

Immissionsschutzbericht

Nr. B0030

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),
Freileitungsprovisorium

im Einzelnen:

- Neubau des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214
Pkt. Voerde – Pkt. Budberg

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

Ausgestellt: 08.03.2022

Dieses Dokument besteht aus 59 Seiten.
Registratur: G-PI/RA DIS700554390

Inhalt

1	Einführender Teil	4
1.1	Physikalische Grundlagen	7
1.1.1	Das elektrische Feld von Hochspannungsfreileitungen	7
1.1.2	Das magnetische Feld von Hochspannungsfreileitungen	8
1.2	Gesetzliche Anforderungen an Niederfrequenzanlagen	8
1.2.1	26. BImSchV	8
1.2.2	26. BImSchVVwV	9
2	Ausgangssituation	11
2.1	Technische Parameter	12
2.2	Verwendete Masttypen und Belegung: Neubau des 110-/380- kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums Pkt. Voerde – Pkt. Budberg, Bl. 4214	14
2.2.1	Technischer Abschnitt 1 – Anbindung an den nördlichen GA Binnenland (UA Niederrhein/Wesel bis Pkt. Voerde) Mast Nr. 11 bis Mast Nr. P1	14
2.2.2	Technischer Abschnitt 2 – Mast Nr. P1 bis Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11)	15
2.2.3	Technischer Abschnitt 3 – Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11) bis Mast Nr. P15	15
2.2.4	Technischer Abschnitt 4 – Mast Nr. P15 bis Mast Nr. P21 und Mast Nr. P24 bis Pkt. Eversael (Mast P35)	17
2.2.5	Technischer Abschnitt 5 – Mast Nr. P21 bis Mast Nr. P24	18
2.2.6	Technischer Abschnitt 6 – Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) bis Mast Nr. P45	18
2.2.7	Technischer Abschnitt 7 – Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) Mast Nr. P45 bis Mast Nr. 39	19
3	Ermittlung	21
3.1	Methodik	21
3.2	Maßgebliche Immissionssorte	22
3.2.1	Neubau des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums Pkt. Voerde – Pkt. Budberg, Bl. 4214 von Mast Nr. 11 (Pkt. Voerde) bis Mast Nr. 39 (Pkt. Budberg)	23
3.3	Maßgebliche Minimierungsorte	26
3.3.1	Neubau des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums Pkt. Voerde – Pkt. Budberg, Bl. 4214 von Mast Nr. 11 (Pkt. Voerde) bis Mast Nr. 39 (Pkt. Budberg)	26
4	Ergebnisse	33
4.1	Grenzwerteinhaltung	33
4.2	Überspannungsverbot und Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden	38
4.3	Minimierungsgebot	39
4.3.1	Vorprüfung	39
4.3.2	Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen	39
4.3.3	Maßnahmenbewertung	41

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 3 von 59

5	Angaben zur Qualität.....	53
6	Fazit	54
A	Verzeichnisse	55
A.1	Fachliteratur, Gesetze und Normen	55
A.2	Abbildungen	56
A.3	Tabellen	56
A.4	Abkürzungen.....	58
A.5	Formelzeichen	59

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 – Uftorf – 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.

Die Fertigstellung und Inbetriebnahme der Rheinquerung als Teilerdverkabelung (Erdkabelpilot), inklusive Planung, Genehmigung und Bau ist bis 2030 geplant. Für den Zeitraum ab 2024 bis zur Inbetriebnahme des Erdkabelpiloten ist nach netztechnischen Analysen eine eingeschränkte Systemsicherheit zu erwarten. Aus diesem Grund wird ein etwa 10,2 km langes Freileitungsprovisorium mit einem 380-kV-Stromkreis der Amprion GmbH und einem 110-kV-Stromkreis der Westnetz GmbH zwischen Pkt. Voerde und Pkt. Budberg, sowie einem zusätzlichen 220-kV-Stromkreis der Amprion GmbH zwischen Pkt. Eversael und Pkt. Budberg (ca. 5,4 km) geplant und beantragt. Es dient als temporäre Überbrückung bis zur Inbetriebnahme des Erdkabelpiloten, um den Lückenschluss der EnLAG-Projekte zwischen Niederrhein – Osterath – Rommerskirchen – Sechtem – Weißenthurm zu realisieren. Das Freileitungsprovisorium bildet somit einen Zwischenschritt auf dem Weg zum Endausbau und erhält die Netzsicherheit bis zur abschließenden Deckung des vollständigen Bedarfs durch den Erdkabelpiloten. Nach Inbetriebnahme des Erdkabelpiloten erfolgt der Rückbau des temporären Freileitungsprovisoriums.

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 5 von 59

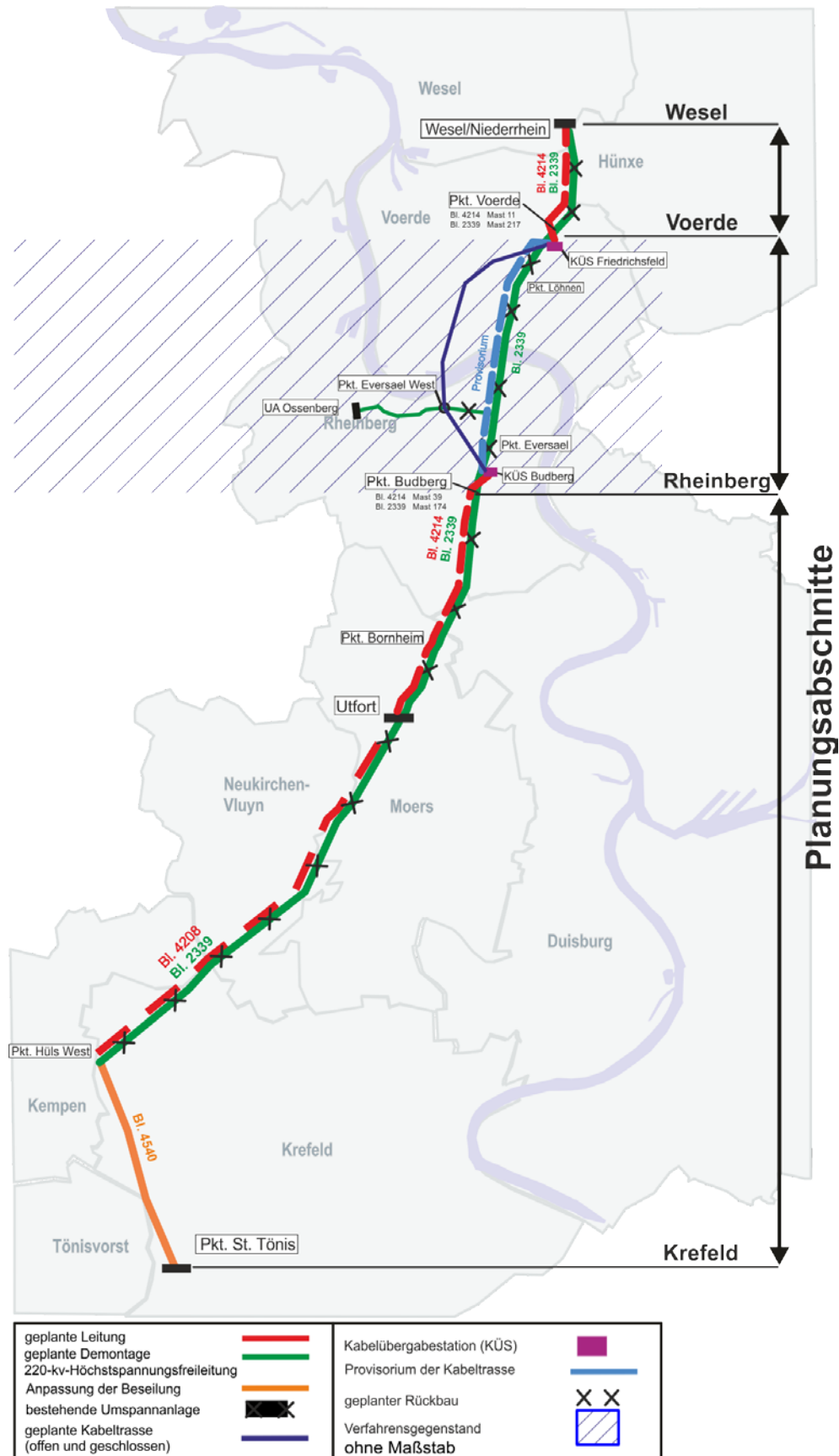


Abbildung 1: Darstellung des Trassenverlaufs zum geplanten Vorhaben EnLAG Nr. 14

Gegenstand des hier vorliegenden Immissionsschutzberichtes ist ausschließlich der Planungsbereich Voerde – Rheinberg (Pkt. Voerde – Pkt. Budberg inkl. Rheinquerung) für das Provisorium als Freileitung (siehe Schraffur Abbildung 1). Die beiden anderen Planungsabschnitte werden derzeit in einem gesonderten Planfeststellungsverfahren durchlaufen. Eine detaillierte Beschreibung und Darstellung des Vorhabens ist dem Erläuterungsbericht (Anlage P.1.1) sowie dem Übersichtsplan (Anlage P.2) und den Lageplänen (Anlage P.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 Änderungen an Hochspannungsfreileitungen 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 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 1 des Gesetzes vom 24. September 2021 (BGBl. I S. 4458)
- *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 2021 (Build 3210) 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 50413:2019*, Berlin: VDE Verlag GmbH.

- *Grundsätze für die Ausbauplanung des deutschen Übertragungsnetzes der vier Übertragungsnetzbetreiber in Deutschland.* Ausgabe Juli 2020. <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 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.

1.2 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 sechszehnten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) festgesetzt [3]. Die Vorgaben beruhen auf Empfehlungen eines von der Weltgesundheitsorganisation anerkannten wissenschaftlichen Gremiums, der Internationalen Kommission für den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (ICNIRP), und spiegeln den aktuellen Stand der Forschung bezüglich möglicher Wirkungen durch Felder auf den Menschen wieder [6, 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 $W(f)$ 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:

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

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. BImSchVwV) [8].

1.2.2 26. BImSchVwV

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 Netzver-

stärkung 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 Ausgangssituation

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 P.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.

Bei dem Freileitungsprovisorium handelt es sich um einen Leitungsneubau und den Betrieb der temporären 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4214 zwischen Pkt. Voerde und Pkt. Budberg, welche auf einer Länge von etwa 10,2 km einen 110-kV-Stromkreis der Westnetz GmbH sowie einen 380-kV-Stromkreis der Amprion GmbH umfasst. Darüber hinaus wird zur Versorgung der UA Ossenberg zwischen Pkt. Eversael und Pkt. Budberg ein zusätzlicher 220-kV-Stromkreis von etwa 5,4 km mitgeführt. Das Freileitungsprovisorium wird aus 48 provisorischen Masten Nr. P1 bis Nr. P48 und zwei dauerhafte Stahlgittermasten (Mast Nr. 12 und Nr. 38, Bl. 4214) errichtet, welche abschließend durch den Erdkabelpiloten genutzt werden sollen. Nach Inbetriebnahme des Erdkabelpiloten erfolgt der Rückbau der provisorischen Maste Nr. P1 bis Nr. P48 der Bl. 4214.

Das Vorhaben lässt sich in drei Streckenabschnitte untergliedern: in den Streckenabschnitt der Neubauanbindung des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 an den angrenzenden nördlichen (UA Niederrhein/Wesel – Pkt. Voerde) und südlichen (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) Genehmigungsabschnitt Binnenland sowie den Neubau des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 von Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung.

Im ersten Streckenabschnitt schließt das 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisorium, Bl. 4214 am Pkt. Voerde (Mast Nr. 11 der Bl. 4214) mit dem Mast Nr. 12 (dauerhafter Mast) im südöstlichen Bereich des Gewerbegebietes „Grenzstraße“ an den nördlichen Genehmigungsabschnitt Binnenland an und schwenkt anschließend mit dem Mast Nr. P1 in den bestehenden Trassenraum der 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2339. Beginnend ab Mast Nr. P1 verläuft das Freileitungsprovisorium im zweiten Streckenabschnitt überwiegend über landwirtschaftlich genutzte Flächen und führt an der Stadt Voerde vorbei. Bevor das Freileitungsprovisorium den Rhein quert, wird der Siedlungsbereich Götterswickerhamm überquert (Mastbereich Nr. P20 bis Nr. P22). Nach der Rheinquerung ab Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) wird ein zusätzlicher 220-kV-Stromkreis der Amprion GmbH aufgenommen. Das Freileitungsprovisorium verläuft weiterhin vorwiegend über landwirtschaftlich genutzte Flächen, führt an der Ortschaft Eversael vorbei und endet nordöstlich der Ortschaft Budberg am Pkt. Budberg. Im dritten Streckenabschnitt wird das Freileitungsprovisorium über den dauerhafter Mast Nr. 38 der Bl. 4214 an den Mast Nr. 39 des südlichen Genehmigungsabschnitts Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) geführt.

Im Zuge des Neubaus des 110-/380-kV Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 werden die Maste der Bestandsleitung der 110-/220-kV-Höchstspannungsfreileitung vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg, Bl. 2339 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.

Die Freileitungen sollen mit den folgenden wesentlichen Anlagenkenngößen 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.

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
HRL TAL/PMC 330/50	1,197 kA	2,394 kA	3,591 kA	4,788 kA
TALACS 380/50	1,350 kA	2,700 kA	4,050 kA	5,400 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 [14]. 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.

