentladungen um witterungsbedingte Anlagengeräusche handelt sind diese nach §49 Abs.2b EnWG als seltene Ereignisse der TA Lärm einzustufen. Eine Berücksichtigung von Vorbelastungen nach Nr. 3.2.1 TA Lärm erfolgt im Rahmen der detaillierten Berechnungen für die einzelnen Immissionsorte im Rahmen der weiteren Planungsschritte. Weitere Details werden im Fachbeitrag Immissionsschutz untersucht.

3.8.1.2. EMF

Höchstspannungsleitungen wie die 380-kV-Leitung Mecklar – Dipperz – Bergrheinfeld/West erzeugen aufgrund der unter Spannung stehenden und Strom führenden Leiterseile niederfrequente elektrische und magnetische Wechselfelder mit einer Frequenz von 50 Hertz (Hz). Die Stärke des elektrischen Feldes – gemessen in Kilovolt pro Meter (kV/m) – ist abhängig von der Spannungsebene der Leitung (hier 380 kV) und unterliegt nur geringen Schwankungen. Die magnetische Feldstärke – gemessen als magnetische Flussdichte in Mikrottesla (μT) – ist abhängig von der Stromstärke und damit von der Netzbelastung, die tages- und jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt.

Welche Feldstärken am Boden auftreten, wird nicht nur von Spannungsebene, Stromstärke sowie der Anzahl, der Anordnung und dem Durchhang der Leiterseile, sondern vor allem vom Bodenabstand bestimmt. Die höchsten Feldstärken am Erdboden treten in der Mitte zwischen zwei Masten auf, das heißt dort, wo die Leiterseile den geringsten Bodenabstand haben. Zu den Masten hin nehmen die Abstände der Leiterseile zum Boden zu und die Feldstärken am Boden somit ab.

Nach § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV sind bei der Errichtung von Niederfrequenzanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Um den geltenden Vorsorgeanforderungen gerecht zu werden, wird die Planung der 380-kV-Leitung Mecklar – Dipperz – Bergrheinfeld/West im Hinblick auf elektrische und magnetische Felder hinsichtlich verschiedener technischer Parameter optimiert. Dies sind insbesondere:

1. optimierte Bodenabstände,
2. optimierte Mastgeometrie,

3. optimierter Leiterseilquerschnitt,
4. optimierte Anzahl der Teilleiter und
5. optimierte Leiterseilanordnung.

Nach § 3 der 26. BImSchV sind Hoch- und Höchstspannungsleitungen so zu errichten und zu betreiben, dass in ihrem Einwirkungsbereich in Gebäuden oder auf Grundstücken, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung und unter Berücksichtigung der Immissionen durch andere Niederfrequenzanlagen, in Summe folgende Grenzwerte nicht überschritten werden:

- für die magnetische Flussdichte 100 Mikrottesla (μT) und
- für die elektrische Feldstärke 5 Kilovolt pro Meter (kV/m).

Die Grenzwerte für elektromagnetische Einwirkungen in Bereichen für den dauernden Aufenthalt der allgemeinen Bevölkerung betragen für das elektrische Feld 5 Kilovolt pro Meter (kV/m , elektrische Feldstärke) und für das magnetische Feld 100 Mikrottesla (μT , magnetische Flussdichte). Der Berechnungspunkt für diese Grenzwerte liegt direkt unter der Leitung im Punkt des minimalen Bodenabstands einen Meter über der Oberfläche bei voller Auslastung der Leitung. Der geringere Grenzwert gegenüber Anhang 1 der 26. BImSchV für das magnetische Feld ergibt sich aus der Berücksichtigung von § 3 Abs. 1 der 26. BImSchV. Demnach dürfen Niederfrequenzanlagen mit einer Frequenz von 50 Hertz, schon nicht die Hälfte des in Anhang 1a genannten Grenzwertes der magnetischen Flussdichte überschreiten. Bei der Bestimmung der Immissionen wird die bereits vorhandene Belastung mitberücksichtigt. Es erfolgt eine Gesamtbeurteilung gem. § 3 Abs. 3 der 26. BImSchV.

Alle Höchstspannungsfreileitungen von TenneT werden so geplant, errichtet und betrieben, dass die gesetzlichen Grenzwerte deutlich unterschritten werden. Selbst bei der theoretisch maximalen Auslastung, die in der Regel nur an wenigen Stunden im Jahr auftritt, unterschreitet die Anlage die Grenzwerte deutlich.

Weitere Details werden im Fachbeitrag Immissionsschutz untersucht.

Neben den Auswirkungen auf Menschen kann es zu Wechselstrombeeinflussung mit anderen Infrastrukturanlagen kommen. Hierzu zählen alle Arten von metallischen Rohrleitungen (z. B. Gas-, Öl-, und Wasserleitungen), metallhaltige Fernmeldekabel und andere Leitungen zur Energieversorgung. Eine nähere Betrachtung dieser Leitungen erfolgt in Abstimmung mit dem jeweiligen Betreiber der Fremdleitung.

3.8.2. Emissionen während der Bauphase

Im Bereich der Maste der Fulda-Main-Leitung als auch im Bereich der Maste der verdrängten 380-kV-Bestandsfreileitung Mecklar-Dipperz kann es während der Bauphase zu Emissionen in Form von Lärm, Abgasen, Staub, Erschütterungen sowie visuellen Beeinträchtigungen kommen. Dies sind aber nur temporäre Beeinträchtigungen.

Diese Emissionen ergeben sich aus dem eigentlichen Baustellenbetrieb durch die auf der Baustelle befindlichen Maschinen. Beispielhaft sind hier Baggararbeiten für den Aushub, Kraneinsätze für das Stocken/Stellen der Maste, Fundamentarbeiten und Rückbaumaßnahmen im Zuge der Verdrängung zu nennen. Andere Emissionen entstehen durch den für den Bauablauf erforderlichen Baustellenverkehr um Materialien, Arbeitsgeräte etc. zu transportieren.

Die baubedingten Lärmimmissionen sind an den Anforderungen des § 22 BImSchG zu messen und werden auch dahingehend eingehalten. Für die Baumaschinen werden die Vorgaben der 32. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung - 32. BImSchV) sowie der AVV Baulärm umgesetzt.

Die Arbeiten werden aus Sicherheitsgründen zumeist tagsüber stattfinden. Lichtimmissionen sind somit nur in Ausnahmefällen zu erwarten.

Weitere Details werden im Fachbeitrag Immissionsschutz untersucht.

3.9. Maßnahmen zur Minimierung der baulichen Auswirkungen auf Schutzgüter

Im Rahmen der Bauphase entstehen verschieden negative Auswirkungen auf die unterschiedlichen Schutzgüter. Um diese Auswirkungen zu minimieren, können – soweit es möglich ist – beispielsweise folgenden Maßnahmen ergriffen werden:

1. Anpassung der Arbeitsflächen an die örtlichen Gegebenheiten, d. h. Aussparung von Schutzgebieten in den Arbeitsflächen
2. Minimierung der Arbeitsflächen, durch Trennung von Vormontage- und Montagefläche
3. Verlagerung der Seilzugflächen durch Seilzug über Kopf, d.h. die Trommel- und/oder Windenfläche liegt nicht in der Verlängerung der Achse des Abspannabschnitts, sondern innerhalb des Abspannabschnitts
4. Maststocken mit Helikopter
5. Reduzierung der Zuwegungsbreite auf 3 m
6. Bauzeitenbeschränkungen
7. Einsatz von umweltfreundlichen Schmierstoffen, um die Auswirkungen im Havariefall zu minimieren
8. Betanken der Baufahrzeuge außerhalb von Schutzgebieten
9. Einsatz von lärmarmen Baugeräten mit geringen Abgaswerten
10. Wässerung von trockenen Arbeitsflächen- und Zuwegungen zur Minimierung von Staubemissionen

3.10. Parallelführung zur Bestandsleitung

3.10.1. Definition

Soll die geplante Leitung neben einer bestehenden Leitung geführt werden, spricht man von einer Parallelführung. Dies kann zur Wahrnehmung von Bündelungsoptionen notwendig sein. Im Abschnitt B sind diverse Freileitungen der TenneT vorhanden, die eine Möglichkeit zur Bündelung darstellen. Wo immer möglich soll die Bündelung im Gleichschritt erfolgen, das heißt die neuen Maststandorte werden nach Möglichkeit so gewählt, dass sie mit denen der bestehenden Maststandorte aufdecken.

3.10.2. Möglichkeiten zur Parallelführung

Von Dipperz aus verläuft die 380-kV-Leitung Dipperz – Großkrotzenburg mit der TenneT-internen Leitungsnummer ‚LH-11-3020‘ zum Umspannwerk Großkrotzenburg. Im Süden des Untersuchungsraums verläuft in Ost-West Richtung die 380-kV-Bestandsleitung Berggrheinfeld/West – Aschaffenburg mit der TenneT internen Leitungsnummer LH-07-B87. Alle Leitungen bleiben weiterhin bestehen, wobei die neu zu errichtende Leitung von Dipperz nach Berggrheinfeld/West in Abschnitten parallel zu den bestehenden Leitungen geführt werden kann.

3.10.3. Verdrängung

In Bereichen, in denen eine Parallelführung zur bestehenden 380 kV-Höchstspannungsleitung geplant ist, kann diese in vereinzelt Bereichen ggf. nicht aufrechterhalten werden. Das ist immer dann der Fall, wenn die neu geplante Leitung aufgrund der Parallelführung durch Flächen verlaufen würde, die genehmigungsrechtlich nicht oder nur sehr schwer gequert werden können (Konfliktbereich). Je nach räumlicher Ausprägung dieser Flächen kann dies zu dem Erfordernis einer Leitungskreuzung zweier 380kV-Leitungen führen, was aus Gründen der Betriebssicherheit jedoch möglichst zu vermeiden ist.

Um auch in diesen Bereichen eine Parallelführung zu ermöglichen, stellt eine Anpassung der bestehenden Leitung eine technische Möglichkeit dar die Parallelführung aufrecht zu erhalten und dabei eine Kreuzung der Leitungen zu vermeiden. Dieses Vorgehen wird Verdrängung genannt. Die neu geplante Leitung verdrängt die bestehende Leitung und nutzt den bestehenden Trassenraum. In Einzelfällen kann diese Verdrängung auch dazu führen, dass beide Leitungen in neuen Trassen geplant werden müssen (siehe Abbildung 11).

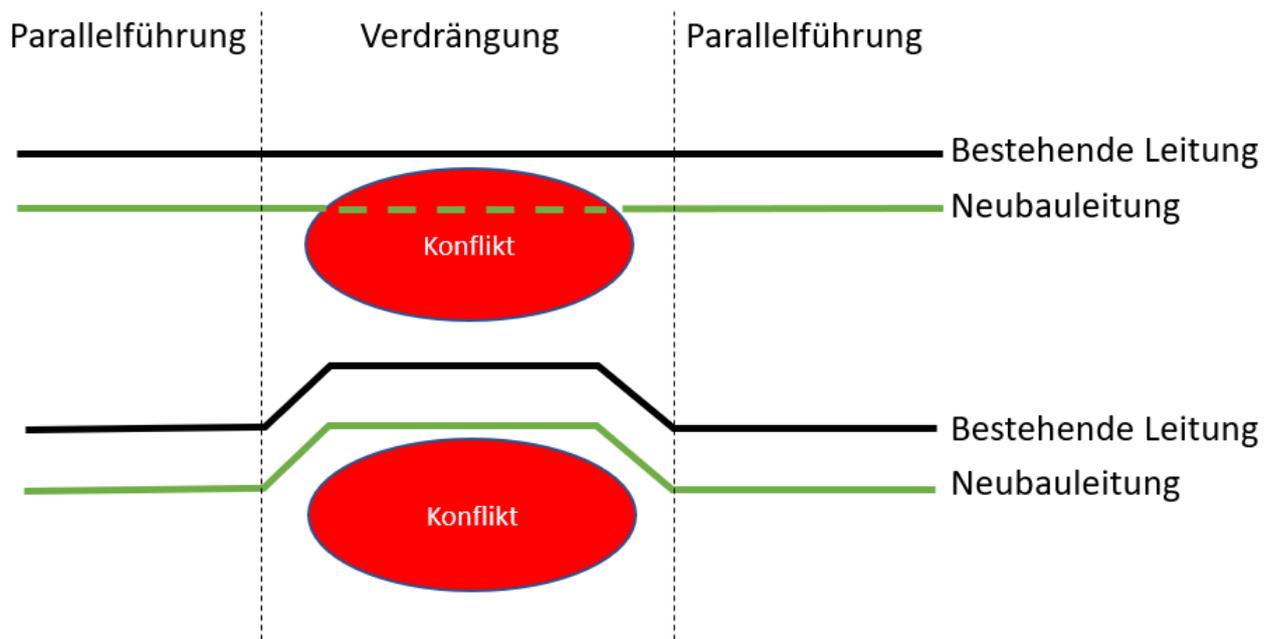


Abbildung 11: Prinzipskizze Verdrängung

Die unter Kapitel 3 genannten technischen Parameter der 380-kV-Freileitung gelten auch in den Verdrängungsbereichen der Bestandsleitung.

Für die Verdrängung bestehen verschiedene technische Realisierungsmöglichkeiten. Für die verdrängte Leitung wird eine neue Trasse geplant, die an geeigneter Stelle in die Bestandstrasse eingebunden wird. Hierfür können auch Provisorien erforderlich sein.

Für die Neubauleitung besteht die Möglichkeit, das vorhandene Gestänge der verdrängten Leitung zu nutzen. Dafür ist jedoch die Verwendung von Hochtemperaturleiterseilen erforderlich, da das bestehende Mastgestänge keine ausreichende Tragfähigkeit besitzt, um die Lasten der für das Vorhaben vorgesehenen Beseilung aufzunehmen. Auch für das Hochtemperaturleiterseil ist die Tragfähigkeit der bestehenden Masten nachzuweisen.

Das Hochtemperaturleiterseil stellt jedoch nicht die Regelausführung dar und schränkt außerdem die Übertragungsleistung ein. Im Regelfall ist somit im Bereich der bestehenden Leitungstrasse ein standortnaher Austausch der Masten erforderlich.

3.10.4. Regelmastgestänge

Der Abstand der Leitungsachsen von der Bestandsleitung zu der neuen Freileitung beträgt für den Fall der Regelmastgestänge ca. 65 m. Der Abstand von 65 m ergibt sich aus dem theoretischen Ausschwingen der Seile gegeneinander und dem mindestens einzuhaltenden elektrischen Sicherheitsabstands von 5 m. Die neuen Masten werden aufgrund von längeren Feldlängen und damit verbundenen größeren Durchhängen durchschnittlich knapp 10 m höher als die Masten der Bestandsleitung. Dies ergibt sich auch aus den größeren minimalen Bodenabständen von 12 m gegenüber 8 m bei der Bestandsleitung. Die geometrische Herleitung des regelmäßigen Mindestabstandes bei einer parallelen Errichtung entlang der Bestandsleitung wird in Abbildung 12 dargestellt.

