

Immissionsschutzrechtliche Erstein-schätzung

als Bestandteil der Unterlagen zur Bundesfachplanung nach § 8 NABEG [1] für die

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

und

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

aus dem Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG)

Erstellt durch: Amprion GmbH
Robert-Schuman-Straße 7
44263 Dortmund
Deutschland

Ausgestellt: Mai 2024

Dieses Dokument besteht aus 33 Seiten

Inhaltsverzeichnis

1	Einführender Teil und Zielstellung.....	4
1.1	Start- und Endpunkt.....	6
1.2	Übertragungstechnik und Leistung	6
2	Elektrische und magnetische Felder	7
2.1	Physikalische Grundlagen	7
2.1.1	Elektrisches Feld	7
2.1.2	Magnetisches Feld	8
2.2	Rechtliche Anforderungen an Gleichstrom- und Niederfrequenzanlagen.....	8
2.2.1	26. BImSchV	9
2.2.2	26. BImSchVVwV	9
2.3	Technische Ausführungen.....	10
2.3.1	Erdkabel in Gleichstromtechnik	10
2.3.2	Freileitung in Wechselstromtechnik	15
2.3.3	Erdkabel in Wechselstromtechnik.....	19
3	Geräusche.....	23
3.1	Betriebsbedingte Geräusche	23
3.2	Baubedingte Geräusche	27
4	Fazit	29
A	Verzeichnisse	30
A.1	Literaturverzeichnis	30
A.2	Abbildungen	32
A.3	Tabellen	32
A.4	Abkürzungen	32

1 Einführender Teil und Zielstellung

Bei den Vorhaben 48 und Vorhaben 49 (BBPlG-Vorhaben Nr. 48 und 49) handelt es sich um die HGÜ-Verbindungen zwischen Heide West und Polsum sowie zwischen Wilhelmshaven/Landkreis Friesland und Hamm, die gemäß dem am 4. März 2021 in Kraft getretenen Gesetz zur Änderung des Bundesbedarfsplangesetzes und anderer Vorschriften in die Anlage zu § 1 Abs. 1 des Bundesbedarfsplangesetzes aufgenommen wurden. [2]

Der Gesetzgeber hat in der Begründung zum BBPlG auch darauf hingewiesen, dass das Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“ und das Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“ so weit wie möglich als paralleles Erdkabel auf einer Stammstrecke realisiert werden soll (BT-Drs. 19/23491, S. 27 f.). Die Vorhaben 48 und Vorhaben 49 bilden zusammen das Projekt Korridor B.

Beide Vorhaben werden als Höchstspannungs-Gleichstromverbindungen, sogenannte HGÜ realisiert. Dabei handelt es sich um eine Technologie, die eine verlustarme Übertragung von elektrischer Energie über eine lange Entfernung ermöglicht. Die Gleichstromleitungen werden nach gesetzlicher Vorgabe grundsätzlich als Erdkabel (§ 3 Abs. 1 BBPlG) realisiert, und können nur unter besonderen rechtlichen Voraussetzungen auch als Freileitung gebaut werden (§ 3 Abs. 2, 3 BBPlG).

Allerdings kann bereits in diesem Planungsstadium konstatiert werden, dass die Voraussetzungen für die Errichtung einer Freileitung in Gleichstromtechnik vorliegend nicht gegeben sind und daher insoweit auch eine prognostische Immissionsbetrachtung entfallen kann. So kommt eine Freileitung in Gleichstromtechnik nur für Teilabschnitte nach den in § 3 Abs. 2 BBPlG dargelegten gesetzlichen Ausnahmeregelungen in Betracht. Im Rahmen der bisher durchgeführten Untersuchungen haben sich keine Ausnahmetatbestände nach § 3 Abs. 2 BBPlG ergeben, die die Errichtung einer Freileitung auf Teilabschnitten rechtfertigen würden. Die Ausnahmenvoraussetzungen des Abs. 3 sind in zeitlicher Hinsicht nicht erfüllt. Da die Antragskonferenzen alle nach dem 29. Juli 2022 stattgefunden haben, war ein Freileitungsprüfverlangen von Gebietskörperschaften, auf deren Gebiet ein Trassenkorridor voraussichtlich verlaufen wird, nicht möglich und wurde im Übrigen auch nicht geäußert.

Zusätzlich zum aktuell analysierten Übertragungsbedarf des Korridor B ist nach dem von der Bundesnetzagentur zuletzt bestätigten Netzentwicklungsplan 2037/2045 (2023) [3] weiterer zukünftiger Nord-Süd-Transportbedarf auf dem „Pfad zur Klimaneutralität“ dargelegt. Im Sinne der Beschleunigung der Prozesse ist es daher angebracht, bereits jetzt Vorsorge zu treffen, um eine schnelle Umsetzung der weiteren sich ergebenden Netzausbaumaßnahmen zu gewährleisten. Dementsprechend hat der Gesetzgeber es als sinnvoll angesehen, in die Planung der Vorhaben für Korridor B bereits Leerrohre für künftige weitere Systeme mit einzubeziehen und aus diesem Grunde die Vorhaben 48 und Vorhaben 49 des Korridor B im Bundesbedarfsplangesetz mit einer H-Kennzeichnung versehen. Die H-Kennzeichnung stellt die Anforderung an die Vorhabenträgerin, zusätzlich zum Erdkabel noch Leerrohre für weitere Stromleitungen vorzusehen. Dieser Not-

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

wendigkeit wird die Vorhabenträgerin dadurch gerecht, dass sie für beide Vorhaben je ein Leerrohrsystem mit analoger Übertragungsleistung wie Vorhaben 48 und Vorhaben 49 des Korridor B, nämlich 2 GW, in die Planung einbezieht.

An den gesetzlich festgelegten Netzverknüpfungspunkten (oder in räumlicher Nähe) am Anfang und Ende der Leitung wird je ein Konverter errichtet. Die Zulassung von Bau und Betrieb des Konverters ist aber nicht Bestandteil der Bundesfachplanung des Korridor B, sondern wird im Rahmen eines separaten Genehmigungsverfahrens nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) beantragt. Zur Anbindung eines Konverters an den Netzverknüpfungspunkt (NVP) ist eine Wechselstromverbindung zu errichten. Die Untersuchung der Wechselstromverbindung im Hinblick auf raumordnerische und umweltfachliche Belange erfolgt in Unterlage 3. Die Verbindung ist grundsätzlich als Freileitung zu errichten (§ 3 Abs. 6 i. V. m. § 4 Abs. 1 BBPlG). Unter bestimmten Voraussetzungen kann die Wechselstromverbindung allerdings auch als Erdkabel errichtet werden. Die dafür nötigen Voraussetzungen sind in § 4 Abs. 2 BBPlG dargelegt.

Die Leistungsübertragung zwischen den Konvertern erfolgt in Form von Gleichstrom (DC – direct current). Im Konverter wird der Gleichstrom in Drehstrom (AC – alternating current) umgewandelt und die Spannung wird an die 380-kV-Spannungsebene des Drehstromnetzes durch Transformatoren angepasst. Über die Spannungsebene von 380 kV wird der Drehstrom mittels einer „Stichleitung“ vom Konverterstandort zum eigentlichen Netzverknüpfungspunkt, d.h. einem Umspannwerk bzw. einer Umspannanlage mit Anbindung an das Drehstromnetz, transportiert. Die beiden Vorhaben umfassen somit neben der Gleichstromverbindung zwischen den Konvertern (siehe nachstehende Abb., dargestellt ist die Verbindung als Erdkabel) auch die Drehstromanschlüsse zu den Netzverknüpfungspunkten (in der Länge abhängig vom Abstand zwischen Konverterstandort und Einspeisungspunkt im Umspannwerk). Für die gesamte Anlage wird nach derzeit vorliegenden Erfahrungen von einer Lebensdauer von mindestens 40 Jahren ausgegangen.

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welter/ Hamm“

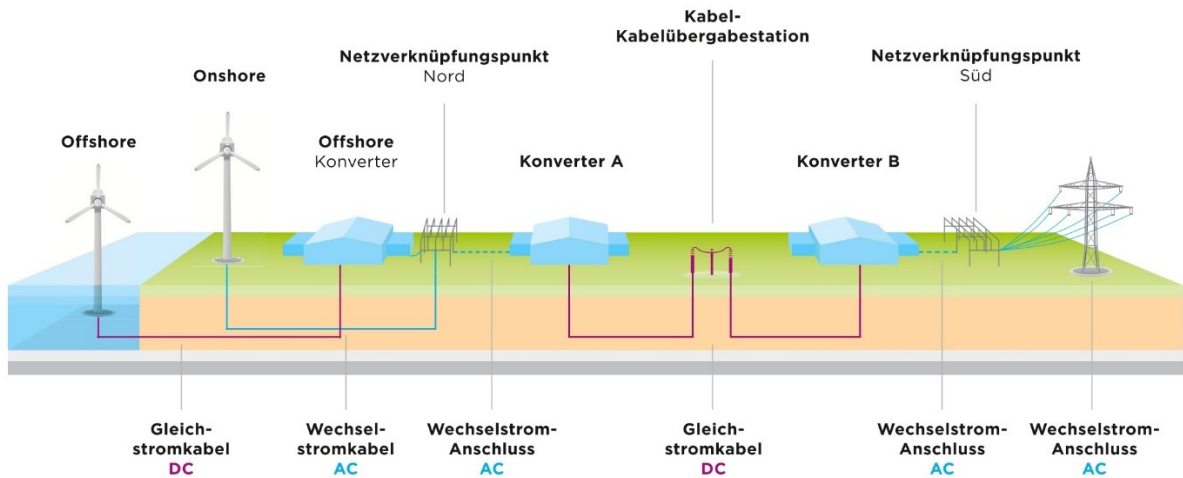


Abbildung 1-1: Prinzip HGÜ-Leitung im Netzverbund

1.1 Start- und Endpunkt

Die Vorhaben des Korridor B schließen sich an das vorhandene Drehstromnetz an den gesetzlich festgelegten Netzverknüpfungspunkten wie folgt an:

- Vorhaben 48 in Heide West in Schleswig-Holstein sowie in Polsum in Nordrhein-Westfalen,
- Vorhaben 49 in Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland in Niedersachsen sowie in Lippetal/ Welter/ Hamm in Nordrhein-Westfalen.