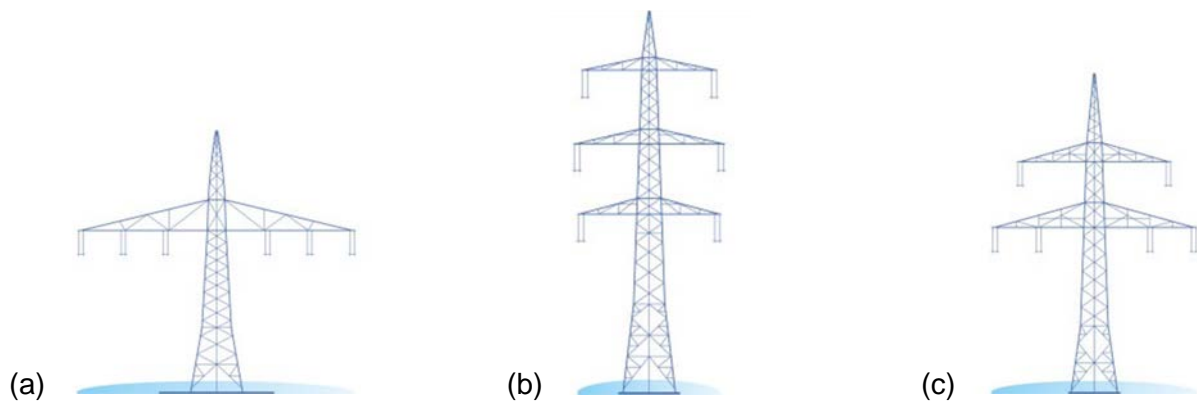


Abbildung 2: Mastgrundformen: (a) Einebene, (b) Tonne, (c) Donau

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.

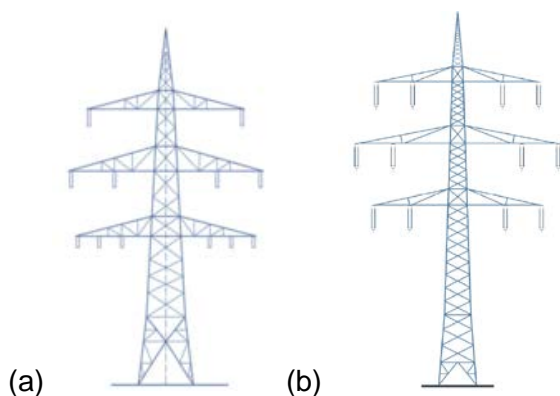


Abbildung 3: Mastmischformen: (a) Donau-Einebene, (b) Doppeltonne

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

2.2 Verwendete Masttypen und Belegung: Neubau des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums Pkt. Voerde – Pkt. Budberg, Bl. 4214

Im folgenden Abschnitt wird die zukünftige Stromkreisbelegung nach erfolgter Errichtung des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg in Tabelle 4 bis Tabelle 8 sowie Tabelle 11 bis Tabelle 17 dargestellt. Tabelle 9 und Tabelle 10 zeigt die Stromkreisbelegung der bestehenden, kreuzenden 110-/220-/380-kV-Freileitung GKW Voerde – Spellen Bl. 4574 am Pkt. Löhnen.

Die Beschreibung der zukünftigen Stromkreisbelegung der Bl. 4214 untergliedert sich in sieben technische Abschnitte (2.2.1 bis 2.2.7).

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

2.2.1 Technischer Abschnitt 1 – Anbindung an den nördlichen GA Binnenland (UA Niederrhein/Wesel bis Pkt. Voerde) Mast Nr. 11 bis Mast Nr. P1

Der technische Abschnitt 1 betrachtet die Anbindung des neu zu errichtenden 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 an den angrenzenden Genehmigungsabschnitt Binnenland (zwischen UA Niederrhein/Wesel – Pkt. Voerde) vom Verknüpfungspunkt Pkt. Voerde (Mast Nr. 11) bis Mast Nr. P1.

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 Bl. 4214/11) an. Die am Mast Bl. 4214/11 linksseitigen 110-/380-kV-Systeme (System 3 u. 4) werden für die temporäre Maßnahme zum Mast Bl. 4214/12 in südwestlicher Richtung als geerdete 110-/380-kV-Systeme im Spannungsfeld eingesetzt und folglich nicht mehr auf den provisorischen Mast Bl. 4214/P1 weitergeführt.

Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	110 kV	DEF	1	AL/ST 265/35
	2	380 kV	IJL	4	AL/ACS 550/70
	3	–	ABC	1	AL/ST 265/35
	4	–	GHK	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 und 12.

Es ist geplant, das Freileitungsprovisorium mit den rechtsseitigen 110-/380-kV-Systemen (System 1 und 2) des Mastes 4214/11 bzw. 4214/12 in einer Tonnenanordnung zu betreiben.

Die geplante Mastkonfiguration der Bl. 4214 für Mast Nr.11 und Nr. 12 ist Tabelle 4 zu entnehmen.

2.2.2 Technischer Abschnitt 2 – Mast Nr. P1 bis Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11)

Beginnend bei Mast Nr. P1 folgt das geplante einzeln verlaufende 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisorium, Bl. 4214 dem Trassenraum der zu demontierenden 110-/220-kV Höchstspannungsleitung, Bl. 2339 bis zum Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11) in südwestlicher Richtung. Der provisorische Mast Bl. 4214/P1 nimmt nur die rechtsseitigen 110-/380-kV-Systeme (System 1 und 2) des Mastes 4214/11 bzw. 4214/12 in einer Tonnenanordnung auf.

Folgende Tabelle 5 zeigt die geplante Mastkonfiguration für Mast Nr. P1 bis Nr. P10 des Typs D-AMP.2.

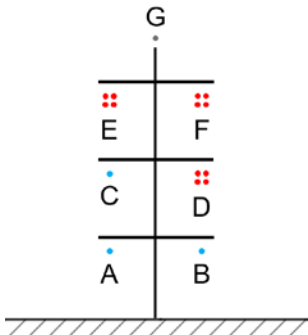
Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	110 kV	ABC	1	AL/ST 265/35
	2	380 kV	DEF	4	AL/ACS 550/70
	SLH	–	G	1	AY/ACS 241/40

Tabelle 5: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 2 der Bl. 4214 für Mast Nr. P1 bis P10.

2.2.3 Technischer Abschnitt 3 – Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11) bis Mast Nr. P15

Zwischen Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11) und Mast Nr. P15 kreuzt die aus Südosten kommende 110-/220-/380-kV-Freileitung GKW Voerde – Spellen, Bl. 4574 die Trassenachse des Freileitungsprovisoriums, Bl. 4214 im technischen Abschnitt 3. Aufgrund dieser Konstellation sieht die Planung eine Aufteilung der Systeme 1 und 2 der Bl. 4214 auf zwei temporärere Freileitungen in Parallellage vor, um die Querung zwischen Mast Nr. 107 und Nr. 108 unter dem Spannungsfeld der bestehenden Bl. 4574 durchzuführen, siehe Tabelle 7 und 8.

Die geplante Mastkonfiguration der Bl. 4214 für Mast Nr. P11 des Typs D-AMP.2. ist Tabelle 6 zu entnehmen.

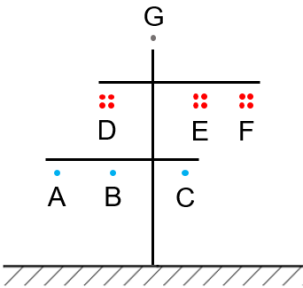
Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	110 kV	ABC	1	AL/ST 265/35
	2	380 kV	DEF	4	AL/ACS 550/70
	SLH	–	G	1	AY/ACS 241/40

Tabelle 6: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 3 der Bl. 4214 für Mast Nr. P11.

Die Aufteilung der Systeme 1 und 2 der Bl. 4214 ist wie folgt geplant: Die geplante Mastkonfiguration für das System 1 von Mast Nr. P11 nach Mast Nr. P12 und P13 zeigt Tabelle 7. Das System 2 von Mast Nr. P11 nach Mast Nr. P14 wird in Tabelle 8 dargestellt.

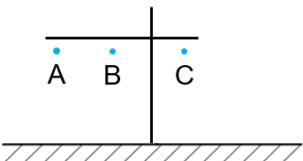
Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	110 kV	ABC	1	AL/ST 265/35

Tabelle 7: Freileitungskonfiguration im technischer Abschnitt 3 der Bl. 4214 für Mast Nr. P12 und P13.

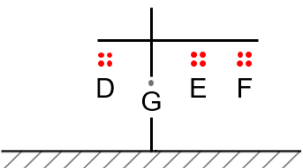
Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	2	380 kV	DEF	4	AL/ACS 550/70
	SLH	–	G	1	AY/ACS 241/40

Tabelle 8: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 3 der Bl. 4214 für Mast Nr. P14.

Die Konfiguration der bestehenden, kreuzenden 110-/220-/380-kV-Freileitung GKW Voerde – Spellen, Bl. 4574 für Mast Nr. 107 und Nr. 108 des Typs BD3 ist der Tabelle 9 zu entnehmen. Des Weiteren ist die vorhandene, vorgelagerte Mastkonfiguration der Bl. 4574 mit zwei 110-kV-Systemen für Mast Nr. 109 des Typs ABD6 ist Tabelle 10 zu entnehmen.

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
	SLH	–	M	1	AY/AW 216/33

Tabelle 9: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 3 der Bl. 4574 für Mast Nr. 107 und 108.

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 10: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 3 der Bl. 4574 für Mast Nr. 109.

Beim Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11) umgeht das geplante Freileitungsprovisorium Bl. 4214 die Kabelabführungsmaste Nr. 109A und Nr. 109B der 110-/220-/380-kV-Freileitung, Bl. 4574 für die 110-kV-Systeme und kreuzt die Einführung der 110-kV-Erdkabel Pkt. Löhnen - Sternbusch, KBl. 1141.

2.2.4 Technischer Abschnitt 4 – Mast Nr. P15 bis Mast Nr. P21 und Mast Nr. P24 bis Pkt. Eversael (Mast P35)

Der technische Abschnitt 4 betrachtet das weiterhin einzeln verlaufende 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisorium, Bl. 4214 im Abschnitt Mast Nr. P15 bis Mast Nr. P21 sowie nachfolgend im Abschnitt Mast Nr. P24 bis Mast Nr. P35 in südlicher Richtung. Nach der baubedingten Aufteilung der Systeme 1 und 2 der Bl. 4214 ist geplant, die Systeme wieder ab Mast Nr. P15 gemeinsam auf einer Freileitung zu führen. Die geplante Konfiguration der

Bl. 4214 für Mast Nr. P15 bis Nr. P20 sowie ab Mast Nr. P24 bis Nr. P34 des Typs D-AMP.2 ist Tabelle 11 zu entnehmen.

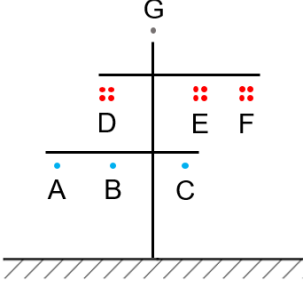
Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	110 kV	ABC	1	AL/ST 265/35
	2	380 kV	DEF	4	AL/ACS 550/70
	SLH	–	G	1	AY/ACS 241/40

Tabelle 11: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 4 der Bl. 4214 für Mast Nr. P15 bis P20 und Mast für Nr. P24 bis P34.

2.2.5 Technischer Abschnitt 5 – Mast Nr. P21 bis Mast Nr. P24

Im Abspannabschnitt zwischen den Masten Nr. P21 und Nr. P24 ist eine Änderung des Seiltyps HRL TAL/PMC 330/50 anstatt des Seiltyps AL/ACS 550/70 im vierfach Bündel für System 2 geplant. Aus diesem Grund wird der Abspannabschnitt separat als technischer Abschnitt 5 des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 betrachtet. Die geplante Mastkonfiguration der Bl. 4214 für Mast Nr. P21 abgehend bis Mast Nr. P24 ankommend des Typs D-AMP.2 ist Tabelle 12 zu entnehmen.

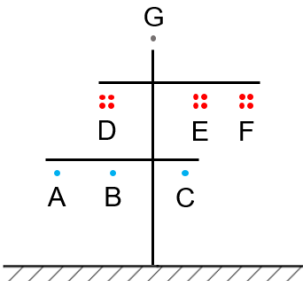
Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	110 kV	ABC	1	AL/ST 265/35
	2	380 kV	DEF	4	HRL TAL/PMC 330/50
	SLH	–	G	1	AY/ACS 241/40

Tabelle 12: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 5 der Bl. 4214 für Mast Nr. P21 abgehend bis Mast Nr. P24 ankommend.

2.2.6 Technischer Abschnitt 6 – Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) bis Mast Nr. P45

Ab Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) erfolgt auf dem weiterhin einzeln verlaufenden 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisorium, Bl. 4214 die Mitnahme eines 220-kV-Systems (System 3) des 110-/220-kV Höchstspannungsleitung Ossenbergl – Pkt. Eversael, Bl. 2435 auf einer weiteren, dritten Traversenebene unterhalb eines 110-kV-Systems der Westnetz GmbH (System 1) im technischen Abschnitt 6. Das 110-kV-System (System 1) wird als Dreibein am Mast Nr. P35 mit der Bl. 2435 verknüpft und das 220-kV-System (System 3)

bis zum Pkt. Budberg ebenfalls mitgeführt. Das System 2 bleibt trotz des Dreibeins am Pkt. Eversael in seiner Konfiguration unverändert. Folgende Tabelle 13 zeigt die Mastkonfiguration für Mast Nr. P35 abgehend bis Nr. P45 des Typs D-AMP.2.

