Rhein-Main-Link

Höchstspannungsleitungen (Gleichstrom)

BBPIG Vorhaben Nr. 82

Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Bürstadt

BBPIG Vorhaben Nr. 82a

Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Hofheim am Taunus

BBPIG Vorhaben Nr. 82b

Grenzkorridor N-III – Kriftel

[Bestandteil Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Kriftel]

BBPIG Vorhaben Nr. 82c

Grenzkorridor N-III – Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein

[Bestandteil Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein]

Unterlagen gemäß § 21 NABEG i. V. m. § 35 Abs. 6 NABEG

Planfeststellungsabschnitt: NI3

Unterlagenteil: Teil A1 – Erläuterungsbericht

Stand: [September 2026]

Vorhabenträgerin

Amprion GmbH
Robert-Schuman-Straße 7
44263 Dortmund

Amprion Offshore GmbH
Robert-Schuman-Straße 7
44263 Dortmund

In Zusammenarbeit mit

ARGE Arcadis | ILF
c/o Arcadis Germany B.V. &Co. KG
Europaplatz 3 | 64293 Darmstadt | Deutschland

Festgestellt nach § 24 NABEG
Bonn, den

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis 3

Tabellenverzeichnis 6

Abbildungsverzeichnis 7

Abkürzungsverzeichnis 8

1 Einleitung 10

1.1 Rhein-Main-Link 11
1.2 Beschreibung der einzelnen Komponenten im Gesamtsystem 14
1.3 Vorhabenträgerin, Antragstellerin und Betreiberin 17
1.4 Planrechtfertigung 18
1.5 Rechtliche Grundlagen 18
1.5.1 Anzuwendende rechtliche Grundlagen 18
1.5.2 Entfall der Bundesfachplanung 19
1.5.3 Verfahrensverbindung gemäß § 26 NABEG 19
1.5.4 EU-Notfallverordnung / § 43m EnWG 19
1.5.5 Konzentrationswirkung des Planfeststellungsbeschlusses 20
1.6 Abschnittsbildung 21
1.6.1 Rechtliche Zulässigkeit der Abschnittsbildung 21
1.6.2 Gründe für die Festlegung der Grenzen eines PFA 22
1.7 Übersicht über die Unterlagen gemäß § 21 NABEG a.F. 22

2 Antragsgegenstand NI3 23

2.1 Kurzbeschreibung des vorliegenden PFA 24
2.1.1 Räumlicher Geltungsbereich 26
2.1.2 Betroffene Verwaltungseinheiten 26
2.1.3 Folgemaßnahmen 27
2.1.4 Eingeschlossene Entscheidungen 28

3 Bisherige Verfahrensschritte und Zeitplan 30

3.1 Antrag auf Planfeststellungsbeschluss gemäß § 19 NABEG a.F. 30
3.2 Festlegung des Untersuchungsrahmens gemäß § 20 NABEG a.F. 30
3.3 Angaben zur Öffentlichkeitsbeteiligung 30
3.3.1 Frühe Öffentlichkeitsbeteiligung 31
3.3.2 Fortwährende Öffentlichkeitsbeteiligung 32
3.3.3 Vorgaben aus Art. 9 Abs. 2 bis 7 Verordnung zu Leitlinien für die transeuropäische Energieinfrastruktur (TEN-E-VO) 32

3.4 Zeitplan 33

4 Vorhabenkonkrete technische Angaben 34

4.1 Beschreibung der Erdkabelanlage 34
4.1.1 Erdkabel 35
4.1.2 DMR 37
4.1.3 Erdkabelverbindungen (Muffen) 37
4.1.4 Kabelendverschluss 39
4.1.5 Begleitkabel 40
4.1.6 Kabelschutzrohranlage 40
4.2 Beschreibung der Nebenanlagen 41
4.2.1 KKÜS 42
4.2.2 MOS 44
4.2.3 Konverter 47
4.3 Beschreibung der AC-Anbindungsleitungen 51
4.3.1 Mastgründungen und Fundamente 51
4.3.2 Masten 51
4.3.3 Beseilung, Isolatoren und Erdseil 52

5 Angaben zum Bau 53

5.1 Angaben zum Bau der Erdkabelanlage 53
5.1.1 Zuwegung 53
5.1.2 Baubedarfsfläche 54
5.1.3 Maßnahmen zur Bauvorbereitung 55
5.1.4 Herstellung der Kabeltrasse in offener Bauweise 56
5.1.5 Herstellung der Kabeltrasse in geschlossener Bauweise 62
5.1.6 Herstellung der Kabeltrasse in Sonderbauweisen 69
5.1.7 Herstellung von Verbindungs- und Erdungsmuffen 71
5.1.8 Kabelinstallation 73
5.1.9 Inbetriebnahmeprüfungen nach Kabelinstallation 74
5.1.10 Umgang mit Boden 75
5.1.11 Wasserhaltung im Zuge der Bauausführung 76
5.1.12 Bettungsmaterialien 77
5.1.13 Sicherungs- und Schutzmaßnahmen beim Bau und Flurschadensregulierung 78
5.2 Angaben zum Bau von Nebenanlagen 79
5.2.1 KKÜS 79
5.2.2 MOS 81
5.2.3 Konverter 83

5.3 Angaben zum Bau der AC-Anbindungsleitungen 83
5.4 Geplanter Bauablauf 83
5.5 Standardisierte technische Ausführungen 85

6 Angaben zum Betrieb 87

6.1 Angaben zum Betrieb der Erdkabelanlage 87
6.1.1 Technische Regelwerke 87
6.1.2 Technische Sicherheit 88
6.1.3 Schutzstreifen 88
6.1.4 Kabelmonitoring 89
6.1.5 Wartung und Instandhaltung 89
6.1.6 Reparaturfall 90
6.2 Angaben zum Betrieb der Nebenanlagen 91
6.2.1 KKÜS 91
6.2.2 MOS 91
6.2.3 Konverter 92
6.3 Angaben zum Betrieb der AC-Anbindungsleitung 92
6.4 Stilllegung und Rückbau 92

7 Wesentliche Immissionen 94

7.1 Wesentliche Immissionen im Betrieb 94
7.1.1 Elektrische und magnetische Felder 94
7.1.2 Schallimmissionen 96
7.1.3 Störungen von Funkfrequenzen 97
7.1.4 Ozon und Stickoxide 98
7.1.5 Wärmeausbreitung 98
7.2 Wesentliche Immissionen im Bau 99
7.2.1 Stoffliche Emissionen 99
7.2.2 Erschütterungen 99
7.2.3 Lichtimmissionen 100
7.2.4 Schallimmissionen 100

8 Eigentumsbelange 102

8.1 Inanspruchnahme von Flurstücken 102
8.1.1 Temporäre Inanspruchnahme von Flurstücken 102
8.1.2 Dauerhafte Inanspruchnahme von Flurstücken 103
8.1.3 Entschädigungen 105
8.1.4 Bauwerkseigentum 105
8.2 Kreuzungen mit Infrastrukturen Dritter 105
8.3 Kompensationsmaßnahmen 111

9 Literaturverzeichnis 113

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1: Fachrechtliche Bezeichnung der Vorhabenbestandteile 14
Tabelle 2-1: Technische Komponenten und Antragsgegenstand NI3 23
Tabelle 2-2: Übersicht der kommunalen Verwaltungseinheiten im PFA NI3 26
Tabelle 2-3: Folgemaßnahmen im PFA NI3 27
Tabelle 2-4: Ausgleichs- und Ersatzflächen anderer Vorhaben 28
Tabelle 3-1: Meilensteine für den PFA NI3 des Rhein-Main-Link 33
Tabelle 4-1: Angaben zum Projekt Rhein-Main-Link 34
Tabelle 4-2: Kennwerte DC-Kabel 36
Tabelle 5-1: Geschlossene Bauweise, Maschineneinsatz 69

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1-1: Schematische Darstellung der vier antragsgegenständlichen Vorhaben 12
Abbildung 1-2: Exemplarische Übersicht von Komponenten einer HGÜ-Verbindung 15
Abbildung 2-1: Abgrenzung des PFA NI3 24
Abbildung 4-1: Beispielhafter Kabelaufbau Rhein-Main-Link 35
Abbildung 4-2: Schematische Darstellung der geplanten Kabelanordnung 37
Abbildung 4-3: Beispielhafte Darstellung von Erdungsmuffen 38
Abbildung 4-4: Beispielhafte Darstellung dreier im Bau befindlicher Kabelendverschlüsse 40
Abbildung 4-5: Schematische Darstellung einer KKÜS 43
Abbildung 4-6: Schematische Darstellung einer MOS 46
Abbildung 4-7: Schematische Darstellung Konverter 49
Abbildung 5-1: Schematische Darstellung Regelgrabenprofil offene Bauweise für vier Systeme 57
Abbildung 5-2: Einpflügen von Schutzrohren 60
Abbildung 5-3: Schematische Darstellung HDD-Verfahren 63
Abbildung 5-4: Beispiele Pilotrohrvortrieb mit Bodenverdrängung 65
Abbildung 5-5: Beispiel Mikrotunnelbau mit Schneckenförderung 67
Abbildung 5-6: Beispiel Mikrotunnelbau mit Spülförderung 67
Abbildung 5-7: Beispiel Horizontal-Pressbohrverfahren 68
Abbildung 5-8: Muffengrube mit bauzeitlicher Einhausung 72
Abbildung 5-9: Schematische Darstellung des Kabelzugs 74
Abbildung 5-10: Geplanter Bauablauf Energiekorridor Rhein-Main-Link 83
Abbildung 5-11: Geplanter Bauablauf Erdkabelanlage Energiekorridor Rhein-Main-Link 84

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Beschreibung
a.F.	alte Fassung
AC	Alternating Current (Drehstrom/Wechselstrom)
AwSV	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
AWZ	ausschließliche Wirtschaftszone
BAB	Bundesautobahn
BBPlG	Bundesbedarfsplangesetz
BE-Fläche	Baustelleneinrichtungsfläche
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BKompV	Bundeskompensationsverordnung
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BNetzA	Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
BOB	begehbares Oberflurbauwerk
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
DCA	Drilling Contractors Association
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DMR	Dedicated Metallic Return
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
FStrG	Bundesfernstraßengesetz
GG	Grundgesetz
GOK	Geländeoberkante
HDD	Horizontal Directional Drilling

Abkürzung	Beschreibung
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
KKÜS	Kabel-Kabel-Übergabestation
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
LWL	Lichtwellenleiter
MOS	Monitoringstation
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz
NachwV	Nachweisverordnung
NEP	Netzentwicklungsplan
NLStBV	Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr
NVP	Netzverknüpfungspunkt (Onshore)
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz
NWH	Nord-West-Hub
ONAS	Offshore-Netzanbindungssystem
PCI	Project of Common Interest
PFA	Planfeststellungsabschnitt
TEN-E-VO	Verordnung zu Leitlinien für die transeuropäische Energieinfrastruktur
TöB	Träger öffentlicher Belange
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
VRG	Vorranggebiet
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
ZFSV	zeitweise fließfähige, selbstverdichtende Verfüllbaustoffe

1 Einleitung

Disclaimer: In diesem Dokument wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

Im Zuge der Verwirklichung der gesetzlich verankerten Energiewende kommt es durch den massiven Zubau erneuerbarer Energien in Norddeutschland zu Leitungsengpässen für den Stromtransport in Richtung Süddeutschland. Um ihren gesetzlichen Verpflichtungen zur Erfüllung einer sicheren Energieversorgung nachzukommen, sind die Übertragungsnetzbetreiber verpflichtet, in den jeweiligen Regelzonen überlastete Übertragungsnetze zu optimieren, zu verstärken oder auszubauen, soweit es wirtschaftlich zumutbar ist (siehe § 11 Abs. 1 Energiewirtschaftsgesetz (EnWG o. J.)). Da die bestehende Netzinfrastruktur in der Region weitgehend verstärkt ist, erfolgt gemäß NOVA-Prüfung (Netzoptimierung vor Netzverstärkung vor Netzausbau) im Netzentwicklungsplan (NEP) 2037/2045 (2023) (BNetzA 2024a) die Umsetzung der erforderlichen Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragungsverbindung (HGÜ-Verbindung) Rhein-Main-Link als Ausbau in neuer Trasse.

Übergeordnetes Planungs- und Realisierungsziel des Rhein-Main-Link ist die Errichtung und der Betrieb einer vorrangig erdverkabelten sowie sicheren und zuverlässigen Höchstspannungs-Gleichstromverbindung mit den vier Vorhaben Nr. 82, 82a, 82b und 82c der Anlage zu § 1 Abs. 1 Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG o. J.) in einheitlicher Trasse zwischen dem Netzverknüpfungspunkt (NVP) im Suchraum Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede in Niedersachsen und den NVP Bürstadt, Hofheim am Taunus, Kriftel und Suchraum Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein in Hessen mit einem möglichst kurzen, gestreckten Verlauf unter Sicherstellung von Wirtschaftlichkeit, der regelhaften Meidung von Siedlungsräumen bzw. sensiblen Nutzungen sowie einer schnellstmöglichen sukzessiven Inbetriebnahme ab 2033.

Um die Bezeichnungen der NVP in den Suchräumen im Weiteren zu vereinfachen, wird der nördliche NVP im Suchraum Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede mit Nord-West-Hub (NWH) bezeichnet, der südliche im Suchraum Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein mit NVP Ried.

Gemeinsame Vorhabenträgerinnen (nachfolgend als „Vorhabenträgerin“ bezeichnet) für den Rhein-Main-Link sind die Amprion GmbH und die Amprion Offshore GmbH. Die Amprion GmbH führt das Verfahren im eigenen Namen und im Auftrag stellvertretend für die Amprion Offshore GmbH durch (siehe Kapitel 1.3).

Mit den Planfeststellungsunterlagen reicht die Vorhabenträgerin für den vorliegenden Planfeststellungsabschnitt (PFA) den bearbeiteten Plan gemäß § 21 Abs. 1 S. 1 Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz (NABEG) alte Fassung (a.F.) zur Durchführung des Anhörungsverfahrens bei der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA) als hier zuständige Planfeststellungsbehörde ein. Wenn nicht ausdrücklich anders erwähnt, haben die Inhalte der vorliegenden Unterlagen stets Geltung für alle vier Vorhaben.

Als länderübergreifende und entsprechend gekennzeichnete Leitungen im Sinne von § 2 Abs. 1 BBPlG unterliegen die vier Vorhaben (Nr. 82 und 82a in ganzer Länge, Nr. 82b vom Aufsprungpunkt Nordermoor bei SP006_0+090 bis Kriftel und Nr. 82c vom Aufsprungpunkt Nordermoor bei SP006_0+090 bis Ried) den Bestimmungen des NABEG (siehe „Teil A3 – Übersichtsplan Gesamtvorhaben“).

Im Rahmen der Strategischen Umweltprüfung zum Bundesbedarfsplan hat die BNetzA gemäß § 12c Abs. 2a EnWG für jedes der vier Vorhaben des Rhein-Main-Link einen separaten Präferenzraum ermittelt, in dem das jeweilige Vorhaben zu verwirklichen ist. Die einzelnen Präferenzräume überlagern sich räumlich und wurden zum Präferenzraum Rhein-Main-Link zusammengefasst. Daraufhin hat die Vorhabenträgerin eine Vorschlagstrasse und Alternativen im Antrag auf Planfeststellungsbeschluss gemäß § 19 NABEG a.F. i. V. m. § 35 Abs. 6 NABEG bei der BNetzA am 27. Juni 2024 eingereicht. Die Vorhabenträgerin machte von der Optierungsmöglichkeit gemäß § 35 Abs. 6 NABEG Gebrauch und beantragte, das Verfahren nach den §§ 19–21 in der bis zum 29. Dezember 2023 geltenden Fassung des NABEG zu führen. Soweit diese Vorschriften im Folgenden zitiert werden, handelt es sich also um

die Paragrafen in der bis zum genannten Zeitpunkt geltenden Fassung (§§ 19–21 NABEG a.F., siehe Kapitel 1.5). Die vorliegenden Unterlagen beinhalten alle in § 21 NABEG a.F. verankerten Anforderungen.

Zwischenzeitlich wurde der Rhein-Main-Link in die aktuelle „Unionsliste“ als Vorhaben von gemeinsamem Interesse (Project of Common Interest, „PCI“) aufgenommen. Es gelten damit die Vorgaben der TEN-E Verordnung (Verordnung (EU) 2022/869 o. J.). Damit hat das Projekt einen europarechtlichen Hintergrund und ist als sogenanntes PCI-Projekt prioritär im Rahmen der Planung zu behandeln.

Im vorliegenden Erläuterungsbericht werden allgemeine Informationen zum Rhein-Main-Link und Genehmigungsverfahren (Kapitel 1.1 und 3) beschrieben. In Kapitel 2 wird der Antragsgegenstand des vorliegenden PFA erläutert. Außerdem werden insbesondere Angaben zur Technik (Kapitel 4), zum Bau (Kapitel 5) und zum Betrieb der Erdkabelanlage (Kapitel 6) sowie zu den dabei zu erwartenden Wirkungen (Kapitel 7) gemacht. Der Bericht enthält auch eine Zusammenfassung der unterschiedlichen Arten von eigentumsbezogenen Betroffenheiten und erklärt den Umgang der Vorhabenträgerin mit diesen Betroffenheiten (Kapitel 8).

Den Unterlagen liegt außerdem eine separate Zusammenfassung der Planfeststellungsunterlagen bei (siehe „Teil A2 – Zusammenfassung der Planfeststellungsunterlagen“).

Eine kartografische Übersicht über das Gesamtvorhaben ist in „Teil A3 – Übersichtsplan Gesamtvorhaben“ dargestellt.

1.1 Rhein-Main-Link

Der Rhein-Main-Link besteht aus vier Vorhaben des BBPlG (Nr. 82, 82a, 82b und 82c der Anlage zu § 1 Abs. 1 BBPlG).

Die Vorhaben Nr. 82 und 82a beginnen am NWH und werden von dort zum NVP Bürstadt bzw. zum NVP Hofheim am Taunus geführt. Bei den Vorhaben Nr. 82b und 82c handelt es sich um Offshore-Netzanbindungssysteme (ONAS). Sie beginnen an den jeweiligen Offshore-Konverterplattformen, verlaufen durch die ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) und landen im Landkreis Wittmund an. Sie werden am NWH vorbeigeführt, springen am Aufsprungpunkt Nordermoor südwestlich des NWH bei SP006_0+090 auf die Rhein-Main-Link-Trasse auf und verlaufen ab diesem Punkt zunächst in Bündelung mit den Vorhaben Nr. 82 und 82a bis zum NVP Kriftel bzw. zum NVP Ried. Die Vorhaben Nr. 82b und 82c sind daher erst ab dem Aufsprungpunkt Nordermoor im Bereich des NWH Bestandteil des Rhein-Main-Link. Der Aufsprungpunkt wird in „Teil A3 – Übersichtsplan Gesamtvorhaben“ dargestellt. Abbildung 1-1 zeigt den schematischen Verlauf der antragsgegenständlichen Vorhaben.

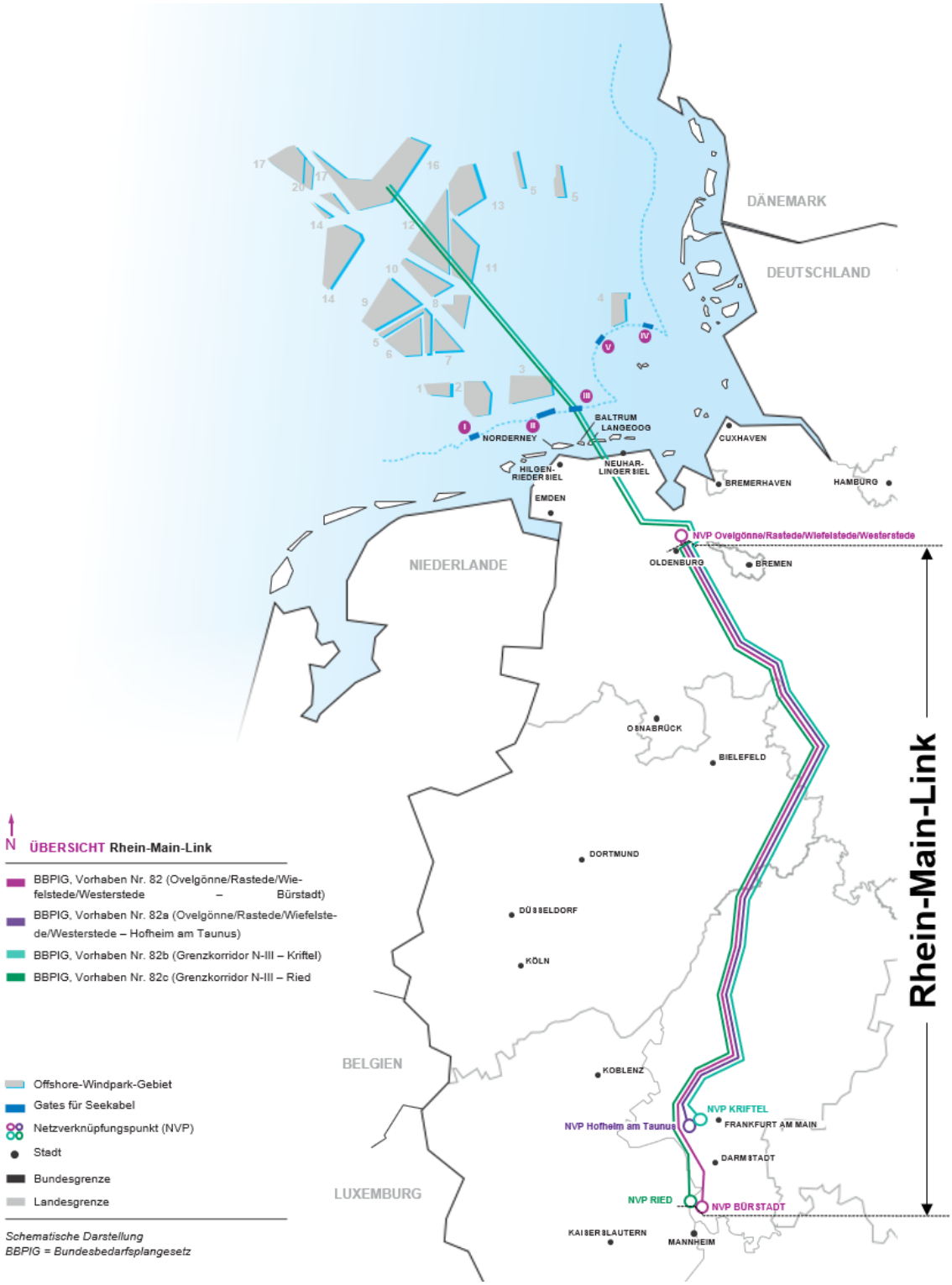


Abbildung 1-1: Schematische Darstellung der vier antragsgegenständlichen Vorhaben

Insgesamt wird mit einer geplanten Übertragungsleistung von jeweils 2 Gigawatt (GW) und einer Gesamtlänge von etwa 592 km geplant. Die vier Vorhaben werden als Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen (HGÜ-Leitungen) und als Erdkabel ausgeführt, welche jeweils an einem Konverter enden. Die Kabel-Kabel-Übergabestationen (KKÜS) und Monitoringstationen (MOS) als für den Betrieb notwendige Nebenanlagen i. S. d. § 3 Abs. 5 BBPlG sind ebenso Gegenstand des Rhein-

Main-Link wie die vier südlichen Konverter, die gemäß § 18 Abs. 2 S. 1 NABEG in das vorliegende Planfeststellungsverfahren integriert sind, inklusive ihren als Freileitungen ausgeführten Wechselstrom-Anbindungen an die jeweiligen NVP (sofern eine räumliche Trennung von Konverter und NVP vorliegt). Die Begriffe Nebenbauwerk und Konverter werden übergreifend auch als Nebenanlagen bezeichnet. Der Antragsgegenstand des Rhein-Main-Link beginnt an der DC-Schaltanlage (Gleichstrom-Schaltanlage) des NWH und endet an den jeweiligen südlichen NVP Hofheim am Taunus, Kriftel, Bürstadt und Ried. Der NWH ist nicht Bestandteil dieses Planfeststellungsverfahrens und wird im Rahmen eines Antrags nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG o. J.) genehmigt. Trägerin des Vorhabens des NWH und Antragstellerin ist die TenneT TSO GmbH.

Aufgrund der Länge und Komplexität des Projektes wurde der Rhein-Main-Link zur Vereinfachung des behördlichen Zulassungsverfahrens in die nachfolgenden PFA mit unterschiedlichen Längen eingeteilt.

- NI1: Länge ca. 67 km, von der DC-Schaltanlage des NWH bis zur Landkreisgrenze Oldenburg / Diepholz
- NI2: Länge ca. 76 km, von der Landkreisgrenze Oldenburg / Diepholz bis an die Gemeindegrenze Wölpinghausen / Stadt Sachsenhagen im Landkreis Schaumburg
- NI3: Länge ca. 72 km, von der Gemeindegrenze Wölpinghausen / Stadt Sachsenhagen im Landkreis Schaumburg bis an die Bundeslandgrenze Niedersachsen / Nordrhein-Westfalen
- NW1: Länge ca. 58 km, von der Bundeslandgrenze Niedersachsen / Nordrhein-Westfalen bis an die Bundeslandgrenze Nordrhein-Westfalen / Hessen
- HE1: Länge ca. 64 km, von der Bundeslandgrenze Nordrhein-Westfalen / Hessen bis zum Bereich der Gemeindegrenze Lichtenfels und Vöhl / Frankenberg (Eder)
- HE2: Länge ca. 64 km, vom Bereich der Gemeindegrenze Lichtenfels und Vöhl / Frankenberg (Eder) bis zum Bereich der Landkreisgrenze Marburg-Biedenkopf / Gießen
- HE3: Länge ca. 54 km, vom Bereich der Landkreisgrenze Marburg-Biedenkopf / Gießen bis zum Bereich der Landkreisgrenze Wetterau / Hochtaunus
- HE4: Länge ca. 38 km, vom Bereich der Landkreisgrenze Wetterau / Hochtaunus bis zum Bereich der Landkreisgrenze Rheingau-Taunus / Main-Taunus
- HE5: Länge ca. 51 km, vom Bereich der Landkreisgrenze Rheingau-Taunus / Main-Taunus bis zum Abzweig eines vorzugswürdigen Konverterstandortbereiches von Vorhaben Nr. 82c bei Biebesheim am Rhein
- HE6: Länge ca. 49 km (inkl. Länge der Alternating Current (AC)-Anbindungsleitung), vom Absprungpunkt der beiden Vorhaben Nr. 82a und 82b bei Medenbach bis zu den NVP Hofheim am Taunus und Kriftel sowie vom Abzweig eines vorzugswürdigen Konverterstandortbereiches von Vorhaben Nr. 82c bei Biebesheim am Rhein bis zu den NVP Ried und Bürstadt

Allgemeine Erläuterungen zur Abschnittsbildung sind Kapitel 1.6 zu entnehmen. Konkrete raumspezifische Ausführungen zum vorliegenden PFA finden sich in Kapitel 2.

Eine Übersicht über den Verlauf des Rhein-Main-Link durch die drei Bundesländer Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Hessen inklusive der PFA findet sich in „Teil A3 – Übersichtsplan Gesamtvorhaben“.

Aus den obenstehenden Erläuterungen geht hervor, dass die Vorhaben Nr. 82, 82a, 82b und 82c einzelne Komponenten im Gesamtsystem des Rhein-Main-Link und des Energieübertragungsnetzes sind, auf die in Kapitel 1.2 näher eingegangen wird.

Zur eindeutigen Kennzeichnung der einzelnen hier gegenständlichen technischen Komponenten im Gesamtsystem werden jeweils eindeutige Nummern (Bauleitnummern) vergeben (siehe Tabelle 1-1).

Tabelle 1-1: Fachrechtliche Bezeichnung der Vorhabenbestandteile

Vorhaben-Nr. gem. Anlage zu § 1 Abs. 1 BBPlG	Vorhaben-Bezeichnung gem. Anlage zu § 1 Abs. 1 BBPlG	Vorhaben-Bezeichnung gem. NEP 2037/2045 (2023)	Bauleitnummer (Bl.-Nr.)	Beschreibung
82	Höchstspannungsleitung Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/ Westerstede – Bürstadt; Gleichstrom	DC34	7013	Gleichstrom-Erdkabel
			4693	Wechselstrom-Freileitung
82a	Höchstspannungsleitung Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/ Westerstede – Hofheim am Taunus; Gleichstrom	DC35	7014	Gleichstrom-Erdkabel
			4692	Wechselstrom-Freileitung
82b	Höchstspannungsleitung Grenzkorridor N-III – Kriftel; Gleichstrom Bestandteil Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/ Westerstede – Kriftel	NOR-x-4	7016	Gleichstrom-Erdkabel
			4691	Wechselstrom-Freileitung
82c	Höchstspannungsleitung Grenzkorridor N-III – Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein; Gleichstrom Bestandteil Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/ Westerstede – Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein	NOR-x-8	7015	Gleichstrom-Erdkabel

Innerhalb der jeweiligen PFA werden punktuell für den Betrieb der Leitungen zusätzliche Nebenanlagen benötigt, für die eindeutige Stationsnummern festgelegt wurden. Die Darlegung der im vorliegenden PFA relevanten Nebenanlagen erfolgt unter Kapitel 2.

Eine Trassenführung der Vorhaben Nr. 82, 82a, 82b und 82c vom Start- bis zum Zielpunkt im Sinne eines vorläufigen positiven Gesamturteils ist möglich. Unüberwindbare Hindernisse, die den Erfolg der Vorhaben insgesamt infrage stellen, sind nicht ersichtlich. Die Gefahr, dass ein Planungstorso zurückbliebe, besteht nicht.

1.2 Beschreibung der einzelnen Komponenten im Gesamtsystem

Die Vorhaben Nr. 82, 82a, 82b und 82c sind wesentliche Bestandteile eines großräumigen, energietechnisch aufwendigen und komplexen Systems im Energieübertragungsnetz. Abbildung 1-2 zeigt eine Übersicht über die verschiedenen Komponenten. Die nachfolgende textliche Ausführung beschreibt von Nord nach Süd, welche dieser Komponenten Teil des Rhein-Main-Link und Teil des Genehmigungsverfahrens gemäß § 21 NABEG a.F. sind.

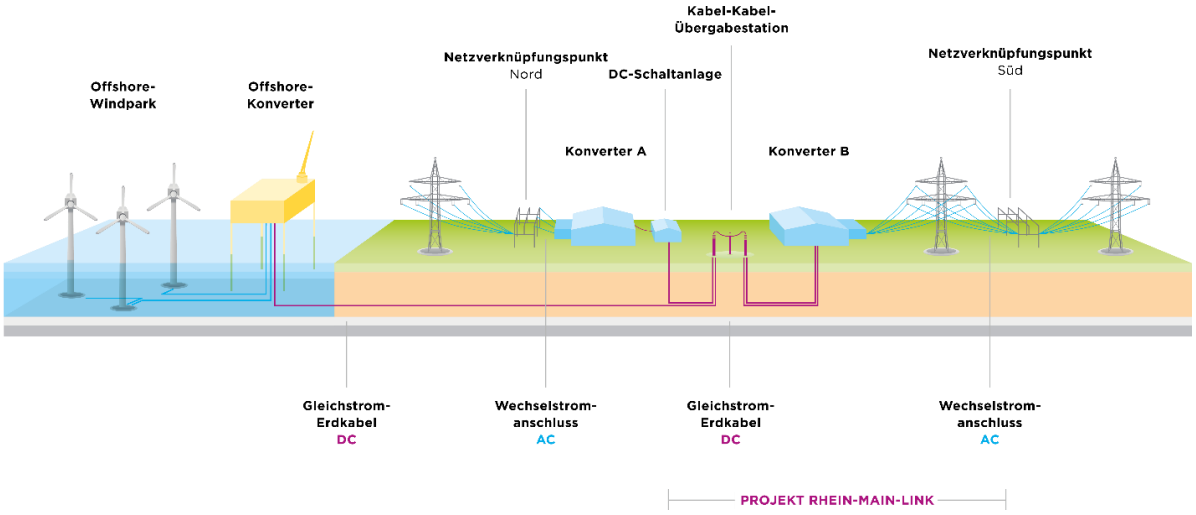


Abbildung 1-2: Exemplarische Übersicht von Komponenten einer HGÜ-Verbindung

Offshore-Konverterplattformen bis zum NWH bestehend aus AWZ, Küstenmeer und Landabschnitt Nord (Vorhaben Nr. 82b und 82c)

Die Vorhaben Nr. 82b und 82c beginnen an den jeweiligen Offshore-Konverterplattformen in der AWZ und verlaufen durch diese bis zum Grenzkorridor N-III. Ab hier treten sie in das niedersächsische Küstenmeer ein und queren planmäßig die Insel Langeoog. Am Anlandungspunkt im Landkreis Wittmund beginnt die Landtrasse der beiden ONAS und wird bis zum Aufsprungpunkt Nordermoor auf den Rhein-Main-Link im Bereich des NWH fortgeführt. Hier beginnt die Parallelführung mit den Vorhaben Nr. 82 und 82a in südliche Richtung. Die Bestandteile der Vorhaben von den Offshore-Konverterplattformen bis zum Aufsprungpunkt Nordermoor sind nicht Bestandteil des Rhein-Main-Link sowie des Genehmigungsverfahrens gemäß § 21 NABEG a.F.

Die Errichtung und der Betrieb der Offshore-Konverterplattformen bzw. der Seekabel der beiden ONAS in der AWZ bedürfen der Zulassung durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und sind nicht Bestandteil des vorliegenden Planfeststellungsverfahrens.

Die seeseitige Netzanbindung der Konverterplattformen von der 12-Seemeilen-Grenze über die Insel Langeoog bis zum Anlandungspunkt im Landkreis Wittmund (sog. Küstenmeer) gehört zum Hoheitsgebiet des Landes Niedersachsen. Zuständige Genehmigungsbehörde für die Durchführung des Planfeststellungsverfahrens ist die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV). Die Leitungsverbindung ist nicht Bestandteil des vorliegenden Planfeststellungsverfahrens.

Der landseitige Genehmigungsabschnitt vom Anlandungspunkt im Landkreis Wittmund bis zum Aufsprungpunkt Nordermoor im Bereich des NWH unterliegt ebenfalls der Zuständigkeit der NLStBV. Die Leitungsverbindung ist nicht Bestandteil des vorliegenden Planfeststellungsverfahrens.

Der Weiterführung der Vorhaben Nr. 82b und 82c vom Anlandungspunkt im Landkreis Wittmund bis zum Aufsprungpunkt Nordermoor steht grundsätzlich nichts entgegen, da der für das Gesamtvorhaben ermittelte Präferenzraum auch für diesen Bereich entwickelt und damit eine grundsätzliche Raumverträglichkeit bestätigt wurde. Ergänzend konnten auf Grundlage einer ersten internen Grobanalyse, die an die von der BNetzA genutzte Methodik zur Ermittlung von Präferenzräumen angelehnt ist, einschließlich der Zuordnung von Raumwiderstandsklassen zu den relevanten Raumnutzungen, mehrere grundsätzlich raumverträgliche Korridorverläufe identifiziert werden, die im zukünftig anstehenden Zulassungsprozess vertieft untersucht werden. Für den betreffenden PFA wird voraussichtlich ein Genehmigungsverfahren in Zuständigkeit der nach Landesrecht verantwortlichen Behörde angestrebt, dessen Einleitung nach derzeitiger Planung zeitlich an die im ersten Entwurf des NEP 2037/2045 (2025) vorgesehene Inbetriebnahme geknüpft ist.

NVP im Suchraum Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede

Der NVP ist eine Umspannanlage, welche von der TenneT TSO GmbH errichtet wird. Über eine Wechselstrom-Anbindung wird sie mit einem Konverter verbunden, der unmittelbar neben der Umspannanlage errichtet wird. Unmittelbar daran angrenzend wird eine DC-Schaltanlage errichtet, um hier verschiedene Gleichstromvorhaben miteinander zu verbinden. An der DC-Schaltanlage beginnen die Erdkabelanlagen der Vorhaben Nr. 82 und 82a des Projektes Rhein-Main-Link. Die Umspannanlage, der Konverter und die DC-Schaltanlage sind nicht Gegenstand des vorliegenden Planfeststellungsverfahrens gemäß § 21 NABEG a.F., sondern werden auf niedersächsischer Landesebene genehmigt.

Gleichstrom-Erdkabelanlagen

Die Erdkabelanlagen der Vorhaben Nr. 82 und 82a beginnen an der DC-Schaltanlage des NWH. Dies ist der Startpunkt des Rhein-Main-Link, von wo aus zunächst die beiden Vorhaben in 2er-Bündelung geführt werden. Nach ca. 6 km stoßen aus Richtung Nordwesten die beiden Vorhaben Nr. 82b und 82c am Aufsprungpunkt Nordermoor auf die Rhein-Main-Link-Trasse. Ab hier werden die vier Vorhaben über ca. 493 km gebündelt Richtung Süden fortgeführt bis die Vorhaben Nr. 82a und 82b in Richtung Osten abzweigen, um an zwei Konverterstandorten (für NVP Hofheim am Taunus und Kriftel) anzubinden. Dafür erfolgt eine weitere Auftrennung der beiden Vorhaben nach ca. 3 km auf Höhe Breckenheim. Die beiden Vorhaben Nr. 82 und 82c verlaufen hingegen über ca. 60 km weiter parallel in Richtung Süden. Die Erdkabelanlage des Vorhabens Nr. 82c endet dann am Konverter am NVP Ried, von dort aus wird das Vorhaben Nr. 82 weitergeführt für die Anbindung des Konverterstandortes des NVP Bürstadt. Die gesamte Strecke der Gleichstrom-Erdkabelanlagen ab der DC-Schaltanlage des NWH in Richtung Süden ist Gegenstand des Planfeststellungsverfahrens gemäß § 21 NABEG a.F.

KKÜS und MOS

Im Trassenverlauf des Rhein-Main-Link wird die Errichtung von sieben KKÜS und acht MOS erforderlich. Sie werden für die schnelle Inbetriebnahme, den sicheren Betrieb der Erdkabelanlage und zur Signalübertragung benötigt. Entsprechende Stationen (KKÜS und / oder MOS) sind in den Abschnitten NI1, NI2, NI3, NW1, HE1, HE2, HE3, HE4 und HE5 geplant. Die KKÜS und MOS sind als für den Betrieb notwendige Nebenanlagen Gegenstand des Planfeststellungsverfahrens gemäß § 21 NABEG a.F. Die im vorliegenden PFA erforderlichen Nebenanlagen sind in Kapitel 2 dargelegt.

Konverter

In Nähe zu den südlichen vier NVP ist jeweils die Errichtung eines Konverters erforderlich. Ein Vorhaben bindet dabei jeweils an einen Konverter an. Die Konverter werden für die Integration der Gleichstromverbindungen in das bestehende 380 kV-Höchstspannungsnetz (Wechselstrom) benötigt und wandeln den Gleichstrom in Wechselstrom und umgekehrt um. Als notwendige Anlagen werden die Konverter in detaillierten Unterlagen gemäß § 18 Abs. 2 NABEG ausschließlich in die Planfeststellungsunterlagen gemäß § 21 NABEG a.F. des PFA HE6 integriert.

Wechselstrom-Anbindungsleitungen

Die Wechselstrom-Anbindungsleitungen (AC-Anbindungsleitungen) verbinden die Konverter mit den NVP. Grenzt der Konverter unmittelbar an den NVP, so kann auf eine solche Anbindungsleitung verzichtet werden. Dies betrifft den NVP Ried, für dessen Anbindung des Konverters an den NVP keine zusätzliche AC-Anbindungsleitung benötigt wird. An den übrigen südlichen NVP (Hofheim am Taunus, Kriftel und Bürstadt) ist jeweils die Errichtung einer AC-Anbindungsleitung erforderlich. Die AC-Anbindungsleitung kann nur im Ausnahmefall als Teilerdverkabelung errichtet werden, sofern ein Auslösekriterium gemäß § 4 Abs. 2 NABEG vorliegt. Gemäß den Vorgaben des § 49 Abs. 1 EnWG entspricht die Erdverkabelungstechnologie im Wechselstrombereich nicht den zu beachtenden allgemein

anerkannten Regeln der Technik und ist daher nur in den gesetzlich definierten Ausnahmefällen planerisch zu berücksichtigen. Diese AC-Anbindungsleitungen zwischen den Konvertern und den NVP Hofheim am Taunus, Kriftel und Bürstadt sind Gegenstand der Planfeststellungsunterlagen gemäß § 21 NABEG a.F. des Abschnittes HE6.

NVP

Die vier Vorhaben Nr. 82, 82a, 82b und 82c enden im Süden an den NVP Bürstadt, Hofheim am Taunus, Kriftel und Ried. In den ersten drei Fällen handelt es sich um bestehende Umspannanlagen im Eigentum der Amprion GmbH. Die Umspannanlage Ried wird mit Genehmigungsverfahren gemäß § 4 i. V. m. § 19 BImSchG bei dem Regierungspräsidium Darmstadt anhängig sein. Die Errichtung wird mit Inbetriebnahme des Vorhabens Nr. 82c abgeschlossen sein.

1.3 Vorhabenträgerin, Antragstellerin und Betreiberin

Gemeinsame Vorhabenträgerinnen (nachfolgend als „Vorhabenträgerin“ bezeichnet) für das Projekt Rhein-Main-Link (Vorhaben Nr. 82, 82a, 82b und 82c der Anlage zu § 1 Abs. 1 BBPlG) sind die Amprion GmbH und die Amprion Offshore GmbH. Die Amprion GmbH führt das Verfahren im eigenen Namen und im Auftrag stellvertretend für die Amprion Offshore GmbH durch.

Die Vorhabenträgerschaft verteilt sich wie folgt:

Vorhabenträgerin und Antragstellerin für Planung, Errichtung und Betrieb der Vorhaben Nr. 82 und 82a ist die

Amprion GmbH

Robert-Schuman-Straße 7

44263 Dortmund.

In Bezug auf die ONAS weist § 17d Abs. 1 EnWG demjenigen Übertragungsnetzbetreiber, in dessen Regelzone die Netzanbindung von Offshore-Windenergieanlagen erfolgen soll, eine ausdrückliche Verpflichtung zur Errichtung und zum Betrieb der ONAS zu und definiert ihn als „anbindungsverpflichteten Übertragungsnetzbetreiber“.

Vorhabenträgerin und Antragstellerin für Planung, Errichtung und Betrieb der Vorhaben Nr. 82b und 82c sind die

Amprion GmbH

Robert-Schuman-Straße 7

44263 Dortmund

sowie die

Amprion Offshore GmbH

Robert-Schuman-Straße 7

44263 Dortmund.

Die Amprion Offshore GmbH ist eine 100 %ige Tochtergesellschaft der Amprion GmbH. In Erfüllung ihres Gesellschaftszwecks plant und errichtet die Amprion Offshore GmbH für die Amprion GmbH als anbindungsverpflichtete Übertragungsnetzbetreiberin die ONAS von Offshore-Windparks in der deutschen Nordsee bis zum jeweiligen Netzverknüpfungspunkt, verbindet sie mit dem Übertragungsnetz an Land und wird Eigentümerin der Netzanbindungen. Nach Errichtung der Leitungen sollen diese auf Grundlage eines Pachtvertrages der Amprion GmbH zur Nutzung überlassen werden. Durch diese Nutzungsüberlassung werden die ONAS gemäß § 17d Abs. 1 S. 3 EnWG Bestandteil des von der Amprion GmbH betriebenen Übertragungsnetzes. Die spätere technische Betriebsführung der ONAS, von der Plattform in der deutschen Nordsee bis zu den NVP Kriftel und Ried, wird die Amprion

Offshore GmbH dienstleistend für die Amprion GmbH als Betreiberin des Übertragungsnetzes erbringen.

1.4 Planrechtfertigung

Der Gesetzgeber hat im BBPlG die energiewirtschaftliche Notwendigkeit des Netzausbaus und den vordringlichen Bedarf für verschiedene Vorhaben in einem Bedarfsplan festgestellt. Gemäß § 1 Abs. 1 BBPlG beinhaltet der Bedarfsplan konkrete Vorhaben, die der Anpassung, Entwicklung und dem Ausbau der Übertragungsnetze zur Einbindung von Elektrizität aus erneuerbaren Energiequellen, zur Interoperabilität der Elektrizitätsnetze innerhalb der Europäischen Union, zum Anschluss neuer Kraftwerke oder zur Vermeidung struktureller Engpässe im Übertragungsnetz dienen. Ziel ist es, den energie- und klimapolitischen Zielen einschließlich des synchronen Ausbaus von Erzeugungsanlagen erneuerbarer Energien und der Stromnetze Rechnung zu tragen. Für diese Vorhaben werden mit Erlass des BBPlG gemäß § 1 Abs. 1 S. 1 BBPlG die energiewirtschaftliche Notwendigkeit und der vordringliche Bedarf zur Gewährleistung eines sicheren und zuverlässigen Netzbetriebs festgestellt.

Die Realisierung dieser Vorhaben ist aus Gründen eines überragenden öffentlichen Interesses und im Interesse der öffentlichen Gesundheit und Sicherheit gemäß § 1 Abs. 1 S. 2 BBPlG erforderlich. Die Planrechtfertigung ist damit im vorliegenden Fall kraft Gesetzes gegeben (siehe auch Bundesverwaltungsgericht (BVerwG), Urteil vom 22.06.2017 – 4 A 18.16, Rn. 17).

Somit ist die Planrechtfertigung durch die gesetzliche Bedarfsfeststellung für alle vier Vorhaben gemäß § 1 Abs. 1 S. 1 BBPlG i. V. m. Anlage BBPlG Nr. 82, 82a, 82b und 82c gegeben. Alle vier Vorhaben (bzw. deren Bestandteile) tragen die Kennzeichnungen A1, B und E. Demnach handelt es sich um länderübergreifende Leitungen sowie um Pilotprojekte für verlustarme Übertragung hoher Leistungen über große Entfernungen (im Sinne von § 2 Abs. 1 S. 1 BBPlG). Ebenso ist damit vorgegeben, dass die Vorhaben als Erdkabel für Leitungen zur Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragung im Sinne von § 2 Abs. 5 BBPlG zu errichten und zu betreiben sind.

1.5 Rechtliche Grundlagen

Die BBPlG-Vorhaben Nr. 82, 82a, 82b und 82c sind länderübergreifende Leitungen im Sinne von § 2 Abs. 1 S. 1 BBPlG und als solche im Bundesbedarfsplan mit A1 gekennzeichnet. Für die Errichtung oder die Änderung von derart gekennzeichneten, länderübergreifenden Höchstspannungsleitungen finden die Regelungen des NABEG Anwendung (siehe § 2 Abs. 1 NABEG).

Aus § 1 Nr. 1 der Verordnung über die Zuweisung der Planfeststellung für länderübergreifende und grenzüberschreitende Höchstspannungsleitungen auf die BNetzA (PlfZV o. J.) ergibt sich aufgrund der A1-Kennzeichnung im BBPlG die Zuständigkeit der BNetzA für das Planfeststellungsverfahren.

1.5.1 Anzuwendende rechtliche Grundlagen

Maßgeblich für das Planfeststellungsverfahren ist das NABEG (§§ 18–24), ergänzend dazu gelten das EnWG (§§ 43 ff.) und das Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) (§§ 72–78).

Das NABEG wurde grundlegend durch das Gesetz zur Anpassung des Energiewirtschaftsrechts an unionsrechtliche Vorgaben und zur Änderung weiterer energierechtlicher Vorschriften vom 22. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 405) novelliert. Eine wesentliche Änderung betrifft dabei die grundsätzliche Streichung der §§ 19, 20 NABEG und zudem eine deutliche Anpassung des § 21 NABEG. Diese Gesetzesänderung ist am 30. Dezember 2023 in Kraft getreten und hat damit zukünftig die dadurch begründete Schaffung eines einstufigen Verfahrens im Hinblick auf die Einreichung von Planfeststellungsantrag und -unterlagen zur Folge. Da allerdings die Erstellung des Antrags gemäß § 19 NABEG a.F. zum Zeitpunkt des Inkrafttretens der NABEG-Novelle weit fortgeschritten war und die Umstellung des Verfahrens auf die neuen Rechtsvorschriften zu einer Verzögerung geführt hätte, hat die Vorhabenträgerin von der Möglichkeit gemäß § 35 Abs. 6 NABEG Gebrauch gemacht und beantragt, das Verfahren nach den §§ 19–21 in der bis zum 29. Dezember 2023 geltenden Fassung

des NABEG zu führen. Sofern in dieser Unterlage also die Vorschriften der §§ 19–21 NABEG zitiert werden, ist die Fassung in der bis zum 29. Dezember 2023 geltenden Form maßgeblich (§§ 19–21 NABEG a.F.).

Das Erfordernis einer Planfeststellung für den Rhein-Main-Link ergibt sich aus § 18 Abs. 1 NABEG. Das Planfeststellungsverfahren begann mit der Antragstellung gemäß § 19 NABEG a.F. durch die Einreichung des Antrags seitens der Vorhabenträgerin, der alle Anforderungen gemäß § 19 NABEG a.F. erfüllt. Daraufhin wurden unter Einbeziehung der Träger öffentlicher Belange (TöB) sowie Umweltvereinigungen Antragskonferenzen durch die BNetzA durchgeführt, an der auch die Öffentlichkeit teilnehmen konnte (§ 20 NABEG a.F.). Unter Berücksichtigung der dort eingegangenen bzw. behandelten Informationen, Einwendungen und Stellungnahmen wurde der Untersuchungsrahmen und -umfang der zu erarbeitenden Planfeststellungsunterlagen gemäß § 21 NABEG a.F. festgelegt.

Die Vorhabenträgerin reicht hiermit schließlich die Unterlagen gemäß § 21 NABEG a.F. zur Planfeststellung ein, woraufhin ein Anhörungsverfahren mit anschließendem Erörterungstermin gemäß § 22 NABEG eingeleitet wird. Basierend auf den Ergebnissen des Erörterungstermins wird der Plan schließlich durch die BNetzA gemäß § 24 Abs. 1 NABEG festgestellt (Planfeststellungsbeschluss).

Neben den bereits genannten Rechtsgrundlagen aus dem NABEG sind weitere bundes- und landesrechtliche Vorschriften zu berücksichtigen, welche sich aus fachrechtlichen Anforderungen ergeben.

1.5.2 Entfall der Bundesfachplanung

Da die BNetzA für die beantragten Vorhaben gem. § 12c Abs. 2a EnWG einen Präferenzraum ermittelt hat (für Vorhaben Nr. 82 auf Antrag der Vorhabenträgerin), entfällt gem. § 5a Abs. 4a NABEG die Bundesfachplanung. Das Zulassungsverfahren für den Rhein-Main-Link begann demnach mit dem Antrag auf Planfeststellungsbeschluss gemäß § 19 NABEG a.F.

1.5.3 Verfahrensverbindung gemäß § 26 NABEG

In Planfeststellungsverfahren kann eine einheitliche Entscheidung ergehen, wenn die Voraussetzungen des § 26 NABEG erfüllt sind und die Vorhabenträgerin dies im Rahmen ihres Planfeststellungsantrages mit beantragt. Die Voraussetzungen des § 26 S. 2 Nr. 1 NABEG sind erfüllt. Demnach kann in Fällen, in denen ein Erdkabelvorhaben gem. § 2 Abs. 1 NABEG in einem räumlichen und zeitlichen Zusammenhang mit der Baumaßnahme weiterer Erdkabelvorhaben nach dieser Vorschrift mitverlegt wird, eine einheitliche Entscheidung beantragt werden. Alle genannten und hier gegenständlichen Erdkabelvorhaben haben einen ähnlichen zeitlichen Realisierungshorizont und es ist geplant, die Bauarbeiten gemeinsam durchzuführen. Die BBPlG-Vorhaben Nr. 82, 82a, 82b und 82c haben aufgrund der geographischen Lage ihrer Anfangs- und Endpunkte einen großen räumlichen Überschneidungsbereich sowie deckungsgleiche Präferenzräume. Sie werden gemeinsam geplant und sollen in möglichst enger Parallellage gebaut werden. Aus diesem Grund erscheint es zweckmäßig, ein gemeinsames Genehmigungsverfahren anstelle einzelner Genehmigungsverfahren anzustrengen, was zur Verringerung von Flächeninanspruchnahmen und Eingriffen in die Umwelt sowie zur Einsparung von Zeit und Aufwand während der Bauphase führt. Aufgrund der Zusammenlegung ist von einer Beschleunigung auszugehen, wesentliche Verzögerungen sind hingegen nicht zu befürchten. Aus diesem Grund hat die Vorhabenträgerin einen einheitlichen Antrag für die einzelnen Vorhaben Nr. 82, 82a, 82b und 82c gemäß § 26 NABEG gestellt und die BNetzA einen gemeinsamen Untersuchungsrahmen festgelegt. Die einzelnen Vorhaben sollen auch weiterhin verfahrensmäßig verbunden bleiben.

1.5.4 EU-Notfallverordnung / § 43m EnWG

Im Zuge der Umsetzung der sog. EU-Notfallverordnung (Verordnung (EU) 2022/2577 o. J.), die die Beschleunigung von Genehmigungsverfahren für Stromnetze zum Ziel hat, wurde im März 2023 § 43m

EnWG eingeführt. Hierdurch werden die Vorgaben des Art. 6 der Verordnung (EU) 2022/2577 in nationales Recht umgesetzt. § 43m EnWG gilt u. a. für Vorhaben, für die ein Präferenzraum gemäß § 12c Abs. 2a EnWG ermittelt wurde und die in einem für sie vorgesehenen Gebiet liegen, für das eine Strategische Umweltprüfung (SUP) durchgeführt wurde. Diese Voraussetzungen sind für die Vorhaben des Rhein-Main-Link erfüllt. Als Rechtsfolge sieht § 43m Abs. 1 S. 1 EnWG vor, dass im Rahmen der Planfeststellung von einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und einer Prüfung des Artenschutzes nach den Vorschriften des § 44 Abs. 1 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) abzusehen ist. Aspekte der Umweltverträglichkeit und des Artenschutzes sind nur insoweit im Rahmen der Abwägung zu berücksichtigen, als diese Belange im Rahmen der zuvor durchgeführten SUP ermittelt, beschrieben und bewertet wurden (§ 43m Abs. 1 S. 1 EnWG). In der Gesetzesbegründung wird hervorgehoben,

> *„[…] dass die im Rahmen der jeweiligen Strategischen Umweltprüfung ermittelte Datengrundlage für die Einbeziehung von Umweltbelangen in die Abwägung im Planfeststellungsverfahren maßgeblich und zugleich abschließend ist, gleich welchen Abstraktionsgrades die vorangegangene Strategische Umweltprüfung gewesen ist. […] Die Voraussetzung, dass das ausgewiesene Gebiet einer Strategischen Umweltprüfung gemäß der Richtlinie 2001/42/EG unterzogen worden ist, wird durch die bestehenden Strategischen Umweltprüfungen zum Bundesbedarfsplan und zur Bundesfachplanung erfüllt.“ (Deutscher Bundestag, Drucksache 20/5830 o. J., S. 47)*

Durch die Anwendung von § 43m EnWG kommt es zu einer Vielzahl von Auswirkungen auf die zu erstellenden Unterlagen wie z. B. auf das Kartierkonzept sowie auf die Unterlagen gemäß § 21 NABEG a.F. Dort entfällt beispielsweise der UVP-Bericht und die Inhalte des Landschaftspflegerischen Begleitplans müssen angepasst werden.