1.2 Übertragungstechnik und Leistung

Drehstrom ist ein Wechselstrom mit drei Phasen (stromführende Leitungen). Die Bezeichnung Drehstrom leitet sich aus der Art der Erzeugung ab. Dabei werden drei Spulen im 120°-Abstand rund um ein drehendes Magnetfeld angeordnet. Dadurch entstehen drei um 120° phasenverschobene sinusförmige Wechselspannungen. Wechselstrom ist somit Strom, der periodisch und in regelmäßigen Abständen seine Richtung verändert. Unter Gleichstrom versteht man dagegen einen Strom, dessen Stärke und Richtung sich über die Zeit nicht ändern. Ein Kabelsystem ist nur für den Regelbetrieb mit Gleichspannung oder Wechselspannung geeignet. Kabelsysteme, die für die Übertragung beider Spannungsarten geeignet sind, existieren für den Höchstspannungsbereich nicht.

2 Elektrische und magnetische Felder

Die Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“ und Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“ werden überwiegend als Erdkabel in Gleichstromtechnik ausgeführt, die Konverteranbindung erfolgt in Wechselstromtechnik. Eine Gleichstromanlage kann grundsätzlich elektrische und magnetische Gleichfelder hervorrufen, eine Wechselstromanlage kann entsprechend elektrische und magnetische Wechselfelder (Frequenz 50 Hz) hervorrufen. Für die Bewertung der Felder sind die Vorgaben der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung (26. BImSchV) maßgeblich.

Das elektrische Feld wird bei einem unterirdisch verlegten Kabel vollständig abgeschirmt, so dass beim Betrieb der Kabelverbindung nur magnetische Felder an der Erdoberfläche nachweisbar sind. Die Betriebsspannung, die für das elektrische Feld unterhalb von Freileitungen verantwortlich ist, ist bei Erdkabeln entsprechend nicht relevant für die Immissionsbetrachtung. Bei Freileitungen (insb. Anbindungsleitung zwischen Konverter und Netzverknüpfungspunkt) sind sowohl das magnetische als auch das elektrische Feld zu betrachten..

Für die Immissionen (Kapitel 2.1) gelten gesetzliche Vorgaben (Kapitel 2.2), deren Einhaltung für die verschiedenen technischen Ausführungen (Kapitel 2.3) betrachtet wird.

2.1 Physikalische Grundlagen

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. Die theoretische Grundlage bietet, die von James Clerk Maxwell Mitte des 19. Jahrhunderts begründete, klassische Elektrodynamik mit den nach ihm benannten Maxwell-Gleichungen [4]. Sowohl statische als auch niederfrequente elektrische und magnetische Felder, wie sie in der Energieversorgung vorkommen, sind voneinander entkoppelt und werden daher getrennt als stationär oder in quasistationärer Näherung betrachtet. Im Fall von Gleichstromleitungen bleibt die Polarität der elektrischen und magnetischen Felder konstant. Bei Drehstromleitungen wechseln die elektrischen und magnetischen Felder ihre Polarität mit einer Frequenz von 50 Hertz (Hz).

2.1.1 Elektrisches Feld

Ursache statischer oder niederfrequenter elektrischer Felder sind spannungsführende Leiter in elektrischen Geräten ebenso wie Leitungen zur elektrischen Energieversorgung. Das elektrische Feld tritt immer schon dann auf, wenn elektrische Energie durch das Anlegen einer Spannung bereitgestellt wird. Es resultiert aus der Betriebsspannung einer Leitung und ist deshalb nahezu konstant. Das elektrische Feld ist unabhängig von der Stromstärke.

Das elektrische Feld wird durch leitfähige Gegenstände wie Bäume, Büsche oder Bauwerke beeinflusst. Daher können elektrische Felder relativ leicht und nahezu vollständig abgeschirmt werden. Nach dem Prinzip des Faraday'schen Käfigs ist das Innere eines leitfähigen Körpers feldfrei.

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

Die meisten Baustoffe sind ausreichend leitfähig und schirmen ein von außen wirkendes elektrisches Feld fast vollständig im Inneren eines Gebäudes ab.

Die zu betrachtende physikalische Größe ist die elektrische Feldstärke E . Sie wird in Kilovolt pro Meter (kV/m) angegeben.

Das elektrische Feld wird bei den in diesem Vorhaben verwendeten Höchstspannungserdkabeln, in welchen der stromführende Leiter und das Isoliersystem von einem elektrisch leitfähigen Schirm aus Einzeldrähten und einem durchgängigen Metallmantel aus Aluminium umhüllt sind, vollständig abgeschirmt. Beim Betrieb der Erdkabelverbindungen sind demnach keine elektrischen Felder an der Erdoberfläche nachweisbar.

2.1.2 Magnetisches Feld

Statische oder niederfrequente magnetische Felder treten nur dann auf, wenn elektrischer Strom fließt. Der Betriebsstrom, der durch die Erdkabel fließt, ist im Gegensatz zur Spannung nicht konstant. Er schwankt je nach Einspeisung und Last tageszeiten-, jahreszeiten- und witterungsabhängig. Im gleichen Verhältnis wie die Stromänderung ändert sich auch die Stärke des Magnetfeldes.

Bei Erdkabeln sind die Feldstärken am Erdboden am höchsten, dort wo die Erdkabel dem Boden am nächsten sind, also bei der geringsten Verlegetiefe. Weiterhin sind die Abstände der Erdkabel untereinander bestimmend für die Größe des resultierenden magnetischen Feldes. Mit zunehmender Tiefe der Erdkabel und mit zunehmendem seitlichem Abstand nimmt die Feldstärke sehr 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.

Die zu betrachtende physikalische Größe ist die magnetische Flussdichte B . Sie wird in Mikrottesla (μT) angegeben.

2.2 Rechtliche Anforderungen an Gleichstrom- und Niederfrequenzanlagen

Die Festlegung von Grenzwerten zur Gewährleistung einer hohen Sicherheit der Bevölkerung obliegt dem Gesetzgeber. Zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch elektrische und magnetische Felder hat er Anforderungen in der sechszwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) festgesetzt [5]. Die Vorgaben beruhen auf Empfehlungen eines von der Weltgesundheitsorganisation anerkannten wissenschaftlichen Gremiums, der Internationalen Kommission für den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (ICNIRP), und spiegeln den aktuellen Stand der Forschung bezüglich möglicher Wirkungen durch Felder auf den Menschen wider [6] [7].

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

2.2.1 26. BImSchV

Die 26. BImSchV ist seit dem 16. Dezember 1996, zuletzt novelliert am 14. August 2013, im deutschen Recht verankert und für Hochspannungsleitungen verbindlich anzuwenden.

Nach § 3a S. 1 Nr. 1 der 26. BImSchV sind Gleichstromanlagen so zu errichten und zu betreiben, dass sie bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung in ihrem Einwirkungsbereich an Orten, die zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, den in Anhang 1a der 26. BImSchV genannten Grenzwert für die magnetische Flussdichte nicht überschreiten.

Tabelle 2-1: Grenzwerte für 0-Hz- und 50-Hz-Anlagen

Betriebsfrequenz f	Elektrische Feldstärke E	Magnetische Flussdichte B
0 Hz	-	500 μT
50 Hz	5 kV/m	100 μT

Zudem sind bei Gleichstromanlagen nach § 3a S. 1 Nr. 2 der 26. BImSchV Wirkungen, die zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können, zu vermeiden. Solche Wirkungen sind insbesondere durch das elektrische Feld hervorgerufene Mikroentladungen

Zum Zwecke der Vorsorge sind nach § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik zu minimieren. Das Nähere regelt die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV (26. BImSchVVwV) [8].

2.2.2 26. BImSchVVwV

Das Ziel des Minimierungsgebots nach § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV ist es, die von Gleichstrom- oder Niederfrequenzanlagen ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich so zu minimieren, dass die Immissionen an den maßgeblichen Minimierungsorten der jeweiligen Anlage reduziert werden. Als maßgebliche Minimierungsorte gelten Gebäude, Gebäudeteile oder Grundstücke, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, insbesondere Wohnungen, Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze oder ähnliche Einrichtungen.

Die Prüfung möglicher Minimierungsmaßnahmen erfolgt dabei individuell für die geplante Anlage im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens. Das Minimierungsgebot verlangt jedoch keine Prüfung nach dem im Energiewirtschaftsrecht verankerten sogenannten NOVA-Prinzip (Netzoptimierung vor Netzverstärkung vor Netzausbau) und keine Alternativenprüfung (z.B. Erdkabel statt Freileitung), alternative Trassenführung oder Standortalternativen, die nach den sonstigen Rechtsvorschriften, insbesondere nach dem Planfeststellungsrecht, erforderlich sein können. Es sind Minimierungsmaßnahmen dann zu prüfen, wenn sich mindestens ein maßgeblicher Minimie-

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

rungsort im Einwirkungsbereich der jeweiligen Anlage befindet. Liegen mehrere maßgebliche Minimierungsorte innerhalb des Einwirkungsbereiches, werden bei der Minimierung alle maßgeblichen Minimierungsorte gleichrangig betrachtet.

In Abhängigkeit der geplanten Anlagen kann die Anwendung mehrerer Minimierungsmaßnahmen in Betracht kommen. Soweit deren gemeinsame Anwendung ausscheidet, ist eine Auswahl anhand der in der 26. BImSchVVwV enthaltenen inhaltlichen Maßgaben zu treffen. Wirken sich eine oder mehrere Minimierungsmaßnahmen unterschiedlich auf das elektrische und das magnetische Feld aus, ist bei der Auswahl für Gleichstromanlagen die Minimierung des elektrischen Feldes zu bevorzugen – für Niederfrequenzanlagen ist hingegen die Minimierung des magnetischen Feldes zu bevorzugen. Da bei Erdkabeln allerdings das elektrische Feld durch den Kabelmantel ohnehin vollständig abgeschirmt wird, wird in diesem Fall für die Minimierung nur das magnetische Feld berücksichtigt. Eine Maßnahme kommt als Minimierungsmaßnahme nicht in Betracht, wenn sie zu einer Erhöhung der Immissionen an einem maßgeblichen Minimierungsort führen würde.

Bei der Auswahl der Minimierungsmaßnahmen ist auch der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit zu wahren, indem Aufwand und Nutzen der möglichen Maßnahmen betrachtet werden. Zudem sind mögliche nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter zu berücksichtigen.

Die Umsetzung des Minimierungsgebotes erfolgt in drei Teilschritten: einer Vorprüfung nach Nr. 3.2.1, einer Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen nach Nr. 3.2.2 und einer Maßnahmenbewertung nach Nr. 3.2.3 der 26. BImSchVVwV.