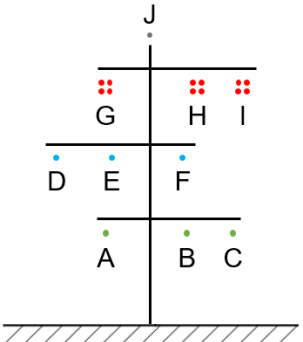
Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	110 kV	DEF	1	AL/ST 265/35
	2	380 kV	GHI	4	AL/ACS 550/70
	3	220 kV	ABC	1	TALACS 380/50
	SLH	–	J	1	AY/ACS 241/40

Tabelle 13: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 6 der Bl. 4214 für Mast Nr. P35 abgehend bis Mast Nr. P45.

2.2.7 Technischer Abschnitt 7 – Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) Mast Nr. P45 bis Mast Nr. 39

Der technische Abschnitt 7 umfasst die Anbindung des neu zu errichtenden 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 an den angrenzenden Genehmigungsabschnitt Binnenland (zwischen Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis).

Bei dem geplanten Mast Nr. P45 erreicht das weiterhin einzeln verlaufende 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisorium, Bl. 4214 den Verknüpfungspunkt Pkt. Budberg. Die Planung des Freileitungsprovisoriums sieht in diesem Bereich eine Auflage eines 380-kV-Systems (System 2) auf der rechten Seite von Mast Nr. 38 vor, während das 110-kV- und das 220-kV-System über Mast Nr. P46 abgeführt und vom Mastportal Nr. P47 (System 1) und Nr. P48 (System 3) aufgenommen werden. Die geplante Konfiguration der Bl. 4214 für Mast Nr. P46, Nr. P47 und Nr. P48 ist Tabelle 14 bis 16 zu entnehmen.

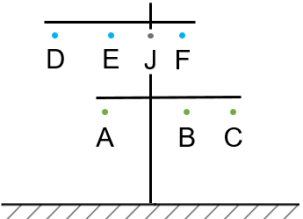
Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	110 kV	DEF	1	AL/ST 265/35
	3	220 kV	ABC	1	TALACS 380/50
	ES	–	J	1	AY/ACS 265/35

Tabelle 14: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 7 der Bl. 4214 für Mast Nr. P46.

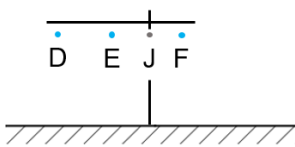
Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	110 kV	DEF	1	AL/ST 265/35
	ES	–	J	1	AY/ACS 265/35

Tabelle 15: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 7 der Bl. 4214 für Mast Nr. P47.

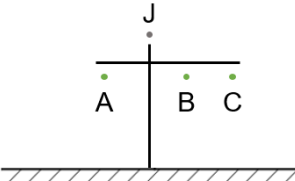
Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	3	220 kV	ABC	1	TALACS 380/50
	ES	–	J	1	AY/ACS 265/35

Tabelle 16: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 7 der Bl. 4214 für Mast Nr. P48.

Des Weiteren werden am dauerhaften Mast Nr. 38 ein 110-kV-System (System 1), ein 220-kV-System (System 3), welches für den Endausbau 380-kV-isoliert ist, aufgelegt und mit einem 380-kV-System (System 2) zum Mast Nr. 39 an den angrenzenden Genehmigungsabschnitt Binnenland (zwischen Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) geführt.

Die geplante Konfiguration der Bl. 4214 für Mast Nr. 38 und Nr. 39 ist Tabelle 17 zu entnehmen.

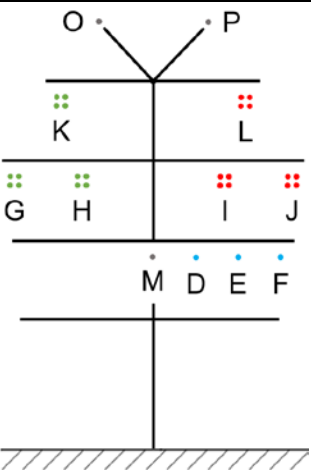
Masttyp	System	Nennspannung	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	110 kV	DEF	1	AL/ST 265/35
	2	380 kV	IJL	4	AL/ACS 550/70
	3	220 kV (380 kV isoliert)	GHK	4	AL/ACS 550/70
	SLH	–	M	1	AY/ACS 241/40
	SLH	–	O	1	AY/ACS 241/40
	SLH	–	P	1	AY/ACS 241/40

Tabelle 17: Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 7 der Bl. 4214 für Mast Nr. 38 bis 39.

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 [12]. 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, 10, 11, 12], für die Berechnung der magnetischen Flussdichte wird das Ampère'sche Gesetz ausgewertet [5, 12]. Die verwendeten Methoden entsprechen damit den in der DIN EN 50413 spezifizierten Anforderungen [13].

Das geplante neu zu errichtende 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisorium, Bl. 4214 vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg 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 der entsprechend der Bündelleiterzahl thermisch maximale Dauerstrom I_D nach Tabelle 3 verwendet. Wie in Kapitel 2.1 erläutert, werden die Stromstärken über 4 kA beim Viererbündel AL/ACS 550/70, HRL TAL/PMC 330/50 und TALACS 380/50 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) [14]. 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 er vernachlässigt werden kann.

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 [14].

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.

Die Breite des Einwirkungsbereichs ist bei Freileitungen abhängig von ihrer Nennspannung und bemisst sich als ein an den ruhenden äußeren Leiter angrenzender Streifen. Für 380-kV-Freileitungen gilt gemäß LAI-Hinweisen eine Breite von 20 m zu beiden Seiten, für 220-kV-Freileitungen eine Breite von 15 m und für 110-kV-Freileitungen eine Breite von 10 m.

3.2.1 Neubau des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums Pkt. Voerde – Pkt. Budberg, Bl. 4214 von Mast Nr. 11 (Pkt. Voerde) bis Mast Nr. 39 (Pkt. Budberg)

Der gesamte Bereich des Trassenverlaufs des geplanten Neubaus von Pkt. Voerde (Mast Nr. 11) bis Mast Nr. 39 (Pkt. Budberg) des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg wurde auf maßgebliche Immissionsorte kontrolliert. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem amtlichen Kataster 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 P.8.3 auf den Blättern 1 bis 4 kartographisch im Bewertungsbereich dargestellten maßgeblichen Immissionsorte ermittelt werden. Es wurden insgesamt 42 maßgebliche Immissionsorte identifiziert, welche nach technischen Abschnitten in Tabelle 18 bis 23 aufgeführt sind.

Nr.	Immissionsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
1	Voerde, Flur 4, Flurstück 392	Wohnen und Grünfläche	11 – 12	Blatt 1
2	Voerde, Flur 4, Flurstück 391	Wohnen und Garten	11 – 12	Blatt 1
3	Voerde, Flur 30, Flurstück 103	Wohnen und Grünfläche	11 – 12	Blatt 1
4	Voerde, Flur 30, Flurstück 116	Handel und Verwaltung	11 – 12	Blatt 1
5	Voerde, Flur 30, Flurstück 160	Gewerbe	11 – 12	Blatt 1
6	Voerde, Flur 30, Flurstück 29, 101, 158, 159	Handel und Verwaltung	11 – 12	Blatt 1
7	Voerde, Flur 30, Flurstück 112, 126, 127, 138, 139	Gewerbe und Industrie	11 – 12	Blatt 1
8	Voerde, Flur 30, Flurstück 155	Gewerbe und Industrie	11 – 12	Blatt 1
9	Voerde, Flur 30, Flurstück 131, 132	Gewerbe und Industrie	11 – 12	Blatt 1
10	Voerde, Flur 30, Flurstück 151	Handel und Dienstleistungen	11 – 12	Blatt 1
11	Voerde, Flur 30, Flurstück 152	Gewerbe und Industrie	12 – P1	Blatt 1

Tabelle 18: 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. P1. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 24 von 59

Nr.	Immissionsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
12	Voerde, Flur 21, Flurstück 300, 748, 749	Wohnen und Garten	P5 – P6	Blatt 1
13	Voerde, Flur 27, Flurstück 193	Wohnen, Gewerbe und Industrie	P6 – P7	Blatt 1
14	Voerde, Flur 27, Flurstück 103, 104	Wohnen, Gewerbe und Industrie	P6 – P7	Blatt 1
15	Voerde, Flur 20, Flurstück 357	Wohnen	P9 – P10	Blatt 1
16	Voerde, Flur 20, Flurstück 30	Wohnen, Land- und Forstwirtschaft	P9 – P10	Blatt 1
17	Voerde, Flur 20, Flurstück 147	Wohnen und Garten	P9 – P10	Blatt 1
18	Voerde, Flur 20, Flurstück 150, 151	Wohnen und Garten	P9 – P10	Blatt 1
19	Voerde, Flur 20, Flurstück 26, 154	Wohnen und Garten	P9 – P10	Blatt 1

Tabelle 19: Maßgebliche Immissionsorte zum technischen Abschnitt 2 (Bl. 4214): Mast Nr. P1 bis Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11). ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.

Im technischen Abschnitt 3 vom Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11) bis zum Mast Nr. P15 der Bl. 4214 sind keine maßgeblichen Immissionsorte vorhanden.

Nr.	Immissionsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
20	Löhnen, Flur 7, Flurstück 25	Land- und Forstwirtschaft	P18 – P19	Blatt 2
21	Görsicker, Flur 1, Flurstück 105	Wohnen	P20 – P21	Blatt 2
22	Görsicker, Flur 1, Flurstück 80, 99	Wohnen und Garten	P20 – P21	Blatt 2
23	Görsicker, Flur 1, Flurstück 9	Wohnen	P20 – P21	Blatt 2
24	Görsicker, Flur 1, Flurstück 225, 242	Wohnen und Garten	P20 – P21	Blatt 2

Tabelle 20: Maßgebliche Immissionsorte zum technischen Abschnitt 4 (Bl. 4214): Mast Nr. P15 bis Mast Nr. P21 und Mast Nr. P24 bis Pkt. Eversael (Mast P35). ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 25 von 59

Nr.	Immissionsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
25	Görsicker, Flur 1, Flurstück 106, 108	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
26	Görsicker, Flur 1, Flurstück 222, 223	Wohnen, Pumpwerk	P21 – P22	Blatt 2
27	Görsicker, Flur 1, Flurstück 209, 267, 268	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
28	Görsicker, Flur 1, Flurstück 140, 141	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
29	Görsicker, Flur 1, Flurstück 261	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
30	Görsicker, Flur 1, Flurstück 249	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
31	Görsicker, Flur 1, Flurstück 111	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
32	Görsicker, Flur 1, Flurstück 237	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
33	Görsicker, Flur 1, Flurstück 262	Wohnen und Garten	P21 – P22	Blatt 2
34	Görsicker, Flur 1, Flurstück 116	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
35	Görsicker, Flur 1, Flurstück 169	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
36	Görsicker, Flur 1, Flurstück 171	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
37	Görsicker, Flur 1, Flurstück 149	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
38	Görsicker, Flur 1, Flurstück 263	Garten	P21 – P22	Blatt 2
39	Görsicker, Flur 1, Flurstück 260	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
40	Görsicker, Flur 1, Flurstück 47	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2

Tabelle 21: Maßgebliche Immissionsorte zum technischen Abschnitt 5 (Bl. 4214): Mast Nr. P21 bis Mast Nr. P24. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.

Nr.	Immissionsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
41	Eversael, Flur 3, Flurstück 221, 222	Entsorgungsanlage und Grünfläche	P38 – P39	Blatt 4

Tabelle 22: Maßgebliche Immissionsorte zum technischen Abschnitt 6 (Bl. 4214): Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) bis Mast Nr. P45. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.

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

Tabelle 23: Maßgebliche Immissionsorte zum technischen Abschnitt 7 (Bl. 4214): Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 bis Mast Nr. 39. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.

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. Als maßgebliche Minimierungsorte gelten Gebäude, Gebäudeteile oder Grundstücke, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, insb. 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 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; für 220-kV-Freileitungen gilt 300 m vom ruhenden äußeren Leiterseil und für 110-kV-Freileitungen sind es analog 200 m.

3.3.1 Neubau des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums Pkt. Voerde – Pkt. Budberg, Bl. 4214 von Mast Nr. 11 (Pkt. Voerde) bis Mast Nr. 39 (Pkt. Budberg)

Der gesamte Bereich des Trassenverlaufs des geplanten Neubaus von Pkt. Voerde (Mast Nr. 11) bis Mast Nr. 39 (Pkt. Budberg) des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 wurde nach maßgeblichen Minimierungsorten überprüft. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem amtlichen Kataster 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. So konnten die in Anlage P.8.3 auf den Blättern 1 bis 4 kartographisch im Einwirkungsbereich dargestellten maßgeblichen Minimierungsorte ermittelt werden. Es wurden insgesamt 107 maßgebliche Minimierungsorte identifiziert, welche nach technischen Abschnitten in Tabelle 24 bis 30 aufgeführt sind.