Darüber hinaus hat die zuständige Behörde gemäß § 43m Abs. 2 EnWG sicherzustellen, dass auf Grundlage vorhandener Daten geeignete und verhältnismäßige Minderungsmaßnahmen ergriffen werden, um die Einhaltung der Vorschriften des § 44 Abs. 1 BNatSchG zu gewährleisten. Zudem hat der Betreiber einen finanziellen Ausgleich in Höhe von 25.000 € je angefangenem Trassenkilometer zu leisten. Diese Gelder werden für nationale Artenhilfsprogramme gemäß § 45d Abs. 1 BNatSchG verwendet, mit denen der Erhaltungszustand der betroffenen Arten gesichert oder verbessert wird.

Die Vorgaben des § 43m EnWG sind für alle Planfeststellungs- und Plangenehmigungsverfahren anzuwenden, bei denen der Antragsteller den Antrag bis zum Ablauf des 30. Juni 2025 stellt. Dies ist für das vorliegende Verfahren aufgrund der Antragstellung am 27. Juni 2024 der Fall. Sie sind zudem für das gesamte Planfeststellungs- und Plangenehmigungsverfahren anzuwenden, ungeachtet dessen, ob es bis zum Ablauf des 30. Juni 2025 abgeschlossen wird (§ 43m Abs. 3 EnWG).

Die hier antragsgegenständlichen Vorhaben wurden in der SUP zum Bundesbedarfsplan betrachtet (BNetzA 2024b). Für den Rhein-Main-Link wird daher entsprechend den Vorgaben von § 43m EnWG von der Durchführung einer UVP sowie von der Prüfung der artenschutzrechtlichen Verbotstatbestände gemäß § 44 Abs. 1 BNatSchG abgesehen.

1.5.5 Konzentrationswirkung des Planfeststellungsbeschlusses

Die Planfeststellung ersetzt gemäß § 75 Abs. 1 VwVfG nahezu alle nach anderen Rechtsvorschriften notwendigen behördlichen Entscheidungen, insbesondere öffentlich-rechtliche Genehmigungen, Verleihungen, Erlaubnisse und Zustimmungen. Die Vorhabenträgerin beantragt bei der Planfeststellungsbehörde, grundsätzlich alle öffentlich-rechtlichen Beziehungen zwischen ihr und den durch den Plan Betroffenen rechtsgestaltend zu regeln, indem sie die Zulässigkeit des Vorhabens einschließlich der notwendigen Folgemaßnahmen an anderen Anlagen im Hinblick auf alle von ihm berührten öffentlichen Belange feststellt. Unter die Konzentrationswirkung fallen u. a.:

- Wasserrechtliche Genehmigungen, Befreiungen und Ausnahmen, wie etwa die Genehmigung für Anlagen in, an, über und unter oberirdischen Gewässern (§ 36 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) i. V. m. § 57 Niedersächsisches Wassergesetz (NWG)) (siehe „Teil H1 – Wasserrechtlicher Bericht“). Die für die vorliegenden Vorhaben erforderlichen und von der Konzentrationswirkung ausgenommenen wasserrechtlichen Erlaubnisse bzw. Bewilligungen

gemäß §§ 8 und 9 WHG werden von der Vorhabenträgerin in der wasserrechtlichen Unterlage (siehe „Teil H1 – Wasserrechtlicher Bericht“) im Einzelnen beantragt und sind aufgrund von § 19 Abs. 1 WHG durch die Planfeststellungsbehörde zu erteilen.

- Strom- und Schifffahrtspolizeiliche Genehmigungen (in den PFA NI1, NI2, NI3 und HE5) (siehe „Teil H6 – Strom- und Schifffahrtspolizeirechtlicher Bericht“)
- Naturschutzfachliche (Ausnahme-)Genehmigungen und Befreiungen, wie etwa die Zulassung der mit den beantragten Vorhaben verbundenen Eingriffe gemäß § 15 BNatSchG (siehe „Teil H4 – Naturschutzrechtlicher Bericht“)
- Baurechtliche Genehmigungen

1.6 Abschnittsbildung

Für die vier Vorhaben des Rhein-Main-Link wurde ein gesamthafter Antrag auf Planfeststellungsbeschluss gemäß § 19 NABEG a.F. gestellt, ohne eine Abschnittsbildung vorzunehmen, was im Umkehrschluss zu § 19 S. 2 NABEG a.F. zulässig ist. Im Zuge der Unterlagenerstellung gemäß § 21 NABEG a.F. wurde der Rhein-Main-Link in zehn PFA unterteilt. Nachstehend werden im Allgemeinen die Zulässigkeit der Abschnittsbildung und Gründe für die Festlegung der Grenzen der einzelnen PFA beschrieben. In Kapitel 1.1 ist eine Übersicht zu den zehn PFA des Vorhabens enthalten, eine Kurzbeschreibung des vorliegenden PFA steht in Kapitel 2.1.

1.6.1 Rechtliche Zulässigkeit der Abschnittsbildung

Die Zulässigkeit des Unterteilens liniengebundener Vorhaben in Planungs- und somit auch Genehmigungsabschnitte ist grundsätzlich anerkannt. Der Abschnittsbildung liegt die Erwägung zugrunde, dass angesichts vielfältiger Schwierigkeiten, die mit einer detaillierten Planung verbunden sind, die Planfeststellungsbehörde ein planerisches Gesamtkonzept im Sinne der Handhabbarkeit häufig nur in Teilabschnitten verwirklichen kann. Grundsätzlich besteht daher keine Verpflichtung, über die Zulassung eines Vorhabens insgesamt, vollständig und abschließend in einem einzigen Bescheid zu entscheiden (siehe BVerwG, Urteil vom 15.12.2016 – 4 A 4.15, Rn. 26). Allerdings unterliegt auch die Zulässigkeit der Abschnittsbildung bestimmten Grenzen (z. B. Art. 19 Abs. 4 S. 1 Grundgesetz (GG); Erfordernis einer eigenen sachlichen Rechtfertigung). Insbesondere ist es erforderlich, dass der Verwirklichung des Gesamtvorhabens auch im weiteren Verlauf zumindest bei einer summarischen Bewertung keine unüberwindlichen Hindernisse entgegenstehen (siehe Kapitel 1.1). Sicherzustellen ist, dass Dritte durch die Abschnittsbildung nicht in ihren Rechten verletzt werden. Eine solche Verletzung wäre beispielsweise dann zu befürchten, wenn die Abschnittsbildung Dritten den durch Art. 19 Abs. 4 S. 1 GG gewährleisteten Rechtsschutz faktisch unmöglich macht oder dem Grundsatz umfassender Problembewältigung nicht gerecht werden würde (siehe BVerwG, Urteil vom 15.12.2016, a. a. O., Rn. 26). Dass Dritte durch die hier vorgenommene Abschnittsbildung in dieser Weise in ihren Rechten verletzt werden, ist auszuschließen. Der individuelle Rechtsschutz wird nicht vereitelt, da subjektive Rechte in jedem Verfahrensabschnitt uneingeschränkt geltend gemacht werden können, auch soweit die Gesamtplanung betroffen ist.

Auch kann nicht entgegengehalten werden, den zur Planfeststellung anstehenden PFA fehle eine eigene sachliche Rechtfertigung vor dem Hintergrund der Gesamtplanung. Das im Rahmen der fernstraßenrechtlichen Planfeststellung bestehende Erfordernis der „selbstständigen Verkehrsfunktion“ eines jeden PFA (ständige Rechtsprechung, siehe z. B. BVerwG, Beschluss vom 26.06.1992 – 4 B 11.92, NVwZ 1993, 572/573) existiert mit Blick auf die Planung von Energieleitungen – hier zu bezeichnen als „selbstständige Versorgungsfunktion“ – nicht. Weil Energienetze (d. h. auch das Übertragungsnetz Strom) im Vergleich zum Straßennetz in weitaus größeren Maschen geflochten sind, wäre die Leitungsplanung anderenfalls nur in einem Stück auf Grundlage eines unüberschaubaren Planfeststellungsverfahrens möglich (siehe BVerwG, Urteil vom 15.12.2016, a. a. O., Rn. 28 unter Verweis auf die Planung von Schienenwegen, für die das Erfordernis ebenfalls entfällt).

1.6.2 Gründe für die Festlegung der Grenzen eines PFA

Gründe für die Festlegung der Abschnittsgrenzen stellen insbesondere

- Verwaltungsgrenzen,
- die Länge und die Handhabbarkeit der PFA sowie
- technische Randbedingungen (keine geschlossenen Querungen auf einer Planfeststellungsgrenze) dar.

Durch die Festlegung der PFA unmittelbar auf oder entlang von bestehenden administrativen Grenzen von Gebietskörperschaften kann die mehrfache Betroffenheit der Landkreise, Kommunen oder Gemeinden reduziert werden.

Mit Blick auf die Länge der PFA ist es entscheidend, dass der Umfang der innerhalb der PFA zu betrachtenden Belange und zu erstellenden Unterlagen handhabbar bleibt. Dies ist insbesondere mit Blick auf die durchzuführenden Beteiligungsverfahren zu sehen. Beispielhaft würde eine Festlegung eines PFA vom NWH bis über die Landesgrenze Niedersachsen / Nordrhein-Westfalen einen derart heterogenen Raum, eine Vielzahl an zu beteiligenden Gebietskörperschaften und unterschiedliche Rechtsvorschriften durch die Landesgesetze beinhalten, dass diese Abschnittsfestlegung dem Kriterium der Handhabbarkeit nicht gerecht werden würde.

Ebenso können technische Randbedingungen die Wahl der Lage der PFA-Grenze beeinflussen. Wenn zunächst zwar die Beachtung von Verwaltungsgrenzen im Vordergrund steht, aber hier eine geschlossene Querung geplant ist, ist eine Verschiebung der PFA-Grenze in einen anderen Bereich dennoch vorzuziehen. Sowohl die Planbarkeit als auch die spätere bauliche Umsetzung einer geschlossenen Querung würde deutlich erschwert, läge sie in zwei PFA anstatt in einem.

Der vorliegende PFA NI3 beginnt bei SP150_0+000 westlich der Gemeinde Sachsenhagen, Landkreis Schaumburg und endet bei SP221_0+000 südwestlich der Gemeinde Vahlbruch im Landkreis Holzminden an der Landesgrenze zwischen Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Die nördliche Grenze des PFA NI3 wurde aufgrund einer notwendigen geschlossenen Querung der Schaumburger Landwehr von der Landkreisgrenze nach Süden verlagert. Dies hat den Hintergrund, dass eine Abschnittsgrenze nicht innerhalb einer geschlossenen Querung zu liegen kommen darf. Damit kann dem Belang der Orientierung an Verwaltungsgrenzen sowie der Länge und Handhabbarkeit der PFA Rechnung getragen werden. Ebenso findet der Belang der technischen Randbedingungen hier Anwendung, da keine technischen Gründe gegen die Lage der Planfeststellungsgrenze sprechen.

1.7 Übersicht über die Unterlagen gemäß § 21 NABEG a.F.

Der Plan und die Unterlagen gemäß § 21 NABEG a.F. bestehen aus einer Vielzahl von Unterlagen, die thematisch in die Teile A bis K gegliedert sind. Einen vollständigen Überblick über die Unterlagen zeigen das Gesamtinhaltsverzeichnis und der „Teil A0 – Kurzanleitung zur Handhabung der Planfeststellungsunterlagen“. Die Kurzanleitung dient der übersichtlichen Darstellung und als Hilfestellung hinsichtlich der Handhabung der vorliegenden Planfeststellungsunterlagen und beschreibt in komprimierter Form den zu erwartenden Inhalt. Gleichzeitig zeigt die Unterlage die Möglichkeiten auf, wie potenziell Betroffene ermitteln können, ob ihr Flurstück von den Planungen betroffen ist.

In der Unterlage „Teil A2 – Zusammenfassung der Planfeststellungsunterlagen“ werden die wesentlichen Ergebnisse aus den einzelnen Unterlagenteilen zusammenfassend dargelegt.

2 Antragsgegenstand NI3

Die Vorhabenträgerin hat gemäß § 19 NABEG a.F. am 27. Juni 2024 für den Rhein-Main-Link gesamthaft für die

- Vorhaben Nr. 82 „Höchstspannungsleitung Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Bürstadt; Gleichstrom“
- Vorhaben Nr. 82a „Höchstspannungsleitung Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Hofheim am Taunus; Gleichstrom“
- Vorhaben Nr. 82b „Höchstspannungsleitung Grenzkorridor N-III – Kriftel; Gleichstrom“, Bestandteil Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Kriftel
- Vorhaben Nr. 82c „Höchstspannungsleitung Grenzkorridor N-III – Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein; Gleichstrom“, Bestandteil Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/ Biebesheim am Rhein

gemäß der Anlage zu § 1 Abs. 1 des Gesetzes über den Bundesbedarfsplan (BBPlG o. J.) eine einheitliche Entscheidung über die Feststellung des Plans gemäß § 26 S. 2 NABEG beantragt. Die einzelnen Vorhaben sollen auch weiterhin verfahrensmäßig verbunden bleiben.

Mit den vorliegenden Unterlagen reicht die Vorhabenträgerin den auf der Grundlage der Ergebnisse der Antragskonferenzen vom 29. August 2024, 04. September 2024, 10. September 2024, 12. September 2024 und 17. September 2024 und des am 29. November 2024 gemäß § 20 Abs. 3 NABEG a.F. festgelegten Untersuchungsrahmens bearbeiteten Plan für den vorliegenden PFA gemäß § 21 Abs. 1 S. 1 NABEG a.F. zur Durchführung des Anhörungsverfahrens bei der Planfeststellungsbehörde ein.

Der im vorliegenden PFA konzentrierte Antragsgegenstand umfasst die in Tabelle 2-1 aufgelisteten technischen Komponenten.

Tabelle 2-1: Technische Komponenten und Antragsgegenstand NI3

	Vorhaben Nr. 82	**Vorhaben Nr. 82a**	**Vorhaben Nr. 82b**	**Vorhaben Nr. 82c**
PFA NI3 (Anfang - Ende)	Grenze Gemarkung Wölpinghausen / Sachsenhagen – Grenze Nordrhein-Westfalen	Grenze Gemarkung Wölpinghausen / Sachsenhagen – Grenze Nordrhein-Westfalen	Grenze Gemarkung Wölpinghausen / Sachsenhagen - Grenze Nordrhein-Westfalen	Grenze Gemarkung Wölpinghausen / Sachsenhagen - Nordrhein-Westfalen
Länge im PFA	71 km	71 km	71 km	72 km
Gleichstrom-Erdkabelanlage	Bl. 7013	Bl. 7014	Bl. 7016	Bl. 7015
KKÜS	KKÜS Vahlbruch 1, Stationsnummer 01482		KKÜS Vahlbruch 2, Stationsnummer 01483	
MOS	MOS Bad Münder am Deister, Stationsnummer 08593			
Konverter	-	-	-	-
AC-Anbindungsleitung	-	-	-	-

2.1 Kurzbeschreibung des vorliegenden PFA

Der vorliegende PFA NI3 beginnt bei SP150_0+000 westlich der Gemeinde Sachsenhagen, Landkreis Schaumburg und endet bei SP221_0+000 südwestlich der Gemeinde Vahlbruch im Landkreis Holzminden an der Landesgrenze zwischen Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Der PFA NI3 ist ca. 72 km lang. Die konkrete Beschreibung des Verlaufs der Antragstrasse sowie die planerischen Grundlagen für die Arbeitsschritte zur Findung und Begründung der Trasse (Zielsystem) kann der Planfeststellungsunterlage „Teil C1 – Trassierungsbericht“ entnommen werden. Die nachfolgende Abbildung 2-1 zeigt im Ausschnitt die Abgrenzungen des PFA NI3.

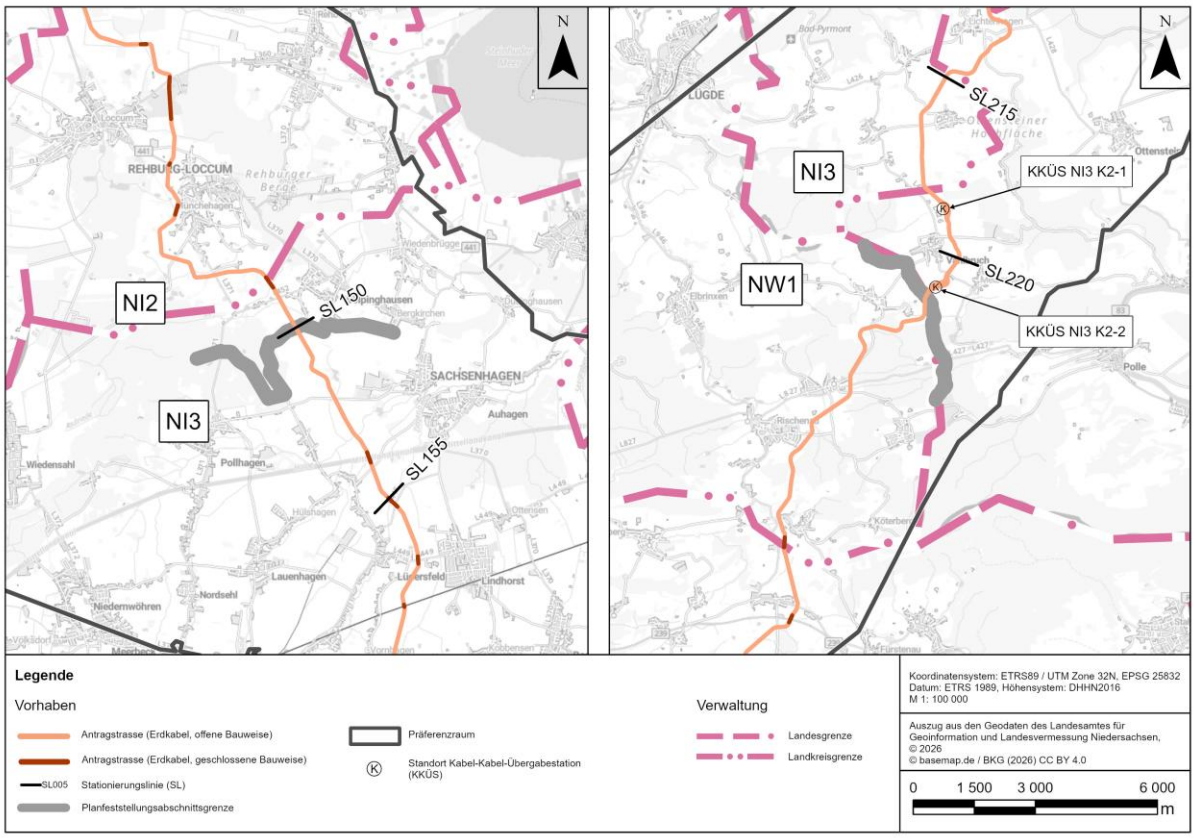


Abbildung 2-1: Abgrenzung des PFA NI3

Der PFA NI3 des Rhein-Main-Link weist mehrere Besonderheiten auf, die bei der Planung und Umsetzung berücksichtigt werden müssen:

- Der PFA NI3 bildet einen Übergang vom Flachland zum Mittelgebirgsraum mit wechselnden Festgesteinsschollen. Die Topographie im Mittelgebirgsraum ist geprägt von großflächigen bewaldeten Bergkämmen. Entlang der größeren Gewässer treten leistungsfähige Grundwasserleiter auf, die auch wirtschaftlich genutzt werden. Baugrunduntersuchungen zeigen einen schichtweisen Aufbau des Untergrunds mit durchlässigen und gering durchlässigen Lagen. In Hochlagen liegt das Grundwasser meist tief, in Tälern und Niederungen dagegen oberflächennah. Über weite Strecken steht das Grundwasser unter Druck (gespannte Grundwasserverhältnisse). Zum Teil treten auch Bereiche auf, in denen das Grundwasser aufgrund des natürlichen Überdrucks eigenständig aufsteigt. Diese unterschiedlichen Verhältnisse erfordern besondere Maßnahmen zur Wasserhaltung während der Bauzeit.

- Im PFA NI3 sind mehrere Vorranggebiete (VRG) Wald betroffen. Der Rhein-Main-Link sieht in Teilbereichen offene Querungen dieser VRG vor, die im Rahmen der Trassenfindung sorgfältig geprüft und abgewogen wurden. Die Inanspruchnahme der VRG Wald erfolgt im Einklang mit der raumordnerischen Ausnahmeregelung, wonach Querungen für Höchstspannungsleitungen zulässig sind, wenn keine geeignete, rechtlich zulässige Trassenalternative zur Verfügung steht.
- Grund- und stauwassergeprägte Böden: In Teilbereichen des PFA NI3 treten dauerhaft oder zeitweise wassergesättigte Böden auf. Aufgrund ihres hohen Wassergehalts sind diese Böden besonders empfindlich gegenüber Verdichtung und Strukturstörungen. Bei baulichen Eingriffen sind daher spezielle bodenschonende Maßnahmen erforderlich, um nachhaltige Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen zu vermeiden.
- Hoch anstehendes Festgestein: Im südlichen Teil des PFA treten vermehrt Böden mit nur geringmächtiger, humoser Oberbodenschicht über Festgestein auf. Bei einer offenen Querung dieser Bereiche fällt überwiegend felsnahes Bodenmaterial an, was den Bau technisch anspruchsvoll macht.
- Im PFA NI3 treten mehrere besondere Gewässerkreuzungen auf. Hervorzuheben sind die Querungen der Weser und des Mittellandkanals, die beide als Gewässer 1. Ordnung und zugleich als Bundeswasserstraßen eingestuft sind. Darüber hinaus wird die Hamel und der Steinbach gequert, die als Natura 2000-Gewässer ausgewiesen sind.
  Sämtliche Gewässerquerungen erfolgen in geschlossener Bauweise mittels Unterbohrung, sodass Beeinträchtigungen der Gewässer sowie des Natura 2000-Gebietes bereits vorab ausgeschlossen werden können.
- Energiecluster Emmerthal: Im Bereich der Gemeinde Emmerthal quert die Trasse einen räumlich klar abgegrenzten Energieraum, der maßgeblich durch den Altstandort des ehemaligen Kernkraftwerks Grohnde geprägt ist. Die Trassenführung berücksichtigt die laufende Transformationsentwicklung der Gemeinde und ist so abgestimmt, dass die Planungen mit der Umsetzung des Rhein-Main-Link in Einklang stehen und miteinander vereinbar sind.
- Parallelverlauf des Rhein-Main-Link mit Höchstspannungsfreileitung: Bei Bad Münder verläuft der Rhein-Main-Link rund 7 km parallel zur 380 kV-Höchstspannungsfreileitung Landesbergen – Borken der TenneT TSO GmbH. Aufgrund der Kreuzung der Freileitung finden enge Abstimmungen mit der TenneT TSO GmbH statt. Im Speziellen sind Abstimmungen aufgrund der geplanten Umbeseilung (Vorhaben Nr. 88 der Anlage zu § 1 Abs. 1 BBPlG) der Freileitung notwendig, damit es in der Bauphase beider Projekte nicht zu Konflikten kommt.
- Bestehende und geplante Windparks: Im PFA NI3 befinden sich zahlreiche bestehende und geplante Windparks sowie VRG für Windkraft. Diese Bereiche werden bei der Trassenplanung berücksichtigt, um Mindestabstände einzuhalten und eine Vereinbarkeit mit den Belangen der Windparkbetreiber zu gewährleisten.
- KKÜS und MOS: In der Gemeinde Vahlbruch ist die Errichtung zweier KKÜS vorgesehen (zwei Systeme je KKÜS). Die Position der MOS liegt innerhalb der Gemeinde „Bad Münder am Deister, Stadt“ östlich der Ortschaft Bakede. Im Rahmen einer trassennahen Standortfindung wurden zahlreiche Abwägungskriterien berücksichtigt. Dazu zählten insbesondere die Erfüllung topographischer Voraussetzungen (u. a. Hangneigung und erforderlicher Platzbedarf).

2.1.1 Räumlicher Geltungsbereich

Der innerhalb der PFA definierte räumliche Geltungsbereich der planfestzustellenden Unterlagen erstreckt sich bis zu der in den Übersichtsplänen sowie in den kombinierten Lage- und Rechtserwerbsplänen eingezeichneten PFA-Grenzen (siehe „Teil A3 – Übersichtsplan Gesamtvorhaben“ und / oder „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“). Anlage- und betriebsbedingt umfasst der räumliche Geltungsbereich u. a. die folgenden dauerhaften Flächeninanspruchnahmen (siehe auch Kapitel 5 und 6):

- Schutzstreifen inkl. begehbare Oberflurbauwerke (BOB),
- Flächen für Nebenanlagen und deren dauerhafte Zuwegungen sowie
- im PFA HE6 Schutzstreifen inkl. Maststandorte der AC-Anbindungsleitungen.

Der räumliche Geltungsbereich für bauzeitlich temporäre Flächeninanspruchnahmen bezieht sich u. a. auf:

- Baubedarfsflächen[1] inkl. Flächen für z. B. die bauzeitlichen Wasserhaltungsmaßnahmen (oberirdische Leitungen / Schläuche, Einleitstellen etc.),
- bei Bedarf Aus-, Umbau und / oder temporäre Verlegung von bestehenden Straßen, Wegen und Gewässern,
- temporäre Zuwegungen (siehe auch Kapitel 5).

Weiterhin bezieht sich der Geltungsbereich räumlich auf die Flächen, die für die Kompensation von Eingriffen i. S. d. §§ 13 ff. BNatSchG in Anspruch genommen werden.

2.1.2 Betroffene Verwaltungseinheiten

Eine Übersicht zu den im räumlichen Geltungsbereich liegenden kommunalen Verwaltungseinheiten kann der nachfolgenden Tabelle (siehe Tabelle 2-2) entnommen werden.

Tabelle 2-2: Übersicht der kommunalen Verwaltungseinheiten im PFA NI3

Bundesland	Landkreis	Stadt / Gemeinde	Betroffenheit
Niedersachsen	Landkreis Schaumburg	Sachsenhagen	Erdkabelanlage
Niedersachsen	Landkreis Schaumburg	Linhorst	Erdkabelanlage
Niedersachsen	Landkreis Schaumburg	Lüdersfeld	Erdkabelanlage
Niedersachsen	Landkreis Schaumburg	Heuerßen	Erdkabelanlage
Niedersachsen	Landkreis Schaumburg	Stadthagen	Erdkabelanlage
Niedersachsen	Landkreis Schaumburg	Apelern	Erdkabelanlage
Niedersachsen	Landkreis Schaumburg	Pohle	Erdkabelanlage
Niedersachsen	Landkreis Schaumburg	Hülsede	Erdkabelanlage
Niedersachsen	Landkreis Hameln-Pyrmont	Bad Münder am Deister	Erdkabelanlage, MOS

[1] Bei der Baubedarfsfläche handelt es sich um eine temporäre Flächeninanspruchnahme. Sie beinhaltet alle Flächen, welche für den Bau der Erdkabelanlage und weitere betriebsbedingte Einrichtungen erforderlich sind. Dazu zählen z. B. auch der Arbeitsstreifen längs des Regelgrabens und BE-Flächen für u. a. Container, Lagerungen, Geräte, Bewegungsflächen etc.). Die Begrifflichkeit „BE-Flächen“ wird im Rahmen dieser Unterlagen gemäß § 21 NABEG a.F. auch als Synonym für „Baubedarfsfläche“ genutzt.

Bundesland	Landkreis	Stadt / Gemeinde	Betroffenheit
Niedersachsen	Landkreis Hameln-Pyrmont	Coppenbrügge	Erdkabelanlage
Niedersachsen	Landkreis Hameln-Pyrmont	Emmerthal	Erdkabelanlage
Niedersachsen	Landkreis Hameln-Pyrmont	Hameln	Erdkabelanlage
Niedersachsen	Landkreis Holzminden	Ottenstein	Erdkabelanlage
Niedersachsen	Landkreis Hameln-Pyrmont	Bad Pyrmont	Erdkabelanlage
Niedersachsen	Landkreis Holzminden	Vahlbruch	Erdkabelanlage, KKÜS

2.1.3 Folgemaßnahmen

Zur Umsetzung des Rhein-Main-Link werden Folgemaßnahmen notwendig (siehe § 75 Abs. 1 S. 1 VwVfG). Unter Folgemaßnahmen sind alle dauerhaften Maßnahmen an anderen Anlagen außerhalb der eigentlichen Zulassung des Projektes (siehe Geltungsbereich des Antrags) zu verstehen, die für eine angemessene Entscheidung über die durch die geplanten Maßnahmen aufgeworfenen Konflikte erforderlich sind. Dazu gehören beispielsweise Entscheidungen über notwendige dauerhafte Verlegungen von Versorgungsinfrastruktur (z. B. Leitungen). Im Zuge der Planungen für die Bauausführung wird die Umsetzung der jeweiligen Folgemaßnahmen im Detail mit den verantwortlichen Betreibern und Anlageneigentümern einvernehmlich abgestimmt.

Die im Rahmen des vorliegenden PFA notwendigen Folgemaßnahmen werden in der Tabelle 2-3 aufgelistet. Über eine eindeutige Kreuzungsnummer sind die Kreuzungen auch in den Lage- und Rechtserwerbsplänen (siehe „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“) sowie im Kreuzungsverzeichnis (siehe „Teil D2.2 – Kreuzungsverzeichnis Erdkabelanlage“) zu finden. Des Weiteren findet sich die Information „Hinweis für Folgemaßnahmen“ ebenfalls im Bemerkungsfeld des Rechtserwerbsverzeichnisses (siehe „Teil D1.2 – Rechtserwerbsverzeichnis Erdkabelanlage“).

Tabelle 2-3: Folgemaßnahmen im PFA NI3

Kreuzungs-Nr. gem. Kreuzungs-verzeichnis	Betreiber / Eigentümer	Infrastruktur (Klasse)	Zusatz	Lfd. Nr. der Folgemaßnahme	Hinweis für Folgemaßnahmen
NI3_krz_550	Westfalen Weser Netz GmbH	Erdkabel-Energie	(MS)	NI3_fm_001	Tieferlegung der Fremdleitung
NI3_krz_291	Samtgemeinde Rodenberg	Abwasserleitung	DN 200	NI3_fm_002	Versetzung eines Schachts
NI3_krz_405	Telekom Deutschland GmbH	Erdleitung - Kommunikation	-	NI3_fm_003	Umverlegung der Fremdleitung

Die Tabelle 2-4 enthält Ausgleichs- und Ersatzflächen anderer Vorhaben, die durch das vorliegende Vorhaben beansprucht werden; diese sind auch in den Anhängen F4.1 und F4.2 sowie in den Kartenanlagen (F4.5.1 bis F4.5.5) zum „Teil F4 – Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP)“ dargestellt.

Tabelle 2-4: Ausgleichs- und Ersatzflächen anderer Vorhaben

Nr. im Kompensations-kataster / Öko-kontokataster etc.	Aktenzeichen im Kompensations-kataster / zuständige Behörde	Lage	Maßnahme	Zusatz / Status	Betroffene Fläche [m²]
-	-	-	-	-	-

* Es liegen keine Daten (Maßnahme, Bezeichnung etc.) zu betroffenen Kompensationsflächen Dritter vor. Sofern nähere Informationen von den zuständigen Behörden und Kommunen übermittelt werden, werden diese berücksichtigt.

2.1.4 Eingeschlossene Entscheidungen

Der Planfeststellungsbeschluss trifft die Entscheidung über die Zulässigkeit des Vorhabens innerhalb des PFA einschließlich der erforderlichen Folgemaßnahmen an bestehenden Anlagen und berücksichtigt dabei sämtliche durch das Vorhaben berührten öffentlich-rechtlichen Belange. Neben der Planfeststellung sind andere öffentlich-rechtliche Genehmigungen, Zulassungen oder Planfeststellungen nicht erforderlich (siehe hierzu auch Kapitel 1.5.5).

Demgemäß umfasst der gemäß § 19 NABEG a.F. gestellte Antrag auf Planfeststellungsbeschluss auch alle sonstigen öffentlich-rechtlich eingeschlossenen Entscheidungen und Fachgenehmigungen, die zur Errichtung, zum Betrieb und zur Unterhaltung der Vorhaben sowie für die Durchführung der notwendigen Folgemaßnahmen erforderlich sind. Im vorliegenden PFA sind folgende eingeschlossene Entscheidungen einkonzentriert:

- Anträge auf Erlaubnis zur Gewässerbenutzung gem. §§ 8 ff. WHG (siehe hierzu „Teil H1.1 – Anträge auf Erlaubnis zur Gewässerbenutzung gem. §§ 8 ff. WHG“)[2]
- Wasserrechtliche Genehmigung für Anlagen im Bereich von oberirdischen Gewässern gem. § 36 WHG (siehe hierzu „Teil H1.2 – Benutzungen, Anlagen an Oberflächengewässern gem. § 36 WHG“)
- Wasserrechtliche Genehmigung zur Nutzung von Gewässerrandstreifen gem. § 38 WHG (siehe hierzu „Teil H1.3 – Unterlagen zu Gewässerrandstreifen gem. § 38 WHG“)
- Wasserrechtliche Genehmigung bei Querung von Wasserschutz- bzw. Heilquellenschutzgebieten mit Anträgen auf Befreiung von den Verboten und Genehmigungstatbeständen (siehe hierzu „Teil H1.4 – Unterlagen zu besonderen Anforderungen in Wasserschutzgebieten gem. § 52 WHG“)
- Wasserrechtliche Genehmigung bei Querung von Überschwemmungsgebieten mit Anträgen für die Errichtung von baulichen Anlagen im Überschwemmungsgebiet gem. § 78 WHG (siehe hierzu „Teil H1.5 – Unterlagen zu baulichen Schutzvorschriften für festgesetzte Überschwemmungsgebiete gem. § 78 WHG“)
- Deichrechtliche Genehmigung mit Anträgen zur Querung von Deichen (siehe hierzu „Teil H1.6 – Deichrechtliche Genehmigung“)
- Denkmalschutzrechtliche Anträge (siehe hierzu „Teil H2 – Denkmalschutzrechtlicher Bericht“)

[2] Wasserrechtliche Anträge, soweit diese nicht gemäß § 19 WHG ausnahmsweise von der Konzentrationswirkung ausgenommen sind (insb. §§ 8 ff. WHG), werden im Rahmen dieser Planfeststellungsunterlagen ausdrücklich mit beantragt. Die Zuständigkeitskonzentration, sprich die Entscheidungskompetenz der Planfeststellungsbehörde, folgt in diesem Fall aus § 19 Abs. 1 WHG.

- Forstrechtliche Anträge zur Waldumwandlung (siehe hierzu „Teil H3 – Forstrechtlicher Bericht“)
- Naturschutzrechtliche Ausnahme- und Befreiungsanträge (siehe hierzu „Teil H4 – Naturschutzrechtlicher Bericht“)
- Straßenrechtliche Anträge zur Kreuzung von Straßen, Querung von Anbauverbots- bzw. Anbaubeschränkungszonen und Sondernutzung (siehe hierzu „Teil H5 – Straßenrechtlicher Bericht“)
- Strom- und Schifffahrtspolizeirechtliche Anträge für die Querung von Gewässern 1. Ordnung (siehe hierzu „Teil H6 – Strom- und Schifffahrtspolizeirechtlicher Bericht“)

Neben den oben genannten eingeschlossenen Entscheidungen werden mit diesem Antrag zugleich alle weiteren hierfür erforderlichen Entscheidungen ausdrücklich mitbeantragt.

3 Bisherige Verfahrensschritte und Zeitplan

Da die BNetzA für die beantragten Vorhaben gemäß § 12c Abs. 2a EnWG einen Präferenzraum ermittelt hat (für Vorhaben Nr. 82 auf Antrag der Vorhabenträgerin), entfiel gemäß § 5a Abs. 4a NABEG die Bundesfachplanung. Das Zulassungsverfahren für den Rhein-Main-Link begann demnach mit der Planfeststellung.

3.1 Antrag auf Planfeststellungsbeschluss gemäß § 19 NABEG a.F.

Die Vorhabenträgerin hat für den Rhein-Main-Link am 27.06.2024 einen gesamthaften Antrag auf Planfeststellungsbeschluss bei der BNetzA gestellt. Dieser beinhaltet einen Vorschlag für den beabsichtigten Verlauf der Trasse sowie eine Darlegung zu in Frage kommenden Alternativen und Angaben, die die Festlegung des Untersuchungsrahmens gemäß § 20 NABEG a.F. ermöglichen.

3.2 Festlegung des Untersuchungsrahmens gemäß § 20 NABEG a.F.

Im Rahmen des Verfahrensschritts zur Festlegung des Untersuchungsrahmens gemäß § 20 NABEG a.F. wurden am 29. August 2024, 04. September 2024, 10. September 2024, 12. September 2024 und am 17. September 2024 in Butzbach, Königstein im Taunus, Steinheim, Bürstadt und Cloppenburg Antragskonferenzen durchgeführt.

Entsprechend den Ergebnissen dieser Konferenzen hat die BNetzA einen Untersuchungsrahmen für den Rhein-Main-Link festgelegt und am 29. November 2024 auf der Homepage www.netzausbau.de veröffentlicht.

3.3 Angaben zur Öffentlichkeitsbeteiligung

Eine frühzeitige Beteiligung der Öffentlichkeit in der jeweiligen Projektregion dient dazu, Bürger, Verbände, Politik, Medien und andere betroffene Stakeholder über das Projekt zu informieren und sie im Rahmen der Möglichkeiten an der Planung zu beteiligen.

In § 25 Abs. 3 des VwVfG soll die zuständige Behörde auf eine frühzeitige Beteiligung der Öffentlichkeit durch die Vorhabenträgerin hinwirken. Hierbei ist die Öffentlichkeit über die Ziele des Projektes, die Mittel zur Verwirklichung, den zeitlichen Rahmen und die voraussichtlichen Auswirkungen des Projektes zu unterrichten. Die frühe Öffentlichkeitsbeteiligung soll möglichst bereits vor Stellung eines Antrages stattfinden.

Der transparente Planungsprozess, die begleitende Kommunikation und die verschiedenen Beteiligungsmöglichkeiten sollen dazu beitragen, eine rechtssichere Genehmigung zu erhalten und das Projekt erfolgreich umzusetzen. Daran wird die Vorhabenträgerin während des gesamten Planfeststellungsverfahrens festhalten und über die formell vorgeschriebene Beteiligung hinaus weiterhin den Dialog mit allen Interessensgruppen (Bürger, interessierte Öffentlichkeit, Politik, Verwaltung, Verbände und Vereine sowie Medien) anbieten.

Die Vorhabenträgerin informiert die Öffentlichkeit im Rahmen verschiedener Dialogformate wie z. B. Bürgerinfomärkte, Pressekonferenzen und TöB-Dialogformaten. Ergänzend dazu finden fachspezifische Veranstaltungen für Stakeholder statt, wie z. B. Informationsveranstaltungen mit den Landwirtschaftsverbänden. Zu den unterstützend eingesetzten Kommunikationsinstrumenten gehören u. a. eine Rhein-Main-Link-Broschüre, themenspezifische Fact-Sheets, die Projektwebseite (www.rhein-main-link.de) sowie der Rhein-Main-Link Newsletter.

3.3.1 Frühe Öffentlichkeitsbeteiligung

Bereits vor Einreichung des Antrages gemäß § 19 NABEG a.F. hat die Vorhabenträgerin frühzeitig und umfangreich über das Projekt informiert. Da die Ermittlung eines Präferenzraumes durch die BNetzA als Grundlage für das spätere Planfeststellungsverfahren für viele Stakeholder ein unbekanntes und somit erklärungsbedürftiges Verfahren war, war eine frühe erklärende Kommunikation daher umso bedeutender.

Im Mai und Juni 2023 wurde daher zunächst eine Prozesskommunikation gestartet. In drei Online-Veranstaltungen für TöB, kommunale Verwaltungsspitzen, Verbandsvertreter sowie politische Mandatsträger aus Hessen, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen wurden erstmals das Projekt Rhein-Main-Link und das neue Präferenzraumverfahren vorgestellt und bekannt gemacht. Im Rahmen einer digitalen Pressekonferenz am 21. Juni 2023 fand die Erstkommunikation des Projektes für die breite Öffentlichkeit statt.

Vom 20. November bis 04. Dezember 2023 wurde in Form von zehn regional ausgerichteten Dialogveranstaltungen der persönliche Austausch mit TöB, kommunalen Verwaltungsspitzen, Verbandsvertreter sowie politischen Mandatsträger initiiert. Begleitend wurden jeweils zehn Pressekonferenzen durchgeführt, um die regionale und überregionale Öffentlichkeit ebenfalls aktuell zu informieren.

Im Rahmen dieser zweiten Dialogphase hat die Vorhabenträgerin zu den anstehenden Planungsschritten und dem Ablauf des Genehmigungsverfahrens für den Rhein-Main-Link aufgeklärt und die zuständigen Ansprechpartner im Projekt vorgestellt. Zudem hat die BNetzA im Rahmen dieser Informationsveranstaltungen über den Entwurf des Präferenzraumes, das Präferenzraumverfahren und die Möglichkeit zur Konsultation informiert. Die Veranstaltungen wurden hybrid durchgeführt, sodass eine Teilnahme sowohl vor Ort als auch online möglich war.

Im Rahmen einer dritten Dialogphase vom 11. bis 22. März 2024 in Hessen sowie vom 08. bis 19. April 2024 in Niedersachsen und NRW in Form von vier hybrid ausgerichteten TöB-Dialogveranstaltungen sowie 46 entlang der Vorschlagstrasse ausgerichteten Informationsmärkten für Bürger hat die Vorhabenträgerin vor Einreichung des Antrages gemäß § 19 NABEG a.F. den aktuellen Planungsstand der Vorschlagstrasse einer breiten Öffentlichkeit persönlich vorgestellt. Die insgesamt vierwöchige Informationstour wurde engmaschig (max. 20 km zwischen den Veranstaltungsorten) entlang der Vorschlagstrasse durchgeführt, um möglichst viele Interessierte zu erreichen und wertvolle lokale Hinweise für potenzielle Optimierungen der Planung zu sammeln. Um die verschiedenen Anliegen individuell und mit der nötigen Detailtiefe beleuchten zu können, standen seitens der Vorhabenträgerin Experten zu den Themen genehmigungsrechtlicher Rahmen, Technik und Bau, Rekultivierung sowie Leitungssicherung zur Verfügung. Von rund 3.300 Interessierten konnten im Rahmen dieser Dialogtour zahlreiche Fragen beantwortet sowie der Vorhabenträgerin wichtige Anregungen für die Weiterentwicklung der Planung mitgegeben werden.

Im Zeitraum vom 06. bis 09. Juli 2024 hat die Vorhabenträgerin die Öffentlichkeit erneut ergänzend dort informiert, wo sich in der Zwischenzeit die Vorschlagstrasse ggf. kleinräumig geändert hat und alternative Trassenverläufe entwickelt wurden. Ebenso wurde über die potenziellen Konverter- sowie KKÜS-Standortbereiche informiert. Im Rahmen von zwölf Informationsmärkten für Bürger wurden die oben aufgezählten Planungen vorgestellt und Fragen von Interessierten im individuellen Austausch von Experten der verschiedenen Fachbereiche beantwortet. Auftakt dieser vierten Dialogphase bildete erneut eine digitale Informationsveranstaltung für TöB, kommunale Verwaltungsspitzen, Verbandsvertreter und politische Mandatsträger. Zwischen den Dialogphasen stand das Projektteam mit unterschiedlichen Stakeholdern im regelmäßigen Austausch und nutzte dafür unterschiedliche und an die Bedürfnisse der Stakeholdergruppen angepasste Formate (z. B. Besuch von kommunalpolitischen Gremien, Teilnahme an Verbandssitzungen oder gemeinsame Besichtigungstermine im Planungsraum).

Im Zuge der verschiedenen Dialogphasen wurden zahlreiche Hinweise von Dritten an die Vorhabenträgerin herangetragen. Ein Überblick dieser Hinweise findet sich im Anhang 2, Kapitel 1.3 im Antrag auf Planfeststellungsbeschluss gemäß § 19 NABEG a.F.

3.3.2 Fortwährende Öffentlichkeitsbeteiligung

Auch im Rahmen der Unterlagenerarbeitung gemäß § 21 NABEG a.F. begleitete die Vorhabenträgerin das Projekt mit einer intensiven Projektkommunikation. Die Wahl der Kommunikationsinstrumente sowie Art und Umfang der Dialogformate richteten sich dabei nach den verschiedenen Zielgruppen und orientieren sich räumlich am Verlauf der Antragstrasse, der Alternativen sowie der Standortbereiche für MOS und KKÜS.

Die Kommunikation knüpft an die bereits durchgeführten Maßnahmen im Rahmen der Erstellung des Antrags gemäß § 19 NABEG a.F. (siehe Kapitel 3.1) an und führt diese fort.

Die fünfte Dialogphase vom 17. bis 21. August 2026 im niedersächsischen PFA NI3 startete zunächst mit einem hybriden TöB- und Presse-Dialog und wurde durch anschließende Informationsveranstaltungen für Bürger (analog zu November 2023 und März/April 2024) ergänzt. Im Gegensatz zu den vorherigen Kommunikationsphasen orientierten sich Taktung und Setting der Veranstaltungen am Zeitplan sowie am Trassenverlauf des jeweiligen Genehmigungsabschnittes. Herzstück dieser Kommunikationsphase waren die Bürgerinfomärkte (BIM), die den wiederholten Kontakt und Austausch mit der breiten Öffentlichkeit und den Bürgern zum Rhein-Main-Link vor Ort ermöglichten. In einem Abstand von 15 – 25 Kilometer wurden tagsüber und abends jeweils Infomärkte entlang der Antragstrasse durchgeführt, um so viele Personen wie möglich zu informieren und an so vielen Stellen der Antragstrasse wie möglich vor Ort präsent zu sein. Amprion war an den BIM mit entsprechendem Fachpersonal vertreten und hat an unterschiedlichen Themenständen die einzelnen Gewerke und ihr Ineinandergreifen erklärt. Der Schwerpunkt lag auf der Vorstellung der Antragstrasse und ihrer Herleitung. Auch Themen wie Bodenschutz und ein Einblick in die baulich geplante Umsetzung lagen im Fokus der Bürgerinfomärkte. Zudem wurde ein Ausblick auf die nächsten Schritte des Verfahrens gegeben und die Bedeutung der Unterlagen gemäß § 21 NABEG a.F. und die anschließende Verfahrensphase erläutert. Die BIM sind Teil der frühzeitigen Öffentlichkeitsbeteiligung. Es ist wichtig, diesen informellen Dialog seitens Amprion von der formellen Beteiligung durch die verfahrensführende Behörde, die BNetzA, abzugrenzen. Die BNetzA wird im Rahmen des formellen Verfahrens gemäß § 22 NABEG innerhalb des Planfeststellungsverfahrens zunächst eine Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung durchführen. Die dort rechtzeitig eingegangenen Stellungnahmen und Einwendungen Betroffener wird sie dann in einem EÖT mit dem VHT und den TöB erörtern. Der Austausch auf den BIM kann dazu dienen, die Stakeholder über die Möglichkeit der Beteiligung im formellen Verfahren aufzuklären und die geltenden Fristen und Abläufe zur Erstellung von Stellungnahmen/Einwänden zu kommunizieren. Eine Abgrenzung zur Rolle und dem Verantwortungsbereich der BNetzA diesbezüglich zu kommunizieren war und ist wichtig. Insgesamt wurden in diesem Genehmigungsabschnitt neun Informationsveranstaltungen durch die Vorhabenträgerin durchgeführt.

3.3.3 Vorgaben aus Art. 9 Abs. 2 bis 7 Verordnung zu Leitlinien für die transeuropäische Energieinfrastruktur (TEN-E-VO)

Gemäß Art. 9 der TEN-E-VO (Verordnung (EU) 2022/869 o. J.) erstellt die Vorhabenträgerin innerhalb von drei Monaten nach Beginn des Genehmigungsverfahrens ein Konzept für die Beteiligung der Öffentlichkeit und übermittelt es der zuständigen Behörde. In diesem Konzept und bei der Öffentlichkeitsbeteiligung selbst wird den Anforderungen des Anhangs VI der TEN-E VO, (EU) 2022/869 Rechnung getragen.

Das Konzept umfasst Informationen über die angesprochenen betroffenen Kreise, die geplanten Kommunikationsmaßnahmen, den zeitlichen Rahmen und das zugewiesene Personal.

Gemäß Art. 9 der TEN-E-VO (Verordnung (EU) 2022/869 o. J.) beteiligt die Vorhabenträgerin die Öffentlichkeit vor Einreichung der endgültigen und vollständigen Antragsunterlagen (§ 21 NABEG a.F.) und berichtet über die Ergebnisse der frühen Öffentlichkeitsbeteiligung. Die vom Vorhaben betroffenen Kreise, darunter relevante nationale, regionale und lokale Behörden, Grundeigentümer und Bürger, die in der Nähe des Vorhabens leben, die Öffentlichkeit und deren Verbände, Organisationen oder Gruppen, werden umfassend informiert und frühzeitig auf offene und transparente Weise zu einem

Zeitpunkt angehört, zu dem etwaige Bedenken der Öffentlichkeit noch berücksichtigt werden können. Informationen und Beteiligungsmöglichkeiten werden gemäß Anhang VI Nr. 5 und Art. 9 Abs. 7 TEN-E-Verordnung, über Informationsbroschüren, eine Projektwebsite und über schriftliche Einladungen zu Veranstaltungen veröffentlicht.

Eine umfassendere Erläuterung zur frühen Öffentlichkeitsbeteiligung entsprechend Art. 9 Abs. 2–7 der TEN-E-VO (Verordnung (EU) 2022/869 o. J.) ist dem Anhang „Teil A1.1 – Erläuterungen zur frühen Öffentlichkeitsbeteiligung“ zu entnehmen.

3.4 Zeitplan

Die unter Kapitel 3.1, 3.2 und 3.3 dargelegten Informationen zu den bisherigen Verfahrensschritten und der öffentlichkeitswirksamen Arbeit zeigen, dass bereits einige wichtige Meilensteine im Projekt Rhein-Main-Link erreicht werden konnten. Die untenstehende Tabelle 3-1 zeigt den weiteren geplanten Ablauf des Verfahrens sowie der Umsetzung des Projektes. Die Vorgaben im bestätigten NEP 2023 sowie der aktuelle Entwurf zum NEP 2025 legen dar, dass die anvisierten Inbetriebnahmen der HGÜ-Leitungen ab dem Jahr 2033 erfolgen sollen.

Tabelle 3-1: Meilensteine für den PFA NI3 des Rhein-Main-Link

Meilensteine	**(voraussichtliche) Daten**
Einreichung der Unterlagen gemäß § 21 NABEG a.F.	09/2026
Prüfung und Feststellung der Vollständigkeit gemäß § 21 Abs. 5 NABEG a.F.	10/2026
Ende der Öffentlichkeitsbeteiligung gemäß § 22 NABEG*	01/2027
Erörterung gemäß § 22 NABEG*	05/2027
Planfeststellungsbeschluss gemäß § 24 NABEG*	12/2027
Baustart**	Ab 01/2028
Inbetriebnahme***	sukzessive ab 2033

Erläuterung:

* Die Verantwortlichkeit dieses Verfahrensschrittes liegt bei der zuständigen Planfeststellungsbehörde.

** Die Vorhabenträgerin behält sich vor, gemäß § 44c EnWG ggf. den Baustart mit einem vorgezogenen Baubeginn auch schon früher zu ermöglichen. Die dafür notwendigen Nachweise, Begründungen und Unterlagen wird die Vorhabenträgerin rechtzeitig der zuständigen Planfeststellungsbehörde vorlegen. Die Vorhabenträgerin weist darauf hin, dass ein Vorgezogener Baubeginn nur mit Zustimmung und Bescheid der Planfeststellungsbehörde möglich ist.

*** Die Inbetriebnahmedaten ergeben sich aus den Vorgaben des aktuellen Entwurfs des NEP (2037/2045 (2025)).

4 Vorhabenkonkrete technische Angaben

Für die Realisierung des Rhein-Main-Link wird entsprechend den gesetzlichen Vorgaben die HGÜ-Technik eingesetzt. Gemäß § 2 Abs. 5 BBPlG i. V. m. der Anlage zu § 1 Abs. 1 BBPlG sind die Vorhaben Nr. 82, 82a, 82b und 82c vorrangig als Erdkabelverbindung zu errichten. Jedes der vier Vorhaben wird für eine Übertragungsleistung von 2 Gigawatt (GW) ausgelegt. Die Spannungsebene der Gleichstromverbindung beträgt ± 525 kV. Die Erdkabelanlage und die dafür benötigten technischen Komponenten werden in Kapitel 4.1 beschrieben.

Die Vorhaben schließen jeweils am gesetzlich festgelegten NVP an das vorhandene Wechselstromnetz[3] an. Hierzu werden jeweils Konverter und AC-Anbindungsleitungen an den südlichen NVP (Hofheim am Taunus, Kriftel, Ried und Bürstadt) erforderlich. Für die Betriebssicherheit und die Signalübertragung werden zudem sieben KKÜS und acht MOS errichtet. Detailliertere Beschreibungen zu den Nebenanlagen finden sich in Kapitel 4.2. Beschreibungen zu den AC-Anbindungsleitungen finden sich in Kapitel 4.3.

Konverteranlagen und AC-Anbindungsleitungen haben ausschließlich für die Planfeststellungsunterlagen des südlichsten PFA (HE6) genehmigungsrechtliche Bedeutung. Der Vollständigkeit halber werden die technischen Komponenten in allen PFA erklärt und nachrichtlich beschrieben.

Die folgende Tabelle 4-1 gibt einen Überblick über die wesentlichen Eckdaten des Rhein-Main-Link.

Tabelle 4-1: Angaben zum Projekt Rhein-Main-Link

Hauptmerkmale	Technische Daten
Gesamtlänge Energiekorridor	ca. 592 km
Länge NI	ca. 215 km
Länge NW	ca. 58 km
Länge HE	ca. 320 km (inkl. AC-Anbindungen)
Gesamtleistung	8 GW
Leistung je Vorhaben	2 GW
Stromstärke	2.050 A
Spannungsebene	± 525 kV DC und 380 kV AC
Ausführung Gleichstromverbindung je Vorhaben	Erdkabel, 1x DC-Kabelsystem mit 3 Erdkabeln (Pluspol, Minuspol, Dedicated Metallic Return (DMR))
Ausführung Wechselstromanbindung je Vorhaben	Freileitung, 2x AC-Stromkreise mit je 3 Phasen (U, V, W)

4.1 Beschreibung der Erdkabelanlage

Die Auslegung einer Erdkabelanlage erfolgt auf Grundlage der zu übertragenden Leistung. Dabei sind u. a. thermische Gesichtspunkte zu berücksichtigen, wobei als feste Parameter der zu übertragende Strom, die Parameter der einzusetzenden Erdkabel (Abmessungen, elektrische Kennwerte, höchstzulässige Betriebstemperatur etc.), die Legetiefen sowie weitere Umgebungsparameter

[3] Die Begrifflichkeiten AC (Abk. engl. alternating current) und Wechselstrom werden synonym verwendet. Die Begrifflichkeiten DC (Abk. engl. direct current) und Gleichstrom werden synonym verwendet.

(Umgebungstemperatur, geplanter Einsatz von Bettungsmaterial, Bodenbeschaffenheit etc.) angesetzt werden. Unter diesen Annahmen ist dann u. a. der notwendige Abstand der Erdkabel untereinander zu berechnen. Die Erdkabelanlage jedes der vier Vorhaben des Rhein-Main-Link besteht aus drei Erdkabeln (Plus- und Minuspol, metallischer Rückleiter) und Begleitkabeln (Lichtwellenleiter (LWL)). Diese drei Erdkabel pro Vorhaben werden als Erdkabelsystem bezeichnet, sodass der Rhein-Main-Link aus vier Erdkabelsystemen mit insgesamt 12 Erdkabeln besteht (siehe hierzu auch Abbildung 4-2).