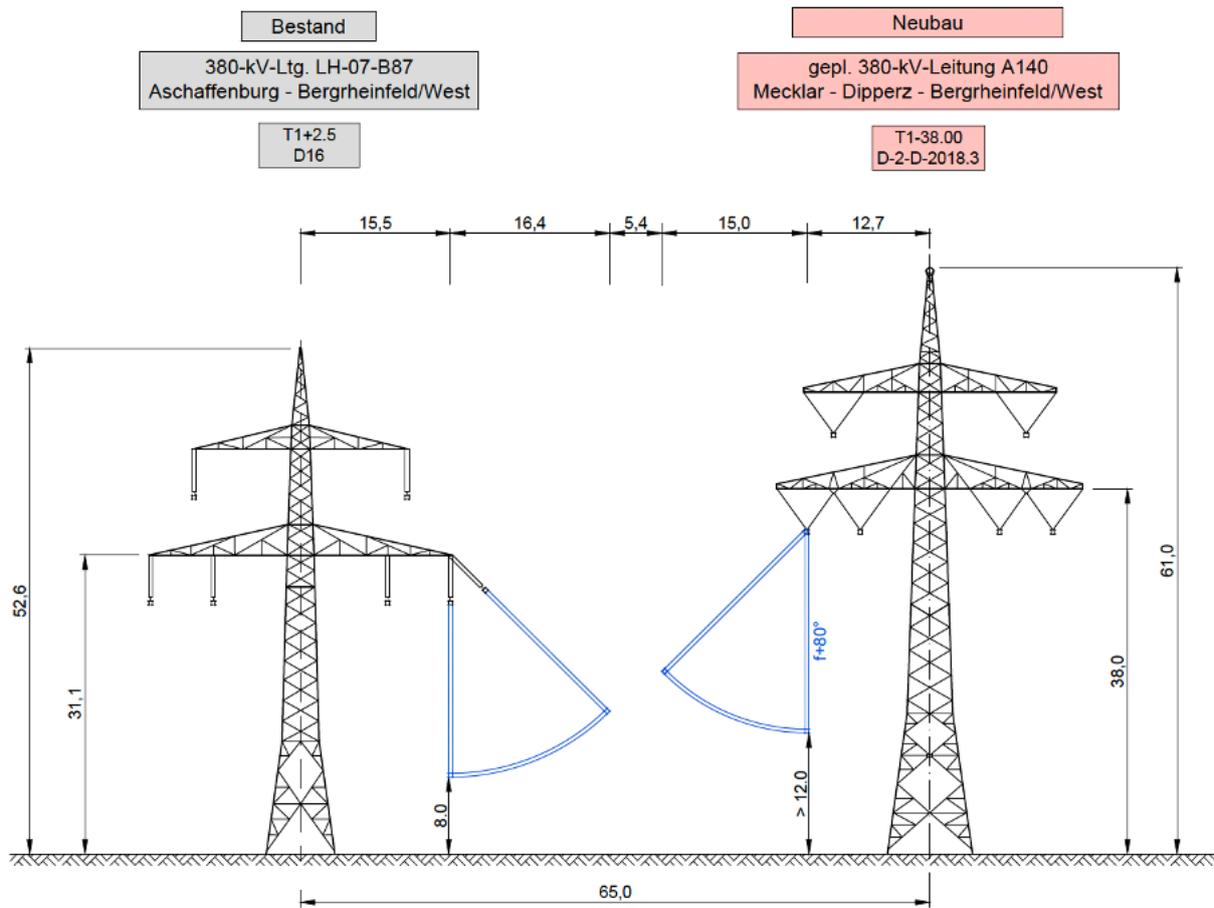


Abbildung 12: Parallelführung einer 380-kV-Neubautrasse neben der 380-kV-Bestandstrasse (alle Maße in m)

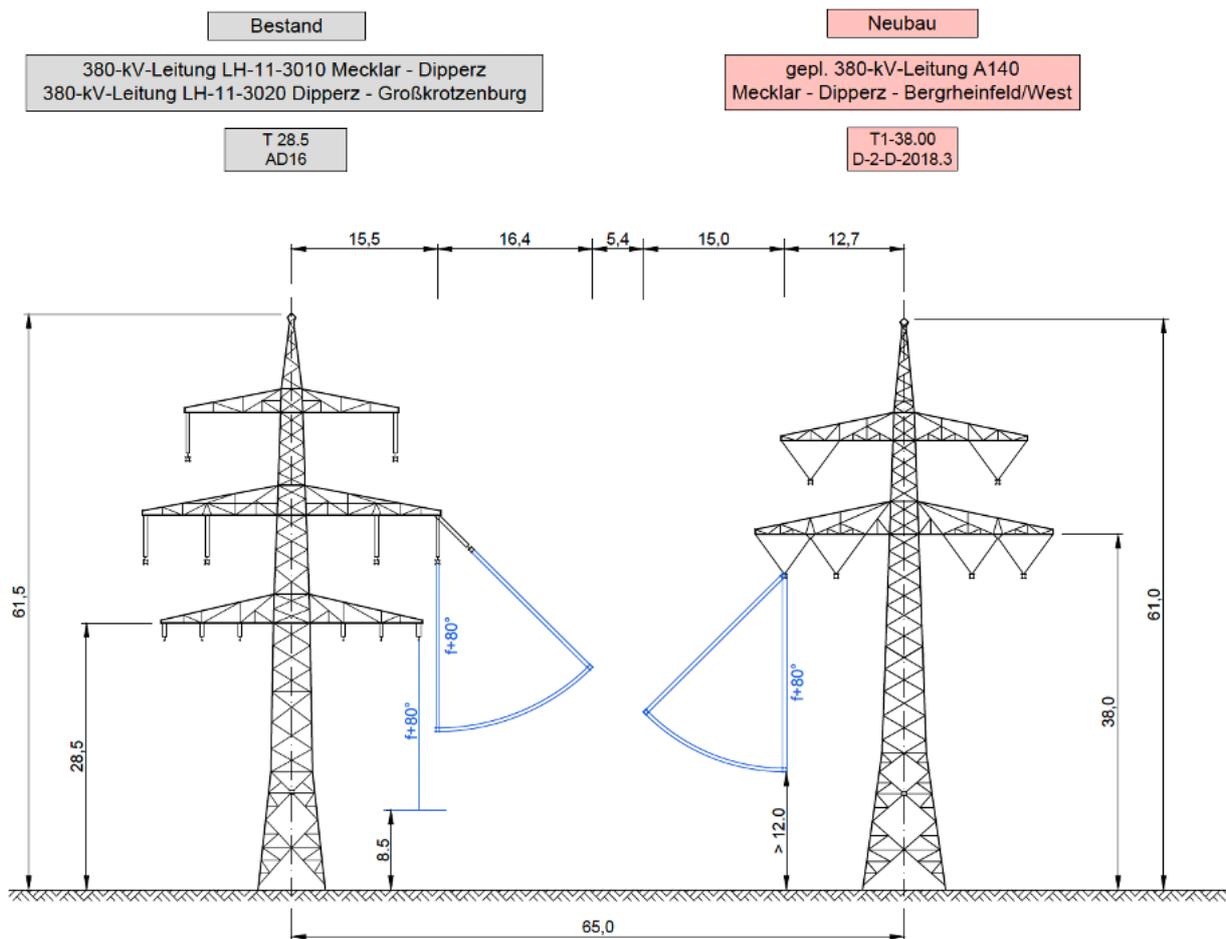


Abbildung 13: Parallelführung einer 380-kV-Neubautrasse neben der 380-kV-Bestandstrasse (alle Maße in m)

3.10.5. Schneisenbreite bei Regelmastgestänge

Für den Fall der Regelmastgestänge ergibt sich bei seitlichem Ausschlagen der Leiterseilbündel und einem Achsabstand von 65 m eine neue gesamte Schneisenbreite von 145 m. Bestehende Schneisen müssen demnach um 65 m erweitert werden, um eine sichere Stromübertragung gewährleisten zu können. Dies ist in Abbildung 14 dargestellt.

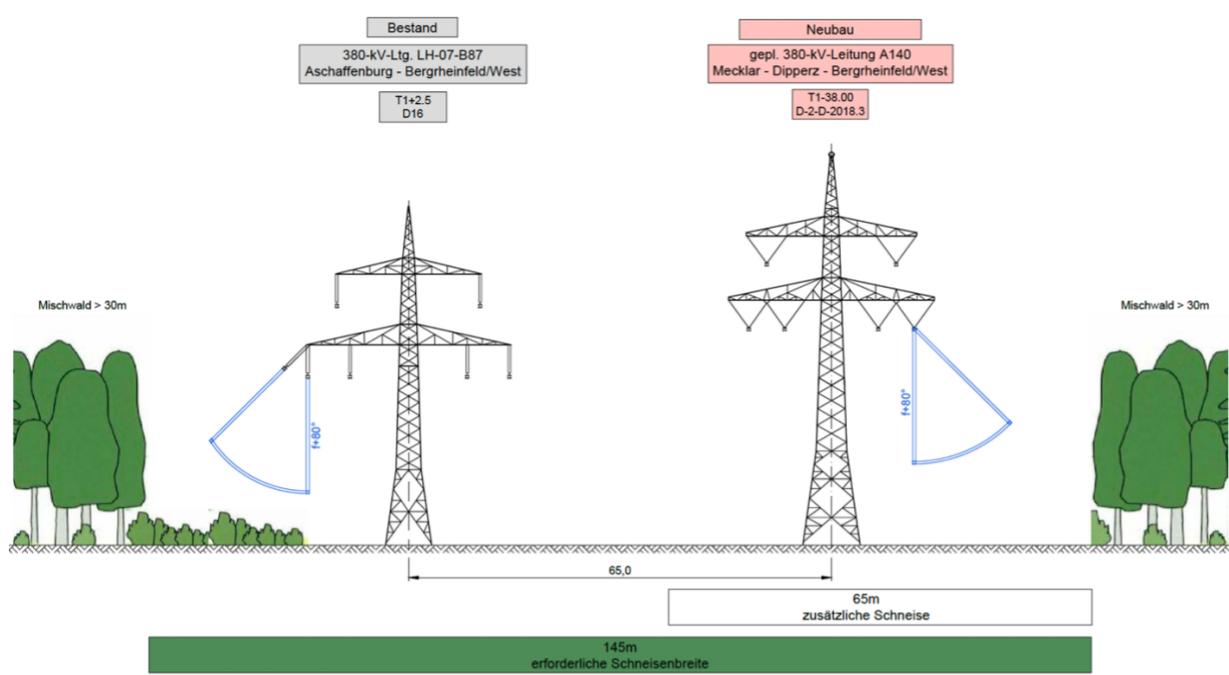


Abbildung 14: Waldschneise bei Parallelführung (alle Maße in m)

3.10.6. Gemeinschaftsleitung

Der erforderliche Abstand der beiden Gemeinschaftsleitungen (bei Mitführung der 110-kV-Leitungen der Avacon auf der Bestandsleitung) zur Neubauleitung beträgt ebenfalls 65 m. Dies ist in Abbildung 15 dargestellt. Die untere 110-kV-Traverse hat einen geringeren Abstand zur Mastmitte als die darüber liegende 380-kV-Traverse. Die 110-kV-Leiterseile sind maßgebend für die lotrechten Abstände. Die 380-kV-Leiterseile an Traverse 2 sind wiederum maßgebend für das maximale seitliche Ausschwingen und somit für den seitlichen Abstand von 65 m zur geplanten Parallelleitung.

Für den Fall der Parallelführung mit der bestehenden Gemeinschaftsleitung werden die neuen Maste etwa gleich hoch über Erdoberkante wie die Bestandsleitung.

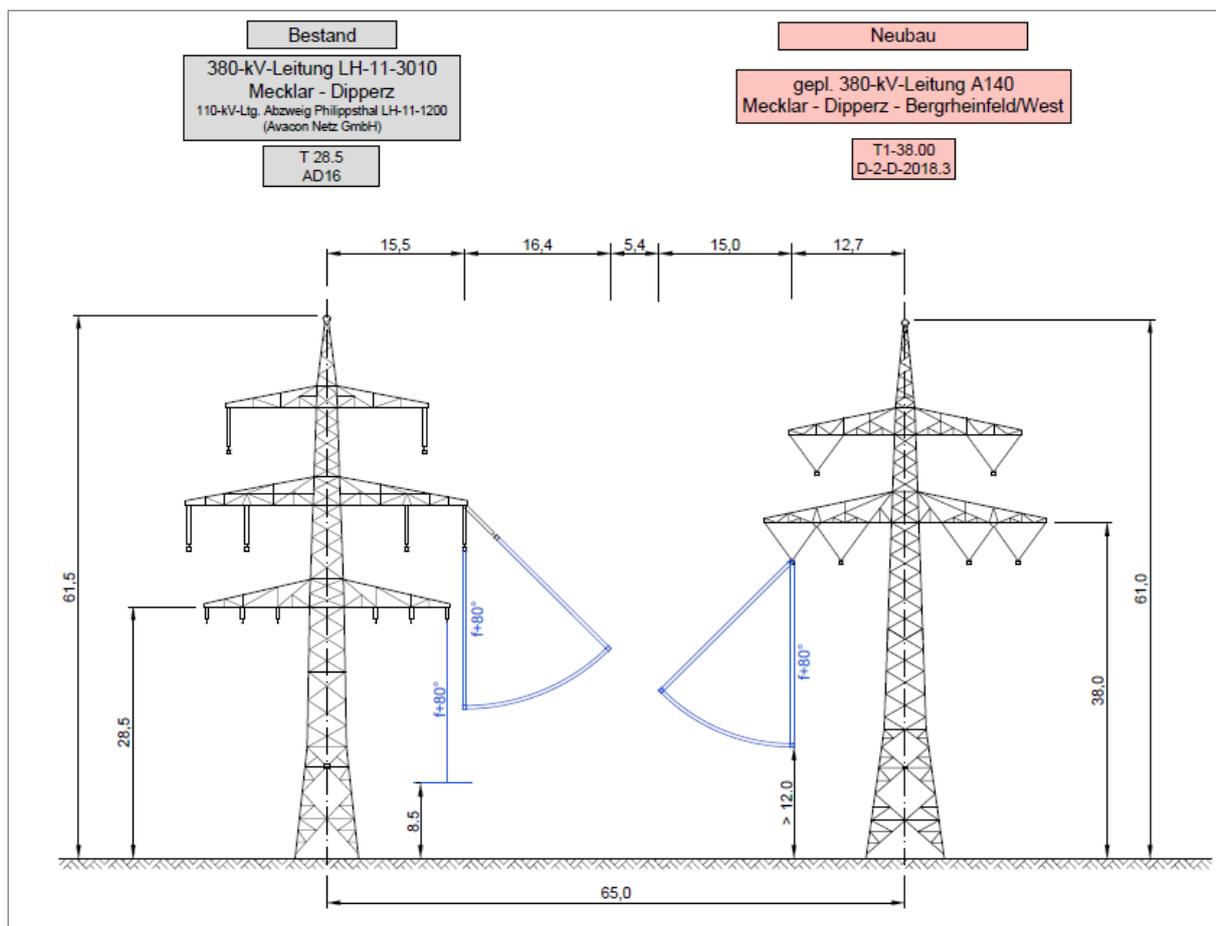


Abbildung 15: Parallelführung mit Gemeinschaftsleitung (alle Maße in m)

3.10.7. Schneisenbreite bei Gemeinschaftsleitung

Die erforderliche Schneisenbreite in Abschnitten mit den bestehenden Gemeinschaftsleitungen entspricht der Schneisenbreite des Regelmastgestänges. Sie beträgt ebenfalls insgesamt 145 m. Die Erweiterung der bestehenden Schneise erfolgt gleichermaßen um 65 m (vgl. Abbildung 16).