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 27 von 59

Nr.	Minimierungsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
1	Voerde, Flur 4 (dichte Bebauung: Hindenburgstraße)	Wohnen	11 – 12	Blatt 1
2	Voerde, Flur 5, Flurstück 1, 2	Wohnen und Garten	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
16	Voerde, Flur 30, Flurstück 151	Handel und Dienstleistungen	11 – 12	Blatt 1
17	Voerde, Flur 30, Flurstück 152	Gewerbe und Industrie	12 – P1	Blatt 1
18	Voerde, Flur 30, 31, 33 (dichte Bebauung: Kleiner Kiwitt, Grenzstraße)	Wohnen	12 – P1	Blatt 1

Tabelle 24: 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. P1. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 28 von 59

Nr.	Minimierungsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan¹
19	Voerde, Flur 31, 33 (dichte Bebauung: Kleiner Kiwitt, Grenzstraße, Zunftweg)	Wohnen	P1 – P2	Blatt 1
20	Voerde, Flur 31 (dichte Bebauung: Heide- weg, Grenzstraße)	Wohnen	P2 – P3	Blatt 1
21	Voerde, Flur 3, Flurstück 208	Wohnen, Land- und Forst- wirtschaft, Sportstätte, Reitplatzanlage	P2 – P3	Blatt 1
22	Voerde, Flur 3, Flurstück 95	Wohnen und Garten, Land- und Forstwirtschaft	P2 – P3	Blatt 1
23	Voerde, Flur 32, Flurstück 62	Land- und Forstwirtschaft, Sportstätte, Reitplatzan- lage	P3 – P4	Blatt 1
24	Voerde, Flur 31, Flurstück 111	Wohnen und Garten	P3 – P4	Blatt 1
25	Voerde, Flur 3 (dichte Bebauung: Heide- weg, Im Hörsken)	Wohnen	P3 – P4	Blatt 1
26	Voerde, Flur 3, Flurstück 185	Wohnen und Grünfläche, Land- und Forstwirtschaft	P3 – P4	Blatt 1
27	Voerde, Flur 21, Flurstück 59	Wohnen, Land- und Forst- wirtschaft	P4 – P5	Blatt 1
28	Voerde, Flur 3 (dichte Bebauung: Im Hörsken)	Wohnen	P4 – P5	Blatt 1
29	Voerde, Flur 21 (dichte Bebauung: Alter Hammweg)	Wohnen	P4 – P5	Blatt 1
30	Voerde, Flur 3, Flurstück 70, 71	Land- und Forstwirtschaft	P4 – P5	Blatt 1
31	Voerde, Flur 3, Flurstück 174	Wohnen und Garten	P4 – P5	Blatt 1
32	Voerde, Flur 3, Flurstück 69	Wohnen und Garten, Land- und Forstwirtschaft	P4 – P5	Blatt 1
33	Voerde, Flur 27, Flurstück 77	Wohnen und Garten	P5 – P6	Blatt 1
34	Voerde, Flur 21, Flurstück 300, 748, 749	Wohnen und Garten	P5 – P6	Blatt 1
35	Voerde, Flur 27, Flurstück 84	Wohnen und Garten	P5 – P6	Blatt 1
36	Voerde, Flur 27, Flurstück 83	Wohnen und Garten	P5 – P6	Blatt 1
37	Voerde, Flur 21, Flurstück 636, 637	Wohnen und Grünfläche, Land- und Forstwirtschaft	P6 – P7	Blatt 1
38	Voerde, Flur 27, Flurstück 193	Wohnen, Gewerbe und In- dustrie	P6 – P7	Blatt 1

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 29 von 59

39	Voerde, Flur 27, Flurstück 103, 104	Wohnen, Gewerbe und Industrie	P6 – P7	Blatt 1
40	Voerde, Flur 27 (dichte Bebauung: Weseler Weg)	Wohnen	P6 – P7	Blatt 1
41	Voerde, Flur 20, 21, 27 (dichte Bebauung: Im Hundsbusch, Grünstraße, Ruhlskath, Friedrichsfelder Straße)	Wohnen	P6 – P7	Blatt 1
42	Voerde, Flur 20 (dichte Bebauung: Grünstraße, Ruhlskath, Tönningstraße)	Wohnen	P7 – P8	Blatt 1
43	Voerde, Flur 20, Flurstück 540	Wohnen, Land- und Forstwirtschaft	P8 – P9	Blatt 1
44	Voerde, Flur 27, Flurstück 248, 249, 250	Wohnen, Gewerbe und Industrie, Kfz-Meisterbetrieb	P8 – P9	Blatt 1
45	Voerde, Flur 14, Flurstück 166, 167	Wohnen, Land- und Forstwirtschaft	P8 – P9	Blatt 1
46	Voerde, Flur 20, Flurstück 295	Wohnen, Land- und Forstwirtschaft, Reitplatz	P8 – P9	Blatt 1
47	Voerde, Flur 19, 20 (dichte Bebauung: Grünstraße, Tönningstraße, Klosterkamp)	Wohnen	P8 – P9	Blatt 1
48	Voerde, Flur 14, 20 (dichte Bebauung: Schafstege, Mühlenstraße)	Wohnen	P8 – P9	Blatt 1
49	Voerde, Flur 14 (dichte Bebauung: Mühlenstraße, Hammweg, Frankfurter Straße)	Wohnen	P9 – P10	Blatt 1
50	Voerde, Flur 19, 20 (dichte Bebauung: Frankfurter Straße, Grünstraße)	Wohnen	P9 – P10	Blatt 1
51	Voerde, Flur 20, Flurstück 357	Wohnen	P9 – P10	Blatt 1
52	Voerde, Flur 20, Flurstück 30	Wohnen, Land- und Forstwirtschaft	P9 – P10	Blatt 1
53	Voerde, Flur 20, Flurstück 147	Wohnen und Garten	P9 – P10	Blatt 1
54	Voerde, Flur 20, Flurstück 150, 151	Wohnen und Garten	P9 – P10	Blatt 1
55	Voerde, Flur 20, Flurstück 26, 154	Wohnen und Garten	P9 – P10	Blatt 1
56	Voerde, Flur 19, 20 (dichte Bebauung: Frankfurter Straße, Grünstraße, Bahnhofstraße)	Wohnen	P10 – P11	Blatt 1

Tabelle 25: Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 2 (Bl. 4214): Mast Nr. P1 bis Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11). ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 30 von 59

Nr.	Minimierungsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
57	Voerde, Flur 19, 20 (dichte Bebauung: Frankfurter Straße, Bahnhofstraße)	Wohnen	P12 – P13	Blatt 1

Tabelle 26: Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 3 (Bl. 4214): Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11) bis Mast Nr. P15. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.

Nr.	Minimierungsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
58	Löhnen, Flur 3, Flurstück 34, 99	Entsorgungsanlage, Abwasserbeseitigung	P15 – P16	Blatt 1
59	Löhnen, Flur 8, Flurstück 5	Wohnen, Land- und Forstwirtschaft	P15 – P16	Blatt 1
60	Löhnen, Flur 3, Flurstück 51	Wohnen und Garten	P15 – P16	Blatt 1
61	Löhnen, Flur 3, Flurstück 104	Sportstätte	P15 – P16	Blatt 1
62	Löhnen, Flur 8 (dichte Bebauung: Küpperstraße, Lübdingstraße, Bonneviestraße)	Wohnen	P16 – P17	Blatt 1
63	Löhnen, Flur 8 (dichte Bebauung: Küpperstraße, Bonneviestraße, Löhner Kirchweg)	Wohnen	P17 – P18	Blatt 1
64	Löhnen, Flur 6 (dichte Bebauung: Küpperstraße, Bonneviestraße, Löhner Kirchweg)	Wohnen	P18 – P19	Blatt 1
65	Löhnen, Flur 7, Flurstück 25	Land- und Forstwirtschaft	P18 – P19	Blatt 1
66	Löhnen, Flur 6, Flurstück 7	Wohnen und Garten	P19 – P20	Blatt 1
67	Löhnen, Flur 6, Flurstück 5	Wohnen	P19 – P20	Blatt 1
68	Löhnen, Flur 6, Flurstück 8	Wohnen, Land- und Forstwirtschaft	P19 – P20	Blatt 1
69	Löhnen, Flur 6, Flurstück 23	Wohnen	P19 – P20	Blatt 1
70	Löhnen, Flur 6, Flurstück 22	Wohnen, Land- und Forstwirtschaft	P19 – P20	Blatt 1
71	Löhnen, Flur 2 (dichte Bebauung: Löhner Kirchweg, Gørsickerfeld)	Wohnen	P20 – P21	Blatt 1
72	Gørsicker, Flur 1, Flurstück 105	Wohnen	P20 – P21	Blatt 1
73	Gørsicker, Flur 1, Flurstück 80, 99	Wohnen und Garten	P20 – P21	Blatt 1

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 31 von 59

74	Görsicker, Flur 1, Flurstück 9	Wohnen	P20 – P21	Blatt 1
75	Görsicker, Flur 1, Flurstück 225, 242	Wohnen und Garten	P20 – P21	Blatt 1
95	Orsoy-Stadt, Flur 2, Flurstück 145	Gewerbe und Industrie	P24 – P25	Blatt 3
96	Eversael, Flur 1, Flurstück 318	Wohnen, Land- und Forstwirtschaft	P30 – P31	Blatt 3

Tabelle 27: Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 4 (Bl. 4214): Mast Nr. P15 bis Mast Nr. P21 und Mast Nr. P24 bis Pkt. Eversael (Mast P35). ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.

Nr.	Minimierungsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
76	Görsicker, Flur 1, Flurstück 106, 108	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
77	Görsicker, Flur 1, Flurstück 222, 223	Wohnen, Pumpwerk	P21 – P22	Blatt 2
78	Görsicker, Flur 1, Flurstück 266	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
79	Görsicker, Flur 1, Flurstück 209, 267, 268	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
80	Görsicker, Flur 1, Flurstück 140, 141	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
81	Görsicker, Flur 1, Flurstück 261	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
82	Görsicker, Flur 1, Flurstück 249	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
83	Görsicker, Flur 1, Flurstück 111	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
84	Görsicker, Flur 1, Flurstück 237	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
85	Görsicker, Flur 1, Flurstück 262	Wohnen und Garten	P21 – P22	Blatt 2
86	Görsicker, Flur 1, Flurstück 116	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
87	Görsicker, Flur 1 (dichte Bebauung: Himmbruchweg, Kortenacker, Dammstraße)	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
88	Görsicker, Flur 1, 2 (dichte Bebauung: Löhner Kirchweg, Görsickerfeld, Oberer Hilding, Dammstraße)	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
89	Görsicker, Flur 1, Flurstück 169	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
90	Görsicker, Flur 1, Flurstück 171	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
91	Görsicker, Flur 1, Flurstück 149	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
92	Görsicker, Flur 1, Flurstück 263	Garten	P21 – P22	Blatt 2
93	Görsicker, Flur 1, Flurstück 260	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2
94	Görsicker, Flur 1, Flurstück 47	Wohnen	P21 – P22	Blatt 2

Tabelle 28: Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 5 (Bl. 4214): Mast Nr. P21 bis Mast Nr. P24. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 32 von 59

Nr.	Minimierungsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
97	Eversael, Flur 1, Flurstück 98, 99	Wohnen, Land- und Forstwirtschaft	P36 – P37	Blatt 3
98	Eversael, Flur 1, Flurstück 304	Wohnen, Land- und Forstwirtschaft	P36 – P37	Blatt 3
99	Eversael, Flur 2 (dichte Bebauung: Klocksfohr, Fellackerstraße, Grafschafter Straße)	Wohnen	P37 – P38	Blatt 3
100	Eversael, Flur 2 (dichte Bebauung: Klocksfohr, Fellackerstraße, Grafschafter Straße)	Wohnen	P38 – P39	Blatt 4
101	Eversael, Flur 3, Flurstück 221, 222	Entsorgungsanlage und Grünfläche	P38 – P39	Blatt 4
102	Eversael, Flur 3, Flurstück 219, 220	Gewerbe und Industrie, Versorgungsanlage	P38 – P39	Blatt 4
103	Eversael, Flur 2 (dichte Bebauung: Grafschafter Straße, Rüttgersteg)	Wohnen	P39 – P40	Blatt 4

Tabelle 29: Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 6 (Bl. 4214): Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) bis Mast Nr. P45. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.

Nr.	Minimierungsort	Nutzungsart	Spannfeld	Plan ¹
104	Budberg, Fl. 3 (dichte Bebauung: Rheinberger Straße, Grintgraben)	Wohnen	38 – 39	Blatt 4
105	Budberg, Flur 3, Flurstück 1313	Hundeübungsplatz	38 – 39	Blatt 4
106	Budberg, Fl. 3 (dichte Bebauung, Rheinberger Straße, Sandweg)	Wohnen	38 – 39	Blatt 4
107	Budberg, Fl. 3 (dichte Bebauung: Rheinberger Straße, Spanische Schanzen, Am Reitplatz)	Wohnen	38 – 39	Blatt 4

Tabelle 30: Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 7 (Bl. 4214): Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 bis Mast Nr. 39. ¹Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.