2.3 Technische Ausführungen

Im Folgenden werden die technischen Ausführungsvarianten aufgeführt, die zur Realisierung von Korridor B nötig werden und die für eine Betrachtung des magnetischen (und ggf. des elektrischen) Feldes relevant sein können. Dies sind im Einzelnen:

- Erdkabel in Gleichstromtechnik als Regelfall für Korridor B (vgl. § 3 Abs. 1 BBPIG)
- Freileitung in Wechselstromtechnik als Regelfall für eine Anbindungsleitung zwischen Konverter und NVP im Rahmen von Korridor B (vgl. § 3 Abs. 6 i. V. m. § 4 Abs. 1 BBPIG)
- Erdkabel in Wechselstromtechnik als potenzieller Ausnahmefall für eine Anbindungsleitung zwischen Konverter und NVP (§ 3 Abs. 6 i. V. m. § 4 Abs. 2 BBPIG).

Diese Varianten werden in den folgenden Kapiteln betrachtet. Wie in Kapitel 1 dargelegt, sind andere technische Anwendungsfälle für Korridor B nach derzeitigem Planungsstand auszuschließen und daher nicht Teil dieser prognostischen Betrachtung.

2.3.1 Erdkabel in Gleichstromtechnik

Das Vorhaben 48 besteht im Wesentlichen aus einer zwischen den NVP Heide West und Polsum zu errichtenden Gleichstromverbindung, die vorrangig als Erdkabel auszuführen ist (§ 3 Abs. 1 BBPIG).

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Werver/ Hamm“

Das Vorhaben 49 besteht im Wesentlichen aus einer zwischen den NVP Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland und Lippetal/ Werver/ Hamm zu errichtenden Gleichstromverbindung, die vorrangig als Erdkabel auszuführen ist (§ 3 Abs. 1 BBPlG).

Im Regelfall werden die Gleichstrom-Erdkabel des Einzelvorhabens und der Stammstrecke in offener Bauweise im Regelgrabenprofil verlegt (siehe Abbildung 2-1 und Abbildung 2-2). Im Fall von Engstellen kann die offene Bauweise auch mit schmalere Baubedarfsflächen und Schutzstreifenbreiten auskommen. Bei Querungen von Gewässern, Infrastrukturen oder naturschutzfachlich sensiblen Bereichen kann zudem die geschlossene Bauweise verwendet werden. Variable Parameter in der technischen Ausführung, die relevanten Einfluss auf magnetische Felder haben können, sind zudem die Legetiefe der Kabel, deren Betriebsweise sowie der Abstand der Systeme untereinander.

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

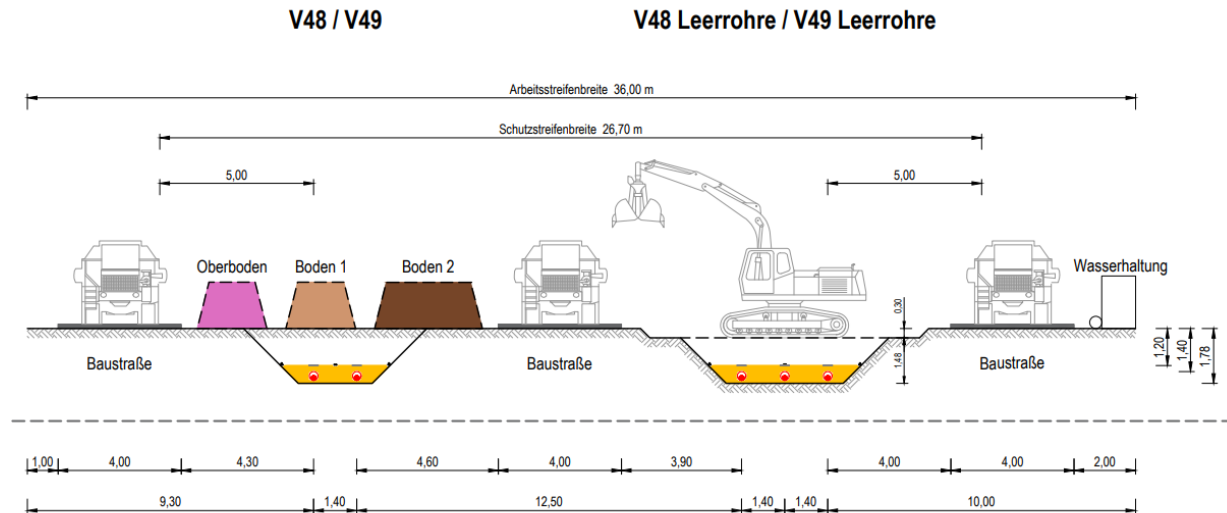


Abbildung 2-1: Regelgrabenprofil Einzelvorhaben

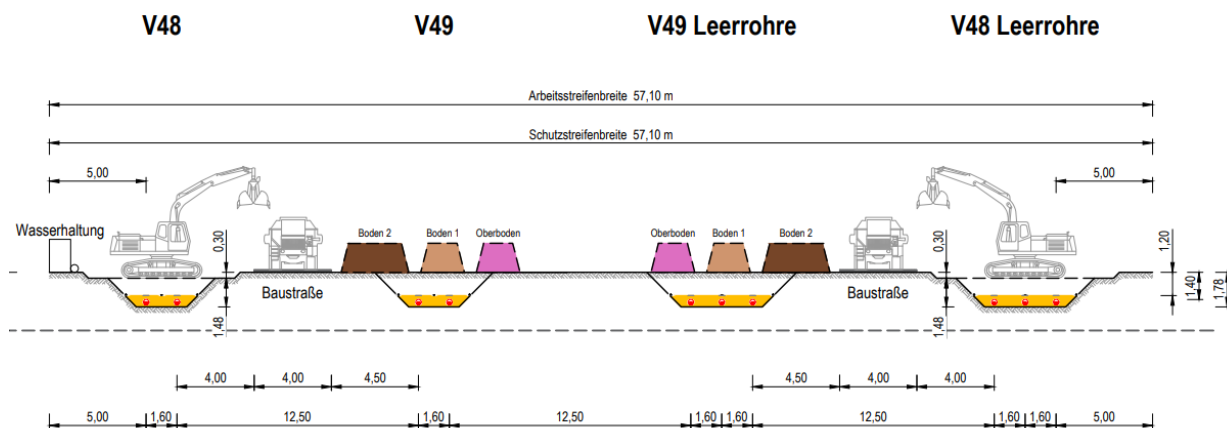


Abbildung 2-2: Regelgrabenprofil Stammstrecke

Gemäß LAI 2014 Abs. II.3a.5 [9] ist die Vorbelastung durch andere Gleichstromanlagen im Einwirkungsbereich zu berücksichtigen, wenn sie relevant zur Immission beitragen können. Der Einwirkungsbereich eines Gleichstrom-Erdkabels wird dabei nach LAI 2014 mit 1 m angesetzt. Aus unterschiedlichen Gründen, etwa zur Sicherung des ungestörten Betriebs der Anlage, gelten für Anlagen dieser Form Sicherheitsabstände und Schutzstreifenbreiten (siehe auch Unterlage 1, Kapitel 2.4.3), die je nach raumkonkreter Auslegung der Anlage einzuhalten sind. Diese Abstände sind regelmäßig so weit ausgelegt, dass auf Ebene der Korridorplanung im Einwirkungsbereich keine anderen Gleichstromanlagen zu berücksichtigen sind.

Im Regelgrabenprofil des Einzelvorhabens werden zwei Systeme, eins mit zwei Einzelkabeln (plus, minus) und eins mit 3 Einzelkabeln (plus, neutral, minus), vorgesehen. Im Regelgrabenprofil der Stammstrecke werden vier Systeme, zwei mit zwei Einzelkabeln (jeweils plus, minus) und zwei mit 3 Einzelkabeln (jeweils plus, neutral, minus), vorgesehen. Für die Verlegetiefe der Kabel wird im Sinne einer konservativen Abschätzung ein Wert von ca. 1,5 m zugrunde gelegt.

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

Zur Durchführung prognostischer Berechnungen ist es erforderlich, bereits auf Ebene der Korridorplanung Annahmen zur technischen Ausführung zugrunde zu legen, die als Parameter in die Berechnung einfließen. Jedoch können sich diese Parameter im Zuge der noch erfolgenden Detailplanung (im Planfeststellungsverfahren) ändern.

Bei der Bestimmung der Immissionen wird mit der höchsten betrieblichen Anlagenauslastung gerechnet. Diese ist nach 26.BImSchV über eine technische Grenze charakterisiert. Diese Grenze stellt hier der thermisch maximal zulässige Dauerstrom von 2050 A dar. Die Betriebsspannung ist beim Erdkabel irrelevant für die Immissionsbetrachtung, da das durch die Spannung hervorgerufene elektrische Feld eines unterirdisch verlegten Kabels komplett abgeschirmt wird. Es wird eine Spannungsebene von ± 525 kV angenommen, aber auch höhere Betriebsspannungen würden zu keinem elektrischen Feld oberhalb des Erdbodens führen.

Bei einem Gleichstromübertragungssystem überlagern sich die Magnetfelder des hin- und rückführenden Stromes am Immissionsort und können sich dadurch teilweise aufheben. Bei einem unterirdisch verlegten Kabelsystem und einer Verlegetiefe von a ist das Maximum der magnetischen Flussdichte an der Erdoberfläche stets kleiner oder gleich dem Wert, den ein Einzelleiter im Abstand a hervorrufen würde, und zwar unabhängig vom Kabelabstand. Damit kann bei gegebenem Strom eine Mindestverlegetiefe berechnet werden, die benötigt wird, um den Grenzwert von $500 \mu\text{T}$ einzuhalten. Mit

$$B_{\text{Einzelleiter}} = \mu_0 * \frac{I}{2 * \pi * a}$$

und

$$\mu_0 = 1,257 * \frac{10^{-6} \text{ A}^2}{\text{m}}, I = 2050 \text{ A} \text{ und } B_{\text{Einzelleiter}} = 500 \mu\text{T}$$

ergibt sich eine Mindestverlegetiefe von ca. 0,83 m.

Bei der hier anzunehmenden Verlegetiefe von mindestens 1,5 m ist somit der Grenzwert stets eingehalten, unabhängig vom Kabelabstand. Die magnetische Flussdichte beträgt dabei in 0,2 m über dem Erdboden $274 \mu\text{T}$.