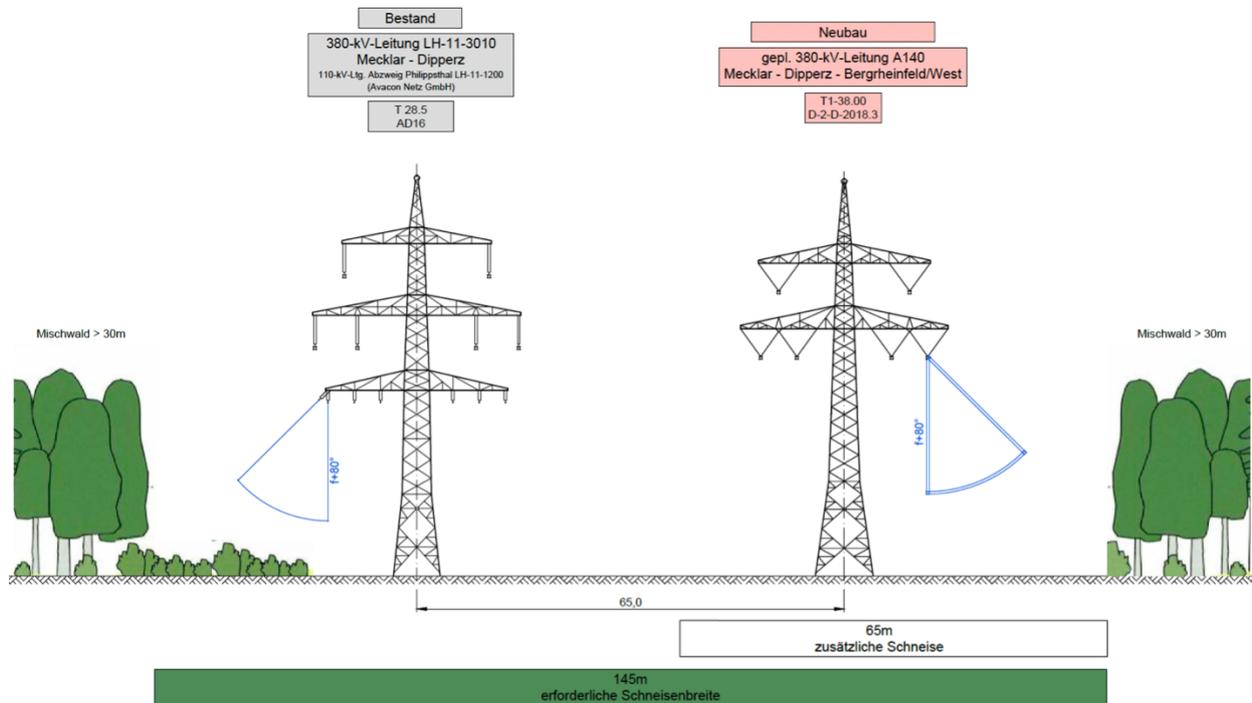


Abbildung 16: Waldschneise bei Parallelführung mit Gemeinschaftsleitung (alle Maße in m)

4. Erdkabel

4.1. Beschreibung der Anlage

4.1.1. Teilerdverkabelung, Allgemeines

Die Fulda-Main-Leitung ist als ein Pilotprojekt im Bundesbedarfsplangesetz (BBPIG) gekennzeichnet, für das der Einsatz von Erdkabeln auf Teilabschnitten zum Einsatz kommen darf. Erdverlegte Kabel kommen somit als technische Alternative zu Freileitungen in Teilabschnitten in Frage, während eine durchgehende Erdverkabelung aus rechtlichen und technischen Gründen nicht in Betracht kommt.

Grundsätzlich ist eine Teilerdverkabelung von einzelnen Leitungsabschnitten zulässig, sofern ein der Ausnahmeveraussetzungen gemäß § 4 Abs. 2 Satz 2 BBPIG vorliegt und es sich bei dem Bereich

um einen technisch und wirtschaftlich effizienten Teilabschnitt handelt. Für das konkrete Vorhaben sind das:

- Siedlungsannäherung (§ 4 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 und 2 BBPlG)
- Arten und Gebietsschutz (§ 4 Abs. 2 Satz 2 Nr. 3 und 4 BBPlG)

Das Kriterium der Querung einer Bundeswasserstraße (§ 4 Abs. 2 Satz 2 Nr. 5 BBPlG) liegt im Untersuchungsraum nicht vor.

Für die Errichtung einer Teilerdverkabelung auf der 380-kV-Ebene kommen erprobte Verfahren zum Einsatz. Es liegen ausreichend Erfahrungswerte vor, sodass der Bau der Erdkabeltrassen gemäß dem Stand der Technik erfolgen kann. Beim Betrieb von Erdkabeln in der Höchstspannungs-Drehstromübertragung (380 kV) liegen, im Gegensatz zum 110-kV- und Mittelspannungsnetz, solche Erfahrungen nicht vor. Bislang gibt es somit keine ausreichenden betrieblichen Erfahrungen. Insbesondere der großräumige Einsatz von Erdkabeln ist im Drehstrom-Höchstspannungsnetz noch nicht erprobt. Drehstrom-Höchstspannungserdkabel sind im Gegensatz zu Gleichstromkabeln weltweit bislang nur auf wenigen Strecken wie zum Beispiel in Ballungsgebieten von Tokio, Berlin und Madrid im Einsatz. Anerkannte Regeln der Technik konnten hieraus noch nicht abgeleitet werden. Analysen von CIGRÉ (Counseil International des Grands Reseaux Électriques – 2009) von weltweit im Einsatz befindlichen landverlegten Drehstromkabeln der Höchstspannungsebene zeigen, dass die Nichtverfügbarkeit von Kabeln gegenüber Freileitungen 150 bis 240-fach höher ist (CIGRÉ 2009). So beträgt die Reparaturzeit einer Kabelanlage im Durchschnitt rund 600 Stunden (25 Tage). Im Gegensatz dazu liegt die durchschnittliche Reparaturzeit einer Freileitung bei circa dreieinhalb Stunden.

TenneT ist beim Einsatz von Erdkabeln im Höchstspannungsbereich in Europa führend und hat in den Niederlanden bereits einen zehn Kilometer langen Abschnitt gebaut, der 2013 in Betrieb ging. Weitere Abschnitte sind in Realisierung bzw. gehen in den Regelbetrieb über, z. B. bei den Vorhaben Emden/Ost-Conneforde, Wilhelmshaven – Conneforde, Wahle-Mecklar Teilabschnitt C, Ganderkesee-St. Hülfe und Dörpen/West-Niederrhein.

Im Falle einer Erdverkabelung kommen Kabel mit einer Isolierung aus vernetztem Polyethylen (VPE) zum Einsatz. Ein Beispiel für diesen Kabeltyp ist in Abbildung 17 abgebildet. Der zu verwendende Kabelnennquerschnitt wurde noch nicht final festgelegt. Studien gehen von einem Querschnitt von 3.200 mm² Kupfer aus. Dies entspricht dem neuen Standard der TenneT TSO für 380 kV Erdkabel.

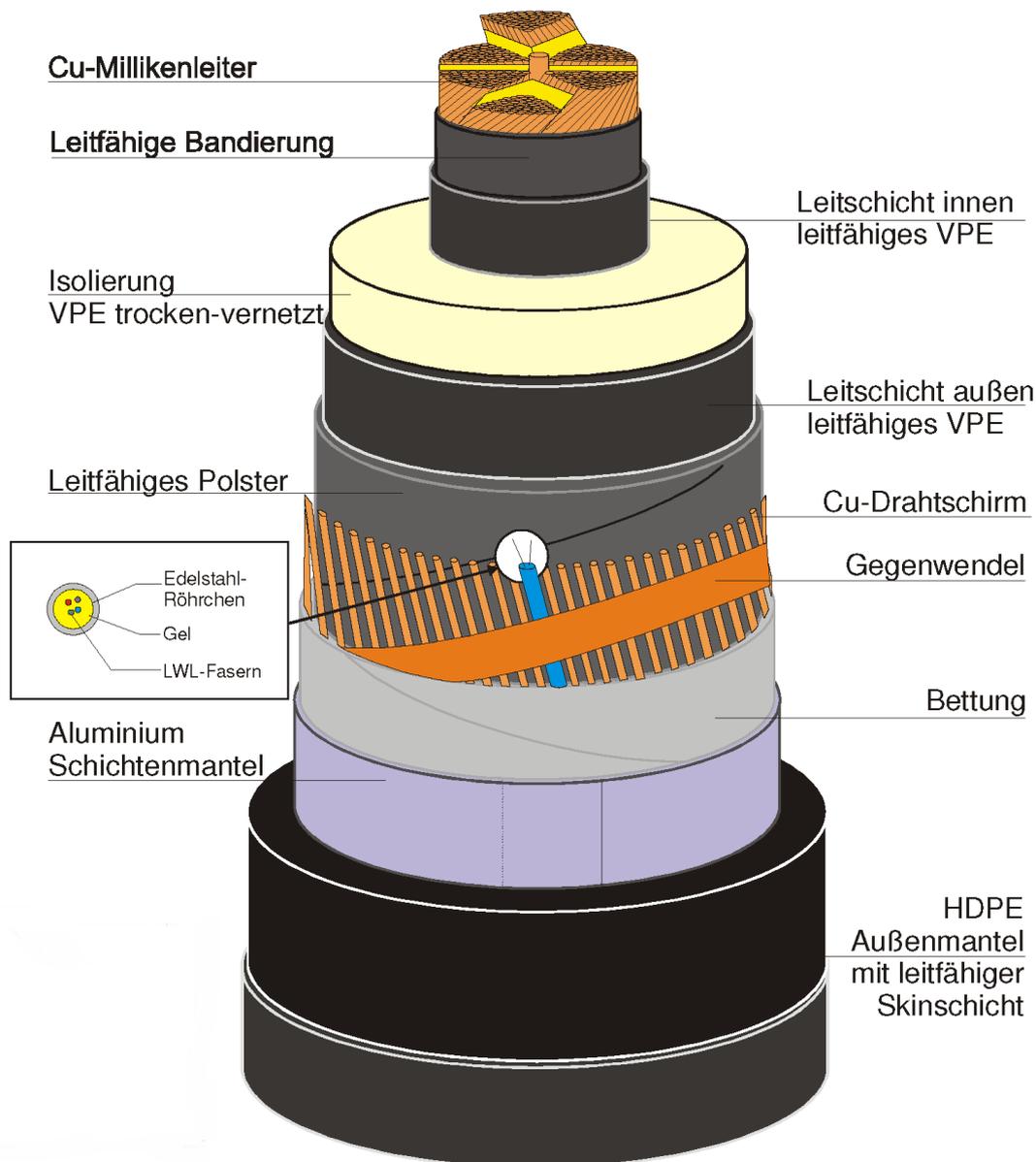


Abbildung 17: Aufbau kunststoffisoliertes Erdkabel

4.1.2. Maximale Kabellängen

Die maximale Kabellänge ist aus Transportgründen begrenzt und beträgt ca. 1 km Länge. Beim Transport der Kabel kommen Fahrzeuge mit mehr als vier Achsen zum Einsatz. Aus den Beschränkungen des § 34 Abs. 6 Nr. 5, 6 StVZO ergibt sich ein zulässiges Gesamtgewicht der Transporte von 40 t (§ 34 Abs. 6 Nr. 5 StVZO), bzw. 44 t (§ 34 Abs. 6 Nr. 6 StVZO). Zudem schränkt § 32 StVZO die zulässige Gesamthöhe und -breite der Fahrzeuge ein. Die maximal zulässige Höhe der Transporte darf 4 m nicht überschreiten (§ 32 Abs. 2 StVZO). Neben dem Gewicht (41 t/km) stellt insbesondere die Abmessung der zu transportierenden Kabeltrommeln einen begrenzenden Faktor dar. Unter

Berücksichtigung der §§ 32, 34 StVZO ergibt sich somit regulär eine maximal transportierbare Kabellänge von ca. 1.000 m. Zwar besteht die Möglichkeit der Durchführung von Sondertransporten, aufgrund der Anzahl der zu transportierenden Kabel und den regelmäßig vorgefundenen Gegebenheiten vor Ort (Brücken, Tunnel, Kurvenlage, Steigungen) ist dies jedoch nicht zielführend.

4.1.3. Offene Bauweise

Bei der offenen Bauweise werden die Kabel bzw. die Kabelschutzrohre in einem offenen Graben verlegt. Daneben gibt es geschlossene Bauweisen, die grundsätzlich als alternative Bauweisen unter wirtschaftlichen und sicherheitstechnischen Aspekten und nach den örtlichen Gegebenheiten in den weiteren Planungsphasen auf der Basis genauerer Daten geprüft werden (z. B. zum Baugrund).

Das Regelgrabenprofil für die offene Bauweise besteht aus zwei parallelen Kabelgräben, welche jeweils zwei Kabelsysteme mit drei Hochspannungskabeln (2 x 3) sowie Steuer- und Monitoringkabel führen. Aufgrund der begrenzten Stromtragfähigkeit der Kabel verdoppelt sich die Systemanzahl im Vergleich zur Freileitung. Abbildung 26 zeigt ein Regelgrabenprofil für die Spannungsebene von 380 kV.

Die temporäre Inanspruchnahme (Arbeitsstreifen) während der Baumaßnahme beträgt für das Regelgrabenprofil etwa 45 m. Abhängig von der Baugrundbeschaffenheit kann die Inanspruchnahme auch größer sein. Der Schutzstreifenbereich für die Betriebsphase umfasst im Regelfall ca. 25 m, abhängig von der Verlegetiefe kann jedoch auch ein breiterer Schutzbereich erforderlich sein. Die Regelverlegetiefe wird von der Erdoberkante gemessen und beträgt ca. 1,6 m.

Die Kabel werden mit einem Kabelschutzrohr 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 Auswahl des Bettungsmaterials beeinflusst die Wärmeabfuhr. 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.

Die Trennung in mehrere Kabelgräben gewährleistet eine ausreichende Wärmeableitung der Kabel und erlaubt, dass Reparaturen an einem Kabelsystem durchgeführt werden können, während das zweite System in Betrieb bleibt. In den Kabelgräben werden Schutzrohre für Lichtwellenleiter mitverlegt.

Bei Parallelführungen mit anderen Infrastrukturen kommt dasselbe Regelprofil wie oben beschrieben zur Anwendung. Dabei sind zu beachten:

1. die Rechte und Pflichten der Betreiber vorhandener Infrastrukturen,
2. die Rechte und Pflichten des Kabelbetreibers und
3. die gegenseitige Beeinflussung der Infrastrukturen.

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 sind.

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.

Bei Parallelverlegungen zu Pipelines und anderen unterirdischen Infrastrukturen sind die bestehenden Schutzstreifen für die Planung 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 für die Kabelsysteme sollte daher möglichst außerhalb bestehender Schutzstreifen für erdverlegte Infrastrukturen geplant werden. Dies gilt i. d. R. auch für Aushublagerungen.

4.1.4. Geschlossene Bauweise

Die Querung von u. a. Straßen, Bahnstrecken, Fremdleitungen und Gewässern sowie etwaiger besonders schützenswerter Bereiche kann in geschlossener Bauweise erfolgen. Die Anwendung von einer geschlossenen Bauweise wird 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.:

1. Pressbohrverfahren
2. Pilotvortrieb
3. Horizontalbohrverfahren (HDD)
4. Mikrotunnelbau

Geschlossene Bauweisen kommen in der Regel bei Querungen von

1. Gewässern
2. Klassifizierten Straßen (Kreis-, Landes- und Bundesstraßen sowie Bundesautobahnen)
3. Bahnlinien
4. Biotopen, Wäldern, Habitaten von geschützten Tieren, FFH-Gebieten, etc.

Als Regelbauweise für Querungen mit geschlossener Bauweise kommt die gesteuerte Horizontalbohrtechnik (HDD = horizontal directional drilling) zum Einsatz. Grundsätzlich wird für jedes Kabel ein eigenes Schutzrohr aus Kunststoff per HD-Bohrung verlegt, in das das Kabel eingezogen wird. In Abhängigkeit der Bohrtiefe sowie den Bodencharakteristika werden die einzelnen Kabelstränge mit zunehmender Tiefe aus thermischen Gründen aufgefächert, d. h. mit einem größeren horizontalen Abstand verlegt. Die maximale Länge einer Bohrung ist auf 600 m beschränkt. Ab dieser Länge kann eine sichere, technische Realisierung der Bohrung, unter Berücksichtigung der Genauigkeitsanforderungen an die geometrische Lage der Einzelstränge zueinander, nicht mehr gewährleistet

werden. Das Schutzrohr für die Steuer- und Monitoringkabel kann entweder innerhalb oder außerhalb des Kabeleerrohrs mit in die Bohrung eingezogen werden bzw. erhält eine extra Bohrung.