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

An allen maßgeblichen Immissionsorten (siehe Tabelle 18 bis 23) 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 31 bis 36 aufgeführt: Für die maßgeblichen Immissionsorte mit der voraussichtlich stärksten Exposition eines technischen Abschnitts wurden Nachweise für Niederfrequenzanlagen gemäß LAI-Hinweisen erstellt. Es wurden insgesamt sechs Nachweise für die technischen Abschnitte 1 bis 7, davon ausgenommen technischer Abschnitt 3, erstellt.

Für die Anbindung des neu zu errichtenden 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 an den angrenzenden Genehmigungsabschnitt Binnenland (zwischen UA Niederrhein/Wesel – Pkt. Voerde) vom Pkt. Voerde (Mast Nr. 11) bis Mast Nr. P1 im technischen Abschnitt 1 weist der maßgebliche Immissionsort Nr. 5 die voraussichtlich stärkste Exposition auf. Für den maßgeblichen Immissionsort Nr. 5 wurde der in Anlage P.8.2.1 enthaltene Nachweis erstellt.

Nr.	Maßgeblicher Immissionsort	Elektrisches Feld		Magnetisches Feld		Anlage
		Feldstärke	Grenzwertauslastung	Flussdichte	Grenzwertauslastung	
1	Voerde, Flur 4, Flurstück 392	0,5 kV/m	10 %	5,2 µT	5,2 %	
2	Voerde, Flur 4, Flurstück 391	0,5 kV/m	10 %	5,8 µT	5,8 %	
3	Voerde, Flur 30, Flurstück 103	0,6 kV/m	12 %	8,1 µT	8,1 %	
4	Voerde, Flur 30, Flurstück 116	0,7 kV/m	14 %	8,7 µT	8,7 %	
5	Voerde, Flur 30, Flurstück 160	0,7 kV/m	14 %	8,8 µT	8,8 %	P.8.2.1

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 34 von 59

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

Tabelle 31: 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. P1.

Die voraussichtlich stärkste Exposition der im Bereich des technischen Abschnitts 2 von Mast Nr. P1 bis zum Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11) gelegenen maßgeblichen Immissionsorte weist der maßgebliche Immissionsort Nr. 13 auf. Der entsprechende Nachweis findet sich in Anlage P.8.2.2.

Nr.	Maßgeblicher Immissionsort	Elektrisches Feld		Magnetisches Feld		Anlage
		Feldstärke	Grenzwertauslastung	Flussdichte	Grenzwertauslastung	
12	Voerde, Flur 21, Flurstück 300, 748, 749	0,9 kV/m	18 %	11 µT	11 %	
13	Voerde, Flur 27, Flurstück 193	3,0 kV/m	60 %	33 µT	33 %	P.8.2.2
14	Voerde, Flur 27, Flurstück 103, 104	0,8 kV/m	16 %	17 µT	17 %	
15	Voerde, Flur 20, Flurstück 357	1,0 kV/m	20 %	24 µT	24 %	
16	Voerde, Flur 20, Flurstück 30	1,6 kV/m	32 %	21 µT	21 %	
17	Voerde, Flur 20, Flurstück 147	2,8 kV/m	56 %	30 µT	30 %	
18	Voerde, Flur 20, Flurstück 150, 151	2,1 kV/m	42 %	24 µT	24 %	

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 35 von 59

19	Voerde, Flur 20, Flurstück 26, 154	0,7 kV/m	14 %	9,9 µT	9,9 %
----	------------------------------------	----------	------	--------	-------

Tabelle 32: Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten zum technischen Abschnitt 2 (Bl. 4214): Mast Nr. P1 bis Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11).

Im technischen Abschnitt 3 zwischen Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11) und Mast Nr. P15 sind keine maßgeblichen Immissionsorte vorhanden.

Von den im technischen Abschnitt 4 des neu zu errichtenden 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 von Mast Nr. P15 bis Mast Nr. P21 und Mast Nr. P24 bis Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) gelegenen maßgeblichen Immissionsorte weist der maßgebliche Immissionsort Nr. 20 die voraussichtlich stärkste Exposition auf. Für den maßgeblichen Immissionsort Nr. 20 wurde der in Anlage P.8.2.3 enthaltene Nachweis erstellt.

Nr.	Maßgeblicher Immissionsort	Elektrisches Feld		Magnetisches Feld		Anlage
		Feldstärke	Grenzwertauslastung	Flussdichte	Grenzwertauslastung	
20	Löhnen, Flur 7, Flurstück 25	2,7 kV/m	54 %	31 µT	31 %	P.8.2.3
21	Görsicker, Flur 1, Flurstück 105	1,0 kV/m	20 %	14 µT	14 %	
22	Görsicker, Flur 1, Flurstück 80, 99	0,9 kV/m	18 %	12 µT	12 %	
23	Görsicker, Flur 1, Flurstück 9	0,8 kV/m	16 %	9,9 µT	9,9 %	
24	Görsicker, Flur 1, Flurstück 225, 242	0,8 kV/m	16 %	9,3 µT	9,3 %	

Tabelle 33: Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten zum technischen Abschnitt 4 (Bl. 4214): Mast Nr. P15 bis Mast Nr. P21 und Mast Nr. P24 bis Pkt. Eversael (Mast P35).

Die voraussichtlich stärkste Exposition der im Bereich des technischen Abschnitts 5 von Mast Nr. P21 bis Mast Nr. P24 gelegenen maßgeblichen Immissionsorte weist der maßgebliche Immissionsort Nr. 25 auf, welcher sich im Nachweis P.8.2.4 findet.

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 36 von 59

Nr.	Maßgeblicher Immissionsort	Elektrisches Feld		Magnetisches Feld		Anlage
		Feldstärke	Grenzwert-auslastung	Fluss-dichte	Grenzwert-auslastung	
25	Görsicker, Flur 1, Flurstück 106, 108	0,7 kV/m	14 %	9,5 µT	9,5 %	P.8.2.4
26	Görsicker, Flur 1, Flurstück 222, 223	0,6 kV/m	12 %	9,4 µT	9,4 %	
27	Görsicker, Flur 1, Flurstück 209, 267, 268	0,5 kV/m	10 %	4,5 µT	4,5 %	
28	Görsicker, Flur 1, Flurstück 140, 141	0,5 kV/m	10 %	7,2 µT	7,2 %	
29	Görsicker, Flur 1, Flurstück 261	0,5 kV/m	10 %	9,2 µT	9,2 %	
30	Görsicker, Flur 1, Flurstück 249	0,4 kV/m	8 %	4,0 µT	4,0 %	
31	Görsicker, Flur 1, Flurstück 111	0,4 kV/m	8 %	5,8 µT	5,8 %	
32	Görsicker, Flur 1, Flurstück 237	0,3 kV/m	6 %	8,2 µT	8,2 %	
33	Görsicker, Flur 1, Flurstück 262	0,6 kV/m	12 %	8,3 µT	8,3 %	
34	Görsicker, Flur 1, Flurstück 116	0,6 kV/m	12 %	7,5 µT	7,5 %	
35	Görsicker, Flur 1, Flurstück 169	0,5 kV/m	10 %	6,9 µT	6,9 %	
36	Görsicker, Flur 1, Flurstück 171	0,4 kV/m	8 %	6,0 µT	6,0 %	
37	Görsicker, Flur 1, Flurstück 149	0,4 kV/m	8 %	4,6 µT	4,6 %	
38	Görsicker, Flur 1, Flurstück 263	0,2 kV/m	4 %	3,9 µT	3,9 %	
39	Görsicker, Flur 1, Flurstück 260	0,4 kV/m	8 %	5,2 µT	5,2 %	
40	Görsicker, Flur 1, Flurstück 47	0,3 kV/m	6 %	4,3 µT	5,6 %	

Tabelle 34: Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten zum technischen Abschnitt 5 (Bl. 4214): Mast Nr. P21 bis Mast Nr. P24.

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 37 von 59

Ebenso wurde für den technischen Abschnitt 6 vom Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) bis Mast Nr. P45 der maßgebliche Immissionsort Nr. 41 mit der voraussichtlich stärksten Exposition im Nachweis unter Anlage P.8.2.5 beschrieben.

Nr.	Maßgeblicher Immissionsort	Elektrisches Feld		Magnetisches Feld		Anlage
		Feldstärke	Grenzwert-auslastung	Fluss-dichte	Grenzwert-auslastung	
41	Eversael, Flur 3, Flurstück 221, 222	4,4 kV/m	88 %	54 µT	54 %	P.8.2.5

Tabelle 35: Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten zum technischen Abschnitt 6 (Bl. 4214): Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) bis Mast Nr. P45.

Für die Anbindung des neu zu errichtenden 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 an den angrenzenden Genehmigungsabschnitt Binnenland (zwischen Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 bis Mast Nr. 39 im technischen Abschnitt 7 weist der maßgebliche Immissionsort Nr. 42 die voraussichtlich stärkste Exposition auf. Der entsprechende Nachweis findet sich in Anlage P.8.2.6.

Nr.	Maßgeblicher Immissionsort	Elektrisches Feld		Magnetisches Feld		Anlage
		Feldstärke	Grenzwert-auslastung	Fluss-dichte	Grenzwert-auslastung	
42	Budberg, Flur 3, Flurstück 1313	0,8 kV/m	16 %	12 µT	12 %	P.8.2.6

Tabelle 36: Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten zum technischen Abschnitt 7 (Bl. 4214): Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 bis Mast Nr. 39.

Alle betrachteten maßgeblichen Immissionsorte mit voraussichtlich stärkster Exposition sind damit repräsentativ für ihren jeweiligen technischen Abschnitt, d.h. die Immissionen an allen anderen, in den Tabelle 31 bis 36 zusammenfassend dargestellten, maßgeblichen Immissionsorten der jeweiligen technischen Abschnitte weisen geringere Expositionen als am im entsprechenden Nachweis betrachteten maßgeblichen Immissionsort auf. Alle Nachweise für die maßgeblichen Immissionsorte mit voraussichtlich stärkster Exposition (Anlage P.8.2.1 bis P.8.2.6) enthalten detaillierte Angaben zur Nachvollziehbarkeit der Berechnungen der elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten.

Die Berücksichtigung von Immissionsbeiträgen ortsfester Hochfrequenzanlagen ist hier nicht erforderlich. Laut EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur (<https://emf3.bundesnetzagentur.de/karte/>, abgerufen am 05.10.2021) befindet sich im Umkreis von mindestens 14 km Entfernung zum geplanten Vorhaben keine Funkanlagenstandorte mit einer Frequenz kleiner als 10 MHz. Der entsprechende Auszug aus der EMF-Datenbank ist in Anlage P.8.4 beigelegt. Entsprechend Ziffer II.3.4 der LAI-Hinweise tragen Hochfrequenzanlagen ab einem Ab-

stand 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 [14].

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

4.2 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-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg, Bl. 4214 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 P.2.1 dargestellt. Der parzellenscharfe Verlauf der Leitung ist in den Lageplänen (M 1:2000 und M 1:1000) in der Anlage P.3.5 dargestellt. Dies lässt sich auch aus der kartografischen Darstellung (M 1:5000) in Anlage P.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).

4.3 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.

4.3.1 Vorprüfung

Das Ergebnis der Vorprüfung ist in Kapitel 3.3 dargestellt. Für den Neubau des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg, Bl. 4214 wurden maßgebliche Minimierungsorte ermittelt, die nach technischen Abschnitten in Tabelle 24 bis 30 aufgeführt sind.

4.3.2 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 beträgt für 380-kV-Freileitungen 20 m, für 220-kV-Freileitungen 15 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 110-kV-Erdkabel beträgt 1 m [8]. Es ergibt sich damit 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 identisch mit maßgeblichen Immissionsorten. Dies betrifft die maßgeblichen Minimierungsorte im technischen Abschnitt 1 mit der Nummer 4, 5, 9 bis 11, 13 bis 17; im technischen Abschnitt 2 mit der Nummer 38, 51, 53 bis 55; im technischen Abschnitt 4 mit der Nummer 65; im technischen Abschnitt 5 mit der Nummer 80, 81, 83 bis 86, 89, 90, 92 bis 94 und im technischen Abschnitt 6 mit der Nummer 101.

Für alle anderen maßgeblichen Minimierungsorte erfolgte die Prüfung am Bezugspunkt. Als Bezugspunkt bezeichnet man den Punkt, der im Bewertungsabstand auf der kürzesten Geraden zwischen dem jeweiligen maßgeblichen Minimierungsort und der jeweiligen Trassenachse liegt. Bei dichter Bebauung, d.h. einer Vielzahl von Bezugspunkten, können repräsentative Bezugspunkte gewählt werden. Diese repräsentativen Bezugspunkte wurden im Bewertungsabstand in Spannfeldmitte gesetzt, da in der Regel in Spannfeldmitte 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. BImSchVVwV 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 Masterrhöhungen
- 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

Welche Minimierungsmöglichkeiten umgesetzt werden können und welche Maßnahmen bei einer Freileitungsplanung 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.

Aufgrund des Neubaus des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg, Bl. 4214 sind grundsätzlich alle technischen Möglichkeiten umsetzbar. Es wurden insofern alle Minimierungsmaßnahmen hinsichtlich ihres Minimierungspotentials für die ermittelten maßgeblichen Minimierungsorte bzw. Bezugspunkte bewertet. Die betrachteten maßgeblichen Minimierungsorte sind nach technischen Abschnitten in Tabelle 24 bis 30 aufgelistet.

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.

4.3.3 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. 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 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. Bezugspunkte (vgl. Tabelle 24 bis 30) bewertet.

Ziel der Neubauplanung des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg, 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 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.