Eine Erdkabelanlage besteht aus verschiedenen Komponenten, die vor Ort auf der Baustelle zusammengesetzt werden. Im Folgenden sind die einzelnen Elemente der Erdkabelanlage näher beschrieben:

- Erdkabel
- DMR
- Erdkabelverbindungen (Muffen)
- Kabelendverschlüsse
- Begleitkabel
- Kabelschutzrohre

4.1.1 Erdkabel

Für den Betrieb mit hohen Gleichspannungen ausgelegte Erdkabel bestehen aus einem Leiter, einem Isoliersystem, einem Metallmantel und / oder -schirm sowie einem äußeren Kunststoffmantel (siehe Abbildung 4-1). Das Isoliersystem sowie der Aufbau des Leiters im Detail werden nach den Anforderungen der jeweiligen Spannungsart bzw. -höhe gewählt und angepasst.

Einen Überblick über die Kennwerte der ausgelegten Erdkabel bietet nachfolgende Tabelle 4-2.



Abbildung 4-1: Beispielhafter Kabelaufbau Rhein-Main-Link

Tabelle 4-2: Kennwerte DC-Kabel

Kennwert	Angabe
Leitermaterial	Kupfer
Leiterquerschnitt	Regelquerschnitt: 3.000 mm²
Kabelaußendurchmesser	bei Regelquerschnitt (3.000 mm²): ca. 150 mm
Kabelgewicht	bei Regelquerschnitt (3.000 mm²): ca. 42,4 kg/m
Zulässige Leitertemperatur	max. 90 °C (herstellerspezifisch)
Kabellänge	im Regelfall bis zu 1.900 m
Verlegung	Jedes Erdkabel wird in einem Kabelschutzrohr von i. d. R. ca. DA 280 (Kunststoff, z. B. PE, PP) verlegt.

Die hier dargestellten Kennwerte sind exemplarisch und können sich in Abhängigkeit von dem Kabelhersteller geringfügig ändern.

Leiter

Der mittig im Erdkabel liegende Leiter führt den Strom. Dieser Leiter besteht aus Kupfer mit einem Regelquerschnitt von 3.000 mm². Abhängig vom spezifischen Widerstand des Leitermaterials sowie dem Leiterquerschnitt kommt es während des Betriebes zu Verlusten an elektrischer Energie, die in Form von Wärme vom Kabel an die Umgebung abgegeben wird. Den Leiter umgibt eine dünne innere Leitschicht, welche die Oberfläche des Leiters im Hinblick auf die ihn umgebenden elektrischen Felder „glättet“. Dadurch werden nicht erwünschte Effekte wie Isolationsfehler verhindert.

Kunststoff-Isolierung

Der stromführende Leiter muss gegenüber dem Medium, in das er verlegt wird, isoliert werden. Die Isolierung wird aus Kunststoff ausgeführt (sogenannte extrudierte Kabel) und verhindert so einen Kurzschluss zwischen Leiter und Erdpotenzial. Auch von außen wird die Isolation von einer Leitschicht umgeben, welche die Oberfläche der Kunststoff-Isolierung im Hinblick auf die ihn umgebenden elektrischen Felder „glättet“.

Schirm

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

Einzelne Drähte des Schirms werden durch Stahlröhrchen ausgetauscht, in denen LWL mitgeführt werden. Diese dienen dem Kabelmonitoring und werden unter anderem zur Kontrolle des Betriebszustandes der Erdkabel genutzt. Die integrierten LWL ermöglichen auch eine ortsaufgelöste Messung der Schirmtemperatur und können zusätzlich zur Fehlerortung eingesetzt werden.

Längswasserschutz

Der Längswasserschutz wird durch ein Polsterband gewährleistet. Das Polsterband ist schwach leitfähig und quillt beim Kontakt mit Feuchtigkeit auf. Durch die quellende Eigenschaft wird eine kapillare Fortleitung von Feuchtigkeit in Längsrichtung im Erdkabel verhindert. Der Schirm ist zwischen den Polstern gebettet.

Metallmantel (Querwasserschutz)

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

Aluminiumglattmantel bestehen, der die Funktion des Kupferdrahtschirms übernimmt und diesen dann ersetzt.

Kunststoffmantel

Der äußere Kunststoffmantel besteht aus Polyethylen-Kunststoff (PE-Kunststoff) und schützt das Erdkabel vor mechanischer Beanspruchung.

Insgesamt werden pro Vorhaben / System drei Erdkabel für den Stromtransport benötigt. Pro System gibt es einen Plus- und Minuspol sowie einen metallischen Rückleiter. Für vier Erdkabelsysteme / Vorhaben werden insgesamt 12 Erdkabel benötigt.

4.1.2 DMR

Für jedes Vorhaben wird ein Erdkabel mit der Funktion eines metallischen Rückleiters zusammen mit dem Plus- und Minuspol Erdkabel verlegt. Im Falle eines Konverter- oder Kabelfehlers oder zu Wartungszwecken ermöglicht der DMR das Aufrechterhalten eines Teils der Übertragungskapazität. Die nachfolgende Abbildung 4-2 zeigt die geplante Kabelanordnung für die vier geplanten Vorhaben.

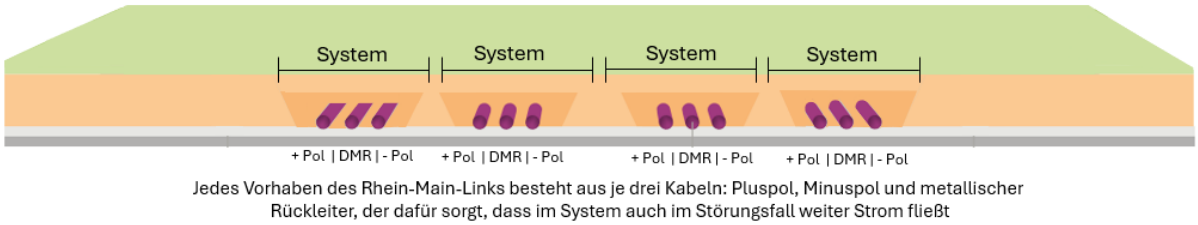


Abbildung 4-2: Schematische Darstellung der geplanten Kabelanordnung

4.1.3 Erdkabelverbindungen (Muffen)

Bei der Verlegung von Erdkabeln ist die maximal mögliche durchgängige Länge eines Erdkabels begrenzt (Kabel-Einzellängen). Diese Begrenzung ist zum einen herstellerabhängig durch maximale Produktionslängen und maximale Transportkapazitäten gegeben und zum anderen müssen die Kabellängen an die örtlichen Gegebenheiten entlang der Kabeltrasse angepasst werden. Die Verbindung der einzelnen Erdkabel untereinander geschieht durch Muffen an sogenannten Muffenstandorten. Eine Muffe beschreibt dabei ein Bauelement zur unterbrechungsfreien Verbindung zweier Erdkabel. Die Montage der Muffen muss vor Ort durchgeführt werden. Eine Einzellänge von Muffe zu Muffe wird i. d. R. als Kabelsektion bezeichnet. Neben den oben genannten Einschränkungen der Kabel-Einzellängen bestimmen auch die maximal zulässigen Kräfte während des Einzugs der Erdkabel in die Kabelschutzrohranlage die maximal mögliche Länge einer Kabelsektion.

Im Rhein-Main-Link werden Kabellängen im Regelfall von bis zu 1.900 m zum Einsatz kommen. In Einzelfällen können Sonderlängen eingesetzt werden. Die exakten Einzellängen der jeweiligen Kabelsektionen werden unter Berücksichtigung der o. g. Anforderungen festgelegt.

Das Gebot der Eingriffsminimierung sowie die Parallellage der vier Vorhaben bedingen, dass die Kabellängen der Vorhaben so weit wie möglich synchronisiert werden. Dies schließt auch die Lage der Muffenstandorte mit ein.

Neben der Verbindung der Erdkabel mittels einer Muffe dient ein Muffenstandort auch der Verbindung von LWL-Kabeln in unterirdisch positionierten Schächten (sogenannte S-Schächte). Die Schachtabdeckung liegt min. 1,10 m unterhalb der anstehenden Geländeoberkante (GOK). Die Abmessungen der Schächte liegen bei ca. 2,5 m x 2,0 m x 1,25 m (L x B x H; siehe „Teil C4.4 –

Prinzipzeichnung Muffe“). Die S-Schächte reichen demnach nicht bis zur GOK, sind nicht dauerhaft zugängig und stellen kein Bewirtschaftungshindernis dar. Die Anordnung der S-Schächte erfolgt unmittelbar parallel zu den montierten Erdkabelmuffen.

In der HGÜ-Technologie wird bei den Muffen zwischen regelhaften Verbindungsmuffen und technisch notwendigen Erdungsmuffen unterschieden.

Verbindungsmuffen

An den Muffenstandorten werden zur Verbindung zweier einzelner Erdkabel jeweils Leiter, Isolierung und Metallmantel bzw. -schirm höchstspannungsfest miteinander verbunden. Die Muffen werden vor Ort auf einem befestigten Sohlbereich (z. B. Betonbodenplatte) montiert und wie die Kabelschutzrohre in Bettungsmaterial eingebettet. Eine dauerhafte Erreichbarkeit der Verbindungsmuffen ist nach der Rückverfüllung des Kabelgrabens nicht erforderlich. Die Verbindungsmuffe dient als rein elektrische Verbindung zwischen zwei Kabelstücken.

Erdungsmuffen

Etwa alle 5 bis 7 km ist es notwendig, Muffen nicht als Verbindungsmuffe, sondern als Erdungsmuffe auszuführen. Im Unterschied zu den Verbindungsmuffen wird an Erdungsmuffen ein Erdungssystem vorgesehen, an denen die Kabelschirme aus den Erdkabeln geführt und geerdet werden, um u. a. unerwünschte Einflüsse auf benachbarte Leitungen, z. B. Pipelines, zu verhindern (siehe Abbildung 4-3). Im Nahbereich von Erdungsmuffen wird deswegen ein Erdungssystem der Erdkabelanlage installiert. Dieses besteht i. d. R. aus dauerhaft und erdfühlig verlegten Kupferkabelschleifen oder Tiefenerdern. Sollte es aufgrund äußerer Einflüsse, wie z. B. Parallelführungen der Erdkabelanlage zu Freileitungen, erforderlich sein, kann der Abstand der Erdungsmuffen untereinander teilweise erheblich geringer ausfallen. Nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft eine Muffenverbindung, aus der die Kabelschirme zur Erdung herausgeführt werden.



Abbildung 4-3: Beispielhafte Darstellung von Erdungsmuffen

Die Komponenten des Erdungssystems werden innerhalb von BOB in unmittelbarer Nähe zur Erdungsmuffe installiert. Der erforderliche Flächenbedarf der BOB unterscheidet sich in Abhängigkeit der nebeneinander angeordneten Systemanzahl sowie der vorhandenen Systemabstände. Das Oberflurbauwerk wird in Betonbauweise inkl. Betonsockel erstellt. Die sichtbaren Abmessungen des Bauwerks für ein Doppel-BOB betragen schätzungsweise 5 m x 2,0 m x 3 m (L x B x H, siehe auch „Teil C4.4 – Prinzipzeichnung Muffe“). Für ein Einzel-BOB betragen die Abmessungen ca. 2,5 m x 2,0 m x 3,0 m. Die genauen Abmessungen variieren herstellerseitig. In sogenannten Doppel-BOB können die Erdungsstellen für zwei Systeme untergebracht werden. Die BOB werden mit einer befestigten Fläche

eingefasst. Der dauerhaft in Anspruch zu nehmende Flächenbedarf für ein Doppel-BOB liegt bei ca. 22 m², für ein Einzel-BOB bei ca. 12 m². Die Zugänglichkeit der Bauwerke während des Betriebs ist zwingend erforderlich. In den Oberflurbauwerken wird neben einer zentralen Erdungsschiene eine Linkbox (Verbindungskasten) installiert. In den Linkboxen werden die Kabelschirme und Erdungen eingeführt und trennbar gestaltet. Dies dient zur Beschleunigung der Fehlersuche bzw. Durchführung diverser Wartungsmessungen. Außerdem können bei Bedarf auch Verbindungsboxen für nachrichtentechnische Einrichtungen installiert werden. Die Oberflurbauwerke werden aufgrund technischer Anforderungen in unmittelbarer Nähe der Erdungsmuffen installiert. Der Abstand von der Erdungsmuffe zum BOB darf max. 10 m betragen. Bei der Bestimmung des BOB-Standortes wird neben den betrieblichen und planungsrechtlichen Erfordernissen auch der Reduzierung der eventuellen landwirtschaftlichen Beeinträchtigung Rechnung getragen. Dafür werden die BOB nach Möglichkeit an bestehenden Straßen oder Wegen platziert. Die regelhafte Positionierung der BOB, unter Berücksichtigung der Ausleitungslänge von ca. 10 m zwischen der Muffe und den BOB, erfolgt im ausgewiesenen „Bereich Erdungsmuffe“ (siehe „Teil C4.4 – Prinzipzeichnung Muffe“).

Die Erreichbarkeit der BOB nach Fertigstellung erfolgt i. d. R. über den dinglich gesicherten Schutzstreifen. In Einzelfällen kann auch eine dauerhafte (unbefestigte) Zuwegung erforderlich sein. Dies betrifft aber nur solche Standorte, die nicht über den Schutzstreifen zugänglich sind. Die Oberflurbauwerke sind in „Teil D3.2 – Bauwerksverzeichnis“ aufgelistet.

4.1.4 Kabelendverschluss

Zum Anschluss der Erdkabel an die Konverter oder an die KKÜS werden die Enden der Erdkabel mit Kabelendverschlüssen versehen. Die auf Stahlgerüsten aufgeständerten Kabelendverschlüsse ermöglichen die Beherrschung der Höchstspannung beim Übergang vom feststoffisolierten Erdkabel auf Freilufttechnik oder gekapselte Schaltanlagen. Außerdem bieten sie eine zusätzliche Zugangsmöglichkeit zur Erdkabelanlage, um im Fehlerfall Messungen zur Fehlerlokalisierung ohne erneuten Eingriff in den Boden durchführen zu können, wodurch die Fehlersuche beschleunigt werden kann. In Abbildung 4-4 sind beispielhaft drei im Bau befindliche Kabelendverschlüsse dargestellt. An ihnen wird das aus der Erde kommende Erdkabel abgesetzt und in das Gehäuse des Kabelendverschlusses eingeführt. Ein unmittelbar an der Absetzkante befindliches Feldsteuerungselement sowie der Kabelendverschluss selbst dienen der Beherrschung der elektrischen Feldstärken und Isolierung im Absetzbereich.

Im Kopfbereich des Kabelendverschlusses befindet sich der Anschlussbolzen, welcher mit dem Leiter des Erdkabels verbunden ist. Über diesen Bolzen wird die Anbindung an die nach dem Kabelendverschluss folgende Erdkabelanlage gewährleistet. Ähnlich zu dem bereits beschriebenen Feldsteuerungselement im unteren Bereich des Kabelendverschlusses befinden sich im Kopfbereich Steuerringe aus leitfähigem Material (auch Koronaringe genannt). Diese reduzieren die elektrische Feldstärke im Anschlussbereich und verhindern dort Koronaentladungen.



Abbildung 4-4: Beispielhafte Darstellung dreier im Bau befindlicher Kabelendverschlüsse

4.1.5 Begleitkabel

LWL

Für den Betrieb des internen Nachrichtennetzes der Amprion GmbH sowie für das Monitoring und die Überwachung der Erdkabel während der Inbetriebnahme und des Betriebs werden zusätzlich zu den Erdkabeln mehrere optische Leiter / LWL-Kabel benötigt. Zu den Anwendungen zählen die Übermittlung von Übertragungsdiensten (z. B. für die Schutz- und Leittechnik) sowie Sprach- und Prozessdatendienste für die Fernsteuerbarkeit des Amprion GmbH-Netzes. Aber auch LWL zur konventionellen Nutzung, wie Telekommunikation, werden berücksichtigt.

Die LWL-Kabel werden ebenso wie die Erdkabel in eigenständigen Kabelschutzrohren mit in den Kabelgraben eingebracht. Außerdem befinden sich, wie in Kapitel 4.1.1 beschrieben, weitere LWL in kleinen Metallröhrchen innerhalb des Kabelschirms der Erdkabel. Diese werden für das Monitoring der Erdkabel verwendet. Da auch die Einzellänge der LWL-Kabel begrenzt ist, werden diese ebenfalls an Muffenstandorten miteinander verbunden (siehe hier auch Kapitel 4.1.3). Aufgrund physikalischer Beschränkungen bei der Übertragung optischer Signale auf LWL muss das Signal zusätzlich entlang der Strecke verstärkt werden. Dies geschieht in sogenannten MOS sowie KKÜS (siehe Kapitel 4.2).

Erdseil

Bei Bedarf können streckenweise auch Erdseile mit ins Erdreich verlegt werden. Diese dienen als Kompensationsleiter für etwaige elektromagnetische Beeinflussung und reduzieren lokal auftretende induzierte Spannungen auf die Erdkabel. Die aus Stahl, Kupfer oder Aluminium bestehenden Erdseile werden entweder erdfühlig oder ebenfalls isoliert in einem separaten Schutzrohr verlegt. In jedem Falle werden die Erdseile im selben Graben wie die Erdkabel und die LWL-Kabel verlegt. Die Festlegung zur Notwendigkeit Erdseile mitzuführen, wird im Laufe des weiteren Planungsprozesses erfolgen. Erdseile werden mit den Erdungssystemen an den Erdungsmuffenstandorten (siehe Kapitel 4.1.3) verbunden.

4.1.6 Kabelschutzrohranlage

Die Verlegung der Erdkabel erfolgt regelhaft in Kabelschutzrohren. Nur im Bereich der Muffen sowie vor den Kabelendverschlüssen werden die Erdkabel nicht in Kabelschutzrohren verlegt.

Abhängig von den örtlichen Gegebenheiten sowie der gewählten Bauweise werden für die Erdkabel und die metallischen Rückleiter unterschiedliche Kabelschutzrohr-Größen eingesetzt. Im Regelfall werden Kabelschutzrohre vom Typ DA 280 eingesetzt. Herstellerabhängig sind die Rohre auf der Innenseite mit einer Gleitschicht oder einer die Reibung reduzierenden Strukturoberfläche versehen. Dies führt zu einer für den Kabeleinzug relevanten Reduzierung der Kabelzugkräfte. Zusätzlich zu den Schutzrohren

für die Erdkabel und die metallischen Rückleiter werden weitere Schutzrohre für Begleitkabel (LWL) ins Erdreich mit eingebracht. Die entsprechenden Schutzrohre werden i. d. R. als DA 50 ausgeführt.

Die Herstellung einer Kabelschutzrohranlage ermöglicht grundsätzlich die Entkopplung von Tiefbau und Kabelinstallation. Dadurch ist es im Unterschied zur Kabelverlegung ohne Kabelschutzrohranlage für die Kabelinstallation nicht notwendig, über eine vollständige Kabelsektion den Kabelgraben bis zum Einbau der Erdkabel geöffnet zu lassen. Stattdessen werden die Erdkabel nach Abschluss der Tiefbauarbeiten zwischen zwei Muffenstandorten eingezogen.

Die notwendigen geometrischen Abstände der Energiekabel zueinander, die sich z. B. durch die Wärmeleitfähigkeit des umgebenden Bodens ergeben, erfordern einen regelhaft festgelegten Achsabstand der einzelnen Kabelschutzrohre, die in Abhängigkeit der Bauweise und der örtlichen Randbedingungen (offene Bauweise oder geschlossene Bauweise) variieren.

Kabelschutzrohranlage im Bereich der offenen Bauweise

Der Achsabstand der Kabelschutzrohre innerhalb eines Systems unter Berücksichtigung des Einsatzes eines wärmeleitfähigen Bettungsmaterials beträgt i. d. R. mindestens 0,75 m. In Abhängigkeit der Umgebungsbedingungen (wie z. B. Grundwasserstand oder anstehender Boden) kann sich der Abstand entsprechend vergrößern. Der Abstand der Systeme untereinander beträgt regelhaft mindestens 5 m. Die Mindestüberdeckung der Kabelschutzrohranlage liegt bei ca. 1,3 bis 1,4 m und kann bei Querung bestehender Infrastrukturen größer ausfallen.

Die zuvor beschriebenen geometrischen Abstände der Energiekabel bzw. der Kabelschutzrohre haben einen unmittelbaren Einfluss auf die Breite des Schutzstreifens, der für einen sicheren Betrieb der Erdkabelanlage erforderlich ist. Die Flächen innerhalb eines Schutzstreifens werden in Form eines Leitungsrechtes für eine Nutzung während des Baus und des Betriebs der jeweiligen Erdkabelsysteme gesichert (siehe hierzu Kapitel 8.1.2). Grundsätzlich setzt sich der Schutzstreifen aus der Breite zwischen den beiden äußersten Kabel bzw. Schutzrohre eines Systems und einer zusätzlichen Breite von 5 m je Seite, ausgehend von der Achse des jeweils äußeren Kabels bzw. Kabelschutzrohrs, zusammen. Im Regelquerschnitt der offenen Bauweise mit wärmeleitfähigem Bettungsmaterial (zeitweise fließfähige, selbstverdichtende Verfüllbaustoffe (ZFSV)) ergibt sich eine Schutzstreifenbreite für ein Erdkabelsystem von ca. 11,50 m. Für eine visuelle Warnung werden oberhalb des Bettungsblocks im offenen Kabelgraben Trassenwarnbänder verlegt. Diese liegen mit einem Mindestabstand von 1,10 m unter der GOK. Die Abstände der Systeme und die Anordnung der Kabelschutzrohre sowie die Schutzstreifenbreiten werden für die offene Bauweise in den Regelprofilen in „Teil C4.1 – Prinzipzeichnung offene Bauweise (Regelgrabenprofil)“ dargelegt.

Der Bereich unter- und oberhalb der Kabelschutzrohre (Leitungszone) wird i. d. R. mit wärmeleitfähigem Bettungsmaterial verfüllt. Dieses Bettungsmaterial muss neben mechanischen Parametern auch bestimmte Anforderungen an die Wärmeleitfähigkeit erfüllen, um eine übermäßige Erwärmung der Energiekabel im Betrieb zu verhindern.

Kabelschutzrohranlage im Bereich der geschlossenen Bauweise

Neben der Regelbauweise in offener Bauweise können in einzelnen Bereichen auch Randbedingungen auftreten, die zu geschlossenen Bauweisen für die Herstellung der Kabelschutzrohranlagen führen. Aus bautechnischen Gründen sowie aufgrund der Wärmeleitfähigkeit des umgebenden Bodens ergeben sich dabei größere Achsabstände als in der offenen Regelbauweise. Dies führt zu einem insgesamt breiteren Schutzstreifen bei geschlossenen Bauweisen im Vergleich zur offenen Regelbauweise. Die Darstellung der geschlossenen Bauweise kann „Teil C4.3 – Prinzipzeichnung Kreuzung geschlossene Bauweise“ entnommen werden. Für die Querung von bedeutenden Infrastrukturanlagen wie z. B. Autobahnen, DB-Gleise und Gewässer I. Ordnung finden sich in „Teil C5 – Kreuzungsdetailpläne Einzelfall“ detaillierte Kreuzungspläne.

4.2 Beschreibung der Nebenanlagen

Im folgenden Kapitel werden die notwendigen Nebenanlagen (KKÜS, MOS, Konverter) der Erdkabelanlage beschrieben. Diese hier genannten betriebsbedingten Einrichtungen kommen nicht in jedem PFA des Rhein-Main-Link vor. Im vorliegenden PFA sind MOS und KKÜS vorgesehen (siehe

Tabelle 2-1). Die Nebenanlagen sind jedoch für die gesamte Funktionsfähigkeit eines jeden Systems notwendig und werden daher hinsichtlich ihrer technischen Angaben erläutert:

- KKÜS
- MOS
- Konverter

4.2.1 KKÜS

Eine KKÜS dient der sicheren Betriebsführung einer HGÜ-Leitungsverbindung, der Lokalisierung von Kabelfehlern während des Betriebes und der DC-Prüfung im Rahmen der Leitungsinbetriebnahme. Die KKÜS unterteilt die HGÜ-Leitungsverbindung in mehrere einzelne Kabelabschnitte. Innerhalb der KKÜS werden die Kabel über Kabelendverschlüsse (siehe Kapitel 4.1.4) aus dem Erdreich heraus- und auf eine aufgeständerte Rohrverbindung hochgeführt. Die Abschnitte zwischen den KKÜS sind i. d. R. rund 140 bis 150 km lang. Aus betriebstechnischen Gründen ist innerhalb einer KKÜS nur eine Bündelung von zwei Systemen möglich, sodass in einem Bereich von ca. 5 km i. d. R. zwei KKÜS liegen können. Die nicht in der KKÜS hochgeführten Kabelsysteme werden im Kabelschutzrohr an der jeweiligen KKÜS vorbeigeführt.

Eine KKÜS gilt als elektrische Betriebsstätte, in die auf zwei gegenüberliegenden Seiten die Erdkabelsysteme unterirdisch ein- und ausgeführt werden. Über die Kabelendverschlüsse werden die einzelnen Kabel aus dem Erdreich heraus- und auf entsprechende oberirdische Rohrverbindungen geführt. Neben notwendigen Betriebswegen innerhalb der Anlage gibt es z. B. ein Betriebs- und Überwachungsgebäude sowie weitere Sicherheitskomponenten (z. B. Netzersatzanlage). Zusätzlich werden die Anlagen mit einem Stabgitterzaun eingefriedet. Der Flächenbedarf einer zu errichtenden Anlage liegt bei ca. 1,2 ha. Ein Teil der Fläche (ca. 25 % der Anlagenfläche) wird mit Fundamenten (z. B. Fundamentsockel für Kabelendverschluss, Blitzschutzmast oder Betriebsweg) versiegelt. Die Anlage wird über eine dauerhafte Zuwegung an einen öffentlichen Verkehrsweg angebunden. Die nachfolgende Abbildung 4-5 zeigt schematisch eine KKÜS und einen Auszug betriebsrelevanter technischer Komponenten.

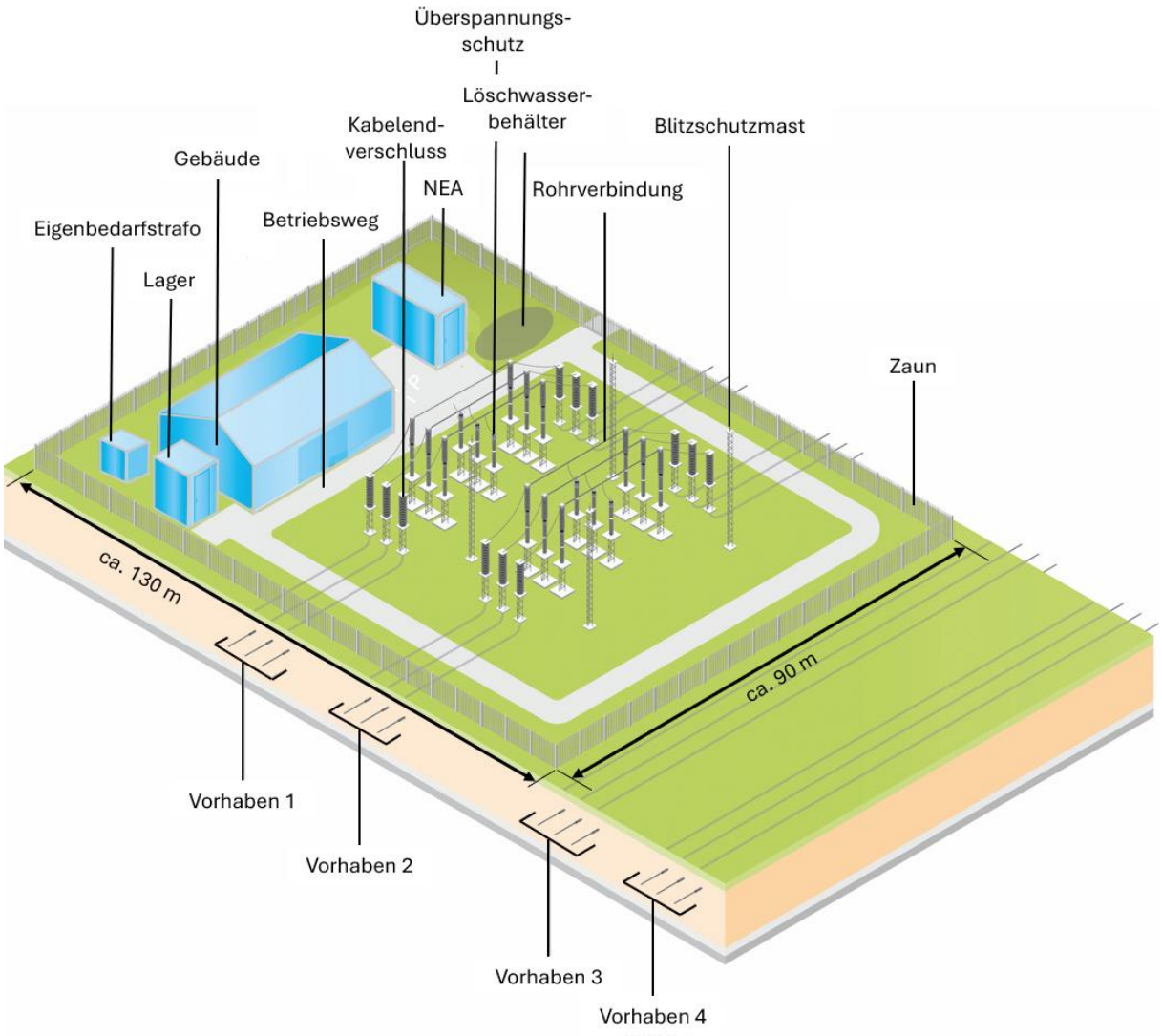


Abbildung 4-5: Schematische Darstellung einer KKÜS

In Abhängigkeit der Trassierung und des Trassenverlaufs sowie der Umgebung können sich die Anforderungen an die KKÜS ändern und somit Anordnungen oder Maße der KKÜS variieren. Die benötigte Fläche zur Errichtung einer KKÜS kann u. a. in Abhängigkeit zur Topografie und der Bodenbeschaffenheit variieren und ggf. größer ausfallen, wenn z. B. eine Geländeregulierung erforderlich ist.

KKÜS werden in den PFA NI2, NI3, HE2 (jeweils zwei KKÜS) und HE5 geplant und errichtet. Eine detaillierte Beschreibung der KKÜS sowie zu ihrer Standortsuche befindet sich in „Teil C6 – Kabel-Kabel-Übergabestation (KKÜS)“ und „Teil B1.2 – Standortvergleich MOS und KKÜS“ der entsprechenden PFA.

Im Nachfolgenden wird auf wesentliche technische Elemente genauer eingegangen.

Fundamente

Einzelne Betriebsmittel einer KKÜS werden auf Fundamenten errichtet. Dazu zählen z. B. die Kabelendverschlüsse oder Montagepunkte für die Rohrverbinder, die, falls die Bodenverhältnisse und Örtlichkeiten dies zulassen, mittels Blockfundamenten gegründet werden. Die frostsichere Gründungstiefe beträgt bei allen Fundamenten mindestens 0,8 m und ist im Fall von Einzel- und Flächengründungen einzuhalten. Im Fall nicht ausreichender Tragfähigkeit des Untergrundes,

ungünstigen hydrologischen Bedingungen oder durch bauliche Erfordernisse können größere Gründungstiefen oder Pfahlgründungen zum Einsatz kommen.

Rohrverbinder, Blitzschutz und Überspannungsschutz

Die aufgeständerten Rohrverbindungen, die Blitzschutzmasten und der Überspannungsschutz gehören zu den technischen Komponenten, die oberirdisch die höchsten Bauteile der Anlage über GOK darstellen. Die relevanten Höhen und Abstände ergeben sich hierbei insbesondere aus den notwendigen elektro- und betriebstechnischen Mindestabständen für stromführende Leiter und Bauteile. Die Stahlkonstruktion mit Blitzschutzmast stellt dabei mit ca. 30 m das höchste Bauteil der Anlage dar und schützt die Anlage gegen Blitzeinschläge. Ergänzend dienen die Überspannungsableiter dem Zweck, unzulässige Überspannungen (z. B. bei Gewitter) zu verhindern.

Betriebsgebäude, Lager, Netzersatzanlage und Löschwasserversorgung

Auf dem Gelände der KKÜS wird für den Betrieb und die Wartung ein Betriebsgebäude mit einer Gebäudefläche von ca. 300 m² und einer Höhe von ca. 6 m errichtet. Dieses Gebäude dient u. a. zur Unterbringung der Schutz-, Steuerungs- und Nachrichtentechnik. Des Weiteren wird ein Lager (z. B. für Erdungsstangen) mit einer Fläche von ca. 25 m² und einer Höhe von ca. 3,5 m errichtet. Eine Netzersatzanlage (NEA) dient der unterbrechungsfreien Stromversorgung der Anlage bei einem störungsbedingten Ausfall. Der Notstromversorgungscontainer hat eine Grundfläche von ca. 20 m² und eine Höhe von ca. 3 m.

Zur Löschwasserversorgung wird die KKÜS mit einem ausreichend dimensionierten Löschwasserbehälter ausgestattet oder über einen ausreichend dimensionierten und nahen Hydranten versorgt. Entsprechende Flächen für die Feuerwehr werden vorgehalten.

Zaun und Betriebswege

Die gesamte Anlage wird nach Fertigstellung mit einem Stabgitterzaun gemäß den Bestimmungen des Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (VDE) 0101 eingefriedet. Somit ist die KKÜS eine abgeschlossene Betriebsstätte, die ausschließlich dem Betrieb elektrischer Anlagen dient. Die Höhe des dauerhaft abgeschlossenen Zauns beträgt ca. 3,0 m. Der Zaun dient somit als Schutz vor einem unbefugten Betreten der elektrischen Betriebsstätte. Ein Warnschild mit Zusatzschild wird an den Zaunelementen befestigt. Das Gelände der KKÜS wird nicht dauerhaft beleuchtet.

Betriebswege innerhalb der Anlage dienen der Erreichbarkeit des Betriebsgebäudes, des Lagers und der Geräte mit Fahrzeugen zum Betrieb und zur Wartung der Anlage. Zur Erreichbarkeit der Anlage werden die Betriebswege an das öffentliche Wegenetz angebunden. Das Gelände kann so über gut ausgebaute und befestigte Wege jederzeit verlassen werden. Das anfallende Niederschlagswasser auf den Betriebswegen und Zufahrten wird über ein Gefälle abgeleitet und i. d. R. auf dem Anlagengelände zur Versickerung gebracht.

Nachrichtentechnische Anbindung

Neben den elektrotechnischen Funktionen, die die KKÜS für eine sichere Betriebsführung der HGÜ-Leitung abdeckt, erfüllt die KKÜS auch einen nachrichtentechnischen Zweck, analog wie eine MOS (siehe Kapitel 1.2 und Kapitel 4.2.2). Für eine sichere Betriebsführung betreibt die Vorhabenträgerin ein eigenes und unabhängiges Nachrichtennetz. Die Übertragung von optischen Signalen wird durch LWL sichergestellt, welche in regelhaften Abständen verstärkt werden müssen. Die LWL, die als Begleitkabel (siehe Kapitel 4.1.5) in der Erdkabelanlage mitgeführt werden, werden in entsprechenden Kabelschächten auf der Anlage in das Betriebsgebäude geführt, in dem sich die für die Signalverstärkung benötigten, technischen Einrichtungen befinden.

4.2.2 MOS

Für die sichere Durchführung des Netzbetriebes und der Systemführung betreibt die Vorhabenträgerin ein eigenes und unabhängiges Nachrichtennetz. Durch die spezifische Ausprägung dieser Infrastruktur wird eine hohe Verfügbarkeit und Sicherheit der Daten- und Kommunikationsverbindungen gewährleistet. Die Übertragung der Nachrichtensignale erfolgt dabei mit Hilfe von LWL, deren Signale bei längeren zu überbrückenden Distanzen verstärkt werden müssen.

Im Rhein-Main-Link werden zur Überwachung des sicheren Betriebs der Erdkabel sogenannte MOS benötigt. Diese beinhalten z. B. nachrichtentechnische Einrichtungen für auf optischen Messsystemen basierende Monitoringsysteme. Deren Reichweite ist aufgrund der Dämpfung der über die LWL-Systeme übertragenen Signale begrenzt. MOS werden deshalb in Abständen von ca. 50 km zueinander bzw. anderen Nebenanlagen benötigt. Die Betriebsgebäude einer KKÜS enthalten beispielsweise ebenfalls die in den MOS enthaltene Technik zur Auswertung der für den sicheren Betrieb der Erdkabelanlage benötigten Signale und deren Verstärkung (siehe Kapitel 4.2.1).

Die Standortwahl für eine MOS ergibt sich somit auch im Zusammenspiel mit der Platzierung der KKÜS und der weiteren MOS entlang der Erdkabeltrasse. Grundsätzlich kann die Platzierung einer MOS nicht direkt im Bereich des Schutzstreifens erfolgen, sondern muss im Umkreis von ca. 300 m zum Standort einer geeigneten Verbindungsmuffe erfolgen. Im Bereich eines geeigneten Muffenstandortes können die LWL unterirdisch aus der Erdkabelanlage herausgeführt werden.

Die MOS gilt als Betriebsstätte, in die die LWL über eine Nebenachse zwischen Gebäude und Erdkabeltrasse auf einer Seite hinein- und wieder herausgeführt werden. Die LWL werden unterirdisch in das Gebäude geführt, welches u. a. mit der entsprechenden Technik für die Monitoring- und Nachrichtentechnik ausgestattet ist. Neben notwendigen Betriebswegen innerhalb der Anlage gibt es z. B. ein Stationsgebäude sowie weitere Sicherheitseinrichtungen (z. B. Brandschutzeinrichtungen). Zusätzlich werden die Anlagen mit einem Zaun eingefriedet. Der Flächenbedarf einer zu errichtenden Anlage liegt bei ca. 1.000 m², bezogen auf die Zaunanlage. Ein Großteil der Fläche (ca. 85 % der Anlagenfläche) wird mit Gebäude, Betriebswegen und Parkflächen etc. versiegelt. Im Falle eventuell erforderlicher Geländeregulierungen kann die beanspruchte Fläche unter Umständen etwas größer ausfallen (ca. 1.225 m²). Die Anlage wird über eine dauerhafte Zuwegung an einen öffentlichen Verkehrsweg angebunden. Die nachfolgende Abbildung 4-6 zeigt schematisch eine MOS für vier Systeme mit einem Auszug betriebsrelevanter technischer Komponenten. Die Dimensionierung der MOS ist so ausgelegt, sodass die erforderliche Technik für die Verstärkung der nachrichtentechnischen Signale für vier Systeme integriert werden können.

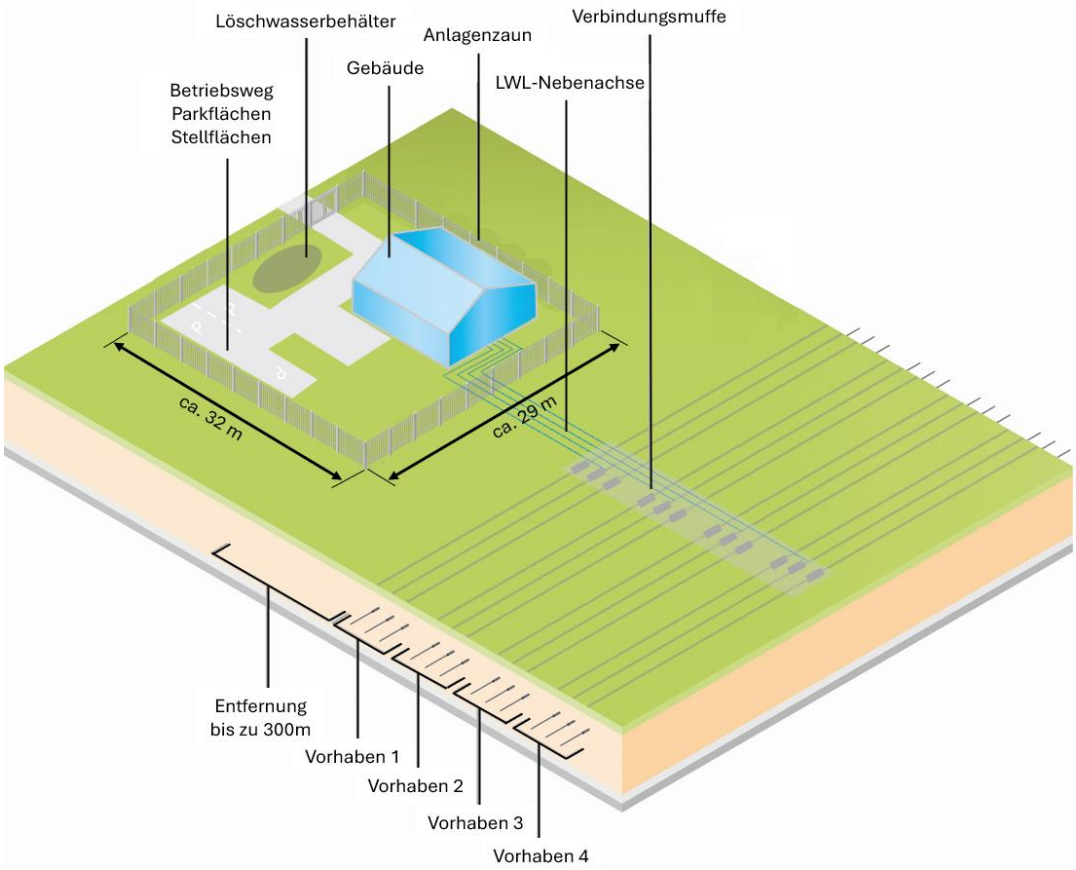


Abbildung 4-6: Schematische Darstellung einer MOS

In Abhängigkeit des konkreten MOS-Standortes und der Umgebung können sich die Anforderungen an die MOS ändern und somit Anordnungen oder Maße der MOS variieren. Die benötigte Fläche zur Errichtung einer MOS kann u. a. in Abhängigkeit von der Topografie und der Bodenbeschaffenheit variieren und ggf. größer ausfallen, wenn z. B. eine Geländeregulierung erforderlich ist. MOS werden in den PFA NI1, NI2, NI3, NW1, HE1, HE3, HE4 und HE5 geplant und errichtet. Eine detaillierte Beschreibung der MOS sowie zu ihrer Standortsuche befindet sich in „Teil C7 – Monitoringstation (MOS)“ und „Teil B1.2 – Standortvergleich MOS und KKÜS“ der entsprechenden PFA.

Im Nachfolgenden wird auf wesentliche technische Elemente genauer eingegangen.

Gebäude und Löschwasserbehälter

Alle notwendigen Betriebsmittel der MOS werden in einem Gebäude aufgestellt. Innerhalb dieses Gebäudes befinden sich Schaltschränke der Nachrichtentechnik mit aktiven und passiven Komponenten zur Lokalisierung von Kabelfehlern und Temperaturmessungen des Kabels, die je nach zu überbrückenden Distanzen eingesetzt werden können. Zur unterbrechungsfreien Stromversorgung erhält die MOS eine Batterieanlage. Eine dauerhafte Außenbeleuchtung am Gebäude ist nicht vorgesehen. Das Gebäude hat eine Grundfläche von ca. 100 m², bei einer Höhe von ca. 3 m.

Zur Löschwasserversorgung wird die MOS mit einem ausreichend dimensionierten Löschwasserbehälter ausgestattet oder über einen ausreichend dimensionierten und nahen Hydranten versorgt. Entsprechende Flächen für die Feuerwehr werden vorgehalten.

LWL-Nebenachse

Über die LWL-Nebenachse werden die LWL-Kabel von der Erdkabeltrasse zur MOS geführt und dienen so als nachrichtentechnische Anbindung zwischen Station und Erdkabelanlage. Für die LWL-Kabel werden Kabelschutzrohre (i. d. R. DA 50) in der Nebenachse verlegt, in die dann die LWL-Kabel eingeblasen werden können. Die LWL-Kabel werden in einem ca. 1,40 m tiefen und ca. 2 m breiten

Kabelgraben verlegt. Für die LWL-Nebenachse wird ein Schutzstreifen mit einer Gesamtbreite von 5 m ausgewiesen. Um die Anzahl der benötigten Kabelschutzrohre möglichst gering zu halten, werden die LWL am jeweiligen Verbindungsmuffenstandort i. d. R. vor dem Herausführen in die LWL-Nebenachse in einem S-Schacht je System gebündelt. Die LWL-Nebenachse orientiert sich i. d. R. an Flurstücksgrenzen und / oder Straßen und Wegen. Die Kabelschutzrohre werden in einer Tiefe von mindestens ca. 1,1 m verlegt, um eine landwirtschaftliche Beeinträchtigung ausschließen zu können. Für die LWL-Nebenachse ist die dingliche Sicherung eines 5 m breiten Leitungsschutzstreifens notwendig.

Zaun und Betriebswege

Die Anlage wird nach Fertigstellung mit einem Stabgitterzaun gem. den VDE 0101-Bestimmungen eingefriedet. Somit ist die MOS eine abgeschlossene Betriebsstätte, die ausschließlich dem Betrieb elektrischer Anlagen dient. Die Höhe des dauerhaft abgeschlossenen Zauns beträgt ca. 2,0 m. Der Zaun dient somit als Schutz vor einem unbefugten Betreten der Betriebsstätte. Ein Warnschild mit Zusatzschild wird an den Zaunelementen befestigt. Das Gelände der MOS wird nicht dauerhaft beleuchtet.

Betriebswege und Parkflächen innerhalb der Anlage dienen der Erreichbarkeit des Betriebsgebäudes mit Fahrzeugen zum Betrieb und zur Wartung der Anlage. Zur Erreichbarkeit der Anlage werden die Betriebswege an das öffentliche Wegenetz angebunden. Das Gelände kann so über gut ausgebaute und befestigte Wege jederzeit verlassen werden. Das anfallende Niederschlagswasser auf den Betriebswegen und Zufahrten wird über ein Gefälle abgeleitet und i. d. R. auf dem Anlagengelände zur Versickerung gebracht.

4.2.3 Konverter

Für die Integration der Gleichstromverbindungen in das bestehende 380 kV-Höchstspannungsnetz (Wechselstrom) werden Konverter benötigt. Konverter wandeln den Gleichstrom in Wechselstrom und umgekehrt um. Außerdem wird in der Konverteranlage die für den Stromtransport notwendige Spannungsebene im jeweiligen Netz transformiert (von 525 kV DC-seitig auf 380 kV AC-seitig).

Im Rhein-Main-Link werden zur Anbindung der HGÜ-Erdkabelanlage an das Wechselstromnetz vier Konverteranlagen benötigt, die möglichst in unmittelbarer Nähe zu den Netzverknüpfungspunkten Bürstadt, Hofheim am Taunus, Kriftel und Ried platziert wurden und um damit eine kurze AC-Anbindungsleitungen zwischen Konverter und NVP zu realisieren.

Die Konverter und die benötigten AC-Anbindungsleitungen sind Gegenstand des PFA HE6. Detaillierte Beschreibungen und die konkreten Unterlagen zu den Konvertern befinden sich in „Teil K - Konverter“ und zur Standortsuche in „Teil B1.3 – Standortvergleich Konverter“ des entsprechenden PFA.

Ein Konverter lässt sich in die vier grundsätzlichen Funktionsblöcke

- Gleichstromanlage mit Gleichstromanschlüssen,
- Konverter- und Drosselhalle,
- Wechselstrom-Konverteranschaltung mit Transformatoren und
- Wechselstrom-Anschluss

unterteilen. An den Kabelendverschlüssen auf dem Gelände der Konverteranlage endet die Erdkabelanlage und leitet den Strom vornehmlich über den Plus- und Minuspol (oder im Fehlerfall sowie bei Wartung über den DMR, siehe Kapitel 4.1.2) in die Gleichstromanlage. Die Ausleitung in die Konverter- und Drosselhalle erfolgt über Aluminiumrohr- und Seilverbindungen. Hier treten Gleichspannungen in Höhe von 525 kV und Ströme von bis zu 2.050 A auf. Die hierbei entstehenden elektromagnetischen Felder werden in „Teil E1 – Immissionsschutzbericht“ des PFA HE6 beleuchtet. In den Konverter- und Drosselhallen wird der Strom von Gleich- auf Wechselstrom (und umgekehrt) umgerichtet. Die Drosselspulen begrenzen den max. Stromfluss und sorgen dafür, dass der Gleichstrom geglättet wird. Dies ist insbesondere dann notwendig, wenn von Wechsel- auf Gleichstrom umgerichtet

wird, da während des Umrichtungsprozesses eine periodisch schwankende Gleichspannung erzeugt wird, die dann durch die Drosselspulen geglättet werden kann. Die für die Umrichtung benötigten elektrotechnischen Komponenten sind nicht freilufttauglich und werden daher in Hallen untergebracht. Da diese Bauteile im Betrieb außerdem unter Hochspannung stehen, müssen gem. der technischen Regelwerke (z. B. DIN VDE 0101-1) aus Sicherheitsgründen mehrere Meter Abstand zur Decke, zum Boden und zu den Wänden eingehalten werden. Diese Abstände sind maßgebend für die Größe der Konverterhallen, deren Höhe sich auf ca. 20 bis 25 m beläuft. Die in den Umrichtern eingesetzte Leistungselektronik (z. B. insulated-gate bipolar transistor, kurz IGBT, Dioden, Transistoren) wird durch den Stromfluss erwärmt, sodass eine aktive Kühlung der Bauteile benötigt wird. Entsprechende Kühlaggregate außerhalb der Konverterhallen stellen die notwendige Betriebstemperatur sicher. Die elektrischen Felder, die im Umrichtungsprozess entstehen, werden durch die Umrichterhalle komplett abgeschirmt. Hierzu ist bautechnisch in die Fassaden- und Dachelemente ein geerdetes Maschennetz eingebaut, welches die elektrischen Felder zurückhält und somit, wie ein Faraday'scher Käfig wirkt. Eine weitere Funktion der Umrichterhalle ist die Schirmung der Geräuschemissionen. Beim elektrischen Prozess der Gleich- oder Wechselrichtung entstehen durch die Submodule Geräuschemissionen, die in „Teil E3 – Nachweis Einhaltung der Anforderungen der TA Lärm“ des PFA HE6 betrachtet werden. Die Umrichterhalle hat somit drei Funktionen:

- Wetterschutz für die Leistungselektronik,
- Schallschutz,
- Schirmung der elektrischen Felder.

Der Zutritt zu den Umrichterhallen wird durch ein Verriegelungssystem überwacht. Die Inbetriebnahme der Konverterstation (unter Spannung setzen), ist nur bei einem verriegelten Umrichtergebäude möglich (Personen- und Arbeitsschutz). Die Umrichterhallen werden so angeordnet, dass sie eine optimale Abschirmung von Schallimmissionen zur umliegenden Bebauung berücksichtigen. Der umgerichtete Strom (jetzt Wechselstrom) wird nun zu den Transformatoren geleitet. Die Transformatoren transformieren die Spannung auf die jeweilige benötigte Netzspannung (von 525 kV DC-seitig auf 380 kV AC-seitig). Die Platzierung der Transformatoren wird i. d. R. möglichst zentral innerhalb der Konverteranlage vorgenommen, damit die Auswirkungen der Geräuschimmissionen sowie der elektromagnetischen Felder minimiert werden. Von den Transformatorbänken gelangt der Strom über Aluminium-Rohr- sowie Seilverbindungen zu den Leistungs- und Trennschaltern. Diese befinden sich im Bereich der Wechselstrom-Schaltanlage, die aus den gleichen Bauteilen wie eine herkömmliche 380 kV-Umspannanlage bestehen. Von hier aus wird über zwei Wechselstromkreise der Anschluss an die 380 kV-Wechselstromumspannanlage bzw. mit der dorthin führenden AC-Anbindungsleitung über entsprechende Freileitungsportale realisiert.

Der Platzbedarf eines Konverters beläuft sich auf ca. 6 bis maximal 11 ha. Die Anforderungen an Anordnung und Größe der Gebäude und technischen Bauteile ergeben sich hauptsächlich aus der Technologie des Herstellers. Der Flächenbedarf hängt außerdem mit der Entfernung des jeweiligen Standorts zum NVP und damit ggf. einhergehenden zusätzlichen technischen Maßnahmen zusammen. Die örtlichen Verhältnisse sind ebenfalls ausschlaggebend dafür, wie die einzelnen Elemente der Konverter auf dem Grundstück angeordnet werden können. Die Standortwahl für einen Konverter ergibt sich neben der benötigten Flächengröße u. a. auch aus der Erreichbarkeit sowie der Lage für die erforderliche Erdkabel- und AC-Anbindungsleitung.

Insgesamt stellt ein Konverter eine elektrische Betriebsstätte dar, in der Wechsel- und Gleichstromschaltanlagenfelder sowie neben Drosselspulen und Transformatoren die Leistungselektronik für den Umrichtungsprozess in den Umrichterhallen sowie Kühlungsanlagen untergebracht sind. Daneben gibt es innerhalb der Anlage notwendige Betriebswege, Betriebsgebäude, Ersatzteilgebäude, Notstromeinheiten, Eigenbedarfstransformatoren und weitere Sicherheitseinrichtungen (z. B. Brandschutzeinrichtungen). Zusätzlich werden die Anlagen mit einem Stabgitterzaun gem. den VDE 0101-Bestimmungen eingefriedet. Der Versiegelungsanteil innerhalb der Anlage beläuft sich durch Betriebswege, Auffangräume und Tragfundamente der Transformatorenstände, Gebäude und Kabelkanälen auf ca. 65 % der Anlagenfläche. Die Anlage wird über eine dauerhafte Zuwegung an einen öffentlichen Verkehrsweg angebunden. Die nachfolgende Abbildung 4-7 zeigt die wesentlichen technischen Elemente eines Konverters.