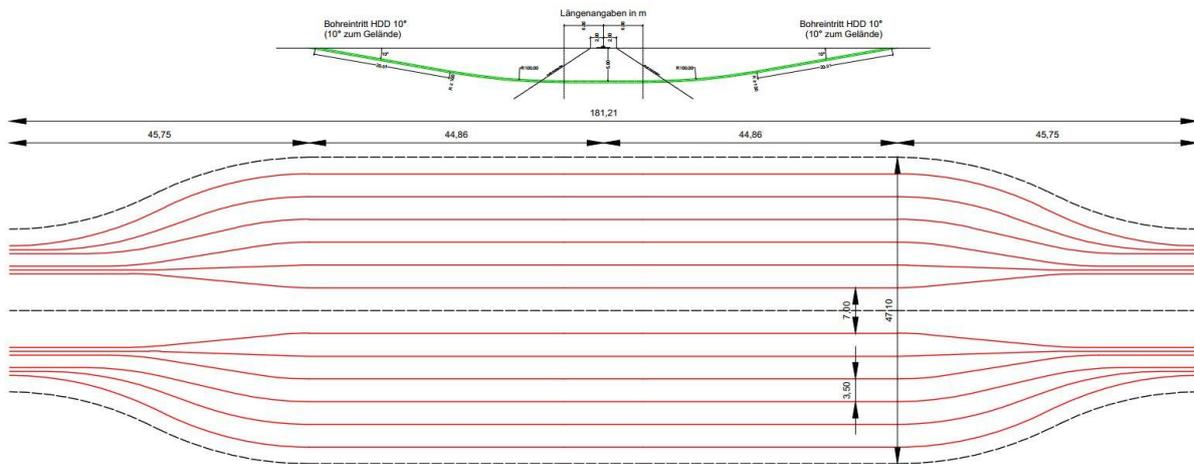


Abbildung 18: Typische Ausführung einer Bahnquerung, geschlossene Bauweise

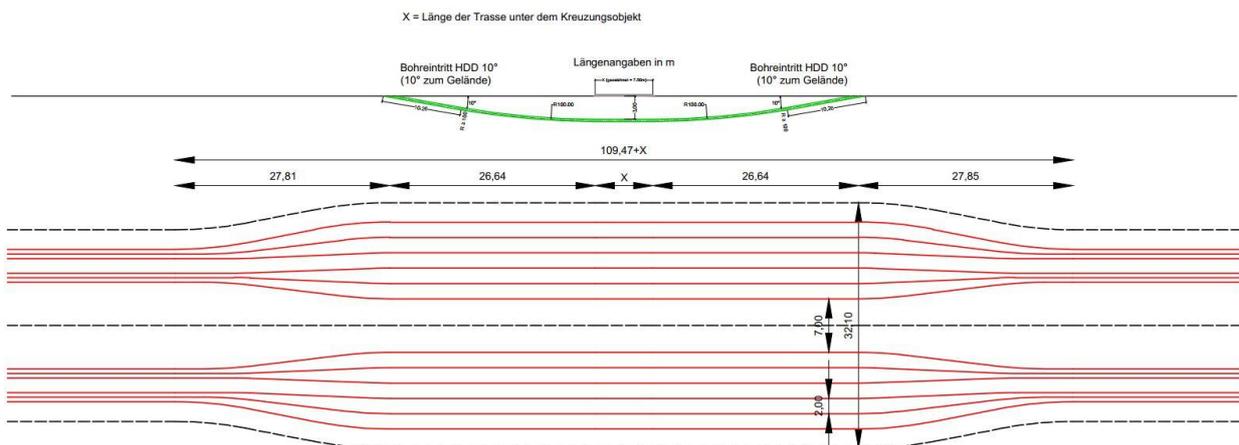


Abbildung 19: Typische Ausführung einer Straßenquerung, geschlossene Bauweise

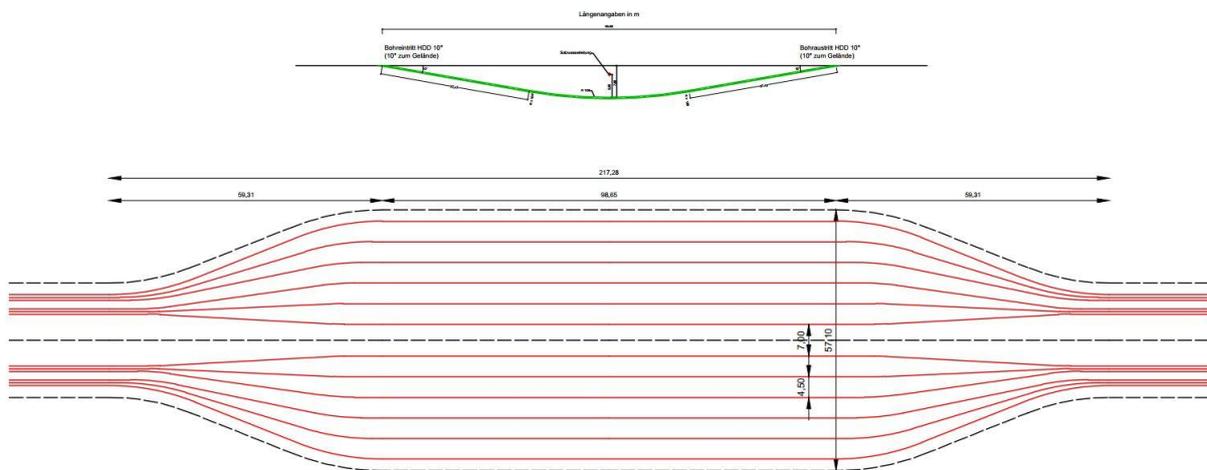


Abbildung 20: Typische Ausführung einer Querung einer Soleleitung, geschlossene Bauweise

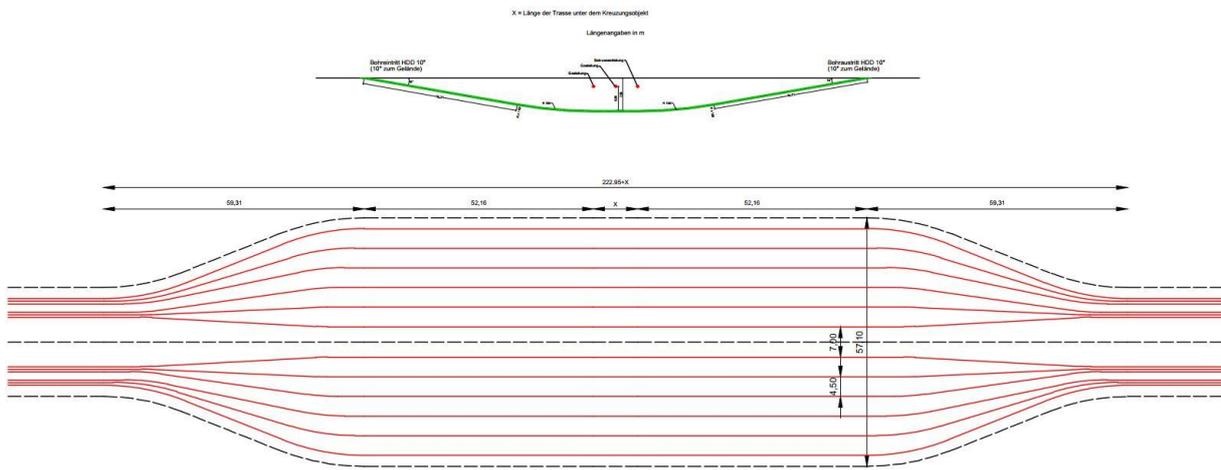


Abbildung 21: Typische Ausführung einer Querung einer Produktleitung, geschlossene Bauweise

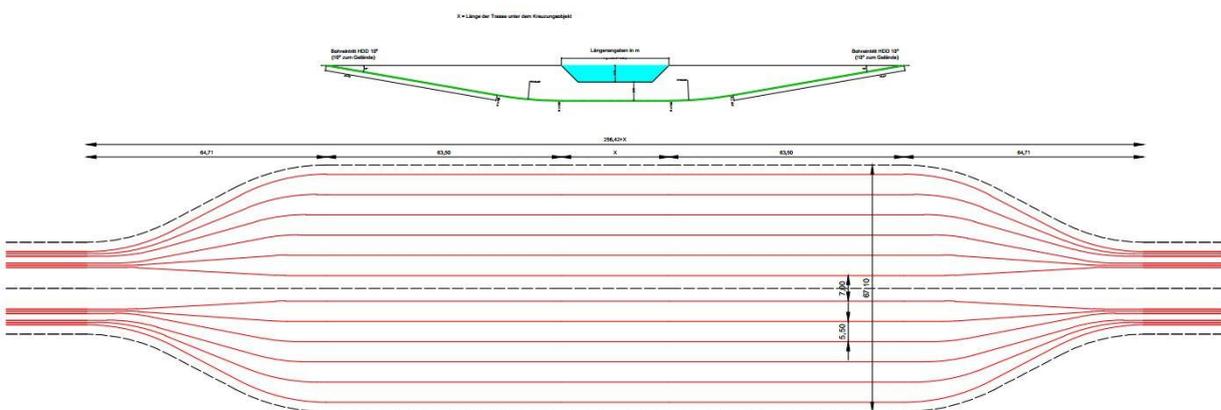


Abbildung 22: Typische Ausführung einer Gewässerquerung, geschlossene Bauweise

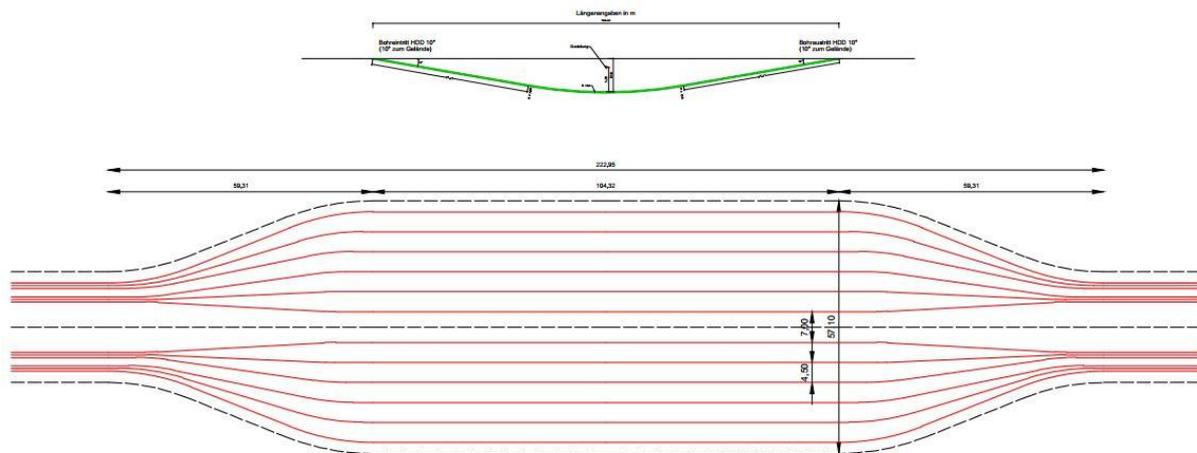


Abbildung 23: Typische Ausführung einer Querung einer Gasleitung, geschlossene Bauweise

4.1.5. Kabelverbindungen

Aufgrund der begrenzten maximalen Kabellänge sind Kabelverbindungen notwendig. Die Kabel werden einzeln eingezogen und anschließend durch Verbindungsstücke, sogenannte „Muffen“, elektrisch miteinander verbunden. Dies erfolgt in sogenannten Muffengruben. Der Abstand zwischen zwei Muffen ist von der regulär transportierbaren Kabellänge abhängig und beträgt ca. 1 km, sofern die Konfiguration des Abschnitts keine zusätzlichen Muffen notwendig macht (z. B. Drittelung des Abschnitts durch Cross-Bonding-Muffen siehe Abbildung 24 & Abbildung 25).

Die Muffeninstallation erfolgt vor Ort. Im Arbeitsstreifen wird zum Schutz vor Regen und Verschmutzung für die Dauer der Arbeiten eine temporäre Montageeinhausung (z. B. Container oder Zelt) aufgestellt. Die Montageeinhausung wird gegebenenfalls mit einer Sauberkeitsschicht ausgestattet. Alle Muffen werden aus mechanischen Gründen auf einem Betonfundament fixiert, welches pro Kabelgraben 12 m x 6 m misst. 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.

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.

Es gibt Muffen zur elektrischen Verbindung zweier Kabellängen sowie die „Cross-Bonding Muffen“. An den Cross-Bonding-Muffen werden zusätzlich die Kabelschirme der einzelnen Phasen eines Erdkabelsystems ausgekreuzt. Dadurch werden die Mantelströme minimiert und die Übertragungsverluste reduziert.

Für Prüf- und Messzwecke werden sogenannte Linkboxen obertägig errichtet. Sie sind dauerhaft zugänglich und müssen in unmittelbarer Nähe der Cross-Bonding-Muffen installiert werden. Die Linkboxen haben die Abmaße von 3,50 x 2,39 x 3,36 m (Länge x Breite x Höhe) und sind im Trassen-

verlauf sichtbar. Im Gesamten wird eine befestigte Fläche von ca. 10 m x 10 m in Anspruch genommen. Eine separate Zufahrt zu den Linkboxen ist nicht vorgesehen. In einem Teilerdverkabelungsabschnitt werden an zwei verschiedenen Standorten je zwei Linkboxen errichtet.

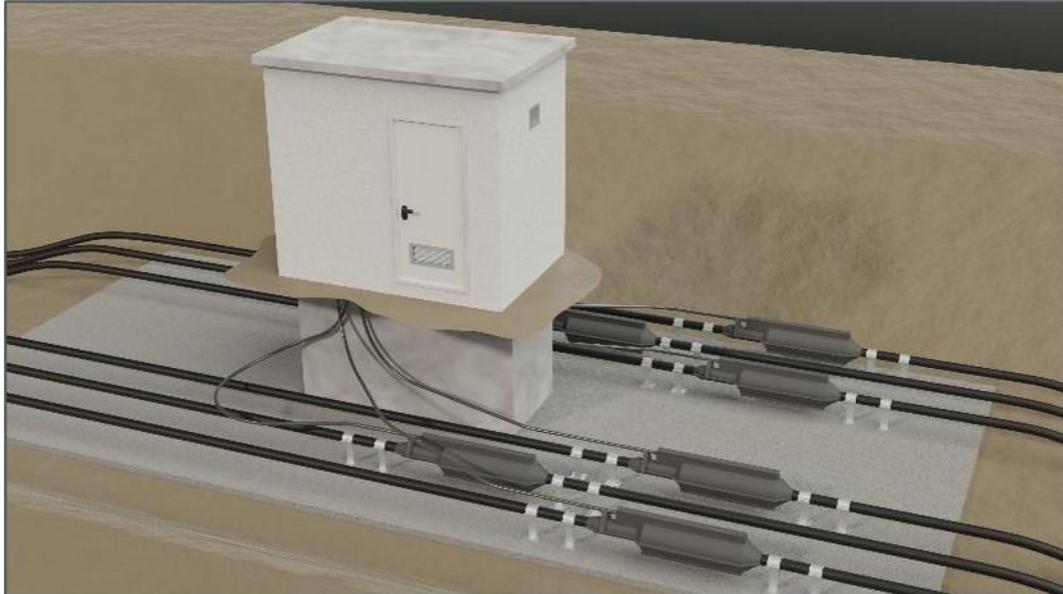


Abbildung 24: Cross-Bonding-Muffen und Linkbox

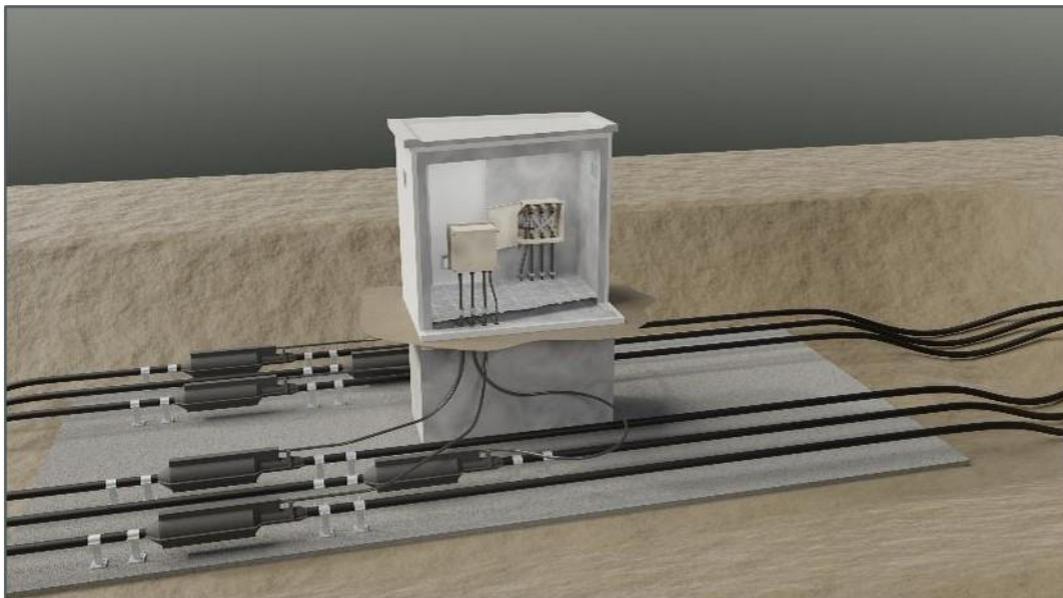


Abbildung 25: Cross-Bonding-Muffen und Linkbox

4.1.6. Lichtwellenleiter

Lichtwellenleiter (LWL) sind für betriebliche Zwecke wie Steuer- und Schutzsignale, aber auch für abschnittsweise Temperatur-Überwachung und Fehlerortung vorgesehen. Die Verlegung erfolgt in Schutzrohren parallel zu den Höchstspannungskabeln.

