


| | | |
|--|---|---|
| Dienstleister / Behörde / Dritte Service Provider/Authority/Third Party | Dokumententitel Document Title Anlage 15.4.1 Immissionsschutzbericht |  |
| Dok.-ID / Doc.-ID | Projekt / Project Dolwin4 und Leerrohranlage BorWin4 – LA Nord | AOS-Dok.-ID / AOS-Doc.-ID |

Vertraulichkeitsklasse:

Öffentlich / Public

Bemerkungen und Hinweise / Comments and Notes:

Unterlage zur Planfeststellung im Genehmigungsabschnitt

Anlandungspunkt Hilgenriedersiel – Emden / Landabschnitt Nord

Revisionsindex / Revision Index

| Rev. | Datum Date | Änderung / Change | Ersteller Author | Prüfer Reviewer | Freigeber Approver |
|------|---------------|-------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|
| 05 | | | | | |
| 04 | | | | | |
| 03 | | | | | |
| 02 | 2023-01-26 | 1. Überarbeitung | AU | RDE | BGO/EZI |
| 01 | 2022-11-17 | Erstausgabe | AU | RDE | BGO/EZI |

Immissionsschutzbericht

Nr. B0038

zur Prognose elektrischer und magnetischer Feldimmissionen und deren Minimierung im geplanten Vorhaben

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) zur Netzanbindung der Offshore-Plattform DolWin delta

einschließlich der

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4) zur Netzanbindung der Offshore-Plattform BorWin delta

Bestandteil: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel – Emden
Landabschnitt Nord

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

Ausgestellt: 26.01.2023

Dieses Dokument besteht aus 30 Seiten.
Registratur: G-PI/AU DIS700626005

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)

Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 2 von 30

Inhalt

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Einführender Teil | 3 |
| 1.1 | Physikalische Grundlagen | 6 |
| 1.1.1 | Das elektrische Feld von Hochspannungserdkabeln | 6 |
| 1.1.2 | Das magnetische Feld von Hochspannungserdkabeln | 7 |
| 1.2 | Rechtliche Anforderungen an Gleichstromanlagen | 7 |
| 1.2.1 | 26. BImSchV | 7 |
| 1.2.2 | 26. BImSchVVwV | 8 |
| 2 | Anlagenbeschreibung..... | 10 |
| 2.1 | Technische Parameter..... | 12 |
| 2.1.1 | Geplante Gleichstromleitungen DolWin4, Bl. 7003 und BorWin4, Bl. 7004..... | 13 |
| 2.1.2 | Zu berücksichtigende bestehende Anlagen..... | 15 |
| 3 | Ermittlung | 16 |
| 3.1 | Methodik..... | 16 |
| 3.2 | Maßgebliche Immissionssorte | 17 |
| 3.3 | Maßgebliche Minimierungsorte..... | 17 |
| 4 | Ergebnisse | 19 |
| 4.1 | Anforderungen zum Schutz | 19 |
| 4.2 | Immissionsbetrachtungen | 19 |
| 4.2.1 | Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden | 21 |
| 4.3 | Anforderungen zur Vorsorge..... | 21 |
| 4.3.1 | Minimierungsgebot..... | 21 |
| 4.3.2 | Vorprüfung | 21 |
| 4.3.3 | Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen | 21 |
| 4.3.4 | Maßnahmenbewertung | 23 |
| 5 | Angaben zur Qualität..... | 25 |
| 6 | Fazit | 26 |
| A | Verzeichnisse | 27 |
| A.1 | Fachliteratur, Gesetze und Normen | 27 |
| A.2 | Abbildungen | 28 |
| A.3 | Tabellen | 28 |
| A.4 | Abkürzungen | 29 |
| A.5 | Formelzeichen | 30 |

1 Einführender Teil

Die Amprion Offshore GmbH plant den Bau und Betrieb einer ± 320 -kV-Höchstspannungsleitung in Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungstechnik (HGÜ) im ca. 42,4 km langen Planfeststellungsabschnitt Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden („Landabschnitt Nord“), des Gesamtvorhabens „+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) zur Netzanbindung der Offshore-Plattform DolWin delta einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4) zur Netzanbindung der Offshore-Plattform BorWin delta“.

Die Gesamtvorhaben +/- 320 kV-HGÜ-Offshore-Netzanbindungssystem BorWin delta – Hanekenfähr und DolWin delta – Hanekenfähr sind in sieben Genehmigungsabschnitte unterteilt:

- Konverterplattform DolWin delta bzw. BorWin delta bis 12 sm-Grenze („AWZ“)
- 12 sm-Grenze bis Anlandungspunkt Hilgenriedersiel („Küstenmeer“)
- Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden („Landabschnitt Nord“)
- Emden bis Wietmarschen/Geeste („Landabschnitt Parallelführung A-Nord“)
- Wietmarschen/Geeste bis Hanekenfähr (Landstation Lingen) („Landabschnitt Süd“)
- Konverterstation im Bereich des NVP Hanekenfähr („Landstation“)
- Landstation bis NVP Hanekenfähr (AC-Anbindungsleitung)

Mit den vorliegenden Unterlagen beantragt die Amprion Offshore GmbH (Antragstellerin) die Planfeststellung für die +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4, Bl. 7003) zur Netzanbindung der Offshore-Plattform DolWin delta einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4, Bl. 7004) zur Netzanbindung der Offshore-Plattform BorWin delta im Abschnitt zwischen dem Anlandungspunkt Hilgenriedersiel und Emden. Dieser Genehmigungsabschnitt wird im Kontext der Gesamtvorhaben auch als „Landabschnitt Nord“ oder kurz „LA Nord“ bezeichnet.

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)

Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 4 von 30

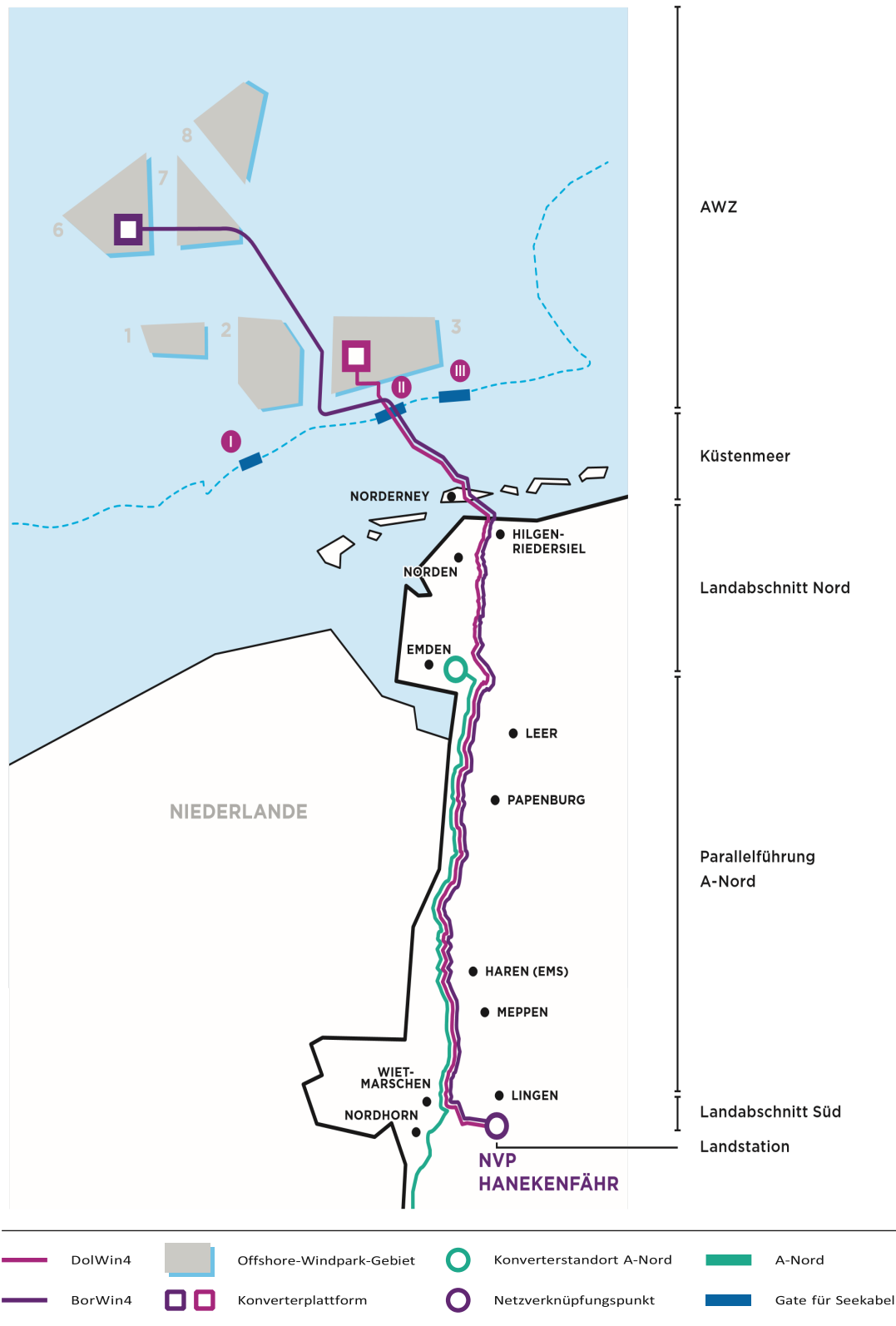


Abbildung 1: Trassenverlauf der Vorhaben Dolwin4 und Borwin4 mit Parallelführung zum Vorhaben A-Nord.

