

Immissionsschutzbericht

Nr. B0033

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

Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung Niederrhein – Uftorf – Osterath (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Genehmigungsabschnitt: Voerde – Rheinberg
(Pkt. Voerde – Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung),
Erdkabelpilot

im Einzelnen:

- Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214
Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld / KÜS Friedrichsfeld
und KÜS Budberg / Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg
- Neubau der Kabelübergabestation Friedrichsfeld, Stations-Nr. 01474
- Neubau der Kabelübergabestation Budberg, Stations-Nr. 01475
- Neubau der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237
KÜS Friedrichsfeld – KÜS Budberg
- Neubau 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521
Pkt. Friedrichsfeld – Pkt. Benderweg
inkl. Anbindung an 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2435
Ossenberg – Pkt. Eversael im Pkt. Eversael-West

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

Ausgestellt: 23.01.2023

Dieses Dokument besteht aus 61 Seiten.
Registrierung: G-PI/RA DIS700554390

Inhalt

1	Einführender Teil.....	5
1.1	Physikalische Grundlagen	8
1.1.1	Das elektrische Feld von Hochspannungsfreileitungen	8
1.1.2	Das elektrische Feld von Hochspannungserdkabeln.....	9
1.1.3	Das magnetische Feld von Hochspannungsfreileitungen.....	9
1.1.4	Das magnetische Feld von Hochspannungserdkabeln	9
1.2	Gesetzliche Anforderungen an Niederfrequenzanlagen.....	9
1.2.1	26. BImSchV.....	10
1.2.2	26. BImSchVVwV	11
2	Anlagenbeschreibung	12
2.1	Technische Parameter.....	14
2.1.1	Freileitung	14
2.1.2	Erdkabelanlage.....	16
2.2	Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld / KÜS Friedrichsfeld und KÜS Budberg / Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg	18
2.2.1	Technischer Abschnitt 1 – Anbindung an den nördlichen GA Binnenland (UA Niederrhein/Wesel bis Pkt. Voerde) Mast Nr. 11 bis Mast Nr. 13 (Pkt. Friedrichsfeld)	18
2.2.2	Technischer Abschnitt 2 – Mast Nr. 13 (Pkt. Friedrichsfeld) bis Portal Nr. P004 (KÜS Friedrichsfeld).....	19
2.2.3	Technischer Abschnitt 9 – Portal Nr. P005 (KÜS Budberg) bis Mast Nr. 38 (Pkt. Benderweg).....	19
2.2.4	Technischer Abschnitt 10 – Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 (Pkt. Benderweg) bis Mast Nr. 39....	20
2.3	Neubau der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 von KÜS Friedrichsfeld – KÜS Budberg und Neubau der 110-kV- Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld – Pkt. Benderweg	20
2.3.1	Technischer Abschnitt 3 – Regelgrabenprofil für offene Verlegung	21
2.3.2	Technischer Abschnitt 4 – Horizontal Directional Drilling (HDD)-Verfahren	22
2.3.3	Technischer Abschnitt 5 – Mikrotunnel	22
2.3.4	Technischer Abschnitt 6 – Kabeltunnel	22
2.3.5	Technischer Abschnitt 7 – Pilotvortrieb für Sommerdeich	23
2.3.6	Technischer Abschnitt 8 – Regelprofil offene Verlegung für Polderdeich.....	23
2.4	Notwendige Folgemaßnahmen an bestehenden Anlagen.....	23
2.4.1	Anbindung an 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2435 von Pkt. Ossenberg bis Pkt. Eversael im Pkt. Eversael-West	23
3	Ermittlung	24
3.1	Methodik	24

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 3 von 61

3.2	Maßgebliche Immissionssorte	25
3.2.1	Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld / KÜS Friedrichsfeld und KÜS Budberg / Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg	26
3.2.2	Neubau der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 von KÜS Friedrichsfeld – KÜS Budberg und Neubau der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld – Pkt. Benderweg	27
3.2.3	Neubau der Kabelübergabestation Friedrichsfeld, Stations-Nr. 01474 und Kabelübergabestation Budberg, Stations-Nr. 01475.....	27
3.2.4	Notwendige Folgemaßnahmen an bestehenden Anlagen.....	28
3.2.5	Zu berücksichtigende Hochspannungs- oder Hochfrequenzsendeanlagen	28
3.3	Maßgebliche Minimierungsorte.....	29
3.3.1	Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld / KÜS Friedrichsfeld und KÜS Budberg / Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg	29
3.3.2	Neubau der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 von KÜS Friedrichsfeld – KÜS Budberg und Neubau der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld – Pkt. Benderweg	32
3.3.3	Neubau der Kabelübergabestation Friedrichsfeld, Stations-Nr. 01474 und Kabelübergabestation Budberg, Stations-Nr. 01475.....	34
3.3.4	Notwendige Folgemaßnahmen an bestehenden Anlagen.....	34
4	Ergebnisse	35
4.1	Grenzwerteinhaltung für den Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214	35
4.2	Immissionsbetrachtung für den Neubau der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 und der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521	37
4.3	Überspannungsverbot und Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden	38
4.4	Minimierungsgebot	39
4.4.1	Vorprüfung	39
4.4.2	Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen	39
4.4.3	Maßnahmenbewertung.....	42
4.4.4	Maßnahmenbewertung: Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214	42
4.4.5	Maßnahmenbewertung: Neubau der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237	51
4.4.6	Maßnahmenbewertung: Neubau der Kabelübergabestation Friedrichsfeld, Stations-Nr. 01474 und Kabelübergabestation Budberg, Stations-Nr. 01475.....	55
4.4.7	Maßnahmenbewertung: Anbindung an 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2435 von Pkt. Ossenber bis Pkt. Eversael im Pkt. Eversael-West	55
5	Angaben zur Qualität	55

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 4 von 61

6	Fazit	56
A	Verzeichnisse	57
A.1	Fachliteratur, Gesetze und Normen.....	57
A.2	Abbildungen.....	58
A.3	Tabellen	58
A.4	Abkürzungen.....	60
A.5	Formelzeichen	61

1 Einführender Teil

Die Amprion GmbH plant zur Erfüllung ihrer gesetzlichen Verpflichtungen einer sicheren Energieversorgung, das Stromübertragungsnetz in Nordrhein-Westfalen bedarfsgerecht auszubauen.

Die geplante 110-kV-/380-kV-Höchstspannungsleitung ist Bestandteil des im Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) unter Nr. 14 festgestellten Neubaus Höchstspannungsleitung Niederrhein – Uffort – Osterath, Nennspannung 380 kV.

Hierfür soll in dem Abschnitt zwischen Niederrhein und Pkt. St. Tönis eine entsprechende 110-/380 kV-Verbindung aus mehreren Leitungsabschnitten errichtet bzw. bestehende Leitungen geändert werden.

Das geplante Gesamtvorhaben ist aus verfahrenstechnischen Gründen in drei Planungsabschnitte (siehe Abbildung 1) unterteilt:

- Wesel – Voerde (UA Niederrhein – Pkt. Voerde)
- Voerde – Rheinberg (Pkt. Voerde – Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung)
- Rheinberg – Krefeld (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis)

Der Genehmigungsabschnitt „Binnenland“ (Abschnitt Wesel – Voerde zwischen der UA Niederrhein/Wesel – Pkt. Voerde sowie Abschnitt Rheinberg – Krefeld zwischen dem Pkt. Budberg – St. Tönis) wurde bereits im Mai 2020 durch die Bezirksregierung Düsseldorf erörtert, befindet sich aktuell in einem laufenden Planfeststellungsverfahren. Die Bauausführung für den Genehmigungsabschnitt „Binnenland“ soll voraussichtlich 2024 abgeschlossen sein.

Das im vorliegenden Genehmigungsabschnitt Voerde – Rheinberg beantragte Vorhaben besteht aus dem Provisorium, das als temporäre Freileitung ausgeführt wird, und dem Erdkabelpiloten, welches letztendlich den dauerhaften Lückenschluss mit dem Genehmigungsabschnitt „Binnenland“ darstellen wird.

Im vorliegenden Planfeststellungsverfahren soll die seit 1926 betriebene 110-/220-kV-Freileitung Osterath – Wesel/Niederrhein, Bl. 2339 Wesel – Uffort im Abschnitt Voerde – Rheinberg (Pkt. Voerde – Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung) dauerhaft als 110-/380-kV-Höchstspannungsleitung größtenteils als Teilerdverkabelung ausgebaut sowie je eine Kabelübergabestation (KÜS) in Friedrichsfeld und Budberg errichtet werden. Die Fertigstellung und Inbetriebnahme der Rheinquerung des Erdkabelpiloten, inklusive Planung, Genehmigung und Bau ist bis 2030 geplant. Nach Inbetriebnahme des Erdkabelpiloten erfolgt der Rückbau des temporären Freileitungsprovisoriums, welches einen Zwischenschritt auf dem Weg zum Endausbau bildet und die Netzsicherheit für einen Übergangszeitraum bis zur abschließenden Deckung des vollständigen Bedarfs durch den Erdkabelpiloten erhält.

Gegenstand des hier vorliegenden Immissionsschutzberichtes ist ausschließlich der Planungsbereich Voerde – Rheinberg (Pkt. Voerde – Pkt. Budberg inkl. Rheinquerung) für den

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 6 von 61

Erdkabelpiloten, bestehend als Kombination aus Freileitungsabschnitten und Teilerdverkabelung (siehe Abbildung 1).

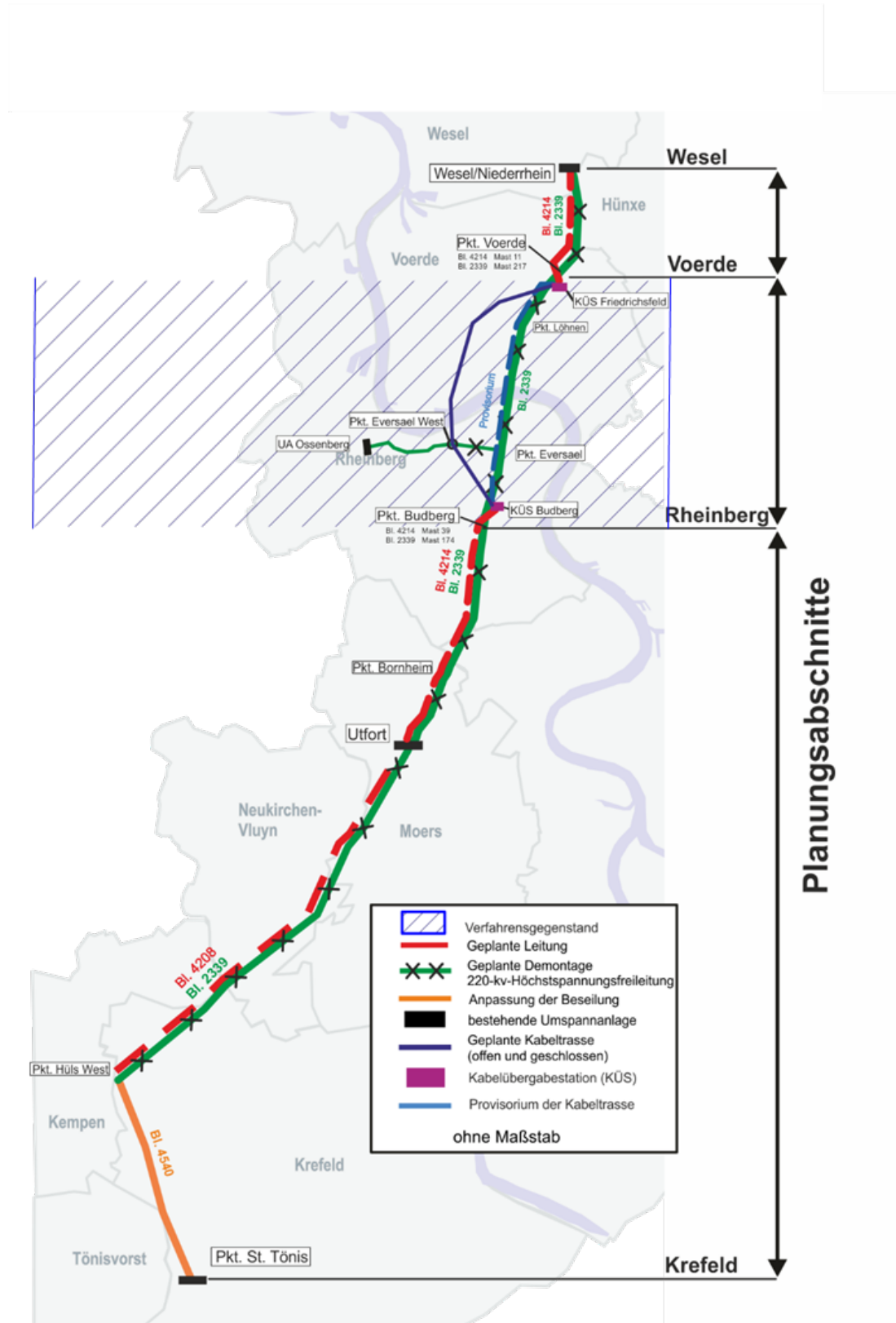


Abbildung 1: Darstellung des Trassenverlaufs zum geplanten Vorhaben EnLAG Nr. 14.

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 7 von 61

Die beiden anderen Planungsabschnitte werden derzeit in einem gesonderten Planfeststellungsverfahren durchlaufen. Eine detaillierte Beschreibung und Darstellung des Vorhabens ist dem Erläuterungsbericht (Anlage K.1.1) sowie dem Übersichtsplan (Anlage K.2.1) und den Lageplänen (Anlage K.3.5) zu entnehmen.

Nachfolgend werden die im Rahmen des Vorhabens zu erwartenden elektrischen und magnetischen Felder betrachtet und die Zulässigkeit im Sinne der 26. BImSchV bewertet.

Das Vorhaben umfasst den Neubau von Höchstspannungsfreileitungen und Höchst- und Hochspannungserdkabeln, sowie den notwendigen Kabelübergangsstationen mit einer Netzfrequenz von 50 Hz und einer Nennspannung größer 1 kV. Hochspannungsfreileitungen sind gem. § 4 Abs. 1 BImSchG i.V.m. der 4. BImSchV nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen [1, 2]. Dennoch sind insbesondere die Betreiberpflichten nach § 22 BImSchG zu beachten. Hochspannungsfreileitungen, Hochspannungserdkabel und Kabelübergangsstationen stellen Niederfrequenzanlagen gem. § 1 Abs. 2 der 26. BImSchV dar [3]. Im Folgenden werden die im Rahmen der Änderungen der Hochspannungsfreileitungen zu erwartenden elektrischen und magnetischen Felder rechnerisch prognostiziert und die Zulässigkeit des Vorhabens bezüglich der Anforderungen der 26. BImSchV bewertet.

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 3221) 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/>

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 Höchstspannungsfreileitungen treten niederfrequente elektrische und magnetische Felder auf. 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]. Elektrische und magnetische Felder bei Niederfrequenz wie der Energieversorgung sind voneinander entkoppelt und werden daher getrennt in quasistationärer Näherung betrachtet. Ebenso sind etwaige Niederfrequenzanlagen anderer Betriebsfrequenzen getrennt zu betrachten. Im Fall von Drehstromleitungen wechseln die elektrischen und magnetischen Felder ihre Polarität mit einer Frequenz von 50 Hertz (Hz).

1.1.1 Das elektrische Feld von Hochspannungsfreileitungen

Ursache 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 Anliegen einer Spannung bereitgestellt wird. Es resultiert aus der Betriebsspannung einer Leitung und ist deshalb nahezu konstant. Das elektrische Feld ist unabhängig von der Stromstärke.

Die Stärke des elektrischen Feldes ist abhängig von der Nähe zum Leiterseil. Bei ebenem Gelände ist zwischen zwei Masten der Durchhang des Leiterseils in der Spannfeldmitte am größten und daher der Abstand zum Erdboden am geringsten. Daraus resultiert, dass in der Spannfeldmitte die größten Feldstärken am Erdboden auftreten. Entsprechend treten in Mastnähe die geringsten Feldstärken auf. Noch ausgeprägter sinkt die Feldstärke mit zunehmendem seitlichem Abstand zur Freileitung.

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

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

1.1.2 Das elektrische Feld von Hochspannungserdkabeln

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.

1.1.3 Das magnetische Feld von Hochspannungsfreileitungen

Magnetische Felder treten nur dann auf, wenn elektrischer Strom fließt. Der Betriebsstrom, der durch die Leiterseile 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.

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

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

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

1.1.4 Das magnetische Feld von Hochspannungserdkabeln

Die Ausführungen unter Kapitel 1.1.3 gelten für Hochspannungserdkabel in gleichem Maße.

Auch bei Erdkabeln sind die Feldstärken am Erdboden am höchsten, hier 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.

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

1.2 Gesetzliche Anforderungen an 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 [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, 7].

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 § 3 Abs. 2 S. 1 der 26. BImSchV sind diese so zu errichten und zu betreiben, dass sie bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung in ihrem Einwirkungsbereich an Orten, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, die im Anhang 1a der 26. BImSchV genannten Grenzwerte nicht überschreiten, wobei Niederfrequenzanlagen mit einer Frequenz von 50 Hz die Hälfte des in Anhang 1a der 26. BImSchV genannten Grenzwertes der magnetischen Flussdichte nicht überschreiten dürfen. Die Grenzwerte sind in Tabelle 1 für 50-Hz-Anlagen zusammengefasst.

Betriebsfrequenz f	Elektrische Feldstärke E	Magnetische Flussdichte B
50 Hz	5 kV/m	100 μ T

Tabelle 1: Grenzwerte für 50-Hz-Anlagen

Die Immissionsbeiträge $I(f)$ der elektrischen und magnetischen Feldkomponenten von allen Niederfrequenzanlagen sowie von ortfesten Hochfrequenzanlagen mit einer Frequenz von 9 kHz bis 10 MHz sind nach Frequenzkomponenten getrennt zu bestimmen und mit dem jeweiligen Grenzwert $G(f)$ zu gewichten. Die gewichteten Summen müssen nach Anhang 2a der 26. BImSchV getrennt für das elektrische und das magnetische Feld folgende Bedingung erfüllen:

$$\sum_{f=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{I(f)}{G(f)} \leq 1$$

Darüber hinaus dürfen nach § 4 Abs. 3 der 26. BImSchV Niederfrequenzanlagen zur Fortleitung von Elektrizität mit einer Frequenz von 50 Hz und einer Nennspannung von 220 kV und mehr, die in einer neuen Trasse errichtet werden, Gebäude oder Gebäudeteile nicht überspannen, die zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen bestimmt sind. Davon abweichend gelten nach §§ 3 und 4 Abs. 1 der 26. BImSchV für bestimmte Altanlagen spezifische Sonderregelungen für kurzzeitige und kleinräumige Überschreitungen der Grenzwerte.

Des Weiteren sind nach § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV zum Zwecke der Vorsorge bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen 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. BImSchV-VVwV) [8].

1.2.2 26. BImSchVVwV

Das Ziel des Minimierungsgebots nach § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV ist es, die von 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 Niederfrequenzanlage. 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 Niederfrequenzanlagen 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 Niederfrequenzanlagen die Minimierung des magnetischen Feldes zu bevorzugen. 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 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. Wird auf bestehendem Gestänge eine neue Leitung mitgeführt oder eine bereits mitgeführte Leitung wesentlich geändert, bezieht sich das Minimierungsgebot nur auf diese mitgeführte Leitung, sofern die bestehende Leitung nicht ihrerseits wesentlich geändert wird. Hierbei ist unbeachtlich, ob sich Spannungsebene und Frequenz der Leitungen unterscheiden. Bei der Minimierung der neuen oder wesentlich geänderten Leitung sind jedoch die Felder der bestehenden Leitung mit 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 K.8.3 Blatt 1 bis 4 ist der Trassenverlauf des gesamten Vorhabens kartografisch dargestellt (M 1:5.000). Die Katasterpläne basieren auf den Geobasisdaten des Landes Nordrhein-Westfalen der Bezirksregierung Köln, Abteilung 7 (https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/geobasis/index.html). Dargestellt sind die verschiedenen Leitungsabschnitte des gegenständlichen Vorhabens sowie alle zu berücksichtigenden sich in Parallellage befindenden Freileitungen.