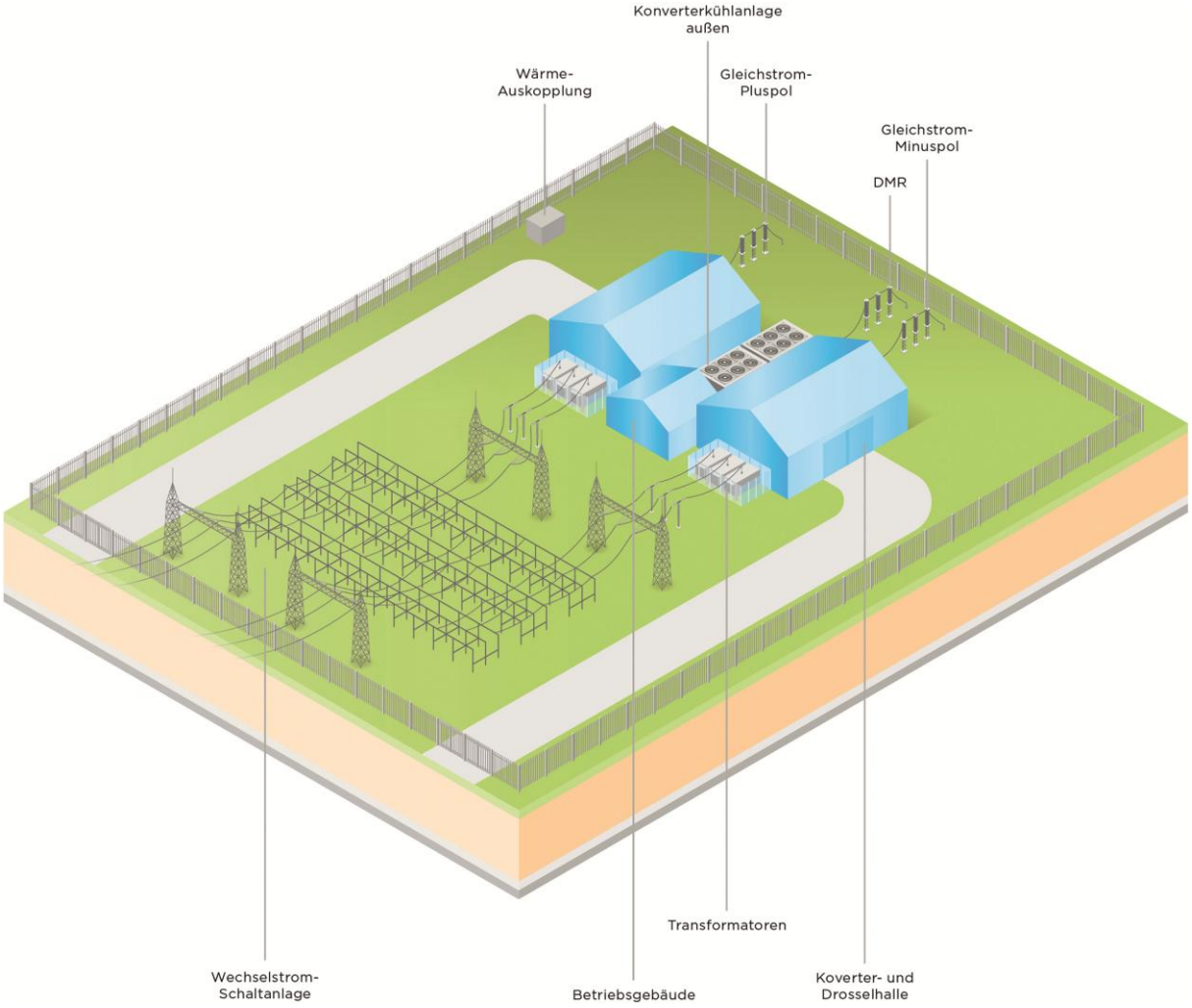


Abbildung 4-7: Schematische Darstellung Konverter

In Abhängigkeit des konkreten Konverterstandortes und der Umgebung können sich die Anforderungen an die Konverter ändern und somit Anordnungen oder Maße des jeweiligen Konverters variieren. Die benötigte Fläche zur Errichtung eines Konverters kann u. a. in Abhängigkeit zur Topografie und der Bodenbeschaffenheit variieren und ggf. größer ausfallen, wenn z. B. eine Geländeregulierung erforderlich ist.

Im Nachfolgenden wird auf wesentliche technische Elemente genauer eingegangen.

Fundamente

Die Betriebsmittel einer Konverteranlage werden auf Fundamenten errichtet. Dazu zählen z. B. die Portale, Kabelendverschlüsse und AC-Schaltfelder, die, falls die Bodenverhältnisse und Örtlichkeiten dies zulassen, mittels Blockfundamenten gegründet werden. Die frostsichere Gründungstiefe beträgt bei allen Fundamenten mindestens 0,8 m und ist im Fall von Einzel- und Flächengründungen einzuhalten. Im Fall nicht ausreichender Tragfähigkeit des Untergrundes, ungünstigen hydrologischen Bedingungen oder von baulichen Erfordernissen können größere Gründungstiefen oder Pfahlgründungen erforderlich sein. Die Fundamentbemessungen werden an die statischen Anforderungen der jeweiligen Bauteile angepasst.

Portale, Kabelendverschlüsse und AC-Schaltfelder

Innerhalb der Konverteranlage wird es Anlagenbauteile geben, die die Schnittstelle zur Erdkabelanlage bzw. der AC-Anbindungsleitung darstellen. Das Portal bildet den Ansprungspunkt für die AC-

Anbindungsleitung. Die Höhe des Portals beträgt ca. 20 m. Die Portale entsprechen einer Stahlgitterkonstruktion und sind dem Erscheinungsbild eines Freileitungsmastes nachempfunden. Die Breite eines Portals ist abhängig von der Anzahl der daran anknüpfenden Leiterseile.

Die Kabelendverschlüsse dienen als Anlandungspunkt der einzelnen Gleichstromerdkabel. Sie sind in Kapitel 4.1.4 als zugehöriges technisches Element der Erdkabelanlage beschrieben.

Die AC-Schaltfelder bestehen aus sogenannten Sammelschienen und dienen der Weiterleitung der elektrischen Energie. Über entsprechende Leistungs- und Trennschalter kann im Bedarfsfall die Weiterleitung der elektrischen Energie unterbrochen oder umgeleitet werden.

Portale, Kabelendverschlüsse und AC-Schaltfelder werden auf Fundamenten gegründet. Die Abstände der elektrisch leitenden Komponenten werden so geplant, dass die technisch erforderlichen Abstände z. B. zwischen den stromführenden Leiterseilen untereinander sowie zu den geerdeten Bauteilen sicher eingehalten werden.

Transformatoren und -fundamente

Transformatoren sind elektrische Großgeräte, die die Spannung, auf die zum jeweiligen Netz erforderliche Netzspannung transformieren. In einer Konverteranlage werden mindestens zwei Transformatoren im Betrieb zum Einsatz kommen. Ein weiterer Transformator kann bei Bedarf als Reserve zum schnellen Austausch im Schadensfall vorgehalten werden. Auf den Transformatorenfundamenten werden i. d. R. Gleise für die Montage und Demontage der Transformatoren verbaut. Alle drei Transformatoren werden auf entsprechend dafür ausgelegten Fundamenten aufgestellt, die einen Auffangraum für im Havariefall austretendes Öl besitzen. Umweltschäden können so ausgeschlossen werden. Niederschlagswasser wird über eine sensorgesteuerte Pumpanlage abgepumpt. Diese detektiert im Havariefall ausgetretenes Öl, schaltet sich automatisch ab und sendet einen Alarm an die Leitstelle. Dadurch wird sichergestellt, dass nur unbelastetes Niederschlagswasser abgepumpt wird. Aufgrund der sehr mittigen Platzierung der Transformatoren auf dem Anlagengelände, ist eine Einhausung der Betriebsmittel nicht erforderlich. Die gesetzlichen Bestimmungen zu den elektrischen und magnetischen Feldern werden bereits am Anlagenzaun eingehalten.

Umrichterhallen, Betriebs- und Ersatzteilgebäude und Kühlanlagen

Auf dem Gelände der Konverteranlagen werden neben der Umrichterhallen auch Betriebs- und Ersatzteilgebäude errichtet. Die Umrichterhalle hat eine Höhe von ca. 20–25 m. Die Betriebs- und Ersatzteilgebäude sind in der Höhe wesentlich kleiner.

In der Umrichterhalle sind die für die Umwandlung von Gleichstrom zu Wechselstrom (und umgekehrt) notwendigen elektrischen Bauteile untergebracht. Für den Betrieb und die Wartung der Anlage werden ebenfalls entsprechende Gebäude errichtet. Diese dienen z. B. der Unterbringung von Büro- und Besprechungsräumen für den Bedarfsfall, Leittechnik sowie Schutzeinrichtungen. In den Gebäuden befinden sich keine ständigen Arbeitsplätze; die Anlage ist nicht ständig mit Personal besetzt und wird ferngesteuert. Die Gründung der Umrichterhallen, Betriebs- und Ersatzteilgebäude werden entsprechend der statischen Erfordernisse i. d. R. als Flachgründung aus Beton mit hohem Wassereindringwiderstand hergestellt.

Die Umrichterkühlanlagen umfassen einen Primär- und Sekundärkreislauf und haben die Aufgabe, bei allen Betriebszuständen die Einhaltung der max. zulässigen Betriebstemperatur der Umrichtermodule in den Umrichterhallen zu gewährleisten. Die Bedingungen der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV o. J.) werden berücksichtigt.

Zaun und Betriebswege

Die Anlage wird nach Fertigstellung mit einem Stabgitterzaun gem. den VDE 0101-Bestimmungen eingefriedet. Somit ist die Konverteranlage eine abgeschlossene Betriebsstätte, die ausschließlich dem Betrieb elektrischer Anlagen dient. Die Höhe des dauerhaft abgeschlossenen Zauns beträgt vstl. 3,0 m. Der Zaun dient somit als Schutz vor einem unbefugten Betreten der elektrischen Betriebsstätte. Ein Warnschild mit Zusatzschild wird an den Zaunelementen befestigt. Das Gelände des Konverters wird während des bestimmungsgemäßen Betriebes nicht dauerhaft beleuchtet.

Betriebswege innerhalb der Anlage dienen der Erreichbarkeit der Gebäude und elektrischen Komponenten mit Fahrzeugen zum Betrieb und zur Wartung der Anlage. Zur Erreichbarkeit der Anlage werden die Betriebswege an das öffentliche Wegenetz angebunden. Das Gelände kann so über gut ausgebaute und befestigte Wege jederzeit verlassen werden. Das anfallende Niederschlagswasser auf den Betriebswegen und Zufahrten wird über ein Gefälle abgeleitet und i. d. R. auf dem Anlagengelände zur Versickerung gebracht.

4.3 Beschreibung der AC-Anbindungsleitungen

Für die Integration der Gleichstromverbindungen in das bestehende 380 kV-Höchstspannungsnetz (Wechselstrom) werden zwischen den Konvertern (siehe Kapitel 4.2.3) und den NVP Bürstadt, Hofheim am Taunus und Kriftel AC-Anbindungsleitungen benötigt. Am NVP Ried ist der Konverter in unmittelbarer Nähe zur Umspannanlage geplant, sodass auf eine AC-Anbindungsleitung verzichtet werden kann. Die AC-Anbindungsleitungen werden durch die Errichtung von 380 kV-Freileitungen realisiert. AC-Anbindungsleitungen werden nur im PFA HE6 geplant und errichtet. Entsprechende Details finden sich in den Planfeststellungsunterlagen des genannten PFA.

Eine Freileitung besteht im Wesentlichen aus Masten, die auf entsprechend ausgelegten Fundamenten montiert werden, und der aufliegenden Beseilung (Leiterseile und Erdseile). Eine dauerhafte Flächeninanspruchnahme erfolgt bei einer Freileitung dort, wo ein Aufbau von Masten notwendig ist, sowie unterhalb der Leiterseile im sogenannten Schutzstreifen. Dieser stellt den vorschriftsgemäßen Betrieb der Freileitung sicher. Die Breite des Schutzstreifens ist abhängig von der seitlichen Auslenkung der Seile bei Wind und dem Schutzabstand nach anerkannten Regeln der Technik.

Zum besseren Verständnis der technischen Zusammenhänge werden nachfolgend zunächst die wesentlichen technischen Elemente der Freileitung beschrieben.

4.3.1 Mastgründungen und Fundamente

Je nach Masttyp sowie Baugrund-, Grundwasser- und Platzverhältnissen können unterschiedliche Mastgründungen erforderlich sein. Zu den gängigen Fundamenttypen gehören Bohrpfahl-, Platten- oder Stufenfundamente. Für die Masten der geplanten AC-Anbindungsleitungen sind grundsätzlich Bohrpfahlfundamente als Einzel-, Zwillings- oder Drillingsbohrpfähle vorgesehen. Plattenfundamente oder Stufenfundamente sind vorgesehen, wenn Eingriffe in Wasserschutzgebieten minimiert werden sollen oder stark bewegtes Gelände dies erfordert. Grundsätzlich wird im Rahmen der Ausführungsplanung die Bohrpfahlgründung als vorzugswürdig erachtet. In den Bereichen, in denen die Bohrpfahlgründung nicht oder nur unter erschwerten Bedingungen möglich ist, wird ggf. auf die in den Prinzipzeichnungen dargestellten alternativen Fundamentgründungen zurückgegriffen. Die Ermittlung der exakten Fundamentgröße und -art erfolgt auf Basis der Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen im Zusammenhang mit der Erstellung der Bauausführungsunterlagen.

4.3.2 Masten

Die Masten einer Freileitung dienen als Stützpunkte für die Leiterseilaufhängungen und bestehen aus unterirdischem Fundament, Mastschaft, Querträgern (Traversen) und Erdseilstütze. Die ins Fundament eingelassenen, konisch auslaufenden Streben an den vier Mastecken werden als Eckstiele bezeichnet. Der Bereich von der untersten Traverse bis zur Erdseilspitze bildet den Mastkopf.

An den Traversen werden die Isolatorketten und daran die Leiterseile befestigt. Auf der Erdseilstütze liegen die sogenannten Erdseile und LWL auf. Die Erdseile werden für den Blitzschutz der Freileitung benötigt. Der LWL wird zur Betriebssteuerung des Netzes genutzt.

Die Anzahl der Stromkreise, deren Spannungsebene, die möglichen Abstände der Masten untereinander, die Bauform sowie die Dimensionierung der Masten bestimmen die Schutzstreifenbreite.

Amprion plant und konstruiert seine Masten so, dass:

- die Vorgaben der einschlägigen Normen und Vorschriften berücksichtigt werden,
- die technisch erforderlichen Abstände zwischen den stromführenden Leiterseilen untereinander und zu den geerdeten Mastbauteilen sicher eingehalten werden,
- die technisch erforderlichen Abstände zum Gelände und zu Objekten sicher eingehalten werden und
- die Stromkreise am Mast im Wartungsfall unabhängig voneinander gewartet und damit versorgungstechnische Engpässe vermieden werden können.

4.3.3 Beseilung, Isolatoren und Erdseil

Die geplanten Masten der AC-Anbindungsleitungen werden statisch und geometrisch für die Belegung mit zwei 380 kV-Stromkreisen ausgelegt. Ein Stromkreis besteht aus jeweils drei elektrischen Leitern (U, V, W).

Bei einem 380 kV-Stromkreis besteht jeder der drei elektrischen Leiter aus vier durch Abstandhalter miteinander verbundenen Einzelseilen (Viererbündel). Für die Übertragung des Stroms der zwei 380 kV-Stromkreise werden somit sechs Viererbündel erforderlich. Bei den miteinander verbundenen vier Leiterseilen eines Viererbündels handelt es sich um Verbundleiter, die i. d. R. aus Stahl- (St) bzw. Stalumdrähten (ACS) und Aluminiumdrähten (Al) bestehen. Die hier eingesetzten Aluminium- / Stalum-Leiterseile haben einen Durchmesser von ca. 3,3 cm und werden unter der Bezeichnung Al/ACS 550/70 geführt.

Jeder (Bündel-)Leiter ist mittels zweier Isolatoren an den Traversen der Masten befestigt. Jeder der beiden Isolatoren ist geeignet, um alleine die vollen Gewichts- und Zugbelastungen zu übernehmen.

Hierdurch ergibt sich eine höhere Sicherheit für die Seilaufhängung. An den Tragmasten sind die Leiterseile an nach unten hängenden Isolatoren in V-förmiger Anordnung angebracht, was eine engere Seilführung ermöglicht, durch welche wiederum Höhe als auch Breite des Mastes reduziert werden kann. Bei Abspann- / Endmasten sind in Leiterseilrichtung liegende Isolatoren (Abspannketten) angebracht. Standardmäßig kommen Kunststoff bzw. Glasfaser-Polyester (GfK) als Material zum Einsatz, welche bei gleichen Einsatzparametern kürzer und flexibler als die bisher üblichen keramischen Isolatoren sind.

Neben den stromführenden Leiterseilen werden über die Mastspitzen und im Mastschaft ein Blitzschutz bzw. Erdungsseile (Erdseile) mitgeführt. Das Erdseil soll verhindern, dass Blitzeinschläge in die stromführenden Leiterseile erfolgen und dies eine Störung des betroffenen Stromkreises hervorruft. Das Erdseil ist ein dem Leiterseil gleiches oder ähnliches Aluminium-Stahl-Seil. Der Blitzstrom wird mittels Erdseil auf die benachbarten Masten und über diese weiter in den Boden abgeleitet. Die Nachrichtenübermittlung und Fernsteuerung von Umspannanlagen erfolgt ebenfalls über die zur Anwendung kommenden LWL innerhalb des Erdseils.

5 Angaben zum Bau

Wie für die vorhabenkonkreten technischen Angaben werden nachfolgend Details und Angaben zum Bau der Erdkabelanlage, der Nebenanlagen und der AC-Anbindungsleitungen erläutert. Sofern im vorliegenden PFA die Errichtung der jeweiligen technischen Anlage nicht vorgesehen ist, wird auf eine Beschreibung zur allgemeinen Bauausführung verzichtet.

5.1 Angaben zum Bau der Erdkabelanlage

Die allgemeine Bauausführung zur Errichtung der Erdkabelanlage wird grundsätzlich in zwei Herstellungsphasen unterteilt. In einer ersten Herstellungsphase (Herstellungsphase 1) werden die Tiefbauarbeiten zur Herstellung der Kabelschutzrohranlage ausgeführt. In einer zweiten Herstellungsphase (Herstellungsphase 2) werden in die hergestellte Kabelschutzrohranlage die Energiekabel und die Begleitkabel eingezogen und die Muffenverbindungen hergestellt. Für die Umsetzung der ersten Herstellungsphase stehen verschiedene Bauweisen zur Verfügung. Die Regelbauweise umfasst dabei die Kabelgrabenherstellung in offener Bauweise. Unter bestimmten Voraussetzungen, wie z. B. der Kreuzung klassifizierter Straßen, bedeutender Fernleitungen, größerer Gewässer oder zur Eingriffsminimierung bzw. -vermeidung in naturschutzfachlich sensible Bereiche, können geschlossene Bauverfahren zur Anwendung kommen. Neben der offenen und der geschlossenen Bauweise kann das Kabelpflugverfahren als halboffenes Verfahren zur Anwendung kommen. Grundsätzlich hängt die Wahl der Bauweise und ihres Bauverfahrens von den örtlichen Gegebenheiten, wie z. B. den Bodenverhältnissen, den zu querenden Infrastrukturen oder den örtlichen Platzverhältnissen, ab. Während des Baus der Erdkabelanlage besteht Bedarf an verschiedensten Flächen unterschiedlicher Größe für z. B. Zuwegungen und Baustelleneinrichtungsflächen (BE-Flächen) zur Bauausführung oder Materiallagerung. Ziel ist es, dass die vorherige Flächennutzung (insbesondere durch die Landwirtschaft) nach der Baumaßnahme durch Anwendung einer bodenschonenden Bauweise und i. d. R. Rekultivierungsmaßnahmen wieder uneingeschränkt gegeben ist. Eine Ausnahme bilden die Flächen, die der jeweiligen Nutzung dauerhaft entzogen werden. Hierzu zählen insbesondere die Standorte für Konverter, KKÜS und MOS sowie dauerhafte Zuwegungen und die BOB der Erdungsmuffen.

5.1.1 Zuwegung

Zur Errichtung der geplanten Erdkabeltrasse ist es erforderlich, das Baufeld während der jeweils relevanten Bauphase mit Fahrzeugen und Geräten erreichen zu können. Die Zufahrt erfolgt dabei so weit wie möglich von bestehenden öffentlichen Straßen oder Wegen. Soweit dabei bisher unbefestigte oder teilbefestigte Wege ausgebessert oder befestigt werden müssen, kann dieser ertüchtigte Zustand in Absprache mit den jeweiligen Trägern oder Eigentümern auch dauerhaft erhalten bleiben. Eine Abstimmung hierzu erfolgt im Vorfeld der Bauphase.

Die für die Errichtung der Erdkabelanlage benötigten Zuwegungen haben eine unterschiedliche Nutzungscharakteristik und müssen z. B. in Abhängigkeit der Herstellungsphase unterschiedliche Anforderungen erfüllen. Für die erste Herstellungsphase im Rahmen der Tiefbauarbeiten sind z. B. überwiegend Zuwegungen erforderlich, die zur Abwicklung des Baustellenverkehrs und zur Andienung der BE-Flächen mit gängigen Transportfahrzeugen benötigt werden. Bei geschlossenen Bauweisen können zu den Start- und Zielbereichen für den An- und Abtransport von Drehbohrgeräten, Vortriebsmaschinen etc. schwerlastfähige Zuwegungen erforderlich werden. Im Rahmen der zweiten Herstellungsphase werden z. B. für den Antransport der Energiekabel Schwerlastzuwegungen erforderlich. Aus diesem Grund können z. B. die geplanten Tiefbauzuwegungen, die auch zur Andienung eines Muffenstandortes oder eines Start- und Zielbereichs für eine geschlossene Bauweise dienen, planerisch für den Schwerlastverkehr ausgelegt werden. Details zu den Bemessungsgrundlagen der Zuwegungen können auch in „Teil I3 – Verkehrs- und Logistikkonzept“ eingesehen werden.

Grundsätzlich erfolgen die Zuwegungen für die Herstellung der Erdkabeltrasse von einer klassifizierten Straße bis zum Baufeld. Von klassifizierten Straßen bis zur BE-Fläche soll die Zuwegung möglichst auf kurzem Wege und unter bestmöglicher Berücksichtigung der Nutzung vorhandener öffentlicher Straßen- und Wegestrukturen erfolgen, um so die Eingriffe möglichst gering zu halten. Die geplanten Zuwegungen haben eine Breite von ca. drei Metern auf gerader Strecke, die Schleppkurven und Einfahrradien der Baustraßen, die z. B. zu den Muffenplätzen führen, sind für die entsprechenden Schwerlastfahrzeuge ausgelegt und können damit breiter sein. Die benötigten Zuwegungen sind in „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ ausgewiesen.

Insbesondere landwirtschaftlich genutzte Wirtschaftswege sind aufgrund der vorhandenen Fahrbahnbreiten i. d. R. nicht auf einen Begegnungsverkehr von zwei Lastkraftwagen ausgelegt. Für diese Straßen und Wege ist vorgesehen, die Zuwegungen möglichst als Einbahnstraßensystem zu gestalten, wodurch ein Wenden entlang der Kabeltrasse sowie die Einrichtung von Ausweichstellen entfällt. In Bereichen, in denen lediglich eine Zuwegung vorhanden ist oder aus anderen Gründen kein Einbahnstraßensystem realisiert werden kann, wird die Herstellung von temporären Ausweichbuchten vorgesehen. Diese sollen ein planmäßiges Begegnen sowie Vorbeifahren während des Baustellenbetriebs ermöglichen. Bei längeren Abschnitten über nicht erschlossene Flächen ohne Baustellenzufahrten und ohne Realisierungsmöglichkeit eines Einbahnstraßensystems werden Ausweichbuchten angelegt, um Einschränkungen des Baustellenverkehrs zu vermeiden. In Kurvenbereichen werden die Fahrbahnbreiten der temporären Baustraßen auf die erforderlichen Schleppkurven angepasst.

Zur Reduzierung von Baustellenzufahrten für die Bereiche der offenen Bauweise wird der Baustellenverkehr i. d. R. auf bis zu fünf Meter breiten Baustraßen (siehe „Teil C4.1 – Prinzipzeichnung offene Bauweise (Regelgrabenprofil)“, innerhalb der temporären Arbeitsfläche parallel zum Kabelgraben geführt. In Abhängigkeit von dem festgestellten Untergrund kann der Aufbau der Baustraße innerhalb der temporären Arbeitsfläche aus Lastverteilplatten oder lastverteilendem und tragfähigen Schottermaterial auf einem Geotextil ausgebildet werden. Alternativ ist auch das Anlegen eines lastverteilenden Baustraßensystems auf der Oberbodenschicht möglich, sofern der Bodenschutz dies zulässt und es für die Bauabwicklung sinnvoll ist.

Grundsätzlich wird der Baustellenverkehr im Längstransport mittels der o. g. Zuwegungen bzw. Baustellenzufahrten in Abschnitte unterteilt. Dies ermöglicht regelmäßige Anbindungen an das öffentliche Straßen- und Wegenetz. Jede Zufahrt zur Baustelle kann in Abhängigkeit vom zukünftigen Bauablauf auch als Baustellenausfahrt fungieren.

Im Einzelfall wird zusätzlich geprüft, inwieweit der Rückschnitt von Bäumen und Sträuchern zur Freistellung des Lichtraumprofiles erforderlich ist, um so unnötige Beschädigungen durch Baufahrzeuge und Materialtransporte zu vermeiden. Rückschnitte an Bäumen und Sträuchern oder andere besondere Maßnahmen, die zum Herstellen der Befahrbarkeit erforderlich sind, können im Rahmen der ökologischen Baubegleitung aufgenommen und den Behörden angezeigt werden.

Für das Befahren von privaten Wegen und Flächen werden die entsprechenden privatrechtlichen Vereinbarungen mit den Eigentümern angestrebt. Im Bereich von betroffenen Straßen und Wegen wird vor Beginn und nach Abschluss der Baumaßnahme der Zustand mit den zuständigen Baulastträgern bzw. Eigentümern / Nutzern festgestellt und beweisgesichert.

5.1.2 Baubedarfsfläche

Entlang der Kabeltrasse sind BE-Flächen unterschiedlicher Größenordnungen für den Arbeitsstreifen sowie den Betrieb der Baustelle erforderlich. Der Arbeitsstreifen entlang der Kabeltrasse wird insbesondere benötigt, um die Erdkabelanlage herzustellen und z. B. Bodenmieten zu lagern. Weitere BE-Flächen an der Erdkabeltrasse werden z. B. für Rohr- und Materiallager, Vorstreckflächen, Gerätepark, Tagesunterkünfte, Bürocontainer und / oder Sanitäranlagen benötigt.

Der Regelarbeitsstreifen für die Herstellung der Erdkabeltrasse in der offenen Bauweise wird in „Teil C4.1 – Prinzipzeichnung offene Bauweise (Regelgrabenprofil)“ dargestellt. Wesentliche Bereiche der erforderlichen Arbeitsstreifenbreite bestehen aus dem Platzbedarf für die temporäre Bodenlagerung und die Baustraßen. In Ausnahmefällen muss ggf. von der Regelarbeitsstreifenbreite abgewichen werden.

Dies kann z. B. der Fall sein, wenn aufgrund von Engstellen abschnittsweise die Regelarbeitsstreifenbreite nicht zur Verfügung steht, wenn in Abhängigkeit der angetroffenen Topografie die Regelgrabenabmessungen variieren oder die Anzahl der unterschiedlichen, getrennt zu lagernden Bodenhorizonte variiert.

Im direkten Umfeld der Start- und Zielbereiche von geschlossenen Bauweisen werden darüber hinaus größere BE-Flächen für die Maschinentechnik und Baulogistik benötigt. In Abhängigkeit der einzusetzenden Vortriebstechnik sind hier die Platzbedarfe für Kranaufstellflächen, Baucontainer, Material- und Maschinenlagerflächen, Separationsanlagen und Bodenlagerflächen zu berücksichtigen.

Die BE-Flächen werden i. d. R. nach dem Abtragen des Oberbodens durch den Einbau einer ungebundenen mineralischen Schottertragschicht hergestellt, die mit geotextilen Vliesstoffen von dem anstehenden Boden getrennt werden. Die Höhe des Aufbaus der Tragschicht richtet sich nach dem Zustand des Unterbodens und der notwendigen baulichen Nutzung. In Einzelfällen kann auch eine temporäre Versiegelung einer Fläche erforderlich sein. Grundsätzlich werden ca. alle 10 km entlang des Trassenverlaufs größere BE-Flächen für die Lagerung von Materialien, für die Herstellung von ZFSV oder für Tagesunterkünfte für eine effiziente Baustellenlogistik geplant. Mit Abschluss der Bautätigkeiten werden die eingesetzten Stoffe und Hilfsmittel zurückgebaut. Die Erschließung mit Wasser und Energie sowie die Entsorgung erfolgen entweder über das bestehende öffentliche Netz oder über vorübergehende Anschlüsse in der für Baustellen üblichen Form.

Bei der Abgrenzung der temporären Baubedarfsflächen wurde u. a. darauf geachtet, dass – soweit möglich – wertvolle Biotopstrukturen gemäß Biotoptypenkartierung (siehe „Teil F4.3 – Bericht zur Biotoptypenkartierung“, Anhang zum LBP) nicht beansprucht werden.

Sämtliche für die Baumaßnahmen benötigte Flächen sind in den Lageplänen des „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ ausgewiesen.

Sollte durch die Arbeitsflächen (z. B. bei offener Querung) eine bestehende Wegebeziehung temporär unterbrochen werden, so wird eine Umleitung z. B. mit den betroffenen Eigentümern sowie dem zuständigen Straßenbaulastträger abgestimmt und ausgeschildert bzw. eine kurzzeitige Umverlegung des unterbrochenen Weges umgesetzt.

5.1.3 Maßnahmen zur Bauvorbereitung

Vor Beginn der Arbeiten zur Herstellung der Schutzrohranlage muss grundsätzlich die Baufreiheit hergestellt und gewährleistet sein. Dazu können u. a. vorbereitende Arbeiten, wie z. B. die Erschließung des Geländes über Baustellenzufahrten, das Freimachen des Geländes von Gehölzen, eine Kampfmittelsondierung oder archäologische Untersuchungen erforderlich sein.

Vor einem Eingriff in den Untergrund muss die Kampfmittelfreiheit gegeben sein. Hierzu wurde im Zuge der Planung eine Luftbildauswertung durchgeführt und anschließende Konzepte für die Sondierung der Flächen aufgestellt sowie erste Oberflächensondierungen durchgeführt. Im Vorfeld der Bauarbeiten werden weitere Untersuchungen in Abstimmung mit den zuständigen Ordnungsämtern und Behörden durchgeführt. Die weiteren erforderlichen Untersuchungen können u. a. weitere Oberflächendetektionen bzw. Tiefendetektionen beinhalten. Diese werden in Abhängigkeit des vorliegenden Verdachtes und der geplanten Bauweise festgelegt.

Für die Arbeiten im Bereich von Anlagen Dritter (z. B. Straßen oder Versorgungsleitungen) erfolgt eine Beweissicherung vor und nach Abschluss der Baumaßnahme unter Einbeziehung der Träger, Betreiber oder Eigentümer. Für Zufahrten von öffentlichen Straßen zum Baufeld sowie möglichen offenen Querungen von Straßen werden von den zuständigen Straßenbaulastträgern verkehrsrechtliche Anordnungen eingeholt, über die die erforderlichen Maßnahmen zur Regelung des Verkehrs, zu Sperrungen und Umleitungen, zur Verkehrssicherung und ggf. erforderlichen bauzeitlichen Signalanlagen einschließlich aller Beschilderungen sowie zur baulichen Gestaltung von Zufahrten geregelt werden. Darüber hinaus werden die Baustellenzufahrten so gestaltet, dass die für die jeweilige Andienung erforderlichen Radien zum Ein- und Ausfahren gegeben sind. Die zuständige Behörde legt zudem fest, welche Art der Befestigung der Baustellenzufahrt im Übergangsbereich zum öffentlichen Straßenraum zu erfolgen hat und ob in Abhängigkeit von den Sichtverhältnissen eine Anpassung der

zulässigen Geschwindigkeit im Umfeld der Zufahrt erforderlich wird. Sofern im Rahmen einer Straßenquerung in offener Bauweise eine großräumigere Umleitung ihren Zweck verfehlt oder aus anderen Gründen eine Straßennutzung gewährleistet bleiben muss, wird eine bauzeitliche Umfahrung eingerichtet.

Sofern Gehölzfäll- oder Baumschnittarbeiten im Bereich der benötigten Flächen notwendig sind, werden diese im Zeitraum von Anfang Oktober bis Ende Februar durchgeführt. Je nach Baubeginn und geplanter Bauabfolge werden diese Arbeiten für die erforderlichen Bereiche vorlaufend durchgeführt.

Nachfolgende Arbeiten können als Maßnahmen zur Bauvorbereitung durchgeführt werden:

- Kampfmitteldetektion und ggf. -räumung,
- Baugrunduntersuchung,
- archäologische Prospektion,
- Beweissicherung z. B. von Infrastruktureinrichtungen, benachbarten baulichen Anlagen, Straßen, Wegen, Zufahrten etc.,
- Trassenräumung inkl. Gehölzentnahme,
- ggf. und soweit privatrechtlich möglich Graseinsaat zur biomechanischen Stabilisierung der Oberflächen im Bereich der zukünftigen Baubedarfsflächen,
- ggf. und soweit privatrechtlich möglich Verzicht auf Düngung im Bereich von Flächen mit Oberbodenabtrag in Abstimmung mit dem jeweiligen Bewirtschafter (Nitratreduzierung).

Nach Durchführung der bauvorbereitenden Maßnahmen und grundsätzlicher Sicherstellung der Baufreiheit kann mit der Herstellung der Kabeltrasse begonnen werden.

5.1.4 Herstellung der Kabeltrasse in offener Bauweise

Die Herstellung der Kabeltrasse in offener Bauweise stellt das Standardverfahren zur Kabelschutzrohrverlegung dar und entspricht den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Bei der offenen Bauweise erfolgt die Verlegung der Kabelschutzrohranlage in bis zu vier einzelnen Kabelgräben. Der grundsätzliche Aufbau und Ablauf der Herstellung der Kabeltrasse in offener Bauweise während der Bauphase ist in „Teil C4.1 – Prinzipzeichnung offene Bauweise (Regelgrabenprofil)“ dargestellt. Die folgende Abbildung 5-1 zeigt beispielhaft das Regelgrabenprofil der offenen Bauweise für vier nebeneinander liegende Systeme. Die Erläuterungen zur Herstellung der Kabeltrassen in offener Bauweise erfolgen ebenfalls beispielhaft am Regelgrabenprofil für vier Systeme, da die Abfolge für die Herstellung der Kabeltrasse in offener Bauweise für zwei oder ein System(e) in reduzierter Form nahezu identisch bleibt. In „Teil C4.1 – Prinzipzeichnung offene Bauweise (Regelgrabenprofil)“ ist für den vorliegenden PFA neben dem Regelgrabenprofil für vier Systeme auch das Regelgrabenprofil für zwei parallele Systeme abgebildet.

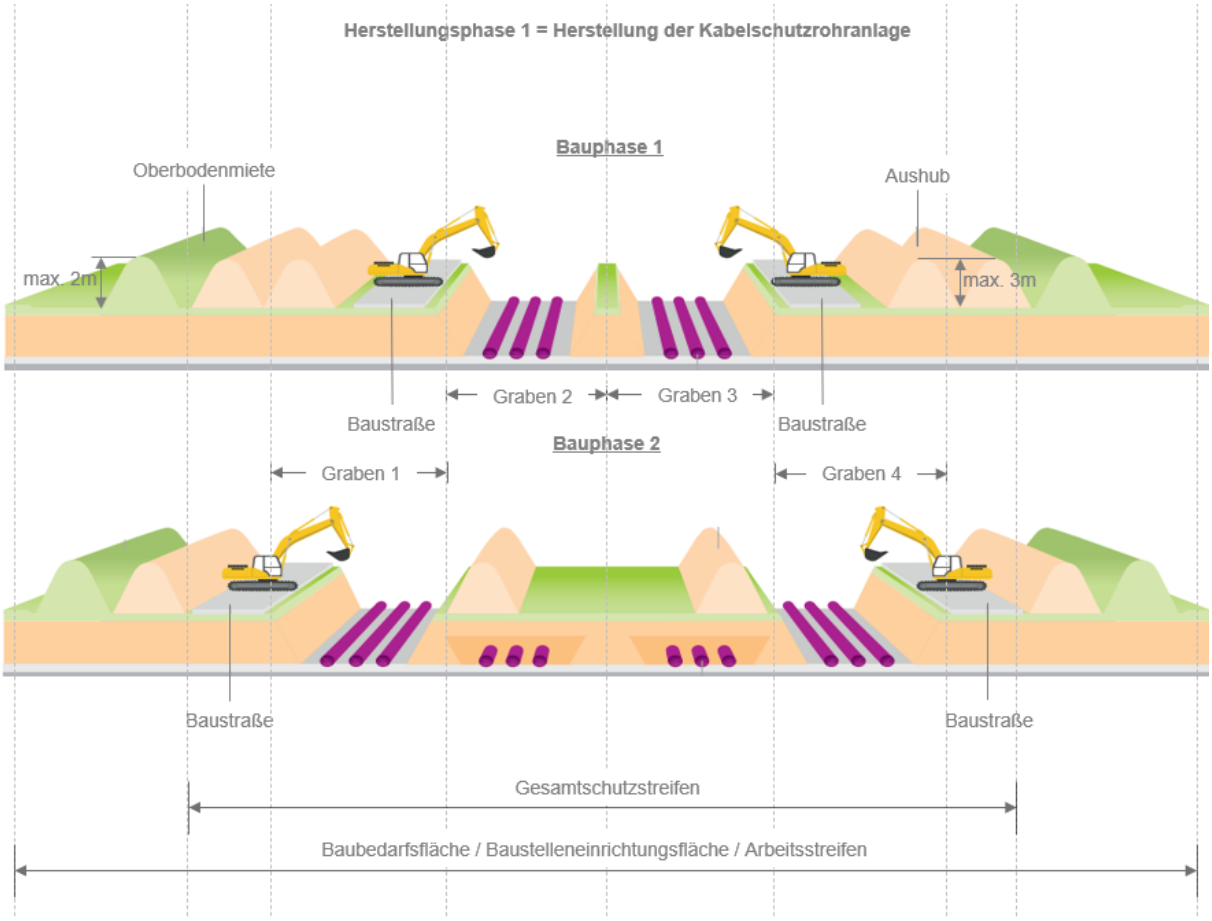


Abbildung 5-1: Schematische Darstellung Regelgrabenprofil offene Bauweise für vier Systeme

Die grundsätzliche Dimensionierung der Kabelgräben erfolgt in Abhängigkeit der folgenden technischen Anforderungen und Rahmenbedingungen:

- Anzahl der Erdkabel und Begleitkabel,
- Durchmesser der Kabelschutzrohre,
- Achsabstand der Kabelschutzrohre,
- Regelüberdeckung der Kabelschutzrohre,
- Bettung der Kabelschutzrohre,
- Eigenschaften der anstehenden Böden entsprechend aktuellem Kenntnisstand,
- Wechselwirkungen mit Kreuzungsobjekten Dritter.

Die Errichtung der Kabelschutzrohranlage in offener Bauweise wird grundsätzlich in zwei Bauphasen aufgeteilt. Hierbei wird für jedes Erdkabelsystem i. d. R. ein separater Kabelgraben angelegt (siehe Abbildung 5-1). Für die Herstellung der beiden inneren Systeme in der Bauphase 1 werden die äußeren Flächen des Regelarbeitsstreifens entlang der Baustraßen als Bodenlager für das Aushubmaterial verwendet. Bei der Öffnung der Kabelgräben wird der Unterboden grundsätzlich entsprechend der vorgefundenen Bodenschichtung getrennt auf separaten Bodenmieten neben dem Kabelgraben innerhalb des Arbeitsstreifens aufgesetzt.

Auf der Grabensohle werden anschließend die Kabelschutzrohre, welche i. d. R. in Einzellängen angeliefert werden, eingebaut und zu einer fortlaufenden Kabelschutzrohranlage verbunden. Dies

erfolgt i. d. R. über Steckmuffen, Schweißmuffen oder Spiegelschweißungen. Neben den Kabelschutzrohren für den späteren Einzug der Energiekabel werden in dieser Bauphase auch die Kabelschutzrohre für die Begleitkabel (LWL) mitverlegt. Die Anordnung der Begleitkabel im Regelgraben kann dem „Teil C4.1 – Prinzipzeichnung offene Bauweise (Regelgrabenprofil)“ entnommen werden.

Nach Verlegung der Kabelschutzrohre werden ein Bettungskörper im unteren Bereich der Grabensohle um die Kabelschutzrohre eingebracht (siehe Kapitel 5.1.12) und die Kabelgräben der inneren Systeme entsprechend der vorgefundenen Bodenschichten rückverfüllt.

Im Anschluss werden im Rahmen der Bauphase 2 die Kabelgräben der beiden äußeren Systeme ausgehoben. Für die Lagerung des Kabelgrabenaushubs werden zum Teil auch die Flächen oberhalb der bereits fertiggestellten Kabelgräben der inneren Systeme genutzt. So lassen sich der Flächenbedarf zur Lagerung des Aushubmaterials und die Arbeitsstreifenbreite optimieren.

Nach der Verlegung der Kabelschutzrohre für Erd- und Begleitkabel und der Verfüllung der Gräben erfolgt die Rekultivierung der Oberfläche.

Grundsätzlich wird für die Kabelgrabenherstellung in etwa der Breite des Schutzstreifens der Oberboden abgetragen und seitlich im Randbereich des Arbeitsstreifens in Mieten gelagert. Die temporären Baustraßen sind auf Basis der Verdichtungsempfindlichkeit der anstehenden Böden entsprechend „Teil I1 – Bodenschutzkonzept“ auszuführen. Hierbei sind z. B. die Ausführungen von Schottertragschichten, Stahlplatten und / oder vorgefertigten Baustraßenelementen möglich. Um bei einem späteren Rückbau der Baustraße und befestigten BE-Flächen ein Vermischen von Fremdmaterialien und vorhandenem Boden je nach gewähltem Aufbau zu vermeiden, wird vor der Herstellung ein Geotextil ausgelegt. Baustraßen sind ggf. über temporäre Zuwegungen an vorhandene Straßen und Wege anzuschließen.

Zur Planung und Umsetzung der Kabelgräben gilt die Norm des Deutschen Instituts für Normung e. V. (DIN) 4124 in ihrer aktuellen Fassung. Der Aushub des Grabens erfolgt gemäß den darin enthaltenen Regelungen für die Herstellung von geböschten und verbauten Gräben, Arbeitsraumbreiten, Mindestbreiten sowie Mindestabständen von Baumaschinen zur Böschungskante. Darüber hinaus gelten sonstige technische Vorschriften, die z. B. die fachgerechte Behandlung und Verwendung von Böden regeln. Je nach erforderlicher Grabentiefe werden die Kabelgräben i. d. R. in geböschter Bauweise mit einem Böschungswinkel von ca. 45° bis 60° hergestellt. Bei nicht standfesten Bodenverhältnissen, beengten Platzverhältnissen oder anderen bautechnischen Abhängigkeiten kann der Einsatz eines Grabenverbaus zur Grabensicherung erforderlich werden. Die Sohltiefe der Kabelgräben liegt bei ca. 1,80 m. Die Kabelschutzrohre werden i. d. R. mit einer Mindestüberdeckung von ca. 1,30 bis 1,40 m innerhalb des Bettungskörpers verlegt. Die Überdeckung oberhalb der Trassenwarneinrichtung (Sicherungssystem) wird mindestens 1,10 m betragen. In Einzelfällen kann zur Sicherstellung der Tragfähigkeit der Grabensohle auch ein teilweiser Bodenaustausch und der Einbau von Sand oder Sandmatten erforderlich sein. Die Umsetzung dieser Einzelmaßnahmen wird unter Berücksichtigung der konkreten örtlichen Verhältnisse gemeinsam mit der bodenkundlichen Baubegleitung festgelegt. Die Regelarbeitsstreifenbreite beträgt für die Herstellung von vier nebeneinander liegenden Kabelgräben bei Verwendung des Bettungsmaterials ZFSV 75 m. In den ausgewiesenen Baubedarfsflächen wird der Oberboden abgetragen und bis zur späteren Wiederherstellung in Mieten (max. 2 m hoch) seitlich auf der BE-Fläche, getrennt vom übrigen Bodenaushub gelagert. Der Bodenaushub der nachfolgenden Bodenschichten kann bis max. 3 m gelagert werden. Die Gesamtschutzstreifenbreite beträgt bei Verwendung des Bettungsmaterials ZFSV regelhaft ca. 31 m. In Abhängigkeit der Topografie, insbesondere in Hanglagen mit einem Quergefälle, der Bodenqualität oder des Einsatzes anderer Bettungsmaterialien kann es z. B. auch zu Abweichungen der regelhaften Mindestüberdeckungen, Arbeitsstreifen- und Schutzstreifenbreiten kommen. Kommt z. B. kein ZFSV, sondern Sand als Bettungsmaterial zum Einsatz, werden die Kabelschutzrohre z. B. auf eine auf die Grabensohle aufgebrachte Sandbettung gelegt und anschließend allseitig eingesandet. In Bereichen mit einem hohen Quergefälle wird z. B. eine Staffelung der Rohrgräben erforderlich sein. Die tatsächlichen und standortspezifischen Flächenbedarfe sind in „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ ausgewiesen.

Im Bereich von Engstellen, wie z. B. sensiblen Strukturen, ist im Einzelfall eine Abweichung vom Regelgrabenprofil zur Verringerung der Arbeitsstreifenbreite notwendig. Der ausgehobene Oberboden

wird in diesem Fall nicht im Arbeitsstreifen innerhalb der Engstelle gelagert, sondern auf Lagerflächen außerhalb dieser Engstelle transportiert. Hierdurch entsteht die Notwendigkeit zusätzlicher Transporte sowie der Bedarf an Lagerflächen außerhalb des Regelarbeitsstreifens. Die Breite des Arbeitsstreifens kann hierdurch auf ein Mindestmaß reduziert werden.

Im Übergangsbereich von offenen zu geschlossenen Bauabschnitten erfolgt eine sukzessive Anpassung von Tiefenlage und Achsabstand der Schutzrohre, da die geschlossene Bauweise in größeren Tiefenlagen hergestellt wird und aus bautechnischen sowie kabelthermischen Gründen größere Achsabstände zwischen den Energiekabeln einzuhalten sind. In diesen Übergangsbereichen ist somit auch ein breiterer Arbeitstreifen herzustellen. Die Verlegung der Kabelschutzrohre im Übergangsbereich erfolgt i. d. R. in geböschten Baugruben. Je nach örtlichen Gegebenheiten können jedoch auch verbaute Baugruben errichtet werden. Teile des Baugrubenverbaus können nach Herstellung der Kabelschutzrohranlage wieder zurückgebaut werden.

Der Trassenverlauf des Rhein-Main-Link quert mehrfach die Versorgungsleitungen Dritter. In Abhängigkeit von der Art der Versorgungsleitung und der Tiefenlage können diese Leitungen in offener Bauweise gekreuzt werden. Vor dem Beginn der Aushubarbeiten werden die vorhandenen Versorgungsleitungen örtlich eingemessen und markiert. Eine regelhafte Unterquerung dieser Leitungen ist in den Kreuzungsregelprofilen (siehe „Teil C4.2 – Prinzipzeichnung Kreuzung offene Bauweise“) dargestellt. Vor der baulichen Ausführung der Querungen werden die jeweiligen Versorgungsträger informiert. Die im Vorfeld mit den Versorgungsträgern abgestimmten Schutz- und Arbeitsanweisungen werden hierbei umgesetzt. Da die Leitungen Dritter i. d. R. mit einer Mindestüberdeckung nach DIN 1998 verlegt werden müssen und diese deutlich geringer als die Verlegetiefe der HGÜ-Leitungen des Rhein-Main-Link ist, werden die im Trassenraum vorhandenen Infrastrukturleitungen falls möglich in offener Bauweise unterquert.

Falls für die Aushubarbeiten erforderlich, erfolgt eine zeitlich begrenzte Grundwasserabsenkung längs der Kabeltrasse. Muss Oberflächen- oder Grundwasser aus den Baugruben gepumpt werden oder werden Grundwasserhaltungsmaßnahmen notwendig, wird dieses entweder im direkten Umfeld versickert oder in nahegelegene Vorfluter ggf. unter Vorschaltung eines Absetzbeckens in Abstimmung mit der zuständigen Fachbehörde eingeleitet (siehe Kapitel 5.1.11). Für die einzelnen Trassenabschnitte, in denen z. B. eine Wasserhaltung wahrscheinlich / erforderlich ist, sind in „Teil H1 – Wasserrechtlicher Bericht“ die wasserrechtlichen Anträge gemäß § 8 und 9 WHG für Grundwasserentnahmen und Gewässerkreuzungen (§ 36 WHG) dargelegt. Die ortskonkret geplanten Maßnahmen zur Wasserhaltung können außerdem „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ entnommen werden.

Die zuvor geschilderten Arbeiten finden in Form einer Wanderbaustelle statt.

Die Arbeiten finden unter Einhaltung des Bodenschutzkonzeptes und unter Begleitung einer Bodenkundlichen Baubegleitung statt (siehe „Teil I1 – Bodenschutzkonzept“).

Die Verwendung der Kabelschutzrohranlage ermöglicht es, die Arbeiten (Herstellungsphase 1) zur Herstellung der Kabelschutzrohranlage von der späteren Kabelinstallation (Herstellungsphase 2) zu trennen. So wird vermieden, dass im Projektgebiet über eine komplette Kabelsektion offene Gräben vorgehalten werden müssen, um die entsprechende Kabeleinzellänge von Muffenstandort zu Muffenstandort zu installieren. Dieses Vorgehen reduziert sowohl die Eingriffe in den Boden und das Grundwasser als auch die bauzeitlichen Einschränkungen für die Flächeneigentümer und -bewirtschafter im Vergleich zur Kabelverlegung ohne Kabelschutzrohr.

Sofern vorhandene Drainagen von den Baumaßnahmen betroffen sind, werden diese von der Vorhabenträgerin – falls noch nicht im Rahmen vorheriger Baumaßnahmen geschehen – in Abstimmung mit dem Eigentümer während der Bauzeit gesichert, angepasst bzw. umgelegt oder nach der Baumaßnahme wiederhergestellt.

5.1.4.1 Kabelpflug

Allgemeine Beschreibung

Beim Kabelpflugverfahren handelt es sich um ein halboffenes Einbauverfahren, das prinzipiell nur in verdrängbaren Bodenarten eingesetzt werden kann. Bei diesem Verfahren wird das Erdreich mit Hilfe eines Pflugschwertes verdrängt und das Kabel bzw. Kabelschutzrohr über einen Verlegeschacht auf die Sohle des so geformten Schlitzes abgelegt (siehe Abbildung 5-2). Gleichzeitig können über der Leitung in definierten vertikalen Abständen Begleit- und Warneinrichtungen, wie Leerrohre DA50 für Begleitkabel und Trassenwarnband, in den Boden eingebracht werden. Beim dynamischen Kabelpflug (Vibrationspflug) wird die Verdrängung des Bodens im Gegensatz zum statischen Pflugverfahren mittels Vibration unterstützt. Ein Graben nach DIN 4124: 2012-01 ist sowohl beim statischen als auch beim dynamischen Kabelpflug nicht erforderlich.

Bei größeren Verlegetiefen und Schutzrohrdimensionen, zu deren Verlegung höhere Kräfte erforderlich sind (wie sie beim Bau von HGÜ-Erdkabelleitungen vorliegen), werden seilgezogene Verlegepflüge eingesetzt, die von einer bzw. mehreren Zugmaschinen gezogen werden.

Aufgrund der hohen auftretenden Kräfte verankert sich die Zugmaschine mit einem Stützschild im Boden, um so unerwünschten Schlupf der angetriebenen Räder insbesondere auf weichem Untergrund zu vermeiden. In Abhängigkeit des jeweils zu pflügenden Bodens bzw. der auftretenden Widerstände können bis zu drei Zugmaschinen – dann in Dreiecksform angeordnet – eingesetzt werden.

Um das Pflugschwert auf die planmäßige Verlegetiefe zu bringen, wird am Trassenbeginn eine Startgrube ausgehoben. Die Abmessung der Startgrube richtet sich nach der Bodenbeschaffenheit und dem sich daraus ergebenden Böschungswinkel. Prinzipiell ist auch ein Einsatz unterhalb des Grundwassers möglich. Je nach Grundwasserstand wird die vorauseilende Absenkung des Grundwassers im Bereich der Startgrube sowie in Einzelfällen im Bereich der zu pflügenden Gräben erforderlich. Nach dem Einpflügen der Schutzrohre wird das Pflugschwert i. d. R. ohne zusätzliche Herstellung einer Grube aus der bereits gepflügten Trasse gehoben.

Die in einzelnen Rohrlängen angelieferten Kabelschutzrohre werden vor dem eigentlichen Pflugvorgang abschnittsweise zu Rohrsträngen innerhalb des Arbeitsstreifens verbunden und parallel zur Trasse vorgerichtet, um sie im Anschluss einpflügen zu können.

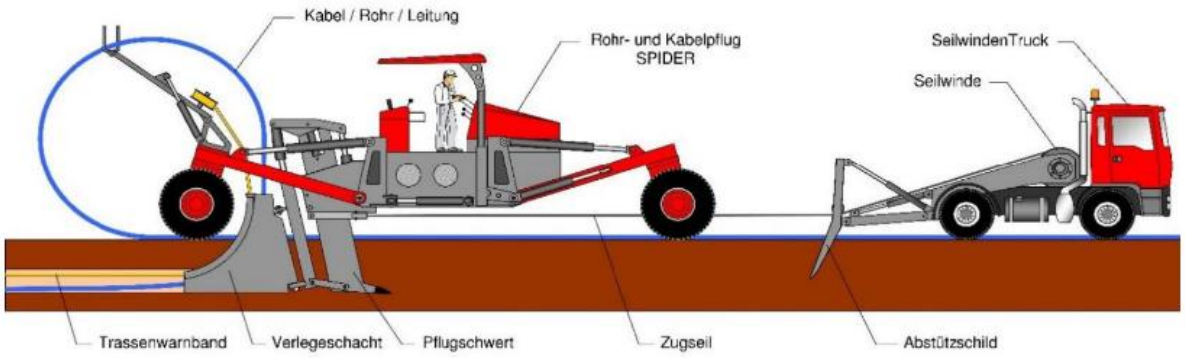


Abbildung 5-2: Einpflügen von Schutzrohren¶(Walter Föckersperger GmbH 2020)

Beim Kabelpflug werden i. d. R. der Oberboden und ggf. vorhandener Grünlandbewuchs nicht entfernt. Es ergibt sich i. d. R. folgender Bauablauf:

- Abstecken des Arbeitsstreifens
- Freimachen des Baufeldes
- Anlegen von Zufahrten und Baustelleneinrichtung
- Sicherung von Fremdleitungen und Drainagen

- Schweißen und Vorrichten der Kabelschutzrohre
- Herstellen der Startgruben
- Ausführung des Kabelpfluges
- Wiederverfüllung der Startgrube und Rückbau der Baustelleneinrichtung
- Rekultivierung der Flächen

Grundsätzlich kann das Pflugverfahren in wechselnden Bodenverhältnissen und auch unterhalb der Grundwasseroberfläche eingesetzt werden. Um das Pflugsystem einsetzen zu können, ist es erforderlich, dass der Baugrund ausreichend tragfähig ist und sowohl mit dem radangetriebenen Pflug als auch dem Zugfahrzeug befahren werden kann.

Als bautechnische Bedingung ist zu beachten, dass keine Infrastrukturen und baulichen Anlagen wie Fremdleitungen oder gebundene Straßen vorliegen. Gräben bis ca. 1,80 m Grabensohle können mit dem Pflug unterquert werden. Die Verlegelängen der einzupflügenden Kabelschutzrohre sind nicht durch das Verfahren, sondern durch die Geländeeigenschaften (z. B. Kreuzungen mit Infrastrukturen) und das Flächen-Inventar (Leitungen, Sammler etc.) begrenzt. Ohne Hindernisse sollte eine längere Strecke am Stück mit dem Pflug verlegbar sein, um wirtschaftlich zu sein (i. d. R. mind. 300 m).

Der Pflug kann mehrere Kabelschutzrohre als Bündel sowie Trassenabdeck- und Warnbänder in einem Arbeitsgang verlegen. Die Verlegetiefe ist stufenlos von 0,60 m bis 2,50 m einstellbar. Grundsätzlich kann das Schwert des Pfluges bis auf 3,20 m ausgefahren werden.

Die Breite der temporären Flächeninanspruchnahme ist i. d. R. geringer als bei der offenen Regelbauweise, da der Arbeitsstreifen aufgrund der geringeren Aushublagerung kleiner ist. Im Vergleich zur Verlegung im Regelgrabenprofil ist ebenfalls von einer kürzeren temporären Flächeninanspruchnahme für das reine Pflugverfahren auszugehen. Jedoch muss der Aufwand zur Beseitigung von Schäden an möglicherweise bestehenden Drainagesystemen durch das Pflügen ebenso wie die Vorarbeiten bei der Baustelleneinrichtung und die Zeit zum Vorschweißen der Rohre berücksichtigt werden. Für die Reparatur der Drainagen sind auch entsprechende Lagerflächen für den Aushub erforderlich.