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)

Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 5 von 30

Eine detaillierte Beschreibung und Darstellung der Vorhaben ist dem Erläuterungsbericht (Anlage 1) sowie den Übersichtsplänen (Anlage 2.1) zu entnehmen.

Die Vorhaben DolWin4 und BorWin4 umfassen den Neubau von Höchstspannungserdkabeln als Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) mit einer Nennspannung größer 2 kV. Hochspannungsleitungen sind gem. § 4 Abs. 1 BImSchG i.V.m. der 4. BImSchV nicht genehmigungsbedürftige Anlagen [1, 2]. Dennoch sind insbesondere die Betreiberpflichten nach § 22 BImSchG zu beachten. HGÜ-Hochspannungserdkabel stellen Gleichstromanlagen gem. § 1 Abs. 3 der 26. BImSchV dar [3]. Im Folgenden werden die im Rahmen der Änderungen der Hochspannungsleitungen zu erwartenden elektrischen und magnetischen Felder rechnerisch prognostiziert und die Zulässigkeit des Vorhabens bezüglich der Anforderungen der 26. BImSchV untersucht.

Die rechtlichen, fachlichen und technischen Grundlagen hierfür basieren auf:

- *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG)* vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), zuletzt geändert durch Artikel 12 Absatz 3 des Gesetzes vom 8. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1726)
- *Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV)* in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3266)
- *Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV (26. BImSchVVwV)* vom 26. Februar 2016 (BAnz AT 03.03.2016 B5)
- *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
- *FNN-Hinweis: Minimierung elektrischer und magnetischer Felder*, 2. Ausgabe Februar 2017, Forum Netztechnik / Netzbetrieb im VDE, Berlin
- *WinField – Electric and Magnetic Field Calculation*, Version 2022 (Build 3224) der Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie – FGEU mbH, Berlin
- *DIN EN 50413 (VDE 0848-1) Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz); Deutsche Fassung EN 50413:2020*, Berlin: VDE Verlag GmbH.
- *Grundsätze für die Ausbauplanung des deutschen Übertragungsnetzes der vier Übertragungsnetzbetreiber in Deutschland*. Ausgabe Juli 2022. <https://www.amprion.net/Netzausbau/Netzplanungsgrundsätze>
- *Handlungsempfehlungen für EMF- und Schallgutachten zu Hoch- und Höchstspannungstrassen in Bundesfachplanungs-, Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren*, Stand Januar 2022, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)

Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 6 von 30

Die für diesen Immissionsbericht verantwortlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erfüllen aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung, jahrelangen Berufserfahrung sowie einschlägiger Kenntnisse in Mess- und Berechnungsverfahren, die Anforderungen an Sachverständige für die Bestimmung der Exposition gegenüber elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern [4]. Die entsprechenden Nachweise liegen der Amprion GmbH vor.

1.1 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 [5]. 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. Ebenso sind etwaige Niederfrequenzanlagen anderer Betriebsfrequenzen getrennt zu betrachten. Im Fall von Gleichstromleitungen bleibt die Polarität der elektrischen und magnetischen Felder konstant.

1.1.1 Das elektrische Feld von Hochspannungserdkabeln

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. 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.

1.1.2 Das magnetische Feld von Hochspannungserdkabeln

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 der Erdoberfläche 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 Mikrotesla (μT) angegeben.

1.2 Rechtliche Anforderungen an Gleichstromanlagen

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 sechszehnten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) festgesetzt [3]. 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 wieder [6].

1.2.1 26. BImSchV

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

Nach § 3a S. 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. Die Grenzwerte sind in Tabelle 1 für 0-Hz-Anlagen zusammengefasst.

| Betriebsfrequenz f | Elektrische Feldstärke E | Magnetische Flussdichte B |
|----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 0 Hz | - | 500 μT |

Tabelle 1: Grenzwerte für 0-Hz-Anlagen

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) [7].

1.2.2 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. 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 Minimierungsort 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 das elektrische Feld durch den Kabelmantel 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.

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)
Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 9 von 30

Bei der Auswahl der Minimierungsmaßnahmen ist insbesondere 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 Anlagenbeschreibung

Grundlage für die Ermittlung und Bewertung der elektrischen und magnetischen Felder an den Immissions- und Minimierungsorten ist der Verlauf der Trasse sowie die technischen und elektrischen Konfigurationen der Hochspannungsleitungen. In Anlage 4.2 ist der Trassenverlauf der gesamten Vorhaben kartografisch dargestellt (M 1:1.000).

Die Gesamtvorhaben „+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DoWin4)“ und „+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)“ erstrecken sich von der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Nordsee bis ins südliche Emsland. Mit den vorliegenden Unterlagen beantragt die Amprion Offshore GmbH als Antragstellerin ausschließlich die Planfeststellung für den Genehmigungsabschnitt Landabschnitt Nord, der vom Anlandungspunkt Hilgenriedersiel (Landkreis Aurich) bis nach Emden (Kreisfreie Stadt) reicht. Im Norden bildet die südlich des Schutzdeiches zu errichtende Übergangsmuffe zwischen Seekabel und Landkabel den Startpunkt des Genehmigungsabschnitts und im Süden der Beginn der Parallelführung mit dem Vorhaben A-Nord den Endpunkt. Die Gleichstrom-Erdkabelanlagen BorWin4 und DoWin4 sollen jeweils mit einem System errichtet und betrieben werden. Die „+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DoWin4)“ erhält die Bauleitnummer (Bl.) 7003, die „+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)“ die Bl. 7004.

Der Genehmigungsabschnitt LA Nord gliedert sich in mehrere technische Abschnitte (TA), die sich durch die parallele Führung zu bestehenden Gleichstromsystemen oder unterschiedliche geometrische Anordnungen der Kabel auf Grund von verschiedenen Bauweisen ergeben. Ein gleichartiger technischer Abschnitt kann dabei an unterschiedlichen räumlichen Abschnitten vorliegen und kann von anderen technischen Abschnitten unterbrochen werden.

Entlang des gesamten Verlaufs der Erdkabel findet häufig ein Wechsel zwischen offener und geschlossener Bauweise statt. Um die daraus resultierenden unterschiedlichen Kabelanordnungen zu berücksichtigen wird jeder technischer Abschnitt in die Unterabschnitte offene Bauweise und geschlossene Bauweise unterteilt. Bei der offenen Bauweise sind die Kabelabstände entsprechend des Regelgrabenprofils geplant. Bei der geschlossenen Bauweise handelt es sich, bis auf bei einer Ausnahme im ersten technischen Abschnitt, um HDD-Bohrungen.

Zur Verortung der technischen Abschnitte in den Lageplänen werden pro technischem Abschnitt die einzelnen Kabelabschnitte, die zu diesem technischen Abschnitt gehören, mit Hilfe der Stationierungslinien aufgelistet. Die Unterscheidung der Bereiche unterschiedlicher Bauweisen ist den Lageplänen zu entnehmen.

Im **ersten technischen Abschnitt** verlaufen die beiden Gleichstromsysteme DoWin4 und BorWin4 in Alleinlage, d.h. es verlaufen keine weiteren Gleichstromsysteme parallel. In diesem technischen Abschnitt kommt neben der HDD-Bohrung auch ein Rohrvortrieb bei der geschlossenen Bauweise zum Einsatz (SLN08_0+600).