4.2. Bauablauf

4.2.1. Offene Bauweise im Kabelgraben

Die offene Grabenbauweise entspricht der Regelbauweise eines Teilerdverkabelungsabschnitts. Die Verlegung der Kabel erfolgt regelhaft im offenen Kabelgraben.

Das Regelgrabenprofil (siehe Abbildung 26) des Kabelgrabens wurde nach DIN 4124 konstruiert. Es stellt einen konservativen Ansatz aus technischen und thermischen Erfordernissen dar. Die Verlegetiefe beträgt dabei ca. 1,6 m von der Geländeoberkante gemessen. Die Sohlgrabenbreite beträgt ca. 5,3 m pro Graben. Die Grabenbreite an der Oberkante hängt vom ausführbaren Böschungswinkel ab, der durch die vorherrschenden Bodenverhältnisse bestimmt wird. Je geringer die Standfestigkeit des Bodens, desto flacher der Böschungswinkel des Kabelgrabens und desto breiter ist der Graben an seiner Oberkante. Sollte eine tiefere Verlegung erforderlich sein, ist der Graben an diesen Stellen ebenfalls breiter. Eine tiefere Verlegung der Kabel kann beispielsweise erforderlich werden bei:

1. vorhandenen oder geplanten Drainagesystemen,
2. vorhandenen unterirdischen Leitungen,
3. besonderen landwirtschaftlichen Praktiken (z. B. Tiefenlockerungen von Böden mit Untergrundhaken, Sonderkulturen wie Hopfen),
4. Böden mit geringer Tragfähigkeit,
5. oberirdischen Entwässerungssystemen (z. B. Beetstrukturen, Grüppensysteme, Muldenentwässerung)
6. Kreuzung von Gewässern, Bundesstraßen, Autobahnen oder Bahnlinien.

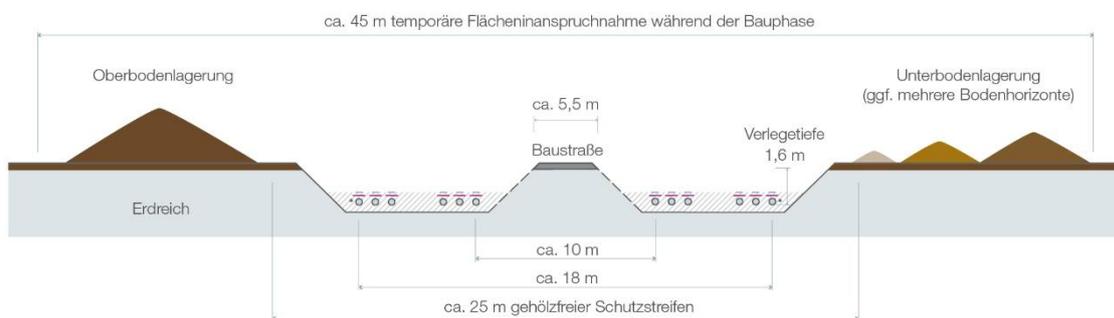
Der Bauablauf für die Verlegung von Kabeln in der offenen Bauweise sieht beispielhaft folgende Arbeitsschritte vor:

1. Archäologische und Kampfmittelvoruntersuchung, ggf. Räumung, Bergung, Sicherung
2. Fremdleitungserhebung
3. Abschnittsweise Baustelleneinrichtung einschl. Errichtung der Zuwegungen
4. Baufeldberäumung
5. Bodenkundliche Baubegleitung
6. Ökologische Baubegleitung
7. Mutterbodenabtrag und seitliche Lagerung
8. Aufbau Wasserhaltung inkl. mögl. Einleitstellen
9. Bodenaushub (inkl. Muffengruben) und seitliche Lagerung (getrennt in Bodenmieten)
10. Verlegung der Kabel bzw. Schutzrohre
11. Herstellung der Leitungszone

12. Verfüllung des Leitungsgrabens (außer im Bereich der Muffen), ggf. horizontweise
13. Abfuhr des evtl. überschüssigen Bodens
14. Einzug der Kabel (bei Verlegung in Schutzrohren)
15. Herstellung der Muffen
16. Verfüllung der Muffengruben
17. Wiederherstellung und Rekultivierung bzw. Renaturierung der Oberfläche
18. Rückbau der Baustraßen, Lagerflächen und Einrichtungsflächen
19. Wiederherstellung von Drainagefeldern

In der Folge werden die wichtigsten der oben genannten Schritte näher erklärt: Zunächst wird die temporäre Zuwegung in den Baustellenbereichen sichergestellt, danach erfolgt die Errichtung des Kabelgrabens. Der Aushub des Kabelgrabens erfolgt schichtweise und wird getrennt nach homogenen Bodenschichten seitlich des Grabens im Arbeitsbereich gelagert. Der Mutterboden wird in zweiter Reihe gesondert neben dem Kabelgraben gelagert.

Regelgrabenprofil 380-kV-Kabelgraben
(2 Systeme mit je 2 x 3 Phasen parallel geschaltet)



Alle Zahlenangaben geben den Regelfall an. Die tatsächlichen Abmessungen hängen u. a. von der Bodenbeschaffenheit und der Verlegetechnik ab.

Abbildung 26: Regelgrabenprofil 380-kV-Leitung mit beispielhafter Bodenlagerung

Nach Aushub des Kabelgrabens werden Leerrohre in den Kabelgraben gelegt und durch Stumpfschweißen oder Überschiebemuffen miteinander verbunden. Nach Abschluss der Verlegung der Leerrohre erfolgen eine Abstandskontrolle und gegebenenfalls eine Lagekorrektur sowie die Vermessung der einzelnen Rohrstränge zu Dokumentationszwecken. Die Leerrohre werden allseitig mit einer Sandschicht umgeben, darüber mit Abdeckplatten und Trassenwarnbändern gekennzeichnet sowie das Aushubmaterial schichtenweise wieder eingebaut, sodass die ursprüngliche Bodenschichtung und die Geländehöhe dauerhaft erhalten bleiben.

Die eigentliche Kabelverlegung erfolgt durch Einziehen der Kabel in die Leerrohre direkt von einem Kabeltrommelwagen aus, der jeweils am Ende bzw. Anfang eines Kabelabschnitts steht. Der Kabelzug erfolgt durch eine Seilwinde am anderen Kabelgrabenende.

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. Die Muffengruben für die einzelnen Kabelpaare sollten zur Optimierung des Platzbedarfes längs gegeneinander versetzt angeordnet werden. Falls dies nicht möglich sein sollte, müssen die Gruben verbaut werden.

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

1. Der Oberboden wird in der Regel mit Baggern abgezogen oder mit Raupen abgeschoben.
2. Einsatz von Profillöffeln (Bodenklassen 2 bis 4/5): 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.
3. Bei Antreffen von felsigen Böden (ab Bodenklasse 6) werden Bagger mit Grabenlöffel oder Meißeln sowie Grabenfräsen eingesetzt.
4. Bei Bodenklasse 7 können zusätzlich zum Meißel- oder Grabenfräsverfahren Lockerungssprengungen zur Anwendung kommen.

Die Schwerlasttransporte für die Kabeltrommeln sowie die Einrichtung sämtlicher Materiallagerflächen für Kabel und andere Materialien erfordern im Rahmen der Planfeststellung die Erstellung einer Logistikstudie, die das für den Schwerlastverkehr zu ertüchtigendem 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 die Herstellung längerer schwerlastfähiger Zufahrtsstraßen erforderlich werden.

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.

Der Abtrag und die getrennte Lagerung von Ober- und Unterboden erfolgen 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. Die Ausführung erfolgt am Tag zu üblichen Arbeitszeiten (07:00 bis 20:00 Uhr).

4.2.2. Geschlossene Bauweise

4.2.2.1. Übersicht

Die technische Ausführungsalternative der geschlossenen Bauweise kommt in der Regel bei folgenden Situationen zum Einsatz, sofern dadurch eine vereinfachte Querung bzw. Konfliktvermeidung oder -verminderung erreicht werden kann:

1. bei der Querung von Verkehrsinfrastruktureinrichtungen
2. bei der Querung von Gewässern inkl. Uferstrukturen
3. an Engstellen und Riegeln
4. 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):

1. Pilotrohr-Vortrieb
2. Horizontalbohrverfahren (HDD – Horizontal Directional Drilling)

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens werden die Verfahren der geschlossenen Bauweise auf der Basis der dann vorliegenden Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen geprüft und geplant. Sollten sich die Annahmen aus der Bundesfachplanung im Zuge der Planfeststellung diesbezüglich ändern, sind ggf. weitere Verfahren der geschlossenen Bauweise zu prüfen.

4.2.2.2. 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 Steuerflächen an der Pilotspitze vorgenommen. Nachfolgend werden Mantelrohre größeren Außendurchmessers bei gleichzeitigem Herauspressen oder -ziehen der Pilotrohre vorgetrieben (ggf. mehrere Arbeitsgänge).

Bei einem solchen Verfahren wird für die Startgrube sowie für die Zielgrube eine Flächeninanspruchnahme von 15 x 20 m für jede Bohrung angenommen.

Aufgrund der in der Regel sehr kurzen Querungslängen kann bereits auf Ebene der Bundesfachplanung dieses Verfahren im Ausnahmefall berücksichtigt werden.

4.2.2.3. Horizontalbohrverfahren

Mit dem Horizontalbohrverfahren, kurz auch HDD-Verfahren genannt, können geschlossene Querungen von Straßen, Bahnlinien, größeren Fremdleitungen, Gewässern und Deichen sowie 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.

Bei Bohrungen in Bereichen mit geotechnisch günstigen Verhältnissen und mit bis zu 200 m Länge kann mit einer Aufstellfläche von ca. 20 m Länge und 5 m Breite je Bohrung gearbeitet werden. Die temporäre, mit Folie ausgeschlagene Auffanggrube für das zum Einsatz kommende Bentonit wird ca. 2 x 3 m je Bohrung 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 der HDD werden mithilfe geeigneter Bohrgeräte durch Bentonit stabilisierte 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 (ein 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 verschließen 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 im Rahmen der Planfeststellung 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 (siehe Abbildung 27). 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.

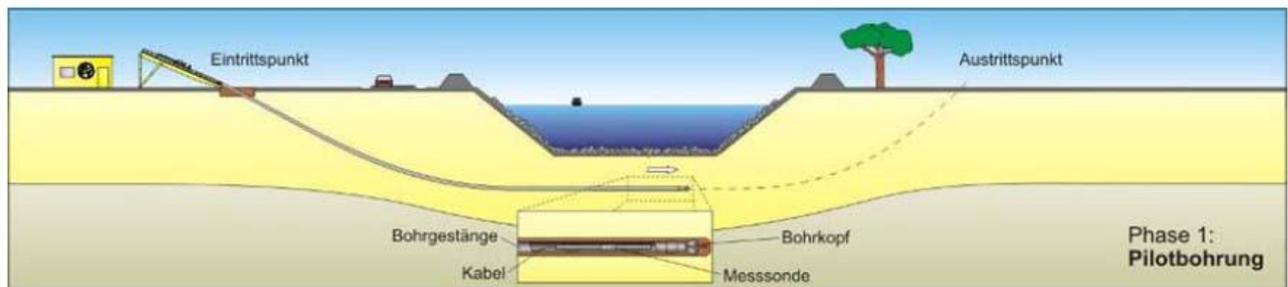


Abbildung 27: *Prinzipische Skizze Pilotbohrung*

Am geplanten Austrittspunkt wird an das austretende Gestänge anstelle des Bohrkopfes ein Aufweitungskopf befestigt und in Abhängigkeit der geologischen Verhältnisse ein zweites Gestänge für ein mehrfaches Aufweiten montiert und das Bohrgestänge in Richtung des Eintrittspunktes zurückgezogen (siehe Abbildung 28). Damit wird sichergestellt, dass das Bohrgestänge ständig auf der kompletten Länge im Bohrkanal vorhanden ist. Diese Schritte können wiederholt werden, bis der Bohrkanal den benötigten Durchmesser aufweist. Die Bohrspülung wird aufgefangen und kontrolliert der Separierung zugeführt.

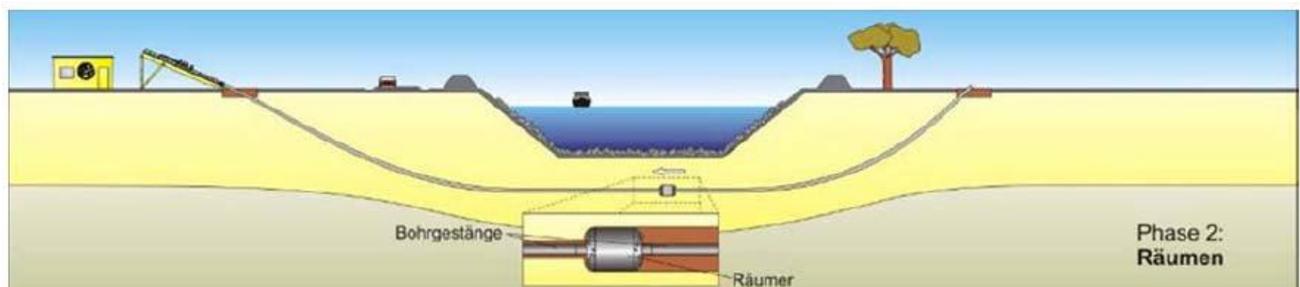


Abbildung 28: *Prinzipische Skizze Aufweitbohrung (Räumen)*

Danach wird das Kabelschutzrohr in den Bohrkanal eingezogen, indem es an das Bohrgestänge an der Austrittsseite angehängt wird (siehe Abbildung 29). 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. Der verbleibende Ringkanal zwischen Kabelrohr und Bohrkanalwandung kann, sofern erforderlich, bei den Horizontalbohrungen zusätzlich verdämmt werden, so dass keine Hohlräume verbleiben und ein Entstehen von Sickerlinien entlang der Schutzrohre ausgeschlossen werden kann.