In Bezug auf die dauerhafte Flächeninanspruchnahme durch den Schutzstreifen ist regelhaft von einer höheren Betroffenheit als bei der offenen Regelbauweise auszugehen. Grund dafür sind die je nach Bodenverhältnissen höheren Kabelachsabstände, z. B. bei sehr trockenen Böden mit geringen Wärmeleitfähigkeiten. Im Rahmen der Bauausführung kann auf die Anwendung des Kabelpflugverfahrens gewechselt werden, sofern es hierdurch im Einzelfall zu keinen erhöhten oder neuen Betroffenheiten kommt.

Insbesondere stehen beim Einsatz des Kabelpflugs geringere Auswirkungen auf den Boden im Vordergrund. Im Vergleich zur offenen Bauweise ist keine Grabenöffnung, mit Ausnahme der Startgrube, erforderlich, wodurch es nahezu keinen Bodenaushub gibt, der gelagert werden muss. Dadurch ist das Vermischungsrisiko der unterschiedlichen Bodenhorizonte reduziert. Die grabenlose halboffene Bauweise hat ebenso den Vorteil, dass keine Sauerstoffzufuhr zu sulfatsauren und torfigen Unterbodenschichten erfolgt und folglich diesbezüglich fast keine Bodendegradation erfolgt. Zudem ist i. d. R. keine Grundwasserhaltung erforderlich, mit Ausnahme der kurzfristigen Wasserhaltung im Bereich der Startgruben. Insgesamt ist die Verlegegeschwindigkeit höher und entsprechend die Bodenbeanspruchung kürzer. Die Erfahrung von anderen Projekten der Vorhabenträgerin zeigte jedoch auch Schwierigkeiten, z. B. können aufgrund der hohen Anzahl an Befahrungen auf ungeschütztem Boden Verdichtungsschäden ausgelöst werden, da Lastverteilplatten technisch / operativ nicht bzw. kaum sinnvoll einsetzbar sind. Zudem sind die linearen Verdichtungen durch den Kabelpflugschacht und punktuelle Verdichtungen durch das Stützschild mit Lockerungstechnik schlechter systematisch zu bearbeiten. Diese Erkenntnisse wurden bereits in anderen Projekten der Vorhabenträgerin aufgenommen und bautechnisch mitigiert. Der Kabelpflug kommt im vorliegenden PFA NI3 derzeit nicht zum Einsatz.

5.1.5 Herstellung der Kabeltrasse in geschlossener Bauweise

Neben der offenen Bauweise als Standardbauweise kommen auch geschlossene Bauverfahren zum Einsatz. Grundsätzlich wird bei der geschlossenen Bauweise zwischen steuerbaren und nicht steuerbaren Verfahren unterschieden. Steuerbare Verfahren kommen i. d. R. bei längeren Bohrungen zum Einsatz, bei denen während der Unterquerung Richtungsänderungen und -korrekturen – unter Berücksichtigung des zulässigen Biegeradius – notwendig sind. Die Bezeichnung „nicht steuerbar“ bedeutet, dass die Ausrichtung des Vortriebs nur zu dessen Beginn festgelegt, also nicht kontinuierlich angepasst werden kann.

Im Folgenden werden die Verfahren beschrieben, die im Verlauf der geplanten Trasse z. B. für Kreuzungen mit Straßen, Gewässern und anderen sensiblen Strukturen in Abhängigkeit von den technischen Rahmenbedingungen in Betracht kommen:

- Horizontal-Directional-Drilling (HDD)-Verfahren (steuerbares Verfahren),
- Pilotrohrvortrieb (steuerbares Verfahren),
- Mikrotunnelbau (steuerbares Verfahren) und
- Horizontal-Pressbohrverfahren (nicht steuerbares Verfahren)
- Sonderbauverfahren

Die Auswahl und Auslegung der eingesetzten Verfahren ist abhängig von einer Vielzahl von Parametern (z. B. Baugrund- und Grundwasserverhältnissen, Topografie, Querungslängen, zu querende Infrastruktur etc.). Das jeweilige zum Einsatz kommende Kreuzungsverfahren kann ortsspezifisch dem „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ sowie dem „Teil C5 – Kreuzungsdetailpläne Einzelfall“ entnommen werden. Im vorliegenden PFA NI3 kommen nach aktuellem Stand das HDD- und das Mikrotunnelbauverfahren vor.

Bei einer geschlossenen Bauweise werden die zu unterquerenden Anlagen und Bereiche baulich ausgespart. Im Bereich der Start- und Zielbereiche kann die geschlossene Bauweise aufgrund der i. d. R. größeren Tiefenlage im Boden zu einem umfangreicheren Eingriff in den Grundwasserhaushalt führen. Wesentlich längere Bauzeiten sind zu veranschlagen. Bei der Querung von Straßen ist die Abwägung zwischen der offenen und geschlossenen Bauweise abhängig von z. B. der Verkehrsbelastung und Klassifizierung der Straße. Die Bauweise wird dabei i. d. R. mit den jeweils zuständigen Trägern abgestimmt. Bei der Querung von Gewässern ist die Bauweise z. B. abhängig von der Wasserführung, den Durchflussmengen und dem ökologischen Potenzial der Gewässer. Auch hier wird die Bauweise mit den jeweiligen zuständigen Behörden i. d. R. abgestimmt.

Für die Herstellung der Start- und Zielbereiche können in Abhängigkeit von den örtlichen Randbedingungen sowie dem gewählten Bauverfahren ausgewählte Verbauelemente (z. B. Spundwände, Bohrpfähle) sowie Baubehelfe zum Einsatz kommen, die teilweise im Boden verbleiben können und nicht vollständig zurückgebaut werden. Die Vorgehensweisen entsprechen den anerkannten Regeln der Technik und dienen der Minimierung von Baugrundrisiken, der Sicherung angrenzender Bauwerke und / oder der Reduzierung von Bauzeiten, Lärm- und Erschütterungsbelastungen. Oberflächennah verbleibende Elemente werden mindestens 1,10 m unterhalb der GOK abgetrennt bzw. zurückgebaut. Baugruben und Hohlräume werden ordnungsgemäß verfüllt und abgedichtet.

Im Bereich von geschlossenen Bauweisen (insbesondere beim HDD-Verfahren) können sogenannte Vorstreckflächen erforderlich werden, auf denen die Kabelschutzrohre für den Einzug vormontiert werden. I. d. R. befinden sich diese Flächen innerhalb der Arbeitsflächen des Regelarbeitsstreifens, sie können aber z. B. bei abknickendem Trassenverlauf auch aus diesen herausragen. Die entsprechende Flächeninanspruchnahme ist in „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ ortskonkret dargestellt. Die Zufahrten sind grundsätzlich für eine Anfahrt der Baustelle mit Großgerät (z. B. Tieflader, Mobilkrane) ausgelegt. Bei kleinräumig zu querenden Hindernissen kann eine direkte Überfahrt vorgesehen werden, sofern es die örtlichen Gegebenheiten zulassen. Dies ermöglicht ein Übersetzen der Maschinen und Geräte zwischen Ziel- und Startseite.

5.1.5.1 HDD-Verfahren (steuerbares Verfahren)

Allgemeine Beschreibung

Beim HDD-Verfahren (siehe Abbildung 5-3) handelt es sich um ein steuerbares Verfahren. Hierbei werden lediglich kleinere, meist abgeböschte Start- und Zielbereiche für die Aufnahme der Bohrspülung / Bohrsuspension erforderlich, da die Bohrungen mit Eintrittswinkeln zwischen 10° und 15° von der Geländeoberfläche erfolgen und einen bogenförmigen Verlauf haben. Durch die flachen Ein- und Austrittswinkel werden die Bohrlängen im Vergleich zu anderen Verfahren länger, da vor Unterquerung des Hindernisses die erforderliche Querungstiefe erreicht werden muss.

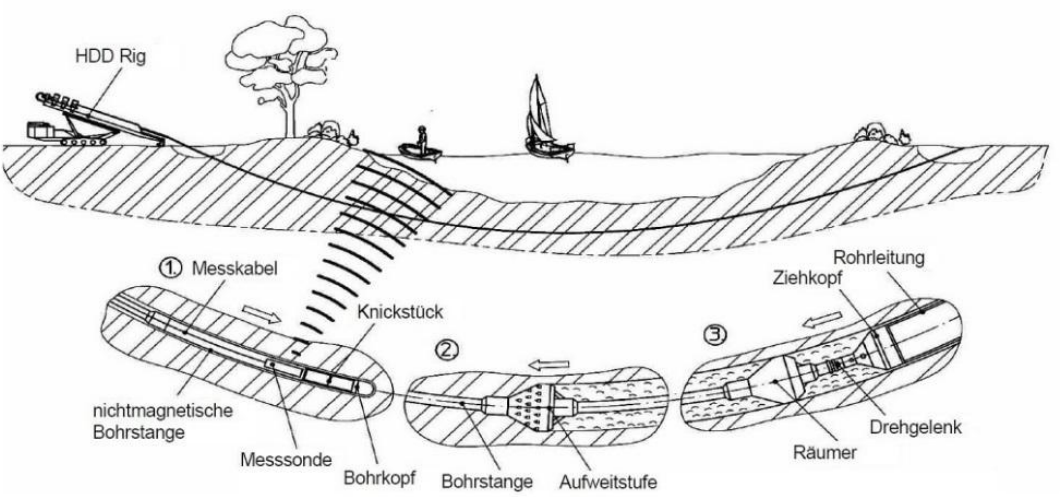


Abbildung 5-3: Schematische Darstellung HDD-Verfahren¶(DWA 2020)

Beim HDD-Verfahren wird zwischen der Rig- und Pipesite unterschieden (siehe Abbildung 5-3). Auf der Rig-Seite wird das Bohrgerät zur Durchführung der HDD platziert. Auf der Pipesite werden die vorgeschweißten Kabelschutzrohre für den späteren Einzug vorbereitet und ausgelegt. Die Bohrarbeit beginnt mit einer Pilotbohrung von der Rigsite, bei der ein Bohrgestänge bodenaustragend und gesteuert vorgetrieben wird. Der Abbau des Bodens erfolgt bei Lockergesteinsbohrungen hydrodynamisch mit Hochdruckdüsen am Bohrkopf und zugleich mechanisch mit Schneidelementen am Bohrkopf. Bei Festgestein erfolgt der Bodenabbau durch einen Bohrmotor mit Bohrmeißel. Das dem Bohrkopf folgende Gestänge hat hierbei immer einen kleineren Durchmesser als der Bohrkopf selbst.

Die Stützung des Bohrloches sowie der Abbau und der Transport des Bodens bzw. des Bohrkleins erfolgen hydraulisch innerhalb des Bohrlochs mittels einer Suspension (i. d. R. Bentonit-Wasser-Suspension). Sie tritt kontinuierlich in der Startgrube aus und wird in einer Separationsanlage durch die Abtrennung des Bohrkleins aufbereitet, um der HDD-Bohrung anschließend als Stütz-, Schmier- und Antriebsmedium erneut zur Verfügung zu stehen.

Die Überwachung der Position des Bohrkopfes im Bohrloch erfolgt über eine Ortung z. B. nach dem Sender-Empfänger-Prinzip. Es stehen unterschiedliche Ortungssysteme zur Verfügung (z. B. Kreiselkompass, Walk-Over). Die Steuerung erfolgt durch eine asymmetrische Steuerfläche des düsenbesetzen Bohrkopfes oder durch ein am Bohrlochmotor integriertes Knickstück. Um die Abweichung der Ist-Bohrlinie von der Soll-Bohrlinie (geplante Bohrlinie) so gering wie möglich zu halten, muss eine Ortung der Bohrgarnitur entlang der Bohrlinie sichergestellt sein.

Im zweiten Arbeitsschritt erfolgt die Aufweitung der Pilotbohrung durch einen sogenannten Räumer. Für diese Aufweitbohrung wird an den noch im Bohrloch befindlichen Bohrstrang an der Austrittsseite der Bohrung ein Aufweitkopf montiert. Der mit dem Bohrstrang fest verschraubte Aufweitkopf wird drehend zur Bohranlage zurückgezogen und weitet das Bohrloch auf. Dies kann bei Bedarf mehrfach wiederholt werden und wird ebenfalls durch den Einsatz einer Bohrsuspension unterstützt. Auf diese Weise ist es möglich, das Bohrloch auf den für das Kabelschutzrohr erforderlichen Enddurchmesser aufzuweiten.

Im letzten Arbeitsschritt wird das Kabelschutzrohr – über die am Startpunkt befindliche Bohranlage – vom Zielpunkt zum Startpunkt in das fertig aufgeweitete Bohrloch eingezogen. Für den Einzug ist das Kabelschutzrohr in der Länge der Bohrung vor dem Bohrloch am Zielpunkt auszulegen. Hierzu sind entsprechende Baubedarfsflächen (Vorstreckflächen) vorzuhalten.

In Ausnahmefällen, z. B. aufgrund örtlicher Randbedingungen wie etwa im Bereich tiefgründiger Moore, kann nach Erfordernis ein modifiziertes HDD-Verfahren mit gezielter punktueller Druckentlastung zur Reduzierung des Risikos von Ausbläsern zum Einsatz kommen. Hierfür werden in diesen Bereichen im Trassenverlauf vertikale Entlastungsbohrungen auf der Bohrlinie erstellt, an denen eine gezielte Entnahme und Rückführung der Bohrspülung über eine temporäre Rohrleitung erfolgt. Sollten Entlastungsbohrungen oberhalb von geschlossenen Querungen erforderlich werden, werden in diesen Bereichen ausnahmsweise Arbeitsstreifen im Bohrungsverlauf vorgesehen. Eine Darstellung der Flächen erfolgt in „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“. In allen übrigen Fällen wird i. d. R. kein durchgehender Arbeitsstreifen im Bereich der Querungshindernisse vorgesehen.

Mit dem HDD-Verfahren können in Abhängigkeit der Randbedingungen und je nach Geologie und Bohrlochdurchmesser Vortriebslängen von über 1.000 m erreicht werden. Es eignet sich damit gut für Kreuzungen von z. B. Gewässern, Fremdanlagen sowie naturschutzfachlich sensiblen Bereichen.

Aufgrund der notwendigen Mindestüberdeckungen und der gekrümmten Bohrkurve beim HDD-Verfahren verläuft der Bohrkanal ggf. auf weiten Strecken unterhalb des Grundwasserspiegels. Das HDD-Verfahren kann verfahrensbedingt ohne Einschränkungen unterhalb des Grundwasserspiegels eingesetzt werden.

Die beim HDD-Verfahren eingesetzte Bohrspülung wird i. d. R. aus Bentonit und Wasser hergestellt. Bei Bentonit handelt es sich um ein natürliches Tonmineral. Es werden nur zugelassene Materialien eingesetzt, die keine schädlichen Einflüsse auf die Umwelt und insbesondere auf das Grundwasser haben.

Die in die Bohrungen eingezogenen Kunststoffrohre werden durch Verbindung mit den offenen Baustrecken unmittelbarer Teil der Kabelschutzrohranlage, sodass auch in diesem Bereich der Einzug der Erdkabel ohne zusätzliche Hindernisse oder Erschwernisse hergestellt werden kann.

Die Planungen der HDD-Bohrungen erfolgen nach den technischen Richtlinien des Verbandes Güteschutz Horizontalbohrungen e. V. (kurz DCA für Drilling Contractors Association) (DCA 2024) und dem Regelwerk der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) A 125 (DWA 2020). In „Teil C4.3.1 – Regelkreuzungsprofil HDD“ befinden sich Regelkreuzungsprofile HDD, die in Lage und Schnitt typische Querungen im HDD-Verfahren für die jeweilige Anzahl an Systemen darstellen. Die Regelkreuzungsprofile stellen rechtwinklige Kreuzungen dar, die in Abhängigkeit von der Trassenführung und der Vereinbarung mit dem Baulastträger variiert werden können.

Verfahrensbedingt sind ungewollte Spülungsaustritte an der GOK (sogenannte Ausbläser) beim HDD nicht auszuschließen. Durch planerische oder technische Maßnahmen kann jedoch in der Planung und Ausführung das Risiko von Ausbläsern erheblich gesenkt werden. Mögliche Maßnahmen sind z. B. oben genannte Entlastungsbohrungen, umfassende Baugrunderkundungen, die Erstellung von Spülungsdruckberechnungen und Havariekonzepten, der Einsatz von Spülungstechnikern (Spülungsingenieuren) oder das Vorhalten von ausreichend Equipment (Pumpen, Schläuche, Aggregate etc.). Vorgenannte Maßnahmen werden beim Rhein-Main-Link berücksichtigt und angewendet.

Einsatzmöglichkeiten für den Rhein-Main-Link

Das HDD-Verfahren ist praxiserprobt, wird vielfältig angewendet und entspricht dem Stand der Technik. Insbesondere aufgrund der in weiten Teilen des Planungsraumes anzutreffenden geologischen Untergrundverhältnisse und der hohen Grundwasserstände bietet das Verfahren technische und wirtschaftliche Vorteile gegenüber anderen geschlossenen Bauweisen und stellt das Vorzugsverfahren für längere Querungen in geschlossener Bauweise dar. Beim HDD-Verfahren wird i. d. R. je Kabelschutzrohr eine einzelne Bohrung hergestellt.

5.1.5.2 Pilotrohrvortrieb (steuerbares Verfahren)

Allgemeine Beschreibung

Beim Pilotrohrvortrieb (siehe Abbildung 5-4) handelt es sich, als eine Variante des Kurzvortriebs, um ein unbemanntes, gesteuertes Vortriebsverfahren. Für die Durchführung ist die Erstellung eines i. d. R. verbauten Start- und Zielbereichs vor und hinter dem zu überwindenden Hindernis erforderlich. In der Startgrube wird eine Bohranlage installiert, die an den Grubenwänden an einem Pressenwiderlager abgestützt wird. Teile des Baugrubenverbaus können nach Herstellung der Querung und Einzug der Kabelschutzrohre wieder zurückgebaut werden.

Zunächst wird ein Pilotrohrstrang bodenverdrängend oder -entnehmend gesteuert vorgetrieben. Nachfolgend wird ein Rohr (Vorrohr) gleichen oder größeren Durchmessers, das dem Pilotstrang exakt folgt, vorgetrieben. In der Zielgrube wird das Pilotrohr entnommen. Über innenliegende Förderschnecken wird der dabei gewonnene Boden zur Startgrube transportiert. Nachdem das Vorrohr die Zielgrube erreicht hat und es geräumt ist, wird das eigentliche, im Boden verbleibende Mantelrohr dem Vorrohr nachgeschoben und das Vorrohr in der Zielgrube geborgen. In das verbleibende Mantelrohr wird anschließend das Kabelschutzrohr eingezogen.

Mit dem Pilotrohrvortrieb können je nach Baugrund Vortriebslängen von bis zu ca. 100 m realisiert werden. Regelhaft können Vortriebsrohre mit Nennweiten von DN 150 bis DN 1200 eingesetzt werden.

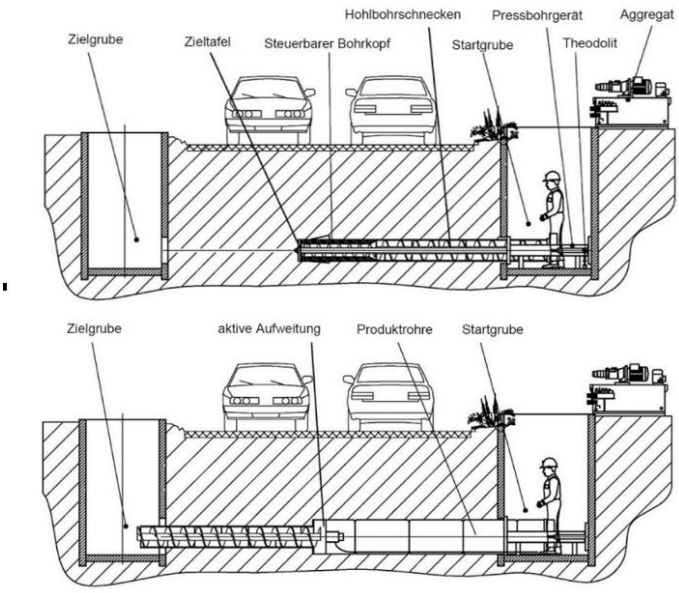


Abbildung 5-4: Beispiele Pilotrohrvortrieb mit Bodenverdrängung¶(DWA 2020)

Pilotrohrvortriebe können innerhalb der technischen Grenzen sowohl im Lockergestein als auch im Festgestein ausgeführt werden. In Abhängigkeit von den anstehenden Boden- und Grundwasserverhältnissen kommen gegebenenfalls alternative Vortriebsverfahren wie das Horizontal-Pressbohrverfahren (nicht steuerbar) (siehe Kapitel 5.1.5.4) zum Einsatz.

Da aus elektrotechnischen Gründen auf ferromagnetische Rohrwerkstoffe verzichtet werden muss, werden als Rohrmaterial für das Mantelrohr z. B. Polymerbeton oder Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) vorgesehen. Die Kabelschutzrohranlage wird als geschlossenes System durch die Mantelrohre geführt und anschließend in den Start- und Zielbereich hochgeführt, bis die Regelgrabentiefe und -breite wieder erreicht wird. Der anschließende Einzug der Erdkabel (Herstellungsphase 2) kann ohne zusätzliche Hindernisse oder Erschwernisse in diesem Bereich erfolgen. Der Einbau der Kabelschutzrohre in die Mantelrohre erfolgt in Einzeladern oder gebündelt auf zentrierenden Gleitkufen.

Die Planungen der Pilotrohrvortriebe erfolgen nach dem Regelwerk DWA-A 125 (DWA 2020).

Einsatzmöglichkeiten für den Rhein-Main-Link

Der Pilotrohrvortrieb wird für Querungen von Infrastrukturhindernissen eingesetzt, wenn „nicht steuerbare Verfahren“ wie das Horizontal-Pressbohrverfahren nicht zur Anwendung kommen können. Das Verfahren ist bewährt und aufgrund des breiten Anwendungsbereiches und der Wirtschaftlichkeit weit verbreitet.

5.1.5.3 Mikrotunnelbau (steuerbares Verfahren)

Allgemeine Beschreibung

Im Bereich langer Vortriebsstrecken hat sich in den vergangenen Jahrzehnten als Bauverfahren im Mittel- und Großrohrbereich der Mikrotunnelbau (siehe Abbildung 5-5 und Abbildung 5-6) etabliert. Bei dem Verfahren handelt es sich um ein gesteuertes, einstufiges Verfahren, welches in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser bemannt oder unbemannt ausgeführt werden kann. Der Mikrotunnelbau kann in schwierigen Baugrundsituationen eingesetzt werden, in welchen andere geschlossene Verfahren nicht eingesetzt werden können oder in welchen das Risiko einer Umsetzung zu hoch wäre.

Das Verfahren erfordert die Erstellung von zwei verbauten Baugruben (Start- und Zielbereich). Die Abmessungen des Start- und Zielbereichs sind wesentlich abhängig vom Durchmesser der Vortriebsrohre, vom Platzbedarf für die Vortriebseinrichtung, von der erforderlichen Tiefenlage sowie von der Geologie und Verbauart. Teile des Baugrubenverbaus können nach Herstellung der Rohrleitungen wieder zurückgebaut werden.

Von der vorbereiteten Startgrube aus wird zunächst die Vortriebsmaschine mit einem auf die jeweilige Geologie abgestimmten Bohrkopf mittels hydraulischer Presse in den Untergrund gedrückt. Hierfür ist in der Startgrube ein entsprechendes Pressenwiderlager an der Verbauwand vorzusehen. Der Vortriebsmaschine folgt der eigentliche Rohrstrang in Form von einzelnen Rohrstücken. Nach dem vollständigen Abbohren bzw. Vorpressen des ersten Rohrschusses wird das zweite Rohr in die Startgrube und den Vortrieb eingebracht und nachgeschoben. Der Vorgang des Nachschiebens von weiteren Teilrohrstücken wird so oft wiederholt, bis die Vortriebsmaschine die Zielgrube erreicht. Bei sehr großen Vortriebslängen besteht die Möglichkeit, anstelle der Vortriebsrohre sogenannte Tübbinge einzusetzen (Segmentbauweise). Hierbei werden unmittelbar hinter der Vortriebsmaschine Stahlbetonelemente zu einem Ring zusammengesetzt. Bei Verwendung von Tübbingen ist der Einsatz von speziell dafür ausgelegten Vortriebsmaschinen erforderlich.

Richtungsänderungen werden durch einen hydraulisch schwenkbaren Steuerkopf erzielt. Durch den Einsatz unterschiedlicher Bohrköpfe bzw. Abbauwerkzeuge kann das Verfahren an die jeweilige Geologie angepasst werden. Der Bohrkopf dient gleichzeitig zur Stützung des anstehenden Bodens (Ortsbrust). Der vom Bohrkopf vollflächig und kontinuierlich gelöste Boden (Bohrklein) wird entweder mechanisch über Förderschnecken (im größeren Nennweitenbereich auch mittels Förderbänder oder Loren) oder hydraulisch unter Einsatz einer Stütz- und Förderflüssigkeit (z. B. Bentonit) über Leitungen zur Startgrube gefördert.

Zur Reduzierung der mit wachsender Vortriebslänge steigenden Mantelreibung wird in den sich durch einen leichten Überschnitt der Vortriebsmaschine erzeugten Ringspalt (die Maschine hat einen etwas größeren Außendurchmesser als die nachfolgenden Rohre) eine Bohrsuspension (z. B. Bentonit) eingepresst. Der Vortrieb wird dadurch geschmiert, der Ringspalt gestützt und offengehalten. Bei längeren Vortriebsstrecken können Zwischenpressstationen eingesetzt werden (Dehner), um die in der Startgrube aufzubringende Vortriebskraft zu begrenzen.

Im Mikrotunnelbau lassen sich gemäß dem Regelwerk DWA-A 125 (DWA 2020) Mantelrohre bis ca. DA 4500 über Längen von über 1.000 m, aber auch Kurzvortriebe, z. B. zur Querung einer Bahnlinie, vortreiben. Aufgrund der großen möglichen Durchmesser können begehbare Querungen mit dauerhafter Zugänglichkeit über Ein- und Ausstiegsschächte realisiert werden. Für einen sicheren Betrieb wird dann ggf. die Installation von Belüftungs-, Feuerschutz- und Rettungssystemen erforderlich. Nach derzeitigem Planungsstand sind im Betrieb begehbare und dauerhaft zugängliche Mikrotunnel im Rhein-Main-Link nicht vorgesehen.

Für den Mikrotunnelbau werden Rohrmaterialien wie Polymerbeton, Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) oder Stahlbeton verwendet. Nach Fertigstellung der Mikrotunnel werden in den Wandbereichen des Tunnels Schutzrohre für den späteren Einzug der Energie- und Begleitkabel angebracht. In Abhängigkeit vom Durchmesser des Tunnels können entweder für jedes Energiekabel ein einzelner Vortrieb ausgeführt, oder die drei Energiekabel eines Vorhabens gemeinsam in einer Tunnelröhre geführt werden.

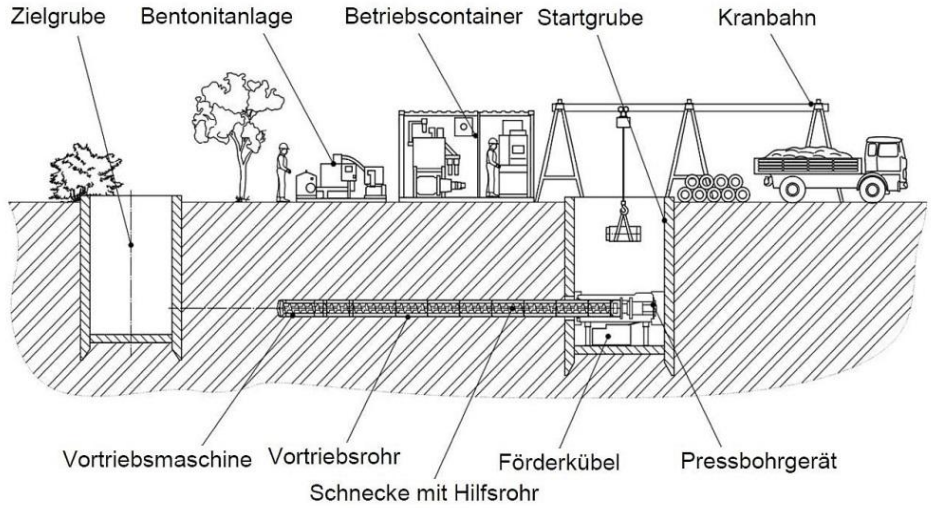


Abbildung 5-5: Beispiel Mikrotunnelbau mit Schneckenförderung¶(DWA 2020)

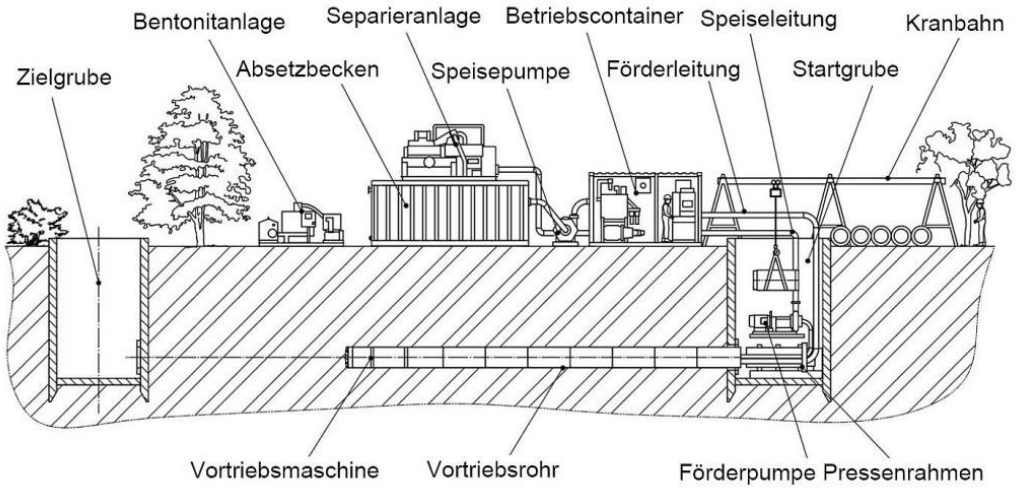


Abbildung 5-6: Beispiel Mikrotunnelbau mit Spülförderung¶(DWA 2020)

Einsatzmöglichkeiten für den Rhein-Main-Link

Sollten die übrigen geschlossenen Bauverfahren insbesondere aufgrund von Baugrundbedingungen oder anderen Gründen gegenüber dem Mikrotunnelbau nachteilig sein oder sollte die Vortriebslänge den Einsatzbereich einer Horizontal-Pressbohrung und eines Pilotrohrvortriebes überschreiten, so kann der Mikrotunnelbau zum Einsatz kommen.

5.1.5.4 Horizontal-Pressbohrverfahren (nicht steuerbares Verfahren)

Allgemeine Beschreibung

Beim Horizontal-Pressbohrverfahren (siehe Abbildung 5-7) handelt es sich, als eine weitere Variante des Kurzvortriebs, um ein nicht steuerbares Vortriebsverfahren. Für die Durchführung ist, ebenso wie beim Pilotrohrvortrieb (siehe Kapitel 5.1.5.2), die Erstellung eines i. d. R. verbauten Start- und eines Zielbereichs vor und hinter dem zu überwindenden Hindernis erforderlich. Teile des Baugrubenverbaus können nach Herstellung der Rohrleitungen wieder zurückgebaut werden. In der Startgrube wird eine hydraulische oder pneumatische Pressbohranlage installiert, die sich an den Baugrubenwänden an einem Pressenwiderlager abstützt, und ein Vortriebsrohr unter dem Hindernis hindurchdrückt. Das Horizontal-Pressbohrverfahren kann mit Nennweiten zwischen DN 200 bis DN 1000 durchgeführt werden. An der Spitze des Rohres befindet sich ein Bohrkopf, der den Boden abbaut und über eine Förderschnecke im Rohrinneren mechanisch in Richtung Startgrube ausführt. Nachdem das Stahlrohr die Zielgrube erreicht hat und es geräumt ist, wird das eigentliche, im Boden verbleibende Produktrohr dem Stahlrohr nachgeschoben und das Stahlrohr in der Zielgrube geborgen. In das verbleibende Produktrohr wird anschließend das Kabelschutzrohr eingezogen.

Mit dem Horizontal-Pressbohrverfahren können, je nach Baugrund, Vortriebslängen von bis zu ca. 100 m realisiert werden.

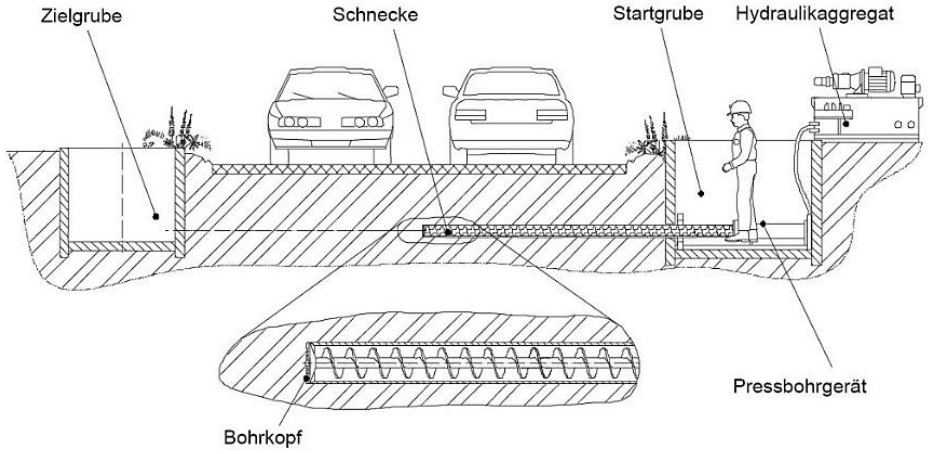


Abbildung 5-7: Beispiel Horizontal-Pressbohrverfahren¶(DWA 2020)

Einsatzmöglichkeiten für den Rhein-Main-Link

Horizontal-Pressbohrungen können innerhalb der technischen Grenzen sowohl im Lockergestein als auch im Festgestein ausgeführt werden. In Abhängigkeit von den anstehenden Boden- und Grundwasserverhältnissen kommen gegebenenfalls alternative Vortriebsverfahren wie der Pilotrohrvortrieb zum Einsatz.

Da aus elektrotechnischen Gründen auf ferromagnetische Rohrwerkstoffe verzichtet werden muss, werden als Rohrmaterial z. B. Polymerbeton oder Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) vorgesehen. Die Kabelschutzrohranlage wird als geschlossenes System durch die Vortriebsrohre geführt, d. h. der Einzug der Energiekabel kann anschließend von den Muffen ausgehend durchgeführt werden. Der Einbau der Kabelschutzrohre in die Vortriebsrohre erfolgt in Einzeladern oder gebündelt auf zentrierenden Gleitkufen.

Die Planungen der Horizontal-Pressbohrungen erfolgen nach dem Regelwerk DWA-A 125 (DWA 2020).

Das Horizontal-Pressbohrverfahren wird für Querungen von Infrastrukturhindernissen über kurze Längen eingesetzt, ist bewährt und aufgrund des breiten Anwendungsbereiches und der Wirtschaftlichkeit weit verbreitet.

5.1.5.5 Baubedarfsflächen und Maschineneinsatz

BE-Flächen

Die voraussichtlichen Größenordnungen der erforderlichen BE-Flächen – als Bestandteil der temporären Baubedarfsflächen (siehe Kapitel 5.1.2) – für die Herstellung der Kabelschutzrohranlage in unterschiedlichen geschlossenen Bauverfahren können den kombinierten Lagerechtserwerbsplänen (siehe „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“) und den Prinzipzeichnungen des „Teil C4.3 – Prinzipzeichnung Kreuzung geschlossene Bauweise“ entnommen werden.

Maschinen- und Geräteeinsatz

Der erforderliche Maschinen- und Geräteeinsatz variiert stark in Abhängigkeit von den jeweiligen Einsatzbedingungen. Die voraussichtlich zum Einsatz kommenden wesentlichen Maschinen und Geräte für die Ausführung der Arbeiten werden nachfolgend in der Tabelle 5-1 für die verschiedenen Bauphasen beispielhaft benannt. Für die Herstellung von geschlossenen Bauweisen im Vortriebsverfahren können zudem z. B. Drehbohrgeräte zur Herstellung der Start- und Zielbereiche zum Einsatz kommen. Aus diesem Grund können je nach Gerätetyp (z. B. Abmessungen und Gewicht) zur Andienung der BE-Flächen für geschlossene Bauweisen entsprechende Schwerlasttransporte notwendig werden. Gleiches gilt für den Antransport der Vortriebsmaschinen und großen HDD-Bohrgeräte, die für HDD-Verfahren mit einer Länge von mehr als 800 m zum Einsatz kommen.

Tabelle 5-1: Geschlossene Bauweise, Maschineneinsatz

Tätigkeit / Zweck	Maschineneinsatz
Vorbereitende Tätigkeiten (z. B. Vermessung, Absteckung, Kampfmittelsondierungen)	PKW, Kleintransporter, Minibagger, Mobilbagger, Rad- oder Teleskoplader, Kleingeräte
Herstellung und Rückbau der BE-Fläche und der Baugruben (z. B. Oberbodenabtrag, Flächenbefestigung, Baugrubenaushub und -sicherung)	LKW, Tieflader, Planierraupen, Kettenbagger / Kettenbagger mit Schlagwerkzeug, Ramm- und Bohrgeräte, Vibrationswalze und Bohrspülmischanlage, Hochdruckpumpe, Seilbagger, Rad- oder Teleskoplader, Kleingeräte, Recyclinganlage / Separationsanlage, Turmdrehkran / Mobilkran, Lastzug
Baustelleneinrichtung	Bohr- und Hilfsgeräte sowie sonstige Einrichtungen in Abhängigkeit des Bohrverfahrens und der Örtlichkeit, Mobilbagger

Für den Einsatz bei der Herstellung von Spundwandverbauten oder von Widerlagern aus Spund- und Kanaldielen zur Durchführung von HDD-Bohrungen sind erschütterungsarme hochfrequente Vibrationsanbaugeräte und Vibrationsrammen vorgesehen. Durch das Arbeiten im Hochfrequenzbereich werden Schwingungsspitzen infolge des Durchquerens der Eigenfrequenz vermieden.

5.1.6 Herstellung der Kabeltrasse in Sonderbauweisen

Neben der in Kapitel 5.1.4 erläuterten Herstellung der Kabeltrasse in offener Bauweise und der in Kapitel 5.1.5 erläuterten Herstellung der Kabeltrasse in geschlossener Bauweise können auch Sonderbauverfahren zur Anwendung kommen. Auf einzelne wird im Nachfolgenden näher eingegangen. Die Nennung ist nicht abschließend. Sonderbauverfahren kommen nicht regelhaft zur Anwendung und sind nur unter bestimmten Voraussetzungen und Umständen anwendbar.

5.1.6.1 E-Power-Pipe-Verfahren

Allgemeine Beschreibung

Das E-Power-Pipe-Verfahren (EPP) ist ein von der Herrenknecht AG, der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen sowie der Amprion GmbH speziell für die grabenlose Verlegung von Erdkabeln im Höchstspannungs-Übertragungsnetz entwickeltes Verfahren.

Das Verfahren kombiniert die Vorteile des Mikrotunnelbaus und des HDD-Verfahrens. Mit einer speziell entwickelten schlanken Mikrotunnelbohrmaschine erfolgt oberflächennah der Vortrieb von einer Start- zu einer Zielgrube. Die Abläufe sind weitgehend analog zum Mikrotunnelbau. Die Vortriebskraft wird über Pressen in der Startgrube aufgebracht. Im ersten Schritt werden spezielle Stahlvortriebsrohre mit integrierten Förderleitungen für den gelösten Boden eingebracht. Sobald die Bohrmaschine die Zielgrube erreicht hat, erfolgt die Bergung der Vortriebseinheit. In Verlängerung der Vortriebsstrecke werden analog zur Vortriebslänge Kabelschutzrohre vorgefertigt und an die Stahlvortriebsrohre angekoppelt. Im Rückwärtsgang von der Ziel- zur Startseite erfolgt der Einzug der Kabelschutzrohre, wobei gleichzeitig die Vortriebsrohre geborgen werden. Mit diesem Verfahren sind nach Herstellerangabe Vortriebslängen von ca. 1.500 m mit einem Durchmesser bis DN (Nenndurchmesser) 400 möglich.

Einsatzmöglichkeiten für den Rhein-Main-Link

Sollten die übrigen geschlossenen Bauverfahren gegenüber dem E-Power-Pipe-Verfahren nachteilig sein, so kann der Einsatz des E-Power-Pipe-Verfahrens geprüft werden. Grundsätzlich wird i. d. R. durch die Anwendung des EPP-Verfahrens an Start- und Zielgruben ein erhöhter Flächenbedarf und Flächeneingriff im Vergleich z. B. zur HDD benötigt, um die Vortriebseinheiten in der Startgrube einzuspannen und die Kabelschutzrohre an der Zielgrube gesamthaft vorgefertigt zurückzuziehen. I. d. R. sind die Start- und Zielgruben mit entsprechenden temporären Betonsohlen auszugestalten, um die Ableitung der benötigten Druck- und Zugkräfte sicherzustellen. Teile des Baugrubenverbaus können nach Herstellung der Rohrleitungen wieder zurückgebaut werden. Das E-Power-Pipe-Verfahren kann insbesondere dann eine Alternative darstellen, wenn die zu verlegenden Kabelschutzrohre aus Platzgründen möglichst oberflächennah gesteuert und grabenlos verlegt werden sollen.

5.1.6.2 Gewässerquerung mittels offener (konventioneller) Bauweise (Düker)

Allgemeine Beschreibung

In besonderen Einzelfällen kann auch die Querung von größeren Gewässern in offener Bauweise z. B. mittels Düker erfolgen. Dazu wird ein Graben (Dükerrinne) auf der Gewässersohle unter Wasser mit Hilfe von z. B. Baggerschiffen ausgehoben. Das ausgehobene Material wird auf geeigneten Flächen zwischengelagert. Bereits während des Aushubs kann auf einer Seite des Gewässers die Montage des Dükers landseitig erfolgen. Dafür werden die Schutzrohre für Energie- und Begleitkabel möglichst im Systembündel in einem gemeinsamen ballastierten Profil vormontiert. Beispielhaft könnte dies mithilfe von entsprechenden Stahlplatten mit einer Fixierung durch Betonfertigteile erfolgen. Nach Fertigstellung der Aushubarbeiten und der Dükermontage an Land kann der Düker vom gegenüberliegenden Ufer über eine rückverankerte Winde in die ausgehobene Dükerrinne eingezogen werden. Weitere Optionen zur Verlegung / Einbringung des Dükers in die ausgehobene Dükerrinne sind ein Einschwemmen oder Einheben des Dükers in die Dükerrinne. Die Durchlässigkeit der Gewässer bleibt während der Baumaßnahme erhalten. Die anschließende Wiederverfüllung der Rinne erfolgt mit dem zwischengelagerten Aushubmaterial wiederum über Baggerschiffe von der Wasseroberfläche. Kleinere Gewässer und Gräben können mittels einer temporären Verrohrung offen gequert werden.

Einsatzmöglichkeiten für den Rhein-Main-Link

Sollten die übrigen geschlossenen Bauverfahren insbesondere aufgrund von Baugrundbedingungen oder anderen Gründen gegenüber der Dükerbauweise zur Querung von Gewässern nachteilig sein oder sollte z. B. die Vortriebslänge den Einsatzbereich einer geschlossenen Bauweise überschreiten, so

kann der Einsatz des Düker-Verfahrens zur offenen Querung eines Gewässers geprüft werden. Düker-Verfahren können bei nahezu sämtlichen Gewässern bis zur 1. Ordnung oder Schifffahrtsstraßen im Allgemeinen zur Anwendung kommen. Entsprechende Absprachen mit den für die Schifffahrtstraßen zuständigen Wasserschifffahrtsämter würden im Vorfeld stattfinden und eine Strom- und Schifffahrtspolizeiliche Genehmigung in die Planfeststellung einkonzentriert werden.

5.1.7 Herstellung von Verbindungs- und Erdungsmuffen

Nach Fertigstellung der Kabelschutzrohranlagen in den jeweiligen Bereichen (Abschluss der Herstellungsphase 1) werden diese für die Montage der Muffen und der Kabelendverschlüsse bautechnisch vorbereitet (Herstellungsphase 2). Hierfür sind Muffenplätze und Muffengruben an den Muffenstandorten herzustellen. Die Muffenplätze liegen innerhalb der ausgewiesenen BE-Flächen um den Muffenstandort. Die Draufsicht sowie die Längs- und Querschnitte von Verbindungs- und Erdungsmuffen sind in „Teil C4.4 – Prinzipzeichnung Muffe“ dargestellt. Der Baustellenbereich um die Muffe hat i. d. R. eine Größe von ca. 100 x 100 m. In Abhängigkeit zur Topografie, der Bodenbeschaffenheit oder der benötigten Platzbedarfe für die Kabelinstallation und der erforderlichen Inbetriebnahmeprüfungen (siehe Kapitel 5.1.8) kann der Baustellenbereich variieren und z. B. größer ausfallen. Der Muffenbereich ist in „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ ausgewiesen.

Die Muffengrube für die Muffenverbindung wird i. d. R. geböscht und kann für die Installation von vier oder zwei Systemen hergestellt werden. In Einzelfällen kann z. B. je nach Topografie oder Kabelinstallation (siehe Kapitel 5.1.8) auch eine Herstellung der Baugrube für die Muffenstandorte pro System erfolgen.

Da die Muffengruben ebenfalls als Kopflöcher für den späteren Kabeleinzug in die Kabelschutzrohranlage dienen, werden angrenzend an die Muffengruben erweiterte temporäre Baubedarfsflächen für die logistische Abwicklung des Kabeleinzugs und die Lagerung des Aushubmaterials benötigt.

Grundsätzlich umfasst die Baugrube für die Muffenstandorte von zwei Systemen eine Länge von ca. 25 m und eine Breite von ca. 16 m (beides Sohlmaß). In Abhängigkeit zur Topografie können die Maße für die Muffengrube an der GOK variieren und z. B. bei Hanglagen größer ausfallen als in „Teil C4.4 – Prinzipzeichnung Muffe“ dargestellt. Für die Verbindung der Kabel mit den Muffen sind möglichst trockene, staubfreie und klimatisierte Einbaubedingungen notwendig, die mit Hilfe einer Einhausung, z. B. aus einer Zeltkonstruktion oder eines Containers, gewährleistet werden. Die Einhausung wird auf einer Sauberkeitsschicht aus z. B. Magerbeton gegründet. Die Grundfläche der Sauberkeitsschicht je Vorhaben umfasst ca. 4,5 x 13 m. Nach Abschluss der Arbeiten verbleibt diese im Untergrund. Auf der Sauberkeitsschicht werden zudem die Arretierung für die zu verbindenden Kabel und Muffen aufgesetzt und fixiert. Neben der Sauberkeitsschicht werden die sogenannten S-Schächte positioniert. Diese dienen der Verbindung der mitzuführenden Begleitkabel. Die Schachtabdeckung liegt min. 1,10 m unterhalb der anstehenden GOK, ist nach Rückverfüllung der Baugrube nicht dauerhaft zugänglich und nicht oberirdisch sichtbar (siehe hierzu auch Kapitel 4.1.3). Der S-Schacht hat je Vorhaben Abmessungen von 2 m x 2,5 m.

Das Niederschlagswasser wird während der Bauphase zu den umliegenden Pumpensümpfen abgeleitet. Die Kabelschutzrohre enden an den Böschungen der Muffengruben. Zwischen den Kabelschutzrohren und der Einhausung werden die Kabel i. d. R. mit einem nach unten verlaufenden Bremsbogen zur Längenkompensation verlegt. Abbildung 5-8 zeigt beispielhaft eine Muffengrube mit bauzeitlicher Einhausung. Im Bereich räumlicher oder baulicher Einschränkungen können die Grabenwände auch mit einem senkrechten Verbau nach DIN 4124 gesichert werden.



Abbildung 5-8: Muffengrube mit bauzeitlicher Einhausung

Im Bereich von KKÜS werden vor den Kabelendverschlussgerüsten (siehe Kapitel 4.1.4) unmittelbar vor dem Kabelzug sogenannte Kopflöcher geschachtet, da in diesem Bereich die Kabel direkt im Erdreich ohne ummantelndes Kabelschutzrohr verlegt werden können.

Ergänzend zu den Muffengruben für die Verbindungs- und Erdungsmuffen kann die Errichtung von sogenannten Schubgruben zwischen zwei Muffen auf der Kabeltrasse erforderlich sein. Im Rahmen des Kabeleinzugs (siehe Kapitel 5.1.8) darf die angewandte Zugkraft die zulässige Materialspannung des Kabels nicht überschreiten. Aufgrund der Kabellängen bis zu 1.900 m und die im Trassenverlauf zu berücksichtigenden Kurvenradien oder Höhenunterschiede kann zur Entlastung der Zugkräfte ein Schubgerät während des Kabeleinzugs temporär erforderlich werden. Dafür wird an geeigneter Stelle entlang der Kabeltrasse eine Baubedarfsfläche von ca. 50 x 30 m benötigt und eine Schubgrube zur Freilegung der bereits verlegten Kabelschutzrohranlage hergestellt. In der ca. 15 x 4 m (Sohlmaß) großen Schubgrube können bis zu zwei Schubgeräte platziert werden, die während des Kabeleinzugs unterstützend auf die Kabelzugkräfte wirken. Details mit der prinzipiellen Darstellung einer Schubgrube finden sich in „Teil C4.4.3 – Prinzipzeichnung Schubgrube“.

Nach den Kabelzugarbeiten (siehe Kapitel 5.1.8) und der Fertigstellung der Muffen- und Endverschlussmontagen erfolgt die Verfüllung der Muffengruben analog zur Verfüllung der Kabelgräben. Im Vergleich zur Herstellung der Kabelschutzrohranlage in offener Bauweise, deren Kabelgräben nach ihrer Herstellung i. d. R. sofort wieder verfüllt werden können, werden die Muffengruben erst nach Herstellung der Muffenverbindung wieder verfüllt. Einzelne Muffen und die S-Schächte müssen darüber hinaus auch für die Inbetriebnahmeprüfungen zugänglich bleiben, sodass eine Rückverfüllung erst nach Abschluss der Inbetriebnahmeprüfung erfolgen kann (siehe hierzu auch Kapitel 5.1.9). Die Muffen und Kabel im Bereich der Muffengruben werden, wie die Kabelschutzrohranlage, in einem Bettungsmaterial eingebettet. Oberhalb des Bettungsmaterials erfolgt eine Wiederverfüllung gemäß den vor Ort vorgefundenen Bodenschichten. Grundsätzlich wird bei der Rückverfüllung der seitlich gelagerte Unter- und Oberboden entsprechend der vorhandenen Schichtung gemäß den Vorgaben aus „Teil I1 – Bodenschutzkonzept“ rückverfüllt. Abschließend werden die eingerichteten Baustraßen und BE-Flächen zurückgebaut und es erfolgt die Rekultivierung der Flächen.

Die Verbindungsmuffen sind oberirdisch nicht mehr sichtbar. Zur Sicherstellung der Übertragungsleistungen und Vermeidung hoher Stromwärmeverluste durch zu hohe Mantelströme, werden die Kabelschirme der einzelnen Kabel in einem Abstand von 5 bis 7 km an einem Erdungsmuffenstandort geerdet (siehe Kapitel 4.1.3). Dazu werden aus den Muffen die Kabelschirme heraus- und in die BOB geführt. Zu Prüf- und Messzwecken müssen diese BOB dauerhaft zugänglich sein (siehe Kapitel 4.1.3). Aus „Teil C4.4.2 – Prinzipzeichnung Erdungsmuffe“ können die Anordnung und Abmessungen an einem Erdungsmuffenstandort entnommen werden. Die Erdungsmuffenstandorte sind zusätzlich in „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ ortskonkret ausgewiesen.

Sofern eine Wasserhaltung aufgrund der Tiefenlage der Muffengrube erforderlich wird, ist der Zeitraum der Grundwasserabsenkung gegenüber der Verlegung der Kabelschutzrohranlage länger, da die Gruben mindestens bis zum Kabelzug und zur Herstellung der Muffen sowie in Teilen zur Inbetriebnahmeprüfung offengehalten werden müssen. Muss Oberflächen- oder Grundwasser aus den Baugruben gepumpt werden oder werden Grundwasserhaltungsmaßnahmen notwendig, wird dieses entweder im direkten Umfeld versickert oder in nahegelegene Vorfluter, ggf. unter Vorschaltung eines Absetzbeckens, in Abstimmung mit der zuständigen Fachbehörde, eingeleitet. Für die Bereiche, in denen eine Wasserhaltung erforderlich wird, werden in „Teil H1 – Wasserrechtlicher Bericht“ die dafür erforderlichen wasserrechtlichen Erlaubnisanträge gemäß § 8 und 9 WHG für Grundwasserentnahmen und Wiedereinleitung in die Planfeststellung mit einkonzentriert und detailliert erläutert. Bei einem größeren zeitlichen Versatz zwischen der Herstellung der Muffengruben, der Kabelinstallation (siehe Kapitel 5.1.8) und der Inbetriebnahmeprüfungen (siehe Kapitel 5.1.9) kann eine zwischenzeitliche Verfüllung der Muffengruben und spätere Wiederöffnung dieser erforderlich werden. Daraus resultiert ein erneuter Aushub der Grube einschließlich der notwendigen Wasserhaltungsmaßnahmen.

5.1.8 Kabelinstallation

Nach der Herstellung der Kabelschutzrohranlage, der Muffengruben und der Kopflöcher vor den Endverschlussgerüsten in den KKÜS beginnt der Kabeleinzug der Energie- und der Begleitkabel. Hierbei wird für die Muffenstandorte zwischen Abspul- und Windenplatz unterschieden.

Auf speziellen Tiefladern werden die Kabeltrommeln über geeignete und vorab mit der zuständigen Straßenverkehrsbehörde festgelegte Verkehrswege zu den Abspulplätzen bzw. zur KKÜS transportiert. Die Zuwegungen, die zu den Abspulplätzen führen, sind hinsichtlich ihrer Belastbarkeit, ihrer Kurvenausrundungen und Breiten für die Andienung mit den Kabeltransporten planerisch bereits ausgelegt worden (siehe hierzu auch „Teil I3 – Verkehrs- und Logistikkonzept“).

An den Abspulplätzen werden i. d. R. die Tieflader mit den Kabeltrommeln vor Kopf vor den Muffengruben aufgestellt, um von dort abrollen zu können (Abspulplatz). Alternativ werden die Kabeltrommeln mit einem Autokran, für den hinreichend große Aufstellflächen erforderlich werden, vom Tieflader gehoben. In diesem Zusammenhang werden auch im Hinblick auf das Wenden der Transportzüge eine um die Muffengrube verlaufende Baustraße und eine hinreichend große Aufstellfläche benötigt. Je nach Zugrichtung müssen vor oder hinter den Muffengruben standfeste Flächen mittels Schotterschicht oder Stahlplatten temporär erstellt werden, auf denen die Kabelzugwinde (Windenplatz), die Kabeltrommel oder der Spezialtransporter vor dem Kabelzug (Abspulplatz) positioniert werden kann.