Folgende Kabelabschnitte sind Teil des ersten technischen Abschnitts (ungefähre Angaben):

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)

Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 11 von 30

- SLN00_0+200 bis SLN00_0+650
- SLN01_0+300 bis SLN01_0+700
- SLN08_0+360 bis SLN09_0+280
- SLN19_0+400 bis SLN20_0+900
- SLN23_0+000 bis SLN23_0+200
- SLN23_0+950 bis SLN24_0+600
- SLN25_0+800 bis SLN26_0+500
- SLN40_0+980 bis SLN42_0+300

Im **zweiten technischen Abschnitt** verläuft das Gleichstromsystem DolWin6 parallel zu DolWin4 und BorWin4. Da DolWin4 und BorWin4 mit identischen technischen Parametern betrieben werden, ist eine weitere Differenzierung des technischen Abschnitts in eine Parallelführung auf der westlichen Seite im Gegensatz zu einer Parallelführung auf der östlichen Seite nicht erforderlich.

Folgende Kabelabschnitte sind Teil des zweiten technischen Abschnitts (ungefähre Angaben):

- SLN01_0+400 bis SLN01_0+700
- SLN01_0+940 bis SLN02_0+700
- SLN04_0+360 bis SLN04_0+660
- SLN13_0+680 bis SLN13_0+900
- SLN32_0+860 bis SLN33_0+580

Im **dritten technischen Abschnitt** verlaufen die Gleichstromsysteme DolWin2, DolWin1 und DolWin6 westlich von DolWin4 und BorWin4, wobei die Nennung von Westen nach Osten erfolgt.

Folgende Kabelabschnitte sind Teil des dritten technischen Abschnitts (ungefähre Angaben):

- SLN00_0+750 bis SLN01_0+400
- SLN01_0+700 bis SLN01_0+940
- SLN02_0+700 bis SLN04_0+360
- SLN04_0+660 bis SLN05_0+200
- SLN21_0+780 bis SLN23_0+000
- SLN23_0+200 bis SLN23_0+800
- SLN30_0+600 bis SLN32_0+800
- SLN33_0+780 bis SLN34_0+220

Im **vierten technischen Abschnitt** ist die Anordnung der parallel verlaufenden Gleichstromsysteme gegenüber dem zweiten technischen Abschnitt verändert. Hier befindet sich DolWin6 westlich von DolWin2, DolWin1, DolWin4 und BorWin4.

Folgende Kabelabschnitte sind Teil des vierten technischen Abschnitts (ungefähre Angaben):

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DoWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BoWin4)

Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 12 von 30

- SLN05_0+300 bis SLN07_0+950
- SLN09_0+360 bis SLN12_0+650
- SLN21_0+000 bis SLN21_0+700

Im **fünften technischen Abschnitt** ändert sich die Anordnung der parallel verlaufenden Gleichstromsysteme erneut. Von Westen nach Osten sind die Systeme in folgender Reihenfolge angeordnet: DoWin4, BoWin4, DoWin6, DoWin2 und DoWin1.

Folgende Kabelabschnitte sind Teil des fünften technischen Abschnitts (ungefähre Angaben):

- SLN08_0+050 bis SLN08_0+360
- SLN12_0+740 bis SLN13_0+680
- SLN13_0+900 bis SLN19_0+400
- SLN24_0+700 bis SLN25_0+800
- SLN26_0+500 bis SLN30_0+500

Im **sechsten technischen Abschnitt** verlaufen noch drei weitere Gleichstromsysteme in Parallelage. Von Westen nach Osten sind die Systeme in folgender Reihenfolge angeordnet: DoWin5, BoWin3, DoWin3, DoWin2, DoWin1, DoWin6, DoWin4 und BoWin4.

Folgende Kabelabschnitte sind Teil des sechsten technischen Abschnitts (ungefähre Angaben):

- SLN33_0+580 bis SLN33_0+780
- SLN34_0+220 bis SLN37_0+200

Im **siebten technischen Abschnitt** verlaufen die Gleichstromsysteme DoWin3, DoWin2 und DoWin1 westlich von DoWin4 und BoWin4, wobei die Nennung von Westen nach Osten erfolgt.

Folgende Kabelabschnitte sind Teil des siebten technischen Abschnitts (ungefähre Angaben):

- SLN37_0+250 bis SLN40_0+900

Die Beschreibung der Trassenverläufe der neu zu errichtenden Erdkabelanlagen erfolgt von Nord nach Süd in Richtung aufsteigender Stationierungslinien. Dementsprechend erfolgt die Nummerierung der maßgeblichen Immissionsorte und der maßgeblichen Minimierungsorte ebenfalls in Richtung aufsteigender Stationierungslinien.

2.1 Technische Parameter

Die maßgeblichen technischen Parameter hinsichtlich der Immissionen elektrischer und magnetischer Felder sind Spannung und Stromstärke. Die im Zuge der Vorgaben des Immissionsschutzes zu betrachtende höchste betriebliche Anlagenauslastung wird nach den LAI-Hinweisen [8] mittels einer technischen Grenze definiert.

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)

Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 13 von 30

Die Übertragungsleistung von Starkstromkabeln hängt, unabhängig davon, ob es sich um Drehstrom- oder Gleichstromerkabel handelt, von verschiedenen Faktoren ab, die bei der Dimensionierung der Erdkabel zu beachten sind. Diese sind z. B. die zugehörigen Lastfaktoren, der Leiteraufbau, die Verlegetiefe, die Anordnung der Einzelkabel zu einander (über- oder nebeneinander), der Abstand der Einzelkabel untereinander, der Abstand zu den parallel geführten Systemen, die Anzahl der parallel geführten Systeme, die Wärmeleitfähigkeit der Isolierung und des Erdreiches sowie die Temperatur im umgebenden Erdreich. In Abbildung 2 ist der Aufbau eines VPE-Kabels beispielhaft dargestellt.



Abbildung 2: Querschnitt eines VPE-Kabels.

2.1.1 Geplante Gleichstromleitungen DolWin4, Bl. 7003 und BorWin4, Bl. 7004

In diesem Abschnitt werden die technischen Parameter des Neubaus der +/-320-kV-Gleichstromleitung DolWin4, Bl. 7003 einschließlich der +/-320-kV-Gleichstromleitung BorWin4, Bl. 7004 erläutert.

Die elektrische Feldstärke wird durch die anliegende Spannung hervorgerufen. Zur Ermittlung der höchsten betrieblichen Anlagenauslastung ist daher die höchste zulässige Spannung heranzuziehen. Bei den hier betrachteten Gleichstromsystemen der Vorhaben DolWin4 und BorWin4 beträgt die Nennspannung ± 320 kV mit einer maximalen Betriebsspannung von ± 336 kV. Sie ist für die elektrische Feldstärke die zu Grunde zu legende höchste betriebliche Anlagenauslastung.

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DoWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BoWin4)
Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 14 von 30

Für die ± 320 -kV-Höchstspannungsgleichstromerdkabel, Bl. 7003 und Bl. 7004 in den Vorhaben DolWin4 und BorWin4 werden Kabel vom Typ 2X(F)KL2Y>c< 1 x 2000 RMS 320 kV DC oder vergleichbare Kabeltypen zum Einsatz kommen.

Vor dem Hintergrund der im Abschnitt 2.1 beschriebenen Faktoren zur Übertragungsleistung beträgt die Stromtragfähigkeit der in den Vorhaben DoWin4 und BorWin4 geplanten ± 320 -kV-Höchstspannungsgleichstromerdkabel jeweils 1464 A.

Die Verlegung der Erdkabelanlagen DolWin4, Bl. 7003 und BorWin4, Bl. 7004 erfolgt im Regelfall nach dem in Abbildung 3 dargestellten Regelgrabenprofil. Querungen von Gewässern, Ver- und Entsorgungsleitungen und übergeordneter Verkehrswege erfolgen unter Berücksichtigung der vorliegenden geologischen Randbedingungen – wenn geboten – in grabenloser Bauweise.

Die Erdkabel werden bei DolWin4 und BorWin4 innerhalb von Kabelschutzrohren verlegt. Die Mindestüberdeckung von Schutzrohroberkante bis zur Erdbodenoberkante beträgt im Regelgraben 1,6 m.

Die Kabel-Kabelübergabestation Emden-Widdelsehr ist gem. 26. BImSchVVwV als Teil der ± 320 -kV-Höchstspannungsgleichstromerdkabelanlagen DolWin4 und BorWin4, Bl. 7003 und Bl. 7004, zu betrachten.

Weitere Angaben zu der geplanten Erdkabelanlage, Kabel-Kabelübergabestationen sowie Tunnel- und Übergangsbauwerke wie Schemazeichnungen, Bemaßung und Standorte finden sich in den Anlagen 2, 3 und 4.