Im verfahrensgegenständlichen, ca. 11,5 km langen Abschnitt im Bereich der Rheinquerung, der im Norden an den angrenzenden Genehmigungsabschnitt Binnenland (zwischen UA Niederrhein/Wesel – Pkt. Voerde) und im Süden an den angrenzenden Genehmigungsabschnitt Binnenland (zwischen Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) der Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 anschließt, soll in dem Abschnitt zwischen Pkt. Voerde und Pkt. Budberg eine 380-kV-Höchstspannungsverbindung der Amprion GmbH als auch eine 110-kV-Hochspannungsverbindung der Westnetz errichtet werden. Zum Teil soll diese als 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 und zum Großteil als Erdkabelanlage, Bl. 4237 bzw. Bl. 1521 auf einer Strecke von ca. 10,3 km inklusive der Kabelübergabestationen (KÜS) (nur für 380-kV-Anlage erforderlich) sowie Tunnel- und Übergangsbauwerke, die zu Belüftungszwecken der Tunnelbauwerke dienen, errichtet werden. Die 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung Wesel - Uffort, Bl. 4214 führt zwei 110-kV-Stromkreise der Westnetz GmbH und zwei 380-kV-Stromkreise der Amprion GmbH. Die 380-kV-Stromkreise werden vom Pkt. Voerde bis zur KÜS Friedrichsfeld als Freileitung, Bl. 4214 von der KÜS Friedrichsfeld bis zur KÜS Budberg als Teilerdverkabelung, Bl. 4237 sowie von der KÜS Budberg bis zum Pkt. Budberg wieder als Freileitung, Bl. 4214 ausgeführt. Die beiden 110-kV-Stromkreise verlaufen vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Friedrichsfeld als Freileitung, Bl. 4214 vom Pkt. Friedrichsfeld bis zum Pkt. Benderweg als Teilerdverkabelung, Bl. 1521 und im Anschluss vom Pkt. Benderweg bis zum Pkt. Budberg ebenfalls wieder als Freileitung, Bl. 4214. Zusätzlich werden die beiden 110-kV-Stromkreise der Westnetz GmbH südlich der Wasserstraße Rhein am Pkt. Eversael West an die bestehende 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2435 von Ossenberg bis Pkt. Eversael mittels eines Kabelaufführungsmastes angebunden und die östlich des Verknüpfungspunktes befindlichen Maste Nr. 12 bis Nr. 15 der Bl. 2435 bis zum Pkt. Eversael werden zurückgebaut. Der dort in Betrieb befindliche 220-kV-Höchstspannungsfreileitungsstromkreis Wesel-Ost wird auf 110 kV umgestellt.

Das beschriebene Vorhaben lässt sich in drei Streckenabschnitte untergliedern: in den Streckenabschnitt der Neubauanbindung der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg in den Abschnitten von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld/KÜS Friedrichsfeld und von KÜS Budberg/Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg an den angrenzenden nördlichen (UA Niederrhein/Wesel – Pkt. Voerde) und südlichen (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) Genehmigungsabschnitt Binnenland sowie der Teilerdverkabelung des Neubaus

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 13 von 61

der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 von KÜS Friedrichsfeld bis KÜS Budberg sowie des Neubaus der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld bis Pkt. Benderweg in Parallellage.

Im ersten Streckenabschnitt schließt der Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 am Pkt. Voerde (Mast Nr. 11 der Bl. 4214) mit dem Mast Nr. 12 im südöstlichen Bereich des Gewerbegebietes „Grenzstraße“ an den nördlichen Genehmigungsabschnitt Binnenland an und schwenkt anschließend mit dem Mast Nr. 13 aus den bestehenden Trassenraum der 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2339 zum Portal Nr. P004 der KÜS Friedrichsfeld (nur 380-kV-Systeme). Die KÜS Friedrichsfeld bildet den technischen Übergang von der Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 zur 380-kV-Erdkabelanlage, Bl. 4237.

Im zweiten Streckenabschnitt wird die 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 beginnend im Pkt. Friedrichsfeld (Mast Nr. 13) auf der nordwestlichen Seite der KÜS Friedrichsfeld vorbeigeführt. Der Standort der KÜS Friedrichsfeld befindet sich zwischen der Ortslage Voerde-Holthausen im Norden und der Landesstraße L463 (Hammweg) im Süden. Von dort verläuft die Teilerdverkabelung des Neubaus der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 von KÜS Friedrichsfeld bis KÜS Budberg sowie des Neubaus der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld bis Pkt. Benderweg in südlicher Richtung in Parallellage. Die Erdkabeltrasse kreuzt überwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen und Grünland, aber auch mehrere Einzelhöfe im Außenbereich und einige Siedlungsbereiche. Der Trassenverlauf umfasst zudem Zwangspunkte, welche die Durchführbarkeit einzelner Bauverfahren maßgeblich bestimmt. Es werden Ver- und Entsorgungs- sowie Gasleitungen, die DB-Strecke "Betuwe-Linie", das Naturschutzgebiet Momm-Niederung, die große Wasserstraße Rhein, der Sommerdeich und der geplante Polderdeich „Polder Orsoy-Land“ gequert, bevor die KÜS Budberg erreicht wird. Auch hier wird die 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 an der nordwestlichen Seite der KÜS Budberg vorbeigelegt und endet im Pkt. Benderweg (Mast Nr. 38). Der Standort der KÜS Budberg liegt nordöstlich der Ortslage Budberg unmittelbar nördlich der Straße „Benderweg“ und bildet den technischen Übergang von der 380-kV-Erdkabelanlage, Bl. 4237 zur Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214.

Im dritten Streckenabschnitt schließt der Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 über das Portal Nr. P005 (nur 380 kV-Systeme) am Pkt. Benderweg (Mast Nr. 38) an den Bestandsmast Nr. 39 des südlichen Genehmigungsabschnitts Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) an. Der bestehende Trassenraum der 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2339 wird durch die geplanten Maststandorte genutzt.

Nach Inbetriebnahme des Erdkabelpiloten werden die Maste des temporären Freileitungsprovisoriums, Bl. 4214 vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg zwischen den angrenzenden nördlichen und südlichen Genehmigungsabschnitten Binnenland rückgebaut.

Die Beschreibung der Leitungsverläufe der zu ändernden oder neuzubauenden Freileitungen erfolgt im Folgenden in Richtung aufsteigender Mastnummern. Die jeweils kleinste Mastnummer ist beim Pkt. Voerde zu finden, sodass die Beschreibungen an diesem Verknüpfungspunkt beginnen. Dementsprechend erfolgt die Nummerierung der maßgeblichen Immissionsorte und

der maßgeblichen Minimierungsorte ebenfalls beim Pkt. Voerde in Richtung aufsteigender Mastnummern der Freileitung bzw. Stationskilometer der Erdkabelanlagen.

Die Freileitungen und die Erdkabelanlagen sollen mit den folgenden wesentlichen Anlagenkenngrößen betrieben werden.

2.1 Technische Parameter

In Deutschland kommen in den Verteil- und Übertragungsnetzen drei Spannungsebenen mit den Nennspannungen 110 kV, 220 kV und 380 kV zum Einsatz. Die Anforderungen an die Nennspannung der verschiedenen Hoch- und Höchstspannungsebenen sind in der Norm DIN EN 50160 definiert [9]. Demnach sind die zulässigen Spannungsbereiche gemäß Tabelle 2 zur Gewährleistung der Spannungsqualität in den unterlagerten Netzen einzuhalten. Zudem ist es zur Gewährleistung der Netzstabilität notwendig, die Netzfrequenz in einem sehr engen Toleranzbereich zu halten.

Nennspannung	Niedrigste Betriebsspannung $U_{b,min}$	Höchste Betriebsspannung $U_{b,max}$
110 kV	100 kV	123 kV
220 kV	210 kV	245 kV
380 kV	360 kV	420 kV

Tabelle 2: Spannungsbereiche der in den deutschen Verteil- und Übertragungsnetz eingesetzten Spannungsebenen nach DIN EN 50160.

2.1.1 Freileitung

Die maximale Stromstärke wird durch den thermischen Grenzstrom, d.h. maximal zulässigen Dauerstrom I_D , des jeweiligen Seiltyps als materialbezogene Angabe bestimmt. Tabelle 3 listet die Stromtragfähigkeit der verschiedenen im Bestand vorkommenden und im Vorhaben geplanten Seiltypen in Abhängigkeit der Bündelleiterzahl auf. Es werden diese oder vergleichbare Seiltypen zum Einsatz kommen.

Bezeichnung	Einfachseil	Zweierbündel	Dreierbündel	Viererbündel
AL/ST 265/35	0,680 kA	1,360 kA	2,040 kA	2,720 kA
AL/ACS 550/70	1,087 kA	2,174 kA	3,261 kA	4,348 kA

Tabelle 3: Thermisch maximal zulässiger Dauerstrom I_D der im Bestand vorkommenden und im Vorhaben geplanten Leiterseile und Bündelleiter.

In der Praxis wird nach den derzeit gültigen Planungsgrundsätzen der vier Übertragungsnetzbetreiber ein maximaler Betriebsstrom von 3,6 kA (in Ausnahmefällen 4 kA) für die 380-kV-Stromkreise zugelassen [10]. Insofern sind die auf Grundlage von Stromstärken über 4 kA ermittelten magnetischen Felder höher als die tatsächlich maximal auftretenden.

Bei Freileitungsmaste können verschiedene Mastkopfgeometrien aus drei Grundformen zum Einsatz kommen: (a) Einebene, (b) Tonne, (c) Donau. Sie sind in Abbildung 2 dargestellt.

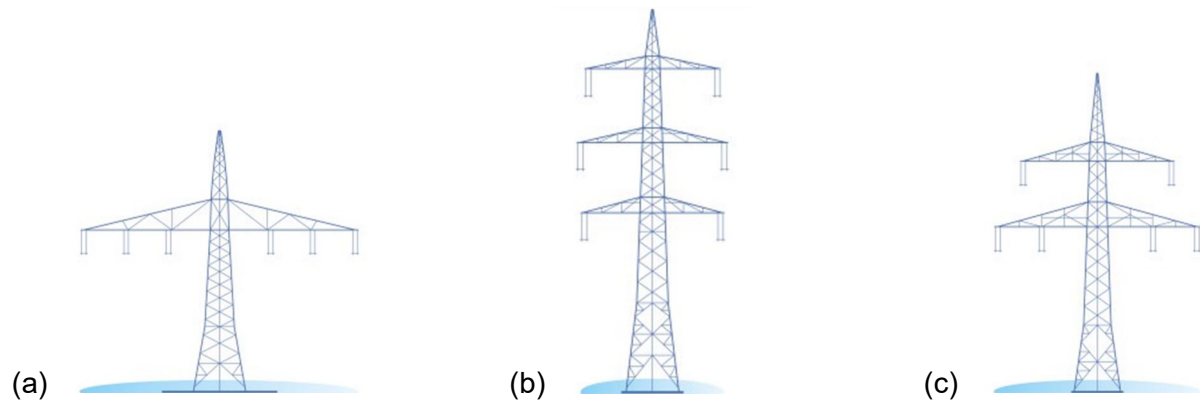


Abbildung 2: Mastgrundformen: (a) Einebene, (b) Tonne, (c) Donau

Jede Grundform weist Vor- und Nachteile auf und die Auswahl erfolgt einzelfallbezogen in Abhängigkeit von planerischen, umweltfachlichen und feldreduzierenden Aspekten. Auch betriebliche Gründe sind dabei zu berücksichtigen und können die Auswahl einschränken.

Diese Grundformen können für den Fall, dass mehrere Stromkreise geführt werden sollen, auch kombiniert oder erweitert werden, wie Abbildung 3 zeigt.

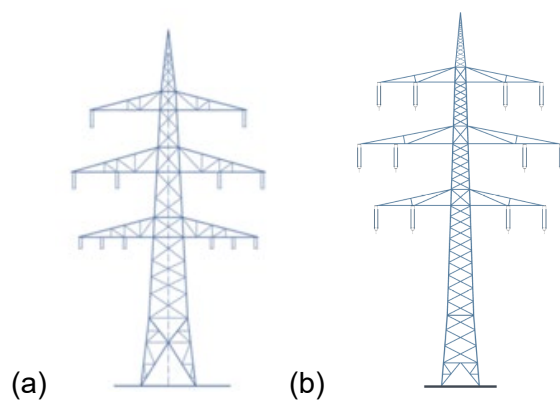


Abbildung 3: Mastmischformen: (a) Donau-Einebene, (b) Doppeltonne

Oberwellenanteile (z.B. 150 Hz, 250 Hz) werden bei der Bewertung nicht betrachtet. Sie können, wie in Kapitel 3.1 näher ausgeführt, vernachlässigt werden.

2.1.2 Erdkabelanlage

Bei der Teilerdverkabelung wird ein 380-kV-Freileitungssystem A bzw. B (siehe Abbildung 4) durch zwei 380-kV-Erdkabelanlagen A1 und A2 bzw. B1 und B2 (je Erdkabelanlage drei Erdkabel) flach in einer Ebene in Kabelschutzrohre DN 250 fortgesetzt. Es handelt sich folglich um die Aufteilung einer Phase eines 380-kV-Freileitungsstromkreises auf zwei 380-kV-Erdkabel in räumlich benachbarten und parallelgeschalteten Erdkabelanlagen. Im Drehstromsystem besteht jeder Freileitungsstromkreis aus drei Leiterseilen, deren Spannungen / Ströme entsprechend dem elektrischen Grundsatz von Drehstromsystemen zeitlich jeweils um 120° versetzt schwingen. Sie werden als Phasen bezeichnet.

Parallel zu den vier 380-kV-Erdkabelanlagen A1, A2, B1 und B2 werden zwei 110-kV-Erdkabelanlagen C und D mit insgesamt sechs Erdkabel errichtet. Diese sechs Erdkabel ergeben insgesamt zwei 110-kV-Freileitungstromkreise, die jeweils in im Dreieck angeordnete Kabelschutzrohren DN 160 eingezogen werden.

Demnach zeigt die Abbildung 4 schematische Darstellung der 110-/380-kV-Erdkabelanlage (inkl. Übergänge Freileitung und Erdkabel) die vier 380-kV-Erdkabelanlagen (A1, A2, B1 und B2) mit insgesamt 12 Erdkabel sowie zwei 110-kV-Erdkabelanlagen mit insgesamt sechs Erdkabel.

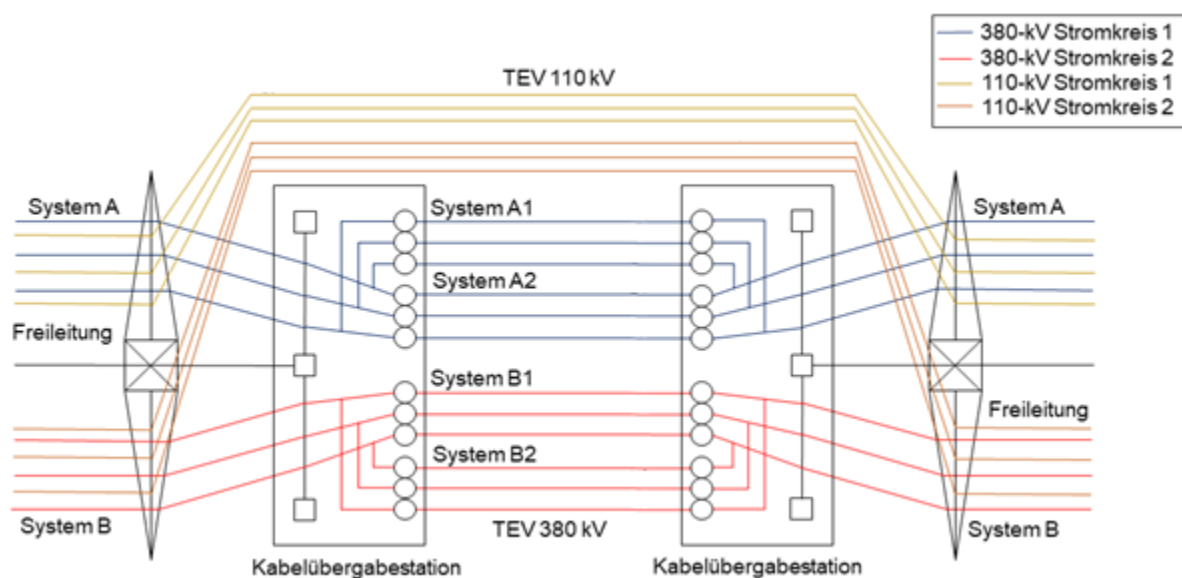


Abbildung 4: Schematische Darstellung einer 110-/380 kV-Erdkabelanlage.

Der wesentliche technische Unterschied zwischen Starkstromkabeln und Freileitungen besteht in der verwendeten Isolierung (dem sog. Dielektrikum), welche den elektrischen Leiter umgibt. In Abbildung 5 ist der Aufbau eines VPE-Kabels beispielhaft ersichtlich. Der Aufbau des 110-kV-Kabels ist dem des 380-kV-Kabel sehr ähnlich. Die wesentlichen Unterschiede liegen im Leiterquerschnitt und der Isolationsdicke.



Abbildung 5: Querschnitt eines VPE-Kabels.

Es werden 380-kV-Kabel vom Typ 2XS(FL)2Y 1 x 3200 RMS/250 oder vergleichbare Kabeltypen sowie für die 110-kV-Erdkabelanlagen Kabel vom Typ 2XS(FL)2Y 1x 630 RMS/250 oder vergleichbare Kabeltypen zum Einsatz kommen.

Die Übertragungsleistung von Starkstromkabeln hängt 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 Erdkabel (im Dreieck oder nebeneinander), der Abstand der Erdkabel 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.

Vor diesem Hintergrund beträgt die Stromtragfähigkeit der im Vorhaben geplanten zwei 380-kV-Erdkabelsysteme A und B jeweils 4,080 kA. Parallel zu den vier 380-kV-Erdkabelanlagen A1, A2, B1 und B2 von jeweils 2,040 kA werden die im Vorhaben geplanten zwei 110-kV-Erdkabelanlagen C und D mit einer Stromtragfähigkeit von jeweils 0,684 kA maximal belastet.

2.2 Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld / KÜS Friedrichsfeld und KÜS Budberg / Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg

Im folgenden Kapitel wird die zukünftige Stromkreisbelegung nach erfolgter Errichtung des Neubaus der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg in den Abschnitten von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld/KÜS Friedrichsfeld und von KÜS Budberg/Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg in Tabelle 4 bis Tabelle 7 dargestellt.

Die Beschreibung der zukünftigen Stromkreisbelegung der Bl. 4214 untergliedert sich in vier technische Abschnitte (Kapitel 2.1.1 bis 2.2.4).

Weitere Angaben zu den geplanten Masten wie Schemazeichnungen, Bemaßung, Höhenangaben und Standortdaten finden sich in den Anlagen K.2 und K.3.

2.2.1 Technischer Abschnitt 1 – Anbindung an den nördlichen GA Binnenland (UA Niederrhein/Wesel bis Pkt. Voerde) Mast Nr. 11 bis Mast Nr. 13 (Pkt. Friedrichsfeld)

Der technische Abschnitt 1 betrachtet die Anbindung der neu zu errichtenden einzeln verlaufenden 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 an den angrenzenden Genehmigungsabschnitt Binnenland (zwischen UA Niederrhein/Wesel – Pkt. Voerde) vom Verknüpfungspunkt Pkt. Voerde (Mast Nr. 11) bis Mast Nr. 13.

Aus nördlicher Richtung kommend schließen in einer Donau-Einebene-Anordnung zwei 380-kV-Systeme und auf der unteren Traverse zwei 110-kV-Systeme der Westnetz GmbH am Pkt. Voerde (Mast Nr. 11) an und werden in südwestlicher Richtung über Mast Nr. 12 zum Mast Nr. 13 in südlicher Richtung weitergeführt. Die geplante Mastkonfiguration der Bl. 4214 für Mast Nr. 11 bis Nr. 13 ist Tabelle 4 zu entnehmen.

Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	110 kV	ABC	1	AL/ST 265/35
	2	110 kV	DEF	1	AL/ST 265/35
	3	380 kV	GHK	4	AL/ACS 550/70
	4	380 kV	IJL	4	AL/ACS 550/70
	SLH	–	M	1	AY/ACS 241/40
	SLH	–	O	1	AY/ACS 241/40
	ES	–	P	1	AY/ACS 265/35

Tabelle 4: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 1 der Bl. 4214 für Mast Nr. 11 bis 13.