Vor dem Einziehen der Energiekabel werden die Schutzrohre insgesamt noch einmal kalibriert und gemolcht, um einen reibungslosen Kabelzug zu gewährleisten. Der Kabeleinzug erfolgt mittels eines Kabelzuggerätes vom Windenplatz aus. Zum Ziehen der Kabel wird zunächst zwischen Zugwinde und Abspulplatz ein leichtes Vorseil eingeblasen oder eingezogen, mit dem wiederum ein stabileres Hilfsseil eingezogen wird. Mit dem Hilfsseil wird dann zunächst das eigentliche Kabelzugseil eingezogen. Anschließend wird das Kabel mittels Kabelziehstrumpf an dem Zugseil befestigt und vom Abspulplatz in Richtung Windenplatz eingezogen (siehe Abbildung 5-9). Vor der KKÜS werden die Kabel mit einer Reserveschlaufe direkt ins Erdreich gelegt. Die Reservelänge dient dazu, bei einer möglichen Erneuerung eines Kabelendverschlusses die dann benötigte Kabellänge nachziehen zu können, damit auf eine aufwendige nachträgliche Muffenmontage verzichtet werden kann.

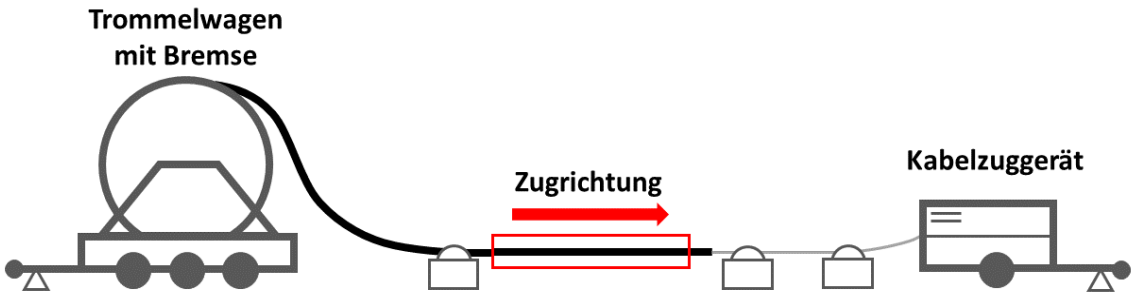


Abbildung 5-9: Schematische Darstellung des Kabelzugs

In Einzelfällen kann aufgrund der örtlichen Gegebenheiten eine Beizuglösung für den Kabelzug erforderlich sein. Bei einem Beizug erfolgt das Abspulen des Kabels nicht direkt am Abspulplatz, sondern z. B. von einem Weg oder einer Straße im näheren Umfeld des Muffenplatzes aus. Sofern erforderlich, sind diese Bereiche entsprechend als BE-Fläche ausgewiesen. Des Weiteren kann es aufgrund der örtlichen Situation auch zum Überzug kommen. Bei einem Überzug wird das Kabel über einen Muffenstandort hinausgezogen. Die Führung des Kabels zur entsprechenden Muffengrube wird dabei über stabil zu positionierende Rollenböcke realisiert.

Neben dem Einzug der Energiekabel werden auch die Begleitkabel in die dafür vorgesehenen Kabelschutzrohre eingeblasen. Die LWL-Kabel werden in den S-Schächten zusammengeführt und verbunden. An ausgewählten Verbindungsmuffenstandorten werden die LWL über eine LWL-Nebenachse an die MOS u. a. zur Signalverstärkung angeschlossen (siehe Kapitel 4.2.2).

Sobald in einer Muffengrube der Kabelzug abgeschlossen ist, kann mit der Herstellung der Muffenverbindung (Muffenmontage) begonnen werden. Vorab werden die für diese Arbeiten erforderlichen Bereiche der Muffengrube witterungsbeständig abgedeckt. Hierzu werden herstellerabhängig z. B. Zelte oder Montagecontainer eingesetzt und auf den Sauberkeitsschichten in den Muffengruben platziert (siehe Kapitel 5.1.7 und 4.1.3). Für die Kabelendverschlussmontage in den KKÜS werden vor Beginn der Endverschlussmontage z. B. Montagehilfsgerüste inkl. einer Zeltplane verwendet, damit die Montage sauber und witterungsunabhängig erfolgen kann (siehe Kapitel 5.2.1).

Nach Abschluss der Arbeiten an den Muffen werden diese temporären Schutzeinrichtungen rückgebaut. Die Muffen werden gemeinsam mit den Erdkabeln im Kabelgraben fixiert und mit dem Bettungsmaterial sowie dem Aushubmaterial überdeckt (siehe Kapitel 5.1.7). Zur Überprüfung der fachgerechten Montage werden alle Kabelsysteme abschließend einer Höchstspannungsprüfung unterzogen.

Zur Durchführung der Höchstspannungsprüfung werden Lastkraftwagen mit den elektrischen Prüfkomponenten im Bereich von Muffenplätzen und der KKÜS positioniert. Die Prüfung erfolgt über mehrere Tage (siehe Kapitel 5.1.9).

Zur Erdung der Energiekabel werden an Erdungsmuffen die notwendigen Erdungssysteme in der Muffengrube montiert, bevor die Rückverfüllung der Baugruben fachgerecht durchgeführt wird.

Die zur Durchführung des Kabelzugs und zur Herstellung der Muffenverbindungen benötigten Geräte und Arbeitsmittel (Kabeltrommeln, Kabelzugwinden, Mobilkrane, Container etc.) werden über geeignete, gegebenenfalls für diesen Zweck ausgebaute oder hergestellte Verkehrswege und Zuwegungen transportiert (siehe „Teil I3 – Verkehrs- und Logistikkonzept“).

5.1.9 Inbetriebnahmeprüfungen nach Kabelinstallation

Gemäß den allgemein gültigen Standards werden Erdkabelanlagen nach deren Fertigstellung und vor Inbetriebnahme unterschiedlichen Prüfungen unterzogen. Nach der Fertigung wurden die einzelnen Komponenten der Erdkabelanlage bereits in den Werken stückgeprüft, sodass diese Prüfung hauptsächlich der Erkennung von Fehlern während der Montage des Erdkabelsystems und somit der Sicherstellung der Montagequalität dient. Bestandteil dieser Prüfungen sind unter anderem eine Gleichspannungsprüfung am Außenmantel, eine Wechselspannungsprüfung des Isoliersystems mit

Teilentladungsmessung, eine Gleichspannungsprüfung des Isoliersystems und eine Prüfung der LWL im Kabelschirm.

Für die Dauer der Prüfungen ist von einem Zeitraum von mindestens vier Wochen auszugehen, wobei dieser neben der eigentlichen Prüfung auch den Auf- und Abbau der Prüftechnik beinhaltet. Der Prüfzeitraum verlängert sich entsprechend im Fehlerfall bis zum erfolgreichen Abschluss der Prüfung. Die einzelnen Prüfungen bedingen, u. a. für die Aufstellung des notwendigen Prüfequipments, einen unterschiedlichen Flächenbedarf an verschiedenen Orten entlang der Trasse.

Die Prüfung der LWL und die Gleichspannungsprüfung am Außenmantel kann mit tragbaren Geräten an kürzeren Kabelabschnitten mit vergleichbar geringem Aufwand und geringem Platzbedarf durchgeführt werden. Die Gleichspannungsprüfung des Isoliersystems wird i. d. R. zwischen zwei KKÜS und / oder zwischen KKÜS und Konverter sowie an der gesamten Erdkabelstrecke durchgeführt. Die dazu benötigte Prüftechnik wird im Bereich einer Konverterstation oder der KKÜS aufgebaut und bedarf deshalb keiner zusätzlichen Flächen entlang der Erdkabeltrasse. Der Platzbedarf ist für die Gleichspannungsprüfung im Verhältnis zur Wechselspannungsprüfung deutlich kleiner, weshalb bei den folgenden Beschreibungen zu Platzbedarf und Aufwand nur die Wechselspannungsprüfung betrachtet wird.

Die Wechselspannungsprüfung des Isoliersystems ist die technisch und logistisch aufwendigere Prüfung. Sie erfolgt in größeren Teilabschnitten entlang der Trasse. Die Länge dieser Sektionen beträgt i. d. R. ca. 40 km, kann jedoch auch kürzer sein. Für die Durchführung der Wechselspannungsprüfung ist eine Herrichtung temporärer Prüfflächen an den jeweiligen Enden einer solchen Sektion, z. B. an einem Muffenstandort, notwendig. Diese Flächen dienen im Wesentlichen zur Aufnahme der dazu notwendigen Prüf- und Messtechnik (temporäre Kabelendverschlüsse, Generatoren, Serienresonanzanlagen etc.) sowie zusätzlichem Equipment (Mannschaftseinrichtungen, Transportcontainer, Fahrzeuge, Krane und weiterem Hilfsequipment). Für die Wechselspannungsprüfung werden i. d. R. die für die Kabelinstallation benötigten BE-Flächen und Zuwegungen weiter genutzt.

Im Rahmen der Wechselspannungsprüfung wird zusätzlich eine sogenannte Teilentladungsmessung (AC-TE-Messung) durchgeführt. Diese Messung ermöglicht eine zerstörungsfreie Diagnose zur Beurteilung der Montagequalität von Muffen. Die hierzu benötigte Messtechnik wird an den Kabelendverschlüssen sowie an den Muffenstandorten entlang der Teststrecke installiert. Die Auswertung der Messergebnisse erfolgt zentral an dem Ort, an dem die Prüfspannung für die Wechselspannungsprüfung erzeugt wird. Zur Installation der Messtechnik ist an jedem Muffenstandort eine Anschlusseinheit erforderlich, welche geschützt untergebracht wird (Anschlussbox im S-Schacht bzw. BOB) und durch eine Versorgungsspannung (durch eine Batterie o. ä.) versorgt wird. Nach der Prüfung wird die zur Inbetriebnahme benötigte Messtechnik, sofern möglich, vollständig oder in Teilen wieder deinstalliert. Anschließend erfolgt die endgültige Rückverfüllung der Muffengruben, der Rückbau der BE-Flächen und Zuwegungen, die Anbringung von Hinweis- und Schutzelementen (z. B. Schilderpfosten) sowie die Rekultivierung der Flächen.

5.1.10 Umgang mit Boden

Für die Herstellung der Kabeltrasse ist im Bereich der offenen und geschlossenen Bauweise Bodenaushub, Bodenlagerung und Bodenverbringung erforderlich. Zur Sicherstellung der bodenschonenden Bauausführung und Erhaltung der Bodenfunktionen wurde ein Bodenschutzkonzept für die Arbeiten im Bereich der Erdkabeltrasse erstellt (siehe „Teil I1 – Bodenschutzkonzept“).

Die gemäß den Regelungen des Bodenschutzkonzepts schichtweise für die jeweils anstehenden Bodentypen ausgehobenen Böden werden in separaten Mieten gelagert. In der Regelbauweise werden die Mieten parallel zum Kabelgraben angeordnet. Im Bereich von z. B. Engstellen, bei Vortriebsgruben der geschlossen Bauweisen oder in unmittelbarer Nähe von Hochwasserüberflutungsbereichen werden die Böden so gelagert, dass keine Barrierewirkung entsteht, wobei die Lagerung jeweils möglichst ortsnah im Bereich der ausgewiesenen Baubedarfsflächen erfolgt.

Sofern chemisch auffällige Böden während der Ausführung vorgefunden werden, die einer gesonderten Verwertung zugeführt werden müssen, werden im Bereich der zentralen Baustelleneinrichtungen

Bereitstellungsflächen angeordnet, von denen nach erfolgter Deklarationsanalyse die Abfuhr zu den Verwertungsstellen erfolgt.

Die Höhe der Bodenmieten ist aus Gründen des Bodenschutzes auf ca. 2 bis 3 m begrenzt, um keine zu hohe Verdichtung aufgrund des Eigengewichts zu verursachen. Die Mieten werden mit Gefälle profiliert und leicht mit der Baggerschaufel angedrückt, sodass Niederschlagswasser ablaufen kann.

I. d. R. erfolgt der Wiedereinbau der Böden innerhalb weniger Wochen. Sofern eine Lagerung des Oberbodens über einen Zeitraum von mehr als 3 Monaten erforderlich wird, erfolgt eine Einsaat der Mieten.

Grundsätzlich erfolgt ein Wiedereinbau der Aushubböden in der Reihenfolge der vorgefundenen Bodenhorizonte und nach den Vorgaben des Bodenschutzes. Bei bedingt geeignetem Material wird, sofern bautechnisch möglich, dieses in geeigneter Weise aufbereitet, um eine fachgerechte Rückverfüllung gemäß DIN 19639 sicherzustellen und Überschussmassen zu vermeiden. Nicht für einen Wiedereinbau oder für die Aufbereitung zum ZFSV geeignete Böden, wie z. B. Torfe oder Felsgestein, müssen anderweitig verwertet werden. Verdrängtes Bodenmaterial, welches durch den Einbau der Kabelschutzrohre, der Muffen und dem Einbau von Bettungsmaterial anfällt, wird direkt vor Ort in Abstimmung mit dem Flächeneigentümer zur vorgreifenden Kompensation von Restsetzungen und dem Ausgleich von Unebenheiten teils im Überprofil verfüllt, sofern der Boden zur Wiederverwendung geeignet ist. Überschüssiger Boden wird abgefahren und ordnungsgerecht, insbesondere entsprechend boden- und abfallrechtlicher Anforderungen, verwertet bzw. entsorgt.

Sofern entlang der Trasse (siehe „Teil C1 – Trassierungsbericht“) im vorliegenden PFA ortsbezogen Bodentypen mit besonderen Bodeneigenschaften vorkommen (z. B. Moorböden, sulfatsaure Böden oder Festgesteine), so wird deren Handhabung in „Teil I1 – Bodenschutzkonzept“ betrachtet und – sofern geboten – konkrete trassierungsrelevante Auswirkungen und Maßnahmen beschrieben.

5.1.11 Wasserhaltung im Zuge der Bauausführung

Zur Herstellung der Kabeltrasse in offener und geschlossener Bauweise sowie zur Herstellung der Muffen- und Schubgruben kann auf Teilabschnitten im vorliegenden PFA eine Grundwasserabsenkung und -haltung erforderlich werden. Im Rahmen der Planung wurde durch die Erstellung des Hydrogeologischen Fachgutachtens (siehe „Teil I2 – Hydrogeologisches Fachgutachten“) die Beeinträchtigung des Schutzzwecks in Bezug auf das Grundwasser sowie auf Wasser- und Heilquellenschutzgebiete und Eigenwasserversorgungsanlagen untersucht und beschrieben. Die qualitativen Auswirkungen des Rhein-Main-Link auf die Grund- und Oberflächengewässer sind darüber hinaus in „Teil F5 – Fachbeitrag Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)“ dargelegt und die Vereinbarkeit mit den Bewirtschaftungszielen der Grund- und Oberflächengewässer untersucht worden.

Die Gesamteinschätzung ergibt, dass der Rhein-Main-Link mit den Bewirtschaftungszielen für die betroffenen Oberflächenwasserkörper sowie für die betroffenen Grundwasserkörper vereinbar ist.

Eine Grundwasserabsenkung und -haltung ist bei der Herstellung der Kabelanlage an einzelnen Stellen wahrscheinlich. Für diese Bereiche, für die die hinreichende Wahrscheinlichkeit einer Wasserhaltung im Trassenverlauf gegeben ist, hat die Vorhabenträgerin in „Teil H1 – Wasserrechtlicher Bericht“ die Voraussetzungen für die wasserrechtlichen Zulassungen untersuchen lassen und zusammengefasst. Dort werden u. a. die Anträge auf Erlaubnis zur Gewässerbenutzung gem. §§ 8 ff. WHG und zur Errichtung, zum Betrieb und zur Unterhaltung von Anlagen unter oberirdischen Gewässern gem. § 36 WHG dargelegt. Des Weiteren finden sich dort auch Unterlagen zur Zulassung einer Benutzung von Gewässerrandstreifen gem. § 38 WHG, zu besonderen Anforderungen in Wasserschutzgebieten gem. § 52 WHG oder zu baulichen Schutzvorschriften für festgesetzte Überschwemmungsgebiete gemäß § 78 WHG.

Für das fachgerechte Öffnen der Kabelgräben und Baugruben einschließlich der ordnungsgemäßen Verlegung der Kabelschutzrohranlage bis zur qualifizierten Wiederverfüllung der Baugruben ist es bei hochanstehendem Grundwasser notwendig, die Baugruben während der Bauphase einschließlich eines Sicherheitsabstands des abgesenkten Grundwasserspiegels unter der Baugrubensohle grundwasserfrei zu halten. Überall dort, wo die Kabelgräben bzw. Baugruben in das Grundwasser

einschneiden, wird deshalb die temporäre Absenkung des Grundwasserspiegels bis ca. 1,0 m unter die Baugrubensohle notwendig. Das abgepumpte Wasser wird in nahegelegene Vorfluter (z. B. Gewässer, Gräben) eingeleitet oder auf umliegenden Flächen zur Versickerung gebracht.

Unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten und der Art der Baugruben kann die bauzeitliche Wasserhaltung in offener oder geschlossener Form durchgeführt werden. i. d. R. wird die offene Wasserhaltung bei Bedarf ergänzend zu der geschlossenen Wasserhaltung eingesetzt und dient beispielsweise auch zur Ableitung von Tagwasser (zufließendes Regen- bzw. Oberflächenwasser). Eine offene Wasserhaltung kann z. B. mit Hilfe von temporären Längsdrainagen umgesetzt werden. Eine geschlossene Wasserhaltung wird i. d. R. mit Sauglanzenanlagen hergestellt. Grundsätzlich kommen für die geschlossene Wasserhaltung bewährte Standardverfahren wie z. B. Horizontaldrainagen, Spülfilter oder Brunnen zum Einsatz. Das zur Anwendung kommende Verfahren zur Grundwasserabsenkung sowie die Wiedereinleitung inkl. Einleitmengen und Wasserhaltungsdauer werden in „Teil H1 – Wasserrechtlicher Bericht“ beschrieben und bewertet.

Die Dauer einer Grundwasserabsenkung ist z. B. abhängig von der tatsächlichen Länge der einzelnen Wasserhaltungsbereiche und der Abschätzung der jahreszeitlichen Bauausführungszeiten. An den Muffenstandorten oder den Baugruben für die geschlossenen Bauweisen kann es aufgrund der längeren erforderlichen Offenhaltung der Baugrube gegenüber den Teilabschnitten der Kabelgräben bei der offenen Bauweise zu einer erhöhten Betriebszeit der Grundwasserhaltungen kommen.

Das aus den Wasserhaltungsmaßnahmen geförderte Grundwasser wird i. d. R. in Vorfluter eingeleitet, die innerhalb des Arbeitsstreifens bzw. in unmittelbarer Nähe zum Arbeitsstreifen liegen und über entsprechend geplante Wasserableitungsflächen zugänglich sind (siehe „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechterwerbspläne Erdkabelanlage“). Grundsatz der Einleitung ist, dass die rechnerisch ermittelte hydraulisch-ökologische Leistungsfähigkeit der einzelnen Einleitstellen in keinem Fall überschritten wird. Die Vorfluter werden durch Absetzeinrichtungen und bedarfsweise Filter geschützt, um den Eintrag von mitgeführten Feststoffen (Sandfraktion) in die Vorflut zu vermeiden. Weiterhin sind für die Zeit der Bauwasserhaltung nach örtlicher Analyse vor Ausführung und unter Beachtung fachbehördlich vorgegebener Grenzwerte bedarfsweise Aufbereitungsanlagen, z. B. zur Enteisenung, eingesetzt. Anfallendes Tagwasser aus Niederschlägen wird i. d. R. in den Baugruben gefasst und gemeinsam mit dem geförderten Grundwasser abgepumpt. Der Betrieb der Pumpen zur Wasserhaltung kann – je nach örtlichen Randbedingungen – jeweils elektrisch oder mit Dieselaggregaten erfolgen.

Nach der Außerbetriebnahme der Grundwasserhaltung stellt sich der durch das Projekt unbeeinflusste Grundwasserspiegel in Abhängigkeit der Bodendurchlässigkeit i. d. R. innerhalb weniger Tage ohne verbleibende Restauswirkungen wieder ein.

5.1.12 Bettungsmaterialien

Im Bereich des Kabelgrabens, unter- und oberhalb der Kabelschutzrohranlage, wird die sogenannte „Leitungszone“ mit einem Bettungsmaterial verfüllt. Das Material zur Bettung der Kabelschutzrohre muss neben mechanischen Parametern auch bestimmte Anforderungen an die Wärmeleitfähigkeit erfüllen, um eine übermäßige Erwärmung des Erdkabels im Betrieb zu verhindern.

Grundsätzlich muss die Bettung der Kabelschutzrohre gleichmäßig verdichtet, ausreichend tragfähig und frei von scharfkantigem Material sein. Die Bettung muss zudem dauerhaft volumenstabil sein, um späteren Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen und damit unerwünschten Verformungen der Kabelschutzrohranlage entgegenzuwirken. Um dies zu erreichen, wird i. d. R. der Einbau eines speziellen Bettungsmaterials erforderlich, welches üblicherweise aus ungebrochenem und rundkörnigem Material besteht. Gleichzeitig soll das Bettungsmaterial gegenüber dem anstehenden Boden kein erhöhtes Drainagepotenzial (erhöhter Durchlässigkeitsbeiwert, höhere Porosität) aufweisen. Diese Anforderungen kann ein thermisch stabilisierter Bettungsblock aus einem zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoff (ZFSV, umgangssprachlich Flüssigboden) oder auch zum Rohrdurchmesser abgestufte gemischtkörnige Sande / Kiese erfüllen.

Der ZFSV, der auf Basis des Bodenaushubs und natürlichen Gesteinskörnungen oder anderen mineralischen Stoffen sowie durch den Einsatz von Zusatzstoffen (z. B. Tonminerale, Zement, Kalk) und Wasser hergestellt wird, ist nach dem Abbinden volumenstabil. Dadurch wird eine ungewollte

Nachsetzung im Grabenprofil vermieden. Er kann i. d. R. nach wenigen Stunden begangen werden und erreicht nach ca. 48 Stunden die hinreichende Festigkeit, um den Kabelgraben weiter zu verfüllen oder auch z. B. einen Oberbau von Straßen wiederherzustellen. Der ZFSV bleibt dauerhaft stichfest. Infolge der Anteile an Bindemitteln im ZFSV wird zudem die unerwünschte drainierende Wirkung der Leitungszone wirkungsvoll vermieden. Der ZFSV enthält keine umweltschädlichen Zusatzstoffe und hat daher keinen unzulässigen Einfluss auf den Boden, gemäß Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG o. J.), und den Wirkungspfad Boden-Grundwasser.

Je nach Beschaffenheit der vorhandenen Böden ist eine Nutzung des vorhandenen und ausgehobenen Bodens in der Leitungszone für die ZFSV-Herstellung angedacht. Hierzu ist der vor Ort aus dem Graben entnommene Boden zu analysieren und die grundsätzliche Eignung festzustellen. Wird die Eignung festgestellt, wird darauf aufbauend eine Bodenrezeptur erstellt, die auch auf die Einbaubedingungen abgestimmt ist. Sofern die vor Ort entnommenen Böden nicht nutzbar sind, wird natürliches Fremdmaterial für die Herstellung des ZFSV angeliefert. Die Herstellung kann in stationären Anlagen im Bereich der ausgewiesenen BE-Flächen erfolgen. Hierbei wird der ZFSV mittels Fahrbetonmischern über das öffentliche Straßennetz oder die Baustraßen entlang des Kabelgrabens zum Einbauort transportiert und eingebaut. Alternativ können mobile Mischanlagen genutzt werden, die direkt am Kabelgraben aus vorhandenem Bodenaushub einen ZFSV anmischen. Im Rahmen der ZFSV-Herstellung wird die Materialzusammensetzung durch Eigen- und Fremdüberwachung güteüberwacht. Die Herstellungskapazitäten von mobilen Mischanlagen sind jedoch begrenzt und eignen sich daher nur im Einzelfall. Bei Gefällestrecken kommen auch Fließsperren, z. B. in Form von modifizierten Auftriebssperren zum Einsatz. Eventuell überschüssiger Boden wird auch hier einer geordneten Verwertung zugeführt. Falls einzelne Grundstückseigentümer den auf ihrem Grundstück anfallenden verdrängten Boden selbst behalten wollen, kann der Boden auf dem Grundstück belassen werden (sofern dem keine gesetzlichen Vorgaben, etwa nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)/Nachweisverordnung (NachwV) entgegenstehen).

Bei Nutzung des ZFSV muss berücksichtigt werden, dass aufgrund der dann zu erwartenden Einbaumengen stationäre Anlagen für die Aufbereitung von ZFSV installiert und i. d. R. ca. alle 40 km entlang der Trasse angeordnet werden. ZFSV muss innerhalb von 90 Minuten nach der Mischung eingebaut werden. Bei der Wahl der Standorte ist auf eine gute Verkehrsanbindung und gute Versorgungsmöglichkeiten (u. a. Wasser, Strom, Abwasser) zu achten.

5.1.13 Sicherungs- und Schutzmaßnahmen beim Bau und Flurschadensregulierung

Die Planung und Errichtung der Kabelanlagen erfolgten unter Umsetzung geltender relevanter gesetzlicher Vorschriften und den anerkannten Regeln der Technik.

Im Rahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes werden die geltenden Unfallverhütungsvorschriften sowie die allgemein anerkannten sicherheitstechnischen und arbeitsmedizinischen Gesetze und Vorschriften in der gültigen Fassung umgesetzt und eingehalten. Die Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen (BaustellV o. J.) wird eingehalten.

Die Bauausführung der Baustelle wird sowohl durch Eigenpersonal als auch durch beauftragte Fachfirmen überwacht und kontrolliert. Für die fertiggestellte Baumaßnahme wird ein Übergabeprotokoll erstellt, in dem von der bauausführenden Firma testiert wird, dass die gesamte Baumaßnahme fachgerecht und entsprechend den relevanten Vorschriften, Normen und Bestimmungen durchgeführt worden ist. Nach Fertigstellung der Kabelanlagen erfolgt zur Qualitätskontrolle eine Inbetriebnahmeprüfung (siehe Kapitel 5.1.9).

Für jede Baustelle, bei der die voraussichtliche Dauer der Arbeiten mehr als 30 Arbeitstage beträgt und auf der mehr als 20 Beschäftigte gleichzeitig tätig werden oder der Umfang der Arbeiten voraussichtlich 500 Personentage überschreitet, wird der zuständigen Behörde für den Arbeitsschutz spätestens zwei Wochen vor Einrichtung der Baustelle eine Vorankündigung übermittelt und in den Baulagern sichtbar ausgehängt. Ist für eine Baustelle, auf der Beschäftigte mehrerer Arbeitgeber tätig werden, eine Vorankündigung zu übermitteln oder werden auf einer Baustelle, auf der Beschäftigte mehrerer

Arbeitgeber tätig werden, besonders gefährliche Arbeiten ausgeführt, so wird dafür Sorge getragen, dass vor Einrichtung der Baustelle ein Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan erstellt wird.

Entsprechend der einschlägigen gesetzlichen und berufsgenossenschaftlichen Regelungen müssen die eingesetzten Mitarbeiter ihre persönliche Schutzausrüstung (PSA) bei der Ausübung ihrer Tätigkeit tragen.

Die jeweils gültigen Arbeits-, Unfallverhütungs- und Umweltschutzbestimmungen werden bei allen Bauphasen und Arbeitsschritten eingehalten. Besonders hervorzuheben sind folgende Punkte:

- Baugruben werden mittels geeigneter Absperrung gesichert.
- Arbeitsstreifen werden im Bereich von öffentlichen Wegen und Plätzen so abgesperrt, dass sie von Unbefugten nicht versehentlich betreten werden können.
- Rohrstränge werden so gesichert, dass sie nicht in Bewegung geraten.
- Während arbeitsfreier Tage wird die Länge der offenen Kabelgräben im Rahmen des Möglichen minimiert.
- Alle eingesetzten Baumaschinen werden – soweit die Herstellerzulassung dies erlaubt – mit biologisch abbaubaren Hydraulikölen betrieben.
- Die Betankung wird nur so vorgenommen, dass das Eindringen von Treibstoffen in den Boden durch Zusatzmaßnahmen in jedem Fall verhindert wird.

Alle im Bereich der Zuwegungen und Arbeitsflächen nachweislich entstandenen Flur-, Aufwuchs- und Wegeschäden werden nach Abschluss der Arbeiten bewertet und entsprechend beseitigt bzw. entschädigt. Grundlage hierfür sind die aktuellen Richtsätze für die Bewertung landwirtschaftlicher Kulturen in der jeweils gültigen Fassung.

Wird bei der Schadensregulierung keine Einigung über die Höhe der Flur- und Aufwuchsschäden erzielt, wird ein öffentlich bestellter und vereidigter landwirtschaftlicher Sachverständiger beauftragt. Die hierfür entstehenden Kosten werden von der Vorhabenträgerin übernommen.

Straßen- und Wegeschäden, die durch die für den Bau und Betrieb der Erdkabelanlage eingesetzten Baufahrzeuge entstehen, werden nach Durchführung der Maßnahmen beseitigt. Gleiches gilt, soweit Drainagen, Rohrleitungen u. ä. baubedingt beeinträchtigt werden. Auch hier erfolgt eine vollständige Wiederherstellung. Sämtliche zur Anfahrt und zum Bau benötigten Flächen sind in den Lageplänen (siehe „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“) ausgewiesen.

5.2 Angaben zum Bau von Nebenanlagen

Neben der Erdkabelanlage werden weitere betriebsbedingte Einrichtungen und Anlagenteile benötigt, um den sicheren Transport der Energie zu gewährleisten. Dazu gehören im Wesentlichen die Nebenanlagen KKÜS, MOS und Konverter, deren technische Komponenten in Kapitel 4.2 beschrieben sind. Im Folgenden wird die allgemeine Bauausführung der Nebenanlagen näher beschrieben.

5.2.1 KKÜS

Für die Errichtung der KKÜS werden u. a. Zuwegungen und BE-Flächen benötigt. Des Weiteren wird auf die bauliche Umsetzung sowie die notwendigen Sicherungs- und Schutzmaßnahmen näher eingegangen.

Zuwegung

Lage und Standort der KKÜS werden u. a. durch bautechnische Belange wie die verkehrliche Erschließung und die Erschließung mit Strom (Mittelspannung) bestimmt. Damit wird z. B. sichergestellt, dass die elektrische Versorgungsmöglichkeit während Bau und Montage gewährleistet ist und dass die bereits vorhandenen Wege den hohen Transportlasten standhalten. I. d. R. ist es möglich, die KKÜS in

unmittelbarer räumlicher Nähe zu einer ausgebauten Straße zu errichten. Die KKÜS wird durch eine dauerhafte befestigte Zufahrt an das öffentliche Wegenetz angeschlossen, die im Lage- und Rechtserwerbsplan (siehe „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“) entsprechend verzeichnet ist. Die dauerhafte Zuwegung zur KKÜS stellt auch die Erreichbarkeit der Anlage während des Betriebes sicher.

Eine temporäre Zuwegung wird je nach Lage und Platzierung der benötigten BE-Fläche zusätzlich benötigt. Die Zuwegungen erfolgen dabei so weit wie möglich von bestehenden öffentlichen Straßen oder Wegen aus. Soweit dabei bisher unbefestigte oder teilbefestigte Wege ausgebessert oder befestigt werden müssen, bleibt dieser Zustand in Rücksprache mit den jeweiligen Eigentümern dauerhaft erhalten. Für die geplanten BE-Flächen der KKÜS, die sich nicht unmittelbar neben Straßen und Wegen befinden, müssen temporäre Zuwegungen mit einer Breite von ca. 3 bis 5 m eingerichtet werden. Je nach Boden- und Witterungsverhältnissen werden hierfür zum Beispiel Stahlplatten ausgelegt oder in besonderen Fällen temporäre Schotterwege erstellt, z. B. bei großer Hangneigung oder aus platztechnischen Gründen. Die für die temporären Zuwegungen in Anspruch genommenen Flächen werden nach Abschluss der Baumaßnahmen wieder zurückgebaut bzw. wiederhergestellt, sodass i. d. R. keine dauerhaft befestigte Fläche verbleibt. Die Bewirtschaftung ist somit anschließend wieder möglich.

Dauerhafte und temporäre (nur sofern erforderlich) Zuwegungen für den Bau und den Betrieb der Anlage werden in „Teil C6.2 – Bauantragsunterlagen KKÜS“ und in „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ ausgewiesen.

Für das Befahren von privaten Wegen und Flächen werden entsprechende privatrechtliche Vereinbarungen mit den Eigentümern abgeschlossen. Im Bereich von betroffenen Straßen und Wegen wird vor Beginn und nach Abschluss der Baumaßnahme der Zustand mit den zuständigen Baulastträgern bzw. Eigentümern / Nutzern festgestellt und beweisgesichert.

Baubedarfsflächen

Für den Bau einer KKÜS wird eine BE-Fläche, z. B. für die Lagerung von Material und Maschinen und die Aufstellung von Büro- und Sanitärcontainern, benötigt. Die entsprechende Baufläche wird eingezäunt, der Oberboden abgetragen und bis zur späteren Verwendung in einzelnen Mieten auf der Fläche zwischengelagert. Der Gesamtbedarf der BE-Fläche beträgt je KKÜS i. d. R. ca. 1,5 bis 2 ha. Die Lage der BE-Flächen ist in den Lageplänen in „Teil C6.2 – Bauantragsunterlagen KKÜS“ und in „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ ausgewiesen.

Bauliche Umsetzung

Als Vorbereitung für die Bauarbeiten zur Herstellung der KKÜS sowie eines Teilbereichs der Zuwegung ist i. d. R. ein Geländeausgleich des Baufeldes erforderlich. Um das geplante Höhenniveau zu erreichen, kann innerhalb des Baufeldes sowohl ein Geländeauftrag als auch ein -abtrag erforderlich sein. Das Material des Geländeauftrags ist z. B. ein Sand- / Kies-Gemisch. Für den Geländeausgleich wird i. d. R. zunächst der Oberboden abgetragen und gemäß den Anforderungen des Bodenschutzkonzeptes (siehe „Teil I1 – Bodenschutzkonzept“) zwischengelagert.

Anschließend werden die benötigten Fundamente für das Gebäude und die Betriebswege sowie Parkmöglichkeiten hergestellt. Auf dem Fundament wird die KKÜS gem. den Bauantragsunterlagen („Teil C6.2 – Bauantragsunterlagen KKÜS“) errichtet. Nachdem auch die Komponenten für die Erdkabel montiert sind, werden die Energiekabel aus dem Boden kommend an die Endverschlüsse montiert. Es wird mit einer Bauzeit der KKÜS von ca. 36 Monaten gerechnet. Nach Abschluss der Bauarbeiten werden temporäre Einrichtungen zurückgebaut, der Oberboden angedeckt und temporär beanspruchte Flächen rekultiviert.

Muss für Herstellung der einzelnen Fundamente aus den Baugruben Oberflächen- oder Grundwasser gepumpt werden oder werden Grundwasserhaltungsmaßnahmen notwendig, wird dieses entweder im direkten Umfeld versickert oder in nahegelegene Vorfluter ggf. unter Vorschaltung eines Absetzbeckens in Abstimmung mit der zuständigen Fachbehörde eingeleitet.

In Abhängigkeit vom Grundwasserstand können bei den Gründungsarbeiten Wasserhaltungsmaßnahmen zur Sicherung der Baugruben während der Bauphase erforderlich sein.

Sofern eine hinreichende Wahrscheinlichkeit einer Grundwasserhaltung für die Gründung der Fundamente gegeben ist, hat die Vorhabenträgerin in „Teil H1 – Wasserrechtlicher Bericht“ die Voraussetzungen für die wasserrechtlichen Zulassungen untersuchen lassen und zusammengefasst. Dort werden u. a. die Anträge auf Erlaubnis zur Gewässerbenutzung gem. §§ 8 ff. WHG dargelegt. Die Verwendung von gegebenenfalls offenen Wasserhaltungssystemen wird mit der zuständigen Fachbehörde vor der Bauausführung im Detail abgestimmt.

Sicherungs- und Schutzmaßnahmen beim Bau

Zum Schutz während der Bauzeit und bei Tätigkeiten außerhalb des eingezäunten Anlagenbereichs wird bedarfsweise ein Bauzaun errichtet. Zudem wird zu einer frühen Phase der Bauzeit bereits der Anlagenzaun errichtet und mit einer Beschilderung bzw. Kennzeichnung nach Norm versehen. Demnach ist die Anlage eine abgeschlossene Betriebsstätte, die ausschließlich dem Betrieb elektrischer Anlagen dient und deshalb dauernd unter Verschluss gehalten wird. Zu allen Zeiten gelten die Vorschriften nach der Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV).

5.2.2 MOS

Für die Errichtung der MOS werden u. a. Zuwegungen und BE-Flächen benötigt. Des Weiteren wird auf die bauliche Umsetzung sowie die notwendigen Sicherungs- und Schutzmaßnahmen näher eingegangen.

Zuwegung

Lage und Standort der MOS werden u. a. auch in Abhängigkeit des Kriteriums der Lagegunst bestimmt. Damit wird z. B. sichergestellt, dass die elektrische Versorgungsmöglichkeit während Bau und Montage gewährleistet ist und dass die bereits vorhandenen Wege den hohen Transportlasten standhalten. I. d. R. ist es möglich, MOS in unmittelbarer räumlicher Nähe zu einer ausgebauten Straße zu errichten. Darüber hinaus muss die MOS in einem Umkreis von ca. 300 m zu einer Verbindungsmuffe platziert werden (siehe Kapitel 4.2.2). Die MOS wird durch eine dauerhafte befestigte Zufahrt an das öffentliche Wegenetz angeschlossen, die im Lage- und Rechtserwerbsplan (siehe „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage) entsprechend verzeichnet ist. Die dauerhafte Zuwegung zur MOS stellt auch die Erreichbarkeit der Anlage während des Betriebes sicher.

Eine temporäre Zuwegung wird, je nach Lage und Platzierung der benötigten BE-Fläche und der LWL-Nebenachse, zusätzlich benötigt. Die Zuwegungen erfolgen dabei so weit wie möglich von bestehenden öffentlichen Straßen oder Wegen aus. Soweit dabei bisher unbefestigte oder teilbefestigte Wege ausgebessert oder befestigt werden müssen, bleibt dieser Zustand in Rücksprache mit den jeweiligen Eigentümern dauerhaft erhalten. Für die geplanten BE-Flächen der MOS, die sich nicht unmittelbar neben Straßen und Wegen befinden, müssen temporäre Zuwegungen mit einer Breite von ca. 3 bis 5 m eingerichtet werden. Je nach Boden- und Witterungsverhältnissen werden hierfür zum Beispiel Stahlplatten ausgelegt oder in besonderen Fällen temporäre Schotterwege erstellt, z. B. bei großer Hangneigung oder aus platztechnischen Gründen. Die für die temporären Zuwegungen in Anspruch genommenen Flächen werden nach Abschluss der Baumaßnahmen wieder zurückgebaut bzw. wiederhergestellt, sodass i. d. R. keine dauerhaft befestigte Fläche verbleibt. Die Bewirtschaftung ist somit anschließend wieder möglich.

Dauerhafte und temporäre (nur sofern erforderlich) Zuwegungen für den Bau und den Betrieb der Anlage werden in „Teil C7.2 – Bauantragsunterlagen MOS“ und in „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ ausgewiesen.

Für das Befahren von privaten Wegen und Flächen, werden entsprechende privatrechtliche Vereinbarungen mit den Eigentümern abgeschlossen. Im Bereich von betroffenen Straßen und Wegen wird vor Beginn und nach Abschluss der Baumaßnahme der Zustand mit den zuständigen Baulastträgern bzw. Eigentümern / Nutzern festgestellt und beweisgesichert.

Baubedarfsflächen

Für den Bau einer MOS wird eine BE-Fläche, z. B. für die Lagerung von Material und Maschinen und die Aufstellung von Büro- und Sanitärcontainern, benötigt. Die entsprechende Baufläche wird

eingezäunt, der Oberboden abgetragen und bis zur späteren Verwendung in einzelnen Mieten auf der Fläche zwischengelagert. Der Gesamtbedarf der BE-Fläche beträgt für eine MOS i. d. R. ca. 1.700 m². Die Lage der BE-Fläche ist in den Lageplänen in „Teil C7.2 – Bauantragsunterlagen MOS“ und in „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ ausgewiesen. Ergänzend wird für die Umsetzung der LWL-Nebenachse ebenfalls eine Baubedarfsfläche entlang der LWL-Nebenachse benötigt, um die Kabelschutzrohre der LWL-Kabel zu verlegen. Die Baubedarfsfläche der LWL-Nebenachse dient insbesondere der Zwischenlagerung des ausgehobenen Bodenmaterials.

Bauliche Umsetzung

Als Vorbereitung für die Bauarbeiten zur Herstellung der MOS sowie eines Teilbereichs der Zuwegung ist i. d. R. ein Geländeausgleich des Baufeldes erforderlich. Um das geplante Höhenniveau zu erreichen, kann innerhalb des Baufeldes sowohl ein Geländeauftrag als auch ein -abtrag erforderlich sein. Das Material des Geländeauftrags ist z. B. ein Sand- / Kies-Gemisch. Für den Geländeausgleich wird i. d. R. zunächst der Oberboden abgetragen und gemäß den Anforderungen des Bodenschutzkonzeptes (siehe „Teil I1 – Bodenschutzkonzept“) zwischengelagert.

Anschließend werden die benötigten Fundamente für das Gebäude und die Betriebswege sowie Parkmöglichkeiten hergestellt. Auf dem Fundament wird die MOS inkl. der Einführungsmöglichkeiten der LWL-Nebenachse gem. den Bauantragsunterlagen (siehe „Teil C7.2 – Bauantragsunterlagen MOS“) errichtet.

Parallel wird für die LWL-Nebenachse der anstehende Oberboden über dem LWL-Graben abgezogen und unter Beachtung des Bodenschutzkonzeptes zwischengelagert. Der Graben wird ausgehoben und der Aushub parallel zum Graben gelagert. Die Kabelschutzrohre der LWL-Kabel werden in einer Sandbettung inkl. Trassenwarnband in den Graben eingebracht und der Graben mit dem Aushubmaterial wiederverfüllt. Die LWL-Kabel aller vier Vorhaben werden zunächst in S-Schächten gebündelt und anschließend in einem gemeinsamen Graben – der sogenannten LWL-Nebenachse – von der Verbindungsmuffe zur MOS geführt. Die LWL-Nebenachse hat eine Sohlbreite von ca. 2 m und eine Grabentiefe von ca. 1,4 m.

Nach Abschluss der Bauarbeiten werden temporäre Einrichtungen zurückgebaut, der Oberboden angedeckt und temporär beanspruchte Flächen i. d. R. rekultiviert. Die geplante Bauzeit für die Errichtung der MOS als Betriebsstätte wird ca. 12 Monate betragen. Für die Herstellung der LWL-Nebenachse zwischen Muffenstandort bis zur MOS wird je nach Anbindungslänge mit einer Bauzeit von bis zu drei Monaten gerechnet.

Muss für Herstellung der einzelnen Fundamente oder LWL-Nebenachse aus den Baugruben Oberflächen- oder Grundwasser gepumpt werden oder werden Grundwasserhaltungsmaßnahmen notwendig, wird dieses entweder im direkten Umfeld versickert oder in nahegelegene Vorfluter ggf. unter Vorschaltung eines Absetzbeckens in Abstimmung mit der zuständigen Fachbehörde eingeleitet.

In Abhängigkeit vom Grundwasserstand können bei den Gründungsarbeiten Wasserhaltungsmaßnahmen zur Sicherung der Baugruben während der Bauphase erforderlich sein. Sofern eine hinreichende Wahrscheinlichkeit einer Grundwasserhaltung für die Gründung der Fundamente gegeben ist, hat die Vorhabenträgerin in „Teil H1 – Wasserrechtlicher Bericht“ die Voraussetzungen für die wasserrechtlichen Zulassungen untersuchen lassen und zusammengefasst. Dort werden u. a. die Anträge auf Erlaubnis zur Gewässerbenutzung gem. §§ 8 ff. WHG dargelegt. Die Verwendung von gegebenenfalls offenen Wasserhaltungssystemen wird mit der zuständigen Fachbehörde vor der Bauausführung im Detail abgestimmt.

Sicherungs- und Schutzmaßnahmen beim Bau

Zum Schutz während der Bauzeit und bei Tätigkeiten außerhalb des eingezäunten Anlagenbereichs wird bedarfsweise ein Bauzaun errichtet. Zudem wird zu einer frühen Phase der Bauzeit bereits der Anlagenzaun errichtet und mit einer Beschilderung bzw. Kennzeichnung nach Norm versehen. Demnach ist die Anlage eine abgeschlossene Betriebsstätte, die ausschließlich dem Betrieb elektrischer Anlagen dient und deshalb dauernd unter Verschluss gehalten wird. Zu allen Zeiten gelten die Vorschriften nach der DGUV.

5.2.3 Konverter

Da im vorliegenden PFA keine Konverter antragsgegenständlich sind, wird auf eine textliche Erläuterung zur baulichen Umsetzung für die Errichtung von Konvertern verzichtet.

5.3 Angaben zum Bau der AC-Anbindungsleitungen

Da im vorliegenden PFA keine AC-Anbindungsleitung antragsgegenständlich ist, wird auf eine textliche Erläuterung zur baulichen Umsetzung verzichtet.

5.4 Geplanter Bauablauf

Die vorstehenden Ausführungen zur Bauausführung zeigen, dass für die Umsetzung des Rhein-Main-Link umfangreiche Bautätigkeiten entlang des Trassenverlaufs durchgeführt werden müssen. Die nachfolgenden Ausführungen zum geplanten Bauablauf beziehen sich gesamthaft auf den Energiekorridor Rhein-Main-Link und gelten somit abschnittsübergreifend.

Die Vorgaben im bestätigten NEP 2023-2037/2045 legen dar, dass die anvisierte Inbetriebnahme der HGÜ-Leitungen sukzessive ab dem Jahr 2033 erfolgen soll (siehe Kapitel 3.4). In Abhängigkeit der jeweiligen PFA und der erwarteten Abschlüsse der einzelnen Genehmigungsverfahren ergibt sich bis zur ersten Inbetriebnahme eine Bauzeit von bis zu fünf Jahren. Die geplante Gesamtbauzeit von ca. fünf Jahren für das Gesamtvorhaben erfordert den gleichzeitigen Beginn von Baumaßnahmen an mehreren Stellen. Grundsätzlich ist der reguläre Beginn der Baumaßnahmen vom Erhalt des Planfeststellungsbeschlusses des jeweiligen PFA abhängig. Nachgeordnet haben dann Faktoren wie Jahreszeit, Grundstücksverfügbarkeit, Bauzeitenfenster etc. einen erheblichen Einfluss darauf, in welchen Bereichen entlang des Trassenverlaufs mit dem Bau begonnen werden kann. Da die vorgenannten Einflussfaktoren noch nicht bekannt sind, kann derzeitig nur eine grobe Prognose zu den Gesamtbauzeiten aufgezeigt werden. Ein belastbarer Bauablaufplan mit räumlichem Bezug ist der Ausführungsplanung vorbehalten. Die in den Abbildungen dargelegten Angaben sind aus diesem Grund nicht letztverbindlich.

Grundsätzlich ist für die Herstellung des Rhein-Main-Link eine gemeinsame Bauausführung der vier Vorhaben Nr. 82, 82a, 82b und 82c vorgesehen. Dies bezieht sich insbesondere auf die Tiefbauarbeiten zur Errichtung der Kabelschutzrohranlage. Aufgrund der unterschiedlichen Inbetriebnahmezeiten der jeweiligen Vorhaben können insbesondere die bauausführenden Tätigkeiten an den NVP Kriftel und Ried entkoppelt werden. Hierzu zählen z. B. die Bautätigkeiten zur Herstellung des Konverters oder der AC-Anbindungsleitungen. Die nachfolgende Abbildung 5-10 zeigt den gemeinsamen Baustart für die vier Vorhaben.

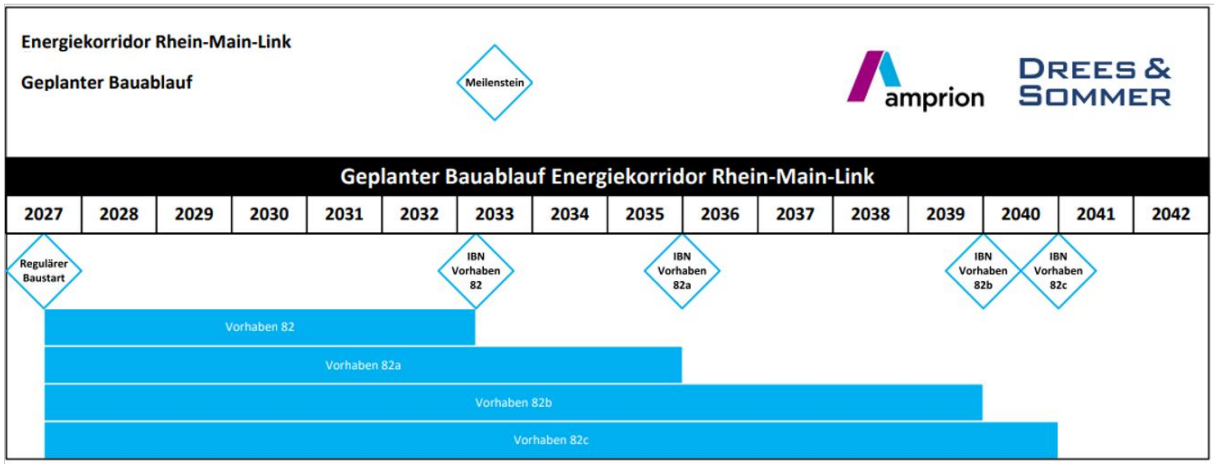


Abbildung 5-10: Geplanter Bauablauf Energiekorridor Rhein-Main-Link

Zu den bauausführenden Tätigkeiten, die zur Inbetriebnahme eines Vorhabens erforderlich sind, zählen die unter Kapitel 5, Angaben zum Bau, aufgeführten Arbeiten. Für die Vorhaben Nr. 82 und 82a sollen die bauausführenden Tätigkeiten in den Jahren 2033 bis 2035 mit der Inbetriebnahme der Leitungen abgeschlossen sein. Für die Vorhaben Nr. 82b und 82c wird der Abschluss der für die Inbetriebnahme relevanten Bautätigkeiten im Zeitraum 2038 bis 2039 (Vorhaben Nr. 82b) und 2039 bis 2040 (Vorhaben Nr. 82c) erwartet. Insbesondere die Herstellung der Kabelschutzrohranlage (Herstellungsphase 1) wird für alle vier Vorhaben gemeinsam und parallel ausgeführt, um so möglichst eingriffsminimierend zu bauen. Weitere Bautätigkeiten (z. B. Einzug der Kabel in die Kabelschutzrohre oder Errichtung von Nebenanlagen) können insbesondere für die Vorhaben Nr. 82b und 82c zeitlich versetzt stattfinden.

Die in Abbildung 5-10 dargestellten Zeitspannen der geplanten Bauabläufe sind grundsätzlich nicht mit einer durchgehenden Flächenbeanspruchung gleichzusetzen. Sofern aufgrund von z. B. Fertigstellung von Teilbereichen, logistischen Zwängen oder Inbetriebnahmezeiten längere Bauunterbrechungen erforderlich bzw. sinnvoll sind, werden Baustellen temporär rückabgewickelt und die für die Vorhabenumsetzung beanspruchten Flächen den Eigentümern zwischenzeitlich wieder überlassen.

Insbesondere durch die größere zeitliche Trennung der Inbetriebnahmedaten für die Vorhaben Nr. 82 und 82a einerseits sowie Vorhaben Nr. 82b und 82c andererseits, kommt es zu einem zeitlichen Versatz von bauausführenden Tätigkeiten, sprich zu einer versetzten Kabelinstallation und damit einhergehend zu einer erneuten Flächeninanspruchnahme. Die erneute Flächeninanspruchnahme beschränkt sich überwiegend auf die Muffenstandorte inkl. deren Baubedarfsfläche und Zuwegung. Der Großteil der beanspruchten Flächen (ca. 90 % der Gesamtflächeninanspruchnahme) kann bereits nach Abschluss der Herstellungsphase 1 den Grundstückseigentümern wieder zurückgegeben werden. Der Herstellung der Kabelschutzrohranlage (Herstellungsphase 1) folgt die Herstellung der Muffengruben, die Kabelinstallation und die Inbetriebnahmeprüfungen (Herstellungsphase 2). Aufgrund des zeitlichen Versatzes wird die Herstellungsphase 2 in zwei Herstellungsphasen 2a und 2b unterteilt. Die Herstellungsphase 2a beschreibt die beschriebenen Schritte für die Vorhaben Nr. 82 und 82a, die Herstellungsphase 2b für die Vorhaben Nr. 82b und 82c. Die folgende Abbildung 5-11 zeigt den geplanten Bauablauf zur Herstellung der Erdkabelanlage.

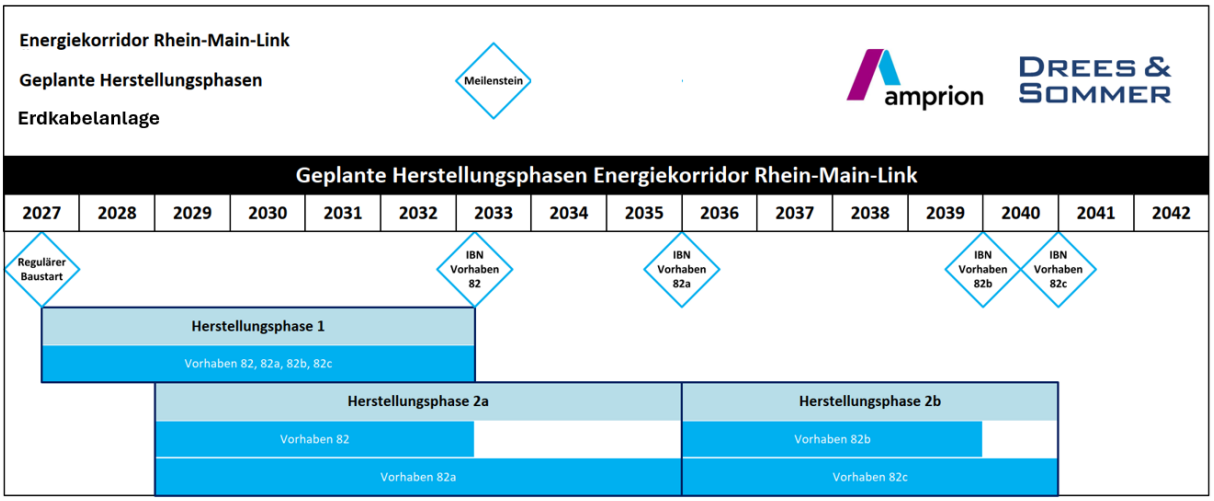


Abbildung 5-11: Geplanter Bauablauf Erdkabelanlage Energiekorridor Rhein-Main-Link

Nach der derzeitigen Erkenntnislage wird davon ausgegangen, dass nach Abschluss der Herstellungsphase 2a die Herstellungsphase 2b beginnt. Die zwischenzeitliche Rückgabe der beanspruchten Flächen wird im Rahmen der privatrechtlichen Gespräche verhandelt. Grundsätzlich wird in diesem Zeitraum eine Rekultivierung bzw. werden Pflegemaßnahmen oder eine Zwischenbewirtschaftung auf den Flächen ermöglicht und bodenschutz- sowie umweltrelevante Belange berücksichtigt. Aufgrund der zeitlichen Dauern für Kabelinstallation und Inbetriebnahmeprüfungen, sowie des Umstandes, dass Beginn und Ende der Bautätigkeiten der Herstellungsphase 2a in den jeweiligen Trassenabschnitten unterschiedlich sind, kann es bei der Flächeninanspruchnahme im Bereich der jeweiligen Muffenstandorte zu einem zeitlichen Versatz von

bis zu zehn Jahren kommen. Diese Annahme generiert sich aus dem Szenario einer frühestmöglichen Fertigstellung der Kabelinstallation und ersten Inbetriebnahmeprüfung im Rahmen der Herstellungsphase 2a und dem spätesten Zeitpunkt der letzten Inbetriebnahmeprüfung im Rahmen der Herstellungsphase 2b. Da es sich um einen gestreckten Bauablauf handelt, der in unterschiedlichen Trassenbereichen unterschiedliche Start- und Endpunkte hat, kann es daher in Extremfällen zu einem derartigen zeitlichen Versatz kommen. So kann etwa ein Bauabschnitt zum Ende der Herstellungsphase 2a für die Vorhaben Nr. 82 und Nr. 82a und zugleich zum Beginn der Herstellungsphase 2b für die Vorhaben Nr. 82b und Nr. 82c aufgeplant werden.