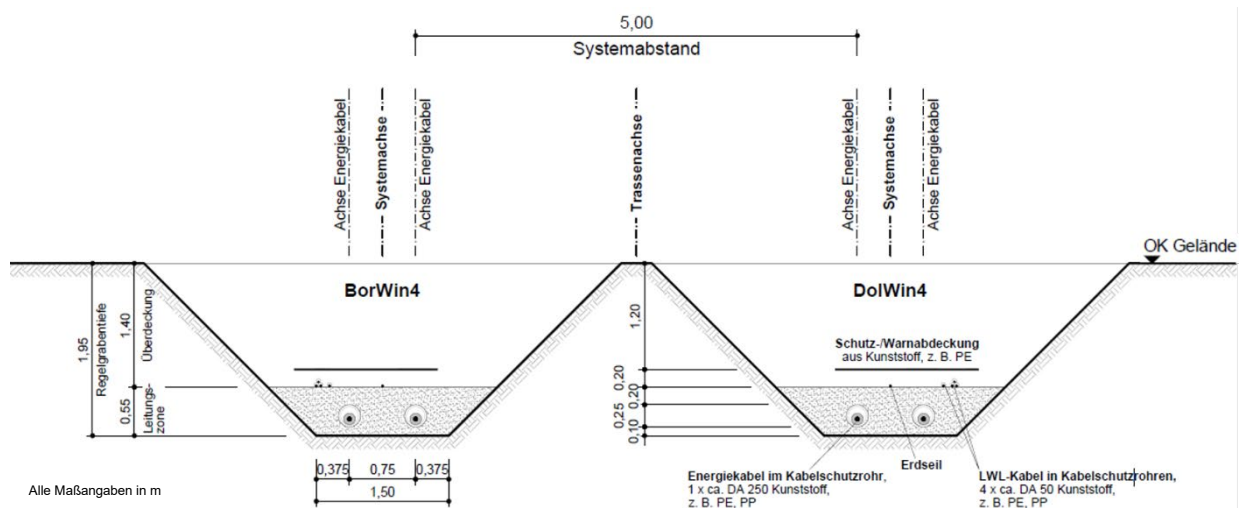


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Regelgrabenprofils.

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)

Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 15 von 30

2.1.2 Zu berücksichtigende bestehende Anlagen

In diesem Abschnitt werden die technischen Parameter der bestehenden oder genehmigten Gleichstromanlagen, die abschnittsweise parallel zu den Vorhaben DolWin4 und BorWin4 verlaufen, erläutert. Dies sind die Gleichstromsystemen DolWin1, DolWin2, DolWin3, BorWin3 und DolWin6 des Übertragungsnetzbetreibers TenneT TSO GmbH.

Bei den genannten Gleichstromsystemen beträgt die Nennspannung ± 320 kV mit einer maximalen Betriebsspannung von ± 336 kV. Sie ist für die elektrische Feldstärke die zu Grunde zu legende höchste betriebliche Anlagenauslastung.

Vor dem Hintergrund der im Abschnitt 2.1 beschriebenen Faktoren zur Übertragungsleistung beträgt die Stromtragfähigkeit der Höchstspannungsgleichstromerkabel bei DolWin1 1260 A, bei DolWin2 1541 A und bei DolWin3, BorWin3 und DolWin6 jeweils 1406 A.

Allen genannten Gleichstromerkabelanlagen sind ohne Schutzrohranlage realisiert worden. Die Mindestüberdeckung der Einzelkabel beträgt 1,35 m. Der Abstand zwischen den Einzelkabeln beträgt im Regelgrabenprofil der offenen Bauweise 0,4 m. Das westliche Einzelkabel führt den positiven Pol, das östliche den negativen Pol.

3 Ermittlung

Gemäß § 5 der 26. BImSchV [3] sind für die Ermittlung der elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten keine Messungen erforderlich, wenn die Einhaltung der Grenzwerte durch Berechnungsverfahren festgestellt werden kann. Entsprechend wurden an den maßgeblichen Immissionsorten Berechnungen nach folgender Methodik durchgeführt.

3.1 Methodik

Statische und niederfrequente elektrische und magnetische Felder lassen sich mit den Gleichungen der klassischen Elektrodynamik sicher berechnen [5, 9, 10]. Anwendung finden diese Gleichungen in der Software *WinField* (auch als EFC-400 bezeichnet) der FGEU mbH [11]. Sie berechnet die elektrischen und magnetischen Felder der Niederfrequenz jeweils in quasi-stationärer Näherung. Zur Berechnung der elektrischen Feldstärke ist die Methode der Spiegelladung implementiert [5, 9, 10, 11], für die Berechnung der magnetischen Flussdichte wird das Ampère'sche Gesetz ausgewertet [5, 11]. Die verwendeten Methoden entsprechen damit den in der DIN EN 50413 spezifizierten Anforderungen [12].

Der geplante Neubau der ± 320 -kV-Höchstspannungsgleichstromerkabel DolWin4, Bl. 7003 und BorWin4, Bl. 7004 werden mit den Parametern nach Kapitel 2 digital modelliert. Aus dem digitalen Modell der Trassen kann mittels *WinField* für beliebige Koordinaten die magnetische Flussdichte berechnet werden. Gebäude und Gestein verzerren das magnetische Feld nur vernachlässigbar. Sie sind daher zu vernachlässigen.

Nach der 26. BImSchV sind die elektrischen und magnetischen Felder bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung zu bestimmen (vgl. Kapitel 1.2.1). Für die Bestimmung der Immissionen durch die Gleichstromsysteme werden die in Kapitel 2.1.1 aufgeführten Stromstärken zugrunde gelegt.

Ebenso werden in der Nähe liegende Gleichstromanlagen bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung mitbetrachtet. Die Stromstärken dieser Leitungen sind in Kapitel 2.1.2 aufgeführt.

Des Weiteren werden die Berechnungen der Hochspannungsgleichstromleitungen ohne Berücksichtigung von Oberwellenanteilen bei den harmonischen Frequenzen der speisenden Wechselstromsysteme (Vielfache der Betriebs- bzw. Grundfrequenz) durchgeführt. Nach DIN EN 50160 müssen unter normalen Betriebsbedingungen innerhalb eines beliebigen Wochenintervalls 95% der 10-Minuten-Mittelwerte des Spannungseffektivwertes jeder einzelnen Oberschwingung kleiner oder gleich den in Tabelle 4 der DIN EN 50160 hierfür genannten Werten sein [13]. Der Oberwellenanteil ist damit sehr gering und deren Immissionsbeitrag ist gegenüber dem Beitrag der Betriebsfrequenz verschwindend klein, weshalb sie vernachlässigt werden können.

Die Bewertung der Immissionen erfolgt in einer Höhe von 0,2 m über Erdbodenoberkante (vgl. LAI-Hinweise III.2.4).

3.2 Maßgebliche Immissionsorte

Gemäß 26. BImSchV sind die elektrischen und magnetischen Felder von Hochspannungsgleichstromleitungen in ihrem Einwirkungsbereich an Orten, die zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, zu ermitteln. Eine Definition des Einwirkungsbereichs und welche Orte zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen zählen, enthalten die LAI-Hinweise [8].

Nach Ziffer II.3a.2 der LAI-Hinweise gilt als Einwirkungsbereich einer Gleichstromanlage der Bereich von 1 m um Erdkabel. Orte, die dem dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen dienen und im Einwirkungsbereich der Anlage liegen, gelten als maßgebliche Immissionsorte. Der vorübergehende Aufenthalt setzt dabei nur „eine gewisse Verweildauer“ einer einzelnen Person voraus. Die Menge der zu betrachtenden Orte beinhaltet entsprechend die Orte des nicht nur vorübergehenden Aufenthalts und geht noch darüber hinaus. So zählen zu diesen Orten des vorübergehenden Aufenthalts nach Ziffer II.3.2 der LAI-Hinweise außerdem auch beispielsweise Gänge, Flure, Treppenträume, Toiletten, Vorratsräume sowie Abstellräume, Heiz- Kessel- oder Maschinenräume, Räume, die nur zur Lagerung von Waren oder Aufbewahrung von Gegenständen dienen, und Garagen. Auch Orte, an denen sich zwar ständig Menschen aufhalten, die Verweildauer des einzelnen aber in der Regel gering ist, wie beispielsweise Bahnsteige und Bushaltestellen, dienen dem vorübergehenden Aufenthalt.

Kabelübergabestationen, Tunnel- und Nebenbauwerke werden analog zu Ziffer 2.6 der 26. BImSchVVwV als Teil der Erdkabelanlage betrachtet. Für diese gilt als Einwirkungsbereich der Bereich von 1 m um Erdkabel.