4.3.3.1 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 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 Minimierungsorte 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) [15, 16, 17] bestimmt. Der Seildurchhang darf nach DIN EN 50341-1 [16] und

DIN EN 50341-2-4 [17] zu einem minimalen Bodenabstand von 6 m für 110-kV-Stromkreise sowie 6,7 m für 220-kV-Stromkreise führen.

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.

In Abwägung dieser Belange und unter Beachtung der normativen Vorgaben wurde im verfahrensgegenständlichen Genehmigungsabschnitt des geplanten Neubaus von Mast Nr. 11 (Pkt. Voerde) bis Mast 39 (Pkt. Budberg) des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 für die zum Einsatz kommenden Trager-/Abspannmaste entsprechende Masthöhen von 32,6 m bis 44,7 m über Gelände gewählt. Bei Überspannung der Gebäude oder Gebäudeteile variieren die Masthöhen von 34,6 m bis 51,7 m. Für die Maste Nr. P22 und Nr. P23 der Bl. 4214 wurden aufgrund der Rheinquerung eine Masthöhe von 87,9 m und für die Anschlussbedingungen an den nördlichen (Mast Nr. 11 und Nr. 12) bzw. südlichen GA Binnenland (Mast Nr. 38 und Nr. 39) Masthöhen bis zu 64,5 m geplant. Die konkreten Masthöhen sind in der Anlage P.3.2, Spalte 6 zu entnehmen.

Für die im Bewertungsbereich gelegenen individuellen maßgeblichen Minimierungsorte Nr. 4, 5, 9 bis 11, 13 bis 17, 38, 51, 53 bis 55, 65, 80, 81, 83 bis 86, 89, 90, 92 bis 94 und 101 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 von 6 m für 110-kV-Stromkreise sowie 6,7 m für 220-kV-Stromkreise nach DIN EN 50341-1 [16] und DIN EN 50341-2-4 [17] bereits eine sehr deutliche Reduktion der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte. Im Folgenden wird die Abstandsoptimierung der Minimierungsorte nach technischen Abschnitten erläutert, insbesondere der o.g. individuellen maßgeblichen Minimierungsorte, da die Wirksamkeit der Abstandsoptimierung für diese am größten ist.

Für die im Bewertungsbereich gelegenen individuellen maßgeblichen Minimierungsorte (Nr. 4, 5, 9 bis 11, 13 bis 17) des Spannungsfeldes Nr. 11 bis 12 im technischen Abschnitt 1 wurde die stärkste Exposition am Minimierungsort Nr. 10 (Tabelle 24) und gleichzeitig maßgeblichen Immissionsort Nr. 5 (Tabelle 18) prognostiziert (vgl. Tabelle 31). An dieser Stelle ist der Seildurchhang aufgrund der geplanten großen Spannungsfeldlänge von 385 m am größten. Durch die Abstandsoptimierung wird ein minimaler Abstand der untersten 110-kV-Leiterseile zum Erdboden von 17,2 m erreicht (siehe Anlage P.8.2.1).

Der Vergleich der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte am Minimierungsort Nr. 10 (Tabelle 24) bei dem normativen Mindestabstand von 6 m und dem geplanten Bodenabstand von 17,2 m in Spannfeldmitte, zeigt für den Minimierungsort die Minimierung:

- 6,0 m Bodenabstand: $E_{50 \text{ Hz}} = 1,7 \text{ kV/m}$ und $B_{50 \text{ Hz}} = 24 \text{ }\mu\text{T}$
- 17,2 m Bodenabstand: $E_{50 \text{ Hz}} = 0,7 \text{ kV/m}$ und $B_{50 \text{ Hz}} = 8,8 \text{ }\mu\text{T}$

Für die im technischen Abschnitt 2 der Spannfelder Nr. P5 bis P7 sowie Nr. P9 und P10 im Bewertungsbereich gelegenen individuellen maßgeblichen Minimierungsorte (Nr. 38, 51, 53 bis 55) wurde am Minimierungsort Nr. 38 (Tabelle 25) und gleichzeitig maßgeblichen Immissionsort Nr. 13 (Tabelle 19) die stärkste Exposition prognostiziert (vgl. Tabelle 32). Durch die Abstandsoptimierung wird ein minimaler Abstand der untersten 110-kV-Leiterseile zum Erdboden von 9,2 m erreicht (siehe Anlage P.8.2.2).

Der Vergleich der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte am Minimierungsort Nr. 38 (Tabelle 25) bei dem normativen Mindestabstand von 6 m und dem geplanten Bodenabstand von 9,2 m in Spannfeldmitte, zeigt die Minimierung:

- 6,0 m Bodenabstand: $E_{50 \text{ Hz}} = 3,9 \text{ kV/m}$ und $B_{50 \text{ Hz}} = 45 \text{ }\mu\text{T}$
- 9,2 m Bodenabstand: $E_{50 \text{ Hz}} = 3,0 \text{ kV/m}$ und $B_{50 \text{ Hz}} = 33 \text{ }\mu\text{T}$

Ebenso wurde im technischen Abschnitt 4 des Spannfeldes Nr. P18 bis P19 für den im Bewertungsbereich gelegenen individuellen maßgeblichen Minimierungsort Nr. 65 (Tabelle 27) und gleichzeitig maßgeblichen Immissionsort Nr. 20 (Tabelle 20) eine Verringerung der Feldexposition erreicht. Durch die Abstandsoptimierung wird ein minimaler Abstand der untersten 110-kV-Leiterseile zum Erdboden von 10,2 m geplant (siehe Anlage P.8.2.3).

Auch hier zeigt der Vergleich der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte am Minimierungsort Nr. 65 (Tabelle 27) eine Minimierung des geplanten Bodenabstands von 7,3 m in Spannfeldmitte gegenüber dem normativen Mindestabstand von 6 m für den Minimierungsort:

- 6,0 m Bodenabstand: $E_{50 \text{ Hz}} = 2,9 \text{ kV/m}$ und $B_{50 \text{ Hz}} = 34 \text{ }\mu\text{T}$
- 7,3 m Bodenabstand: $E_{50 \text{ Hz}} = 2,7 \text{ kV/m}$ und $B_{50 \text{ Hz}} = 31 \text{ }\mu\text{T}$

Des Weiteren führen hohe Maste des Spannfeldes Nr. P21 bis P22 im technischen Abschnitt 5 und ein großer Seil-Bodenabstand für die im Bewertungsbereich gelegenen individuellen maßgeblichen Minimierungsorte (Nr. 80, 81, 83 bis 86, 89, 90, 92 bis 94) zu einer Verringerung der Feldexposition. Am tiefsten Punkt der Seilkurve wird durch die Abstandsoptimierung ein minimaler Abstand der untersten 110-kV-Leiterseile zum Erdboden von 23,2 m erreicht.

Am Minimierungsort Nr. 85 (Tabelle 28) und gleichzeitig maßgeblichen Immissionsort Nr. 33 (Tabelle 21) im technischen Abschnitt 5 wird die elektrische Feldstärke und magnetische

Flussdichte beim normativen Mindestabstand von 6 m und dem geplanten Bodenabstand von 23,2 m verglichen. Die Gegenüberstellung der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte am Minimierungsort Nr. 85 (Tabelle 28) zeigt für den Minimierungsort die Minimierung:

- 6,0 m Bodenabstand: $E_{50\text{ Hz}} = 1,4\text{ kV/m}$ und $B_{50\text{ Hz}} = 22\text{ }\mu\text{T}$
- 23,2 m Bodenabstand: $E_{50\text{ Hz}} = 0,6\text{ kV/m}$ und $B_{50\text{ Hz}} = 8,3\text{ }\mu\text{T}$

Mit der stärksten Exposition im technischen Abschnitt 6 wird am Minimierungsort Nr. 101 (Tabelle 29) und gleichzeitig maßgeblichen Immissionsort Nr. 41 (Tabelle 22) ein minimaler Abstand der untersten 220-kV-Leiterseile zum Erdboden von 8,7 m erreicht (siehe Anlage P8.2.5).

Der Vergleich der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte am Minimierungsort Nr. 101 (Tabelle 29) bei dem normativen Mindestabstand von 6,7 m und dem geplanten Bodenabstand von 8,7 m in Spannfeldmitte, zeigt die Minimierung:

- 6,7 m Bodenabstand: $E_{50\text{ Hz}} = 5,7\text{ kV/m}$ und $B_{50\text{ Hz}} = 69\text{ }\mu\text{T}$
- 8,7 m Bodenabstand: $E_{50\text{ Hz}} = 4,4\text{ kV/m}$ und $B_{50\text{ Hz}} = 54\text{ }\mu\text{T}$

Somit konnte eine Reduktion der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte an den übrigen maßgeblichen Minimierungsorten der technischen Abschnitte erreicht werden.

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 Pkt. Voerde bis Pkt. Budberg von Mast Nr. P1 bis zum Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) deutlich, da ein 110-kV-System der Westnetz GmbH auf der untersten Traverse des provisorischen 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. Ab dem Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) bis Mast Nr. P45 wird auf der unteren Traverse ein 220-kV-System und auf der mittleren Traverse ein 110-kV-System mitgeführt, wodurch sich auch hier ein höherer Bodenabstand für das feldbestimmende 380-kV-System ergibt.

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 des Freileitungsprovisoriums, Bl. 4214 im Gleichschritt und in der Nähe des bereits bestehenden Maststandortes 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.

4.3.3.2 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 insb. 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 provisorischen Stahlgittermaste der Gestängefamilien D-AMP.2 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.

4.3.3.3 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. 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 [17] vorgegeben.

Die Wahl der Aufhängepunkte der Leiterseile untereinander orientiert sich auf der gesamten Neubaustrecke vom Pkt. Voerde bis zum 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 verschiedenen Mastgestänge des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 unter Berücksichtigung der technischen und betrieblichen Randbedingungen soweit zulässig minimiert. Die Minimierungsmaßnahme findet insgesamt Anwendung.

4.3.3.4 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 Tonnenanordnung 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 die Neubauanbindung des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 im technischen Abschnitt 1 an den angrenzenden nördlichen (UA Niederrhein/Wesel – Pkt. Voerde) und im technischen Abschnitt 7 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 an einer eigenen unteren Traversenebene geführt und das 380-kV-System, bzw. 220-kV-System im technischen Abschnitt 7, wird an den beiden oberen Traversenebenen zusammengefasst.

In Streckenabschnitten, in denen lediglich zwei Systeme mitgeführt werden sollen, kann die Mastkopfgeometrie Tonne mit drei Traversenebenen und schmaler Schutzstreifenbreite zur Minimierung der elektrischen und magnetischen Feldimmissionen eingesetzt werden, ohne übergebührende Eingriffe in den Landschafts- und Naturraum sowie insbesondere das Eigentum Dritter. Anwendung findet diese Optimierung der Mastkopfgeometrie im technischen Abschnitt 2 vom Mast Nr. P1 bis zum Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11).

Im Hinblick auf die erhöhte Betroffenheit des Schutzguts Landschaft aufgrund der Masthöhe der Mastkopfgeometrie Tonne mit drei Traversenebenen, insbesondere an maßgeblichen Minimierungsorten, ist dies zugunsten einer Feldreduktion und Verkleinerung des Schutzstreifens wenig vorzugswürdig. In Abwägung mit dem Schutzgut Landschaftsbild wird im weiteren Verlauf des Freileitungsprovisoriums, Bl. 4214 die Mastkopfgeometrie Doppeleinebene mit asymmetrisch versetzter Traversenebene im technischen Abschnitt 3 bis 5 bevorzugt.

Im technischen Abschnitt 6 vom Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) bis zum Mast Nr. 45 wird um eine asymmetrisch versetzte Traversenebene für das 220-kV-System am unteren Gestängekopf erweitert. Ein Tausch der Traversenebenen zwischen dem 110-kV-System und dem zusätzlichen 220-kV-System ist aufgrund technischer Gegebenheit des 110-kV-System als Dreibein am Pkt. Eversael am Mast nicht möglich.

Grundsätzlich wurde der Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder sowie das Optimieren der verschiedenen geplanten Mastkopfgeometrien angemessene Rechnung getragen. 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- und des 220-kV-Stromkreises darunter führt außerdem dazu, dass insbesondere die elektrischen Felder der 380-kV-Stromkreise abgeschirmt werden.

Unter Berücksichtigung der temporären Nutzung des Freileitungsprovisoriums, 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 unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit als geeignet bestätigt.

4.3.3.5 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 24 bis 30 und Anlage P.8.3).

Vorliegend wurde die Planung 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. 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-/220-/380-kV-Stromkreise vorgegeben sind.

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 37 sind beispielhaft für zwei Systeme am Mast in Tonnenanordnung (Mast Nr. P1 bis Nr. P10) die Maximalwerte der berechneten elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten für beide Fälle der Phasenlage für den individuellen maßgeblichen Minimierungsort Voerde, Flur 27, Flurstück 193 (Minimierungsort Nr. 38, Tabelle 25) aufgeführt. Dieser Minimierungsort ist gegenüber dem elektrischen und dem magnetischen Feld, die durch den Neubau des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg in diesem Vorhaben mit zwei Systemen in Tonnenanordnung verursacht werden, am stärksten exponiert. Darüber hinaus wurden die weiteren maßgeblichen Minimierungsorte Nr. 37, 39, 40 und Nr. 41 für das Spannungsfeld Mast Nr. P6 bis Nr. P7 ebenfalls betrachtet (siehe Tabelle 37).