Grundsätzlich werden für die Herstellungsphase 2b die relevanten Zuwegungen und Baubedarfsflächen für Muffen- und Schubgruben neu angelegt, um die Kabelinstallation und Inbetriebnahmeprüfungen durchzuführen.

Der Zeitpunkt, zu dem ortsspezifisch für die Herstellungsphase 2b die Flächeninanspruchnahme festgelegt werden kann, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Grundsätzlich ist der konkrete Bauablaufplan mit räumlichem Bezug aufgrund der variablen bzw. noch nicht feststehenden Einflussfaktoren der Ausführungsplanung vorbehalten. Bauausführende Tätigkeiten, insbesondere für Arbeiten, die mit einem zeitlichen Versatz stattfinden, werden den betroffenen Grundstückseigentümern und Nutzungsberechtigten rechtzeitig vor der Flurstücksinanspruchnahme angekündigt. Vor und nach Abschluss der flurstücksspezifischen Bautätigkeiten erfolgt eine Beweissicherung der Flächen. Alle im Bereich der Zuwegungen und Arbeitsflächen entstandenen Flur-, Aufwuchs- und Wegeschäden werden nach Abschluss der Arbeiten bewertet und entsprechend beseitigt bzw. entschädigt. Grundlage hierfür sind die aktuellen Richtsätze für die Bewertung landwirtschaftlicher Kulturen in der jeweils gültigen Fassung.

Zudem wird dieser versetzte Bauablauf verbunden mit einer erneuten Flächeninanspruchnahme überwiegend im Bereich der Muffengruben in den jeweiligen Fachgutachten und Unterlagen, die Teil dieser Unterlagen sind, mit betrachtet, soweit dieses Vorgehen für die Bewertung der Auswirkungen des Rhein-Main-Link von Bedeutung ist.

5.5 Standardisierte technische Ausführungen

Im Rahmen der Bauausführung wird angestrebt, die Entstehung von Umweltauswirkungen durch standardisierte technische Ausführungen von vornherein zu vermeiden oder zu vermindern. Durch geeignete Ausführungen kann zur Schonung der Umwelt die Beeinträchtigung von Natur und Landschaft vermieden werden. Die Ausführungen wurden bei der Planung des Trassenverlaufs berücksichtigt und sind fester Bestandteil der Bauausführung im Rhein-Main-Link. Die folgenden standardisierten technischen Ausführungen sagt die Vorhabenträgerin im Zuge der Baumaßnahme zu:

1) Kontrolle des einzuleitenden bauzeitlichen Grundwassers auf die behördlich abgestimmten Einleitwerte und bei Bedarf Einsatz von Absetzeinrichtung bzw. Wasseraufbereitungsanlagen
2) Einleitung des bauzeitlichen Wassers entsprechend der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Fließgewässer
3) Einsatz von hydraulisch begrenzenden Elementen (z. B. Lehm- oder Tonriegel) zur Verhinderung der Längsläufigkeit bei offener Bauweise im geneigten Gelände
4) Bautechnische Maßnahmen und / oder hydraulische Stützungsmaßnahmen zum Schutz grundwasserempfindlicher Ingenieursbauwerke
5) Reduzierung der Lichtemission bei Nachtbaustellen: Verwendung lichtminimierender, insektenfreundlicher Leuchtmittel (LED 2700 K), Ausrichtung der Lichtquelle innerhalb des Baufeldes und Abschirmung des Lichtkegels nach oben und zu den Seiten, Kontrolle der baustellenbedingten Strahlungsweite (10 m um Baufeld max. 1 Lux Reststrahlung)
6) Kleintierschutzzäune um länger andauernde, lokale BE-Flächen, z. B. Baugruben geschlossener Bauweisen (Zufahrten sind nur während der Arbeitszeiten geöffnet)

Weitere Details dazu finden sich in „Teil F1 – Fachbeitrag Umwelt“.

6 Angaben zum Betrieb

Nach Abschluss der Anlagenerrichtung erfolgt die Aufnahme des Betriebs der Erdkabelanlage, der für den Betrieb notwendigen Nebenanlagen und AC-Anbindungsleitungen. Während des Betriebs müssen analog zu Kapitel 5 die geltenden technischen Regelwerke eingehalten und die Sicherheit der Anlagen gewährleistet werden. Für den sicheren Betrieb sind gemäß § 49 Abs. 1 EnWG Energieanlagen so zu errichten und zu betreiben, dass die technische Sicherheit im Betrieb gewährleistet ist. Dabei sind vorbehaltlich sonstiger Rechtsvorschriften die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten. Gemäß § 49 Abs. 2 S. 1 Nr. 1 EnWG wird die Einhaltung der allgemeinen Regeln der Technik vermutet, wenn die technischen Regeln des Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (VDE) eingehalten worden sind.

Aufgabe des Betriebs ist die operative Vorbereitung und Durchführung von Inspektionen, von geplanten und ungeplanten Instandsetzungen sowie von Maßnahmen aus der Fremd- und Bauleitplanung. Zum Betrieb gehört außerdem die Ein- und Unterweisung Dritter.

Für die Netzführung der Leitung ist die zuständige Schaltleitung verantwortlich. Aufgaben der Schaltleitung sind u. a. die Koordination der Abschaltplanung und Durchführung bzw. Anweisung von Schalthandlungen, die Überwachung der Anlage sowie Alarmierung des zuständigen Betriebsbereiches bei Unregelmäßigkeiten.

Die Systeme sind ferngesteuert und rund um die Uhr fernüberwacht. Alle relevanten Betriebszustände werden erfasst und für weitere Auswertungen und Störungsanalysen gespeichert. Mit Inbetriebnahme der Leitung werden die Leiter unter Spannung gesetzt. Sie übertragen den Strom und damit die elektrische Leistung. Die elektrischen Daten der Leitung werden kontinuierlich durch automatische Schutzeinrichtungen an den beiden Enden der Leitung auf ihre Sollzustände hin überprüft. Sofern eine Überbeanspruchung festgestellt wird, erfolgt die automatische Abschaltung der gestörten Einrichtung vom Netz. Die Schaltleitung informiert den Betrieb, der die Störungsklärung und alle damit verbundenen Handlungen übernimmt bzw. koordiniert.

Nachfolgend werden weitere Angaben zum Betrieb der Erdkabelanlage, der notwendigen Nebenanlagen und der AC-Anbindungsleitungen ausgeführt.

6.1 Angaben zum Betrieb der Erdkabelanlage

6.1.1 Technische Regelwerke

Es werden alle betrieblich-organisatorischen Vorkehrungen getroffen, um die technische Sicherheit der Anlage im Sinne des § 49 Abs. 1 und 2 des EnWG zu gewährleisten. Dabei sind vorbehaltlich sonstiger Rechtsvorschriften die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten. Maßgeblich für den sicheren Betrieb der Anlage ist ihr regelkonformer Aufbau und die strikte Beachtung der relevanten Regeln für Arbeiten an Hochspannungsanlagen. Diese Vorschriften sind in den für das Bedienpersonal verbindlich geltenden Betriebsvorschriften der Amprion GmbH niedergelegt. Darüber hinaus gelten die einschlägigen VDE-Bestimmungen und Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro (BG ETEM) in ihrer jeweils gültigen Fassung. Organisatorische Maßnahmen mit klarer Zuordnung von Verantwortlichkeiten und spezifischen Kommunikationsregeln gewährleisten einen sicheren Betrieb der Anlage im Verbund mit den zugehörigen Netzen. Die technische Auslegung der Erdkabelanlage erfolgt unter anderem nach den Betreiberrichtlinien in Anlehnung an die nachstehenden Vorschriften:

- IEC 62067 Starkstromkabel mit extrudierter Isolierung und ihre Garnituren für Nennspannungen über 150 kV, Prüfverfahren und Anforderungen
- IEC 60287-1-1 Teil 1, Berechnung der Strombelastbarkeit von Kabeln

- IEC 60853-3, Berechnung der Strombelastbarkeit von Kabeln bei zyklischer Last und bei Notbetrieb – Teil 3: Faktor für zyklische Belastung für Kabel aller Spannungen mit dosierter Bodenaustrocknung
- DIN VDE 0276-632 Starkstromkabel mit extrudierter Isolierung und ihre Garnituren für Nennspannungen über 36 kV
- Diverse DIN VDE Bestimmungen und interne Spezifikationen der Amprion.

6.1.2 Technische Sicherheit

Um die technische Sicherheit der Erdkabelanlage im Betrieb zu gewährleisten, wird deren Verlauf durch Schilderpfähle gekennzeichnet. Die Schilderpfähle haben oberhalb des Geländes eine Höhe von ca. 1,50 m bis 2,00 m und werden dauerhaft im Boden verankert. Am oberen Ende der Schilderpfähle werden i. d. R. rechteckige weiße Schilder angebracht. Die Schilder sind mit wesentlichen Informationen, wie z. B. Spannungsebene und Leitungsnummer, versehen.

Bei der Verlegung der Kabelschutzrohre in der offenen Bauweise werden Trassenwarnbänder verlegt (siehe Kapitel 5.1.4). Durch diese Komponenten besteht ein zusätzlicher visueller Schutz der Kabel, der bei Arbeiten in Trassennähe die Möglichkeit eines ungewollten Kontakts mit den Kabeln verringert.

Die dauerhaft zugänglichen BOB an den Erdungsmuffenstandorten (siehe Kapitel 4.1.3) sind oberirdisch angeordnet. Zur Oberflächengestaltung im Bereich der Oberflurbauwerke werden umlaufend i. d. R. Pflastersteine zur Befestigung eingebaut. Zudem wird der Bereich i. d. R. mit einem Anfahrschutz aus Metallrohren und / oder Betonblöcken versehen, um beispielsweise eine Beschädigung der befestigten Fläche durch landwirtschaftliche Fahrzeuge zu vermeiden. Eine umlaufende Einfriedung mit einem Stahlmattenzaun (Höhe 2 m) und Tor ist derzeitig nicht vorgesehen.

Der ordnungsgemäße Betrieb wird durch ein Sicherungssystem überwacht, welches Fehler beim Betrieb der Anlage signalisiert.

Der Personenkreis mit Zutrittsberechtigungen zur Erdkabelanlage sowie weiteren Anlagenteilen wird in den zitierten Betriebsvorschriften des Betreibers definiert. Mit diesen Vorgaben wird der sichere Betrieb der Anlage gewährleistet.

6.1.3 Schutzstreifen

Für die Erdkabelanlage wird für jedes System ein Leitungsschutzstreifen über die gesamte Kabelanlage zzgl. eines Bereiches von 5 m beidseitig der Systeme, ausgehend vom jeweils äußeren Kabelschutzrohr, ausgewiesen. Aufgrund der überwiegenden Parallelführung der vier Systeme, kommt es aufgrund der optimierten Flächeninanspruchnahme zu einer Überlagerung der Leitungsschutzstreifen zwischen den einzelnen Systemen. Die Leitungsschutzstreifen der einzelnen Systeme ergeben einen Gesamtschutzstreifen, der i. d. R. ohne freie Zwischenräume zwischen den Systemen ausgewiesen wird. Insbesondere bei den geschlossenen Bauweisen i. V. m. größeren Tiefenlagen der Erdkabelanlage ist eine Aufweitung der Schutzstreifen erforderlich. Aus betrieblichen und sicherheitstechnischen Gründen werden die Schutzstreifen in diesen Bereichen so aufgeweitet, dass sich ein Gesamtschutzstreifen ohne freie Zwischenräume zwischen den Systemen ergibt.

Die Breite des Schutzstreifens ist somit u. a. abhängig vom Aufbau und der Tiefenlage des Kabelgrabens. Entsprechend des Regelgrabenprofils der offenen Bauweise umfasst der Gesamtschutzstreifen bei vier parallel geführten Systemen regelhaft eine Breite von ca. 31 m (siehe „Teil C4.1 – Prinzipzeichnung offene Bauweise (Regelgrabenprofil)“. In Bereichen der geschlossenen Bauweisen weist der Schutzstreifen eine deutlich größere Breite auf. Die Ausweisung der Schutzstreifen kann dem „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ entnommen werden.

Innerhalb des Schutzstreifens dürfen keine baulichen und sonstigen Anlagen Dritter errichtet und keine Bäume, Sträucher oder sonstige tiefwurzelnden Pflanzen angepflanzt bzw. deren Aufwuchs zugelassen

werden. Anpflanzungen von mehrjährigen Kulturen sowie ggf. Sonderkulturen im Schutzstreifenbereich sind möglich. Kabelgefährdende Maßnahmen ober- und unterirdisch müssen dauerhaft unterbleiben. Geländeveränderungen im Schutzstreifen sind verboten. Auch sonstige Einwirkungen und Maßnahmen, die den ordnungsgemäßen Bestand oder Betrieb der Erdkabel oder des Zubehörs beeinträchtigen oder gefährden können, sind untersagt.

Neben der ordnungsgemäßen landwirtschaftlichen Nutzung können auch weitere Folgenutzungen möglich sein (z. B. Errichtung von Parkplätzen, Straßen), die jedoch im Einzelfall zu prüfen sind und eine Zustimmung der Vorhabenträgerin erforderlich machen. Zum Zwecke des Baus, des Betriebes und der Unterhaltung der Leitungen kann das Flurstück jederzeit benutzt, betreten und befahren werden. Die Einhaltung der Beschränkungen für den Schutzstreifen wird durch den jeweiligen Leitungsbetrieb im Zuge von Befliegungen, Befahrungen oder Begehungen geprüft.

6.1.4 Kabelmonitoring

Mittels der in Kapitel 4.1.5 beschriebenen LWL werden unter anderem verschiedene Parameter der Erdkabelanlage während des Betriebs überwacht. Dies dient beispielsweise der Fehler-Lokalisierung im Fehlerfall sowie dem Temperatur-Monitoring der Erdkabel. Mit letzterem können die Leitertemperaturen der Erdkabel jederzeit ausgelesen werden, was zur Überwachung des ordnungsgemäßen Betriebs notwendig ist. Außerdem kann es aus betrieblichen Gründen erforderlich sein, dass bei Ausfall eines Teilsystems (z. B. eines Konverter-Pols oder eines Kabelsystems) die Lastflüsse über das verbleibende System / Kabel gesteuert werden müssen. Die korrekte Ausführung dieser Steuerungsmöglichkeit wird ebenfalls mit dem Kabelmonitoring sichergestellt.

6.1.5 Wartung und Instandhaltung

Während des Betriebs der Erdkabelanlage wird diese regelmäßig kontrolliert und auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hin überprüft. Hierzu werden regelmäßige Inspektionen zur Wartung und Instandhaltung an der Erdkabelanlage durchgeführt. Dazu zählt z. B.:

- Inspektion der Leitungstrasse
- Inspektion der Kabelendverschlüsse und Muffen (falls zugänglich)

Die Inspektion der Anlagenbestandteile erfolgt i. d. R. einmal jährlich durch eine Sichtkontrolle zur Identifikation von zustandsorientierten Wartungsmaßnahmen. Die jährliche Sichtkontrolle erfolgt üblicherweise durch eine Befahrung oder Befliegung der Trasse. Die Inspektion dient dabei beispielsweise der Ermittlung, ob die Beschilderung in einem ordnungsgemäßen Zustand ist und ob bauliche Anlagen, Erdbewegungen oder Aufwuchs im Schutzstreifen den Betrieb der Leitung gefährden könnten.

Wartungsarbeiten an der Erdkabelanlage werden ereignisorientiert durchgeführt. Sofern im Rahmen der Inspektion festgestellt wird, dass z. B. Bewuchs im Schutzstreifen nicht den einschlägigen Vorschriften entspricht und den Leitungsbestand gefährden kann, wird dieser unter Berücksichtigung von umweltfachlichen Aspekten, wie z. B. Zeitbeschränkungen aufgrund von Brutzeiten, beseitigt oder zurückgeschnitten. Dies gilt nicht bei Gefahr im Verzug und unaufschiebbaren Maßnahmen (z. B. Beseitigung von Betriebsstörungen).

Die Zugänglichkeit zur Erdkabelanlage sowie zu betriebsbedingt notwendigen Anlageteilen erfolgt über die Schutzstreifen und / oder öffentliche Wege. Eine Andienung der Betriebspunkte zu jedem Zeitpunkt mit einem Fahrzeug ist nicht erforderlich, weswegen kein befestigter Betriebsweg vom nächsten öffentlichen Weg oder von der nächsten öffentlichen Straße zu einem BOB hergestellt wird.

Sofern keine anderweitigen vertraglichen Regelungen getroffen werden, werden Grundstückseigentümer und Nutzungsberechtigte bei Arbeiten, die eine Einrichtung einer Zuwegung oder BE-Fläche erfordern, rechtzeitig benachrichtigt. Dies gilt nicht bei Gefahr im Verzug, unaufschiebbaren Maßnahmen (z. B. Beseitigung von Betriebsstörungen) und der turnusmäßigen Leitungsüberprüfung ohne Maschineneinsatz.

6.1.6 Reparaturfall

Fehler bzw. Störungen, die bei der Inbetriebnahme oder während des Betriebs der Erdkabelanlage auftreten, werden umgehend behoben. Gründe für eine Störung können interne Kabelfehler sein. Außerdem können äußere Einwirkungen, z. B. aufgrund physischen Eingriffs, zu einer Störung oder Beschädigung der Erdkabelanlage führen.

Unabhängig von der Fehlerursache erfolgt in einem ersten Schritt dabei jeweils die Ortung und genaue Lokalisierung des Fehlers. Dies kann teilweise aus der Ferne geschehen. Teilweise können auch Vor-Ort-Begehungen erforderlich werden, um den Fehlerort ausfindig zu machen. Hierfür kann es erforderlich werden, Prüf- oder Messequipment im Bereich der Erdkabeltrasse einzurichten und entsprechende Flächen für die Lokalisierung und Bewertung des Kabelfehlers temporär zu beanspruchen.

Wurde ein Fehler lokalisiert und dahingehend bewertet, dass z. B. ein Kabelsegment oder eine Muffe repariert oder ersetzt werden muss, werden Tiefbau- und Kabelinstallationsmaßnahmen erforderlich (siehe auch Kapitel 5.1). Ferner kann eine Wasserhaltung an den dazu notwendigen Baugruben und Kabelgräben analog zur bauzeitlichen Wasserhaltung (siehe „Teil H1 – Wasserrechtlicher Bericht“) notwendig werden.

Zum Erreichen des Fehlerorts und zur Fehlerbehebung müssen Wege und Flächen in Anspruch genommen oder ggf. neu hergestellt werden, die sich im Wesentlichen an den in „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ ausgewiesenen Straßen und Wegen orientieren.

Ist ein zu reparierender Fehler im Bereich einer geschlossenen Querung (siehe u. a. Kapitel 5.1.5) lokalisiert worden, wird die Erdkabelanlage an beiden Enden bzw. an den Eintritts- und Austrittsbereichen freigelegt, das Erdkabel aus dem Kabelschutzrohr gezogen und durch Einziehen einer neuen Teillänge ersetzt. Falls das defekte Erdkabel nicht aus der Kabelschutzrohranlage entfernt werden kann, wird ein neues Kabelschutzrohr in unmittelbarer Nähe zum vorhandenen verlegt und die Teillänge dort eingezogen. Sobald ein Kabelsegment fehlerbedingt ausgetauscht werden muss, geht dies immer mit der Montage zweier neuer Muffen einher. Die Tiefbauaktivitäten sowie die Anlieferung des neuen Kabelsegmentes und die Kabelinstallation erfolgen dann analog der Vorgehensweise, wie sie in Kapitel 5.1 beschrieben werden. Es kann dazu kommen, dass durch eine Reparatur neue Muffenstandorte (inkl. BOB) erforderlich werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass bei Reparaturarbeiten an der Erdkabelanlage ein ähnlicher bautechnischer Aufwand betrieben werden muss, wie bei der ursprünglichen Herstellung der Kabelschutzrohranlage und Kabelinstallation. Es kann davon ausgegangen werden, dass Tiefbauaktivitäten bereits innerhalb eines Zeitraums von sieben Tagen nach Feststellung eines Fehlers bzw. einer Störung beginnen. Nach erfolgter Reparatur wird die Erdkabelanlage kabeltechnisch geprüft, um den Erfolg der Reparatur sicherzustellen. Dafür kann es notwendig werden, weiteres Prüf- und Messequipment einzurichten, das sich nicht in direkter räumlicher Nähe zum Fehlerort befindet und gegebenenfalls die Öffnung der Erdkabelanlage an einer anderen Stelle erfordert. Die dafür erforderlichen Tiefbauaktivitäten sowie kabeltechnischen Aktivitäten erfolgen dabei ebenfalls analog zu den Vorgehensweisen, wie sie in Kapitel 5.1 beschrieben werden. Nach erfolgreicher Reparatur der Erdkabelanlage werden alle in diesem Zuge hergestellten Baugruben wiederverfüllt, die eingerichteten Flächen für die Lokalisierung und Bewertung des Kabelfehlers zurückgebaut und die Oberflächen unter Einhaltung der bodenschutzrelevanten Vorgaben wiederhergestellt. Alle für die Reparaturarbeiten genutzten Flächen sowie nachweislich entstandenen Flur-, Aufwuchs- und Wegeschäden werden nach Abschluss der Arbeiten bewertet und entsprechend beseitigt bzw. entschädigt.

Flurstückseigentümer, Nutzungsberechtigte und relevante Behörden werden über notwendige Reparaturarbeiten rechtzeitig benachrichtigt. Dies gilt nicht bei Gefahr im Verzug oder unaufschiebbaren Maßnahmen (z. B. Beseitigung von Betriebsstörungen).

6.2 Angaben zum Betrieb der Nebenanlagen

Neben der Erdkabelanlage werden weitere betriebsbedingte Nebenanlagen benötigt, um den sicheren Transport der Energie zu gewährleisten. Zu den betriebsrelevanten Nebenanlagen gehören die KKÜS, die MOS und die Konverter. Der Betrieb dieser Einrichtungen wird in den folgenden Kapiteln näher beschrieben.

6.2.1 KKÜS

Technische Regelwerke

Maßgeblich für den sicheren Betrieb der Anlage ist ihr regelkonformer Aufbau und die strikte Beachtung der relevanten Regeln für Arbeiten in Hochspannungsanlagen. Eine KKÜS stellt eine elektrische Betriebsstätte dar, für die entsprechende Regelwerke für den Bau und Betrieb zu Grunde gelegt werden. Für die allgemeinen Errichtungs- und Betriebsvorschriften finden u. a. die folgenden Normen Anwendung:

- DIN VDE 0105-100 „Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen“ (DIN VDE 0105-100: 2015-10 o. J.)
- DIN VDE 0101-1 „Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV AC und 1,5 kV DC – Teil 1: Wechselstrom“ (DIN EN IEC 61936-1 (VDE 0101-1): 2023-02 o. J.)
- DGUV Vorschrift 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (DGUV 1997)

Weitere Richtlinien und technische Regeln, die während Errichtung und Betrieb einer KKÜS zu Grunde gelegt werden, sind in den Bauantragsunterlagen in „Teil C6.2 – Bauantragsunterlagen KKÜS“ ersichtlich.

Technische Sicherheit

Eine KKÜS ist eine abgeschlossene elektrische Betriebsstätte, die ausschließlich dem Betrieb elektrischer Anlagen dient und deshalb unter Verschluss gehalten wird. Aus diesem Grund wird die gesamte Anlage nach Fertigstellung mit einem Stabgitterzaun gem. den VDE 0101-Bestimmungen eingefriedet. Die Höhe des Zauns beträgt ca. 3 m. Der Zaun dient somit als Schutz vor einem unbefugten Betreten der elektrischen Betriebsstätte. Ein Warnschild mit Zusatzschild wird an den Zaunelementen befestigt. Soweit betriebsbedingt möglich, wird die Anlage mit einem Landschaftsrasen eingegrünt.

Innerhalb der KKÜS gibt es verschiedene technische Komponenten, die für den Betrieb der Systeme notwendig sind. Die für den sicheren technischen Betrieb der jeweiligen Komponenten einzuhaltenden Bestimmungen sind in „Teil C6.2 – Bauantragsunterlagen KKÜS“ dargelegt. Dazu zählt beispielsweise der Nachweis zum bauordnungsrechtlichen Brandschutz oder die Sicherstellung der Einhaltung des geforderten Sicherheitsniveaus in der AwSV.

Wartung und Instandhaltung

Für den Betrieb der KKÜS ist keine dauerhafte Präsenz von Personen in der Anlage erforderlich. Der Betrieb wird von der zentralen Schaltwarte der Vorhabenträgerin aus sichergestellt. Es kommt im Zuge von periodischen Wartungsarbeiten und Pflegemaßnahmen sowie ggf. Instandsetzungsarbeiten an wenigen Tagen pro Jahr zu Fahrzeugbetrieb (PKW, Transporter und dergleichen) auf den dauerhaften Zuwegungen sowie auf den Standorten selbst. Das Gelände der KKÜS ist im Betrieb nicht dauerhaft beleuchtet. Ein Stabgitterzaun dient als Schutz der gesamten Anlage vor einem unbefugten Betreten dieser elektrischen Betriebsstätte.

6.2.2 MOS

Technische Regelwerke

Maßgeblich für den sicheren Betrieb der Anlage ist ihr regelkonformer Aufbau und die strikte Beachtung der relevanten Regeln für Arbeiten in der technischen Anlage. Eine MOS stellt eine Betriebsstätte dar, für die entsprechende Regelwerke für den Bau und Betrieb zu Grunde gelegt werden. Für die allgemeinen Errichtungs- und Betriebsvorschriften finden u. a. die folgenden Normen Anwendung:

- DIN VDE 0105-100 „Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen“ (DIN VDE 0105-100: 2015-10 o. J.)
- DIN VDE 0101-1 „Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV AC und 1,5 kV DC – Teil 1: Wechselstrom“ (DIN EN IEC 61936-1 (VDE 0101-1): 2023-02 o. J.)
- DGUV Vorschrift 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (DGUV 1997)

Weitere Richtlinien und technische Regeln, die während Errichtung und Betrieb einer MOS zu Grunde gelegt werden, sind in den Bauantragsunterlagen in „Teil C7.2 – Bauantragsunterlagen MOS“ ersichtlich.

Technische Sicherheit

Eine MOS ist eine abgeschlossene Betriebsstätte, die ausschließlich dem Betrieb elektrischer Anlagen dient und deshalb unter Verschluss gehalten wird. Aus diesem Grund wird die gesamte Anlage nach Fertigstellung mit einem Stabgitterzaun gem. den VDE 0101-Bestimmungen eingefriedet. Die Höhe des Zauns beträgt ca. 2 m. Der Zaun dient somit als Schutz vor einem unbefugten Betreten der elektrischen Betriebsstätte. Ein Warnschild mit Zusatzschild wird an den Zaunelementen befestigt. Soweit betriebsbedingt möglich, wird die Anlage mit einem Landschaftsrasen eingegrünt.

Innerhalb der MOS gibt es verschiedene technische Komponenten, die für den Betrieb der Systeme notwendig sind. Die für den sicheren technischen Betrieb der jeweiligen Komponenten einzuhaltenden Bestimmungen sind in „Teil C7.2 – Bauantragsunterlagen MOS“ dargelegt. Dazu zählt beispielsweise der Nachweis zum bauordnungsrechtlichen Brandschutz oder die Sicherstellung der Einhaltung des geforderten Sicherheitsniveaus in der AwSV.

Wartung und Instandhaltung

Für den Betrieb der MOS ist keine dauerhafte Präsenz von Personen in der Anlage erforderlich. Der Betrieb wird von der zentralen Schaltwarte der Vorhabenträgerin aus sichergestellt. Es kommt im Zuge von periodischen Wartungsarbeiten und Pflegemaßnahmen sowie ggf. Instandsetzungsarbeiten an wenigen Tagen pro Jahr zu Fahrzeugbetrieb (PKW, Transporter und dergleichen) auf den dauerhaften Zuwegungen sowie auf den Standorten selbst. Das Gelände der MOS ist im Betrieb nicht dauerhaft beleuchtet. Ein Stabgitterzaun dient als Schutz der gesamten Anlage vor einem unbefugten Betreten dieser elektrischen Betriebsstätte.

6.2.3 Konverter

Da im vorliegenden PFA kein Konverter antragsgegenständlich ist, wird auf eine textliche Erläuterung zum Betrieb eines Konverters verzichtet.

6.3 Angaben zum Betrieb der AC-Anbindungsleitung

Da im vorliegenden PFA keine AC-Anbindungsleitung antragsgegenständlich ist, wird auf eine textliche Erläuterung zum Betrieb einer AC-Anbindungsleitung verzichtet.

6.4 Stilllegung und Rückbau

Mit Außerbetriebnahme und endgültiger Stilllegung der jeweiligen Leitung werden die oberirdischen Anlagenteile nebst Nebenanlagen bis zu einer Tiefe von ca. 1,20 m unter der Erdoberfläche entfernt. Sollte es bei einer evtl. späteren Nutzungsänderung im Bereich der im Boden verbliebenen Betriebsmittel durch deren Vorhandensein zu einer Beschränkung der wirtschaftlichen Nutzung des

Grundstücks kommen, ersetzt Amprion alle sich daraus ergebenden Schäden oder beseitigt auf ihre Kosten die Betriebsmittel.

Wenn der Grundstückseigentümer ein berechtigtes Interesse (z. B. eine behördliche Aufforderung, beabsichtigte zulässige Baumaßnahmen, schadhafter Zustand der Erdkabelleitung) nachweist, wird Amprion diese Betriebsmittel in dem entsprechenden Bereich vollständig zurückbauen. Nicht mehr benötigte Schutzstreifenflächen durch den Rückbau von Leitungen werden wieder freigegeben. In diesem Fall ist Amprion dazu verpflichtet, auf Verlangen des jeweiligen Grundstückseigentümers die eingetragene Dienstbarkeit auf ihre Kosten im Grundbuch löschen zu lassen.

Betriebsmittel, wie Transformatorenöl oder Kühlmittel von Luftkühlern in den Konverteranlagen, werden von zugelassenen Fachbetrieben aufgenommen und entsorgt bzw. einer Weiterverwendung in anderen Betriebsstätten zugeführt. Betriebseinrichtungen wie Transformatoren, Schaltanlagen, verbindende Kabel, Stromschienen etc. in den für den Betrieb notwendigen Nebenanlagen werden fachgerecht zurückgebaut. Dazu zählen auch die oberirdischen Installationen wie Betriebsgebäude. Die auf der Anlagenfläche der Nebenanlagen verbauten unterirdischen Installationen wie Kabel, Erdungsinstallationen, Entwässerungs- und / oder Abwasserleitungen werden fachgerecht zurückgebaut und die Aushubgräben mit geeignetem Material wieder verfüllt und fachgerecht verdichtet. Die Materialien werden recycelt oder entsorgt. Fundamente werden einschließlich ihrer Sauberkeitsschicht zurückgebaut und ihr Rückstand recycelt. Die im Erdreich vorhandenen Fundamente sind normaler Bauschutt, der von einer zugelassenen Entsorgungsfirma entsorgt werden kann.

Bei Stilllegung und Rückbau einer Energieanlage werden die gültigen gesetzlichen Bestimmungen inkl. der jeweiligen gültigen Arbeits-, Unfallverhütungs- und Umweltschutzbestimmungen bei allen Rückbautätigkeiten und Arbeitsschritten eingehalten.

7 Wesentliche Immissionen

Gemäß § 50 BImSchG sind bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen die für eine bestimmte Nutzung vorgesehenen Flächen einander so zuzuordnen, dass schädliche Umwelteinwirkungen auf die ausschließlich oder überwiegend dem Wohnen dienenden Gebiete sowie auf sonstige schutzbedürftige Gebiete, insbesondere öffentlich genutzte Gebiete, wichtige Verkehrswege, Freizeitgebiete und unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle oder besonders empfindliche Gebiete und öffentlich genutzte Gebäude so weit wie möglich vermieden werden. Unabhängig davon ist die Leitung so zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, und dass nach dem Stand der Technik unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden (§ 22 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 und Nr. 2 BImSchG).

Durch den Bau und Betrieb des Rhein-Main-Link entstehen unterschiedliche Formen von Immissionen. Hierbei handelt es sich um elektrische und magnetische Felder sowie Geräusche und Wärme.

7.1 Wesentliche Immissionen im Betrieb

Im Zusammenhang mit dem Betrieb von Gleichstrom-Erdkabelanlagen werden die Themen elektrische und magnetische Gleichfelder, je nach Vorhandensein bestimmter Anlagenbestandteile (wie KKÜS), sowie Schallimmissionen und Wärmeausbreitung behandelt. In Bezug auf die AC-Anbindungsleitung als Freileitung sind elektrische und magnetische Wechselfelder sowie Schallimmissionen betrachtungsrelevant.

In den nachstehenden Kapiteln werden diesbezüglich Angaben für den Rhein-Main-Link und den vorliegenden PFA gemacht.

7.1.1 Elektrische und magnetische Felder

Beim Betrieb von Höchstspannungsleitungen treten elektrische und magnetische Felder auf. Je nach Frequenz von Spannung und Strom handelt es sich um statische und / oder niederfrequente Felder. Sie entstehen in unmittelbarer Nähe von spannungs- bzw. stromführenden Leitern. Die Feldstärken lassen sich messen und berechnen. Sowohl statische als auch niederfrequente elektrische und magnetische Felder, wie sie in der Energieversorgung vorkommen, sind voneinander entkoppelt und werden daher getrennt in quasistationärer Näherung betrachtet. Im Fall von Gleichstromleitungen bleibt die Polarität der elektrischen und magnetischen Felder konstant. Im Fall von Drehstromleitungen wechseln die elektrischen und magnetischen Felder ihre Polarität abhängig von ihrer Betriebsfrequenz (von meist 50 Hertz (Hz) oder auch 16,7 Hz (Deutsche Bahn)). LWL-Kabel verursachen grundsätzlich keine elektromagnetischen Felder, da diese nur optische Signale übertragen und keiner Betrachtung durch die 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) unterliegen.

Elektrische Felder entstehen bei der Energieübertragung durch die elektrische Spannung zwischen den Komponenten auf Höchstspannungspotenzial zum Erdpotenzial. Das elektrische Feld tritt immer schon dann auf, wenn elektrische Energie bereitgestellt wird. Es resultiert aus der Betriebsspannung einer Leitung und ist deshalb nahezu konstant. Das elektrische Feld ist unabhängig von der Stromstärke. Die zu betrachtende physikalische Größe bei den elektrischen Feldern ist die elektrische Feldstärke $\boldsymbol{E}$. Sie wird in Kilovolt pro Meter (kV/m) angegeben.

Magnetische Felder treten nur dann auf, wenn elektrischer Strom fließt. Der Betriebsstrom ist im Gegensatz zur Spannung nicht konstant. Er schwankt je nach Verbrauch, d. h. Last-, tageszeiten-, jahreszeiten- und witterungsabhängig. Im gleichen Verhältnis wie die Stromänderung ändert sich auch die Stärke des Magnetfeldes. Die zu betrachtende physikalische Größe bei den magnetischen Feldern ist die magnetische Flussdichte $\boldsymbol{B}$. Sie wird in Mikrotesla (µT) angegeben.

Erdkabelanlage

Bei den verwendeten Höchstspannungserdkabeln werden der stromführende Leiter und das Isoliersystem von einem elektrisch leitfähigen Schirm aus Einzeldrähten und einem durchgängigen Metallmantel aus Aluminium umhüllt. Das elektrische Feld wird durch diesen Aufbau des Erdkabels vollständig abgeschirmt. Beim Betrieb der Kabelverbindung sind demnach keine elektrischen Felder an der Erdoberfläche nachweisbar.

Das durch den Stromfluss hervorgerufene magnetische Feld wird durch die Konstruktion nicht abgeschirmt. Für die Höhe des resultierenden magnetischen Feldes an der Erdoberfläche sind neben der Stromstärke selbst die Abstände der Erdkabel untereinander, die Polanordnung sowie die Verlegetiefe relevant. Zur Minimierung der magnetischen Felder wurden diese Parameter bei der Planung der Erdkabelsysteme berücksichtigt und innerhalb des durch die technischen Möglichkeiten vorgegebenen Rahmens optimiert (siehe „Teil E1 – Immissionsschutzbericht“).

KKÜS

In einer KKÜS werden die Erdkabel örtlich begrenzt aus dem Erdreich heraus- und auf eine aufgeständerte Rohrverbindung geführt. Der Ansprung auf die Rohrverbindung sowie die Rohrverbindung selbst sind luftisoliert. In diesen Bereichen innerhalb der KKÜS ergeben sich neben den magnetischen Feldern auch elektrische Felder. Da es sich um eine Gleichstromübertragung handelt und jede KKÜS Teil der Erdkabeltrasse ist, ergeben sich hier statische Felder mit gleichbleibender Polarität. Bei einer KKÜS handelt es sich um eine elektrische Betriebsstätte, die mit einem Anlagenzaun eingefriedet wird und nicht öffentlich zugänglich ist. Der Anlagenzaun der KKÜS befindet sich in mehr als 20 m Abstand zu den stromführenden Bauteilen, sodass maßgebliche Immissionsorte außerhalb der Anlage ausgeschlossen werden können (siehe „Teil E1 – Immissionsschutzbericht“).

MOS

Eine MOS dient den für den sicheren Betrieb der Erdkabelanlage benötigten nachrichtentechnischen Einrichtungen. In einer MOS und der LWL-Nebenachse werden keine elektromagnetischen Felder durch die Höchstspannungsgleichstromübertragung verursacht. Dadurch unterliegen sie keiner Betrachtung durch die 26. BImSchV.

Konverter

Auf dem Konvertergelände treten sowohl statische (Gleichstrom) als auch niederfrequente (Wechselstrom) elektrische und magnetische Felder auf. Das Umrichtergebäude und die Trennerhalle innerhalb der Konverteranlage werden aus elektrisch leitenden Baustoffen errichtet, die als Faraday’scher Käfig die elektrischen Felder abschirmen. Zu den verbleibenden Orten mit Immissionen elektrischer und / oder magnetischer Felder gehören insb. die Einführung der Systemadern der Erdkabel in die Anlage sowie der Bereich des Ansprungs auf den ersten Mast der AC-Anbindungsleitung. Bei Konvertern handelt es sich um elektrische Betriebsstätten, die mit einem Anlagenzaun eingefriedet werden und nicht öffentlich zugänglich sind.

AC-Anbindungsleitung

Bei einer AC-Freileitung treten sowohl elektrische als auch magnetische Felder mit einer Frequenz von 50 Hz auf.

Neben der Betriebsspannung selbst ist die Stärke des elektrischen Feldes insbesondere abhängig von der Nähe zum Leiterseil. Bei ebenem Gelände ist zwischen zwei Masten der Durchhang des Leiterseils in der Spannfeldmitte am größten und daher der Abstand zum Erdboden am geringsten. Daraus resultiert, dass in der Spannfeldmitte auch die größten Feldstärken am Erdboden auftreten.

Entsprechend treten in Mastnähe die geringsten Feldstärken auf. Noch ausgeprägter sinkt die Feldstärke mit zunehmendem seitlichem Abstand zur Höchstspannungsfreileitung.

Das elektrische Feld wird durch leitfähige Gegenstände wie Bäume, Büsche und Bauwerke beeinflusst. Daher können niederfrequente elektrische Felder relativ leicht und nahezu vollständig abgeschirmt werden. Nach dem Prinzip des Faraday'schen Käfigs ist das Innere eines leitfähigen Körpers feldfrei. Die meisten Baustoffe sind ausreichend leitfähig und schirmen ein von außen wirkendes elektrisches Feld fast vollständig im Inneren eines Gebäudes ab.

Wie für elektrische Felder gilt auch für magnetische Felder, dass am Erdboden die Feldstärken dort am höchsten sind, wo die Leiterseile dem Boden am nächsten sind, also bei ebenem Gelände in der Mitte zwischen zwei Masten. Mit zunehmender Höhe der Leiterseile und mit zunehmendem seitlichem Abstand nimmt die Feldstärke schnell ab.

Das Magnetfeld kann im Gegensatz zum elektrischen Feld nur durch spezielle Werkstoffe, die eine hohe Permeabilität besitzen, beeinflusst werden. Dies ist großflächig, etwa bei Gebäuden, nicht praktikabel.

Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben

Maßgeblich für den Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch elektrische und magnetische Felder ist vorliegend § 22 BImSchG i. V. m. der 26. BImSchV und der 26. BImSchVVwV.

In „Teil E1 – Immissionsschutzbericht" werden allgemeine physikalische Grundlagen und gesetzliche Vorgaben (insb. 26. BImSchV) zum Thema elektrische und magnetische Felder dargestellt. Weiter werden die relevanten technischen Parameter des Vorhabens erläutert und schließlich die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben nachgewiesen. Zur Minimierung der magnetischen Felder gem. 26. BImSchVVwV wurden die Abstände der Erdkabel untereinander, die Polanordnung und die Verlegetiefe bei der Planung der Erdkabelsysteme berücksichtigt und innerhalb des durch die technischen Möglichkeiten vorgegebenen Rahmens optimiert.

7.1.2 Schallimmissionen

Beim Betrieb von Höchstspannungsleitungen kann es an bestimmten Anlagenbestandteilen zu Schallemissionen kommen. Geräusche als Immission unterliegen den Regelungen des BImSchG. Zur Bewertung von Geräuschen gilt die „Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm" (TA Lärm o. J.) i. V. m. § 49 Abs. 2b EnWG. Bei der TA Lärm handelt es sich um die Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum BImSchG in der zurzeit gültigen Fassung vom 26. August 1998 (geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01. Juni 2017). In Kapitel 1 (Anwendungsbereich) der TA Lärm ist definiert, dass sie dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sowie der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen dient. Im Nachfolgenden wird dargelegt, ob durch den Betrieb der einzelnen Anlagenbestandteile relevante betriebsbedingte Schallemissionen zu erwarten sind. Sind relevante Emissionen nicht auszuschließen, erfolgt eine Bewertung der durch sie an Immissionsorten hervorgerufenen Geräuschimmissionen (siehe „Teil E3 – Nachweis Einhaltung der Anforderungen der TA Lärm"). Dort werden die für die Emissionen relevanten technischen Parameter erläutert und schließlich die Konformität mit den gesetzlichen Vorgaben gutachterlich nachgewiesen. Da relevante Emissionen im PFA NI3 ausgeschlossen werden können, ist „Teil E3 – Nachweis Einhaltung der Anforderungen der TA Lärm" nicht Bestandteil der vorliegenden Unterlage.

Erdkabelanlage

Während des Regelbetriebes des Erdkabels kommt es zu keinen Schallemissionen, da das elektrische Feld des Erdkabels durch den Kabelmantel abgeschirmt ist, somit keine Koronaentladungen entstehen und die Durchleitung des Stroms keine Geräuschemissionen verursacht.

KKÜS

Geräuschemissionen können bei dem Betrieb von KKÜS durch Koronaentladungen an den luftisolierten Teilen der Anlage entstehen. Voraussetzung für die Notwendigkeit einer detaillierten Prüfung der hervorgerufenen Immissionen nach TA Lärm ist, dass die an Immissionsorten hervorgerufene Zusatzbelastung relevant ist. Die TA Lärm definiert in dem Zusammenhang den Einwirkbereich von Anlagen. Eine Zusatzbelastung ist danach relevant, wenn der Beurteilungspegel der Anlage weniger als 10 dB(A) unter dem für den jeweiligen Immissionsort maßgebenden Immissionsrichtwert liegt. Der niedrigste Immissionsrichtwert (für reine Wohngebiete, Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten) liegt bei 35 dB(A) nachts. Unabhängig von jeweils konkreten Fällen und Gebietscharakteristiken, lässt sich mit diesem Richtwert ein niedrigster relevanter Beurteilungspegel von 25 dB(A) für einen Einwirkbereich definieren. Für die geplanten KKÜS liegen diese Einwirkbereiche bei unter 150 m Abstand zur Anlagenmitte. Bei größeren Entfernungen kommt es entsprechend zu keiner relevanten Zusatzbelastung – selbst für Gebiete mit niedrigsten Richtwerten. Da die geplante KKÜS mindestens 300 m Abstand zu jeglichen Immissionsorten (unabhängig vom konkreten Richtwert) haben, können relevante Zusatzbelastungen durch die KKÜS sicher ausgeschlossen werden.

MOS

Während des Regelbetriebes der MOS sind aus schalltechnischer Sicht keine wesentlichen Emissionen zu erwarten, da die technischen Komponenten zur Verstärkung der optischen Signale keine relevanten Geräusche erzeugen.

Konverter

Die Hauptgeräuschquellen im Regelbetrieb des Konverters stellen die Transformatoren und Kühlanlagen dar. Dazu kann es im Bereich des Ansprungs auf den ersten Masten der AC-Anbindungsleitung zu Koronaentladungen kommen. Im Sinne der Minimierung von Geräuschimmissionen wird hier auf eine möglichst sinnvolle Anordnung der Anlagenteile, eine optimierte Dimensionierung und eine geeignete Auswahl von Komponenten geachtet.

AC-Anbindungsleitung

Geräuschemissionen können durch Koronaentladungen an den Leiterseilen auftreten. Eine geeignete Dimensionierung der Masten, der Abstände zwischen den Leiterseilen, der Bündelung der Leiterseile, des Leiterseilquerschnitts und der Phasenlage führt zu einer Minimierung der Emissionen.

7.1.3 Störungen von Funkfrequenzen

An luftisolierten Anlagenteilen (AC-Anbindungsleitung, KKÜS und Konverter) kann es zu Koronaentladungen kommen. Durch diese werden Stromimpulse in die Leiter eingespeist, die sich längs der Höchstspannungsleitung in beide Richtungen ausbreiten können. Die Direktabstrahlung von Energie erfolgt ebenfalls nur an luftisolierten Anlagenteilen. Die Energie ist sehr gering, wird mit zunehmender Frequenz stark gedämpft und ist ab etwa 5 MHz bis 20 MHz nicht mehr relevant.

Störungen oberhalb von 20 MHz im UKW- und Fernsehübertragungsbereich treten durch Korona nicht auf. Auch moderne Datenfunkverbindungen wie GPS/NavStar, Galileo, GLONASS, GSM, UMTS, LTE und WLAN, deren Frequenzbänder zwischen 700 MHz bis 2,7 GHz liegen, werden durch Korona nicht beeinflusst. Dies gilt ebenso für WLAN-Verbindungen der letzten Generation mit einem zweiten Frequenzbereich von 5,15 bis 5,725 GHz.

Größere Beeinträchtigungen und Störungen von Funkfrequenzen können ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund wird auf eine differenzierende Betrachtung im Rahmen der wesentlichen Immissionen verzichtet.

7.1.4 Ozon und Stickoxide

Koronaentladungen an luftisolierten Anlagenteilen führen auch zur Entstehung von geringen Mengen an Ozon und Stickoxiden. Durch Messungen (Badenwerk Karlsruhe AG) wurden in der Nähe der Leiterseile einer 380 kV-Freileitung Konzentrationserhöhungen von 2 bis 3 ppb (parts per billion; 1 : 10^9) ermittelt.

Bei einer turbulenten Luftströmung sind bereits bei 1 m Abstand vom Leiterseil nur noch 0,3 ppb zu erwarten. Weiterhin liegt der durch Höchstspannungsleitungen gelieferte Beitrag zum natürlichen Ozongehalt bereits in unmittelbarer Nähe der Leiterseile an der Nachweisgrenze und beträgt nur noch einen Bruchteil des natürlichen Pegels. In einem Abstand von 4 m zum spannungsführenden Leiterseil ist bei Höchstspannungsfreileitungen kein eindeutiger Nachweis zusätzlich erzeugten Ozons mehr möglich. Gleiches gilt für die noch geringeren Mengen an Stickoxiden.

Die vorgenannten Erläuterungen treffen in gleichem Maße für KKÜS und Konverter zu. Die Kabelsysteme erzeugen kein Ozon und keine Stickoxide. Die Emission größerer Mengen an Ozon und Stickoxiden kann ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund wird auf eine differenzierende Betrachtung im Rahmen der wesentlichen Immissionen verzichtet.

7.1.5 Wärmeausbreitung

Bei der Übertragung von elektrischer Energie mit erdverlegten Kabeln verursachen vor allem die ohmschen Widerstände der verwendeten Leiter elektrische Verluste, die in Form von Wärme an die Umgebung abgegeben werden (betriebsbedingte Wärmeemission).

Die Erwärmung des Kabelleiters (Leitertemperatur) ist im Wesentlichen abhängig von seiner Dimensionierung (Leiterquerschnitt, Isolation), der Übertragungsleistung und der tatsächlichen Auslastung des Systems. Da die Erdkabel innerhalb eines Kabelgrabens in unmittelbarer Nähe zueinander liegen, ist auch eine gegenseitige thermische Beeinflussung nicht auszuschließen und zu berücksichtigen.

Für die ökologische Beurteilung der betriebsbedingten Wärmeemissionen in Böden und für einen sicheren und langfristigen Betrieb sowie für eine gute Übertragungsleistung der Kabelsysteme ist es maßgeblich, wie die erhöhte Wärmeemission im Boden abgeleitet werden kann. Beim Betrieb der Erdkabel wird die entstehende Wärmeenergie als latente Wärme mittels Dampftransport in die kühleren umgebenden Bodenbereiche abgeleitet und damit von der technischen Leitungszone wegtransportiert. Dementsprechend sind die betriebsbedingten Auswirkungen auf den Boden und die landwirtschaftlichen Kulturen zu bewerten.

Die Ergebnisse der Amprion-Versuchsflächen entlang der 320 kV-Gleichstromerdkabeltrasse ALEGrO (Aachen-Lüttig-Electricity-Grid-Overlay) zeigen, dass die Temperatur oberhalb der Erdkabel schnell abnimmt und in den oberen Bodenschichten, auch bei Phasen erhöhter Auslastung der Systeme, in der Größenordnung regulärer jahreszeitlicher Temperaturschwankungen liegt. Dabei ist die Wärmeausbreitung in den Boden abhängig von der thermischen Bettung, der Bodenbeschaffenheit, der Bodenart / Textur, der Lagerungsdichte und dem Bodenwassergehalt.

Da die zu erwartende Bodenerwärmung zum einen direkt von der zu übertragenden Leistung der Erdkabel abhängt und zum anderen die bestehenden Versuchsflächen und Modellierungen den gegenständlichen Umsetzungsraum entlang der Trassenführung des Projekts (insbesondere im nördlichen Niedersachsen und in Hessen) nur bedingt widerspiegeln, wurde von der Vorhabenträgerin ein Gutachten zur Modellierung der betriebsbedingten Wärmeemissionen und zur Bewertung der möglichen ökologischen Auswirkungen des Erdkabelbetriebs auf den Wärme- und Wasserhaushalt des Bodens sowie auf die landwirtschaftlichen Kulturen in Auftrag gegeben. Das Gutachten ist Bestandteil der Planfeststellungsunterlagen gemäß § 21 NABEG a.F. und wird unter der Bezeichnung „Teil E5 – Berechnungen über Wärmeausbreitungen“ geführt. Inhalt des Gutachtens ist im Wesentlichen die Modellierung der Bodenerwärmung unter Berücksichtigung unterschiedlicher technischer und bodenkundlich / ökologischer Randbedingungen. Hinsichtlich der landwirtschaftlichen Nutzung sind keine negativen Auswirkungen im Hinblick auf Höhe und Qualität der Erträge zu erwarten.

7.2 Wesentliche Immissionen im Bau

Beim Bau der Erdkabelanlage, der Nebenanlagen und der AC-Anbindungsleitung kann es z. B. zu Staubentwicklungen, Erschütterungen, Schall- und Lichtimmissionen kommen. Nachstehend werden diese Zusammenhänge näher beschrieben.

7.2.1 Stoffliche Emissionen

Für die Durchführung der Baumaßnahmen sind temporär BE-Flächen, Zuwegungen und Baustraßen entlang der Trasse anzulegen. Insbesondere bei trockener Witterung kann es dadurch und durch die Bautätigkeit selbst zu Emissionen in Form von Staubentwicklungen kommen. Diese sind z. B. vergleichbar mit der Staubentwicklung, die durch landwirtschaftliche Fahrzeuge bei entsprechend gleicher Witterung entsteht. Stoffliche Emissionen werden im weiteren Verfahren im Rahmen des Fachbeitrags Umwelt betrachtet.

Maßgebende stoffliche Emissionen beim Bau der Erdkabelanlage sind Staubentwicklungen, die durch Maßnahmen auf ein zumutbares Maß beschränkt werden. Die Maßnahmen betreffen sowohl die Begrenzung der Entstehung als auch die Begrenzung der Ausbreitung von Staubentwicklungen durch Baumaschinen, Erdbewegungen, Be- und Entladevorgänge von Schüttgütern und Fahrzeugverkehr. Daher ist vorgesehen, bei Bedarf, insbesondere bei trockener Witterung

- Fahrwege und Baufelder zu befeuchten,
- Baustraßen regelmäßig zu reinigen,
- auf unbefestigten Baustraßen die Fahrgeschwindigkeit zu reduzieren,
- Transportfahrzeuge abzuplanen,
- die Abwurfhöhe von Materialaus- und -einbau zu reduzieren,
- bei Bedarf Bodenmieten zu befeuchten oder abzuplanen.

Der Wirkfaktor Stoffliche Emissionen wird mit Blick auf den Menschen und Tiere in der Unterlage „Teil F1 – Fachbeitrag Umwelt“ betrachtet.

7.2.2 Erschütterungen

Erschütterungen können z. B. aus den folgenden baubedingten Tätigkeiten entstehen:

- Baustellenverkehr: Infolge der dynamischen Belastung durch fahrende Baustellenfahrzeuge können Schwingungen im Untergrund entstehen. Gefederte und luftbereifte Fahrzeuge erzeugen i. d. R. keine erheblichen dynamischen Erschütterungsbelastungen.
- Rammarbeiten: Zur Baugrubensicherung können an Start- und Zielgruben, aber auch an tieferen Baugruben der offenen Querungen Spundwände zur Sicherung der Baugrube bzw. des Grabens, aber auch als Widerlager für HDD-Bohrgeräte bei großen Bohrlängen eingebracht werden. Dies erfolgt üblicherweise mit vibrierenden Verfahren. Diese Verfahren sind insofern erschütterungsarm, als dass sie hochfrequent arbeiten. Ein Durchfahren der i. d. R. niedriger liegenden Resonanzfrequenz des Bodens wird beim Anfahren und Auslaufen des Gerätes steuerungstechnisch vermieden.
- Verdichtungsarbeiten: Die größeren BE-Flächen, die als längerfristige Lagerplätze, Standort für Bürocontainer und auch als Mischplätze für die Herstellung des ZFSV genutzt werden, werden üblicherweise mindestens mit einer wassergebundenen Decke befestigt, teilweise auch temporär asphaltiert. Hierzu ist vorlaufend der Einbau einer mineralischen Tragschicht erforderlich. Diese Materialien werden mit Hilfe von im Erdbau gängigen Verdichtungsgeräten

(Rüttelplatten, Vibrationswalzen) eingebaut. Die von diesen Geräten zur Verdichtung der Materialien erzeugten Erschütterungen werden anteilig in den Boden eingeleitet.

Bei Antreffen von Fels kann es zu Erschütterungen durch Fräsen oder Meißeln kommen. Sprengungen sind zum derzeitigen Planungsstand nicht zu erwarten.

Die von den zuvor beschriebenen Quellen ausgehenden Erschütterungen können auf Menschen, Tiere und Gebäude einwirken. Der Wirkfaktor Erschütterungen wird mit Blick auf den Menschen und Tiere in der Unterlage „Teil F1 – Fachbeitrag Umwelt“ betrachtet.

Mit Blick auf Menschen ist die DIN 4150, Teil 2 zu berücksichtigen (DIN 4150-2: 2025-08 o. J.), mit Blick auf Gebäude / Bauwerke Teil 3 derselben Norm (DIN 4150-3: 2016-12 o. J.).

Sofern im Einwirkbereich von erschütterungsrelevanten Baustellen Gebäude oder Bauwerke existieren, die eine Beeinträchtigung erfahren könnten, so kann über geeignete Maßnahmen eine Minderung der Auswirkungen realisiert werden. Folgende Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen durch Erschütterungen werden in den o. g. Regelwerken beschrieben:

- umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baubetrieb
- Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen und die damit verbundenen Belästigungen
- zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle usw.)
- Benennung einer Ansprechstelle, an die sich Betroffene wenden können, wenn sie besondere Probleme durch Erschütterungseinwirkungen haben
- Information der Betroffenen über die Erschütterungswirkungen auf das Gebäude

Bei Bedarf ist es punktuell möglich, während der Durchführung der Baumaßnahmen die Erschütterungen messtechnisch zu begleiten und zu überwachen und im Rahmen der Baudurchführung auf die Ergebnisse zu reagieren. Eine Festlegung der betroffenen Bereiche ist der Ausführungsplanung vorbehalten.

Schäden, die nachweislich durch die erschütterungsintensiven Bauarbeiten entstehen oder entstanden sind, werden nach Abschluss der Arbeiten bewertet und entsprechend beseitigt bzw. entschädigt. Grundlage hierfür sind die aktuellen Richtsätze aus den gesetzlichen Vorgaben in der jeweils gültigen Fassung.

Ein Handlungskonzept zum Umgang mit potenziellen Erschütterungsbetroffenheiten ist den Unterlagen in „Teil E6 – Erschütterung“ beigelegt.

7.2.3 Lichtimmissionen

Grundsätzlich werden die Bauarbeiten am Tage und somit ohne künstliche Beleuchtung durchgeführt. Sollten im Ausnahmefall, z. B. im Winterhalbjahr oder bei größeren Bohrungen, Baustellenbeleuchtungen notwendig sein, werden Leuchtmittel mit geringer Anlockwirkung verwendet. Die Abstrahlung soll so weit wie möglich auf den Baustellenbereich begrenzt werden. Lichtimmissionen werden im weiteren Verfahren im Rahmen des „Teil F1 – Fachbeitrag Umwelt“ betrachtet.

7.2.4 Schallimmissionen

Baustellen sind vom Grundsatz Anlagen im Sinne des BImSchG, die nicht unter die immissionsrechtliche Genehmigungspflicht fallen. Solche Anlagen sind gemäß § 22 Abs. 1 Nr. 1 und 2 BImSchG so zu errichten und zu betreiben, dass

a) schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche verhindert werden, die nach dem Stand der Technik zur Lärmminderung vermeidbar sind, und

b) nach dem Stand der Technik zur Lärmminderung unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Die schädlichen Umwelteinwirkungen durch Baustellen-Geräuschimmissionen werden nach der durch § 66 Abs. 2 BImSchG übergeleiteten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen (AVV Baulärm o. J.) abschließend beurteilt. Entsprechend werden im Zuge des Verfahrens ausführliche Gutachten erstellt, daraus abgeleitete, notwendige Maßnahmen umgesetzt und die Einhaltung der Vorgaben sichergestellt (siehe „Teil E2 – Prognosebericht der zu erwartenden Geräuschimmissionen nach AVV Baulärm“).

Die Bauarbeiten werden, wenn technisch möglich, zur Tagzeit im Zeitraum von 07:00 Uhr bis 20:00 Uhr durchgeführt. Vereinzelt kann es in besonderen Fällen, z. B. aufgrund technischer Notwendigkeiten bei Tunnelarbeiten oder bei andersartigen Querungen von Flüssen etc., auch zu Arbeiten während der Nachtzeit sowie am Wochenende kommen. Diese Arbeiten werden auf das notwendige Mindestmaß beschränkt.

8 Eigentumsbelange

Für den sicheren Bau, den Betrieb und die Unterhaltung der HGÜ-Leitungsverbindung ist die Inanspruchnahme von Flurstücken Dritter erforderlich. In den nachstehenden Kapiteln werden unterschiedliche Arten von eigentumsbezogenen Betroffenheiten dargelegt und erläutert, in welchen Unterlagen diese entsprechenden Betroffenheiten eingesehen werden können. Darüber hinaus wird im Allgemeinen der Umgang der Vorhabenträgerin mit den Betroffenheiten erklärt. Dargelegt werden in diesem Zusammenhang die temporäre und dauerhafte Inanspruchnahme von Flurstücken (siehe Kapitel 8.1.1 und 8.1.2), die Kreuzungen mit Infrastrukturen Dritter (siehe Kapitel 8.2) sowie Kompensationsmaßnahmen (siehe Kapitel 8.3).

8.1 Inanspruchnahme von Flurstücken

Bei der Inanspruchnahme von Flurstücken wird zwischen der temporären und der dauerhaften Inanspruchnahme unterschieden. Die temporäre Inanspruchnahme von Flurstücken wird insbesondere zur Umsetzung der Baumaßnahme benötigt. Die dauerhafte Flurstücksinanspruchnahme wird für den sicheren, zuverlässigen und leistungsfähigen Betrieb der Energieleitung benötigt.

Im Gegensatz zur temporären Inanspruchnahme (siehe Kapitel 8.1.1) wird bei der dauerhaften Inanspruchnahme eines Flurstücks bzgl. der Art der Sicherung zwischen einer dinglichen Sicherung und einem Flächenerwerb des Flurstücks unterschieden (siehe Kapitel 8.1.2). Weitergehend werden die Entschädigungen (siehe Kapitel 8.1.3) für die Inanspruchnahme des Flurstücks sowie die Bauwerkseigentumsverhältnisse (siehe Kapitel 8.1.4) erläutert. Für die Realisierung der Vorhaben ist es erforderlich, dass die Vorhabenträgerin fremde Grundstücke temporär und / oder dauerhaft in Anspruch nimmt. Ein Grundstück kann hierbei aus mehreren Flurstücken bestehen. Ein Flurstück ist ein amtlich vermessener und geometrisch festgelegter Teil der Erdoberfläche, der eindeutig begrenzt und genau bezeichnet ist und die kleinste Buchungseinheit des amtlichen Liegenschaftskatasters beschreibt. In „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ werden die von den Vorhaben temporär und dauerhaft in Anspruch genommenen Flächen zeichnerisch dargestellt, sodass die betroffenen Flurstücke erkennbar sowie der Umgang mit dem Planwerk erklärt werden. In „Teil D1.2 – Rechtserwerbsverzeichnis Erdkabelanlage“ sind die Eigentumsverhältnisse der oben beschriebenen betroffenen Flurstücke anonymisiert aufgelistet. Ergänzend wird der Umgang mit dem Tabellenwerk erläutert.

8.1.1 Temporäre Inanspruchnahme von Flurstücken

Temporäre Inanspruchnahmen entstehen insb. durch die für die Herstellung der zur Realisierung des Projekts benötigten BE-Flächen und Zuwegungen (siehe Kapitel 5.1). Diese Flächen werden auf den betroffenen Flurstücken nur vorübergehend während der Bauphase benötigt. Aufgrund der nur vorübergehenden Nutzung ist eine dingliche Sicherung dieser Flächen im Grundbuch nicht erforderlich.

Die temporär in Anspruch genommenen Flächen sind in den kombinierten Lage- und Rechtserwerbsplänen eingezeichnet und quadratmeterscharf im Rechtserwerbsverzeichnis aufgelistet.

Damit die betroffenen Grundstücke für die Arbeiten vorübergehend in Anspruch genommen werden können, wird die Vorhabenträgerin entsprechende privatrechtliche Verträge mit den betroffenen Grundstückseigentümern abschließen.

8.1.1.1 Temporäre Zuwegungen

Die temporären Zuwegungen während der Bauphase werden benötigt, um die BE-Flächen mit Fahrzeugen und Geräten anfahren zu können.

Die Flächeninanspruchnahmen für die Zuwegungen sind in den kombinierten Lage- und Rechtserwerbsplänen vermerkt und im Rechtserwerbsverzeichnis erfasst.

Eine dem öffentlichen Verkehr gewidmete Fläche kann von der Vorhabenträgerin im Rahmen des Widmungszweckes jederzeit benutzt, betreten und befahren werden, ohne, dass es hierfür einer Vereinbarung oder Sondernutzungserlaubnis bedarf. Sofern eine temporäre Zuwegung mit einem Anschluss an eine klassifizierte Straße geplant ist, wird die Sondernutzungserlaubnis in der Unterlage „Teil H5 – Straßenrechtlicher Bericht“ aufgeführt und als eingeschlossene Entscheidung in das Planfeststellungsverfahren mit einkonzentriert (kann in Abhängigkeit des jeweiligen Landesrechts variieren). Die Vorhabenträgerin wird den Grundstückseigentümern / Pächtern der in Anspruch zu nehmenden Grundstücke, die nicht dem öffentlichen Verkehr gewidmet sind und für die keine dingliche Sicherung im Rahmen einer dauerhaften Flächeninanspruchnahme erforderlich ist, für Anfahrtswege und Zuwegungen den Abschluss von privatrechtlichen Vereinbarungen anbieten.

Zur Gewährleistung der Erreichbarkeit der BE-Flächen können auch bereits vorhandene Zuwegungen und Überfahrten planerisch berücksichtigt werden, die ebenfalls als Zuwegung zur Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen dienen. Die erforderlichen Zuwegungen werden als Baustraßen ausgebaut. Nach Abschluss der Baumaßnahmen erfolgt eine Wiederherstellung in den ursprünglichen Zustand oder der ausgebaute Zustand wird in Abstimmung mit den Eigentümern unterhaltspflichtig an diese übergeben. Die ursprüngliche Unterhaltungspflicht obliegt somit wieder dem Eigentümer. Die Nutzungseinschränkungen für die Landwirtschaft werden so gering wie möglich gehalten und die Erreichbarkeit von landwirtschaftlich genutzten Flächen während der Baumaßnahmen im Vorfeld bilateral abgestimmt. Den Grundstückseigentümern oder Pächtern wird der durch Bau- und spätere Unterhaltungs- oder Instandsetzungsmaßnahmen nachweislich entstandenen Flurschaden, wie z. B. Ernteausfälle, ersetzt.

8.1.1.2 Temporäre Baubedarfsflächen

Die temporären BE-Flächen werden für die Umsetzung der Baumaßnahmen benötigt.

Die Flächeninanspruchnahmen für die BE-Flächen sind in „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ dargestellt und im Rechtserwerbsverzeichnis erfasst (siehe „Teil D1.2 – Rechtserwerbsverzeichnis Erdkabelanlage“).

Die Vorhabenträgerin wird den Grundstückseigentümern / Pächtern der in Anspruch zu nehmenden Grundstücke, für die keine dingliche Sicherung der Fläche im Rahmen einer dauerhaften Flächeninanspruchnahme erforderlich ist, für die BE-Flächen den Abschluss von privatrechtlichen Vereinbarungen anbieten.

Nach Abschluss der Baumaßnahmen erfolgt eine Wiederherstellung in den ursprünglichen Zustand oder der ausgebaute Zustand wird in Abstimmung mit den Eigentümern unterhaltspflichtig an diese übergeben. Die ursprüngliche Unterhaltungspflicht obliegt somit wieder dem Eigentümer. Den Grundstückseigentümern oder Pächtern wird der durch Bau- und spätere Unterhaltungs- oder Instandsetzungsmaßnahmen nachweislich entstandenen Flurschaden, wie z. B. Ernteausfälle, ersetzt.

8.1.2 Dauerhafte Inanspruchnahme von Flurstücken

Bei der dauerhaften Inanspruchnahme von Flurstücken wird zwischen der dinglichen Sicherung und dem Flächenerwerb von Flurstücken unterschieden.

Dauerhafte Inanspruchnahmen auf Flurstücken entstehen aus der Notwendigkeit der betrieblichen Sicherung des Schutzstreifens sowie der Installation von BOB an den Erdungsmuffenstandorten (siehe Kapitel 4.1.3) und ggf. durch die Notwendigkeit ihrer dauerhaften Zugänglichkeit. Für diese dauerhaften Inanspruchnahmen ist die dingliche Sicherung mit einer Eintragung im Grundbuch erforderlich.

Die dauerhafte Flächeninanspruchnahme für den Bau, den Betrieb und die Unterhaltung der Leitungen wird auf den Grundstücken Dritter i. d. R. über eine beschränkte persönliche Dienstbarkeit (Leitungsrecht) i. S. d. § 1090 Abs. 1 BGB gesichert. Die Vorhabenträgerin wird den Grundstückseigentümern der in Anspruch zu nehmenden Grundstücke gegen Bezahlung einer angemessenen Entschädigung den Abschluss einer Vereinbarung (privatrechtlicher Vertrag) und die Eintragung einer beschränkten persönlichen Dienstbarkeit anbieten. Für alle

Flächeninanspruchnahmen, exkl. des Flächenerwerbs, gilt, dass bei Ausbleiben eines freihändigen Vertragsschlusses die Enteignungsbehörde die Vorhabenträgerin auf Grundlage des Planfeststellungsbeschlusses vorzeitig in den Besitz der Flächen einweisen kann, um die Durchführung der notwendigen Arbeiten zu gewährleisten. Ferner kann die Eintragung der notwendigen beschränkten persönlichen Dienstbarkeit zugunsten der Vorhabenträgerin nach Durchführung entsprechender Enteignungsverfahren erfolgen. Hierfür entfaltet der Planfeststellungsbeschluss die erforderliche enteignungsrechtliche Vorwirkung (§ 18 Abs. 5 NABEG i. V. m. § 45 Abs. 2 EnWG).

Für Flurstücke, auf denen KKÜS, MOS und Konverter liegen, ist der Erwerb der Grundstücke erforderlich. Dauerhafte Zuwegungen zu diesen Nebenanlagen, die über nicht dem öffentlichen Verkehr gewidmeten Flächen verlaufen, werden i. d. R. grundbuchlich gesichert.

Die dauerhaft in Anspruch genommenen Flächen sind, ebenso wie die temporär in Anspruch genommenen Flächen, in den kombinierten Lage- und Rechtserwerbsplänen eingezeichnet und quadratmeterscharf im Rechtserwerbsverzeichnis aufgelistet.

Schutzstreifen

Für den sicheren Bau, den Betrieb und die Unterhaltung von Höchstspannungserdkabeln ist ein Schutzstreifen als dauerhafte Flächeninanspruchnahme pro Vorhaben einzurichten. Der Schutzstreifen stellt für jedes Vorhaben die zum Bau und Betrieb der Leitung dauerhaft in Anspruch zu nehmenden Grundstücksflächen dar. Für jedes der Vorhaben des Rhein-Main-Link ist ein eigener Schutzstreifen ausgewiesen. In den kombinierten Lage- und Rechtserwerbsplänen sind diese farblich abgesetzt aufgeführt und in der Legende hinterlegt. Im Rechtserwerbsverzeichnis können die quadratmeterscharfen Flächeninanspruchnahmen pro Vorhaben für den Schutzstreifen eingesehen werden. Das Eigentum an dieser Fläche verbleibt beim Grundstückseigentümer.

Für die Erdkabelanlage (siehe Kapitel 6.1.3) ist die Ausweisung eines Schutzstreifens erforderlich. Die Schutzstreifen werden über eine beschränkte persönliche Dienstbarkeit in Abteilung II des jeweiligen Grundbuches dinglich gesichert. Die beschränkte persönliche Dienstbarkeit gestattet der Vorhabenträgerin und von ihr beauftragten Dritten alle Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Bau, dem Betrieb und der Unterhaltung der Vorhaben durchzuführen und beschreibt die Berechtigungen und Einschränkungen im Schutzstreifen. Voraussetzung für die Eintragung einer beschränkten persönlichen Dienstbarkeit im Grundbuch ist eine notariell beglaubigt unterzeichnete Eintragungsbewilligung des jeweiligen Grundstückseigentümers. Hierfür wird mit dem betroffenen Grundstückseigentümer ein privatrechtlicher Vertrag abgeschlossen mit dem Ziel, gegen Zahlung einer angemessenen Entschädigung Einwilligung zur Eintragung einer beschränkten persönlichen Dienstbarkeit im jeweiligen Grundbuch in Abteilung II zu erlangen.

Grundsätzlich dürfen keine baulichen und sonstigen Anlagen innerhalb des Schutzstreifens errichtet werden. Weitere Details zu den Bestimmungen innerhalb des Schutzstreifens finden sich in Kapitel 6.1.3. Die vom Schutzstreifen in Anspruch genommenen Flurstücke müssen zum Zwecke des Baues, des Betriebes und der Unterhaltung jederzeit benutzt, betreten, befahren und in geringer Höhe überflogen werden können.

BOB

Um die Zugänglichkeit zu den installierten Komponenten an den Erdungsmuffenstandorten für z. B. regelmäßige oder anlassbezogene Zustandsbewertungen im Anlagenbetrieb zu gewährleisten, werden an den Erdungsmuffenstandorten von der Geländeoberfläche zugängliche BOB installiert (siehe Kapitel 4.1.3). Die durch diese Bauwerke in Anspruch genommenen Flächen werden dem Flurstückseigentümer folglich für eine weitere Nutzung bzw. Bewirtschaftung dauerhaft entzogen. Für diese Einschränkung wird mit den betroffenen Eigentümern ebenfalls eine privatrechtliche Vereinbarung mit einer angemessenen Entschädigungszahlung geschlossen.

Die von einem Erdungsmuffenstandort betroffenen Flurstücke sind den kombinierten Lage- und Rechtserwerbsplänen und dem Rechtserwerbsverzeichnis zu entnehmen. Die BOB befinden sich

innerhalb des Schutzstreifens und werden bei der Eintragung der Dienstbarkeit in das Grundbuch berücksichtigt.

Zum Zwecke des Baues, des Betriebes und der Unterhaltung müssen die BOB an den Erdungsmuffenstandorten dauerhaft begehbar und aus dem öffentlichen Straßenraum erreichbar sein. Im Rahmen der eingetragenen Dienstbarkeiten wird der Vorhabenträgerin das Recht zugesprochen, die von dem Schutzstreifen betroffenen Flurstücke jederzeit betreten zu können. Dadurch wird die Zugänglichkeit zur Erdkabelanlage sowie zu betriebsbedingt notwendigen Anlageteilen über die Schutzstreifen und / oder über öffentliche Wege sichergestellt. Eine Andienung der Betriebspunkte zu jedem Zeitpunkt mit einem Fahrzeug ist nicht erforderlich, weswegen kein befestigter Betriebsweg vom nächsten öffentlichen Weg oder von der nächsten öffentlichen Straße zu einem BOB hergestellt wird.

Nebenanlagen

Für den sicheren Bau, den Betrieb und die Instandhaltung der Nebenanlagen (siehe Kapitel 4.2) ist es zwingend notwendig, die dafür benötigten Flurstücke zu erwerben. Durch den Erwerb des Eigentums an diesen Flurstücken sind keine weiteren privatrechtlichen Vereinbarungen auf den Flurstücken erforderlich. Die durch diese Bauwerke in Anspruch genommenen Flächen werden damit der vorherigen Nutzung bzw. Bewirtschaftung dauerhaft entzogen. Die Nebenanlagen gelten als eine abgeschlossene Betriebsstätte, die ausschließlich dem Betrieb elektrischer Anlagen dient und deshalb vor Zutritt von Unbefugten geschützt und eingefriedet werden.

Die Erreichbarkeit der Anlagenstandorte wird über eine dauerhafte Zuwegung zu den Anlagenstandorten sichergestellt. Diese kann über dem öffentlichen Verkehr gewidmete Flächen erfolgen. Sofern Privatwege für die dauerhafte Anbindung der Nebenanlage benötigt werden, muss ein Wegerecht zur Anlage grundbuchlich gesichert werden. Sollten neue Wege für die dauerhafte Zuwegung angelegt werden, werden diese Flächen ebenfalls i. d. R. grundbuchlich gesichert.

8.1.3 Entschädigungen

Für die mit der Inanspruchnahme der Flurstücke sowie der dinglichen Sicherung im Grundbuch einhergehende Wertminderung wird den betroffenen Grundstückseigentümern einmalig eine monetäre Entschädigung gezahlt. Die bei den Arbeiten in Anspruch genommenen Flächen lässt die Vorhabenträgerin wiederherrichten. Darüber hinaus ersetzt sie den Grundstückseigentümern oder Pächtern den durch den Bau und spätere Unterhaltungs- oder Instandsetzungsmaßnahmen nachweislich entstandenen Flurschaden, wie z. B. Ernteausfälle, innerhalb eines definierten Zeitraums.

Die Entschädigungsleistungen erfolgen nach den gesetzlichen Vorgaben.

8.1.4 Bauwerkseigentum

Für den sicheren Bau, den Betrieb und die Instandhaltung der Energieleitungen ist die Errichtung von Bauwerken erforderlich. Dem „Teil D3.2 – Bauwerksverzeichnis“ sind alle im Zuge dieses Genehmigungsabschnittes zu errichtenden Bauwerke zu entnehmen. Die Bauwerke (d. h. alle Leitungen der Vorhaben inkl. BOB, die Konverter, die KKÜS und die MOS) werden Eigentum der Vorhabenträgerin sein.

8.2 Kreuzungen mit Infrastrukturen Dritter

Im Trassenverlauf des Projekts wird eine große Anzahl an ober- und unterirdischer Infrastruktur gekreuzt. Bei diesen Kreuzungsobjekten handelt es sich unter anderem um Straßen und Wege, Bahnlinien, Fremdleitungen (Ver- und Entsorgungsleitungen aller Art, u. a. Gas, Wasser, Abwasser, Strom), Drainageleitungen, Gewässer und Entwässerungsgräben. In „Teil D2.2 – Kreuzungsverzeichnis Erdkabelanlage“ werden die identifizierten Querungen mit zu kreuzenden Infrastrukturen dargelegt. Die Kreuzungen werden in Abhängigkeit der zu kreuzenden Infrastrukturen sowie der bilateralen

Absprachen mit den jeweiligen Betreibern der Infrastrukturen entweder in der offenen oder geschlossenen Bauweise umgesetzt (siehe Kapitel 5.1). Im Kreuzungsverzeichnis sind, sortiert nach Eigentümern, diejenigen Objekte aufgeführt, die vom jeweiligen Vorhaben gekreuzt werden. Jedes Objekt hat eine Kreuzungsnummer, die sich auch in „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ wiederfindet.

Bei Kreuzungen einer Infrastruktur Dritter durch die Erdkabelanlage kann aus „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ entnommen werden, ob eine offene oder geschlossene Bauweise geplant ist. In „Teil C4.2 – Prinzipzeichnung Kreuzung offene Bauweise“ und „Teil C4.3 – Prinzipzeichnung Kreuzung geschlossene Bauweise“ werden die regelhafte Kreuzung der jeweiligen Infrastruktur dargestellt und z. B. die lichten Abstände zwischen Erdkabelanlage und der Infrastruktur Dritter aufgezeigt.

Für Kreuzungen mit einer Bundesautobahn (BAB), einem Gewässer 1. Ordnung und Bahnlinien finden sich in „Teil C5 – Kreuzungsdetailpläne Einzelfall“ spezifische Kreuzungsdetailpläne.

Grundsätzlich werden die vom Eigentümer bzw. Betreiber der Kreuzungsobjekte mitgeteilten Anforderungen an die Kreuzung sowie die einschlägigen Regelwerke berücksichtigt. Sofern erforderlich, werden mit den entsprechenden Beteiligten im Vorfeld der Bauausführung Kreuzungs- bzw. Gestattungsverträge zur rechtlichen Sicherung abgeschlossen, welche die wechselseitigen Rechte und Pflichten regeln.

8.2.1.1 Querung von Hindernissen

Die Kreuzung von Hindernissen erfolgt mittels verschiedener Bauweisen und Bauverfahren. Die genaue Festlegung der Bauweise und Bauverfahren hängt von den vorgegebenen naturschutzfachlichen, örtlichen, technischen, geologischen sowie wirtschaftlichen Randbedingungen und den Auflagen bzw. Vorgaben der jeweiligen Betreiber ab. Die Kreuzungen wurden möglichst im Zuge der Planung vorlaufend zum Planfeststellungsverfahren mit den jeweiligen Betreibern abgestimmt.

Querung von Straßen und Wegen

Die Querung von Straßen und Wegen durch die Erdkabelanlage erfolgt sowohl in offener als auch in geschlossener Bauweise.

Für die Querung von höher klassifizierten Straßen, wie BAB oder Bundesstraßen, ist i. d. R. die geschlossene Bauweise vorgesehen. Die genaue Ausführung, die erforderliche Überdeckung und die Errichtung bzw. Nutzung einer temporären Überfahrt erfolgt entsprechend den Abstimmungen mit dem zuständigen Straßenbaulastträger sowie unter Berücksichtigung der vorgegebenen naturschutzfachlichen, örtlichen, technischen Randbedingungen (Straßenaufbau / -zustand, Verkehrsdichte, Begleitgehölze und Versorgungsleitungen). Begleitende Infrastrukturanlagen wie Fahrrad- oder Gehwege sowie Straßenbegleitgräben werden mit der geschlossenen Querung des Verkehrsweges unterquert (siehe hierzu „Teil C4.3 – Prinzipzeichnung Kreuzung geschlossene Bauweise“ oder für BAB „Teil C5.1 – Kreuzungsdetailplan Bundesautobahn“).

In Abhängigkeit von z. B. der Frequentierung einer Straße sowie anderer technischer Randbedingungen werden klassifizierte und nicht klassifizierte Straßen i. d. R. in Abstimmung mit dem zuständigen Straßenbaulastträger sowie unter Berücksichtigung der vorgegebenen naturschutzfachlichen, örtlichen, technischen Randbedingungen (Begleitgehölze, Alleebäume, Mindestabstände, Straßenaufbau und Versorgungsleitungen) vorzugsweise in offener Bauweise gequert (siehe hierzu „Teil C4.2 – Prinzipzeichnung Kreuzung offene Bauweise“). Umleitungen, die im Zuge der temporären lokalen Außerbetriebsetzung eingerichtet werden, werden in Absprachen mit den jeweiligen Trägern ausgeschildert. Sofern eine temporäre Außerbetriebssetzung der zu querenden Straßen nicht möglich ist, kann es alternativ auch zu einer Einrichtung einer temporären Fahrspur innerhalb der ausgewiesenen BE-Flächen oder zu einer wechselnden einseitigen Außerbetriebsetzung mit verbauten Grabenwänden kommen. Sämtliche Maßnahmen der verkehrsrechtlichen Anordnung für z. B. Beschilderung, Ampelanlage o. ä. werden umgesetzt.

Die Querungen von Straßen und Wegen erfolgen grundsätzlich gemäß den Auflagen bzw. Vorgaben und in Abstimmung mit dem zuständigen Straßenbaulastträger. Die jeweiligen Einzelheiten und Details werden zwischen den Baulastträgern und der Vorhabenträgerin vor Beginn der Bautätigkeiten vertraglich geregelt. Die Wiederherstellung der Fahrbahnen erfolgt gemäß den geltenden Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen.

Querung von Bahnlinien

Bahnlinien der Deutschen Bahn (DB InfraGO AG) und auch Privat- oder Werksbahnen werden durch die Erdkabelanlage grundsätzlich geschlossen gequert. Es gilt die Stromleitungskreuzungsrichtlinie DB Ril 878/BDEW: SKR 2016 der DB InfraGO AG (VDE FNN 2016). Außerhalb der Richtlinie liegende Planungslösungen führen i. d. R. zu längeren Genehmigungszeiträumen. In der Richtlinie sind neben Kreuzungswinkeln auch horizontale sowie vertikale Abstände zu den Gleisanlagen, aber auch der Abstand mehrerer Schutzrohre / Mantelrohre (in Abhängigkeit von deren Durchmesser) zueinander festgelegt. Die Positionierung der Baugruben ist außerhalb der ideellen Böschungslinie von Bahngleisen und außerhalb des Druckbereiches von Bauwerken vorzusehen.

Die Betreiber von Privat- oder Werksbahnen orientieren sich i. d. R. an den Regelwerken der DB InfraGO AG.

Die Querung einer Bahnlinie hängt zudem von örtlichen und technischen Randbedingungen ab, die im Zuge der weiteren Planung zum Planfeststellungsverfahren abgestimmt bzw. festgelegt werden.

Bei Abweichungen von den in der Richtlinie vorgegebenen Planungsgrundlagen, z. B. Abständen, Kabelschutzrohrmaterialien oder Bauverfahren, sind gesonderte Nachweise zu führen. Diese werden Bestandteil der privatrechtlichen Kreuzungsverträge und sind nicht Bestandteil der Unterlagen gemäß § 21 NABEG a.F.

Für die Kreuzungen mit Anlagen der DB InfraGO AG sind gesonderte Kreuzungsanträge bei der DB InfraGO AG vorzulegen. Details der Anträge werden zuvor zwischen der DB InfraGO AG und der Vorhabenträgerin abgestimmt. Die Stromleitungsrichtlinie 2016 wird auch bei stillgelegten, rückgebauten sowie Privatbahnlinien angewendet. In „Teil C5.3 – Kreuzungsdetailplan Bahnstrecken“ werden die geschlossenen Querungen von Bahnlinien für jede Bahnlinienquerung des vorliegenden PFA dargestellt.

Querung von Fremdleitungen

Die Querungen von Fremdleitungen werden überwiegend in offener Bauweise durchgeführt. Die letztendliche Ausführung (horizontale / vertikale Abstände) sowie die Herstellung und Errichtung von temporären Überfahrten hängen von den Auflagen und Vorgaben des Leitungsbetreibers und den örtlichen Gegebenheiten (u. a. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse, Platzverfügbarkeit) ab und wurden vorlaufend bzw. begleitend zur Planung mit den Leitungsbetreibern abgestimmt. Die erforderlichen Maßnahmen zum Schutz der zu querenden Leitung werden mit den jeweiligen Betreibern abgestimmt. Die Querung von Fremdleitungen in offener Bauweise kann in „Teil C4.2 – Prinzipzeichnung Kreuzung offene Bauweise“ eingesehen werden.

Eine geschlossene Querung kann aufgrund besonderer technischer Gegebenheiten, z. B. bei Gasleitungen, zum Einsatz kommen. Dies kann entweder bei einer größeren Tiefenlage der zu querenden Leitung oder aber aus Gründen, die in der Beschaffenheit der Fremdleitung selbst liegen, der Fall sein. Die regelhafte Querung von Fremdleitungen in geschlossener Bauweise kann in „Teil C4.3 – Prinzipzeichnung Kreuzung geschlossene Bauweise“ eingesehen werden.

Es kann auch erforderlich sein, dass die Anlagen des Leitungsbetreibers angepasst werden müssen. Hierbei wird die Anlage des Leitungsbetreibers z. B. tiefer gelegt oder an eine andere Stelle verlegt. Die Details und das Erfordernis wurden mit den Leitungsbetreibern im Vorfeld gemeinsam abgestimmt. Diese Bautätigkeiten sind als Folgemaßnahme berücksichtigt (siehe Kapitel 2.1.3).

Grundsätzlich erfolgt im Vorfeld der Baumaßnahme eine bilaterale Abstimmung mit den jeweiligen Eigentümern und Betreibern einer Fremdleitung. Sofern erforderlich, werden mit den entsprechenden

Beteiligten im Vorfeld der Bauausführung Kreuzungs- bzw. Gestattungsverträge zur privatrechtlichen Sicherung abgeschlossen, welche die wechselseitigen Rechte und Pflichten regeln.

Querung von Drainageleitungen

Anders als bei den meisten Ver- und Entsorgungsleitungen ist die Lage von privaten Drainagen zur Entwässerung von landwirtschaftlichen Nutzflächen nicht immer bekannt. Die Gespräche mit den Eigentümern / Bewirtschaftern werden flächendeckend und zeitgleich zum Planfeststellungsverfahren durchgeführt. In den Gesprächen mit den Eigentümern / Bewirtschaftern werden auch die Drainage-Systeme fortlaufend abgefragt. Im Einzelfall können Drainagepläne auch bei Drainageverbänden abgefragt werden. In vielen Fällen gibt es gerade bei älteren Drainageleitungen keine belastbaren Bestandsunterlagen. Insbesondere mit solchen Anlagen muss in der Bauabwicklung flexibel umgegangen werden. Beispielsweise können vorab Suchschachtungen zur Feststellung und Lokalisierung der Drainageleitungen erfolgen.

Werden während der Baumaßnahme bestehende Drainageleitungen gekreuzt, so erfolgt während der Bauzeit eine provisorische Überbrückung oder ein Abfangen der aufgefundenen Drainageleitungen durch einen provisorischen Sammler. Damit wird vermieden, dass der Kabelgraben nach der Öffnung durch ggf. anfallendes Drainagewasser belastet wird und gleichzeitig wird die Drainagefunktion für die angeschlossenen Flächen aufrechterhalten. Die endgültige Wiederherstellung der Drainageleitungen erfolgt nach dem Verfüllen des Kabelgrabens und vor der Rekultivierung des Arbeitsstreifens. Dabei können je nach konkreter örtlicher Situation unterschiedliche Methoden der Bauausführung zum Einsatz kommen (z. B. Mitverlegung von Drainagerohren seitlich im Kabelgraben oder die Neudrainierung parallel zum Kabelgraben innerhalb des Arbeitsstreifens).

Die funktionale Wiederherstellung der Drainageleitungen während der Bauausführung erfolgt durch darauf spezialisierte Baufirmen und in Abstimmung mit dem Eigentümer der Drainageanlagen. Im Zuge der Bauausführung ist eine begleitende Dokumentation der (teil)hergestellten Kabelschutzrohranlage vorgesehen. In diesem Kontext werden auch die aufgefundenen Drainageleitungen erfasst, sodass die Wiederherstellung geplant, abgestimmt und zum o. g. Zeitpunkt umgesetzt werden kann.

Querungen von Gewässern und Gräben

Die Querung eines Gewässers oder Grabens mit der Erdkabelanlage kann sowohl in offener als auch in geschlossener Bauweise erfolgen.

Die Querung von Gewässern erfolgt i. d. R. in geschlossener Bauweise. Geschlossene Gewässerquerungen führen zu keinem Eingriff in das Gewässerquerprofil. Die dafür notwendigen BE-Flächen werden möglichst außerhalb der Gewässerrandstreifen angeordnet. Einwirkungen im Uferbereich können jedoch nicht immer ausgeschlossen werden. Je nach Herstellungsverfahren können Start- oder Zielgruben zur Querung des Gewässers notwendig werden, für welche unter Umständen eine Wasserhaltung erforderlich ist. Bei der Wahl des Bauverfahrens wurden zudem Schutzgebiete an Gewässern (u. a. Überschwemmungsgebiete, FFH-Gebiete) berücksichtigt und mit den zuständigen Behörden abgestimmt. Sofern eine Wasserhaltung für die Querung mit einem geschlossenen Bauverfahren benötigt wird, sind die dafür notwendigen wasserrechtlichen Erlaubnisanträge in „Teil H1 – Wasserrechtlicher Bericht“ aufgeführt. In „Teil C4.3 – Prinzipzeichnung Kreuzung geschlossene Bauweise“ werden die regelhaften geschlossenen Gewässerquerungen abgebildet.

Bei der Querung kleinerer Gewässer besteht ebenfalls die Möglichkeit einer offenen Querung, in Abhängigkeit von der Art, Größe und Sensibilität des Gewässers. I. d. R. werden Feld- oder Entwässerungsgräben offen gequert. Bei einer offenen Querung kleiner Gewässer sind mehrere bautechnische Umsetzungen möglich: Kurzzeitiger Aufstau des Gewässers (bei sehr geringer Wasserführung), Verrohrung des Gewässers sowie kurzzeitige Umleitung oder Umpumpen des Gewässers. Die Querung von Fließgewässern in offener Bauweise führt nur im direkten Querungsbereich zu potenziellen Auswirkungen auf die Gewässerbeschaffenheit. Eingriffe werden möglichst gemindert oder vermieden. Die nicht vermeidbaren Eingriffe werden in der Unterlage „Teil F5

– Fachbeitrag Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)“ beschrieben und bewertet. Sofern wasserrechtliche Belange und Benutzungen dadurch hervorgerufen werden, werden diese in „Teil H1 – Wasserrechtlicher Bericht“ aufgegriffen und abgehandelt. Die regelhafte Querung eines Gewässers in offener Bauweise kann in „Teil C4.2.3 – Regelkreuzungsprofil Gewässer“ eingesehen werden.

Größere Fließ- oder Stillgewässer und Bundeswasserstraßen, wie z. B. die Weser, können ggf. nur mittels aufwendiger Sonderlösungen, z. B. mittels eines Gewässerdükers, gequert werden. Die für eine Querung eines Gewässers 1. Ordnung benötigten Strom- und Schifffahrtspolizeirechtlichen Genehmigungen werden in den „Teil H6 – Strom- und Schifffahrtspolizeirechtlicher Bericht“ abgehandelt.

Die Wahl der Bauweise und des Bauverfahrens, die Errichtung bzw. Nutzung einer temporären Überfahrt sowie der Abstand zwischen der Sohle des Gewässers / Grabens und der Oberkante des Erdkabelanlage werden i. d. R. mit der jeweiligen zuständigen Fachbehörde abgestimmt. Zudem greifen die aktuell geltenden Regelwerke bzw. Vorschriften und die technischen sowie örtlichen Randbedingungen.

Querung von Wald- / Gehölzbereichen

Gemäß den Planungsgrundsätzen werden Eingriffe in Waldflächen über lange Trassenabschnitte möglichst vermieden. Bei einer unvermeidbaren Waldquerung wird i. d. R. die Querungsstelle mit der geringstmöglichen Flächeninanspruchnahme gewählt, z. B. parallel zu bereits vorhandener linearer Infrastruktur (etwa Straßen, Waldwegen und Leitungen) sowie im Bereich vorhandener Schneisen, sonstiger Zäsuren, lichter Baumbestände und des geringsten naturschutz- bzw. forstwirtschaftlichen Eingriffs. Die Beurteilung des Bestandes erfolgt durch eine forstfachliche Kartierung.

Die Regelarbeitsstreifenbreite für die offene Bauweise wird im Bereich von Waldquerungen, sofern technisch möglich, optimiert. So kann z. B. auf Oberbodenmieten aufgrund der i. d. R. nur geringen Mächtigkeiten des Oberbodens verzichtet werden bzw. können diese Mieten innerhalb der Baubedarfsflächen, ggf. auch außerhalb der Waldbereiche, angeordnet werden. Ein gesondertes Regelgrabenprofil der offenen Bauweise mit einem optimierten Regelarbeitsstreifen ist den vorliegenden Planfeststellungsunterlagen nicht beigefügt. Der „Teil C4.1 – Prinzipzeichnung offene Bauweise (Regelgrabenprofil)“ zeigt die Herstellung der Erdkabelanlage in der offenen Bauweise. Die Flächeninanspruchnahme in den Waldbereichen wird durch „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ ausgewiesen.

Die in Anspruch genommenen Waldflächen werden im Bereich außerhalb des Schutzstreifens nach Abschluss der Baumaßnahme wieder aufgeforstet. Der Bereich innerhalb des Schutzstreifens bleibt gehölzfrei.

Wälder werden in geschlossener Bauweise gequert, wenn dort ohnehin aufgrund anderer Belange eine geschlossene Bauweise notwendig ist (beispielsweise aufgrund der geschlossenen Querung eines FFH-Gebietes, einer angrenzenden Straße oder Ver- und Entsorgungsinfrastruktur). Die Querung von Wäldern / Gehölzen in der geschlossenen Bauweise kann in „Teil C4.3 – Prinzipzeichnung Kreuzung geschlossene Bauweise“ eingesehen werden.

Sofern im vorliegenden PFA Waldbereiche betroffen sind, erfolgen in „Teil F4 – Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP)“, „Teil G2 – Sonstige öffentliche und private Belange“ und „Teil H3 – Forstrechtlicher Bericht“ dazu weitere Ausführungen, Bewertungen und Maßnahmenbeschreibungen.

8.2.1.2 Parallelverlegung zu Infrastrukturanlagen und Abstandsregelungen

Die Parallelverlegung zu linearen Infrastrukturen (Bündelung) ist als Planungsgrundsatz im Antrag gemäß § 19 NABEG a.F. beschrieben. Dieser Ansatz hat sowohl Vor- als auch Nachteile.

Als Vorteile einer Bündelung mit anderen linearen Infrastrukturen werden generell die folgenden Punkte angesehen:

- Durch eine Parallelführung können Beeinträchtigungen im Zuge des Neubaus von Infrastrukturen in bereits vorbelastete Bereiche gelenkt und bisher noch unbeeinträchtigte Räume von Neubelastungen freigehalten werden. So können auch neue raum- und / oder umweltplanerische Betroffenheiten – beispielsweise durch Flächen- und Landschaftsverbrauch oder eine Zerschneidung von Freiräumen – minimiert werden.
- Durch eine Parallelverlegung können teilweise Flurstücke genutzt werden, die durch die vorhandene Infrastruktur bereits mit einer Dienstbarkeit belegt sind. Im Zuge einer Bündelung können vorhandene Erschließungswege, Schneisen etc. für Baumaßnahmen und die spätere Unterhaltung genutzt werden.
- Das Vorhandensein von Infrastrukturen – speziell das vorhandene Pipelinenetz – hat eine Indizwirkung dahingehend, dass die Wahrscheinlichkeit unvorhergesehener Hindernisse grundsätzlich geringer ist.

Allgemeine Nachteile einer Bündelung können sein:

- Bei der Parallelführung mit anderen Linieninfrastrukturen (insbesondere Produktenleitungen, Verkehrswege (z. B. Schienenwege) sowie Übertragungs- und Verteilnetze für Elektrizität) kann es zu gegenseitigen Beeinflussungen kommen. Diese Beeinflussungen führen jedoch nicht zum Ausschluss der Bündelungsmöglichkeit. Die entsprechenden Betreiber möglicherweise betroffener Infrastruktur wurden im Zuge der Planungen dieses Projekts ermittelt und kontaktiert. Die durch den jeweiligen Betreiber zur Verfügung gestellten Daten der Fremdleitung wurden berücksichtigt. Mit den entsprechenden Betreibern werden das Vorgehen der Beeinflussungsuntersuchung sowie eventuell notwendige Maßnahmen zur Verminderung potenzieller Beeinflussung außerhalb dieses Planfeststellungsverfahrens abgestimmt. Eine Beschreibung möglicher Beeinflussungen findet sich in „Teil E4 – Nachweis über die Verträglichkeit mit Infrastrukturen Dritter“.
- Bei Bündelungen mit anderen Linieninfrastrukturen, z. B. in Siedlungsnähe, kann es auf der Strecke der Antragstrasse immer wieder zu Engstellen kommen. Mit Verlassen der Bündelung können solche Engstellen z. T. weiträumiger umgangen und damit ggf. auch bautechnische Schwierigkeiten vermieden werden. Für die Antragstrasse bedeutet das, dass zur Vermeidung von Engstellen trotz des Vorhandenseins einer Bündelungsoption an solchen Stellen teilweise auf eine Bündelung verzichtet wird.
- Durch die Bündelung mit anderen Linieninfrastrukturen kann es zu Situationen kommen, dass Querungen von Raumwiderständen in Kauf genommen werden müssen, die nach Möglichkeit vermieden werden sollten. Beispielsweise sind Konflikte des Bündelungsgrundsatzes mit sonstigen Erfordernissen der Raumordnung, wie etwa der Ausweisung von Vorrangflächen, denkbar.
- Bei der Parallelführung mit anderen Linieninfrastrukturen ergibt sich bei der Umgehung von Hindernissen immer wieder die Notwendigkeit, bestehende Infrastrukturen zu kreuzen. Diese Kreuzungen sind je nach Komplexität der zu querenden Infrastruktur bautechnisch sehr aufwendig und mit entsprechenden Eingriffen, z. B. in den Boden, verbunden. Dabei sind zudem entsprechende Abstandsvorgaben der Betreiber der Infrastrukturen zu prüfen und einzuhalten (s. u.). Gleichzeitig kann dies aber auch dazu führen, dass durch eine Parallelführung bislang unbelastete Flurstücke in Anspruch genommen werden.

Parallelführung zu Straßen

Bei einer Parallelführung zu BAB und Bundesstraßen gelten die Vorgaben des Bundesfernstraßengesetzes (FStrG). Der einzuhaltende Abstand zu BAB orientiert sich an der

Anbauverbotszone, also dem Abstand vom äußeren Rand der befestigten Fahrbahn von BAB von 40 m gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 1 FStrG.

Die Parallelführung zu den weiteren Straßen (Landes-, Kreis-, Gemeinde- und sonstige Straßen) wird mit den jeweiligen zuständigen Straßenbaulastträgern abgestimmt. Der einzuhaltende Abstand für die zuvor genannten Straßenklassen orientiert sich am 20 m-Abstand bei Bundesstraßen gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 1 FStrG.

Auf Abschnitten mit einer hohen Anzahl von zu querenden Straßen (z. B. Auf- / Abfahrten), oder auch mit Brückenbauwerken, Tunneln, bei innerörtlichen oder parallel befindlichen Gewerbeansiedlungen, kommt es zu vielen bautechnischen Hindernissen in enger Abfolge, die eine Parallelführung erschweren bzw. unmöglich machen.

Sofern es zu einer Inanspruchnahme der Anbauverbots- bzw. Beschränkungszone einer Bundesfernstraße kommt, so wird diese in der Unterlage „Teil H5 – Straßenrechtlicher Bericht“ dargelegt.

Parallelführung zu Bahntrassen

Bei der Parallelführung zu Bahnlinien der DB InfraGO AG gelten die entsprechenden Bestimmungen aus der Stromkreuzungsrichtlinie DB Ril 878 / BDEW / FNN SKR 2016 (VDE FNN 2016). Entsprechend ist die Parallelführung zu den Bahnlinien außerhalb des Druckbereiches der Gleisanlagen und i. d. R. mit einem horizontalen lichten Abstand von mindestens 6,0 m zur Mitte des nächstgelegenen Gleises anzuordnen. Eine Längsführung zu Bahntrassen der DB InfraGO AG ist genehmigungspflichtig, wenn eine Leitung im Abstand von weniger als 20 m vom Außenrand der nächstgelegenen Betriebsanlage der DB InfraGO AG verläuft. Bei dem Bau und Betrieb der Erdkabelanlage ist die Sicherheit der Anlagen der DB InfraGO AG zu berücksichtigen.

Die Betreiber von Privat- oder Werksbahnen orientieren sich i. d. R. an den Regelwerken der DB InfraGO AG.

Die Parallelführungen zu Gleisanlagen werden mit dem jeweiligen Betreiber abgestimmt.

Parallelführung zu Fremdleitungen

Bei Parallelführungen zu erdverlegten Fremdleitungen und Freileitungen Dritter sind die entsprechenden Auflagen bzw. Vorgaben hinsichtlich der Abstandsregelungen des jeweiligen Leitungsbetreibers zu berücksichtigen, um eine gegenseitige Beeinflussung, z. B. die Beeinflussung des kathodischen Korrosionsschutzes einer Fremdleitung durch das magnetische Feld eines stromführenden Leiters, zu verringern oder bestenfalls zu vermeiden.

Beim Bau der Erdkabelanlage parallel zu erdverlegten Leitungen Dritter wird ein Mindestverlegeabstand angestrebt, sodass der äußere Rand des Arbeitsstreifens der Erdkabelanlage an dem äußeren Rand des Schutzstreifens der erdverlegten Leitungen Dritter angrenzt. Die genaue Ausführung der Parallelführung wird mit den jeweiligen Leitungsbetreibern abgestimmt.

Bei einer Parallelführung zu Freileitungen mit der Erdkabelanlage wird der aktuelle Stand der Technik wie z. B. DVGW-Richtlinie (2014) berücksichtigt.

8.3 Kompensationsmaßnahmen

Die Umsetzung der beantragten Maßnahmen erfordert einen Eingriff in Natur und Landschaft. Diese werden in den umweltfachlichen Unterlagen (siehe „Teil F – Umweltfachliche Unterlagen“) beschrieben und bewertet. In „Teil F4 – Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP)“ werden Kompensationsmaßnahmen und konstellationsabhängige Minderungsmaßnahmen basierend auf Daten zu Arten gemäß § 43m EnWG festgesetzt. Die unvermeidbaren Beeinträchtigungen werden bilanziert (Eingriffs- / Ausgleichsbilanzierung) und das multiinstrumentelle und multifunktionale Kompensationskonzept beschrieben (Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen gemäß § 15 ff. BNatSchG

i. V. m § 7 ff. Bundeskompensationsverordnung (BKompV) sowie konstellationsabhängige Minderungsmaßnahmen basierend auf Daten zu Arten gemäß § 43m EnWG). Die Ausgleichs- und Ersatzflächen, auf denen Kompensationsmaßnahmen umgesetzt werden, sowie die Inanspruchnahmen von Ökokonten werden im Landschaftspflegerischen Begleitplan sowie den zugehörigen Maßnahmenblättern qualitativ und quantitativ beschrieben. Im Kompensationsverzeichnis (siehe „Teil D4.2 – Kompensationsverzeichnis“) werden die beplanten Flurstücke zusammenfassend u. a. quadratmeterscharf aufgeführt. Die Erläuterungen zum Kompensationsverzeichnis (siehe „Teil D4.1 – Erläuterung zum Kompensationsverzeichnis“) geben Aufschluss über die Inhalte des tabellarischen Verzeichnisses. Die für die Kompensation notwendigen Flächen werden durch die Vorhabenträgerin entsprechend den umweltplanerischen Erfordernissen privatrechtlich oder dinglich gesichert. Von Kompensationsmaßnahmen betroffen sind überwiegend Eigentümer (Privatpersonen und Kommunen) sowie Bewirtschafter (Nutzungsberechtigte, Pächter). Auch die Vorhabenträgerin ist z. T. Eigentümerin von Flächen, auf denen Maßnahmen umgesetzt werden. Welche Flächensicherung für eine Maßnahme konkret gewählt wird, ist den entsprechenden Maßnahmenblättern zu entnehmen (siehe „Teil F4.1 – Maßnahmenblätter“, Anhang zum LBP).

9 Literaturverzeichnis

26. BImSchV. Verordnung über elektromagnetische Felder in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3266).

26. BImSchVVwV. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder.

AVV Baulärm. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen – vom 19. August 1970.

AwSV. Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vom 18. April 2017 (BGBl. I S. 905).

BaustellV. Baustellenverordnung vom 10. Juni 1998 (BGBl. I, S. 1283).

BBodSchG. Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502).

BBPlG. Bundesbedarfsplangesetz vom 23. Juli 2013 (BGBl. I S. 2543; 2014 I S. 148, 271).

BGB. Bürgerliches Gesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S. 42, 2909; 2003 I S. 738).

BImSchG. Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123).

BKompV. Bundeskompensationsverordnung vom 14. Mai 2020 (BGBl. I S. 1088).

BNatSchG. Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542).

BNetzA. (2024a). *Bestätigung des Netzentwicklungsplans Strom für die Zieljahre 2037/2045*. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA).

BNetzA. (2024b). *Bedarfsermittlung 2023-2037/2045. Umweltbericht Teil I - III: Strategische Umweltprüfung auf Grundlage des 2. Entwurfs des Netzentwicklungsplans Strom, Stand Mai 2024*. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA).

BVerwG, Beschluss vom 26.06.1992 – 4 B 11.92. Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) – Beschluss vom 26. Juni 1992.

BVerwG, Urteil vom 15.12.2016 – 4 A 4.15. Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) – Urteil vom 15. Dezember 2016.

BVerwG, Urteil vom 22.06.2017 – 4 A 18.16. Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) – Urteil vom 22. Juni 2017.

DCA. (2024). *Technische Richtlinien des DCA: Informationen und Empfehlungen für Planung, Bau und Dokumentation von HDD-Projekten, 5. Aufl., Oktober 2024*. Aachen: Verband Güteschutz Horizontalbohrungen e. V. (DCA).

Deutscher Bundestag, Drucksache 20/5830. Beschlussempfehlung und Bericht des Ausschusses für Wohnen, Stadtentwicklung, Bauwesen und Kommunen (24. Ausschuss) zu dem Gesetzentwurf der Bundesregierung – Drucksache 20/4823 – Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Raumordnungsgesetzes und anderer Vorschriften (ROGÄndG).

DGUV. (1997). Unfallverhütungsvorschrift: Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (DGUV Vorschrift 3) vom 1. April 1979, in der Fassung vom 1. Januar 1997. Berlin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV).

DIN 1998: 2018-07. Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Verkehrsflächen - Richtlinie für die Planung.

DIN 4124: 2012-01. Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten.

DIN 4150-2: 2025-08. Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.

DIN 4150-3: 2016-12. Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen.

DIN 19639: 2019-09. Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben.

DIN EN IEC 61936-1 (VDE 0101-1): 2023-02. Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV AC und 1,5 kV DC – Teil 1: Wechselstrom (IEC 61936-1:2021); Deutsche Fassung EN IEC 61936-1:2021.

DIN VDE 0105-100: 2015-10. Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen.

DWA. (2020). Arbeitsblatt DWA-A 125: Rohrvortrieb und verwandte Verfahren, 3. Aufl. DWA-Regelwerk. Dezember 2008, korrigierte Fassung Stand September 2020. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

EnWG. Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621).

FStrG. Bundesfernstraßengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. Juni 2007 (BGBl. I S. 1206).

GG. Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung.

KrWG. Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212).

NABEG. Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1690).

NachwV. Nachweisverordnung vom 20. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2298).

NWG. Niedersächsisches Wassergesetz vom 19. Februar 2010 (Nds. GVBl. S. 64).

PlfZV. Planfeststellungszuweisungverordnung vom 23. Juli 2013 (BGBl. I S. 2582), die durch Artikel 12 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.

TA Lärm. Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm) vom 26. August 1998 (GMBl Nr. 26/1998 S. 503).

VDE FNN. (2016). *Stromleitungskreuzungsrichtlinien (SKR 2016). VDE FNN Hinweis Januar 2016*. Berlin: Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE FNN).

Verordnung (EU) 2022/869. Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2022 zu Leitlinien für die transeuropäische Energieinfrastruktur, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 715/2009, (EU) 2019/942 und (EU) 2019/943 sowie der Richtlinien 2009/73/EG und (EU) 2019/944 und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 347/2013.

Verordnung (EU) 2022/2577. Verordnung des Rates vom 22. Dezember 2022 zur Festlegung eines Rahmens für einen beschleunigten Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien.

VwVfG. Verwaltungsverfahrensgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 2003 (BGBl. I S. 102).

WHG. Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585).