Zur vorliegenden Leitungsplanung ist festzuhalten, dass bei der Trassierung der Leitungsführung als ein wichtiges Kriterium ein möglichst großer Abstand zur Wohnbebauung als raumplanerische Vorgabe berücksichtigt wurde.

Da die Überdeckung der Erdkabel durchgehend mehr als 1,7 m beträgt und somit immer größer ist, als der in den LAI-Hinweisen [8] angegebene Einwirkungsbereich, befinden sich keine Orte zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen im Einwirkungsbereich der Erdkabel. Somit sind keine maßgeblichen Immissionsorte vorhanden.

Ebenso wurde der Einwirkungsbereich gem. der LAI-Hinweise [8] der Kabel-Kabelübergabestation Emden-Widdelswehr auf maßgebliche Immissionsorte untersucht. Der Anlagenzaun der Kabel-Kabelübergabestation befindet sich in mehr als 1 m Abstand zu den Erdkabeln. Diese ist in Anlage 4.3.6 dargestellt. Somit sind keine maßgeblichen Immissionsorte vorhanden.

3.3 Maßgebliche Minimierungsorte

Nach 26. BImSchVVwV sieht die Umsetzung des Minimierungsgebots zunächst eine Vorprüfung vor (vgl. Kapitel 1.2.2). Sie dient der Feststellung, ob überhaupt Minimierungsmaßnahmen durchzuführen sind. Dies ist gemäß Ziffer 3.2.1 der 26. BImSchVVwV der Fall, wenn es

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)

Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 18 von 30

sich um einen Neubau oder eine wesentliche Änderung handelt und sich mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort im Einwirkungsbereich der Gleichstromanlage befindet.

Da es sich bei den geplanten Vorhaben um einen Neubau handelt, liegt eine wesentliche Änderung im Sinne der 26. BImSchVV vor.

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 ähnlichen Einrichtungen. Befindet sich auf einem Grundstück ein Gebäude das dem nicht nur vorübergehenden Aufenthalt dient, so wird die Minimierung vorrangig für diesen Ort durchgeführt.

Der Einwirkungsbereich einer Anlage ist der Bereich, in dem die Anlage signifikant von den natürlichen und mittleren anthropogen bedingten Immissionen abhebende elektrische oder magnetische Felder verursacht, unabhängig davon, ob die Immissionen tatsächlich schädliche Umwelteinwirkungen auslösen. Die 26. BImSchVV trifft hierzu in Ziffer 3.2.1.2 Festlegungen über konservative Pauschalwerte für verschiedene Anlagentypen. Der Einwirkungsbereich gem. der 26. BImSchVV von Gleichstromerkabeln mit einer Nennspannung ≥ 300 kV bis 500 kV entspricht einem Streifen von 15 m Breite um die Anlage.

Jeder technische Abschnitt der Gleichstromerkabel DolWin4, Bl. 7003 und BorWin4, Bl. 7004 wurde auf maßgebliche Minimierungsorte überprüft. Dabei wurden aus dem amtlichen Kataster (ALKIS) Gebäude, die für den nicht nur vorübergehenden Aufenthalt vorgesehen sind, ermittelt, Luftbilder ausgewertet sowie eine Trassenbefahrung durchgeführt. Im ersten technischen Abschnitt wurden zwei maßgebliche Minimierungsorte ermittelt, die in Tabelle 2 aufgeführt und in Anlage 15.4.3 kartografisch dargestellt sind. In allen weiteren technischen Abschnitten befinden sich keine maßgeblichen Minimierungsorte.

Ebenso wurde der Bereich der Kabel-Kabelübergabestation Emden-Widdelswehr auf maßgebliche Minimierungsorte überprüft. Kabelübergabestationen, Tunnel- und Nebenbauwerke werden gem. Ziffer 2.6 der 26. BImSchVV als Teil der Erdkabelanlage angesehen. Im 15 m breiten Streifen um die Gleichstromkabel befinden sich keine Orte zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen, sodass in diesem Bereich keine maßgeblichen Minimierungsorte liegen.

| Lfd. Nr. | Minimierungsort | Nutzungsart | Abschnitt |
|----------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 1 | Lütetsburg Flur 23 FSt. 29, 30 | Wohnen, Gewerbe | SLN08_0+600 bis SLN08_0+700 |
| 2 | Lütetsburg Flur 22 FSt. 3 | Wohnen, Freizeit, Gewerbe | SLN09_0+150 bis SLN09_0+250 |

Tabelle 2: Maßgebliche Minimierungsorte im Bereich der Erdkabelverbindung DolWin4 und BorWin4.

4 Ergebnisse

Die Bewertung erfolgt entsprechend der immissionsschutzrechtlichen Vorgaben für das magnetische Feld. Zunächst werden die Ergebnisse im Hinblick auf den einzuhaltenden Grenzwert unter Berücksichtigung von Immissionsbeiträgen anderer Anlagen dargelegt. Es folgen Aussagen zur Beachtung des Gebots zur Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden. Danach wird die Bewertung im Hinblick auf die Beachtung des Minimierungsgebots dargelegt.

4.1 Anforderungen zum Schutz

Im gemeinsamen Einwirkungsbereich der geplanten Gleichstromerkabel DolWin4, Bl. 7003 und BorWin4, Bl. 7004 im Genehmigungsabschnitt LA Nord vom Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden liegen keine maßgeblichen Immissionsorte gem. den LAI Hinweisen [8].

Damit erfüllen die geplanten Gleichstromanlagen in diesem Vorhaben die Anforderungen aus § 3a der 26. BImSchV.

4.2 Immissionsbetrachtungen

Da, wie unter 4.1 ausgeführt, alle Orte die zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, außerhalb der definierten Abstände gem. den LAI-Hinweisen liegen, wurden entsprechend keine maßgeblichen Immissionsorte im Leitungsverlauf festgestellt, sodass keine Berechnungen zum Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte nach § 3a der 26. BImSchV gefordert sind. Dennoch wurden für jeden technischen Abschnitt in den jeweils geplanten Bauweisen Berechnungen der magnetischen Flussdichte durchgeführt, deren Ergebnisse in die UVP eingeflossen sind. Die Betrachtung erfolgte an Orten des dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalts von Menschen jedes technischen Abschnitts, direkt oberhalb der Gleichstromerkabeltrasse. Diese werden im Folgenden „Betrachtungsort“ genannt.

Bei der Berechnung werden vereinfachende Annahmen getroffen, die zu einer auf der sicheren Seite liegenden Bewertung der Immissionen führen. So wird durchgehend eine Mindestüberdeckung von 1,7 m der Gleichstromerkabel DolWin4, Bl. 7003 und BorWin4, Bl. 7004 angenommen. Insbesondere in Bereichen der geschlossenen Bauweise ist die Überdeckung jedoch üblicherweise deutlich größer als die angenommene Mindestüberdeckung.

Mit zunehmendem Abstand zur Trasse nehmen die Werte der magnetischen Flussdichte stark ab. An den übrigen Orten desselben technischen Abschnitts werden die für den jeweiligen technischen Abschnitt genannten Werte der maximalen magnetischen Flussdichte unterschritten. Über den gesamten Verlauf des Landabschnitts Nord beträgt die maximale prognostizierte magnetische Flussdichte 153 μT . Dies entspricht einer Grenzwertausschöpfung von 30,6 %, sodass der Grenzwert unter Berücksichtigung aller relevanter Gleichstromanlagen sicher eingehalten wird.