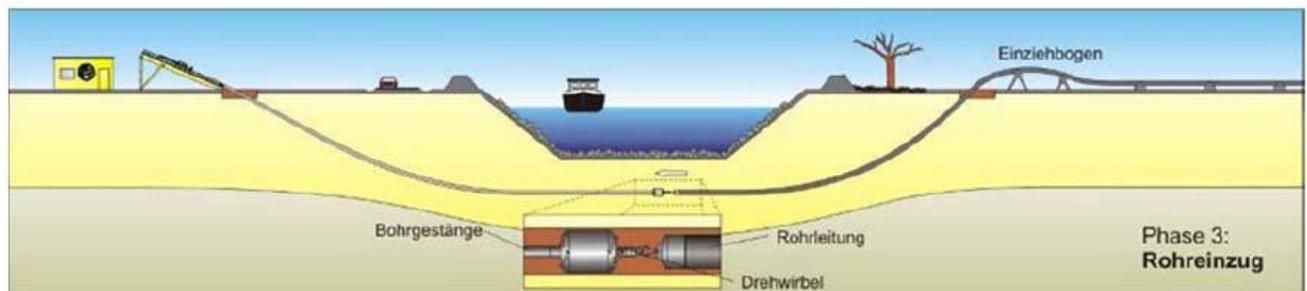


Abbildung 29: *Prinzipische Skizze Leerrohreinzug*

Nach einer Reinigung der Schutzrohre erfolgt der Kabelzug. Hierzu werden Seilwinden mit Zugkraftbegrenzern eingesetzt, um eine Beschädigung der Kabel zu vermeiden. Der Raum zwischen Kabel und Leerrohr kann zur besseren Wärmeabfuhr mit Bentonit gefüllt werden. Die Leerrohrenden werden nach Abschluss der Arbeiten verschlossen.

Bohrgut, Kabel- und sonstige Montagereste werden von den Baustellen entfernt und entsprechend den geltenden Vorschriften fachgerecht verwertet oder entsorgt. Nach Abschluss der Montage erfolgt die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes z. B. durch Rekultivierung.

Dieser Prozess erfolgt für jedes Kabelschutzrohr separat. Auffanggruben werden für mehrere parallele HDD Bohrungen genutzt. Lediglich aufwändigere HDDs über 400 m Länge können aufgrund der höheren Einzugskräfte ggf. den Einsatz eines Stahlschutzrohrs erforderlich machen.

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.

Die Ausführung der geschlossenen Bauweise erfolgt i. d. R. zu den üblichen Arbeitszeiten (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 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. Hierbei ist zu beachten, dass sich der Achsabstand der einzelnen Bohrungen bei zunehmender Verlegetiefe vergrößern muss, um später eine hinreichende Wärmeableitung zu gewährleisten. Die entsprechenden Berechnungen werden nach Vorliegen der Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen in den weiteren Planungsphasen durchgeführt.

4.2.2.4. Weitere Festlegungen für die geschlossene Bauweise des Erdkabels

Nach derzeitigem Planungs- und Erkenntnisstand (Bundesfachplanung) wird bei den HDD-Bohrungen die Bauausführung generell wie folgt durchgeführt:

- Baugruben werden außerhalb von naturschutzfachlich sensiblen Bereichen angelegt, d. h. bevorzugt auf Acker- oder Grünlandflächen.
- 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 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.

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 stattfinden.

Bei Querungen über 600 m Länge kann das HDD-Verfahren nicht mehr eingesetzt werden, da 12 parallele Bohrungen mit einer Länge von mehr als 600 m bei Einhaltung der vorgegebenen Genauigkeit an die Verlege-Geometrie als nicht realisierbar angesehen werden.

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

Typische Bauzeiten für HDD sind:

1. HDD bis ca. 100 m: ca. 2 Wochen
2. HDD bis ca. 200 m: ca. 3 Wochen
3. HDD bis ca. 400 m: ca. 4 Wochen

4.3. Flächeninanspruchnahme

4.3.1. Permanente Flächeninanspruchnahme

Der Schutzstreifen dient der dinglichen und rechtlichen Absicherung der Kabelsysteme. Der Schutzstreifen umfasst den Bereich von 2,75 m ab dem äußeren Kabel / Kabelstrang. Die daraus resultierenden Schutzstreifenbreiten sind in Abbildung 26 dargestellt. Der Schutzstreifenbereich für die Betriebsphase umfasst im Regelfall ca. 25 m, abhängig von der Verlegetiefe kann aus Gründen der thermischen Ableitung jedoch auch ein breiterer Schutzbereich erforderlich sein. Die Regelverlegetiefe, gemessen von der Erdoberkante, beträgt ca. 1,60 m. Grundsätzlich können nach Verfüllung der Kabelgräben bzw. Wiederherstellung der Oberfläche wieder landwirtschaftliche und gärtnerische Nutzungen im Schutzstreifen erfolgen. Forstwirtschaftliche Nutzung ist im Bereich des Schutzstreifens zeitlich temporär in Form von Holzlagerplätzen und Waldwegen nach Absprache mit dem Betreiber möglich. Tiefwurzeln 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 nicht zu erwarten. Ausgenommen davon sind die notwendigen Flächen für Linkboxen (vgl. Kapitel 4.1.5). Die dafür notwendige Flächeninanspruchnahme beträgt ca. 3,50 m x 2,39 m und steht einer weiteren Nutzung nicht zur Verfügung. 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 der Länge der Bohrung und der Beschaffenheit des Untergrunds.

4.3.2. Temporäre Flächeninanspruchnahme

Die Erstellung des Regelgrabenprofils erfolgt in offener Bauweise. Die temporäre Inanspruchnahme (Arbeitsstreifen) während der Baumaßnahme ist für die offene Bauweise in Abbildung 26 dargestellt und beträgt 45 m. Für die geschlossene Bauweise ist die temporäre Inanspruchnahme in Abbildung 30 beispielhaft dargestellt und beträgt ca. 60 m.

Bei geschlossener Bauweise werden i. d. R. die Leiter aus betriebstechnischen Gründen aufgespreizt, d. h. im Bereich geschlossener Querungen wird der Arbeitsstreifen breiter. Die Aufspreizung hängt u. a. vom Baugrund und dessen Wärmeleitfähigkeit und der Tiefenlage der Kabel ab. Daher kann die Inanspruchnahme bei geschlossener Bauweise auch deutlich größer sein. (siehe Abbildung 30).

Die Muffeninstallation wird mithilfe einer temporären Montageeinhausung vor Ort (vgl. Kapitel 4.1.5) durchgeführt. Alle Muffen werden aus mechanischen Gründen auf einem Betonfundament fixiert, welches pro Kabelgraben 12 m x 6 m misst. Mit Ausnahme der befestigten Flächen im Bereich der Linkboxen steht einer landwirtschaftlichen Nutzung der Flächen nach Abschluss der Arbeiten an den Muffenverbindungen grundsätzlich nichts im Wege.

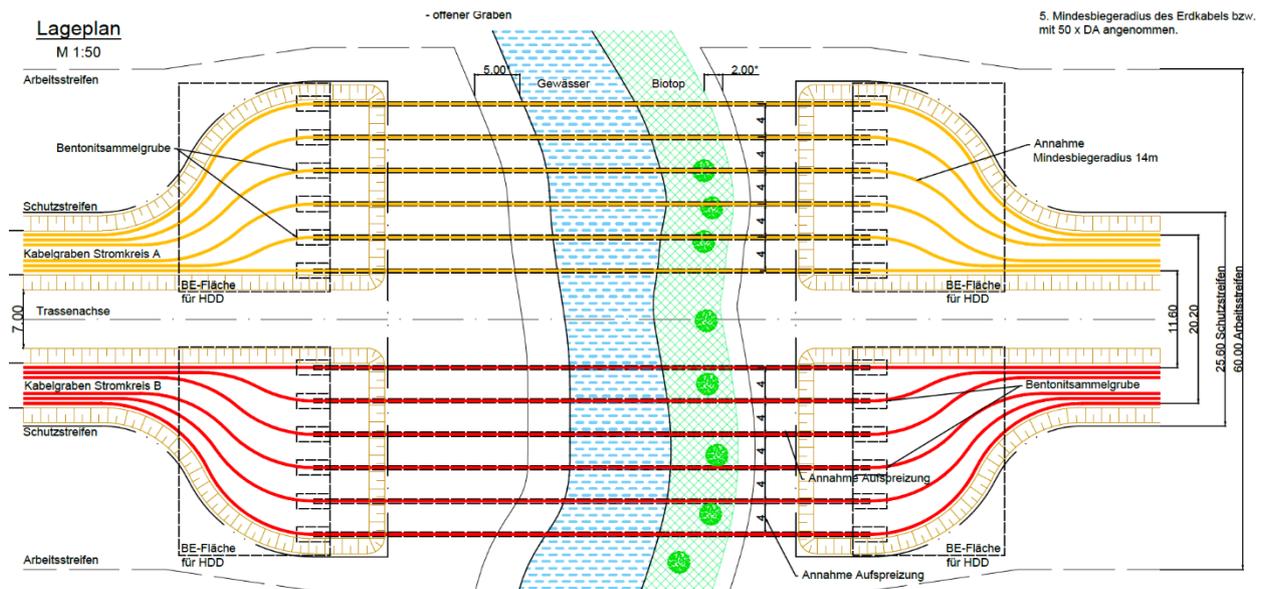


Abbildung 30: Musterzeichnung einer beispielhaften HDD-Querung (alle Maße in m)

Alle Baumaßnahmen müssen im Bereich des Arbeitsstreifen stattfinden, d. h. Muffengruben, Baustraßen, Oberbodenmiete, Unterboden Haufwerke, Baugruben der geschlossenen Querungen, usw. befinden sich im Arbeitsstreifen.

4.3.3. Parallele Errichtung einer Erdkabeltrasse

Die einzuhaltenden Abstände bei der Errichtung einer Teilerdverkabelung in paralleler Führung zur bestehenden 380-kV-Freileitung hängen von mehreren Faktoren ab. Der Abstand zum Mastmittelpunkt der Bestandsleitung zum äußersten Rand des Schutzbereichs der Erdkabelanlage beträgt mindestens ca. 20 m (Abbildung 31). Damit ist auch nach der Realisierung der Erdkabelanlage ein ausreichendes Baufeld um die bestehenden Masten verfügbar. Dies ist erforderlich, um bei Arbeiten am Mastgestänge auch Großgerät (z. B. Kräne) sicher einsetzen zu können, ohne den Schutzbereich der Erdkabelanlage zu verletzen. In Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten, z. B. Hanglage, kann auch ein größerer Abstand erforderlich sein. Außerhalb der Mastbereiche kann eine Erdkabelanlage auch näher an die Trassenachse heranrücken. Zu berücksichtigen ist hierbei jedoch die gegenseitige Beeinflussung zwischen Erdkabelanlage und Freileitung. Abhängig von der Länge der Parallelführung kann auch ein größerer Abstand erforderlich sein. Dieser kann jedoch erst nach Festlegung einer potentiellen Trassenachse und Beurteilung der daraus resultierenden gegenseitigen Beeinflussung berechnet werden.

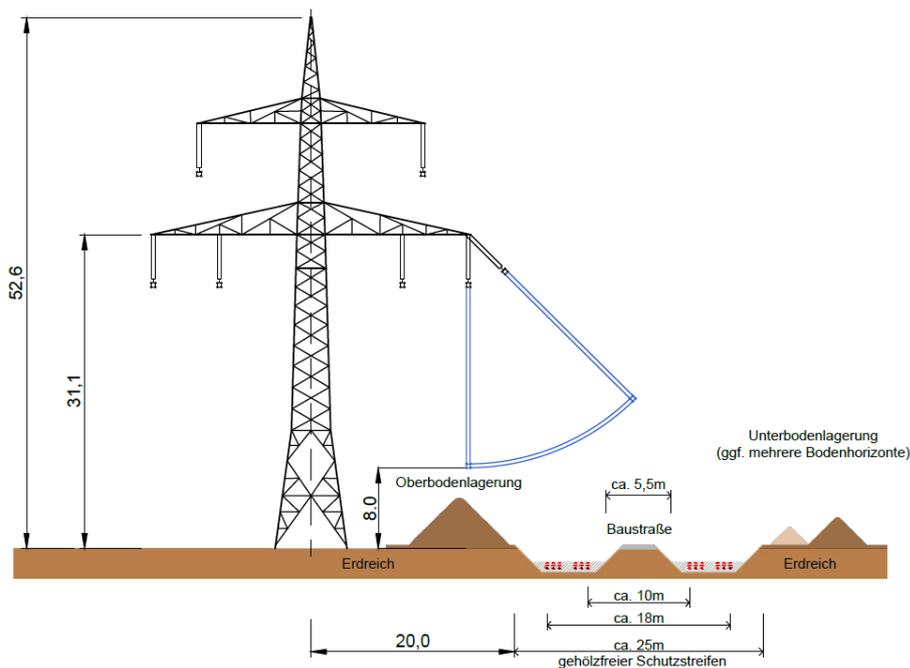


Abbildung 31: Parallelführung 380-kV-mit Erdkabeltrasse mit einer bestehenden Freileitung (alle Maße in m)

4.4. Emissionen

4.4.1. Emissionen während des Betriebs

4.4.1.1. Geräuschemissionen

Akustische Emissionen treten im Betrieb der unterirdischen Erdkabelanlage nicht auf.

4.4.1.2. EMF

Alle elementaren Festlegungen wurden im Kap. 3.8.1.2 erfasst und finden hier analog Anwendung. Unterschiede sind erst in weiterführenden Planungsphasen zu erfassen. Anders als bei einer Freileitung wird bei einer Erdverkabelung das elektrische Feld durch den Kabelschirm und das Erdreich nach außen hin vollständig abgeschirmt. Im Fachbeitrag Immissionsschutz werden weitere Details untersucht.

4.4.2. Emissionen während der Bauphase

Während der Bauphase kommt es zu baustellentypischen Geräusch- und Staubemissionen, wie diese bei Tiefbauarbeiten üblich sind. Es entstehen auch Emissionen durch den An- und Abtransport der erforderlichen Baumaterialien. Während der Bauphase kann es zu Emissionen in Form von Lärm,

Abgasen, Staub, Erschütterungen sowie visuellen Beeinträchtigungen kommen, die aber nur eine temporäre Beeinträchtigung darstellen.

Emissionen ergeben sich aus dem eigentlichen Baustellenbetrieb durch die auf der Baustelle befindlichen Maschinen. Beispielsweise wären hier Baggararbeiten für den Aushub oder die starke Geräuschentwicklung bei HDD-Bohrungen zu nennen. Andere Emissionen entstehen durch den für den Bauablauf erforderlichen Baustellenverkehr um Materialien, Arbeitsgeräte etc. zu transportieren.

Die baubedingten Lärmimmissionen sind an den Anforderungen des § 22 BImSchG zu messen und werden auch dahingehend eingehalten. Für die Baumaschinen werden die Vorgaben der 32. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Geräte- und Maschinenlärm-schutzverordnung - 32. BImSchV) umgesetzt. 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.

Die Arbeiten werden zumeist tagsüber stattfinden. Lichtimmissionen sind somit nur in Ausnahmefällen, wie etwa bei langen und komplexen Bohrungen, die nicht unterbrochen werden können, oder in den Wintermonaten, zu erwarten.

Eine detailliertere Betrachtung der Immissionen erfolgt im Fachbeitrag Immissionsschutz.

4.5. Maßnahmen zur Minimierung der Bauauswirkungen auf Schutzgüter

Bei der Planung des Vorhabens wird entsprechend den Vorgaben des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) auf eine größtmögliche Vermeidung der Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft, aber auch des Menschen und sonstiger Kultur- und Sachgüter abgezielt. Im Rahmen der technischen Ausarbeitung des Vorhabens wird im Vorfeld in mehreren Schritten die technische Planung mit dem Ziel der Vermeidung und Verminderung von Beeinträchtigungen optimiert. Die Vermeidung und Minderung von Beeinträchtigungen bezieht hierbei alle planerischen und technischen Möglichkeiten ein, die mit dem Projektziel vereinbar sind. Die schutzgutspezifischen bei Anlage, Bau und Betrieb umzusetzenden Maßnahmen werden festgesetzt. Die dauerhaft und temporär benötigten Baustellenflächen und Zufahrten werden im Planfeststellungsverfahren flurstücksscharf ermittelt und festgehalten, um Belastungen oder Eingriffe in der Landschaft möglichst zu minimieren bzw. im Vorfeld bilanzieren zu können.