2.2.2 Technischer Abschnitt 2 – Mast Nr. 13 (Pkt. Friedrichsfeld) bis Portal Nr. P004 (KÜS Friedrichsfeld)

Am Mast Nr. 13 (Pkt. Friedrichsfeld) werden die auf der unteren Traverse mitgeführten 110-kV-Systeme (System 1 und 2, Tabelle 4) über Kabelaufführungstraversen technisch zur 110-kV-Teilerdverkablung und die zwei 380-kV-Systeme (System 3 und 4, Tabelle 4) werden von der Donau-Anordnung auf das Portal Nr. P004 der KÜS Friedrichsfeld in Einebenen-Anordnung geführt. Des Weiteren wird im technischen Abschnitt 2 die 110-kV-Erdkabelanlage, Bl. 1521 auf der nordwestlichen Seite der KÜS Friedrichsfeld geplant. Die vorgesehene Mastkonfiguration der Bl. 4214 für Portal Nr. P004 ist Tabelle 5 zu entnehmen.

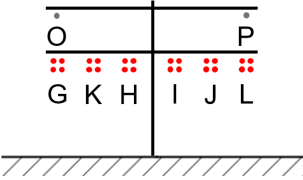
Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	3	380 kV	GHK	4	AL/ACS 550/70
	4	380 kV	IJL	4	AL/ACS 550/70
	SLH	–	O	1	AY/ACS 241/40
	ES	–	P	1	AY/ACS 265/35

Tabelle 5: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 2 der Bl. 4214 für Portal Nr. P004.

2.2.3 Technischer Abschnitt 9 – Portal Nr. P005 (KÜS Budberg) bis Mast Nr. 38 (Pkt. Benderweg)

Im technischen Abschnitt 9 kommen über Portal Nr. P005 (KÜS Budberg) die 380-kV-Systeme (System 3 und 4) von der KÜS Friedrichsfeld auf den oberen beiden Traversen des Mastes Nr. 38 (Pkt. Benderweg) in Einebenen-Anordnung an. Die 110-kV-Erdkabelanlage, Bl. 1521 wird wie im technischen Abschnitt 2 an der nordwestlichen Seite der KÜS Budberg vorbeigelegt. Ebenso werden die zwei 110-kV-Systeme (System 1 und 2) über Kabelaufführungstraversen technisch zur Freileitung am Mast Nr. 38 (Pkt. Benderweg). Die vorgesehene Mastkonfiguration der Bl. 4214 für Portal Nr. P005 (KÜS Budberg) ist Tabelle 6 zu entnehmen.

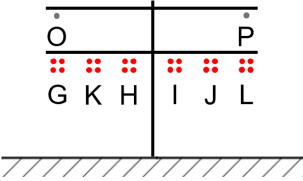
Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	3	380 kV	GHK	4	AL/ACS 550/70
	4	380 kV	IJL	4	AL/ACS 550/70
	SLH	–	O	1	AY/ACS 241/40
	ES	–	P	1	AY/ACS 265/35

Tabelle 6: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 9 der Bl. 4214 für Portal Nr. P005.

2.2.4 Technischer Abschnitt 10 – Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 (Pkt. Benderweg) bis Mast Nr. 39

Der technische Abschnitt 10 umfasst die Anbindung der neu zu errichtenden einzeln verlaufenden 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 an den angrenzenden Genehmigungsabschnitt Binnenland (zwischen Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis).

Sowohl die zwei 110-kV-Systeme (Systeme 1 und 2) der 110-kV-Erdkabelanlage, Bl. 1521 erreichen über die unteren Kabelaufführungstraversen den geplanten Mast Nr. 38 (Pkt. Benderweg) als auch die zwei 380-kV-Systeme (System 3 und 4) über die oberen beiden Masttraversen. Die einzeln verlaufende 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 führt über den Mast Nr. 39 zum Verknüpfungspunkt Pkt. Budberg. Die geplante Konfiguration der Bl. 4214 für Mast Nr. 38 und Nr. 39 ist Tabelle 7 zu entnehmen.

Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	110 kV	ABC	1	AL/ST 265/35
	2	110 kV	DEF	1	AL/ST 265/35
	3	380 kV	GHK	4	AL/ACS 550/70
	4	380 kV	IJL	4	AL/ACS 550/70
	SLH	–	M	1	AY/ACS 241/40
	SLH	–	O	1	AY/ACS 241/40
ES	–	–	P	1	AY/ACS 265/35

Tabelle 7: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 10 der Bl. 4214 für Mast Nr. 38 u. 39.

2.3 Neubau der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 von KÜS Friedrichsfeld – KÜS Budberg und Neubau der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld – Pkt. Benderweg

Im folgenden Kapitel wird die zukünftige Teilerdverkabelung des Neubaus der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 von KÜS Friedrichsfeld bis KÜS Budberg sowie des Neubaus der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld bis Pkt. Benderweg erläutert. Die Beschreibung der Bl. 4237 und Bl. 1521 untergliedert sich in weitere sechs technische Abschnitte (Kapitel 2.3.1 bis 2.3.6), die u.a. durch die bauliche Abweichung zum Regelgrabenprofil hervorgerufen werden.

Die Verlegung der Erdkabelanlagen (Bl. 4237 und Bl. 1521) erfolgt im Regelfall nach dem in Abbildung 6 dargestellten Regelgrabenprofil. Allerdings sind unter Berücksichtigung der vorliegenden geologischen Randbedingungen und Querungen von Flüssen, Ver- und Entsorgungsleitungen, etc. auch grabenlose Querungen notwendig. Diese sind in Kapitel 2.3.2 bis 2.3.4 aufgeführt. Des Weiteren wird im Kapitel 2.3.4 zum technischen Abschnitt 6 (Kabeltunnel) die Stromkreisbelegung der bestehenden, kreuzenden 110-/220-/380-kV-Freileitung GKW Voerde – Spellen Bl. 4574 nordwestlich vom Pkt. Löhnen in Tabelle 8 wiedergegeben.

Die Kabelübergabestationen Friedrichsfeld und Budberg sind gem. 26. BImSchVVwV als Teil der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 zu betrachten.

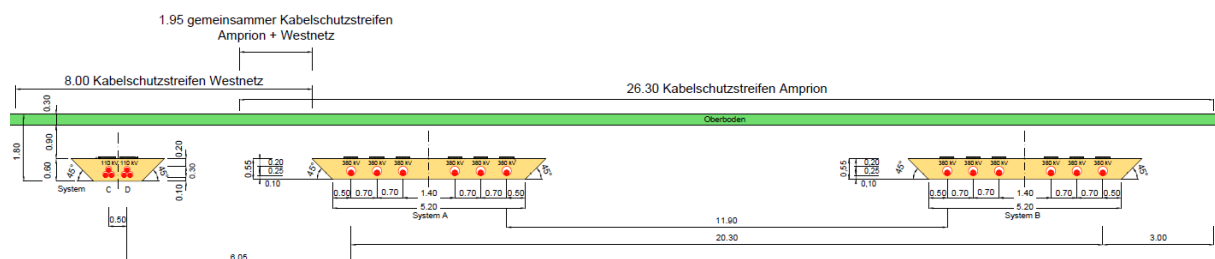
Weitere Angaben zu der geplanten Erdkabelanlage, Kabelübergabestationen sowie Tunnel- und Übergangsbauwerke wie Schemazeichnungen, Bemaßung und Standorte finden sich in den Anlagen K.4 und K.5.

2.3.1 Technischer Abschnitt 3 – Regelgrabenprofil für offene Verlegung

Der Teilerdverkabelungsabschnitt in offener Bauweise gemäß Regelgrabenprofil von KÜS Friedrichsfeld bis zur KÜS Budberg der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 und der parallelverlaufenden 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld bis zum Pkt. Benderweg ist als technischer Abschnitt 3 zu betrachten. Die offene Bauweise gemäß Regelgrabenprofil findet Anwendung in den Teilerdverkabelungsabschnitten von Station km 0+000 bis rd. km 0+220, von Station rd. km 0+400 bis rd. km 0+750, von Station rd. km 0+800 bis rd. km 1+880, von Station rd. km 3+000 bis km 5+700, von Station rd. km 7+160 bis rd. km 8+000, von Station rd. km 8+100 bis rd. km 8+500 sowie von Station rd. km 8+600 bis rd. km 10+340.

Die 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage KÜS Friedrichsfeld – KÜS Budberg, Bl. 4237 ist für zwei 380-kV-Freileitungssysteme ausgelegt (vgl. Kapitel 2.1.2). Bei der hier geplanten Teilerdverkabelung sollen vier 380-kV-VPE-Erdkabelanlagen mit jeweils drei Erdkabelsträngen zum Einsatz kommen. Zur Herstellung der Erdkabelanlagen werden zunächst zwölf Schutzrohre in einer flachen Ebene eingebaut, in die in einem späteren Schritt die Erdkabel vom Typ 2XS(FL)2Y 1x 3200 RMS/250 oder vergleichbare Kabeltypen eingezogen werden. Parallel zu den vier 380-kV-Erdkabelanlagen wird eine 110-kV-Erdkabelanlage mit insgesamt sechs Erdkabelsträngen vom Typ 2XS(FL)2Y 1x 630 RMS/250 oder vergleichbare Kabeltypen errichtet. Diese sechs Erdkabelstränge ergeben zwei 110-kV-Freileitungsstromkreise, die jeweils in im Dreieck angeordnete Einzelrohrsträngen eingezogen werden (vgl. Kapitel 2.1.2).

Die Verlegung der Erdkabelanlage der Bl. 4237 und Bl. 1521 erfolgt nach dem in Abbildung 6 dargestellten Regelgrabenprofil in offener Bauweise (vgl. auch Regelpläne in Anlage K.4.2). Von diesem wird bei Querungen oder Engstellen aus technischen Gründen abgewichen. Die Kabelübergabestationen Friedrichsfeld und Budberg sowie die Tunnel- und Übergangsbauwerke Ü1 bis Ü4 sind gem. 26. BImSchVVwV als Teil der Erdkabelanlage zu betrachten.



2.3.2 Technischer Abschnitt 4 – Horizontal Directional Drilling (HDD)-Verfahren

Im Bereich der KÜS Friedrichsfeld zwischen Station rd. km 0+220 und rd. km 0+400 ist das HDD-Verfahren für die Erdkabelanlage der Bl. 4237 und Bl. 1521 im technischen Abschnitt 4 aufgrund von Querungen von vorhandenen Ver- und Entsorgungsleitungen sowie zwei Gasleitungen und deren Zuwegungen notwendig. Die geplante Erdkabelanlagenkonfiguration des HDD-Verfahrens der Bl. 4237 und Bl. 1521 ist der Antragsunterlage zu entnehmen.

2.3.3 Technischer Abschnitt 5 – Mikrotunnel

Der technische Abschnitt 5 betrachtet die Querung der DB-Strecke "Betuwe-Linie" samt der sich in der Planung befindlichen Lärmschutzwand und parallel verlaufender Gasleitungen in geschlossener Bauweise mithilfe eines Mikrotunnels von Station rd. km 0+750 bis rd. km 0+800 sowie vorhandenen Ver- und Entsorgungsleitungen. Die geplante Erdkabelanlagenkonfiguration des Mikrotunnels der Bl. 4237 und Bl. 1521 des genannten Teilerdverkabelungsabschnitts ist der Antragsunterlage zu entnehmen.

2.3.4 Technischer Abschnitt 6 – Kabeltunnel

Zwischen den Übergangsbauwerken Ü1 und Ü2 (Querung NSG Momm-Niederung) von Station rd. km 1+880 bis rd. km 3+000 sowie zwischen den Übergangsbauwerken Ü3 und Ü4 (Rheinquerung) von Station rd. km 5+700 bis rd. km 7+160 ist die Verlegung der Kabel in begehbaren Tunnelbauwerke geplant. Die Herstellung beider Erdkabeltunnel im jeweiligen Teilerdverkabelungsabschnitt erfolgt im Rohrvortriebsverfahren und bildet den technischen Abschnitt 6.

Der Erdkabeltunnel zwischen den Übergangsbauwerken Ü1 und Ü2 (Querung NSG Momm-Niederung) der Bl. 4237 wird bei Station rd. km 2+160 von einer bestehenden 110-/220-/380-kV-Freileitung GKW Voerde – Spellen, Bl. 4574 gekreuzt.

Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	220 kV	ABC	2	AL/ST 265/35
	2	220 kV	DEF	2	AL/ST 265/35
	3	380 kV	GHK	4	AL/ST 265/35
	4	380 kV	IJL	4	AL/ST 265/35
	5	110 kV	MNO	1	AL/ST 265/35
	6	110 kV	PQR	1	AL/ST 265/35
	SLH	–	S	1	AY/AW 216/33

Tabelle 8: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 6 der bestehenden, kreuzenden Bl. 4574 für Mast Nr. 109 bis 111.

Die Mastkonfiguration von Mast Nr. 109 bis Nr. 111 des Masttyps BD3 ist der Tabelle 8 zu entnehmen. Die geplante Erdkabelanlagenkonfiguration des Kabeltunnels der Bl. 4237 und Bl. 1521 ist der Antragsunterlage zu entnehmen.

2.3.5 Technischer Abschnitt 7 – Pilotvortrieb für Sommerdeich

Der technische Abschnitt 7 betrachtet die Querung des Sommerdeichs in grabenloser Bauweise mithilfe eines Pilotvortriebs von Station rd. km 8+000 bis rd. km 8+100. Die geplante Erdkabelanlagenkonfiguration des Pilotvortriebs der Bl. 4237 und Bl. 1521 des genannten Teilerdverkabelungsabschnitts ist der Antragsunterlage zu entnehmen. Die geplante Erdkabelanlagenkonfiguration der Querung des Sommerdeichs der Bl. 4237 und Bl. 1521 ist der Antragsunterlage zu entnehmen.

2.3.6 Technischer Abschnitt 8 – Regelprofil offene Verlegung für Polderdeich

Auch im Bereich der Querung des zukünftigen Polderdeichs muss das Regelgrabenprofil angepasst werden, da hier die Erdkabel der Bl. 4237 untereinander sowie die Systeme der Bl. 1521 einen Abstand von 5 m besitzen müssen. Der technische Abschnitt 8 ist zwischen Station rd. km 8+500 und rd. km 8+600 des Teilerdverkabelungsabschnitts begrenzt. Die geplante Erdkabelanlagenkonfiguration der Querung des zukünftigen Polderdeichs der Bl. 4237 und Bl. 1521 ist der Antragsunterlage zu entnehmen.

2.4 Notwendige Folgemaßnahmen an bestehenden Anlagen

Die Anbindung der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 der Westnetz an die bestehende 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2435 im Bereich des Pkt. Eversael West ist notwendig. Immissionsschutzrechtlich zu bewerten ist sowohl die Änderung der bestehenden 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2435 als auch die Anbindung an die neu zu errichtenden 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage. Entfallene oder rückzubauende Freileitungsabschnitte sind hier nicht zu bewerten.

2.4.1 Anbindung an 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2435 von Pkt. Ossenbergs bis Pkt. Eversael im Pkt. Eversael-West

Die 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld bis Pkt. Benderweg der Westnetz GmbH wird zusätzlich an die bestehende 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2435 von Ossenbergs bis Pkt. Eversael südlich der Wasserstraße Rhein am Punkt Eversael-West durch einen neu zu errichtenden Kabelaufstiegs mast Nr. 1012 angebunden. Alle östlich des Kabelaufstiegs mastes befindlichen Maste Nr. 12 bis Nr. 15 bis zum Punkt Eversael der Bl. 2435 werden nach der Inbetriebnahme des Teilerdverkabelungsabschnitts zurückgebaut. Der dort in Betrieb befindliche 220-kV-Höchstspannungsfreileitungsstromkreis Wesel-Ost wird dann als 110-kV-Stromkreis betrieben und am Pkt. Eversael-West an den neuen 110-kV-Stromkreis zwischen Niederrhein und Uffort der Bl. 1521 angeschlossen.

Der technischen Abschnitt ist vom bestehenden Mast Nr. 11 der Bl. 2435 bis zum Kabelaufstiegs mast Nr. 1012 zu betrachten.

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

Elektrische und magnetische Felder lassen sich mit den Gleichungen der klassischen Elektrodynamik sicher berechnen [5, 10, 11]. Anwendung finden diese Gleichungen in der Software *WinField* (auch als EFC-400 bezeichnet) der FGEU mbH [13]. Sie berechnet die elektrischen und magnetischen Felder der Niederfrequenz jeweils in quasistationärer Näherung. Zur Berechnung der elektrischen Feldstärke ist die Methode der Spiegelladung implementiert [5, 11, 12, 13], für die Berechnung der magnetischen Flussdichte wird das Ampère'sche Gesetz ausgewertet [5, 13]. Die verwendeten Methoden entsprechen damit den in der DIN EN 50413 spezifizierten Anforderungen [14].

Der geplante Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 in den Abschnitten von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld/KÜS Friedrichsfeld und von KÜS Budberg/Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg sowie der 380 kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 zwischen den beiden KÜS-Standorten und der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld bis Pkt. Benderweg sowie die parallel verlaufenden Freileitungen werden mit den Parametern nach Kapitel 2 digital modelliert. Aus dem digitalen Modell der Trassen kann mittels *WinField* für beliebige Koordinaten die elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten berechnet werden. Dabei finden Gebäude und Bewuchs keine Berücksichtigung, da diese auf Grund ihrer Leitfähigkeit das elektrische Feld verzerren oder gänzlich abschirmen, und somit den Vorgaben der Betrachtung der freien Ausbreitung der Felder entgegenstehen. Das magnetische Feld wird durch Gebäude oder Bewuchs höchstens vernachlässigbar verzerrt, sodass auch hier eine Berücksichtigung nicht geboten ist.

Nach der 26. BImSchV sind die elektrischen und magnetischen Felder bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung zu bestimmen (vgl. Kapitel 1.2.1). Für die Berechnung wird daher stets die höchste Betriebsspannung $U_{b,max}$ nach Tabelle 2 sowie für Freileitungen der entsprechend der Bündelleiterzahl thermisch maximale Dauerstrom I_D nach Tabelle 3, bzw. für Erdkabelsysteme entsprechend der Angaben für die Stromtragfähigkeit in Kapitel 2.1.2, verwendet. Die Stromstärken über 4 kA beim Viererbündel AL/ACS 550/70 werden jedoch nach den derzeit gültigen Planungsgrundsätzen der vier Übertragungsnetzbetreiber in der Praxis nicht zugelassen. Der maximale Betriebsstrom beträgt 3,6 kA (in Ausnahmefällen 4 kA) [10]. Insofern sind die auf Grundlage von Stromstärken über 4 kA ermittelten magnetischen Felder höher als die tatsächlich maximal Auftretenden.

Des Weiteren werden die Berechnungen bei der Betriebsfrequenz der Hochspannungsleitungen (50 Hz) und ohne Berücksichtigung von Oberwellenanteilen bei den harmonischen Frequenzen (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 [9]. 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 1 m über Erdbodenoberkante (vgl. 26. BImSchVV Nr. 4 a). Liegen Gebäude oder Gebäudeteile innerhalb des Bewertungsbereichs, so wird die Höhe des Geschossbodens mit der stärksten Feldexposition konservativ abgeschätzt. Die Bewertung erfolgt in diesen Fällen in einer Höhe von mindestens 1 m über Geschosßboden mit der stärksten Feldexposition. Innerhalb von geschlossenen Räumen wird nur die magnetische Flussdichte angegeben, da das elektrische Feld des Außenraums im Inneren von Gebäuden abgeschirmt wird (vgl. Kapitel 1.1.1).

3.2 Maßgebliche Immissionssorte

Nach der 26. BImSchV sind die elektrischen und magnetischen Felder von Hochspannungsleitung in ihrem Einwirkungsbereich an Orten, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, zu ermitteln (vgl. Kapitel 1.2.1). Eine Definition des Einwirkungsbereichs und welche Orte zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen zählen, liefern die LAI-Hinweise [15].

Nach Ziffer II.3.1 der LAI-Hinweise gilt als Einwirkungsbereich einer Hochspannungsleitung der Bereich, in dem die Niederfrequenzanlage einen signifikanten von der Hintergrundbelastung abhebenden Immissionsbeitrag verursacht, unabhängig davon, ob die Immissionen tatsächlich schädliche Umwelteinwirkungen auslösen. Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen dienen und im Einwirkungsbereich der Anlage liegen, gelten als maßgebliche Immissionsorte.