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)

Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 20 von 30

| Technischer Abschnitt | Betrachtungsort (Stationierung) | Magnetische Flussdichte | | Anlage |
|--|---------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------|
| | | 0 Hz | Grenzwertausschöpfung | |
| DolWin4 – BorWin4, offene Bauweise | | | | |
| 1.1 | ca. SLN20_0+400 | 55 µT | 11,0 % | 15.4.2.1 |
| DolWin4 – BorWin4, HDD | | | | |
| 1.2 | ca. SLN00_0+640 | 153 µT | 30,6 % | 15.4.2.2 |
| DolWin4 – BorWin4, Mikrotunnel | | | | |
| 1.3 | ca. SLN09_0+200 | 41 µT | 8,2 % | 15.4.2.3 |
| DolWin6 –DolWin4 – BorWin4, offene Bauweise | | | | |
| 2.1 | ca. SLN32_0+960 | 54 µT | 10,8 % | 15.4.2.4 |
| DolWin6 –DolWin4 – BorWin4, HDD | | | | |
| 2.2 | ca. SLN33_0+040 | 137 µT | 27,4 % | 15.4.2.5 |
| DolWin2 – DolWin1 – DolWin6 –DolWin4 – BorWin4, offene Bauweise | | | | |
| 3.1 | ca. SLN22_0+060 | 54 µT | 10,8 % | 15.4.2.6 |
| DolWin2 – DolWin1 – DolWin6 –DolWin4 – BorWin4, HDD | | | | |
| 3.2 | ca. SLN31_0+580 | 149 µT | 29,8 % | 15.4.2.7 |
| DolWin6 – DolWin2 – DolWin1 –DolWin4 – BorWin4, offene Bauweise | | | | |
| 4.1 | ca. SLN07_0+300 | 54 µT | 10,8 % | 15.4.2.8 |
| DolWin6 – DolWin2 – DolWin1 –DolWin4 – BorWin4, HDD | | | | |
| 4.2 | ca. SLN05_0+780 | 128 µT | 25,6 % | 15.4.2.9 |
| DolWin4 – BorWin4 – DolWin6 – DolWin2 – DolWin1, offene Bauweise | | | | |
| 5.1 | ca. SLN15_0+000 | 54 µT | 10,8 % | 15.4.2.10 |
| DolWin4 – BorWin4 – DolWin6 – DolWin2 – DolWin1, HDD | | | | |
| 5.2 | ca. SLN29_0+810 | 153 µT | 30,6 % | 15.4.2.11 |
| DolWin5 – BorWin3 – DolWin3 – DolWin2 – DolWin1 – DolWin6 – DolWin4 – BorWin4, offene Bauweise | | | | |
| 6.1 | ca. SLN34_0+300 | 54 µT | 10,8 % | 15.4.2.12 |
| DolWin5 – BorWin3 – DolWin3 – DolWin2 – DolWin1 – DolWin6 – DolWin4 – BorWin4, HDD | | | | |
| 6.2 | ca. SLN36_0+900 | 152 µT | 30,4 % | 15.4.2.13 |
| DolWin3 – DolWin2 – DolWin1 – DolWin4 – BorWin4, offene Bauweise | | | | |
| 7.1 | ca. SLN40_0+000 | 54 µT | 10,8 % | 15.4.2.14 |
| DolWin3 – DolWin2 – DolWin1 – DolWin4 – BorWin4, HDD | | | | |
| 7.2 | ca. SLN38_0+220 | 129 µT | 25,8 % | 15.4.2.15 |

Tabelle 3: Feldimmissionen an den Betrachtungsorten in 0,2 m über EOK. Das elektrische Feld wird durch Kabelschirm und Erdreich vollständig abgeschirmt und ist daher nicht zu betrachten.

4.2.1 Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden

Bei der Frage nach erheblichen Belästigungen oder Schäden geht es um den Effekt der sogenannten Funkenentladung durch Aufladung von metallischen Gegenständen im elektrischen Feld unter einer Höchstspannungsfreileitung. Das elektrische Feld wird durch Kabelschirm und Erdreich vollständig abgeschirmt. Daher sind erhebliche Belästigungen oder Schäden durch Funkenentladungen über Gleichstromerkabelanlagen auszuschließen.

4.3 Anforderungen zur Vorsorge

Die Anforderungen zur Vorsorge an Gleichstromanlagen ergeben sich aus dem in § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV beschriebenen Minimierungsgebot.

4.3.1 Minimierungsgebot

Zur Vorsorge sind nach § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV elektrische und magnetische Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit zu reduzieren. Die Umsetzung erfolgte entsprechend der Vorgaben – siehe Kapitel 1.2.2 – 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.

4.3.2 Vorprüfung

Das Ergebnis der Vorprüfung ist in Kapitel 3.3 dargestellt. Im Einwirkungsbereich der geplanten Gleichstromerkabel DolWin4, Bl. 7003 und BorWin4, Bl. 7004 im Genehmigungsabschnitt LA Nord vom Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden wurden die in Tabelle 2 zusammengefassten maßgeblichen Minimierungsorte ermittelt. Daher wird für diese Gleichstromanlagen im Folgenden die Minimierungsprüfung durchgeführt.

4.3.3 Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen

Die Prüfung der Minimierung ist von der Lage der Minimierungsorte abhängig. Befindet sich ein Minimierungsort innerhalb des Einwirkungsbereichs, aber nicht innerhalb des Bewertungsbereichs (Fläche zwischen Bewertungsabstand und Trassenachse), so erfolgt die Prüfung nur am Bezugspunkt, wohingegen bei Lage innerhalb des Bewertungsbereichs eine individuelle Minimierungsprüfung erfolgt. Bei der Minimierungsprüfung ist zusätzlich zu prüfen, ob eine Minimierungsmaßnahme zu einer Erhöhung der Immissionen an anderen maßgeblichen Minimierungsorten innerhalb des Bewertungsbereichs führt und somit unzulässig wäre.

Bewertungs- und Einwirkungsbereich sind abhängig von Betriebsart und Spannungsebene definiert. Für Erdkabel mit einer Nennspannung ≥ 300 kV bis 500 kV beträgt der Einwirkungsbereich 15 m zu beiden Seiten der Trasse ausgehend von der Bodenprojektion des äußeren Leiters. Der Bewertungsbereich von Erdkabeln im Gleichstrombetrieb beträgt unabhängig von der Spannungsebene 5 m zu beiden Seiten der Trasse ausgehend von der Bodenprojektion des äußeren Leiters [7].

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)
Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 22 von 30

Da die Kabelübergabestationen, Tunnel- und Übergangsbauwerke als Teil der Erdkabelanlage gelten, ergibt sich ein Bewertungsabstand von 5 m und ein Einwirkungsbereich von 15 m ausgehend von der Bodenprojektion der äußersten Kabel.

Für den individuellen maßgeblichen Minimierungsort mit der laufenden Nummer 2 war eine individuelle Minimierungsprüfung erforderlich. Für alle anderen maßgeblichen Minimierungsorte erfolgte die Prüfung am Bezugspunkt. Als Bezugspunkt bezeichnet man den Punkt, der im Bewertungsabstand auf der kürzesten Geraden zwischen dem jeweiligen maßgeblichen Minimierungsort und der jeweiligen Trassenachse liegt. Bei dichter Bebauung, d.h. einer Vielzahl von Bezugspunkten, können repräsentative Bezugspunkte gewählt werden.

Die technischen Möglichkeiten zur Minimierung unterscheiden sich gem. Ziffer 5 der 26. BImSchVVwV) je nach Anlagentyp. Bei Gleichstrom-Erdkabelanlagen hat die Prüfung des Minimierungspotentials auf Basis der in Nr. 5.1.2 der 26. BImSchVVwV aufgeführten technischen Möglichkeiten zu erfolgen und gliedert sich in folgende Maßnahmen:

- Minimieren der Kabelabstände (Nr. 5.1.2.1), durch Verringerung der Abstände der einzelnen Kabel eines Systems
- Optimieren der Polanordnung (Nr. 5.1.2.2), durch Veränderung der Polfolge der einzelnen Kabel
- Optimieren der Verlegetiefe (Nr. 5.1.2.3), durch Erhöhung der Grabentiefe der Erdkabelanlage

Beim vorliegenden Neubau der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr, (DolWin4), Bl. 7003 und +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4), Bl. 7004 im Landabschnitt Nord sind grundsätzlich alle genannten technischen Möglichkeiten umsetzbar. Es wurden daher alle Minimierungsmaßnahmen hinsichtlich ihres Minimierungspotentials für die ermittelten maßgeblichen Minimierungsorte bzw. deren Bezugspunkte bewertet.

Welche Minimierungsmöglichkeiten umgesetzt werden können und welche Maßnahmen bei einer Freileitungs-, Erdkabelanlagen oder Anlagenplanung sinnvoll sind, wird unter Berücksichtigung der Gegebenheiten im Einwirkungsbereich ermittelt.

Insbesondere der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit ist zu wahren, indem Aufwand und Nutzen möglicher Maßnahmen betrachtet werden. Zudem sind mögliche nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter zu berücksichtigen. Bei der Minimierung von neuen oder wesentlich geänderten Leitungen sind die Felder der bestehenden Leitungen zu berücksichtigen.

Nach Nr. 3.2.2.3 der 26. BImSchVVwV ist das Minimierungspotential entweder über Mess- und Berechnungsverfahren oder über eine pauschalierende Betrachtung zu ermitteln. Vorliegend wurde im geplanten Vorhaben überwiegend eine pauschalierende Betrachtung gewählt, die insbesondere den Stand der Technik, Erfahrungen mit bestehenden Anlagen und allgemeine physikalische Grundsätze einbezieht.