Für diese Minimierungsorte, welche sich im Einwirkungsbereich der Freileitung befinden, werden die Minimierungsmaßnahmen am Bezugspunkt geprüft, d.h. in 20 m Abstand vom äußeren ruhenden Leiterseil in gerader Linie zwischen Leitungsachse und Minimierungsort.

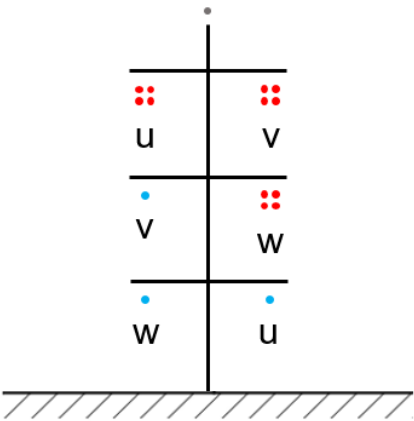
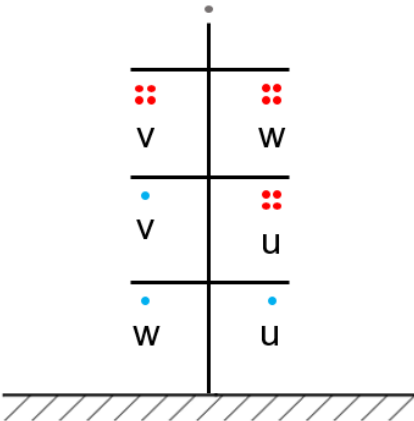
Mast	optimierte Phasenfolge		ungünstige Phasenfolge	
Nr. P6 – Nr. P7				
elektrische Feldstärke am maßgebl. Minimierungsort	Nr. 37: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,6 kV/m	Nr. 37: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,9 kV/m
	Nr. 38: $E_{50\text{ Hz}}$ =	3,0 kV/m	Nr. 38: $E_{50\text{ Hz}}$ =	4,9 kV/m
	Nr. 39: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,8 kV/m	Nr. 39: $E_{50\text{ Hz}}$ =	1,1 kV/m
	Nr. 40: $E_{50\text{ Hz}}$ =	1,0 kV/m	Nr. 40: $E_{50\text{ Hz}}$ =	1,2 kV/m
	Nr. 41: $E_{50\text{ Hz}}$ =	0,8 kV/m	Nr. 41: $E_{50\text{ Hz}}$ =	1,1 kV/m
magn. Flussdichte am maßgebl. Minimierungsort	Nr. 37: $B_{50\text{ Hz}}$ =	10 μT	Nr. 37: $B_{50\text{ Hz}}$ =	11 μT
	Nr. 38: $B_{50\text{ Hz}}$ =	33 μT	Nr. 38: $B_{50\text{ Hz}}$ =	52 μT
	Nr. 39: $B_{50\text{ Hz}}$ =	12 μT	Nr. 39: $B_{50\text{ Hz}}$ =	13 μT
	Nr. 40: $B_{50\text{ Hz}}$ =	16 μT	Nr. 40: $B_{50\text{ Hz}}$ =	18 μT
	Nr. 41: $B_{50\text{ Hz}}$ =	13 μT	Nr. 41: $B_{50\text{ Hz}}$ =	14 μT

Tabelle 37: Beispielhafter Vergleich der Feldimmissionen bei nicht optimierter Leiteranordnung (ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (optimierte Phasenlage) an den maßgeblichen Minimierungsorten im technischen Abschnitt 2 (Bl. 4214) im Spannungsfeld Mast Nr. P6 bis Nr. P7 mit zwei Systeme am Mast in 1 m über EOK.

Das Optimieren der Leiteranordnung führt am individuellen maßgeblichen Minimierungsort Voerde, Flur 27, Flurstück 193 (Minimierungsort Nr. 38) zu einer Reduzierung der elektrischen Feldstärke auf 3,0 kV/m und der magnetischen Flussdichte auf 33 μT . Dies entspricht einer maximalen Grenzwertausschöpfung von 60% für das elektrische Feld und 33% für das magnetische Feld.

Ebenso wurde die Reduktion am maßgeblichen Minimierungsort Nr. 37, 39, 40 und Nr. 41 deutlich. So konnte am maßgeblichen Minimierungsort Nr. 37 die elektrische Feldstärke von 0,9 kV/m und magnetische Flussdichte von 11 μT durch die geplante Optimierung auf 0,6 kV/m und 10 μT reduziert werden. Dergleichen konnte die elektrische Feldstärke am maßgeblichen Minimierungsort Nr. 39 von 1,1 kV/m auf 0,8 kV/m, bzw. die magnetische Flussdichte von 13 μT auf 12 μT verringert werden. Des Weiteren wurde eine Verbesserung am maßgeblichen

Minimierungsort Nr. 40 bei der elektrische Feldstärke am maßgeblichen Minimierungsort Nr. 40 von 1,2 kV/m auf 1,0 kV/m, bzw. der magnetischen Flussdichte von 18 μT auf 16 μT erzielt. Gleichmaßen konnte am maßgeblichen Minimierungsort Nr. 41 die elektrische Feldstärke von 1,1 kV/m und magnetische Flussdichte von 14 μT durch die geplante Optimierung auf 0,8 kV/m und 13 μT verringert werden.

Durch die Gegenüberstellung der beiden Phasenlagen konnte nachgewiesen werden, dass die vorliegende geplante Phasenlage für zwei Systeme am Mast in Tonnenanordnung bereits optimiert ist. Dadurch wird dieser Minimierungsmaßnahme Rechnung getragen.

In Tabelle 38 sind beispielhaft für zwei Systeme am Mast mit asymmetrisch versetzter Traversenebene in Doppeleinenanordnung (Mast Nr. P11 bis Nr. P34) die Maximalwerte der berechneten elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten für beide Fälle der Phasenlage für den individuellen maßgeblichen Minimierungsort Löhnen, Flur 7, Flurstück 25 (Minimierungsort Nr. 65, Tabelle 27) aufgeführt. Dieser Minimierungsort ist gegenüber dem elektrischen und dem magnetischen Feld, die durch den Neubau des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg in diesem Vorhaben mit zwei Systemen in Doppeleinenanordnung verursacht werden, am stärksten exponiert. Im Spannungsfeld Mast Nr. P18 bis Nr. P19 wurde der maßgebliche Minimierungsort Nr. 64 ebenfalls betrachtet (siehe Tabelle 27).

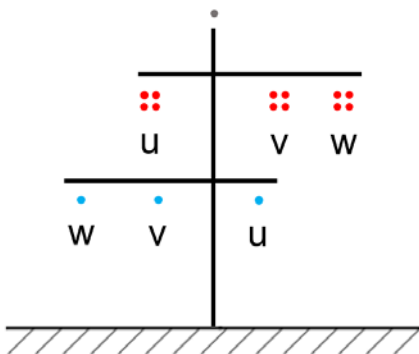
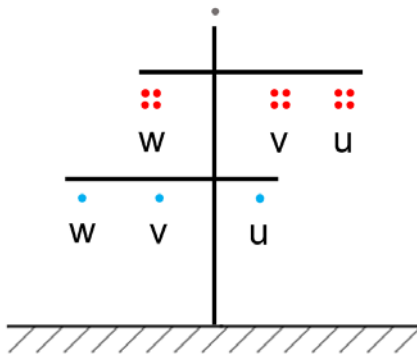
Mast	optimierte Phasenfolge		ungünstige Phasenfolge	
Nr. P18 – Nr. P19				
				
elektrische Feldstärke am maßgebl. Minimierungsort	Nr. 64: $E_{50 \text{ Hz}} =$	3,2 kV/m	Nr. 64: $E_{50 \text{ Hz}} =$	3,4 kV/m
	Nr. 65: $E_{50 \text{ Hz}} =$	2,7 kV/m	Nr. 65: $E_{50 \text{ Hz}} =$	3,2 kV/m
magn. Flussdichte am maßgebl. Minimierungsort	Nr. 64: $B_{50 \text{ Hz}} =$	27 μT	Nr. 64: $B_{50 \text{ Hz}} =$	30 μT
	Nr. 65: $B_{50 \text{ Hz}} =$	31 μT	Nr. 65: $B_{50 \text{ Hz}} =$	36 μT

Tabelle 38: Beispielhafter Vergleich der Feldimmissionen bei nicht optimierter Leiteranordnung (ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (optimierte Phasenlage) an den maßgeblichen Minimierungsorten im technischen Abschnitt 4 (Bl. 4214) im Spannungsfeld Mast Nr. P18 bis Nr. P19 mit zwei Systemen am Mast in 1 m über EOK.

Für Minimierungsorte, welche sich im Einwirkungsbereich der Freileitung befinden, werden die Minimierungsmaßnahmen am Bezugspunkt geprüft, d.h. in 20 m Abstand vom äußeren ruhenden Leiterseil in gerader Linie zwischen Leitungsachse und Minimierungsort.

Das Optimieren der Leiteranordnung führt am individuellen maßgeblichen Minimierungsort Löhnen, Flur 7, Flurstück 25 (Minimierungsort Nr. 65) zu einer Reduzierung der elektrischen Feldstärke auf 2,7 kV/m und der magnetischen Flussdichte auf 31 μT . Dies entspricht einer maximalen Grenzwertausschöpfung von 54% für das elektrische Feld und 31% für das magnetische Feld. Ebenso wurde die Reduktion am maßgeblichen Minimierungsort Nr. 64 deutlich. So konnte am maßgeblichen Minimierungsort Nr. 64 die elektrischen Feldstärke von 3,4 kV/m und magnetische Flussdichte von 30 μT durch die geplante Optimierung auf 3,2 kV/m und 27 μT verringert werden.

Durch die Gegenüberstellung der beiden Phasenlagen konnte nachgewiesen werden, dass die vorliegende geplante Phasenlage für zwei Systeme am Mast in Tonnenanordnung bereits optimiert ist. Dadurch wird dieser Minimierungsmaßnahme Rechnung getragen.

In Tabelle 39 sind beispielhaft für den individuellen maßgeblichen Minimierungsort Eversael, Flur: 3, Flurstück 221, 222 (Minimierungsort Nr. 101, Tabelle 29) für drei Systeme am Mast mit asymmetrisch versetzter Traversenebene in Dreifachebenenordnung die Maximalwerte der berechneten elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten für beide Fälle der Phasenlage aufgeführt. Dieser Minimierungsort ist gegenüber dem elektrischen und dem magnetischen Feld, die durch den Neubau des 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 vom Pkt. Voerde bis zum Pkt. Budberg in diesem Vorhaben mit drei Systemen in Dreifachebenenordnung verursacht werden, am stärksten exponiert. Darüber hinaus wurden die maßgeblichen Minimierungsorte Nr. 100 und Nr. 102 für das Spannungsfeld Mast Nr. P38 bis Nr. P39 ebenfalls betrachtet (siehe Tabelle 39).

Für diese Minimierungsorte, welche sich im Einwirkungsbereich der Freileitung befinden, werden die Minimierungsmaßnahmen am Bezugspunkt geprüft, d.h. in 20 m Abstand vom äußeren ruhenden Leiterseil in gerader Linie zwischen Leitungsachse und Minimierungsort.

Das Optimieren der Leiteranordnung führt am individuellen maßgeblichen Minimierungsort Eversael, Flur: 3, Flurstück 221, 222 (Minimierungsort Nr. 101) zu einer Reduzierung der elektrischen Feldstärke auf 4,4 kV/m und der magnetischen Flussdichte auf 54 μT . Dies entspricht einer maximalen Grenzwertausschöpfung von 88% für das elektrische Feld und 54% für das magnetische Feld (siehe Tabelle 39).

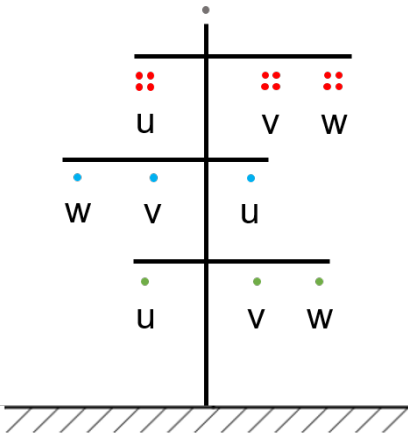
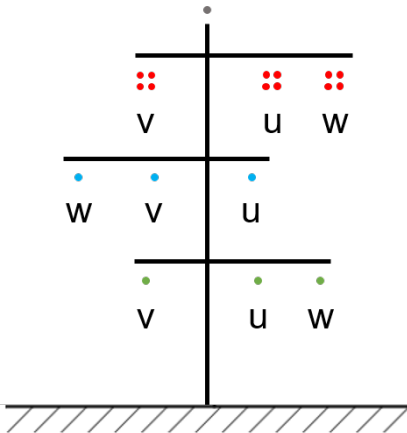
Mast	optimierte Phasenfolge		ungünstige Phasenfolge	
Nr. P38 – Nr. P39				
elektrische Feldstärke am maßgebl. Minimierungsort	Nr. 100: $E_{50\text{ Hz}}$ =	1,7 kV/m	Nr. 100: $E_{50\text{ Hz}}$ =	2,1 kV/m
	Nr. 101: $E_{50\text{ Hz}}$ =	4,4 kV/m	Nr. 101: $E_{50\text{ Hz}}$ =	4,6 kV/m
	Nr. 102: $E_{50\text{ Hz}}$ =	2,2 kV/m	Nr. 102: $E_{50\text{ Hz}}$ =	2,4 kV/m
magn. Flussdichte am maßgebl. Minimierungsort	Nr. 100: $B_{50\text{ Hz}}$ =	18 μT	Nr. 100: $B_{50\text{ Hz}}$ =	23 μT
	Nr. 101: $B_{50\text{ Hz}}$ =	54 μT	Nr. 101: $B_{50\text{ Hz}}$ =	61 μT
	Nr. 102: $B_{50\text{ Hz}}$ =	20 μT	Nr. 102: $B_{50\text{ Hz}}$ =	22 μT

Tabelle 39: Beispielhafter Vergleich der Feldimmissionen bei nicht optimierter Leiteranordnung (ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (optimierte Phasenlage) an den maßgeblichen Minimierungsorten im technischen Abschnitt 6 (Bl. 4214) im Spannungsfeld Mast Nr. P38 bis Nr. P39 mit drei Systeme am Mast in 1 m über EOK.