Nach Ziffer II.3.2 der LAI-Hinweise sind Gebäude und Grundstücke, in oder auf denen nach der bestimmungsgemäßen Nutzung Personen regelmäßig länger - mehrere Stunden - verweilen können, Orte zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt. Als solche kommen gem. den LAI-Hinweisen insbesondere Wohngebäude, Krankenhäuser, Schulen, Schulhöfe, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze und Kleingärten in Betracht. Auch Gaststätten, Versammlungsräume, Kirchen, Marktplätze mit regelmäßigem Marktbetrieb, Turnhallen und vergleichbare Sportstätten sowie Arbeitsstätten, z. B. Büro-, Geschäfts-, Verkaufsräume oder Werkstätten, können dem nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen dienen.

Der Einwirkungsbereich einer Niederfrequenzanlage ist abhängig von Anlagenart und Nennspannung definiert. Für Freileitungen bemisst sich der Einwirkungsbereich als ein an den ruhenden äußeren Leiter angrenzender Streifen. Bei einer Nennspannung von 110 kV beträgt die Streifenbreite 10 m zu beiden Seiten der Freileitung; bei einer Nennspannung von 380 kV beträgt die Streifenbreite 20 m. Bei Erdkabelanlagen ist der Einwirkungsbereich als radialer Abstand vom Kabel definiert. Bei 380 kV Nennspannung beträgt dieser Radius 1 m. Kabelübergabestationen, Tunnel- und Übergangsbauwerke gelten als Teil der Erdkabelanlage.

3.2.1 Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld / KÜS Friedrichsfeld und KÜS Budberg / Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg

Der gesamte Bereich des Trassenverlaufs des geplanten Neubaus vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg in den Abschnitten von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld/KÜS Friedrichsfeld und von KÜS Budberg/Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 wurde auf maßgebliche Immissionsorte kontrolliert. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem amtlichen Kataster (ALKIS) eingetragenen Grundstücksnutzungsarten sowie bei einer Trassenbefahrung jene Flächen identifiziert, die auf eine Nutzung mit nicht nur vorübergehendem Aufenthalt von Menschen schließen lassen. Bei großen Grundstücken mit unterschiedlichen Nutzungen wurden ausgewiesene Nutzungsarten der Grundstücke entsprechend beachtet. So konnten die in Anlage K.8.3 auf den Blättern 1 und 4 kartographisch im Bewertungsbereich nach 26. BImSchVVwV dargestellten maßgeblichen Immissionsorte der Freileitungsabschnitte ermittelt werden. Es wurden insgesamt 13 maßgebliche Immissionsorte im technischen Abschnitt 1 und 10 identifiziert, welche in Tabelle 9 und Tabelle 10 aufgeführt sind.

Nr.	Immissionsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
1	Voerde, Flur 4, Flurstück 41	Wohnen, Land- und Forstwirtschaft	11 – 12	Blatt 1
2	Voerde, Flur 4, Flurstück 392	Wohnen und Grünfläche	11 – 12	Blatt 1
3	Voerde, Flur 4, Flurstück 391	Wohnen und Garten	11 – 12	Blatt 1
4	Voerde, Flur 30, Flurstück 103	Wohnen und Grünfläche	11 – 12	Blatt 1
5	Voerde, Flur 30, Flurstück 116	Handel, Geschäftsgebäude	11 – 12	Blatt 1
6	Voerde, Flur 30, Flurstück 160	Gewerbe	11 – 12	Blatt 1
7	Voerde, Flur 30, Flurstück 29, 101, 158, 159	Handel, Geschäftsgebäude	11 – 12	Blatt 1
8	Voerde, Flur 30, Flurstück 112, 126, 127, 138, 139	Gewerbe und Industrie	11 – 12	Blatt 1
9	Voerde, Flur 30, Flurstück 155	Gewerbe und Industrie	11 – 12	Blatt 1
10	Voerde, Flur 30, Flurstück 131, 132	Gewerbe und Industrie	11 – 12	Blatt 1
11	Voerde, Flur 30, Flurstück 151	Handel und Dienstleistungen	11 – 12	Blatt 1
12	Voerde, Flur 30, Flurstück 152	Gewerbe und Industrie	12 - 13	Blatt 1

Tabelle 9: Maßgebliche Immissionsorte zum technischen Abschnitt 1 (Bl. 4214): Anbindung an den nördlichen GA Binnenland (UA Niederrhein/Wesel bis Pkt. Voerde) von Mast Nr. 11 bis Mast Nr. 13 (Pkt. Friedrichsfeld). ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 27 von 61

Im technischen Abschnitt 2 vom Mast Nr. 13 (Pkt. Friedrichsfeld) bis Portal Nr. P004 (KÜS Friedrichsfeld) und im technischen Abschnitt 9 vom Portal Nr. P005 (KÜS Budberg) bis Mast Nr. 38 (Pkt. Benderweg) der Bl. 4214 sind keine maßgeblichen Immissionsorte vorhanden.

Nr.	Immissionsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
13	Budberg, Flur 3, Flurstück 1313	Hundeübungsplatz	38 – 39	Blatt 4

Tabelle 10: Maßgebliche Immissionsorte zum technischen Abschnitt 10 (Bl. 4214): Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 (Pkt. Benderweg) bis Mast Nr. 39. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.

3.2.2 Neubau der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 von KÜS Friedrichsfeld – KÜS Budberg und Neubau der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld – Pkt. Benderweg

Ebenso wurde der gesamte Bereich des Trassenverlaufs der zukünftigen Teilerdverkabelung von KÜS Friedrichsfeld bis KÜS Budberg des Neubaus der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 sowie von Pkt. Friedrichsfeld bis Pkt. Benderweg des Neubaus der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 auf maßgebliche Immissionsorte kontrolliert. Dabei wurden das amtliche Kataster (ALKIS) auf Grundstücke durchsucht, die nach dort ausgewiesener tatsächlicher Nutzung dem nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Personen dienen. Zudem wurden Luftbilder ausgewertet und eine Trassenbefahrung durchgeführt. Bei großen Grundstücken mit unterschiedlichen Nutzungen wurden ausgewiesene Nutzungsarten der Grundstücke entsprechend berücksichtigt. Innerhalb des Einwirkungsbereichs gemäß LAI-Hinweise [15] wurden keine Orte des nicht nur vorübergehenden Aufenthalts vorgefunden. Daher liegen keine maßgeblichen Immissionsorte im technischen Abschnitt 3 bis 8 vor, wie auch in Anlage K.8.3 auf den Blättern 1 bis 4 nachzuvollziehen ist.

3.2.3 Neubau der Kabelübergabestation Friedrichsfeld, Stations-Nr. 01474 und Kabelübergabestation Budberg, Stations-Nr. 01475

Die gesamte Umgebung der geplanten Kabelübergabestationen Friedrichsfeld, Stations-Nr. 01474 und Budberg, Stations-Nr. 01475 wurde auf maßgebliche Immissionsorte kontrolliert. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem amtlichen Kataster (ALKIS) eingetragenen Grundstücksnutzungsarten sowie bei einer Trassenbefahrung jene Flächen identifiziert, die auf eine Nutzung mit nicht nur vorübergehendem Aufenthalt von Menschen schließen lassen. Bei großen Grundstücken mit unterschiedlichen Nutzungen wurden ausgewiesene Nutzungsarten der Grundstücke entsprechend beachtet. Es befinden sich keine maßgeblichen Immissionsorte im Einwirkungsbereich gemäß LAI-Hinweise [15] der beiden Kabelübergabestationen, wie auch in Anlage K.8.3 auf den Blättern 1 und 4 nachzuvollziehen ist.

3.2.4 Notwendige Folgemaßnahmen an bestehenden Anlagen

Zur Errichtung der geplanten 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld bis Pkt. Benderweg der Westnetz GmbH wird zusätzlich die Anbindung an die bestehende 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2435 im Bereich des Pkt. Eversael West notwendig.

3.2.4.1 Anbindung an 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2435 von Pkt. Ossenbergr bis Pkt. Eversael im Pkt. Eversael-West

Auch der Einwirkungsbereich des von notwendigen Änderungen betroffenen Leitungsabschnitts zwischen dem bestehenden Mast Nr. 11 und dem neu zu errichtenden Kabelaufstiegs- mast Nr. 1012 der Bl. 2435 wurde, wie bereits in vorherigen Kapiteln beschrieben, auf maß- gebliche Immissionsorte kontrolliert.

Innerhalb des Einwirkungsbereichs von 10 m beidseitig des äußersten ruhenden Leiterseils der zukünftigen zwei 110-kV-Stromkreise wurden keine Orte des nicht nur vorübergehenden Aufenthalts vorgefunden. Daher liegen keine maßgeblichen Immissionsorte vor. Eine karto- graphische Darstellung ist der Anlage K.8.3 Blatt 4 zu entnehmen.

3.2.5 Zu berücksichtigende Hochspannungs- oder Hochfrequenzsendeanlagen

Das Vorhaben sieht den Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214, der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 sowie der 110-kV-Hochspannungserdka- belanlage, Bl. 1521 vor. Im Bereich der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 be- finden sich keine zu berücksichtigenden Hochspannungsfreileitungen. Im einem kurzen Ab- schnitt zwischen den Übergangsbauwerken Ü1 und Ü2 (Querung NSG Momm-Niederung) der Bl. 4237 wird bei Station rd. km 2+160 der 110-/380-kV-Erdkabeltunnel von einer bestehenden 110-/220-/380-kV-Freileitung GKW Voerde – Spellen, Bl. 4574 gekreuzt, diese wird bei der Ermittlung der Immissionen berücksichtigt. Der zukünftig entfallende Freileitungsabschnitt der bestehenden 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2435 von Mast Nr. 12 bis Nr. 15 (Pkt. Eversael) wird nach der Inbetriebnahme des Teilerdverkabelungsabschnittes zurückge- baut und ist daher nicht zu berücksichtigen.

Die berücksichtigten bestehenden Hochspannungsfreileitungen sind in den jeweiligen technischen Abschnitten mit ihren technischen Parametern aufgeführt (vgl. Kapitel 2).

Zur Auskunft über bestehende, genehmigungsbedürftige Hochfrequenzanlagen betreibt die Bundesnetzagentur eine online einsehbare, bundesweite Standortdatenbank, die EMF-Daten- bank¹. In dieser sind unter anderem ortsfeste Hochfrequenzanlagen mit einer Frequenz klei- ner-gleich 10 MHz verzeichnet, die einer Standortbescheinigung bedürfen und zu berücksich- tigen sind.

¹ Bundesnetzagentur, online: <https://emf3.bundesnetzagentur.de/karte/>

Laut EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur (abgerufen am 19.04.2022) befindet sich im Umkreis von mindestens 14 km Entfernung zum geplanten Vorhaben keine Funkanlagenstandorte mit einer Frequenz kleiner-gleich 10 MHz. Entsprechend Ziffer II.3.4 der LAI-Hinweise tragen Hochfrequenzanlagen ab einem Abstand von 300 m nicht relevant zur Vorbelastung bei und machen daher eine weitere Betrachtung entbehrlich. Dieser Regelung liegt die Einschätzung von messtechnischen Fachstellen hinsichtlich der Immissionsbeiträge von Hochfrequenzanlagen im Spektrum von 9 kHz bis 10 MHz zugrunde [15]. Die Berücksichtigung von Immissionsbeiträgen ortsfester, genehmigungsbedürftiger Hochfrequenzanlagen ist hier nicht erforderlich. Der entsprechende Auszug aus der EMF-Datenbank ist in Anlage K.8.4 beigelegt.

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 Nr. 3.2.1 der 26. BImSchVVwV der Fall, wenn es sich um einen Neubau oder eine wesentliche Änderung handelt und sich mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort im Einwirkungsbereich der Niederfrequenzanlage befindet.

Da es sich bei dem geplanten Vorhaben um einen Neubau handelt, liegt eine wesentliche Änderung im Sinne der 26. BImSchVVwV vor. Ebenso sind die notwendigen Folgemaßnahmen wesentliche Änderungen.

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 Niederfrequenzanlage 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. BImSchVVwV trifft hierzu in Ziffer 3.2.1.2 Festlegungen über konservative Pauschalwerte für verschiedene Anlagentypen. Für 380-kV-Freileitungen beträgt der Einwirkungsbereich 400 m nach beiden Seiten der Trasse ausgehend von der Bodenprojektion des ruhenden äußeren Leiters und für 110-kV-Freileitungen sind es 200 m vom ruhenden äußeren Leiterseil. Analog umfasst der Einwirkungsbereich von 380-kV-Erdkabeln den Bereich 100 m und bei 110-kV-Erdkabeln 35 m jeweils rechts und links von der Bodenprojektion der äußeren Kabel.

3.3.1 Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld / KÜS Friedrichsfeld und KÜS Budberg / Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg

Der gesamte Bereich des Trassenverlaufs des geplanten Neubaus vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg in den Abschnitten von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld/KÜS Friedrichsfeld und

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 30 von 61

von KÜS Budberg/Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg des 110-/380-kV Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 wurde nach maßgeblichen Minimierungsorten überprüft. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem amtlichen Kataster (ALKIS) eingetragenen Grundstücksnutzungsarten sowie bei einer Trassenbefahrung jene Flächen identifiziert, die auf eine Nutzung mit nicht nur vorübergehendem Aufenthalt von Menschen schließen lassen. Bei großen Grundstücken mit unterschiedlichen Nutzungen wurden ausgewiesene Nutzungsarten der Grundstücke entsprechend beachtet. Bei dichter Bebauung wurden ganze Siedlungsstrukturen berücksichtigt und gemäß Ziff. 3.2.2.1 der 26. BImSchVV zu einem repräsentativen Bezugspunkt zusammengefasst. So konnten die in Anlage K.8.3 auf den Blättern 1 bis 4 kartographisch im Einwirkungsbereich dargestellten maßgeblichen Minimierungsorte ermittelt werden. Es wurden insgesamt 25 maßgebliche Minimierungsorte im technischen Abschnitt 1, 2 und 10 für die Bl. 4214 identifiziert, welche in Tabelle 11 bis Tabelle 13 aufgeführt sind.

Nr.	Minimierungsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan¹
1	Voerde, Flur 4 (dichte Bebauung: Hindenburgstraße), Voerde, Flur 5, Flurstück 1, 2	Wohnen	11 – 12	Blatt 1
2	Voerde, Flur 4, Flurstück 41	Wohnen, Land- und Forstwirtschaft	11 – 12	Blatt 1
3	Voerde, Flur 4 (dichte Bebauung: Hindenburgstraße, Risselweg)	Wohnen	11 – 12	Blatt 1
4	Voerde, Flur 4, Flurstück 392	Wohnen und Grünfläche	11 – 12	Blatt 1
5	Voerde, Flur 4, Flurstück 391	Wohnen und Garten	11 – 12	Blatt 1
6	Voerde, Flur 30, Flurstück 9	Wohnen und Garten	11 – 12	Blatt 1
7	Voerde, Flur 30 (dichte Bebauung: Auf dem Kiwitt)	Wohnen	11 – 12	Blatt 1
8	Voerde, Flur 30, Flurstück 103	Wohnen und Grünfläche	11 – 12	Blatt 1
9	Voerde, Flur 30, Flurstück 116	Handel und Verwaltung	11 – 12	Blatt 1
10	Voerde, Flur 30, Flurstück 160	Gewerbe, Waschanlage	11 – 12	Blatt 1
11	Voerde, Flur 30, Flurstück 29, 101, 158, 159	Handel und Verwaltung	11 – 12	Blatt 1
12	Voerde, Flur 30, 33 (dichte Bebauung: Grenzstraße)	Wohnen	11 – 12	Blatt 1
13	Voerde, Flur 30, Flurstück 112, 126, 127, 138, 139	Gewerbe und Industrie, Kfz-Werkstatt	11 – 12	Blatt 1
14	Voerde, Flur 30, Flurstück 155	Gewerbe und Industrie	11 – 12	Blatt 1
15	Voerde, Flur 30, Flurstück 131, 132	Gewerbe und Industrie, Kfz-Waschstraße	11 – 12	Blatt 1

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 31 von 61

16	Voerde, Flur 30, Flurstück 151	Handel und Dienstleistungen	11 – 12	Blatt 1
17	Voerde, Flur 30, Flurstück 152	Gewerbe und Industrie	12 – 13	Blatt 1
18	Voerde, Flur 30 (dichte Bebauung: Hamweg)	Wohnen	12 – 13	Blatt 1
19	Voerde, Flur 30, 31, 33 (dichte Bebauung: Kleiner Kiwitt, Grenzstraße)	Wohnen	12 – 13	Blatt 1

Tabelle 11: Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 1 (Bl. 4214): Anbindung an den nördlichen GA Binnenland (UA Niederrhein/Wesel bis Pkt. Voerde) von Mast Nr. 11 bis Mast Nr. 13. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.

Nr.	Minimierungsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
20	Voerde, Flur 31, 33 (dichte Bebauung: Kleiner Kiwitt, Grenzstraße, Zunftweg)	Wohnen	13 – P004	Blatt 1
21	Voerde, Flur 32 (dichte Bebauung: Hamweg)	Wohnen	13 – P004	Blatt 1

Tabelle 12: Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 2 (Bl. 4214): Mast Nr. 13 (Pkt. Friedrichsfeld) bis Portal Nr. 004 (KÜS Friedrichsfeld). ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.

Im technischen Abschnitt 10 vom Portal Nr. P005 (KÜS Budberg) bis Mast Nr. 38 (Pkt. Benderweg) der Bl. 4214 sind keine maßgeblichen Minimierungsorte vorhanden.

Nr.	Minimierungsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
47	Budberg, Fl. 3 (dichte Bebauung: Rheinberger Straße, Grintgraben)	Wohnen	38 – 39	Blatt 4
48	Budberg, Flur 3, Flurstück 1313	Hundeübungsplatz	38 – 39	Blatt 4
49	Budberg, Fl. 3 (dichte Bebauung, Rheinberger Straße)	Wohnen	38 – 39	Blatt 4
50	Budberg, Fl. 3 (dichte Bebauung: Rheinberger Straße, Spanische Schanzen, Am Reitplatz)	Wohnen	38 – 39	Blatt 4

Tabelle 13: Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 10 (Bl. 4214): Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 (Pkt. Benderweg) bis Mast Nr. 39. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.

3.3.2 Neubau der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 von KÜS Friedrichsfeld – KÜS Budberg und Neubau der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld – Pkt. Benderweg

Ebenso wurde der gesamte Bereich des Trassenverlaufs der zukünftigen Teilerdverkabelung von KÜS Friedrichsfeld bis KÜS Budberg des Neubaus der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 sowie von Pkt. Friedrichsfeld bis Pkt. Benderweg des Neubaus der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 nach maßgeblichen Minimierungsorten überprüft. Dabei wurden das amtliche Kataster (ALKIS) auf Grundstücke durchsucht, die nach dort ausgewiesener tatsächlicher Nutzung dem nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Personen dienen. Zudem wurden Luftbilder ausgewertet und eine Trassenbefahrung durchgeführt. Bei großen Grundstücken mit unterschiedlichen Nutzungen wurden ausgewiesene Nutzungsarten der Grundstücke entsprechend beachtet. Bei dichter Bebauung wurden ganze Siedlungsstrukturen berücksichtigt und gemäß Ziff. 3.2.2.1 der 26. BImSchVVwV zu einem repräsentativen Bezugspunkt zusammengefasst. So konnten die in Anlage K.8.3 auf den Blättern 1 bis 4 kartographisch im Einwirkungsbereich dargestellten maßgeblichen Minimierungsorte ermittelt werden. Es wurden insgesamt 25 maßgebliche Minimierungsorte im technischen Abschnitt 3 bis 6 für die Bl. 4237 sowie Bl. 1521 identifiziert, welche in Tabelle 14 bis Tabelle 17 aufgeführt sind.

Nr.	Minimierungsort	Nutzungsart	Station	Plan ¹
22	Voerde, Flur 32 (dichte Bebauung: Ham-mweg)	Wohnen	0+120	Blatt 1
26	Voerde, Flur 3, Flurstück 185	Wohnen und Garten, Land- und Forstwirtschaft	0+500	Blatt 1
27	Voerde, Flur 3 (dichte Bebauung: Im Hörsken)	Wohnen, Land- und Forst-wirtschaft	0+700	Blatt 1
29	Voerde, Flur 27, Flurstück 83, 84	Wohnen und Garten	0+890	Blatt 1
31	Voerde, Flur 27 (dichte Bebauung: Wese-ler Weg)	Wohnen	1+140	Blatt 1
32	Voerde, Flur 27 (dichte Bebauung: Schafstege)	Wohnen	1+500	Blatt 1
33	Voerde, Flur 14, Flurstück 152	Wohnen	1+530	Blatt 1
34	Voerde, Flur 14, Flurstück 166	Wohnen und Garten	1+550	Blatt 1
35	Voerde, Flur 14, Flurstück 12	Wohnen	1+560	Blatt 1
36	Voerde, Flur 14, Flurstück 14	Land- und Forstwirtschaft	1+620	Blatt 1
37	Voerde, Flur 14, Flurstück 155	Reitplatzanlage	1+870	Blatt 1
38	Voerde, Flur 14, Flurstück 98	Wohnen, Land- und Forst-wirtschaft, Sportstätte, Reitplatzanlage	1+900	Blatt 1

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 33 von 61

39	Voerde, Flur 14, Flurstück 139	Wohnen	1+910	Blatt 1
40	Voerde, Flur 14, Flurstück 86	Wohnen und Garten	1+940	Blatt 1
45	Mehrum, Flur 3, Flurstück 37	Reitplatzanlage	8+720	Blatt 3
46	Mehrum, Flur 3, Flurstück 35	Wohnen, Land- und Forstwirtschaft, Sportstätte, Reitplatzanlage	8+790	Blatt 3

Tabelle 14: Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 3 (Bl. 4237 u. 1521): Regelgrabenprofil offene Verlegung. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.