Dies bedeutet auch, dass bei allen Variationen von Kabelabständen und Kabelsystemabständen stets geringere magnetische Flussdichten als $274 \mu\text{T}$ in 0,2 m Höhe über dem Erdboden auftreten werden. Dies gilt somit beispielsweise bei Querungen von Straßen oder Gewässern, bei denen größere Abstände realisiert werden. Die Einhaltung des Grenzwertes der 26. BImSchV kann somit für alle diese Fälle als nachgewiesen gelten, ohne dass sie im Detail untersucht werden müssen oder dass es einer Nutzungsbestimmung von Flächen oder Gebäudeteilen bedarf.

Unter den dargelegten Annahmen ergibt sich für den Einzelleiter in einer angenommenen Tiefe von 1,5 m folgender Verlauf (vgl. Abbildung 2-3) der magnetischen Flussdichte in 0,2 m Höhe (nach LAI 2014 zur Auswahl des Messpunktes oberhalb eines Erdkabels).

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

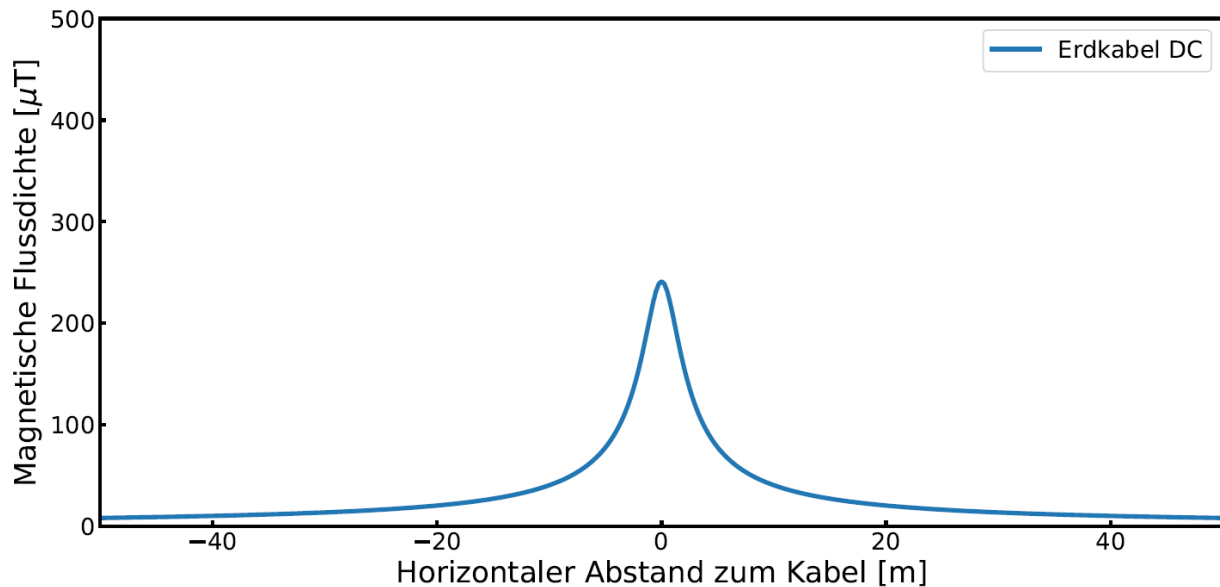


Abbildung 2-3: Magnetische Flussdichte im Regelgrabenprofil

Trotz der dargelegten deutlichen Grenzwertunterschreitung gilt grundsätzlich: Laut § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV sind bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Gleichstromanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Die nähere Vorgehensweise regelt die 26. BImSchVVwV.

Die Minimierung erfolgt bezogen auf Minimierungsorte (Gegebenheiten im Einwirkungsbereich) und ist daher Teil der detaillierten Betrachtungen im Rahmen der Planfeststellung. Für HGÜ-Erdkabel kommen dabei im Rahmen der noch folgenden Detailplanung folgende Minimierungsmaßnahmen in Betracht:

Minimierung der Kabelabstände

Kleinere Abstände zwischen Kabeln, in denen Ströme in entgegengesetzter Richtung fließen, sorgen für eine bessere Kompensation der einzelnen Felder und damit für ein geringeres Gesamtfeld.

Optimieren der Polanordnung

Die Optimierung der Polanordnung bedeutet eine Verringerung der Abstände der Kabel, deren Einzelfelder sich kompensieren und/oder eine Vergrößerung der Abstände der Kabel, deren Einzelfelder sich aufaddieren.

Optimieren der Verlegetiefe

Eine tiefere Verlegung der Kabel bewirkt eine Verringerung der Felder durch den erhöhten Abstand.

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

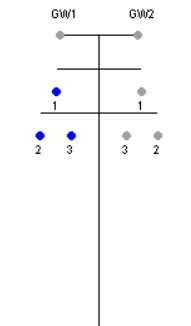
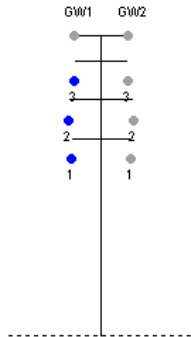
Alle Minimierungsmaßnahmen werden in der Planfeststellung mit Bezug auf maßgebliche Minimierungsorte innerhalb des Einwirkungsbereichs getrennt voneinander betrachtet und nach der 26. BImSchVV bezüglich ihrer Wirkung abgewogen und bewertet. Darüber hinaus ist im Zuge der Bundesfachplanung keine weitere Betrachtung von Minimierungsmaßnahmen, etwa im Zuge der Strategischen Umweltprüfung, erforderlich.

2.3.2 Freileitung in Wechselstromtechnik

Die Anbindungsleitungen an Konverter sind als Leitungen zur Höchstspannungs-Drehstromübertragung entsprechend § 3 Abs. 6 i. V. m. § 4 Abs. 1 BBPlG grundsätzlich als Freileitung zu errichten. Die Anbindungsleitung ist in räumlicher Nähe zum NVP zu errichten. Daher kommt im Vergleich zum Gesamtvorhaben diese technische Ausführungsvariante nur kleinräumig zur Anwendung (siehe Unterlage 9b). Für eine prognostische Immissionsbetrachtung auf Korridorebene werden daher Regelannahmen für diese technische Ausführung zugrunde gelegt, die im betreffenden Korridorsegment zur Anwendung kommen können.

Zwei Masttypen werden für die prognostische Immissionsbetrachtung der Wechselstromfreileitung in Betracht gezogen. Zum einen, ein Donaumast des Typs D12 und zum anderen ein Tonnenmast des Typs D32. Zur Ersteinschätzung der im entsprechenden Bereich zu berücksichtigenden Immissionen wurde ein typisches Musterspannfeld je Masttyp berechnet, wobei die in Tabelle 2-2 dargestellten Parameter verwendet wurden.

Tabelle 2-2: Regelannahmen für Freileitungsverbindung

Angenommene Werte in der prognostischen Betrachtung für Mast:	D12	D32
Masthöhe	60 m	65.5 m
Spannfeldlänge	350 m	350 m
Minimaler Seil-Boden-Abstand (Spannfeldmitte)	25 m	25 m
Leiterseil	4 x Bündel AL/ACS 550/70	4 x Bündel AL/ACS 550/70
Technisch maximal möglicher Strom pro Viererbündel	4348 A	4348 A
Maximale Systemspannung gemäß Spannungsband	420 kV	420 kV
Phasenordnung (1 = u, 2 = w, 3 = v)		

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

Bei der Bestimmung der Immissionen wird mit der maximalen Anlagenauslastung gerechnet. Diese ist nach 26. BImSchV über eine technische Grenze charakterisiert. Diese Grenze stellt den thermischen maximal zulässigen Dauerstrom, sowie die maximale Systemspannung im Spannungsband dar. Es wird weiterhin angenommen, dass die Ströme in allen Leiterseilen (mit Ausnahme der Erdseile) gleich hoch sind.

Die Prognose der Immissionen elektrischer und magnetischer Felder auf Basis dieses Musterspannfeldes wurde in einer Höhe von 1 m (nach LAI 2014) über EOK durchgeführt.

Im Sinne einer konservativen Abschätzung wird mit der pessimalen Phasenlage gerechnet (siehe Tabelle 2-2) sowie ein fiktiver Immissionsort direkt unterhalb der Leitung, in Spannungsmittelpunkt (Ort des geringsten Seil-Boden-Abstandes) betrachtet. Dort ergeben sich für den Masttyp D12 eine elektrische Feldstärke von maximal 2,2 kV/m sowie eine magnetische Flussdichte von 21 μ T (vgl. Abbildung 2-4 und Abbildung 2-5) in 1 m Höhe. Für den Masttyp D32 ergeben sich eine elektrische Feldstärke von maximal 3,2 kV/m sowie eine magnetische Flussdichte von 29 μ T. Somit ist die Einhaltung der Grenzwerte (5 kV/m sowie 100 μ T) in allen Fällen direkt unterhalb der Leitung möglich. Bei der Betrachtung von Orten in Richtung der Aufhängepunkte der Leiterseile sind die Seil-Boden-Abstände größer, womit sowohl das elektrische Feld als auch die magnetische Flussdichte kleiner sind. Bei größer werdendem orthogonalen Abstand zum äußeren Leiterseil gilt dasselbe Verhalten (abnehmendes elektrisches und magnetisches Feld mit größerer Entfernung). Über den Abstand von 20 m vom äußeren Leiterseil ist in dem Zusammenhang der Einwirkungsbereich von 380 kV Wechselstrom-Freileitungen (nach LAI 2014) definiert. Dieser Einwirkungsbereich beschreibt den Bereich, „in dem die Niederfrequenzanlage einen signifikanten, von der Hintergrundbelastung abhebenden Immissionsbeitrag verursacht, unabhängig davon, ob die Immissionen tatsächlich schädliche Umwelteinwirkungen auslösen“. Außerhalb des Einwirkungsbereichs sind im Umkehrschluss keine Auswirkungen zu erwarten.