4.3.4 Maßnahmenbewertung

Bei der Maßnahmenbewertung ist gem. Nr. 3.1 der 26. BImSchVVwV insbesondere die Verhältnismäßigkeit der technischen Möglichkeiten zur Minimierung zu bewerten. Dabei einbezogen wird zum Beispiel die Wirksamkeit der Maßnahmen, die Auswirkung auf die Gesamtimmission an den maßgeblichen Minimierungsorten, die zu erreichende Immissionsreduzierung an den maßgeblichen Minimierungsorten, die Investitions- und Betriebskosten der Maßnahmen sowie die Auswirkungen auf die Wartung und Verfügbarkeit der Anlagen. Zudem sind die Auswirkungen auf andere Schutzgüter zu berücksichtigen. Eine Maßnahme wird generell soweit angewendet, wie sie mit vertretbarem wirtschaftlichem Aufwand und Nutzen umgesetzt werden kann.

Basis für die Nachweismethodik, die zu einer Maßnahmenbewertung führt, ist die höchste betriebliche Anlagenauslastung in der überwiegend zu erwartenden Stromrichtungskonstellation (bzw. Lastflussrichtung). Im vorliegenden Offshore-Anschlussvorhaben ist der Lastfluss von Norden nach Süden gerichtet. Für das Gleichspannungssystem ist die Stromrichtung aus der Polbezeichnung (Plus- und Minuspol) ablesbar.

Für die +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr, (DoWin4), Bl. 7003 und +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BoWin4), Bl. 7004 im Landabschnitt Nord wurden alle oben genannten Optimierungsmaßnahmen geprüft und im Rahmen der Verhältnismäßigkeit angewendet.

Die Anwendung der Minimierungsmaßnahmen kann jedoch nicht unabhängig voneinander erfolgen. Die Verlegtiefe kann Auswirkungen auf die Kabelabstände haben. Auch kann eine Maßnahme zwar technisch umsetzbar sein, aber nachteilige Wirkungen auf andere Schutzgüter haben. All diese Abhängigkeiten wurden bei der Festlegung von Minimierungsmaßnahmen berücksichtigt.

Im Folgenden werden die einzelnen Minimierungsoptionen geprüft und hinsichtlich ihres Minimierungspotentials für die ermittelten maßgeblichen Minimierungsorte bzw. deren Bezugspunkte (vgl. Tabelle 2) bewertet.

Ziel der Minimierungsprüfung war es, magnetische Felder unter den o. g. Rahmenbedingungen zu reduzieren. Entsprechend der Reihenfolge nach Nr. 5.3.1 der 26. BImSchVVwV werden die Minimierungsmaßnahmen im Folgenden diskutiert.

Minimieren der Erdkabelabstände

Mit den Erdkabelabständen ist der Abstand der einzelnen Erdkabel eines Systems sowie der Systeme untereinander gemeint. Durch Reduktion der Erdkabelabstände kann unter Berücksichtigung der optimierten Polanordnung eine günstige Überlagerung der Feldanteile über dem Erdreich erreicht werden, um dort niedrigere magnetische Flussdichten zu realisieren. Die Erdkabelabstände können allerdings nicht beliebig verringert werden. Bei der Umsetzung sind Mindesterdkabelabstände erforderlich, um die gegenseitige Erwärmung der Erdkabel zu begrenzen.

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DoWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)

Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 24 von 30

Die Abstandsminimierung der Kabel wird zudem von anderen Anlagenparametern beeinflusst. So ist sie abhängig von den vorherrschenden Bodenbeschaffenheiten und der möglichen Verlegetiefe. Eine tiefere Verlegung erfordert u.a. aufgrund der geringeren Wärmeableitung größere Kabelabstände.

In den Abschnitten der offenen Bauweise wurde unter Berücksichtigung der Bodenbeschaffenheit und der notwendigen Wärmeabfuhr der minimal mögliche Erdkabelabstand zur Sicherstellung der Übertragungskapazität und der Begrenzung der Bodenerwärmung gewählt.

Die geplanten Erdkabelanlagen erfordern Kreuzungen von bestehender linearer Infrastruktur sowie Gewässern. Die Herstellung dieser Kreuzungen erfordert meist eine geschlossene Bauweise, überwiegend mittels HDD-Verfahren. Das HDD-Verfahren wird verwendet, um lineare Infrastrukturen in größerer Verlegetiefe zu unterqueren und bedingt größere Erdkabelabstände, die sich ungünstig auf die Überlagerung der Feldanteile auswirken. Da jedoch unterirdisch verlegte Infrastruktur gekreuzt wird, erfolgt die Kreuzung mittels geschlossener Bauweise mit größerer Verlegetiefe. Durch die größeren Abstände zur Feldquelle wirkt dies reduzierend auf die magnetische Flusssdichte über dem Erdboden.

Eine Ausnahme bildet der Bereich bei Stationierung SLN08_0+600: hier wird die Bahnlinie der Museumseisenbahn Küstenbahn Ostfriesland mittels eines Mikrotunnels gequert. Es handelt sich dabei ebenfalls um eine geschlossene Bauweise, bei der die Erdkabel eines Systems mit sehr geringen Abständen innerhalb eines Mantelrohres verlegt werden. Somit ergibt sich eine gute Kompensation des magnetischen Feldes.

Unter Berücksichtigung der Bodenbeschaffenheiten, der notwendigen Wärmeabfuhr der Kabel zur Sicherstellung der Übertragungskapazität und der Begrenzung der Bodenerwärmung sind bei dieser Maßnahme die dafür optimalen Kabelabstände für die +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr, (DoWin4), Bl. 7003 und die +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4), Bl. 7004 im Landabschnitt Nord gewählt worden. Die grundsätzlich hohe Wirksamkeit dieser Minimierungsmaßnahme wird soweit möglich genutzt und umgesetzt.

Optimieren der Polanordnung

Die Polanordnung beschreibt die Anschlussreihenfolge des positiven und des negativen Pols an die einzelnen Erdkabel bei unveränderter geometrischer Anordnung der Erdkabel. Sie nutzt die entgegengesetzte Richtung der Ströme zwischen zwei Polen zur Feldkompensation aus, wenn mindestens zwei Systeme in räumlicher Nähe geführt werden.

Bei optimierter Anordnung der Pole von zwei oder mehr Erdkabelanlagen kann eine Kompensation des über dem Erdboden bestehenden magnetischen Feldes erzielt werden. In der zu erwartenden Stromrichtungskonstellation der zwei geplanten Systeme stellt eine alternierende Polanordnung der in räumlicher Nähe geführten Systeme die optimierte Polanordnung dar.

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)

Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 25 von 30

Bei der Wahl der Polanordnung wurde die Polanordnung der bestehenden, abschnittsweise parallelverlaufenden Gleichstromleitungen berücksichtigt. Die bestehenden, parallel verlaufenden Gleichstromsysteme werden mit einer optimierten, alternierenden Polanordnung betrieben. Diese alternierende Polanordnung wird in gleicher Weise in allen technischen Abschnitten der geplanten Gleichstromanlagen fortgeführt. Dadurch wird eine optimale Kompensation der magnetischen Flussdichte in allen technischen Abschnitten erreicht.

Optimieren der Verlegetiefe

Die Wirksamkeit der Optimierung der Verlegetiefe ist in Trassennähe hoch und nimmt mit zunehmendem seitlichem Abstand zur Trasse ab. Grundsätzliches Ziel dieser Maßnahme ist es, den Abstand der einzelnen Erdkabel eines Systems zum Erdboden und damit zu maßgeblichen Minimierungsorten zu vergrößern. Für individuelle maßgebliche Minimierungsorte, hier Lfd. Nr. 2, führt eine möglichst große Verlegetiefe zu einer Verringerung der Feldexposition.

In diesem Vorhaben wurde die Verlegetiefe unter Berücksichtigung der jeweiligen Bodenbeschaffenheit, Wärmeleitfähigkeit und der notwendigen Bautechniken zur Herstellung der Erdkabelverbindung eingriffsminimierend geplant. Unter den oben genannten Bedingungen wurde abschnittsweise die Optimierung der Verlegetiefe durchgeführt.

Zusammenfassung der Minimierungsmaßnahmen

Für die geplante +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr, (DolWin4), Bl. 7003 und die geplante +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4), Bl. 7004 im Landabschnitt Nord wurde die Umsetzbarkeit der Minimierungsmaßnahmen bewertet. Die Abstände der Erdkabel untereinander und die Verlegetiefe wurden unter Berücksichtigung der zulässigen thermischen Anforderungen und der Bodenbeschaffenheit optimiert. Die Polanordnung wurde unter Berücksichtigung der bestehenden, parallel verlaufenden Gleichstromanlagen in allen technischen Abschnitten vollständig optimiert.