Nr.	Minimierungsort	Nutzungsart	Station	Plan ¹
23	Voerde, Flur 31 (dichte Bebauung: Heideweg)	Wohnen	0+210	Blatt 1
24	Voerde, Flur 31, Flurstück 111	Wohnen	0+300	Blatt 1
25	Mehrum, Flur 3, Flurstück 228	Wohnen und Garten	0+410	Blatt 1

Tabelle 15: Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 4 (Bl. 4237 u. 1521): HDD-Verfahren. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.

Nr.	Minimierungsort	Nutzungsart	Station	Plan ¹
28	Voerde, Flur 21, Flurstück 300, 748, 749	Wohnen und Garten	0+800	Blatt 1
30	Mehrum, Flur 27, Flurstück 77	Wohnen und Garten	0+860	Blatt 1

Tabelle 16: Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 5 (Bl. 4237 u. 1521): Mikrotunnel. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.

Nr.	Minimierungsort	Nutzungsart	Station	Plan ¹
41	Voerde, Flur 14, Flurstück 225	Wohnen und Garten	2+000	Blatt 2
42	Mehrum, Flur 2, Flurstück 93	Wohnen	5+780	Blatt 3
43	Mehrum, Flur 2, Flurstück 34, 226	Wohnen und Garten	5+800	Blatt 3
44	Mehrum, Flur 2, (dichte Bebauung: Deichweg, Reshover Weg)	Wohnen	5+870	Blatt 3

Tabelle 17: Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 6 (Bl. 4237 u. 1521): Kabeltunnel. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.

Im technischen Abschnitt 7 und 8 sind für den Sommerdeich zwischen Station rd. km 8+000 bis rd. km 8+100 sowie für den Polderdeich zwischen Station rd. km 8+500 bis rd. km 8+600 des Teilerdverkabelungsabschnitts keine maßgeblichen Minimierungsorte vorhanden.

3.3.3 Neubau der Kabelübergabestation Friedrichsfeld, Stations-Nr. 01474 und Kabelübergabestation Budberg, Stations-Nr. 01475

Die gesamte Umgebung der geplanten Kabelübergabestationen Friedrichsfeld, Stations-Nr. 01474 und Budberg, Stations-Nr. 01475 wurde nach maßgeblichen Minimierungsorten überprüft. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem amtlichen Kataster (ALKIS) eingetragenen Grundstücksnutzungsarten sowie bei einer Trassenbefahrung jene Flächen identifiziert, die auf eine Nutzung mit nicht nur vorübergehendem Aufenthalt von Menschen schließen lassen. Durch die Standortwahl der KÜS Friedrichsfeld als auch der KÜS Budberg ist eine Umsetzung der Minimierungsmöglichkeit nicht notwendig. Es befinden sich im Umkreis von 100 m rund um den Anlagenzaun jeweils keine Minimierungsorte im Einwirkungsbereich. Dies ist auch in Anlage K.8.3 Blatt 1 und 4 kartografisch dargestellt.

3.3.4 Notwendige Folgemaßnahmen an bestehenden Anlagen

Zur Errichtung der geplanten 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld bis Pkt. Benderweg der Westnetz GmbH wird zusätzlich die Anbindung an die bestehende 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2435 im Bereich des Pkt. Eversael West notwendig.

3.3.4.1 Anbindung an 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2435 von Pkt. Ossenberg bis Pkt. Eversael im Pkt. Eversael-West

Auch der Einwirkungsbereich des von notwendigen Änderungen betroffenen Leitungsabschnitts zwischen dem bestehenden Mast Nr. 11 und dem neu zu errichtenden Kabelaufstiegs-mast Nr. 1012 der Bl. 2435 wurde, wie bereits in vorherigen Kapiteln beschrieben, auf maßgebliche Minimierungsorte kontrolliert.

Aufgrund der Änderung des in Betrieb befindliche 220-kV-Höchstspannungsfreileitungsstromkreises Wesel-Ost, welcher zukünftig als 110-kV-Stromkreis betrieben wird, ist ein zu Einwirkungsbereichs von 200 m beidseitig des äußersten ruhenden Leiterseils zu wählen. Innerhalb des Einwirkungsbereichs von 200 m beidseitig des äußersten ruhenden Leiterseils der zukünftigen zwei 110-kV-Stromkreise wurden keine Orte des nicht nur vorübergehenden Aufenthalts vorgefunden. Daher liegen keine maßgeblichen Minimierungsorte vor. Eine kartographische Darstellung ist der Anlage K.8.3 Blatt 4 zu entnehmen.

4 Ergebnisse

Die Bewertung erfolgt entsprechend der einzelnen immissionsschutzrechtlichen Vorgaben für elektrische und magnetische Felder. Zunächst werden die Ergebnisse im Hinblick auf die einzuhaltenden Grenzwerte unter Berücksichtigung von Immissionsbeiträgen anderer Anlagen dargelegt (i.S.v. Kapitel 1.2.1). Es folgen Aussagen zur Beachtung des Überspannungsverbots und zur Beachtung des Gebots zur Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden. Danach wird die Bewertung im Hinblick auf die Beachtung des Minimierungsgebots dargelegt (i.S.v. Kapitel 1.2.2).

4.1 Grenzwerteinhaltung für den Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214

An allen maßgeblichen Immissionsorten (siehe Tabelle 9 und Tabelle 10) werden die Grenzwertvorgaben der 26. BImSchV (vgl. Tabelle 1) eingehalten. Die Immissionsbeiträge anderer Niederfrequenzanlagen wurden hierbei berücksichtigt. Die ermittelten elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten sind in nachfolgenden Tabelle 18 und 19 aufgeführt: Für die maßgeblichen Immissionsorte mit der voraussichtlich stärksten Exposition eines technischen Abschnitts wurden Nachweise für Niederfrequenzanlagen gemäß LAI-Hinweisen erstellt. Es wurden insgesamt zwei Nachweise für die technischen Abschnitte 1 und 10 der Bl. 4214 erstellt.

Für die Anbindung des neu zu errichtenden 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 an den angrenzenden Genehmigungsabschnitt Binnenland (zwischen UA Niederrhein/Wesel – Pkt. Voerde) vom Pkt. Voerde (Mast Nr. 11) bis Mast Nr. 13 im technischen Abschnitt 1 weist der maßgebliche Immissionsort Nr. 7 die voraussichtlich stärkste Exposition auf. Für den maßgeblichen Immissionsort Nr. 7 wurde der in Anlage K.8.2.1 enthaltene Nachweis erstellt.

Nr.	Maßgeblicher Immissionsort	Elektrische Feldstärke		Magnetische Flussdichte		Anlage
		50 Hz	Grenzwertauslastung ¹	50 Hz	Grenzwertauslastung ¹	
1	Voerde, Flur 4, Flurstück 41	0,3 kV/m	6 %	4,2 µT	5,2 %	
2	Voerde, Flur 4, Flurstück 392	0,5 kV/m	10 %	7,4 µT	5,8 %	
3	Voerde, Flur 4, Flurstück 391	0,5 kV/m	10 %	7,9 µT	8,1 %	
4	Voerde, Flur 30, Flurstück 103	0,7 kV/m	14 %	11 µT	8,7 %	
5	Voerde, Flur 30, Flurstück 116	0,7 kV/m	14 %	11 µT	8,8 %	

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 36 von 61

6	Voerde, Flur 30, Flurstück 160	0,7 kV/m	14 %	11 µT	6,3 %	
7	Voerde, Flur 30, Flurstück 29, 101, 158, 159	0,7 kV/m	14 %	17 µT	8,0 %	K.8.2.1
8	Voerde, Flur 30, Flurstück 112, 126, 127, 138, 139	0,7 kV/m	14 %	11 µT	11 %	
9	Voerde, Flur 30, Flurstück 155	0,6 kV/m	12 %	8,7 µT	8,7 %	
10	Voerde, Flur 30, Flurstück 131, 132	0,5 kV/m	10 %	7,8 µT	7,8 %	
11	Voerde, Flur 30, Flurstück 151	0,4 kV/m	8 %	6,5 µT	6,5 %	
12	Voerde, Flur 30, Flurstück 152	0,3 kV/m	6 %	5,6 µT	5,6 %	

Tabelle 18: Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten zum technischen Abschnitt 1 (Bl. 4214): Anbindung an den nördlichen GA Binnenland (UA Niederrhein/Wesel bis Pkt. Voerde) von Mast Nr. 11 bis Mast Nr. 13. ¹Maximum grenzwertgewichtete Überlagerung gem. Anhang 2a 26. BImSchV.

Für die Anbindung des neu zu errichtenden 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 an den angrenzenden Genehmigungsabschnitt Binnenland (zwischen Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 bis Mast Nr. 39 im technischen Abschnitt 10 weist der maßgebliche Immissionsort Nr. 13 die voraussichtlich stärkste Exposition auf. Der entsprechende Nachweis findet sich in Anlage K.8.2.6.

Nr.	Maßgeblicher Immissionsort	Elektrische Feldstärke		Magnetische Flussdichte		Anlage
		50 Hz	Grenzwert-auslastung ¹	50 Hz	Grenzwert-auslastung ¹	
13	Budberg, Flur 3, Flurstück 1313	0,9 kV/m	18 %	13 µT	13 %	K.8.2.6

Tabelle 19: Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten zum technischen Abschnitt 10 (Bl. 4214): Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 bis Mast Nr. 39. ¹Maximum grenzwertgewichtete Überlagerung gem. Anhang 2a 26. BImSchV.

Alle betrachteten maßgeblichen Immissionsorte sind damit repräsentativ für ihren jeweiligen technischen Abschnitt, d.h. die Immissionen an allen anderen, in den Tabelle 18 bis Tabelle 19 zusammenfassend dargestellten, maßgeblichen Immissionsorten der jeweiligen technischen Abschnitte sind geringere Expositionen als am im entsprechenden Nachweis betrachteten maßgeblichen Immissionsort. Alle Nachweise für die maßgeblichen Immissionsorte mit der

voraussichtlich stärksten Exposition für Niederfrequenzanlagen gemäß LAI-Hinweisen enthalten in Anlage K.8.2.1 und K.8.2.6 detaillierte Angaben zur Nachvollziehbarkeit der Berechnungen der elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten an den maßgeblichen Immissionsorten.

Die Berücksichtigung von Immissionsbeiträgen ortsfester Hochfrequenzanlagen im Spektrum von 9 kHz bis 10 MHz ist hier nicht erforderlich, wie bereits im Kapitel 3.2.5 ausgeführt.

Das geplante Vorhaben des neu zu errichtenden 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg in den Abschnitten von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld/KÜS Friedrichsfeld und von KÜS Budberg/Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg erfüllt damit die Anforderungen aus §3 der 26. BImSchV sowohl hinsichtlich der Grenzwertvorgaben als auch der Summenbetrachtung von Immissionsbeiträgen anderer Anlagen.

4.2 Immissionsbetrachtung für den Neubau der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 und der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521

Es befinden sich gemäß der Definition der 26. BImSchV und den dazugehörigen LAI-Durchführungshinweisen keine maßgeblichen Immissionsorte im Einwirkungsbereich des Neubaus der 380-kV Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 von KÜS Friedrichsfeld bis KÜS Budberg sowie des Neubaus der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld bis Pkt. Benderweg. Daher sind nach der Systematik der 26. BImSchV keine Berechnungen zum Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte nach § 3 Abs. 1, 2 der 26. BImSchV gefordert. Dennoch wurden Berechnungen durchgeführt, deren Ergebnisse in die UVU eingeflossen sind. Die Betrachtung erfolgte an den trassennächsten Orten des nicht nur vorübergehenden Aufenthalts von Menschen der technischen Abschnitte 3 bis 6 entlang der Erdkabeltrasse, im Folgenden „Betrachtungsort“ genannt.

Nr.	Betrachtungsort	Elektrische Feldstärke		Magnetische Flussdichte		Anlage
		50 Hz	Grenzwertauslastung ¹	50 Hz	Grenzwertauslastung ¹	
24	Voerde, Flur 31, Flurstück 111	-	-	7,9 µT	7,9 %	K.8.2.2
30	Voerde, Flur 27, Flurstück 77	-	-	4,1 µT	4,1 %	K.8.2.3
34	Voerde, Flur 14, Flurstück 166	-	-	11 µT	11 %	K.8.2.4
43	Mehrum, Flur 2, Flurstück 34, 226	-	-	2,2 µT	2,2 %	K.8.2.5

Tabelle 20: Feldimmissionen an den nächstliegenden Orten der technischen Abschnitte 3 bis 6 (Bl. 4237 und Bl. 1521). Das elektrische Feld wird durch Kabelmantel vollständig abgeschirmt und bei Erdkabelabschnitten nicht zu betrachten. ¹Maximum grenzwertgewichtete Überlagerung gem. Anhang 2a 26. BImSchV.

Davon ausgenommen sind die technischen Abschnitte 7 und 8, da dort keine maßgeblichen Minimierungsorte vorhanden sind. Die Betrachtung erfolgte am Minimierungsort jedes technischen Abschnitts, welcher der Trassenachse am nächsten ist. Die Immissionsbeiträge anderer Niederfrequenzanlagen wurden hierbei berücksichtigt. Die ermittelten elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten sind in Tabelle 20 informativ aufgeführt: Die informativen Immissionsbetrachtungen finden sich in ausführlicher Form in Anlage K.8.2.2 bis K.8.2.5 analog zu § 3 Abs. 2 der sechszwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV).

4.3 Überspannungsverbot und Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden

Gemäß § 4 Abs. 3 der 26. BImSchV dürfen Niederfrequenzanlagen zur Fortleitung von Elektrizität mit einer Frequenz von 50 Hertz und einer Nennspannung von 220 Kilovolt und mehr, die in einer neuen Trasse errichtet werden, Gebäude oder Gebäudeteile nicht überspannen, die zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen bestimmt sind.

Der Neubau des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg in den Abschnitten von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld/KÜS Friedrichsfeld und von KÜS Budberg/Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg verläuft im vorhandenen Trassenraum der 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2339 und deshalb handelt es sich nicht um die Errichtung einer Freileitung in neuer Trasse, sodass das Überspannungsverbot des § 4 Abs. 3 der 26. BImSchV für diesen Streckenabschnitt nicht anzuwenden ist. Die Anforderungen der 26. BImSchV sind somit auch hier erfüllt.

Die räumliche Lage der geplanten Leitung ist im Übersichtsplan (M 1:25.000) in der Anlage K.2.1 dargestellt. Der parzellenscharfe Verlauf der Leitung ist in den Lageplänen (M 1:2000 und M 1:1000) in der Anlage K.3.5 dargestellt. Dies lässt sich auch aus der kartografischen Darstellung (M 1:5000) in Anlage K.8.3 Blatt 1 bis Blatt 4 entnehmen.

Bei der Frage nach erheblichen Belästigungen oder Schäden geht es um den Effekt der sogenannten Funkenentladung, beispielsweise durch Aufladung des Fahrrads oder eines Regenschirms unter einer Höchstspannungsfreileitung. Dieser Effekt ist physikalisch erklärbar und verantwortlich hierfür ist das elektrische Feld unterhalb einer Freileitung. Es führt in leitfähigen Materialien zu einer Verschiebung von elektrischen Ladungsträgern, die eine Mikroentladung zur Folge haben kann. Die spürbaren Effekte an der Hautoberfläche sind dadurch zu erklären, dass die metallenen Gegenstände im elektrischen Feld ein anderes Potential annehmen als die Person selbst. Bei Annäherung an die leitfähigen Teile des Fahrrades, des Regenschirms oder auch anderer Gegenstände kommt es dann zu einer Entladung. Die Wahrnehmung solcher Mikroentladungen hängt von Witterungsbedingungen sowie von anderen Einflussgrößen wie Größe der metallenen Objekte, Beschaffenheit von Kleidung, Schuhen, Sätteln usw. ab. Die hierbei hervorgerufenen Ströme bei der Entladung werden in ihrer Intensität unterschiedlich wahrgenommen. Sie sind jedoch sehr klein und ungefährlich. Ein solcher Effekt ist vergleichbar mit der elektrostatischen Entladungserscheinung, die z.B. beim Berühren von metallenen Türklinken auftreten kann, nachdem man über synthetische Teppichböden gegangen

ist. Dieser Effekt tritt bei allen Spannungsebenen der Freileitung auf und lässt sich nicht vollständig vermeiden. Erhebliche Belästigungen oder Schäden sind jedoch bei Einhaltung eines Wertes von 5 kV/m für das elektrische Feld auszuschließen. Dieser Wert wird im gegenständlichen Vorhaben eingehalten bzw. deutlich unterschritten (vgl. Kapitel 4.1).

4.4 Minimierungsgebot

Das Minimierungsgebot gemäß § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV i.V.m. 26. BImSchVVwV wird beachtet. 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.

4.4.1 Vorprüfung

Das Ergebnis der Vorprüfung ist in Kapitel 3.3 dargestellt. Sowohl für den Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg in den Abschnitten von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld/KÜS Friedrichsfeld und von KÜS Budberg/Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg als auch für den Neubau der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 von KÜS Friedrichsfeld bis KÜS Budberg in Verbindung mit der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld bis Pkt. Benderweg wurden maßgebliche Minimierungsorte ermittelt. Diese sind nach technischen Abschnitten für die Freileitung in Tabelle 11 bis 13 und für die Erdkabelanlagen in Tabelle 14 bis 17 aufgeführt.

4.4.2 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 erfolgte die Prüfung nur am Bezugspunkt, wohingegen bei Lage innerhalb des Bewertungsbereichs eine individuelle Minimierungsprüfung erfolgte. Bei der individuellen Minimierungsprüfung wurde zusätzlich geprüft, ob eine Minimierungsmaßnahme zu einer Erhöhung der Immissionen an maßgeblichen Minimierungsorten innerhalb des Bewertungsbereichs führt.

Der Bewertungsabstand von Niederfrequenzanlagen ist abhängig von Anlagenart und Nennspannung definiert. Der Bewertungsabstand von Niederfrequenzanlagen beträgt für 380-kV-Freileitungen 20 m und für 110-kV-Freileitungen 10 m nach beiden Seiten der Trasse ausgehend von der Bodenprojektion des ruhenden äußeren Leiters [8]. Der Bewertungsabstand für 380-kV-Erdkabelanlagen beträgt 10 m und für 110-kV-Erdkabel 1 m zu beiden Seiten der Trasse ausgehend von der Bodenprojektion des äußersten Erdkabels [8]. Da die Kabelübergabestationen, Tunnel- und Übergangsbauwerke als Teil der Erdkabelanlage gelten, ergibt sich auch hier der Bewertungsabstand von 10 m rund den Anlagenzaun.

Es ergibt sich im Fall der Freileitung ein Bewertungsbereich der ebenso groß ist, wie der Einwirkungsbereich gemäß LAI-Hinweisen (vgl. Kapitel 3.2). Das bedeutet, die maßgeblichen Minimierungsorte für die eine individuelle Minimierungsprüfung erforderlich war, sind nahezu

identisch mit den maßgeblichen Immissionsorten. Dies betrifft nur die maßgeblichen Minimierungsorte im technischen Abschnitt 1 mit der Nummer 4, 5, 9 bis 11, 13 bis 16.

Für alle anderen ermittelten 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. Diese repräsentativen Bezugspunkte wurden im Bewertungsabstand im Fall der Freileitung in Spannungsfeldmitte gesetzt, da in der Regel in Spannungsfeldmitte die größten Feldstärken am Boden auftreten (vgl. Kapitel 1.1).