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

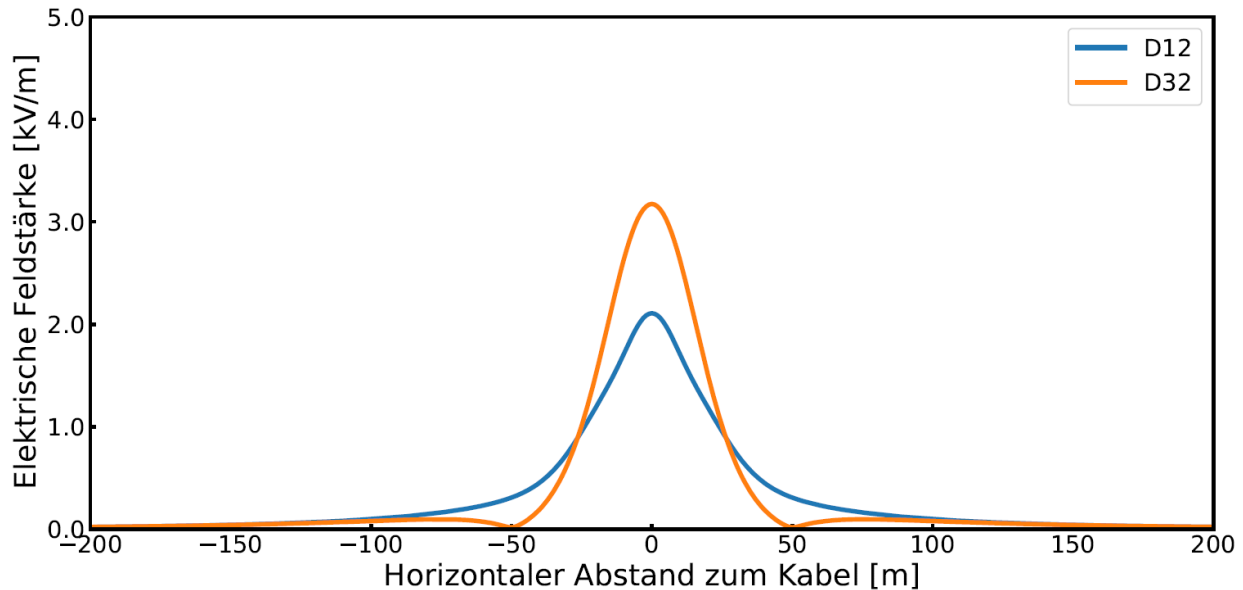


Abbildung 2-4: Elektrische Feldstärke der Freileitung in Spannungsfeldmitte für D12 und D32 Masttypen

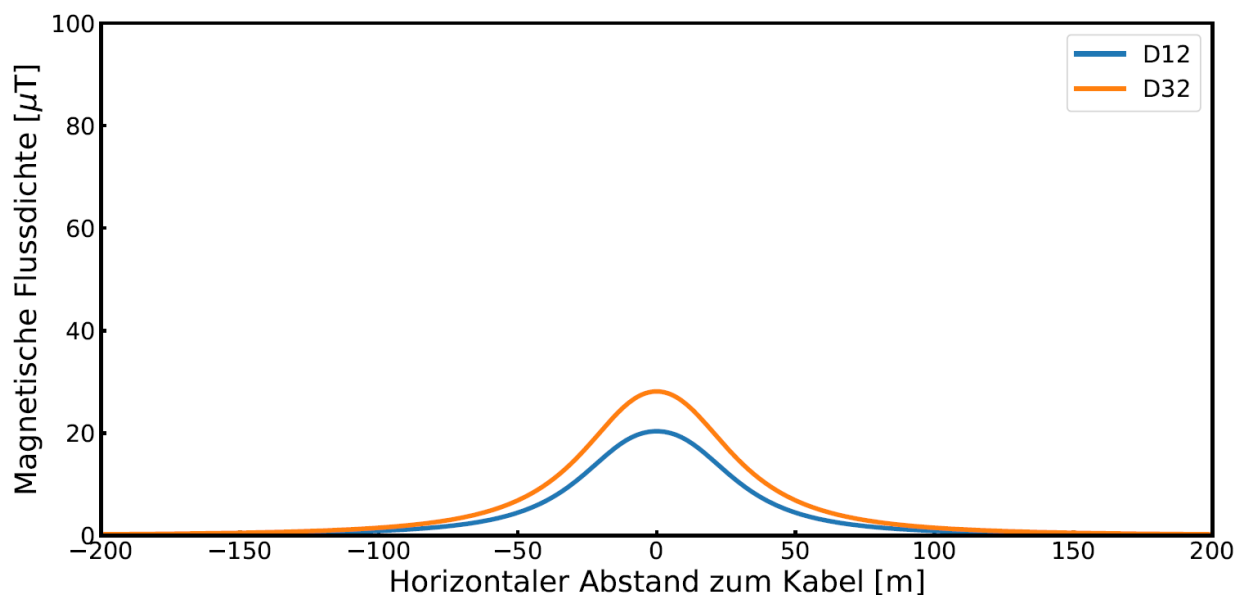


Abbildung 2-5: Magnetische Flussdichte der Freileitung in Spannungsfeldmitte für D12 und D32 Masttypen

Trotz der dargelegten Grenzwertunterschreitung gilt grundsätzlich: Laut § 4 Abs. 2 der 26. BIm-SchV sind bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Die nähere Vorgehensweise regelt die 26. BImSch-VVwV.

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

Die Minimierung erfolgt bezogen auf Immissions- und Minimierungsorte (Gegebenheiten im Einwirkungsbereich) und ist daher Teil der detaillierten Betrachtungen im Rahmen der Planfeststellung. Für eine Drehstrom-Freileitung kommen dabei folgende Minimierungsmaßnahmen in Betracht:

Abstandsoptimierung

Bei größerer Distanz der Leiterseile zu den maßgeblichen Minimierungsorten werden Immissionen an diesen Orten verringert. Dies kann durch eine Masterhöhung realisiert werden.

Elektrische Schirmung

Das Einbringen elektrisch leitfähiger Schirmstrukturen kann an Minimierungsorten für eine Verringerung des elektrischen Feldes sorgen.

Minimieren der Seilabstände

Durch kleine Abstände zwischen den Leiterseilen kommt es zu einer verbesserten Kompensation der Magnetfelder der einzelnen Bündelleiter. Auch auf das elektrische Feld unterhalb der Leitung wirkt sich eine Minimierung der Seilabstände typischerweise vorteilhaft aus.

Optimieren der Mastkopfgeometrie

Die Mastkopfgeometrie (bspw. Tonnenanordnung oder Donauanordnung) ist ebenfalls relevant für die Immissionen elektrischer und magnetischer Felder unterhalb der Leitung. Sie hängt eng zusammen mit der Minimierung der Leiterseilabstände.

Optimieren der Leiteranordnung

Bei mehreren Drehstromsystemen auf einem Mastgestänge kann durch eine günstige Anordnung der Phasen eine verbesserte Kompensation der elektrischen und magnetischen Felder erreicht werden.

Alle Minimierungsmaßnahmen werden in der Planfeststellung mit Bezug auf maßgebliche Minimierungsorte innerhalb des Einwirkbereichs getrennt voneinander betrachtet und nach der 26. BImSchVVwV bezüglich ihrer Wirkung abgewogen und bewertet.

Neben dem Minimierungsgebot gemäß § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV kann im vorgesehenen Korridor ohne Schwierigkeiten auch eine Überspannung von Gebäuden und Gebäudeteilen (Verbot gemäß § 4 Abs. 3 der 26. BImSchV) vermieden werden.

Das Auftreten von Funkenentladungen ist abhängig von Witterungsbedingungen und anderen Einflussgrößen. Funkenentladungen können auftreten, wenn ein Ladungsausgleich zwischen zwei Objekten/ Personen mit unterschiedlichem elektrischem Potenzial stattfindet. Der Effekt ist vergleichbar mit elektrostatischen Entladungserscheinungen, die vom Berühren von z.B. metallenen Türklinken bekannt sind. Unterhalb einer Freileitung kann das elektrische Feld ursächlich für das Zustandekommen unterschiedlicher elektrischer Potenziale sein. Die bei der Entladung hervorgerufenen Ströme werden in ihrer Intensität unterschiedlich wahrgenommen, sie sind jedoch sehr klein und ungefährlich. Erhebliche Belästigungen oder Schäden sind bei Einhaltung

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

eines Wertes von 5 kV/m für das elektrische Feld auszuschließen. Dieser Wert wird auch unterhalb der Leitungstrasse eingehalten bzw. sogar deutlich unterschritten.

2.3.3 Erdkabel in Wechselstromtechnik

Die Anbindungsleitungen an Konverter sind als Leitungen zur Höchstspannungs-Drehstromübertragung entsprechend § 3 Abs. 6 i. V. m. § 4 Abs. 1 BBPlG grundsätzlich als Freileitung zu errichten. § 4 Abs. 2 BBPlG eröffnet allerdings unter bestimmten Voraussetzungen die Möglichkeit, ein Erdkabel zu errichten. Die Errichtung eines Erdkabels als zumutbare Alternative kann auf Ebene der Korridorplanung im Sinne des § 4 Abs. 2 Nr. 3 und 4 BBPlG (Arten- und Gebietschutz) nicht abschließend ausgeschlossen werden. Daher wird in den Unterlagen nach § 8 NABEG sowie in der hier vorliegenden Immissionsschutzrechtlichen Ersteinschätzung auch die mögliche Ausführungsart eines Wechselstrom-Erdkabels betrachtet (siehe Unterlage 9b).

Im Regelfall wird das Drehstrom-Erdkabel in offener Bauweise im Regelgrabenprofil verlegt. Die Vorgehensweise entspricht dabei im Wesentlichen den im Kapitel 2.4.3 - der technischen Projektbeschreibung im Erläuterungsbericht - beschriebenen Bauverfahren. Dieser Regelfall wird im Folgenden für die prognostische Immissionsbetrachtung auf Korridorebene zugrunde gelegt. Bei der Bestimmung der Immissionen wird mit der maximalen Anlagenauslastung gerechnet. Diese ist nach 26. BImSchV über eine technische Grenze charakterisiert. Diese Grenze stellt den thermischen maximal zulässigen Dauerstrom dar. Für ein Erdkabel mit Drehstrombetrieb ist außerdem die Phasenlage von Interesse. Es wird grundsätzlich angenommen, dass die Ströme in allen einzelnen Kabeln gleich hoch sind. Dabei ist die Betriebsspannung beim Erdkabel irrelevant für die Immissionsbetrachtung, da das durch die Spannung hervorgerufene elektrische Feld eines unterirdisch verlegten Kabels komplett abgeschirmt wird. Es wird eine Spannungsebene von 380 kV angenommen, aber auch höhere Betriebsspannungen würden zu keinem elektrischen Feld oberhalb des Erdbodens führen. Geometrieparameter der technischen Ausführung, die relevanten Einfluss auf magnetische Felder haben können, sind die Anordnung und Legetiefe der Kabel, der Abstand der Phasen innerhalb eines Systems sowie der Abstand der Systeme untereinander.