Bei der Planung der Gleichstromleitungen wurden alle Minimierungsmaßnahmen geprüft und unter Berücksichtigung der genannten Belange wirksam umgesetzt. Dadurch konnte das magnetische Feld reduziert werden.

5 Angaben zur Qualität

Alle diesem Immissionsschutzbericht zugrundeliegenden Berechnungen wurden sorgfältig und gewissenhaft durchgeführt. Der Berechnungsfehler der verwendeten Software *WinField* beträgt gemäß Herstellerzertifikat der FGEU mbH in Anlage 15.4.4 maximal 1,4 %. Die verwendete Software ist konform zu DIN EN 50413.

6 Fazit

Die Amprion GmbH plant den Neubau und Betrieb der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr, (DolWin4), Bl. 7003 und der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4), Bl. 7004 im Landabschnitt Nord zwischen dem Anlandungspunkt Hilgenriedersiel und Emden. Die durch dieses Vorhaben hervorgerufenen Immissionen magnetischer Felder wurden in diesem Bericht geprüft.

Die Bewertung erfolgte gemäß den immissionsschutzrechtlichen Vorgaben der 26. BImSchV und 26. BImSchVVwV. Wie in Kapitel 4.1 dargelegt, werden die Anforderungen an Gleichstromanlagen gem. § 3a der 26. BImSchV sicher eingehalten. Es liegen keine Orte zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen im Einwirkungsbereich der Anlage gemäß den LAI-Hinweisen [8]. Am Betrachtungsort mit der höchsten magnetischen Flussdichte wurde ein Wert von 153 μT ermittelt (vgl. Tabelle 3). Dieser Wert liegt deutlich unterhalb des in der 26. BImSchV vorgegebenen Grenzwerts von 500 μT für die magnetische Flussdichte bei 0 Hz [3]. Das elektrische Feld wird durch den Kabelmantel und das Erdreich vollständig abgeschirmt und ist daher nicht zu betrachten.

Der ermittelte Maximalwert gilt für die Betrachtungs- und Minimierungsorte im Bewertungsreich. Ausgehend von diesem Abstand nehmen die Felder streng monoton ab – näherungsweise mit $1/r^2$ (Abstandsquadratgesetz).

Kapitel 4.3 lässt sich die Umsetzung des Minimierungsgebots entnehmen. Für die $\pm 320\text{-kV}$ -Gleichstrom-Erkdabelanlagen DolWin4 und BorWin4, Bl. 7003 und Bl. 7004 wurden alle technischen Möglichkeiten gemäß 26. BImSchVVwV hinsichtlich ihres Minimierungspotentials geprüft und Maßnahmen im Rahmen der Verhältnismäßigkeit wirksam angewendet.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass alle immissionsschutzrechtlichen Vorgaben für elektrische und magnetische Felder eingehalten werden.

Amprion GmbH
Netzprojekte
Immissionsmanagement Leitungen

A Verzeichnisse

A.1 Fachliteratur, Gesetze und Normen

- [1] *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG)*, in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), zuletzt geändert durch Artikel 12 Absatz 3 des Gesetzes vom 8. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1726).
- [2] *Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV)*, in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Mai 2017 (BGBl. I S. 1440), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Januar 2021 (BGBl. I S. 69).
- [3] *Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV)*, in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl. IS. 3266).
- [4] Strahlenschutzkommission, „Anforderungen an Sachverständige für die Bestimmung der Exposition gegenüber elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern,“ Verabschiedet in der 188. Sitzung der Strahlenschutzkommission, 2004.
- [5] J. D. Jackson, *Klassische Elektrodynamik*, 3 Hrsg., Berlin: Walter de Gruyter, 2002.
- [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] *Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV)*, vom 26. Februar 2016 (BAntz AT 03.03.2016 B5).
- [8] *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.
- [9] D. Oeding und B. R. Oswald, *Elektrische Kraftwerke und Netze*, 7. Hrsg., Heidelberg: Springer, 2013.
- [10] P. Bauhofer, *Handbuch für Hochspannungsleitungen: niederfrequente elektromagnetische Felder und deren wirksame Reduktion*, Wien: Verband d. Elektrizitätswerke Österreichs, 1994.
- [11] Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH, *Benutzerhandbuch WinField (R) - Magnetic and Electric Field Calculation*, Berlin, 2022.
- [12] *DIN EN 50413 (VDE 0848-1): Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz); Deutsche Fassung EN 50413:2020*, Berlin: VDE Verlag GmbH.
- [13] *DIN EN 50160: Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2020.

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)
Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 28 von 30

A.2 Abbildungen

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Trassenverlauf der Vorhaben Dolwin4 und Borwin4 mit Parallelführung zum Vorhaben A-Nord. | 4 |
| Abbildung 2: Querschnitt eines VPE-Kabels. | 13 |
| Abbildung 3: Schematische Darstellung des Regelgrabenprofils. | 14 |

A.3 Tabellen

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Grenzwerte für 0-Hz-Anlagen | 7 |
| Tabelle 2: Maßgebliche Minimierungsorte im Bereich der Erdkabelverbindung DolWin4 und BorWin4. | 18 |
| Tabelle 3: Feldimmissionen an den Betrachtungsorten in 0,2 m über EOK. Das elektrische Feld wird durch Kabelschirm und Erdreich vollständig abgeschirmt und ist daher nicht zu betrachten. | 20 |

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)

Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 29 von 30

A.4 Abkürzungen

| Abkürzung | Bedeutung |
|------------------|--|
| Abs. | Absatz |
| AC | Wechselstrom (englisch alternating current) |
| ALKIS | Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem |
| AWZ | Ausschließliche Wirtschaftszone |
| BGBI. | Bundesgesetzblatt |
| BImSchG | Bundes-Immissionsschutzgesetz |
| BImSchV | Eine Verordnung zur Durchführung des BImSchG |
| BImSchVVwV | Eine allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung einer BImSchV |
| Bl. | Bauleitnummer |
| bzw. | beziehungsweise |
| ca. | zirka |
| DC | Gleichstrom (englisch direct current) |
| d. h. | das heißt |
| DIN | Deutsches Institut für Normung e.V. |
| EN | Europäische Norm |
| gem. | gemäß |
| GmbH | Gesellschaft mit beschränkter Haftung |
| HGÜ | Hochspannungsgleichstromübertragung |
| HDD | Horizontalspülbohrverfahren (englisch Horizontal Directional Drilling) |
| i. S. | im Sinne |
| i. V. m. | in Verbindung mit |
| ICNIRP | International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, englisch: Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung |
| LA | Landabschnitt |
| LAI | Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz |
| Lfd. | Laufend(e) |
| NOVA | Prinzip der Netzoptimierung vor Netzverstärkung vor Netzausbau |
| Nr. / Nrn. | Nummer / Nummern |
| S. | Satz |
| UA | Umspannanlage |

Immissionsschutzbericht B0038

+/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 78 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (DolWin4) einschließlich der +/- 320-kV-Gleichstromleitung Nr. 79 Grenzkorridor II – Hanekenfähr (BorWin4)

Abschnitt: Anlandungspunkt Hilgenriedersiel bis Emden ("Landabschnitt Nord")

Seite 30 von 30

| Abkürzung | Bedeutung |
|-----------|---|
| UVP | Umweltverträglichkeitsprüfung |
| VDE | VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. |
| vgl. | vergleiche |
| VPE | Vernetztes Polyethylen |
| z. B. | zum Beispiel |

A.5 Formelzeichen

In diesem Bericht verwendete Formelzeichen werden kursiv gesetzt. Indizes werden, da sie eine Spezifizierung darstellen (z.B.: Betriebsspannung U_b), gerade gesetzt. Physikalische Größen werden in SI-Einheiten¹ in der typischerweise verwendeten Größenordnung angegeben.

| Zeichen | Bedeutung |
|----------|---|
| B | Magnetische Flussdichte; in Mikrottesla (μT) |
| E | Elektrische Feldstärke; in Kilovolt pro Meter (kV/m) |
| f | Frequenz; in Hertz (Hz) |
| $G(f)$ | Grenzwert bei der Frequenz f |
| I, I_b | Elektrische Stromstärke, maximal zulässige Dauerstromstärke; in Ampere (A) oder Kiloampere (kA) |
| r | Abstand oder Länge; in Meter (m) |
| U, U_b | Elektrische Spannung, Betriebsspannung; in Kilovolt (kV) |
| $I(f)$ | Immissionswert bei der Frequenz f |

¹SI: Système international d'unités (französisch: Internationales Einheitensystem)