Die Prüfung des Minimierungspotentials hat bei Drehstromfreileitungen mit einer Betriebsfrequenz von 50 Hz auf Basis der in Nr. 5.3.1 der 26. BImSchVV aufgeführten technischen Möglichkeiten zu erfolgen und gliedert sich in folgende Maßnahmen.

- Abstandsoptimierung (Nr. 5.3.1.1) z.B. durch Erhöhung des Bodenabstandes durch zusätzliche Masterhöhen
- Elektrische Schirmung (Nr. 5.3.1.2) z.B. durch zusätzliche Erdungsseile unterhalb der Leiterseile
- Minimieren der Seilabstände (Nr. 5.3.1.3) z.B. durch Verkürzung der Seilabstände zwischen den Aufhängepunkten der Leiterseile an den Traversen
- Optimieren der Mastkopfgeometrie (Nr. 5.3.1.4) durch Veränderung der Abstände von Phasen und Stromkreisen untereinander
- Optimieren der Leiteranordnung (Nr. 5.3.1.5) durch Veränderung der Phasenfolge am Mast

Bei vorliegenden Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 in den Abschnitten von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld/KÜS Friedrichsfeld und von KÜS Budberg/Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg sind grundsätzlich alle technischen Möglichkeiten umsetzbar. Es wurden insofern alle Minimierungsmaßnahmen hinsichtlich ihres Minimierungspotentials für die ermittelten maßgeblichen Minimierungsorte bzw. deren Bezugspunkte bewertet. Die betrachteten maßgeblichen Minimierungsorte sind nach technischen Abschnitten in Tabelle 11 bis 13 aufgelistet. Bei notwendigen Folgemaßnahmen an Freileitungen sind aufgrund des jeweiligen Umfangs einzelne Minimierungsmaßnahmen nicht umsetzbar.

Für Drehstromerdkabel mit einer Betriebsfrequenz von 50 Hz auf Basis hat die Prüfung des Minimierungspotentials nach Nr. 5.3.2 der 26. BImSchVV anhand folgender technischer Möglichkeiten zu erfolgen und gliedert sich in folgende Maßnahmen.

- Minimieren der Erdkabelabstände (Nr. 5.3.2.1), z.B. durch Verringerung der Erdkabelabstände innerhalb eines Systems
- Optimieren der Leiteranordnung (Nr. 5.3.2.2), z.B. durch Veränderung der Phasenfolge der Einzelerdkabel, im Folgenden Phasenordnung genannt

- Optimieren der Verlegegeometrie (Nr. 5.3.2.3), z.B. durch Veränderung der geometrischen Anordnung der Einzelerdkabel zur bestmöglichen Kompensation der entstehenden magnetischen Felder
- Optimieren der Verlegetiefe (Nr. 5.3.2.4), durch Erhöhung der Grabentiefe der Erdkabelanlage

Beim vorliegenden Neubau der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 von KÜS Friedrichsfeld bis KÜS Budberg sowie des Neubaus der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld bis Pkt. Benderweg sind grundsätzlich alle genannten technischen Möglichkeiten umsetzbar. Es wurden daher alle Minimierungsmaßnahmen hinsichtlich ihres Minimierungspotentials für die ermittelten maßgeblichen Minimierungsorte bzw. deren Bezugspunkte bewertet.

Für Drehstromumspan- und Drehstromschaltanlagen sowie Kabelübergabestationen hat die Prüfung des Minimierungspotentials nach Nr. 5.3.3 der 26. BImSchVVwV anhand folgender technischer Möglichkeiten zu erfolgen und gliedert sich in folgende Maßnahmen.

- Abstandsoptimierung (Nr. 5.3.3.1), z.B. durch die Erhöhung der Portale für zu- und abführende Freileitungen
- Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung (Nr. 5.3.3.2), z.B. durch möglichst kompakte Bauweise der Anlagen

Die Vorprüfung auf maßgebliche Minimierungsorte im Einwirkungsbereich des Neubaus der Kabelübergabestation Friedrichsfeld, Stations-Nr. 01474 und Budberg, Stations-Nr. 01475 ergab, dass keine maßgeblichen Minimierungsorte in den jeweiligen Einwirkungsbereichen liegen. Eine Optimierung der Kabelübergabestationen ist daher nicht erforderlich.

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. Wird auf bestehendem Gestänge eine neue Leitung mitgeführt oder eine bereits mitgeführte Leitung wesentlich geändert, bezieht sich das Minimierungsgebot nur auf diese mitgeführte Leitung, sofern die bestehende Leitung nicht ihrerseits wesentlich geändert wird. Hierbei ist unbeachtlich, ob sich Spannungsebene und Frequenz der Leitungen unterscheiden. Bei der Minimierung der neuen oder wesentlich geänderten Leitung sind jedoch die Felder der bestehenden Leitung mit 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 mit einbezieht.

4.4.3 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 wirtschaftlichen Aufwand und Nutzen umgesetzt werden kann.

4.4.4 Maßnahmenbewertung: Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214

Für den Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 wurden alle oben genannten Optimierungsmaßnahmen geprüft und im Rahmen der Verhältnismäßigkeit angewendet.

Die Anwendung der Minimierungsmaßnahmen kann jedoch nicht unabhängig voneinander erfolgen. Das Ändern der Mastkopfgeometrie hat beispielsweise gleichzeitig eine Auswirkung auf die Seilabstände. Auch die Wirksamkeit der Minimierungsmaßnahme hinsichtlich ihrer Reduktion von elektrischen und magnetischen Feldern ist unterschiedlich. Zudem kann eine Maßnahme zwar technisch umsetzbar 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 11 bis Tabelle 13) bewertet.

Ziel der Neubauplanung der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 war es die Grenzwertvorgaben der 26. BImSchV von 5 kV/m und 100 μ T für 50-Hz-Anlagen (vgl. Tabelle 1) soweit wie möglich mit unter den o. g. Rahmenbedingungen zu unterschreiten. Eine generell hohe Wirksamkeit hierbei hat nach 26.BImSchVVwV das Optimieren der Mastkopfgeometrie, gefolgt von der Optimierung der Seilabstände, der Leiteranordnung und der Abstandsoptimierung. Eine eher niedrige Wirkung hat die elektrische Schirmung.

Entsprechend der Reihenfolge nach Nr. 5.3.1 der 26. BImSchVVwV werden die Minimierungsmaßnahmen im Folgenden diskutiert.

4.4.4.1 Abstandsoptimierung

Die Wirksamkeit der Abstandsoptimierung ist in Trassennähe hoch und nimmt mit zunehmendem seitlichen Abstand zur Trasse ab. Grundsätzliches Ziel dieser Maßnahme ist es, den Abstand der Leiterseile zum Erdboden und zu maßgeblichen Minimierungsorten zu vergrößern, wodurch die Immissionen an den Minimierungsorten verringert werden. Dies kann durch zwei

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 43 von 61

Maßnahmen erreicht werden: zum einen können Maste erhöht und zum anderen können Spannungsfelder durch zusätzliche Maste verkürzt werden. Dabei ist die minimale Leiterseilhöhe bei Vorliegen maßgeblicher Immissionsorte im Einwirkungsbereich nach 26. BImSchV durch die Einhaltung der entsprechenden Grenzwerte und im Übrigen durch minimal zulässige technisch bedingte Schutzabstände (z.B. gem. DIN EN 50341) [16, 17, 18] bestimmt. Der Seildurchhang darf nach DIN EN 50341-1 [16] und DIN EN 50341-2-4 [18] zu einem minimalen Bodenabstand von 6 m für 110-kV-Stromkreise sowie 7,8 m für 380-kV-Stromkreise.

Durch die Erhöhung der Masten kann erreicht werden, dass dabei der Bodenabstand der Leiterseile und die Distanz der Leiterseile zu maßgeblichen Minimierungsorten vergrößert wird. Eine Masterhöhung hat jedoch grundsätzlich visuelle Auswirkungen auf das Schutzgut Mensch und führt zu einer Beeinträchtigung der Schutzgüter Landschaft und Boden aufgrund einer größeren Rauminanspruchnahme. Weiterhin wirkt sich die Höhe der Leiterseile über dem Boden in insoweit empfindlichen Bereichen auf das Anflugrisiko für Vögel aus. Es handelt sich bei den aufgeführten Belangen daher um potentiell konkurrierende Effekte. Auf ökonomischer Seite sind deutliche Mehrkosten durch Material und Bauausführung sowie Entschädigungszahlungen aufgrund der dinglichen Sicherung von Nutzungsrechten zu erwarten.

Für die im Bewertungsbereich gelegenen individuellen maßgeblichen Minimierungsorte Nr. 4, 5, 9 bis 11, 13 bis 16 führen möglichst hohe Maste und ein geringer Seildurchhang zu einer Verringerung der Feldexposition. Es ergaben sich aufgrund der notwendigen Abstände zu vorhandenen und konkret geplanten Objekten im Vergleich zu den Mindestseilbodenabständen nach DIN EN 50341-1 [16] und DIN EN 50341-2-4 [18] bereits eine sehr deutliche Reduktion der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte.

Beim geplanten Freileitungsneubau richten sich die Seilbodenabstände nach den sich aus der Topographie ergebenden Erfordernissen, um die notwendigen technischen Abstände einzuhalten. Um die Nutzung der überspannten Flächen zu schonen und den topologischen Gegebenheiten gerecht zu werden, wurden feldreduzierend höhere Seilbodenabstände geplant. Diese Anforderungen gehen über die der technischen Sicherheit nach DIN-Norm und denen des Immissionsschutzrechts hinaus. Eine weitere Erhöhung um wenige Meter hätte aufgrund der in diesem Vorhaben realisierten großen horizontalen Abstände der Freileitungstrasse zu nächstgelegenen Minimierungsorten nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf den radialen Abstand und einhergehend auf die Höhe der Immissionen an den Minimierungsorten.

In Abwägung dieser Belange und unter Beachtung der normativen Vorgaben wurde im verfahrensgegenständlichen Genehmigungsabschnitt des geplanten Neubaus in den Abschnitten von Mast Nr.11 (Pkt. Voerde) bis Portal Nr. P004 (KÜS Friedrichsfeld) und von Portal Nr. P005 (KÜS Budberg) bis Mast Nr. 39 (Pkt. Budberg) der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 für die zum Einsatz kommenden Trager-/Abspannmaste entsprechende Masthöhen von 53,25 m bis 64,5 m über Gelände gewählt. Für das Portal Nr. P004 der KÜS Friedrichsfeld ist der Portalanschluss in 24,5 m und für das Portal Nr. P005 der KÜS Budberg in 19,5 m erreicht. Aufgrund der Überquerung der Gebäude oder Gebäudeteile im Spannungsfeld von Mast

Nr. 11 bis Nr. 12 sowie die Anschlussbedingungen an den nördlichen (Mast Nr. 11 und Nr. 12) bzw. südlichen GA Binnenland (Mast Nr. 38 und Nr. 39) sind Masthöhen von min. 62,5 m bzw. 55,5 m geplant. Die konkreten Masthöhen sind in der Anlage K.3.2.1, Spalte 6 zu entnehmen.

Des Weiteren wurde bei der Anordnung der Stromkreise darauf geachtet, dass die Systeme mit der höchsten Spannung möglichst auf den oberen Traversen angebracht werden. Dadurch wurde für die Stromkreise mit den größten elektrischen und magnetischen Feldern der Abstand der Leiterseile zum Boden maximiert und somit die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte am Boden minimiert.

Dies wird auf dem Streckenabschnitt von Mast Nr. 11 (Pkt. Voerde) bis Mast Nr. 13 (Pkt. Friedrichsfeld) sowie von Mast Nr. 38 (Pkt. Benderweg) bis Mast Nr. 39 (Pkt. Budberg) deutlich, da zwei 110-kV-Systeme der Westnetz GmbH auf der untersten Traverse des Mastgestänges mitgeführt wird. Daraus ergibt sich ein höherer Bodenabstand der 380-kV-Systeme, der in Verbindung mit der Schirmwirkung des darunter geführten 110-kV-Systems, eine Reduktion der elektrischen Feldstärke bewirkt. Mit Ausnahme bei der Einführung der 380-kV-Systeme von Mast 13 über Portal Nr. P004 in die KÜS Friedrichsfeld sowie von der KÜS Budberg über Portal Nr. P005 zum Mast Nr. 38 (Pkt. Benderweg).

Eine weitere Option ist das Errichten zusätzlicher Maste und dementsprechend eine Erhöhung der Mastanzahl zur Verkürzung der Spannfeldlängen, wodurch der Seildurchhang geringer ausfällt und damit der Bodenabstand vergrößert wird. Durch Erhöhung der Mastzahl sind die Schutzgüter Mensch, Landschaft und Boden noch stärker beeinträchtigt als durch eine Masterrhöhung. Darüber hinaus sind Belange Dritter zu beachten, wenn zusätzliche Eingriffe ins Eigentum notwendig werden. Zusätzliche Masten gehen ebenfalls mit einem erhöhten Eingriff in das Schutzgut Boden einher. Ebenfalls sind Beeinträchtigungen auf die Tier- und Pflanzenwelt durch weitere Maststandorte möglich. Auf ökonomischer Seite sind deutliche Mehrkosten durch Bau, privatrechtliche Verhandlungen und die grundbuchliche Sicherung von Nutzungsrechten zu erwarten.

Zur Reduktion der Eingriffe in das Schutzgut Landschaftsbild wurden die neu zu errichtenden Maste der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 im Gleichschritt und in der Nähe der bereits bestehenden Maststandorte der zu demontierenden 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2339 geplant. Ein Abweichen durch eine Erhöhung der Mastanzahl zur Verkürzung der Spannfeldlängen würde in einer weit deutlicheren Sichtbarkeit des Trassenbandes resultieren. Eine Verkürzung der Spannfeldlängen mit einhergehender Vergrößerung des Seilbodenabstands erschien daher unter Berücksichtigung der bereits erzielten Minimierung nicht vorzugswürdig. In Abwägung dieser Belange wurde von der Errichtung zusätzlicher Maste abgesehen.

4.4.4.2 Elektrische Schirmung

Die Wirksamkeit der elektrischen Schirmung ist niedrig und überwiegend auf die elektrische Feldstärke beschränkt. Durch Auflage zusätzlicher, in der Regel geerdeter Leiterseile, soll eine Reduktion insbesondere der elektrischen Felder am Boden erreicht werden.

Das Anbringen von zusätzlichen geerdeten (nicht spannungsführenden) Schirmseilen zwischen den spannungsführenden Leitungsteilen und einem maßgeblichen Minimierungsort erfordert eine zusätzliche Traversenebene unterhalb der geplanten spannungsführenden Traversenebenen. Unter Berücksichtigung der Mindestisolierluftstrecken zwischen dem Schirmseil und den spannungsführenden Leiterseilen, der kreuzenden Freileitungen sowie des einzuhaltenden Mindestbodenabstandes führt die zusätzliche Traversenebene für das Schirmseil zu einer deutlichen Erhöhung der Masten. Die nachteiligen Auswirkungen einer Masterrhöhung wurden im vorangegangenen Abschnitt erläutert.

Es ist außerdem zu beachten, dass ab einer Masthöhe von 100 m die Zustimmung der Luftfahrtbehörde vor einer Umsetzung erforderlich ist (vgl. §§ 12 und 14 LuftVG).

Eine Schirmung ist zudem nur effektiv, wenn mehrere Schirmseile gleichzeitig aufgelegt sind. Bei einem einzelnen Schirmseil tritt nur eine sehr lokale Reduktion der Felder auf, die an anderer Stelle eines maßgeblichen Minimierungsortes zu einer Verschlechterung führen kann, so dass eine solche Maßnahme nicht durchgeführt werden dürfte, da eine Erhöhung der Immissionen an einem maßgeblichen Minimierungsort die Anwendung ausschließt (vgl. Kapitel 1.2.2). Die Anwendung mehrerer Schirmseile hat jedoch Auswirkungen auf die Statik, so dass stärkere Maste und Fundamente eingesetzt werden müssen. Dies steht der technischen Planung und Nutzung der Stahlgittermaste der Gestängefamilien D12A00 bzw. AD47 entgegen und bringt wiederum höhere Kosten mit sich und bedeutet einen stärkeren Eingriff in das Schutzgut Boden.

In Abwägung dieser wesentlichen Nachteile und der nur niedrigen Wirksamkeit wird von einer Auflage zusätzlicher Schirmseile abgesehen.

4.4.4.3 Minimieren der Seilabstände

Mit den Seilabständen ist der Abstand der Aufhängepunkte der Leiterseile an den Traversen gemeint, nicht der Abstand der einzelnen Bündelleiter untereinander, der beim Viererbündel typischerweise 400 mm beträgt.

Durch Minimieren der Seilabstände kann unter Berücksichtigung der optimierten Leiteranordnung eine hohe Feldkompensation erreicht werden, die zu niedrigeren elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten am Boden führt. Eine Verringerung der Seilabstände führt zu einer Erhöhung der elektrischen Felder an den Leiterseilen selbst und damit einhergehend zu stärkeren Koronaentladungen. Die Seilabstände können jedoch nicht beliebig verkürzt werden. Es müssen die Mindestisolierluftstrecken eingehalten werden, um einen Überschlag zwischen den Leiterseilen untereinander oder zwischen Leiterseilen und geerdeten Teilen zu verhindern. Diese Mindestabstände sind durch die DIN EN 50341-1 [16] und DIN EN 50341-2-4 [18] vorgegeben. Zudem sind Sicherheitsabstände zu berücksichtigen, um Inspektionen und kleinere Wartungsarbeiten auch unabhängig von Abschaltungen der Stromkreise und somit unter Spannung zu ermöglichen, damit weiterhin die Versorgungssicherheit gewährleistet ist.

Die Wahl der Aufhängepunkte der Leiterseile untereinander orientiert sich auf der gesamten Neubaustrecke in den Streckenabschnitten von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld/KÜS Friedrichsfeld und von KÜS Budberg/Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg der Bl. 4214 bei allen Maßnahmen an diesen Mindestabständen, so dass zwischen den Stromkreisen eine hohe Kompensation erreicht wird und somit die Felder minimiert werden.

Vor diesem Hintergrund wurden bereits in den planerischen Erwägungen die Seilabstände für die geplanten Mastgestänge des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 unter Berücksichtigung der technischen und betrieblichen Randbedingungen soweit zulässig minimiert. Die Minimierungsmaßnahme findet insgesamt Anwendung.

4.4.4.4 Optimieren der Mastkopfgeometrie

Die Wirksamkeit der Optimierung der Mastkopfgeometrie ist hoch. Unter der Mastkopfgeometrie wird die geometrische Anordnung der Leiterseile am Mast, wie bspw. die Tonnen- oder die Donauanordnung, verstanden (siehe Abbildung 2). Die Mastbauart (z.B. Stahlgitter oder Stahlvollwand) ist hierbei unwesentlich.

Die Optimierung der Mastkopfgeometrie unterliegt planerischen Einschränkungen. Allgemein unterscheiden sich die Mastkopfgeometrien in Höhe und Breite und bestimmen mit den sich daraus ergebenden notwendigen Schutzstreifenbreiten die Eingriffe in das Eigentum Dritter. Weiterhin wirkt sich eine Erhöhung der Maste beeinträchtigend auf das Schutzgut Landschaft sowie auf das potentielle Anflugrisiko von Vögeln aus. An bestimmten Stellen ergibt sich aus der Führung der jeweiligen Leiterseile eine technisch notwendige Mastkopfgeometrie.

Zur Minimierung der Eingriffe insbesondere in das Schutzgut Landschaftsbild wird daher für die Neubauanbindung des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 im technischen Abschnitt 1 an den angrenzenden nördlichen (UA Niederrhein/Wesel – Pkt. Voerde) und im technischen Abschnitt 10 an den angrenzenden südlichen (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) Genehmigungsabschnitt Binnenland die bereits vorgeplante Mastkopfgeometrie Donau-Einebene (Typ D12A00 bzw. AD47) mit drei Traversenebenen verwendet. Dabei wird das 110-kV-System der Westnetz GmbH an einer eigenen unteren Traversenebene geführt und das 380-kV-System wird an den beiden oberen Traversenebenen als zusammengefasst.

Im Hinblick auf die erhöhte Betroffenheit des Schutzguts Landschaft aufgrund der Masthöhe der Mastkopfgeometrie Tonne mit drei Traversenebenen für die 380-kV-Systeme, insbesondere an maßgeblichen Minimierungsorten, ist dies zugunsten einer Feldreduktion und Verkleinerung des Schutzstreifens in Verbindung mit den 110-kV-Systemen wenig vorzugswürdig.