Gegebenenfalls aufgetretene nachhaltige Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen von temporären Arbeitsflächen lassen sich durch Rekultivierungsmaßnahmen (wie z. B. Tiefenlockerung) wieder rückgängig machen, so dass eine Wiederherstellung der ursprünglichen Bodenfunktionen nach diesen Maßnahmen möglich ist. Somit können die Flächen ihrer vorherigen Nutzung wieder zugeführt werden. Eine Nutzung der bauzeitlich beanspruchten Flächen durch Land- und Forstwirtschaft ist dann ohne Einschränkungen möglich.

Beispiele für solche planerisch-technisch in der Planfeststellungsphase festzuhaltende Maßnahmen zur Minimierung der Bauauswirkung sind:

1. Bei Baumaßnahmen die Aushubarbeiten erfordern, gibt es in Abhängigkeit zu den örtlichen Gegebenheiten, die Möglichkeit den Aushub abzufahren, zwischenzulagern und wieder anzufahren sobald der ausgehobene Bereich im Abschluss der baulichen Maßnahme wieder verfüllt werden soll.
2. Bei Waldquerungen wird schon in der Trassierungsplanung darauf geachtet möglichst mit vorhandenen Waldschneisen z. B. von Freileitungen, erdverlegten Leitungen oder Verkehrswegen zu bündeln, um keine zusätzliche Zerschneidung zu verursachen. Soweit als möglich können bestehende Waldschneisen als Arbeitsflächen verwendet werden.
3. Arbeitsstreifen im Wald können durch Längstransport des Aushubs entlang der Trasse verkleinert werden. In solchen Fällen sind außerhalb des Waldes zusätzliche Aufweitungen des Arbeitsstreifens zur Aushublagerung erforderlich.
4. Im Wald kann wo möglich und notwendig das Abtragen des Oberbodens auf den Grabenbereich beschränkt werden, um den Platzbedarf für die Oberbodenmiete möglichst klein zu halten.

Nach derzeitigem Planungs- und Erkenntnisstand (Bundesfachplanung) kommen für die technische Ausführung der geschlossenen Bauweise die folgenden Vorkehrungen zur Minimierung der Bauauswirkungen in Betracht:

1. 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 Baulärm) eingehalten werden. Die Lärmschutzwände 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.
2. Nach Bedarf (bei Nachtarbeit) 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.
3. 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.

5. Kabelübergangsanlage (KÜA)

5.1. Beschreibung der Anlagenteile

Für den Übergang von einem Freileitungsabschnitt auf einen Kabelabschnitt ist ein Übergangsbauwerk, eine sogenannte Kabelübergangsanlage (KÜA), erforderlich. Eine KÜA enthält alle technischen Komponenten, um den Übergang von Freileitungen auf Erdkabel oder umgekehrt von Erdkabeln auf Freileitungen zu ermöglichen. Der Teilerdverkabelungsabschnitt beginnt am UW Dipperz, so dass im weiteren Trassenverlauf eine KÜA benötigt wird. In Abhängigkeit von den Einsatzorten bzw. den Kabellängen und anderer elektrotechnischer Erfordernisse können in einer KÜA auch Kompensationsspulen integriert werden (in weiterer Folge auch aktive KÜA genannt).

Neben den elektrischen Anlagenteilen beinhalten die Kabelübergangsanlagen auch bauliche Anlagen wie Fundamente für die Höchstspannungsgeräte, Anlagenstraßen, eine Steuerzelle und den Anlagenzaun. Bei Kabelübergangsanlagen mit Kompensationsanlage (aktive KÜA) wird zusätzlich ein Betriebsgebäude zur Aufnahme der Nebenanlagen notwendig. Grundsätzlich werden die Hochspannungsgeräte auf Unterkonstruktionen errichtet, um die einzuhaltenden Mindestabstände der Anlage zwischen unter Spannung stehenden Anlagenteilen und dem Gelände für das sichere Betreten der KÜA für Instandhaltungs- oder Wartungszwecke zu gewährleisten. Die Anlage gilt als „abgeschlossene elektrische Betriebsstätte“. Sie ist grundsätzlich nicht besetzt. Nur zur Kontrolle sowie bei Bau- und Instandhaltungsmaßnahmen befindet sich Personal in der KÜA. Das Betreten der Anlage ist nur den dazu Berechtigten gestattet. Die gesamte Anlage ist von einem mindestens 2 m hohen Zaun umgeben. Warnschilder sind ringsum am Anlagenzaun angebracht.

Die KÜA mit allen dazugehörigen Nebeneinrichtungen wird nach den gültigen Regeln der Technik und den Vorschriften des Arbeitsschutzes gebaut. Für die Errichtung gelten die einschlägigen VDE Bestimmungen und DIN-Normen, insbesondere DIN 0101.

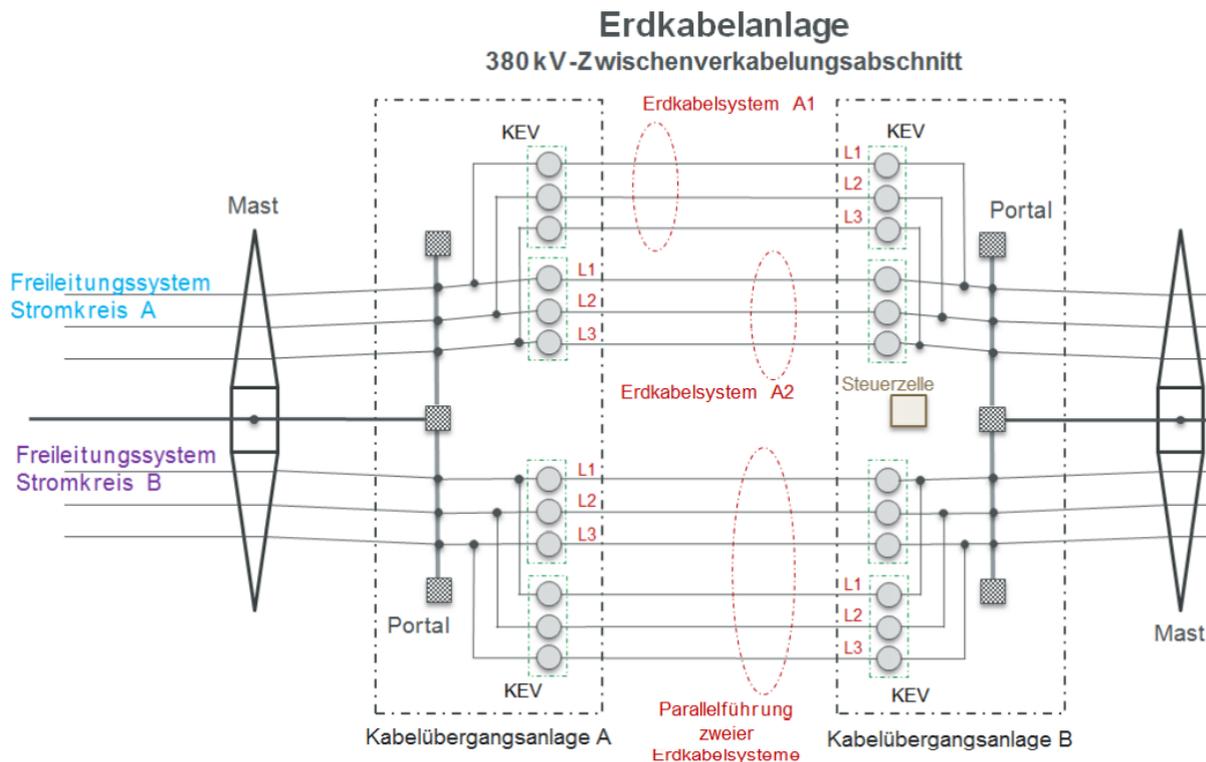


Abbildung 32: Schematische Übersicht einer 380 kV Zwischenverkabelung

Die Anlage besteht zumindest aus den folgenden Komponenten:

1. Portal (Stahlgitterkonstruktion):
 Das Portal dient der Aufnahme mechanischer Zugkräfte. Hier werden die eingehenden Freileitungsseile abgespannt. Die Leiterseile werden von hier aus an eine Rohrkonstruktion angeschlossen, welche die Verbindung zu den Kabelendverschlüssen herstellt.
2. Kabelendverschlüsse (KEV):
 Die Kabelendverschlüsse sind an jedem Ende bzw. Anfang eines Kabelabschnittes angeordnet und bilden den Wechsel des Isoliermaterials von Luft auf Polyethylene bzw. umgekehrt. Hierzu wird das Ende eines Kabelabschnittes aus der Erde herausgeführt und ein definierter Übergang zu den Rohrverbindungen innerhalb der KÜA sichergestellt.
3. Überspannungsschutz:
 Der Überspannungsableiter erfüllt eine wichtige Schutzfunktion. Er bewahrt die Betriebsmittel und Verbindungselemente vor Schäden durch zu hohe elektrische Spannung, hervorgerufen zum Beispiel durch Blitze oder Schaltüberspannungen. Darüber hinaus sind Kabelübergangsanlagen durch Blitzschutzmaßnahmen wie z. B. Blitzschutzmasten gesondert geschützt. Diese leiten den Blitzstrom direkt in die Erde ab.
4. Strom- und Spannungswandler:
 Strom- und Spannungswandler sind Instrumente, die den tatsächlichen Stromfluss und die Spannung messen. Sie sind in die Anlage integriert und geben die erfassten Werte über die

Prozess- und Leittechnik an die Schutzeinrichtungen, Zähler und Schaltleitungen weiter. Welche Variante standortspezifisch zum Einsatz kommt, wird erst im späteren Projektverlauf festgelegt. Mindestens an einem Standort sind Strom- und Spannungswandler vorhanden.

5. Rohrverbindung:

Eine Rohrkonstruktion aus Aluminium stellt die elektrische Verbindung zwischen Freileitungsseil und Kabelendverschluss her.

6. Steuerzelle:

In der Steuerzelle laufen die Informationen aus allen Messeinrichtungen der Kabelübergangsanlage zusammen. Hier können die elektrischen Geräte bei Bedarf auch vor Ort überwacht werden. Außerdem befinden sich in der Steuerzelle Anlagen, mit denen Steuer- und Messwerte an die zentrale Schaltleitung übermittelt werden. In den Schaltleitungen fließen die Informationen aus allen Umspannwerken und Kabelübergangsanlagen zusammen.

7. Betriebsgebäude (nur bei aktiven KÜA):

Eine Beton-Station (klein) mit den Abmessungen von circa 10,00 m x 3,50 m oder ein gemauertes Betriebsgebäude (groß) ca. 16 m x 13 m nimmt notwendige Nebenanlagen auf (Kabel Monitoring, Telekommunikation etc.).

8. Zaun:

Die Anlage ist gemäß geltenden Vorschriften für Hochspannungsanlagen (hier insbesondere DIN EN 61936 - 1 (VDE 0101 - 1) vor unbefugtem Zugang zu schützen. Um den Schutz Dritter zu gewährleisten, wird die Anlage von allen Seiten mit einem Zaun eingefriedet, welcher ein Zufahrtstor aufweist. Zu Wartungs- und Instandhaltungszwecken wird eine umlaufende „Betriebsstraße“ innerhalb der Zaunanlage benötigt. Der Zaun ist mindestens 2 m hoch und mit Warnschildern versehen. Darüber hinaus sind die Steuerzellen verschlossen.

9. Kompensationsspule:

An der aktiven KÜA wird eine Kompensationsspule zur Blindleistungs-Kompensation benötigt. Die Abwägung zwischen Öl- und Trockenspule erfolgt im Lauf des Projekts anhand folgender Kriterien: Platzbedarf, Zuwegungsmöglichkeit (für Bau und Austausch während des Betriebs), Lärmgeräuschpegel und wirtschaftlichen Erwägungen.

10. High Voltage-Prüffläche (HV-Prüffläche):

Für die Prüfung der Kabel der Teilerdverkabelungsabschnitte und der Anlagenteile der KÜA ist im Betrieb eine Fläche mit der Größe von ca. 15 x 110m notwendig.

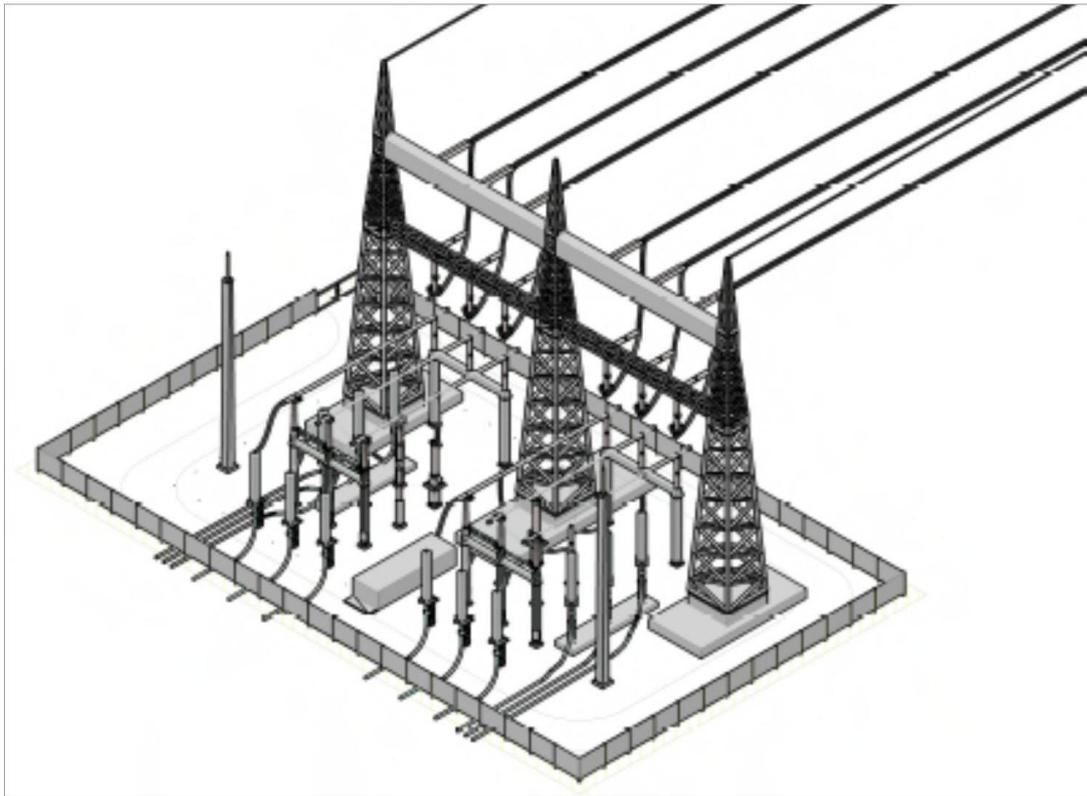


Abbildung 33: Mindestkonfiguration einer Kabelübergangsanlage

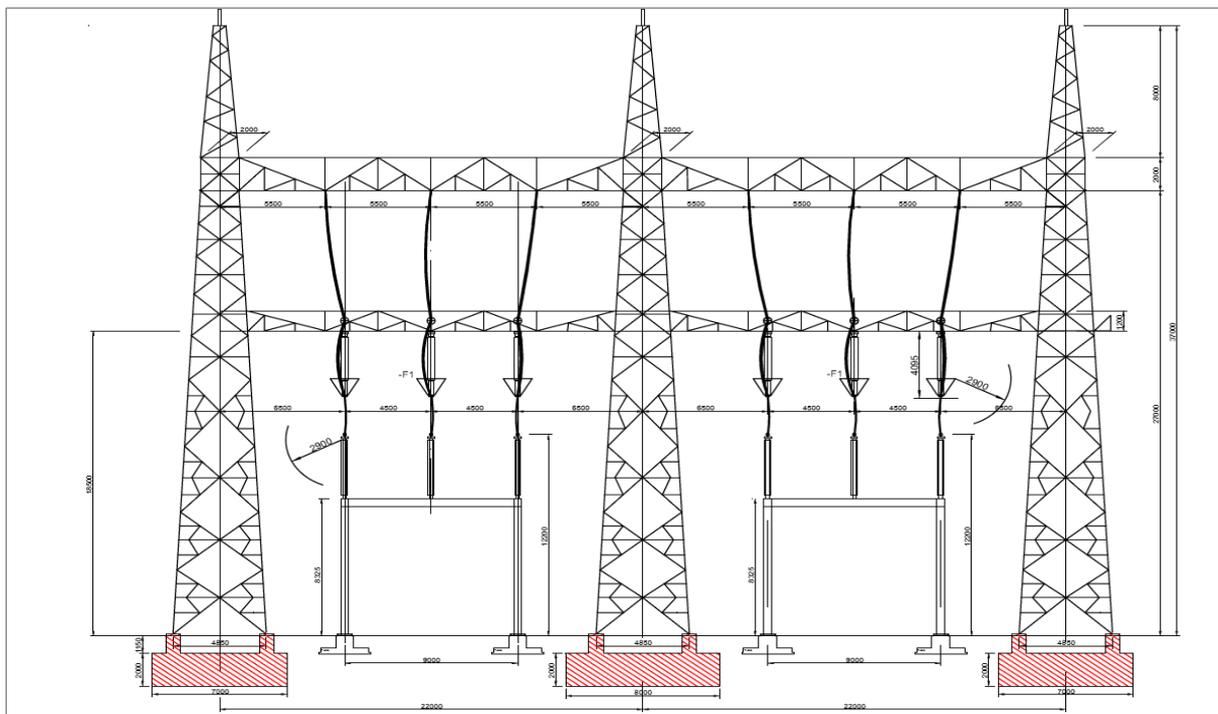


Abbildung 34: Portal der Kabelübergangsanlage im Profil, exemplarische Darstellung (alle Maße in mm)