Beim Regelgrabenprofil werden zwei Varianten unterschieden, in der ersten Variante (vgl. Abbildung 2-6) sind zwei Systeme mit doppelter Phasenbelegung, also je sechs Einzelkabeln, und in der zweiten Variante (vgl. Abbildung 2-7) sind zwei Systeme mit einfacher Phasenbelegung, also je drei Einzelkabeln, vorgesehen. Zur Durchführung prognostischer Berechnungen ist es erforderlich, bereits auf Ebene der Korridorplanung Annahmen zur technischen Ausführung zugrunde zu legen, die als Parameter in die Berechnung einfließen. Jedoch können sich diese Parameter im Zuge der noch zu erfolgenden Detailplanung (im Planfeststellungsverfahren) ändern. Für die Verlegetiefe der Kabel wird im Sinne einer konservativen Abschätzung ein Wert von ca. 2,1 m zugrunde gelegt.

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

Unter den dargelegten Annahmen ergibt sich für das Regelgrabenprofil ein Maximalwert von 95 μT bei 12 Erdkabeln, bzw. 96 μT bei 6 Erdkabeln und folgender Verlauf (vgl. Abbildung 2-8) der magnetischen Flussdichte in 0,2 m Höhe (nach LAI 2014).

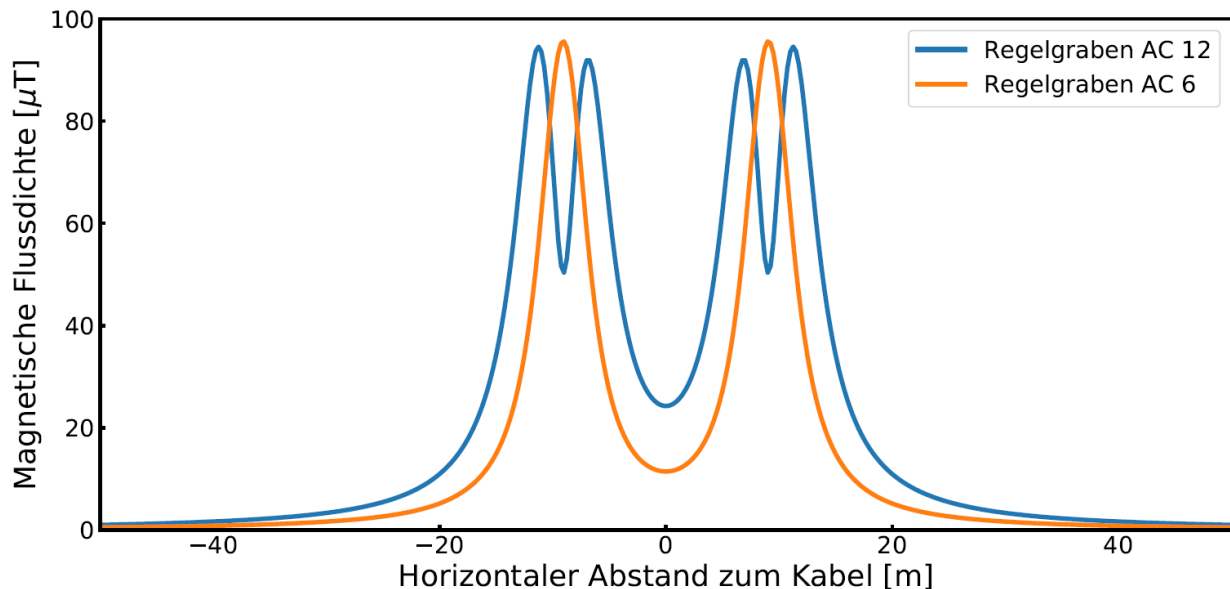


Abbildung 2-8: Magnetische Flussdichte im Regelgrabenprofil

Trotz der dargelegten Grenzwertunterschreitung gilt grundsätzlich: Laut § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV sind bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Die nähere Vorgehensweise regelt die 26. BImSchVVwV.

Die Minimierung erfolgt bezogen auf Immissions- und Minimierungsorte (Gegebenheiten im Einwirkungsbereich) und ist und ist daher Teil der detaillierten Betrachtungen im Rahmen der Planfeststellung. Für Drehstrom-Erdkabel kommen dabei im Rahmen der noch folgenden Detailplanung folgende Minimierungsmaßnahmen in Betracht:

Minimierung der Kabelabstände

Kleinere Abstände zwischen Kabeln, in denen Ströme phasenversetzt fließen, sorgen für eine bessere Kompensation der einzelnen Felder und damit für ein geringeres Gesamtfeld.

Optimieren der Leiteranordnung

Bei vorgegebener geometrischer Anordnung wird die Phasenlage so festgelegt, dass sich die von den Kabeln ausgehenden magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

Optimieren der Verlegegeometrie

Die Optimierung der Verlegegeometrie bedeutet eine Veränderung der relativen Position der einzelnen Kabel zueinander, um eine bestmögliche Kompensation der entstehenden magnetischen Felder zu ermöglichen. Anordnungen in einer Ebene (horizontal oder vertikal) oder im Dreieck sind möglich.

Optimieren der Verlegetiefe

Eine tiefere Verlegung der Kabel bewirkt eine Verringerung der Felder durch den erhöhten Abstand.

Alle Minimierungsmaßnahmen werden in der Planfeststellung mit Bezug auf maßgebliche Minimierungsorte innerhalb des Einwirkungsbereichs getrennt voneinander betrachtet und nach der 26.BImSchVVwV bezüglich ihrer Wirkung abgewogen und bewertet. Darüber hinaus ist im Zuge der Bundesfachplanung keine weitere Betrachtung von Minimierungsmaßnahmen, etwa im Zuge der Strategischen Umweltprüfung, erforderlich.

3 Geräusche

3.1 Betriebsbedingte Geräusche

Beim Betrieb von Höchstspannungsanlagen können Geräuschemissionen durch Koronaentladungen an den Leiterseilen auftreten. Dies gilt nur für Freileitungen. Betriebsbedingte Geräusche für Erdkabel können ausgeschlossen werden.

Der Betreiber einer Höchstspannungsanlage ist dazu verpflichtet, nach dem Stand der Technik vermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen zu verhindern und unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß zu beschränken (vgl. § 22 Abs. 1 BImSchG) [10]. Die nähere Ausgestaltung erfolgt durch die „Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm“ (TA Lärm) [11] sowie ergänzend durch das EnWG (vgl. § 49 Abs. 2b EnWG) [12].

Die TA Lärm stellt für den Regelbetrieb ein System aus gebietsabhängigen Richtwerten zur Tages- und Nachtzeit in den Mittelpunkt (vgl. Tabelle 3-1). Des Weiteren werden für die sogenannten „Seltenen Ereignisse“ zusätzliche Richtwerte genannt (vgl. Tabelle 3-2). Werden diese Richtwerte eingehalten, ist der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen sichergestellt. Zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sieht die TA Lärm die Einhaltung folgender Richtwerte für den Beurteilungspegel außerhalb von Gebäuden als hinreichend an:

Tabelle 3-1: Immissionsrichtwerte für den Regelbetrieb gemäß 6.1 der TA Lärm

Immissionsrichtwerte in dB(A)	tags	nachts
Industriegebiete	70	70
Gewerbegebiete	65	50
Kerngebiete, Dorfgebiete, Mischgebiete	60	45
Urbane Gebiete	63	45
Allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete	55	40
Reine Wohngebiete	50	35
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	45	35

Tabelle 3-2: Immissionsrichtwerte für seltene Ereignisse gemäß 6.3 der TA Lärm

Immissionsrichtwerte in dB(A)	tags	nachts
Alle Gebietskategorien (ausgenommen Industriegebiete)	70	55

Als Nachtzeit gilt die Zeit von 22:00 Uhr – 06:00 Uhr.

Im Rahmen der Bundesfachplanung wird prognostisch die Einhaltung der TA Lärm durch das geplante Vorhaben dargelegt, um nachzuweisen, dass durch die Festlegung des Trassenkorridors keine nicht zu bewältigenden Konfliktlagen entstehen. Geräuschemissionen treten bei Drehstromfreileitungen in beurteilungsrelevanten Pegelhöhen gewöhnlicherweise lediglich bei

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

Niederschlag auf. Da das Auftreten der Geräuschemissionen somit keiner Steuerung durch den Betreiber unterliegt, sind die empfindlicheren Nacht-Richtwerte anzusetzen. Für das Auftreten bzw. die Höhe der Emissionspegel von Koronaentladungen sind neben den Witterungsverhältnissen die Höhe der Spannung und die Art der Leiterseile (Bündelung und Durchmesser), aus der sich die Randfeldstärke als direkte Einflussgröße ergibt, sowie die Oberflächenbeschaffenheit der einzelnen Leiterseile wichtige Einflussfaktoren.

Bei der Überprüfung der Einhaltung der TA Lärm in Verbindung mit dem EnWG im Zuge der Planfeststellung muss die Gesamtbelastung berücksichtigt werden. Diese setzt sich zusammen aus der bestehenden Vorbelastung und der durch die Anlage hervorgerufenen Zusatzbelastung.

Für die Prognose der Zusatzbelastung, hervorgerufen durch die von der Freileitung verursachten Geräuschemissionen, werden die o.g. Musterspannfelder (siehe Kapitel 2.3.2, Tabelle 2-2) zugrunde gelegt. Für die Geräuschprognose sind neben den bereits aufgeführten Parametern der Durchmesser jedes Einzelleiters sowie der Abstand der Teilleiter innerhalb eines Viererbündels relevant. Ein Einzelleiter des aufgeführten Typs „AL/ACS 550/70“ hat einen Durchmesser von 3,2 cm. Der Abstand im Viererbündel beträgt 40 cm, wodurch sich ein Bündeldurchmesser von 56,6 cm ergibt.