Im technischen Abschnitt 2 von Mast Nr. 13 bis Portal Nr. P004 sowie im technischen Abschnitt 9 von Portal Nr. P005 bis Mast Nr. 38 ist aufgrund technischer Gegebenheit und Geometrie des Portals der KÜS Friedrichsfeld sowie KÜS Budberg ist eine weitere Optimierung nicht möglich.

Grundsätzlich wurde der Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder sowie das Optimieren der verschiedenen geplanten Mastkopfgeometrien angemessene Rechnung ge-

tragen. Die höchste Exposition entsteht beim 380-kV-Stromkreis aufgrund seiner hohen Spannung und großen Stromtragfähigkeit der geplanten Leiterseile im Viererbündel (vgl. Kapitel 2.1). Sie werden daher auf die oberste Position am Mast gelegt, wodurch der Abstand zum Boden vergrößert und damit die elektrische Feldstärke und magnetische Flussdichte am Boden reduziert werden. Die weitere Anordnung des 110-kV-Stromkreises darunter führt außerdem dazu, dass insbesondere die elektrischen Felder der 380-kV-Stromkreise abgeschirmt werden.

Unter Berücksichtigung der Nutzung der Freileitung, der Eingriffe in die Schutzgüter Landschaft, Boden und Mensch, der räumlichen Gegebenheiten von kreuzenden Freileitungen, Objekten und Fließgewässer sowie der Mehrkosten, wurde die geplante Ausführung der geometrischen Anordnung der Leiterseile am Mast in den jeweiligen technischen Abschnitten als geeignet bestätigt.

4.4.4.5 Optimieren der Leiteranordnung

Das Optimieren der Leiteranordnung stellt eine Maßnahme zur Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder mit hoher Wirksamkeit dar. Die Leiteranordnung beschreibt die Anordnung der Phasen, d.h. die Anschlussreihenfolge der Leiterseile.

Im Drehstromsystem besteht jeder Stromkreis aus drei Leiterseilen, deren Spannungen / Ströme entsprechend dem elektrischen Grundsatz von Drehstromsystemen zeitlich jeweils um 120° versetzt schwingen. Sie werden als Phasen u, w und v bezeichnet. Durch die Phasenverschiebung der Spannungen / Ströme, erreichen auch die elektrischen und magnetischen Felder eines jeden Leiterseils ihr Maximum zueinander zeitversetzt. Bei optimierter Anordnung der Phasen am Mast, kann somit eine Kompensation der elektrischen und magnetischen Felder erzielt werden.

Bei der Reihenfolge der Phasen u, w und v kann unter Beachtung der vorgenannten Bedingungen zwischen einem hohen Feld direkt unter der Leitung verbunden mit einem steilen Abfall des Feldes mit zunehmendem Abstand oder einem niedrigeren Feld unter der Leitung mit einem etwas flacheren Abfall des Feldes optimiert werden.

In diesem Vorhaben liegen maßgebliche Minimierungsorte sowohl im Nahbereich direkt unter der Leitung als auch im Fernbereich in einigen oder mehreren hundert Metern Abstand zur Leitung (siehe Tabelle 11 bis Tabelle 13 und Anlage K.8.3 Blatt 1 und 4).

Vorliegend wurde die Freileitungsplanung für eine optimierte Phasenordnung durchgeführt, die die Erfordernisse der elektrischen Symmetrierung, den betrieblichen Anforderungen des Übertragungsnetzes sowie eine Verringerung der Beeinflussung der aufgelegten Stromkreise der Westnetz GmbH berücksichtigt. Aus den oben genannten, sowie weiteren betrieblichen Gründen werden Phasenlage bevorzugt, die eine gleichnamige Phase auf den oberen Traversen ermöglichen. Es wurde daher die Leiteranordnung so optimiert, dass sich ein Feldverlauf mit im Vergleich niedrigerem Feld direkt unter der Leitung dafür aber etwas flacherem Abfall des Feldes mit zunehmendem Abstand ergibt. Damit ist die Optimierung für alle maßgeblichen Minimierungsorte wirksam. An die angrenzenden Genehmigungsabschnitte des Binnenlands

erfolgte die Optimierung unter den Randbedingungen, die durch die Phasenlage der vor- und nachgelagerten, geplanten 110-/380-kV-Stromkreise vorgegeben sind. Außerdem war die Phasenlage mit der der mitgeführten 110-kV-Systeme des Verteilnetzes abzustimmen.

Ein Vergleich der nicht optimierten Leiteranordnung (ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (optimierte Phasenlage) zeigt die Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder.

In Tabelle 21 und Tabelle 22 sind beispielhaft für zwei 380-kV-Systeme oberhalb und zwei 110-kV-Systeme der Westnetz GmbH auf den unteren Traversen am Mast in einer Donau-Einebene-Anordnung (Mast Nr. 11 bis Nr. 13 bzw. Mast Nr. 38 bis Nr. 39) die Maximalwerte der berechneten elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten für beide Fälle der Phasenlage für den individuellen maßgeblichen Minimierungsort Voerde, Flur 30, Flurstück 29, 101, 158., 159 (Minimierungsort Nr. 11, Tabelle 11) aufgeführt. Dieser Minimierungsort ist gegenüber dem elektrischen und dem magnetischen Feld, die durch den Neubau der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 im technischen Abschnitt 1 verursacht werden, am stärksten exponiert. Darüber hinaus wurden die maßgeblichen Minimierungsorte 1 bis 16 für das Spannungsfeld Mast Nr. 11 bis Nr. 12 ebenfalls betrachtet (siehe Tabelle 11).

Für diese Minimierungsorte, welche sich im Einwirkungsbereich der Freileitung befinden, werden die Immissionen am Bezugspunkt bestimmt, d.h. in 20 m Abstand vom äußeren ruhenden Leiterseil in gerader Linie zwischen Leitungssachse und Immissionsort.

Das Optimieren der Leiteranordnung führt am individuellen maßgeblichen Minimierungsort Voerde, Flur 30, Flurstück 29, 101, 158., 159 (Minimierungsort Nr. 11, Tabelle 11) zu einer Reduzierung der elektrischen Feldstärke von 1,2 kV/m und magnetische Flussdichte von 15 μ T durch die geplante Optimierung auf 0,7 kV/m und 12 μ T. Dies entspricht nun einer maximalen Grenzwertausschöpfung von 14% für das elektrische Feld und 24% für das magnetische Feld. Ebenso wurde die Reduktion am maßgeblichen Minimierungsort Nr. 6 bis 15 für die elektrische und magnetische Feldimmission durch die geplante Optimierung besonders deutlich (vgl. Tabelle 21 und Tabelle 22).

Durch die Gegenüberstellung der beiden Phasenfolgen konnte nachgewiesen werden, dass die vorliegende geplante Phasenlage für zwei 380-kV-Systeme oberhalb und zwei 110-kV-Systeme der Westnetz GmbH auf den unteren Traversen am Mast in einer Donau-Einebene-Anordnung bereits für den technischen Abschnitt 1 und 10 optimiert ist. Dadurch wird dieser Minimierungsmaßnahme Rechnung getragen.

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 49 von 61

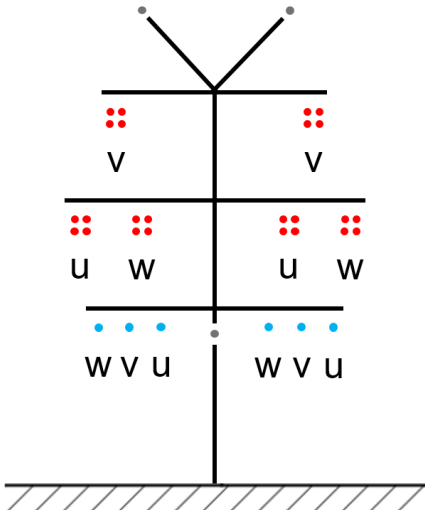
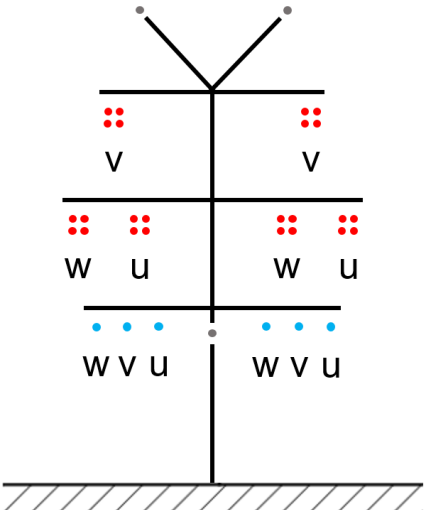
Mast	geplante Phasenlage		ungünstige Phasenlage	
Nr. 11 – Nr. 12				
elektrische Feldstärke am maßgebl. Minimierungsort	Nr. 01: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,4 kV/m	Nr. 01: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,4 kV/m
	Nr. 02: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,3 kV/m	Nr. 02: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,3 kV/m
	Nr. 03: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,4 kV/m	Nr. 03: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,4 kV/m
	Nr. 04: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,5 kV/m	Nr. 04: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,5 kV/m
	Nr. 05: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,5 kV/m	Nr. 05: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,5 kV/m
	Nr. 06: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,4 kV/m	Nr. 06: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,5 kV/m
	Nr. 07: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,6 kV/m	Nr. 07: $E_{50\text{ Hz}}$ =	1,0 kV/m
	Nr. 08: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,7 kV/m	Nr. 08: $E_{50\text{ Hz}}$ =	1,0 kV/m
	Nr. 09: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,7 kV/m	Nr. 09: $E_{50\text{ Hz}}$ =	1,2 kV/m
	Nr. 10: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,7 kV/m	Nr. 10: $E_{50\text{ Hz}}$ =	1,2 kV/m
	Nr. 11: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,7 kV/m	Nr. 11: $E_{50\text{ Hz}}$ =	1,2 kV/m
	Nr. 12: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,6 kV/m	Nr. 12: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,9 kV/m
	Nr. 13: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,7 kV/m	Nr. 13: $E_{50\text{ Hz}}$ =	1,1 kV/m
	Nr. 14: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,6 kV/m	Nr. 14: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,9 kV/m
	Nr. 15: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,5 kV/m	Nr. 15: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,8 kV/m
	Nr. 16: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,4 kV/m	Nr. 16: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,6 kV/m

Tabelle 21: Beispielhafter Vergleich der elektrischen Feldimmissionen bei nicht optimierter Leiteranordnung (ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (optimierte Phasenlage) an den maßgeblichen Minimierungsorten im technischen Abschnitt 1 (Bl. 4214) im Spannungsfeld Mast Nr. 11 bis Nr. 12 mit 110-/380-kV-Systeme am Mast.

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 50 von 61

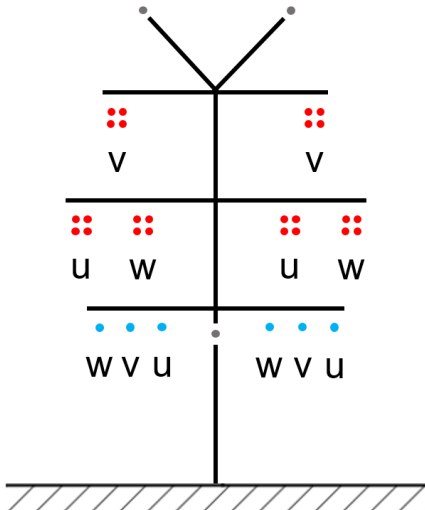
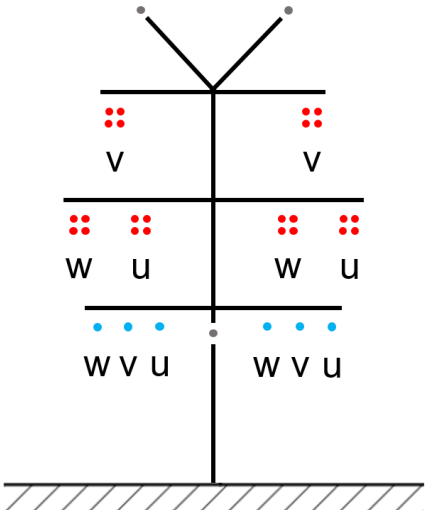
Mast	geplante Phasenlage	ungünstige Phasenlage
Nr. 11 – Nr. 12		
magn. Flussdichte am maßgebl. Minimierungsort	Nr. 01: $B_{50\text{ Hz}}$ = 4,8 μT Nr. 02: $B_{50\text{ Hz}}$ = 4,2 μT Nr. 03: $B_{50\text{ Hz}}$ = 6,2 μT Nr. 04: $B_{50\text{ Hz}}$ = 7,4 μT Nr. 05: $B_{50\text{ Hz}}$ = 7,9 μT Nr. 06: $B_{50\text{ Hz}}$ = 7,6 μT Nr. 07: $B_{50\text{ Hz}}$ = 11 μT Nr. 08: $B_{50\text{ Hz}}$ = 11 μT Nr. 09: $B_{50\text{ Hz}}$ = 11 μT Nr. 10: $B_{50\text{ Hz}}$ = 11 μT Nr. 11: $B_{50\text{ Hz}}$ = 12 μT Nr. 12: $B_{50\text{ Hz}}$ = 11 μT Nr. 13: $B_{50\text{ Hz}}$ = 11 μT Nr. 14: $B_{50\text{ Hz}}$ = 8,7 μT Nr. 15: $B_{50\text{ Hz}}$ = 7,8 μT Nr. 16: $B_{50\text{ Hz}}$ = 6,5 μT	Nr. 01: $B_{50\text{ Hz}}$ = 4,8 μT Nr. 02: $B_{50\text{ Hz}}$ = 4,2 μT Nr. 03: $B_{50\text{ Hz}}$ = 6,3 μT Nr. 04: $B_{50\text{ Hz}}$ = 7,6 μT Nr. 05: $B_{50\text{ Hz}}$ = 8,8 μT Nr. 06: $B_{50\text{ Hz}}$ = 8,4 μT Nr. 07: $B_{50\text{ Hz}}$ = 13 μT Nr. 08: $B_{50\text{ Hz}}$ = 12 μT Nr. 09: $B_{50\text{ Hz}}$ = 13 μT Nr. 10: $B_{50\text{ Hz}}$ = 13 μT Nr. 11: $B_{50\text{ Hz}}$ = 15 μT Nr. 12: $B_{50\text{ Hz}}$ = 12 μT Nr. 13: $B_{50\text{ Hz}}$ = 13 μT Nr. 14: $B_{50\text{ Hz}}$ = 11 μT Nr. 15: $B_{50\text{ Hz}}$ = 9,0 μT Nr. 16: $B_{50\text{ Hz}}$ = 6,9 μT

Tabelle 22: Beispielhafter Vergleich der magnetischen Feldimmissionen bei nicht optimierter Leiteranordnung (ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (optimierte Phasenlage) an den maßgeblichen Minimierungsorten im technischen Abschnitt 1 (Bl. 4214) im Spannungsfeld Mast Nr. 11 bis Nr. 12 mit 110-/380-kV-Systeme am Mast.

4.4.4.6 Zusammenfassung der Minimierungsmaßnahmen

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass alle Minimierungsmaßnahmen geprüft und unter Berücksichtigung der Schutzgüter Boden, Landschaft und Mensch, der räumlichen Einschränkungen durch kreuzende Freileitungen, Objekte und Fließgewässer sowie der vorzugsweisen Verwendung der Bestandsmasten bewertet wurden.

Die Anordnung der Stromkreise wurde so gewählt, dass die 380-kV-Stromkreise den größtmöglichen Abstand zum Boden haben. Auf Grund des schlechten Kosten-Nutzen-Verhältnisses wurde entschieden, keine zusätzlichen Erdseile zur elektrischen Schirmung u.a. unter den 110-kV-Systemen anzubringen. Die Leiterseilabstände orientieren sich an den Mindestisolierluftstrecken, sodass eine hohe Kompensation der Felder erreicht werden kann. Die bestehende Mastkopfgeometrie wurde als geeignet bestätigt. Die Leiteranordnung für die 380-kV-Stromkreise liegt in allen Spannungsfeldern optimiert vor.

Insgesamt wurde die Optimierung an allen maßgeblichen Minimierungsorten vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg in den Abschnitten von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld/KÜS Friedrichsfeld und von KÜS Budberg/Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 wirksam umgesetzt.

4.4.5 Maßnahmenbewertung: Neubau der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237

Für den Neubau der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 von KÜS Friedrichsfeld bis KÜS Budberg sowie für den Neubau der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld bis Pkt. Benderweg wurden alle oben genannten Optimierungsmaßnahmen geprüft und im Rahmen der Verhältnismäßigkeit angewendet.

Die Anwendung der Minimierungsmaßnahmen kann jedoch nicht unabhängig voneinander erfolgen. Das Ändern der Verlegetiefe hat beispielsweise gleichzeitig Auswirkungen auf die Kabelabstände der Kabel untereinander. 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 14 bis Tabelle 17) bewertet.

Ziel der Minimierungsprüfung war es, magnetische Felder unter den o. g. Rahmenbedingungen zu reduzieren. Entsprechend der Reihenfolge nach Nr. 5.3.2 der 26. BImSchVVwV werden die Minimierungsmaßnahmen im Folgenden diskutiert.

4.4.5.1 Minimieren der Erdkabelabstände

Die Minimierungsmaßnahme bedeutet, dass die Erdkabel mit möglichst geringem Abstand zueinander verlegt werden, wobei hierzu auch die Minimierung der Erdkabelabstände innerhalb eines Erdkabelsystems und zu anderen Erdkabel(teil-)systemen gehört.

Durch Minimieren der Erdkabelabstände kann unter Berücksichtigung der optimierten Phasenfolge eine günstige Überlagerung der Feldanteile über dem Erdreich erreicht werden, um dort niedrigere magnetische Flussdichten zu erreichen. Die Erdkabelabstände können allerdings nicht beliebig verringert werden. Bei der Umsetzung sind Mindesterdkabelabstände erforderlich, um gegenseitige thermische Belastungen der Erdkabel zu begrenzen.

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.

Die geplanten Erdkabelanlagen erfordern Kreuzungen von bestehender linearer Infrastruktur sowie Gewässer. Die Herstellung dieser Kreuzungen erfordert eine meist geschlossene Bauweise mit größeren Erdkabelabständen, die sich ungünstig auf die Überlagerung der Feldanteile auswirkt. Da jedoch unterirdisch verlegte Infrastruktur gekreuzt wird, erfolgt die Kreuzung mittels geschlossener Bauweise mit größerer Verlegetiefe. Dies wirkt sich durch größere Abstände zur Feldquelle reduzierend auf die Immissionen über dem Erdboden aus.

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

Dort wo im Bereich der Erdkabeltrasse die minimierten Abstände der Kabel nicht umgesetzt werden können und eine Aufweitung erforderlich ist kommt eine geschlossene Bauweise zur Querung von anderer Infrastruktur und Gewässern zum Einsatz. Dies ist bei der Querung von Gasleitungen im HDD-Verfahren, der DB-Strecke "Betuwe-Linie" inkl. parallel verlaufender Gasleitungen mittels Mikrotunnel, des Naturschutzgebiets Momm-Niederung einschließlich der Werkbahnlinie sowie der Wasserstraße Rhein mittels Rohrvortrieb der Fall. Dadurch wird die Minimierung des magnetischen Feldes durch eine andere Minimierungsmöglichkeit kompensiert.

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 Erdkabelanlagen der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 und 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 gewählt worden. Die grundsätzlich hohe Wirksamkeit dieser Minimierungsmaßnahme wird soweit möglich genutzt und umgesetzt.

4.4.5.2 Optimieren der Leiteranordnung

Die Leiteranordnung beschreibt die Anordnung der Phasen, d.h. die Anschlussreihenfolge der einzelnen Erdkabel. Sie nutzt die 120°-Phasenverschiebung der Ströme zwischen den drei einzelnen Phasen u, v und w (auch: R, S, T oder L1, L2, L3) im Drehstromsystem zur Feldkompensation aus, wenn mindestens zwei Systeme in räumlicher Nähe geführt werden. Durch die Phasenverschiebung der Ströme der einzelnen Phasen erreicht auch das magnetische

Feld eines jeden Phasenleiters das Maximum zueinander zeitversetzt. Bei optimierter Anordnung der Phasenfolge der Erdkabelanlagen kann somit eine Kompensation des über dem Erdboden bestehenden magnetischen Feldes erzielt werden.