5.2. Bauablauf

Gleichartig zum Bauablauf einer Mastbaustelle gliedert sich ein KÜA-Bauablauf in die folgenden Bauphasen:

1. Vorbereitende Maßnahmen
2. Gründungsherstellung
3. KÜA-Gestänge-Vormontage
4. KÜA-Gestänge-Montage
5. Montage von Zubehör und optionaler Anlagenteile (siehe Beschreibung KÜA)
6. Abschluss der Arbeiten

Zu den bauvorbereitenden Maßnahmen gehört der Wegebau und die Schaffung von Baufreiheit hier wird fallweise auch die eventuell notwendige Umlegung von unter- und oberirdischen Bauwerken durchgeführt.

Die Zuwegung zu den Arbeitsflächen erfolgt wo immer möglich über das bestehende öffentliche Straßen- und Wegenetz bzw. über bestehende Feld- und Wirtschaftswege. Falls keine Zuwegungen über das bestehende öffentliche Straßen- und Wegenetz bzw. über bestehende Feld- und Wirtschaftswege möglich sind, werden für den Zeitraum der Bauausführung temporäre Zuwegungen mit einer Regeldimensionierung von ca. 5 m Breite hergestellt. Die Ausführung der Zuwegung erfolgt, abhängig von den vorherrschenden Boden- und Witterungsverhältnissen sowie den eingesetzten Baugeräten durch das Auslegen mit Baggermatratzen, Alumatten, Trackway Panels o. ä. oder dem Einbau von auf Vlies verlegtem Schotter.

Im Rahmen der Baufeldfreimachung sind die Arbeitsflächen von Gehölz freizumachen. Je nach Untergrund und eingesetztem Baugerät kann die Befestigung der Arbeitsflächen analog zur Herstellung der Zuwegung notwendig sein.

Es erfolgt die Herstellung der Gründung. Hierzu wird der vorgesehene KÜA-Standort vermessen und bei Flachgründungen der Aushub der Fundamentgrube vorgenommen. Anschließend erfolgt die Herstellung der Fundamente bzw. bei Tiefgründungen die Ramm- bzw. Bohrpfahlarbeiten. Erdaushub wird nach den einzelnen Bodenschichten getrennt in Mieten gelagert und nach Errichtung der Gründung, getrennt nach Bodenschichten in der entnommenen Reihenfolge, wiedereingebaut. Überschüssiger Boden wird abtransportiert.

Ohne Sonderbehandlung des eingesetzten Betons kann die Montage der KÜA-Gestänge frühestens vier Wochen nach dem Einbringen des Betons für das Fundament beginnen. In dieser Abbindezeit kann die Vormontage der KÜA-Gestänge durchgeführt werden. Hierzu werden die Einzelteile der Anlage an die vorgesehene Vormontagefläche transportiert und dort zu größeren Segmenten vormontiert.

Eine Aussage zu gegebenenfalls notwendigen Gründungsmaßnahmen (als z. B. Blockfundamente aus Fertigteilen oder Tiefgründung) kann erst nach Erstellung eines Bodengutachtens im Bereich der geplanten KÜA-Fläche erfolgen.

Das eigentliche Stocken der KÜA-Gestänge, also die Montage der vormontierten Segmente erfolgt im Anschluss. Das Stocken eines KÜA-Gestänges erfolgt in der Regel mit dem Autokran. Die Methode, mit der die Stahlgitterkonstruktion errichtet wird, hängt von Bauart, Gewicht und Abmessungen der KÜA-Gestänge, von der Erreichbarkeit des Standortes und der nach der Örtlichkeit tatsächlich möglichen Arbeitsfläche und Abläufen ab.

Vor Beginn des Seilzugs sind die Isolatorketten an dem KÜA-Gestänge zu montieren und etwaige Kreuzungsstellen zu sichern. Zur Montage der Isolatorketten werden diese mittels Seilwinde am KÜA-Gestänge hochgezogen und an den vorgesehenen Befestigungspunkten an Querträgern bzw. Traversen montiert. Zur Sicherung von Kreuzungsstellen können Verfahren wie das Rollen- oder Querleinenverfahren eingesetzt werden, um das Kreuzungsobjekt vor der Gefährdung durch Herunterfallen eines Seils auf die Kreuzungsstelle zu schützen. Vereinzelt kommt die Sperrung des Kreuzungsobjekts in Betracht. In diesem ist der Bereich unter der Leitung abzusperrern. Bei Verkehrswegen ist ggf. eine Umleitung einzurichten. Mit die häufigste Kreuzungsschutzmaßnahme ist die Sicherung durch Gerüste, mit und ohne Schutznetz, welche vor dem Seilzug aufgestellt werden müssen.

Das Auflegen der Leiterseile bzw. des Erdseiles (Ziehen der Seile) erfolgt mit Winden von Abspannmast zu KÜA-Gestänge. An einem Ende befindet sich der „Trommelplatz“ mit den Seilen auf Trommeln und den Seilbremsen, am anderen Ende der „Windenplatz“ mit den Seilwinden zum Ziehen der Seile. Für den Seilzug werden an den Ketten Rollen montiert, durch die ein Vorseil geführt wird. An diesem Vorseil wird das Leiter- oder Erdseil befestigt. Anschließend zieht die Seilwinde mit Hilfe des Vorseils das Seil über die Rollen vom Trommelplatz zum Windenplatz. Die Seilbremse stellt hierbei sicher, dass der Seilzug schleiffrei, d.h. ohne Berührung des Bodens, erfolgt und ermöglicht die Regulage des Seils lt. den Montagetabellen.

Nach dem Bau werden alle temporär genutzten Flächen in ihren ursprünglichen Zustand zurückversetzt, d.h. ausgelegte Baggermatratzen, Alumatten o. ä werden abtransportiert. Aufgeschotterte Fläche und Baustraßen werden zurückgebaut. Rekultivierungsmaßnahmen werden durchgeführt und ggf. entstandene Bodenverdichtungen mittels Tiefenlockerung entfernt.

5.3. Flächeninanspruchnahme

5.3.1. Permanente Flächeninanspruchnahme

Der Flächenbedarf (Zaunabmessung) einer aktiven KÜA umfasst in etwa 2,16 Hektar. Der tatsächliche Flächenbedarf kann höher ausfallen, wenn das gegenständliche Flurstück in seiner Form nicht dem idealtypischen Flächenbedarf der KÜA entspricht. Hinzu kommen die benötigten Flächen für die Zuwegung.

Innerhalb der KÜA Anlage werden etwa 30 % der Bodenfläche versiegelt. Für den Zugang zur Kabelübergangsanlage ist eine dauerhafte Zuwegung mit einer Flächeninanspruchnahme von ca. 5 m Breite erforderlich, um im Störfall oder für Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen den Zugang zur Anlage zu ermöglichen.

Der nach Abschluss der Arbeiten eingezäunte Bereich nimmt die unter Kap. 5.1 erwähnten Komponenten auf und ist dementsprechend dimensioniert. Daher ist der Flächenbedarf je nach den spezifischen betrieblichen Anforderungen an die KÜA unterschiedlich groß.

5.3.2. Temporäre Flächeninanspruchnahme

Für die Errichtung der KÜA sind ggf. zusätzliche Flächen als Arbeits- und Lagerungsfläche notwendig. Es wird im Rahmen der Grobplanung etwa 60 m x 50 m für die temporäre Flächeninanspruchnahme während der Bauphase angenommen.

5.4. Parallele Errichtung einer Kabelübergangsanlage

Der Abstand zwischen der Bestandsleitung und der parallel zu errichtenden Kabelübergangsanlage ist so zu wählen, dass der Schutzbereich der Bestandsleitung nicht durch die Kabelübergangsanlage in Anspruch genommen wird (Abbildung 35). Für den Fall des Regelmastgestänges ergibt sich ein Achsabstand von ca. 76 m. Der Abstand der Leitungsachse der Bestandsleitung zum äußeren Schutzzaun der Kabelübergangsanlage beträgt ca. 40 m.

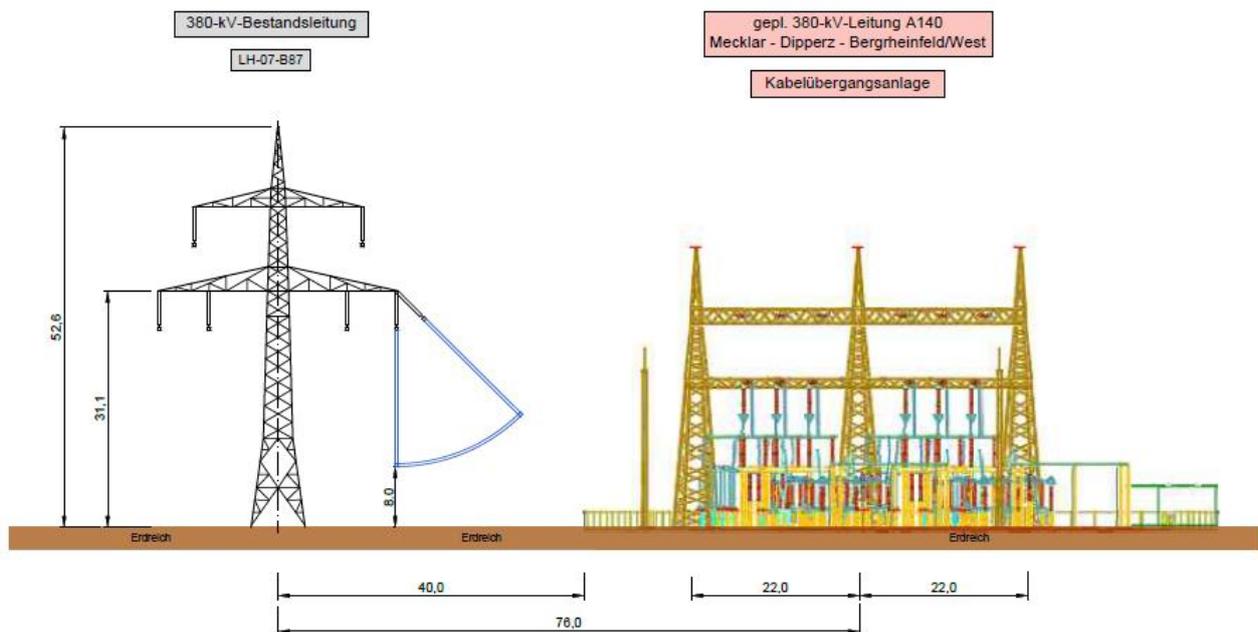


Abbildung 35: Parallele Errichtung einer Kabelübergangsanlage (alle Maße in m)

5.5. Emissionen

5.5.1. Emissionen während des Betriebs

5.5.1.1. Geräuschemissionen

Bei einer KÜA können Geräusche an den Armaturen und Seilen auftreten. Diese Geräuschquelle ist mit der eines Umspannwerkes (ohne Transformator) zu vergleichen. Eine weitere Geräuschquelle stellt die Kompensationsanlage dar, die, sofern sie überhaupt benötigt wird, im Regelfall nur an einer der beiden KÜA errichtet wird. Die Immissionsgrenzwerte für angrenzende Wohnbereiche sind in der Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) geregelt. Es wird im weiteren Genehmigungsverfahren der Nachweis erbracht, dass die TA Lärm sowohl für die Anlage selbst, als auch für alle Nebenanlagen eingehalten werden. Weitere Details werden im Fachbeitrag Immissionsschutz untersucht.

Die Notwendigkeit von Nebenanlagen (z. B. Leistungsschalter) und deren mögliche Position kann erst nach der erfolgten Feinplanung im Zuge der Planfeststellung bestimmt werden. Daher können gegebenenfalls erforderliche Nebenanlagen in der ISE noch nicht betrachtet werden.

5.5.1.2. EMF

Alle elementaren Festlegungen wurden im Kapitel 3.8.1.2 erfasst und finden hier analog Anwendung. Außerhalb der Umzäunung werden die Grenzwerte bezüglich der elektrischen und magnetischen Felder eingehalten. Weitere Details werden im Fachbeitrag Immissionsschutz untersucht.

5.5.2. Emissionen während der Bauphase

An den KÜA Standorten können während der Bauphase sowohl Lärm als auch Abgas- und Staubemissionen, Erschütterungen sowie visuelle Beeinträchtigungen auftreten, welche siedlungsnahe Nutzungen temporär beeinträchtigen können. Sie entstehen einerseits durch die eigentlichen Bauarbeiten mit Baumaschinen auf der Baustelle (wie z. B. Baggerarbeiten bei Aushub, Betonierarbeiten, Kraneinsatz für die Errichtung der Kabelportale, etc.). Andererseits entsteht Lärm durch die Anlieferung der Materialien und den hierzu erforderlichen Baustellenverkehr mittels LKW. Die Lärmimmissionsrichtwerte der 32. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung - 32. BImSchV und die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu Schutz gegen Baulärm (AVV Baulärm) werden eingehalten. Weitere Details werden im Fachbeitrag Immissionsschutz untersucht.

5.5.3. Betriebliche Maßnahmen

Einige der eingebauten Anlagenkomponenten der KÜA bedürfen einer regelmäßigen Instandhaltung, etwa die Motoren, Kühl- und Lüftungsanlagen, mechanisch bewegte Komponenten etc. Des Weiteren werden bei Instandhaltungsarbeiten auch zusätzliche Wartungsschritte, Inspektionen,

Messungen und Präventivwartungen durchgeführt, um die Zuverlässigkeit des Betriebs über die nächste Instandhaltungsperiode sicherzustellen.

6. Betrieb

Mit Inbetriebnahme der Leitungen werden die Leiter unter Spannung gesetzt und übertragen fortan den elektrischen Strom und damit elektrische Leistung. Die Freileitungen und das Kabel sind auf viele Jahre hinaus wartungsfrei und werden durch wiederkehrende Prüfungen (Inspektionen) auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hin überprüft. Dabei wird auch darauf geachtet, dass u.a. der Abstand der Vegetation zu den spannungsführenden Anlagenteilen den einschlägigen Vorschriften entspricht. Wartungsmaßnahmen der Antragstellerin sorgen dafür, dass bei abweichenden Zuständen der Sollzustand wieder hergestellt wird.