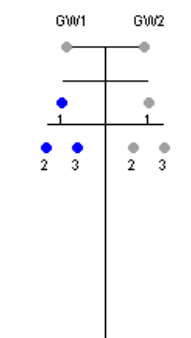
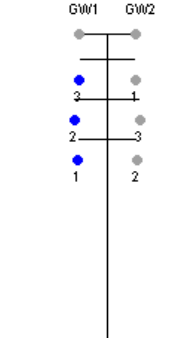
Fußpunkt bei der Bestimmung des vertikalen Abstandes (ausgehend von der Trassenachse) ist der Ort des geringsten Bodenabstandes der Freileitung (Spannfeldmitte). Die Geräuschemissionen werden in einer Höhe von 4,5 m über EOK bestimmt. Diese Höhe ergibt sich aus einer Gebäudestockwerkshöhe von 3 m (anzusetzen bei noch unbebautem Gebiet laut LAI-Hinweisen zur Lärmkartierung, 2011 [13]) und der Betrachtung eines Fensters im ersten Stock. Der Abstand ist konform zur DIN 45645-1 [14], in der für einen messtechnischen Nachweis ein Bodenabstand von mindestens 4 m für das Mikrofon festgelegt ist. Weiterhin werden die betrieblich ungünstigsten Bedingungen zur Entstehung von Geräuschemissionen zugrunde gelegt, wie eine maximale Auslastung der Freileitung (siehe Kapitel 2.3.2) und die Phasenanzahl, bei der die höchsten Geräuschpegel zu erwarten sind (siehe Tabelle 3-3). Als letzte konservative Annahme werden auch die für Geräuschemissionen ungünstigsten Witterungsbedingungen angenommen. Das heißt, dass die Emissionen für eine Niederschlag-Situation mit 3,5 mm/h Regen bestimmt werden.

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

Tabelle 3-3: Verwendete Phasenlage bei der Berechnung des Schallpegels. Alle anderen Parameter der Spannungsfelder sind identisch zu Tabelle 2-2.

	D12	D32
Phasenanzordnung (1 = u, 2 = w, 3 = v)		

Die Geräuschberechnung wird nach dem Ansatz des amerikanischen Forschungsinstituts EPRI (Electrical Power Research Institute) durchgeführt [15]. Der Berechnung des längenbezogenen Schallleistungspegels (L'_{WA}) liegen die aufgeführten Geometriedaten, elektrische Parameter und Umgebungsbedingungen zugrunde:

$$L'_{WA} = f(n, d, E, R)$$

mit:

- n Anzahl der Teilleiter
- d Durchmesser der Teilleiter
- E elektrische Randfeldstärke
- R Regenrate

Die Schallausbreitungsrechnung erfolgt gemäß TA Lärm nach DIN ISO 9613-2 [16]. Die Prognoseberechnung wurde mit dem Programm Winfield (WinField – Electric and Magnetic Field Calculation, Version 2023 (Build 3226) LF + Noise der Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie – FGEU mbH, Berlin) durchgeführt und ergibt nachfolgende, durch Isolinien dargestellte Geräuschimmissionen:

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

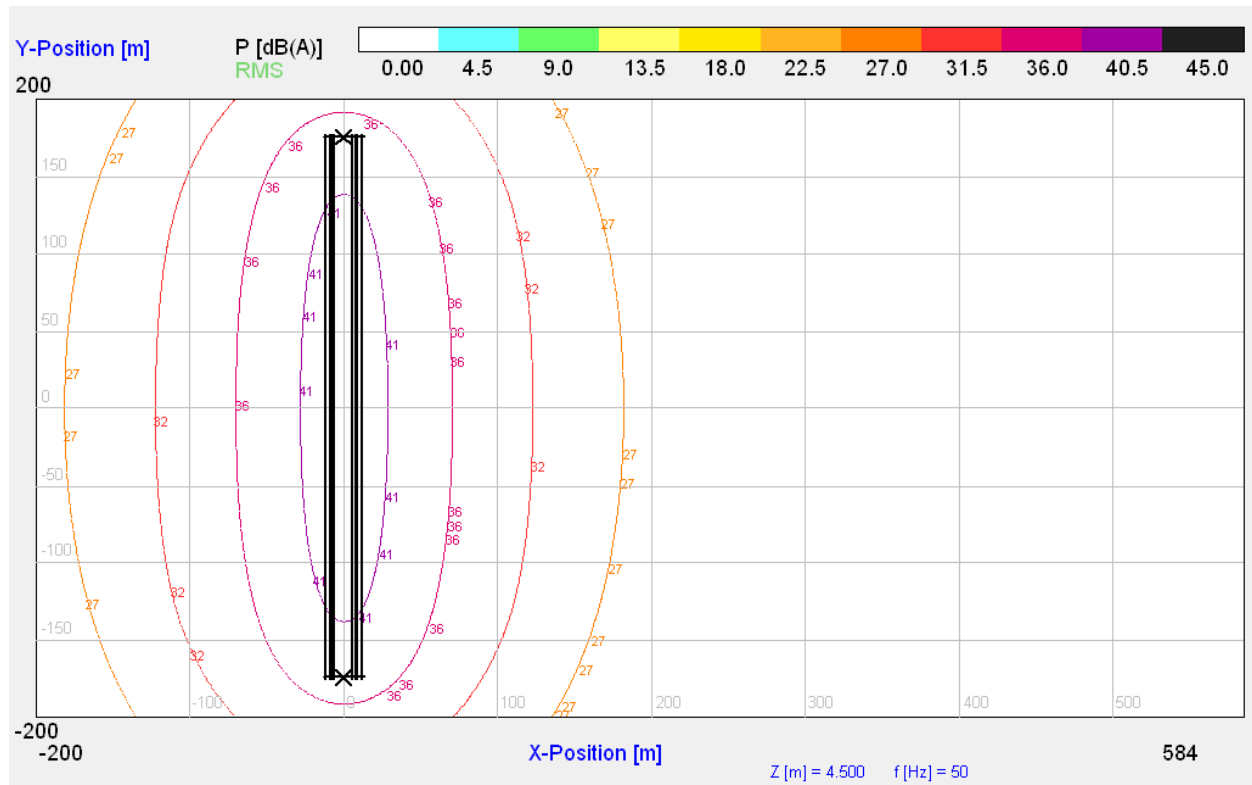


Abbildung 3-1: Betriebsbedingte Geräusche der betrachteten Freileitung mit D12 Masttyp

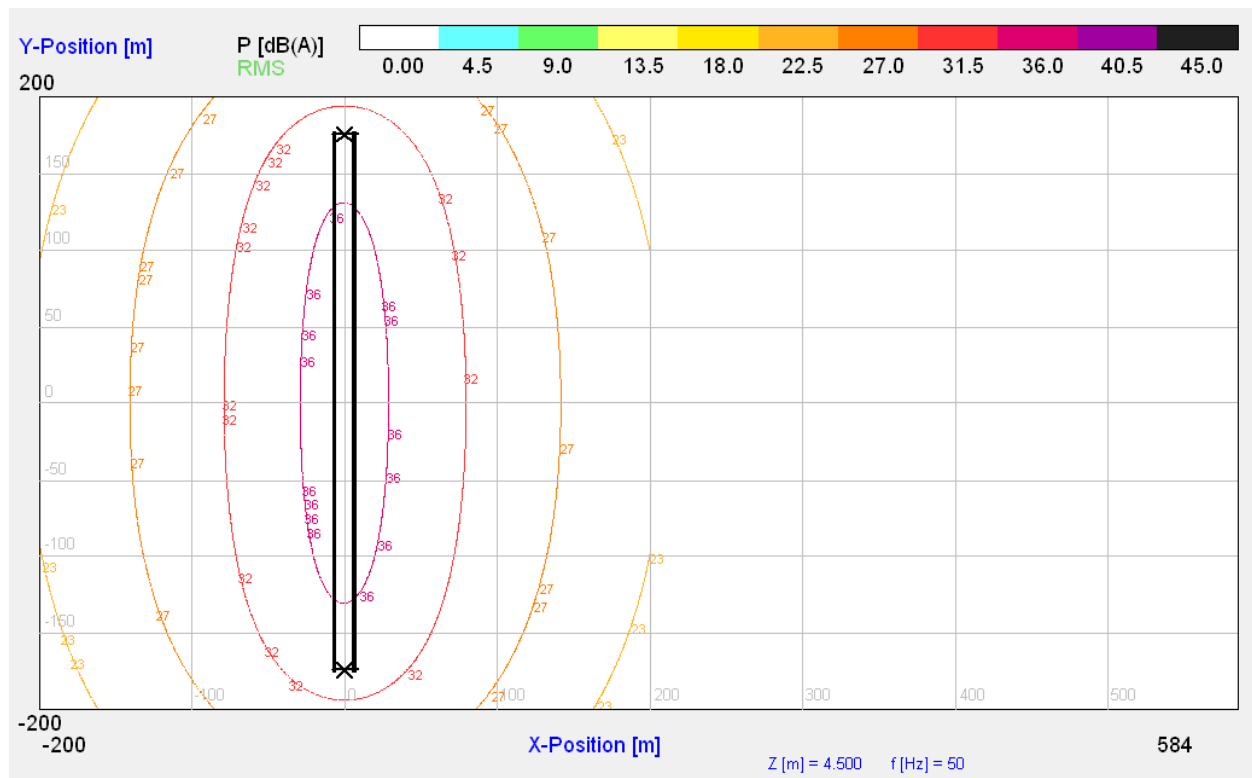


Abbildung 3-2: Betriebsbedingte Geräusche der betrachteten Freileitung mit D32 Masttyp

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

Abbildung 3-1 zeigt die prognostisch zu erwartenden betriebsbedingten Geräusche der zugrunde gelegten Anlagenkonfiguration mit D12 Masttyp in Form einer Isoliniendarstellung. Abbildung 3-2 zeigt dies für die Anlagenkonfiguration mit D32 Masttyp. Die zugrunde gelegte Trassenachse verläuft jeweils entlang der y-Achse (von unten nach oben). Die prognostische Berechnung ergibt in Spannfeldmitte für den geringsten Abstand zum Leiterseil beim Masttyp D12 einen Pegel von 43 dB(A) und beim Masttyp D32 einen Pegel von 38 dB(A).

Da es sich um einen Neubau in neuer Trasse handelt, dürfen gemäß § 4 Abs. 3 der 26. BImSchV keine Gebäude oder Gebäudeteile, die zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, überspannt werden. Neubauten von Freileitungen werden regelmäßig so geplant, dass sich innerhalb des zugehörigen Schutzstreifens einer Leitung keine Immissionsorte befinden. Die Zusatzbelastung an potenziellen Immissionsorten liegt demnach unterhalb der oben genannten, ermittelten Maximalpegel.