Wie bei den Freileitungsabschnitten auch stellt die Optimierung der Leiteranordnung bei Erdkabelabschnitten eine wirksame Optimierungsmaßnahme zur Reduktion der magnetischen Flussdichte dar. Sie bestimmt die elektrischen Eigenschaften der Erdkabelsysteme im vermaschten Übertragungsnetz. Aus betrieblichen Gründen sind insbesondere elektrische Unsymmetrien sowie die Beeinflussung in der Nähe verlaufender Infrastruktur zu begrenzen.

Für das magnetische Feld kann eine optimierte Anordnung nur für einen speziellen Betriebsfall hergestellt werden. Das Minimierungspotential ist dabei gemäß Ziff. 4 der 26. BImSchVVwV für die überwiegend zu erwartende Stromrichtungskonstellation zu prüfen.

Die optimierte Leiteranordnung der horizontal nebeneinander angeordneten Einzelleitererdkabel ist in der nachfolgenden Abbildung 7 dargestellt und in den Immissionsbetrachtungen der Erdkabelanlage der Anlage K.8.2.2 und K.8.2.4 berücksichtigt. Diese Optimierungsmaßnahme wird somit in der Kabelplanung für horizontal nebeneinander angeordnete Einzelleitererdkabel umgesetzt, sowohl in offener Bauweise gemäß Regelgrabenprofil als auch bei der Sonderbauweise HDD-Verfahren als geschlossene Bauweise.

EOK

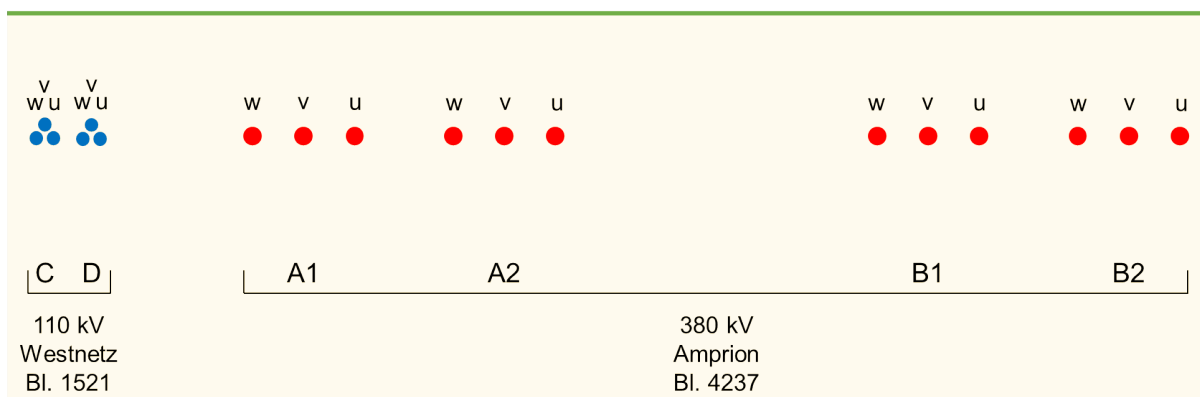


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Phasenlagen der 110-/380-kV-Erdkabelsysteme

Die optimierte Anordnung im Dreieck der Einzelleitererdkabel ist in den Immissionsbetrachtungen der Erdkabelanlage der Anlage K.8.2.3 und K.8.2.5 für die Sonderbauweise Kabeltunnel bzw. Mikrotunnel als geschlossene Bauweise berücksichtigt.

4.4.5.3 Optimieren der Verlegegeometrie

Unter der Verlegegeometrie wird die geometrische Anordnung der einzelnen Erdkabel im Kabelgraben verstanden. Wie bei der Freileitung ist es beispielsweise denkbar, die Einzelleitererdkabel vertikal übereinander, horizontal nebeneinander oder in einem Dreieck anzuordnen. Für die Kompensation ist eine Anordnung im Dreieck günstig. Zusätzlich können Erdkabel mit kleinerem Kabelquerschnitt auch verdreht werden.

Die Optimierung der Verlegegeometrie ist vor allem bei Einzelleitererd Kabel eine gute Minimierungsmaßnahme. Die Anforderungen an die Wärmeableitung können, wie es im Wesentlichen bei Erdkabelanlagen in der 380-kV-Ebene erforderlich ist, eine Flachverlegung der Einzelleitererd Kabel erfordern. Allerdings können übereinander verlegte oder verdrehte Erdkabel einen besonderen Aufwand bei der Entstörung benötigen.

Durch die Wahl einer günstigen Verlegegeometrie kann die Immission im Einwirkungsbereich deutlich gegenüber einer ungünstigen Geometrie verringert werden. Die Wirksamkeit der Maßnahme ist deshalb als hoch einzuschätzen.

Sie wird allerdings von anderen Anlagenparametern, wie z. B. bei nicht verdrehten Erdkabeln vom Kabelabstand beeinflusst. Die Verdrehung trägt in Abhängigkeit von der Schlaglänge zur Minimierung bei. Allerdings können übereinander verlegte oder verdrehte Erdkabel einen besonderen Aufwand bei der Entstörung benötigen.

In der 380-kV-Spannungsebene müssen die Erdkabelsysteme aufgrund der notwendigen Wärmeableitfähigkeit zur Sicherstellung der Übertragungskapazität und der höheren Anforderungen an die rasche Entstörung in der Flachverlegung umgesetzt werden. Dabei sind die Einzelleitererd Kabel so eng wie technisch möglich verlegt.

4.4.5.4 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 Einzelleitererd Kabel zum Erdboden und damit zu maßgeblichen Minimierungsorten zu vergrößern.

Für maßgebliche Minimierungsorte im Bewertungsbereich führen möglichst tief eingebrachte Erdkabel 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 die Optimierung der Verlegetiefe für die offene und geschlossene Bauweise durchgeführt.

4.4.5.5 Zusammenfassung der Minimierungsmaßnahmen

Unter Abwägung aller Belange, wie u. a. der Reduktion der Eingriffe in das Schutzgut Boden und der weiteren Schutzgüter nach dem Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz, wurden für den Neubau der Erdkabelanlagen der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 und 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 alle feldreduzierenden Maßnahmen geprüft, bewertet und entsprechend der Bewertungen und den Anforderungen des Immissionsschutzes umgesetzt.

4.4.6 Maßnahmenbewertung: Neubau der Kabelübergabestation Friedrichsfeld, Stations-Nr. 01474 und Kabelübergabestation Budberg, Stations-Nr. 01475

Für den Neubau der KÜS Friedrichsfeld, Stations-Nr. 01474 und KÜS Budberg, Stations-Nr. 01475 wurden alle oben genannten Optimierungsmaßnahmen geprüft und im Rahmen der Verhältnismäßigkeit angewendet.

Im Folgenden werden die einzelnen Minimierungsoptionen hinsichtlich ihres Minimierungspotentials für die nicht vorhandenen maßgeblichen Minimierungsorte im Einwirkungsbereich erläutert.

4.4.6.1 Abstandoptimierung

Bei der Abstandsoptimierung werden feldverursachende Anlagenteile innerhalb des umzäunten Betriebsgeländes der Kabelübergabestationen mit größtmöglicher Distanz zu maßgeblichen Minimierungsorten errichtet. Hierzu zählt auch die Erhöhung der Portale für zu- und abführende Freileitungen.

Durch die Standortwahl der Kabelübergabestationen Friedrichsfeld und Budberg ist eine Umsetzung der Minimierungsmöglichkeit hier nicht notwendig. Es befinden sich im Umkreis von 100 m rund um den Anlagenzaun keine Minimierungsorte im Einwirkungsbereich.

4.4.6.2 Minimierung der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung

Ziel dieser Minimierungsmaßnahme ist es, Betriebsmittel oder Betriebsmittelelemente, die Spannungen und Ströme mit unterschiedlicher Phase führen wie Stromschienen und Schaltfelder, möglichst nah zusammen kompakt aufzubauen, damit sich die elektrischen und magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.

Durch die Standortwahl der Kabelübergabestationen Friedrichsfeld und Budberg ist eine Umsetzung der Minimierungsmöglichkeit hier nicht notwendig. Es befinden sich im Umkreis von 100 m rund um den Anlagenzaun keine Minimierungsorte im Einwirkungsbereich.

4.4.7 Maßnahmenbewertung: Anbindung an 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2435 von Pkt. Ossenbergr bis Pkt. Eversael im Pkt. Eversael-West

Bei den notwendigen Änderungen des betroffenen Leitungsabschnitts zwischen dem bestehenden Mast Nr. 11 und dem neu zu errichtenden Kabelaufstiegs mast Nr. 1012 der Bl. 2435 ist eine Anwendung der Minimierungsmaßnahmen nicht notwendig. Es befinden sich im Abstand von 200 m um das zu ändernde Spannungsfeld keine Minimierungsorte im Einwirkungsbereich.

5 Angaben zur Qualität

Alle diesem Immissionsschutzbericht zugrundeliegenden Berechnungen wurden sorgfältig und gewissenhaft durchgeführt. Der Berechnungsfehler der verwendeten Software *WinField* beträgt maximal 1,4% gemäß Hersteller Zertifikat der FGEU mbH. Siehe hierzu Anlage K.8.5.

6 Fazit

Die Amprion GmbH plant die Errichtung und den Betrieb einer dauerhaften 110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung auf dem ca. 11,5 km langen Planungsabschnitt als Kombination aus Freileitung und Teilerdverkabelung zwischen Voerde bis Rheinberg (Pkt. Voerde bis Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung). Die durch diese Vorhaben hervorgerufenen Immissionen elektrischer und magnetischer Felder wurden in diesem Bericht geprüft. Die Untersuchung umfasste dabei die geplanten 110-/380-kV-Freileitungsabschnitte, Bl. 4214 von Pkt. Voerde – Pkt. Friedrichsfeld/KÜS Friedrichsfeld und von KÜS Budberg/Pkt. Benderweg – Pkt. Budberg, die 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage, Bl. 4237 vom KÜS Friedrichsfeld bis KÜS Budberg, die 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage, Bl. 1521 von Pkt. Friedrichsfeld bis Pkt. Benderweg sowie die Kabelübergabestationen Friedrichsfeld und Budberg.

Die Bewertung erfolgte gemäß den immissionsschutzrechtlichen Vorgaben der 26. BImSchV und 26. BImSchVVwV. Wie in Kapitel 4.1 dargelegt, werden die Anforderungen an Niederfrequenzanlagen zum Schutz der Bevölkerung (§ 3 der 26. BImSchV) eingehalten.

Als Pilotprojekt zur Erdverkabelung von 110-/380-kV-Systemen ergaben sich zudem sehr große Abstände zwischen Orten des nicht nur vorübergehenden Aufenthalts von Menschen mit dem Ergebnis, dass in diesem Vorhaben alle Immissionsorte außerhalb des Einwirkungsbereichs der Erdkabelanlagen [15] liegen. Am nächstgelegenen Betrachtungsort des Teilerdkabelabschnitts wurde eine maximale magnetische Flussdichte von 11 μT (vgl. Tabelle 20) ermittelt.

Die maximal prognostizierten Werte für die elektrische Feldstärke und magnetische Flussdichte der 50 Hz Komponente für den Freileitungsabschnitt betragen 0,9 kV/m und 17 μT (vgl. Tabelle 18 und Tabelle 19). Daraus ergibt sich die maximale Grenzwertausschöpfung der elektrischen Feldstärke von 18 % und 17 % der magnetischen Flussdichte. Sie liegen damit deutlich unterhalb der Grenzwertvorgaben der 26. BImSchV von 5 kV/m und 100 μT .

Kapitel 4.4 lässt sich die Umsetzung des Minimierungsgebots sowohl für den Freileitungsabschnitt als auch für die Teilerdverkabelung entnehmen. Es wurden alle technischen Möglichkeiten gemäß 26. BImSchVVwV hinsichtlich ihres Minimierungspotentials geprüft und Maßnahmen im Rahmen der Verhältnismäßigkeit wirksam angewendet. Für die Bereiche der Kabelübergabestation sind zusätzliche Minimierungsmaßnahmen aufgrund der Entfernung zu maßgeblichen Minimierungsorten nicht notwendig.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass alle immissionsschutzrechtlichen Vorgaben sowohl zum Schutz als auch zur Vorsorge für elektrische und magnetische Felder, einschließlich zu berücksichtigender Unsicherheiten, 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), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1362) geändert worden ist.
- [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), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Januar 2021 (BGBl. I S. 69) geändert worden ist.
- [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 for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (up to 300 GHz)," *Health Physics*, vol. 74, no. 4, pp. 494-522, 1998.
- [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] *DIN EN 50160: Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2020.
- [10] *Grundsätze für die Ausbauplanung des deutschen Übertragungsnetzes der vier Übertragungsnetzbetreiber in Deutschland.*, Ausgabe Juli 2022.
<https://www.amprion.net/Netzausbau/Netzplanungsgrundsätze/>.
- [11] P. Bauhofer, *Handbuch für Hochspannungsleitungen: niederfrequente elektromagnetische Felder und deren wirksame Reduktion*, Wien: Verband d. Elektrizitätswerke Österreichs, 1994.
- [12] D. Oeding und B. R. Oswald, *Elektrische Kraftwerke und Netze*, 7. Hrsg., Heidelberg: Springer, 2013.
- [13] Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH, *Benutzerhandbuch WinField (R) - Magnetic and Electric Field Calculation*, Berlin, 2022.
- [14] *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 50413:2009*, Berlin: VDE Verlag GmbH.

- [15] *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.
- [16] *DIN EN 50341-1 (VDE 0210-1): Freileitungen über AC 45 kV; Teil 1: Allgemeine Anforderungen - gemeinsame Festlegung*, Berlin: VDE-Verlag GmbH.
- [17] *DIN EN 50341-2 (VDE 0210-2): Freileitungen über AC 45 kV; Teil 2: Index der NNA (Nationale Normative Festsetzung)*, Berlin: VDE-Verlag GmbH.
- [18] *DIN EN 50341-2-4 (VDE 0210-2-4): Freileitungen über AC 1 kV; Teil 2-4: Nationale Normative Festsetzungen (NNA) für Deutschland*, Berlin: VDE Verlag GmbH.

A.2 Abbildungen

Abbildung 1:	Darstellung des Trassenverlaufs zum geplanten Vorhaben EnLAG Nr. 14.....	6
Abbildung 2:	Mastgrundformen: (a) Einebene, (b) Tonne, (c) Donau	15
Abbildung 3:	Mastmischformen: (a) Donau-Einebene, (b) Doppeltonne.....	15
Abbildung 4:	Schematische Darstellung einer 110-/380 kV-Erdkabelanlage.....	16
Abbildung 5:	Querschnitt eines VPE-Kabels.....	17
Abbildung 6:	Schematische Darstellung des Regelgrabenprofils nach Fertigstellung der 380-kV-Höchstspannungserdkabelanlage KÜS Friedrichsfeld – KÜS Budberg, Bl. 4237 und der 110-kV-Hochspannungserdkabelanlage Pkt. Friedrichsfeld – Pkt. Benderweg, Bl. 1521 im technischen Abschnitt 3.....	21
Abbildung 7:	Schematische Darstellung der Phasenlagen der 110-/380-kV-Erdkabelsysteme	53

A.3 Tabellen

Tabelle 1:	Grenzwerte für 50-Hz-Anlagen	10
Tabelle 2:	Spannungsbereiche der in den deutschen Verteil- und Übertragungsnetz eingesetzten Spannungsebenen nach DIN EN 50160.....	14
Tabelle 3:	Thermisch maximal zulässiger Dauerstrom I_D der im Bestand vorkommenden und im Vorhaben geplanten Leiterseile und Bündelleiter.	14
Tabelle 4:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 1 der Bl. 4214 für Mast Nr. 11 bis 13.	18
Tabelle 5:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 2 der Bl. 4214 für Portal Nr. P004. .	19
Tabelle 6:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 9 der Bl. 4214 für Portal Nr. P005. .	19
Tabelle 7:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 10 der Bl. 4214 für Mast Nr. 38 u. 39.	20
Tabelle 8:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 6 der bestehenden, kreuzenden Bl. 4574 für Mast Nr. 109 bis 111.	22
Tabelle 9:	Maßgebliche Immissionsorte zum technischen Abschnitt 1 (Bl. 4214): Anbindung an den nördlichen GA Binnenland (UA Niederrhein/Wesel bis Pkt. Voerde) von Mast Nr. 11 bis Mast Nr. 13 (Pkt. Friedrichsfeld). ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.....	26
Tabelle 10:	Maßgebliche Immissionsorte zum technischen Abschnitt 10 (Bl. 4214): Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 (Pkt. Benderweg) bis Mast Nr. 39. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.....	27
Tabelle 11:	Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 1 (Bl. 4214): Anbindung an den nördlichen GA Binnenland (UA Niederrhein/Wesel bis Pkt. Voerde) von Mast Nr. 11 bis Mast Nr. 13. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.	31

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 59 von 61

Tabelle 12:	Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 2 (Bl. 4214): Mast Nr. 13 (Pkt. Friedrichsfeld) bis Portal Nr. 004 (KÜS Friedrichsfeld). ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.....	31
Tabelle 13:	Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 10 (Bl. 4214): Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 (Pkt. Benderweg) bis Mast Nr. 39. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.....	31
Tabelle 14:	Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 3 (Bl. 4237 u. 1521): Regelgrabenprofil offene Verlegung. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.....	33
Tabelle 15:	Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 4 (Bl. 4237 u. 1521): HDD-Verfahren. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3. .	33
Tabelle 16:	Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 5 (Bl. 4237 u. 1521): Mikrotunnel. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.33	
Tabelle 17:	Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 6 (Bl. 4237 u. 1521): Kabeltunnel. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage K.8.3.	33
Tabelle 18:	Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten zum technischen Abschnitt 1 (Bl. 4214): Anbindung an den nördlichen GA Binnenland (UA Niederrhein/Wesel bis Pkt. Voerde) von Mast Nr. 11 bis Mast Nr. 13. ¹ Maximum grenzwertgewichtete Überlagerung gem. Anhang 2a 26. BlmSchV.....	36
Tabelle 19:	Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten zum technischen Abschnitt 10 (Bl. 4214): Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 bis Mast Nr. 39. ¹ Maximum grenzwertgewichtete Überlagerung gem. Anhang 2a 26. BlmSchV.....	36
Tabelle 20:	Feldimmissionen an den nächstliegenden Orten der technischen Abschnitte 3 bis 6 (Bl. 4237 und Bl. 1521). Das elektrische Feld wird durch Kabelmantel vollständig abgeschirmt und bei Erdkabelabschnitten nicht zu betrachten. ¹ Maximum grenzwertgewichtete Überlagerung gem. Anhang 2a 26. BlmSchV.....	37
Tabelle 21:	Beispielhafter Vergleich der elektrischen Feldimmissionen bei nicht optimierter Leiteranordnung (ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (optimierte Phasenlage) an den maßgeblichen Minimierungsorten im technischen Abschnitt 1 (Bl. 4214) im Spannungsfeld Mast Nr. 11 bis Nr. 12 mit 110-/380-kV-Systeme am Mast.	49
Tabelle 22:	Beispielhafter Vergleich der magnetischen Feldimmissionen bei nicht optimierter Leiteranordnung (ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (optimierte Phasenlage) an den maßgeblichen Minimierungsorten im technischen Abschnitt 1 (Bl. 4214) im Spannungsfeld Mast Nr. 11 bis Nr. 12 mit 110-/380-kV-Systeme am Mast.	50

Immissionsschutzbericht B0033

110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Wesel – Uffort, Bl. 4214 (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg (Pkt. Voerde - Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), Erdkabelpilot

Seite 60 von 61

A.4 Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
------------------	------------------

Abs.	Absatz
AL/ACS	Seilbezeichnung: Aluminium-Stalum-Seil
AL/AW	Seilbezeichnung: Aluminium-Stalum-Seil
AL/ST	Seilbezeichnung: Aluminium-Stahl-Seil
AY/ACS	Seilbezeichnung: Aluminium-Stalum-Seil
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Eine Verordnung zur Durchführung des BImSchG
Bl.	Bauleitnummer
bzw.	beziehungsweise
ca.	zirka
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EN	Europäische Norm
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HDD	Horizontal Directional Drilling
HTLS	High Temperature Low Sag
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
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
Lfd.	Laufend(e)
KÜS	Kabelübergabestation
Nr. / Nrn.	Nummer / Nummern
Pkt.	Punkt
S.	Satz
UA	Umspannanlage
VDE	VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.
vgl.	vergleiche
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-Einheiten² 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

²SI: Système international d'unités (französisch: Internationales Einheitensystem)