Ebenso wurde die Reduktion am maßgeblichen Minimierungsort Nr. 100 und Nr. 102 deutlich. So konnte am maßgeblichen Minimierungsort Nr. 100 die elektrische Feldstärke von 2,1 kV/m und magnetische Flussdichte von 23 μT durch die geplante Optimierung auf 1,7 kV/m und 18 μT reduziert werden. Dergleichen konnte die elektrische Feldstärke am maßgeblichen Minimierungsort Nr. 102 von 2,4 kV/m auf 2,2 kV/m, bzw. die magnetische Flussdichte von 22 μT auf 20 μT verringert werden.

Durch die Gegenüberstellung der beiden Phasenlagen konnte nachgewiesen werden, dass die vorliegende geplante Phasenlage für drei Systeme am Mast bereits optimiert ist. Dadurch wird dieser Minimierungsmaßnahme Rechnung getragen.

4.3.3.6 Zusammenfassung der Minimierungsmaßnahmen

Zusammenfassend kann festgehalten 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 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 wurde in allen Spannfeldern optimiert. Damit wurde insgesamt die Optimierung an allen maßgeblichen Minimierungsorten wirksam umgesetzt.

5 Angaben zur Qualität

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

6 Fazit

Die Amprion GmbH plant die Errichtung und den Betrieb eines 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitungsprovisoriums, Bl. 4214 auf dem ca. 10,2 km langen Planungsabschnitt zwischen Voerde bis Rheinberg (Pkt. Voerde bis Pkt. Budberg, inkl. Rheinquerung), da nach derzeitigen Planungen die Fertigstellung der Rheinquerung als Teilerdverkabelung, inklusive Planung, Genehmigung und Bau, nicht vor 2030 realisiert werden kann.

Die durch diese Vorhaben hervorgerufenen Immissionen elektrischer und magnetischer Felder wurden in diesem Bericht geprüft.

Die Bewertung erfolgte gemäß den immissionsschutzrechtlichen Vorgaben der 26. BImSchV und 26. BImSchVVwV. Wie in Kapitel 4.1 dargelegt, werden die Anforderungen an Niederfrequenzanlagen (§ 3 der 26. BImSchV) eingehalten. Die maximal prognostizierten Werte für die elektrische Feldstärke und magnetische Flussdichte der 50 Hz Komponente betragen 4,4 kV/m und 54 µT (vgl. Tabelle 31 bis 36). Daraus ergibt sich die maximale Grenzwertschöpfung der elektrischen Feldstärke von 88 % und 54 % der magnetischen Flussdichte. Sie liegen damit deutlich unterhalb der Grenzwertvorgaben der 26. BImSchV von 5 kV/m und 100 µT.

Diese Maximalwerte (4,4 kV/m und 54 µT) gelten für die Immissions- bzw. Minimierungsorte direkt unter der Leitung bzw. im Bewertungsbereich der Leitung. Ausgehend von diesem Abstand nehmen die Felder streng monoton ab – näherungsweise mit $1/r^2$ (Abstandsquadratgesetz). Das bedeutet, dass beispielsweise in 100 m Abstand zur Leitung die Stärke der Felder nur noch ein Fünfundzwanzigstel der Werte in 20 m Abstand betragen. In 400 m nur noch ein Vierhundertstel.

Kapitel 4.3 lässt sich die Umsetzung des Minimierungsgebots entnehmen. Es wurden alle technischen Möglichkeiten gemäß 26. BImSchVVwV hinsichtlich ihres Minimierungspotentials geprüft und Maßnahmen im Rahmen der Verhältnismäßigkeit wirksam angewendet.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass alle immissionsschutzrechtlichen Vorgaben für elektrische und magnetische Felder, 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), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 432).
- [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 electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz)," *Health Physics*, vol. 118, no. 5, pp. 483-524, 2020.
- [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 (BAntz AT 03.03.2016 B5).
- [9] *DIN EN 50160: Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2011.
- [10] P. Bauhofer, *Handbuch für Hochspannungsleitungen: niederfrequente elektromagnetische Felder und deren wirksame Reduktion*, Wien: Verband d. Elektrizitätswerke Österreichs, 1994.
- [11] D. Oeding und B. R. Oswald, *Elektrische Kraftwerke und Netze*, 7. Hrsg., Heidelberg: Springer, 2013.
- [12] Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH, *Benutzerhandbuch WinField (R) - Magnetic and Electric Field Calculation*, Berlin, 2019.
- [13] *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 50413:2019*, Berlin: VDE Verlag GmbH.
- [14] *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.

- [15] *DIN EN 50341-2 (VDE 0210-2): Freileitungen über AC 45 kV; Teil 2: Index der NNA (Nationale Normative Festsetzung)*, Berlin: VDE-Verlag GmbH.
- [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 50341-2-4 (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	5
Abbildung 2:	Mastgrundformen: (a) Einebene, (b) Tonne, (c) Donau	13
Abbildung 3:	Mastmischformen: (a) Donau-Einebene, (b) Doppeltonne	13

A.3 Tabellen

Tabelle 1:	Grenzwerte für 50-Hz-Anlagen	9
Tabelle 2:	Spannungsbereiche der in den deutschen Verteil- und Übertragungsnetz eingesetzten Spannungsebenen nach DIN EN 50160.	12
Tabelle 3:	Thermisch maximal zulässiger Dauerstrom I_D der im Bestand vorkommenden und im Vorhaben geplanten Leiterseile und Bündelleiter.	12
Tabelle 4:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 1 der Bl. 4214 für Mast Nr. 11 und 12.	14
Tabelle 5:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 2 der Bl. 4214 für Mast Nr. P1 bis P10.	15
Tabelle 6:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 3 der Bl. 4214 für Mast Nr. P11.	16
Tabelle 7:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 3 der Bl. 4214 für Mast Nr. P12 und P13.	16
Tabelle 8:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 3 der Bl. 4214 für Mast Nr. P14.	16
Tabelle 9:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 3 der Bl. 4574 für Mast Nr. 107 und 108.	17
Tabelle 10:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 3 der Bl. 4574 für Mast Nr. 109.	17
Tabelle 11:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 4 der Bl. 4214 für Mast Nr. P15 bis P20 und Mast für Nr. P24 bis P34.	18
Tabelle 12:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 5 der Bl. 4214 für Mast Nr. P21 abgehend bis Mast Nr. P24 ankommend.	18
Tabelle 13:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 6 der Bl. 4214 für Mast Nr. P35 abgehend bis Mast Nr. P45.	19
Tabelle 14:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 7 der Bl. 4214 für Mast Nr. P46.	19
Tabelle 15:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 7 der Bl. 4214 für Mast Nr. P47.	20
Tabelle 16:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 7 der Bl. 4214 für Mast Nr. P48.	20
Tabelle 17:	Freileitungskonfiguration im technischen Abschnitt 7 der Bl. 4214 für Mast Nr. 38 bis 39.	20
Tabelle 18:	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. P1. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.	23
Tabelle 19:	Maßgebliche Immissionsorte zum technischen Abschnitt 2 (Bl. 4214): Mast Nr. P1 bis Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11). ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.	24
Tabelle 20:	Maßgebliche Immissionsorte zum technischen Abschnitt 4 (Bl. 4214): Mast Nr. P15 bis Mast Nr. P21 und Mast Nr. P24 bis Pkt. Eversael (Mast P35). ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.	24

Immissionsschutzbericht B0030

110-/380-kV-Höchstspannungsleitungsverbindung (EnLAG, Vorhaben Nr. 14)

Abschnitt: Voerde - Rheinberg, Freileitungsprovisorium

Seite 57 von 59

Tabelle 21:	Maßgebliche Immissionsorte zum technischen Abschnitt 5 (Bl. 4214): Mast Nr. P21 bis Mast Nr. P24. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.	25
Tabelle 22:	Maßgebliche Immissionsorte zum technischen Abschnitt 6 (Bl. 4214): Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) bis Mast Nr. P45. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.	25
Tabelle 23:	Maßgebliche Immissionsorte zum technischen Abschnitt 7 (Bl. 4214): Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 bis Mast Nr. 39. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.	25
Tabelle 24:	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. P1. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.	27
Tabelle 25:	Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 2 (Bl. 4214): Mast Nr. P1 bis Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11). ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.	29
Tabelle 26:	Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 3 (Bl. 4214): Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11) bis Mast Nr. P15. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.	30
Tabelle 27:	Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 4 (Bl. 4214): Mast Nr. P15 bis Mast Nr. P21 und Mast Nr. P24 bis Pkt. Eversael (Mast P35). ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.	31
Tabelle 28:	Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 5 (Bl. 4214): Mast Nr. P21 bis Mast Nr. P24. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.	31
Tabelle 29:	Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 6 (Bl. 4214): Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) bis Mast Nr. P45. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.	32
Tabelle 30:	Maßgebliche Minimierungsorte zum technischen Abschnitt 7 (Bl. 4214): Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 bis Mast Nr. 39. ¹ Siehe kartographische Darstellung im EMF-Übersichtsplan Anlage P.8.3.	32
Tabelle 31:	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. P1.	34
Tabelle 32:	Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten zum technischen Abschnitt 2 (Bl. 4214): Mast Nr. P1 bis Pkt. Löhnen (Mast Nr. P11).	35
Tabelle 33:	Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten zum technischen Abschnitt 4 (Bl. 4214): Mast Nr. P15 bis Mast Nr. P21 und Mast Nr. P24 bis Pkt. Eversael (Mast P35).	35
Tabelle 34:	Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten zum technischen Abschnitt 5 (Bl. 4214): Mast Nr. P21 bis Mast Nr. P24.	36
Tabelle 35:	Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten zum technischen Abschnitt 6 (Bl. 4214): Pkt. Eversael (Mast Nr. P35) bis Mast Nr. P45.	37
Tabelle 36:	Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten zum technischen Abschnitt 7 (Bl. 4214): Anbindung an den südlichen GA Binnenland (Pkt. Budberg – Pkt. St. Tönis) von Mast Nr. 38 bis Mast Nr. 39.	37
Tabelle 37:	Beispielhafter Vergleich der Feldimmissionen bei nicht optimierter Leiteranordnung (ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (optimierte Phasenlage) an den maßgeblichen Minimierungsorten im technischen Abschnitt 2 (Bl. 4214) im Spannungsfeld Mast Nr. P6 bis Nr. P7 mit zwei Systeme am Mast in 1 m über EOK.	49
Tabelle 38:	Beispielhafter Vergleich der Feldimmissionen bei nicht optimierter Leiteranordnung (ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (optimierte Phasenlage) an den maßgeblichen Minimierungsorten im technischen Abschnitt 4 (Bl. 4214) im Spannungsfeld Mast Nr. P18 bis Nr. P19 mit zwei Systeme am Mast in 1 m über EOK.	50

Tabelle 39: Beispielhafter Vergleich der Feldimmissionen bei nicht optimierter Leiteranordnung (ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (optimierte Phasenlage) an den maßgeblichen Minimierungsorten im technischen Abschnitt 6 (Bl. 4214) im Spannungsfeld Mast Nr. P38 bis Nr. P39 mit drei Systemen am Mast in 1 m über EOK..... 52

A.4 Abkürzungen

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

Abs.	Absatz
------	--------

AL/ACS	Seilbezeichnung: Aluminium-Stalum-Seil
--------	--

AL/ST	Seilbezeichnung: Aluminium-Stahl-Seil
-------	---------------------------------------

HRL TAL/PMC	Seilbezeichnung: Hochtemperatur-Leiterseil mit geringem Durchhang (HTLS-LWC), Aluminiumlage aus Runddrähten und Polymer-Matrix-Verbundwerkstoff
-------------	---

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
------	---------------------------------------

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)
------	------------

Nr. / Nrn.	Nummer / Nummern
------------	------------------

Pkt.	Punkt
------	-------

S.	Satz
----	------

TALACS	Seilbezeichnung: temperaturbeständiges Aluminium-Stalum-Seil
--------	--

Abkürzung	Bedeutung
UA	Umspananlage
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-Einheiten¹ in der typischerweise verwendeten Größenordnung angegeben.

Zeichen	Bedeutung
B	Magnetische Flussdichte; in Mikrotesla (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)
$W(f)$	Immissionswert bei der Frequenz f

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