Neben technischen Möglichkeiten zur Reduzierung der betriebsbedingten Geräusche bieten sich innerhalb des betrachteten Korridors vielfältige räumliche Möglichkeiten, den Abstand zwischen Freileitung und kritischem Immissionsort bei Bedarf zu erhöhen. Somit kann durch diese Prognose auf Korridorebene gezeigt werden, dass es möglich ist, eine Trassenachse zu realisieren, mit der die Richtwerte bzw. die Vorgaben der TA Lärm i. V. m. dem EnWG eingehalten werden.

Im Zuge der Planfeststellung und der damit vorliegenden technischen Detailplanung können diese Prognosen verfeinert werden. Insbesondere mit dem in der Planfeststellung vorliegenden, konkreten Verlauf der Trassenachse im vorliegenden Korridor kann die jeweilige Immissionsbelastung genau benannt werden.

3.2 Baubedingte Geräusche

Während der Bauarbeiten zur Errichtung von Stromtrassen werden an den entsprechenden Teilbaustellen Baustellen- oder Baulärmgeräusche durch die dort verrichteten Tätigkeiten verursacht. Bei Freileitungsabschnitten treten diese vor allem im Bereich der Maststandorte und bei Kabelprojekten an den unterschiedlichen Kabeltrassenabschnitten auf. Die maßgeblichen Geräuschemissionen werden durch die Arbeitsvorgänge und Baumaschinen, welche für die zeitlich aufeinander folgenden Bauphasen zum Einsatz kommen, verursacht. Die Vorgänge und Bautätigkeiten verändern sich dynamisch und treten daher jeweils nur vorübergehend auf.

Die verursachten Geräuschemissionen und zugehörigen Einwirkzeiten innerhalb der einzelnen Bauphasen sind mit üblichen Bautätigkeiten und Betriebszeiten von Gebäudebaustellen oder Baustellen im Straßenbau vergleichbar. Neben den baubedingten Tätigkeiten führen auch die zugehörigen Verkehrsbewegungen auf und von den Baustellen zu lokalen Geräuschemissionen sowie damit zu individuellen Geräuschimmissionsbelastungen in der angrenzenden Nachbarschaft.

Zur Einhaltung der für Baustellen geltenden Vorgaben aus dem Bundesimmissionsschutzgesetz sind die möglicherweise schädlichen Umwelteinwirkungen i. S. v. von § 3 Abs. 1 BImSchG durch

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

Baustellen-Geräuschemissionen nach der durch § 66 Abs. 2 BImSchG übergeleiteten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschemissionen (AVV Baulärm) [17] zu ermitteln und beurteilen.

Amprion stellt sicher, dass die Vorgaben der AVV Baulärm eingehalten werden. Schädliche Umwelteinwirkungen, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, werden bei der Errichtung der geplanten Leitung verhindert, und nach dem Stand der Technik nicht vermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen werden auf ein Mindestmaß beschränkt. Die im Zusammenhang mit den Bauarbeiten verwendeten Baumaschinen entsprechen dem Stand der Technik. Amprion stellt im Rahmen der Auftragsvergabe sicher, dass die bauausführenden Unternehmen die Einhaltung der Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung (32. BImSchV) [18] gewährleisten.

Die zu erwartenden baubedingten temporären Schall-Emissionen werden so weit reduziert, dass die möglicherweise schädlichen Umwelteinwirkungen auf die in der Umgebung der Leitungs-trasse lebenden und arbeitenden Menschen ausgeschlossen bzw. auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Somit werden erhebliche vorhabenbedingte Beeinträchtigungen ausgeschlossen.

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

4 Fazit

Die Amprion GmbH plant den Bau und Betrieb der ± 525 -kV-Höchstspannungsleitungen von Korridor B in Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungstechnik (HGÜ). Die durch die Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“ und Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“ hervorgerufenen Immissionen elektrischer und magnetischer Felder, sowie betriebs- und baubedingter Geräusche wurden in den vorherigen Kapiteln dieser Unterlage geprüft.

Wie in Kapitel 2.3 dargelegt, werden die Anforderungen an Niederfrequenzanlagen gem. § 3 der 26. BImSchV und die Anforderungen an Gleichstromanlagen gem. § 3a der 26. BImSchV sicher eingehalten. Die Minimierung gemäß § 4 der 26. BImSchV erfolgt im Rahmen der Planfeststellung.

Kapitel 3.1 zeigt, dass es möglich ist, eine Trassenachse zu realisieren, mit der die Richtwerte bzw. die Vorgaben der TA Lärm i. V. m. dem EnWG eingehalten werden.

Zu baubedingten Emissionen ist in Kapitel 3.2 festgehalten, dass schädliche Umwelteinwirkungen, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, bei der Errichtung der geplanten Leitung verhindert werden und nach dem Stand der Technik nicht vermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Insgesamt ist festzuhalten, dass alle immissionsschutzrechtliche Vorgaben eingehalten werden können und somit der Korridorfestlegung keine unüberwindbaren Planungshindernisse aufgrund von Immissionen entgegenstehen.

A Verzeichnisse

A.1 Literaturverzeichnis

- [1] *Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz (NABEG)*, (BGBl. I S. 1690), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 8. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1726) geändert worden ist, 2011.
- [2] *Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG)*, vom 23. Juli 2013 (BGBl. I S. 2543; 2014 I S. 148, 271), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 22. Mai 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 133) geändert worden ist, 2013.
- [3] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, „Bestätigung des Netzentwicklungsplans Strom für das Zieljahr 2035,“ Januar 2022. [Online]. Available: https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/2022-11/NEP2035_Bestaetigung.pdf. [Zugriff am 10.10.2023].
- [4] J. D. Jackson, *Klassische Elektrodynamik*, 5 Hrsg., Berlin: Walter de Gruyter, 2002.
- [5] 26. *Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)*, vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3266).
- [6] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, „ICNIRP Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields,“ *Health Physics*, Bd. 96, Nr. 4, pp. 504 - 514, 2009.
- [7] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, „ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz - 100 kHz),“ *Health Physics*, Bd. 99, Nr. 6, pp. 818-836, 2010.
- [8] *Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV)*, vom 26. Februar 2016 (BAnz AT 03.03.2016 B5).
- [9] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), *Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder mit Beschluss der 54. Amtschefkonferenz*, in der Fassung des Beschlusses der 128. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 17. und 18. September 2014 in Landshut, 2014.
- [10] *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz -*

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

BImSchG), in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 3 des Gesetzes vom 19. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1792) geändert worden ist.

- [11] *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz: Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm)*, Vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503), geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5), 1998.
- [12] *Energiewirtschaftsgesetz - EnWG*, vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970; 3621), das zuletzt durch Artikel 24 des Gesetzes vom 8. Oktober 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 272) geändert worden ist, 2005.
- [13] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), *LAI-Hinweise zur Lärmkartierung - Dritte Aktualisierung* -, Beschlussfassung durch die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI) 143. Sitzung am 29. und 30. März 2022, 2022.
- [14] Deutsche Institut für Normung e. V. (DIN), *DIN 45645-1:1996-07: Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen - Teil 1: Geräuschemissionen in der Nachbarschaft*, Beuth-Verlag, 1996.
- [15] Electric Power Research Institute, EPRI Transmission Line Reference Book - 345 kV and above - Second Edition, 1982.
- [16] Deutsche Institut für Normung e. V. (DIN), *DIN ISO 9613-2:1999-10: Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien. Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren*, Beuth-Verlag, 1997.
- [17] *Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschemissionen (AVV Baulärm)*, vom 19. August 1970.
- [18] *32. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung - 32. BImSchV)*, vom 29. August 2002 (BGBl. I S. 3478), die zuletzt durch Artikel 14 des Gesetzes vom 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3146) geändert worden ist.

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

A.2 Abbildungen

Abbildung 1-1: Prinzip HGÜ-Leitung im Netzverbund	6
Abbildung 2-1: Regelgrabenprofil Einzelvorhaben	12
Abbildung 2-2: Regelgrabenprofil Stammstrecke	12
Abbildung 2-3: Magnetische Flussdichte im Regelgrabenprofil.....	14
Abbildung 2-4: Elektrische Feldstärke der Freileitung in Spannungsfeldmitte für D12 und D32 Masttypen	17
Abbildung 2-5: Magnetische Flussdichte der Freileitung in Spannungsfeldmitte für D12 und D32 Masttypen	17
Abbildung 2-6: Regelgrabenprofil eines Wechselstrom-Erdkabels mit 12 Erdkabeln	20
Abbildung 2-7: Regelgrabenprofil eines Wechselstrom-Erdkabels mit 6 Erdkabeln	20
Abbildung 2-8: Magnetische Flussdichte im Regelgrabenprofil.....	21
Abbildung 3-1: Betriebsbedingte Geräusche der betrachteten Freileitung mit D12 Masttyp.....	26
Abbildung 3-2: Betriebsbedingte Geräusche der betrachteten Freileitung mit D32 Masttyp.....	26

A.3 Tabellen

Tabelle 2-1: Grenzwerte für 0-Hz- und 50-Hz-Anlagen	9
Tabelle 2-2: Regelannahmen für Freileitungsverbindung.....	15
Tabelle 2-3: Annahmen zum Regelgrabenprofil	20
Tabelle 3-1: Immissionsrichtwerte für den Regelbetrieb gemäß 6.1 der TA Lärm	23
Tabelle 3-2: Immissionsrichtwerte für seltene Ereignisse gemäß 6.3 der TA Lärm	23
Tabelle 3-3: Verwendete Phasenlage bei der Berechnung des Schallpegels. Alle anderen Parameter der Spannungsfelder sind identisch zu Tabelle 2-2.	25

A.4 Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
Abs.	Absatz
Anl.	(technische) Anlage
BE-Fläche	Baustelleneinrichtungsfläche
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Eine Verordnung zur Durchführung des BImSchG
bzw.	beziehungsweise
bzgl.	bezüglich
ca.	zirka
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EN	Europäische Norm
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung

Vorhaben 48 „Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum“

Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/ Landkreis Friesland – Lippetal/ Welper/ Hamm“

Abkürzung	Bedeutung
i.S.	im Sinne
i.V.m.	in Verbindung mit
Lfd.	Laufend(e)
Nr. / Nrn.	Nummer / Nummern
Pkt.	Punkt
S.	Satz
VDE	VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel