

# Immissionsschutzbericht

Nr. B 0016

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

## **110-/380-kV Höchstspannungsleitung Wehrendorf – Gütersloh (EnLAG, Vorhaben 16)**

**Abschnitt: Pkt. Hesseln - Pkt. Königsholz  
(Landesgrenze NRW/NDS)**

Unsere Zeichen G-PI/San DIS700503254  
Dokument Anlage 8.1  
Immissionsschutzbericht.  
Dieses Dokument besteht  
aus 41 Seiten.  
Datum 20.11.2020

Seite 1 von 41

Neubau und Betrieb der  
**110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung  
Gütersloh – Lüstringen, BI. 4210**  
Abschnitte: Pkt. Hesseln - KÜS Riesberg und  
KÜS Klusebrink - Pkt. Königsholz (Landesgrenze NRW/NDS)

**Neubau Kabelübergabestation Riesberg**

**Neubau Kabelübergabestation Klusebrink**

**380-kV-Höchstspannungskabel, BI. 4251  
KÜS Riesberg - KÜS Klusebrink**

**110-kV-Hochspannungskabel, BI.1504  
Pkt. Riesberg – Pkt. Klusebrink**

**Amprion GmbH**  
Robert-Schuman-Straße 7  
44263 Dortmund  
Germany

T +49 231 5849-0  
F +49 231 5849-14188

[www.amprion.net](http://www.amprion.net)  
[www.twitter.com/Amprion](https://www.twitter.com/Amprion)

**Geschäftsführung:**  
Dr. Hans-Jürgen Brick (Vorsitzender)  
Dr. Klaus Kleinekorte  
Peter Rüth

**Sitz der Gesellschaft:**  
Dortmund  
Eingetragen beim  
Amtsgericht Dortmund  
Handelsregister-Nr.  
HRB 15940

**Bankverbindung:**  
Commerzbank AG Dortmund  
IBAN:  
DE27 4404 0037 0352 0087 00  
BIC: COBADEFFXXX  
USt.-IdNr. DE 8137 61 356

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

Ausgestellt am: 20.11.2020

## Inhaltsverzeichnis

1	Einführender Teil .....	4
1.1	Physikalische Grundlagen .....	7
1.1.1	Das elektrische Feld von Hochspannungsfreileitungen.....	7
1.1.2	Das elektrische Feld von Hochspannungskabeln .....	7
1.1.3	Das magnetische Feld von Hochspannungsfreileitungen.....	8
1.1.4	Das magnetische Feld von Hochspannungskabeln .....	8
1.2	Gesetzliche Anforderungen an Niederfrequenzanlagen.....	8
1.2.1	26. BImSchV .....	9
1.2.2	26. BImSchVVwV .....	9
2	Ausgangssituation .....	10
2.1	Technische Parameter .....	11
2.2	Höchstspannungsfreileitung Gütersloh – Lüstringen, Bl. 4210.....	13
2.3	Höchstspannungskabel KÜS Riesberg – KÜS Klusebrink, Bl. 4251 .....	14
2.4	Hochspannungskabel Pkt. Riesberg – Pkt. Klusebrink, Bl. 1504.....	14
3	Ermittlung .....	15
3.1	Methodik.....	15
3.2	Maßgebliche Immissionssorte .....	16
3.2.1	Höchstspannungsfreileitung Gütersloh – Lüstringen, Bl. 4210.....	17
3.2.2	Höchstspannungskabel KÜS Riesberg – KÜS Klusebrink, Bl. 4251 .....	17
3.2.3	Höchstspannungskabel Pkt. Riesberg – Pkt. Klusebrink, Bl. 1504.....	18
3.2.4	Kabelübergabestationen Riesberg und Klusebrink .....	18
3.3	Maßgebliche Minimierungsorte.....	18
3.3.1	Höchstspannungsfreileitung Gütersloh – Lüstringen, Bl. 4210.....	19
3.3.2	Höchstspannungskabel KÜS Riesberg – KÜS Klusebrink, Bl. 4251 .....	21
3.3.3	Hochspannungskabel Pkt. Riesberg – Pkt. Klusebrink, Bl. 1504.....	22
3.3.4	Kabelübergabestationen Riesberg und Klusebrink .....	22
4	Ergebnisse .....	23
4.1	Grenzwerteinhaltung .....	23
4.2	Immissionsbetrachtung für die Kabelsysteme.....	25
4.3	Überspannungsverbot und Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden.....	25
4.4	Minimierungsgebot .....	26
4.4.1	Vorprüfung .....	26
4.4.2	Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen .....	26
4.4.3	Maßnahmenbewertung Drehstromfreileitung.....	28
4.4.4	Maßnahmenbewertung Drehstromkabel.....	34
4.4.1	Maßnahmenbewertung Kabelübergabestationen .....	36
5	Angaben zur Qualität.....	36

**Immissionsschutzbericht 0014**

110-/380-kV Höchstspannungsleitung Wehrendorf – Gütersloh (EnLAG, Vorhaben 16)

Abschnitt: Pkt. Hesseln - Pkt. Königsholz (Landesgrenze NRW/NDS)

Seite 3 von 41

6	Fazit .....	37
A	Verzeichnisse .....	38
A.1	Fachliteratur, Gesetze und Normen .....	38
A.2	Abbildungen .....	39
A.3	Tabellen .....	39
A.4	Abkürzungen .....	40
A.5	Formelzeichen.....	41

## 1 Einführender Teil

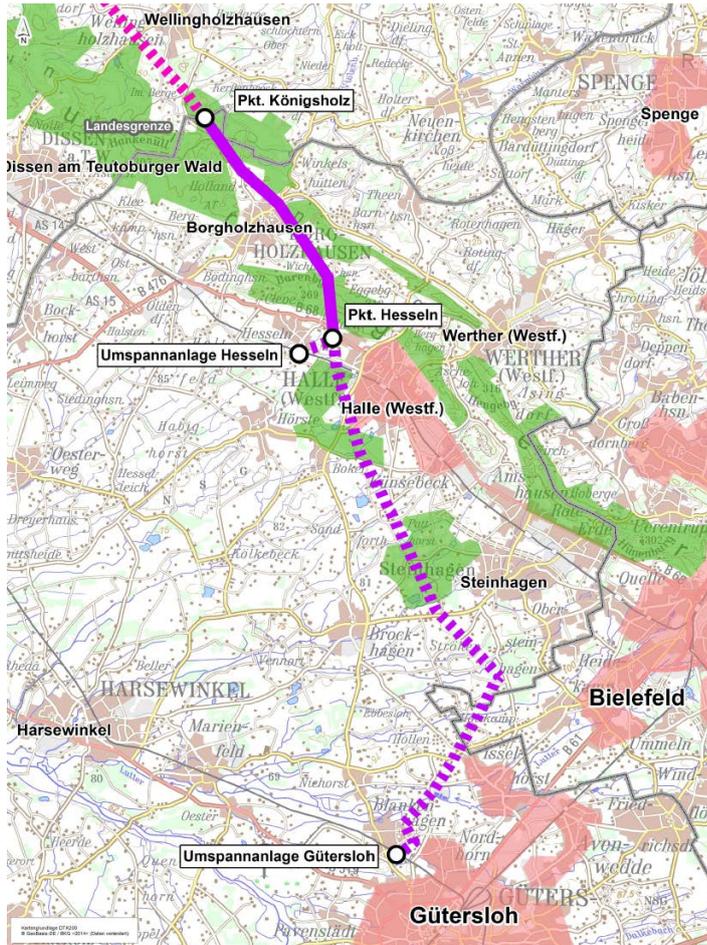
Die Amprion GmbH plant zur Erfüllung ihrer gesetzlichen Verpflichtungen einer sicheren Energieversorgung gem. § 11 Abs. 1 EnWG den Ersatzneubau einer rund 70 km langen 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung zwischen Wehrendorf (Niedersachsen) und Gütersloh (Nordrhein-Westfalen). Das in der Anlage zum Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) unter Nummer 16 festgelegte Leitungsvorhaben umfasst insgesamt vier Genehmigungsabschnitte (GA 1 - 4), hiervon drei zwischen der Umspannanlage (UA) Gütersloh und der UA Lüstringen (Bl. 4210) sowie einen zwischen der UA Lüstringen und der UA Wehrendorf (Bl. 4211).

Der nordrhein-westfälische Genehmigungsabschnitt zwischen der UA Gütersloh und der UA Hesseln über den Punkt (Pkt.) Hesseln (GA 1) wurde mit Beschluss vom 23.08.2019 von der Bezirksregierung Detmold gem. §§ 43 und 43a bis 43c EnWG in Verbindung mit den §§ 72 ff. VwVfG NRW bereits planfestgestellt und erlaubt die Errichtung einer rd. 20 km langen Freileitung. Auf der gesamten Strecke führen die Strommaste zwei 380-kV-Höchstspannungsstromkreise. Im Teilstück zwischen der UA Hesseln und dem Pkt. Hesseln werden auf den Masten zusätzlich zwei Stromkreise mit 110-kV Hochspannung geführt. Betreiber der 110-kV-Hochspannungsleitung ist die Westnetz GmbH.

Diese Stromkreisanordnung mit zwei 380-kV- und zwei 110-kV-Stromkreisen ist auch für den zweiten hier beantragten Genehmigungsabschnitt vorgesehen. Vom Pkt. Hesseln aus verläuft die Antragstrasse auf einer Länge von ca. 8 km bis zum Pkt. Königsholz (Landesgrenze Niedersachsen/Nordrhein-Westfalen).

In Niedersachsen wird die Leitung vom Pkt. Königsholz (Landesgrenze Niedersachsen/Nordrhein-Westfalen) bis zur UA Lüstringen weitergeführt. Nordöstlich davon schließt sich der Genehmigungsabschnitt zwischen Lüstringen und der UA Wehrendorf an. Für diese Teilstücke werden eigenständige Verfahren in der Zuständigkeit der niedersächsischen Behörden durchgeführt.

Die Amprion GmbH beantragt mit der Einreichung dieser Planunterlagen einen Ersatzneubau zwischen dem Pkt. Hesseln (Stadt Halle) und dem Pkt. Königsholz (Stadt Borgholzhausen) an der Landesgrenze zwischen Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen. Die Höchstspannungsleitungsverbindung soll auf Grundlage des durch das EnLAG vorgegebenen Pilotcharakters auf einer Strecke von ca. 8 km als Kombination aus Freileitung und Teilerdverkabelung (TEV) umgesetzt werden. Die Teilerdverkabelung wird im Rahmen einer Pilotstrecke von ca. 4,2 km realisiert. Für den Übergang von Freileitung zum Erdkabel sind zwei sogenannte Kabelübergabestationen (KÜS) erforderlich., die den Übergang der Stromleiter in das Erdreich sicherstellen. Die Höchstspannungsleitungsverbindung auf diesem Abschnitt ist die Leitungsfortführung des bereits planfestgestellten nordrhein-westfälischen Abschnitts zwischen der UA Gütersloh und der UA Hesseln (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Schematische Darstellung der Ersatzneubaumaßnahme zwischen dem Pkt. Hesseln und dem Pkt. Königsholz (durchgezogene violette Linie)

Der Genehmigungsabschnitt zwischen dem Pkt. Hesseln und dem Pkt. Königsholz (Landesgrenze NRW / NDS) ist in sechs Maßnahmen mit unterschiedlichen Anlagenbezeichnungen untergliedert. Zur besseren Übersicht ist der Umfang der Maßnahmen in Tabelle 1 dargestellt.

Nr.	Bezeichnung	Teilabschnitte	Bauklasse	Länge des Abschnitts (km)	Betroffene Kommunen
I	Bl. 4210	Pkt. Hesseln – KÜS Riesberg	Freileitung	ca. 2,6	Halle (Westfalen)/Borgholzhausen
II	Stations-Nr. 01207	KÜS Riesberg	Kabelübergabestation		Borgholzhausen
III	Bl. 4251	KÜS Riesberg – KÜS Klusebrink	Erdkabel	ca. 4,2	Borgholzhausen
IV	Bl. 1504	Pkt. Riesberg – Pkt. Klusebrink	Erdkabel	ca. 4,7	Borgholzhausen
V	Stations-Nr. 01209	KÜS Klusebrink	Kabelübergabestation		Borgholzhausen
VI	Bl. 4210	KÜS Klusebrink – Pkt. Königsholz	Freileitung	ca. 1,5	Borgholzhausen

**Tabelle 1:** Übersicht über die Maßnahmen und betroffene Kommunen

Nachfolgend werden die im Rahmen der Neuerrichtung der geplanten Leitungsverbindung zu erwartenden elektrischen und magnetischen Felder betrachtet und im Sinne der 26. BImSchV untersucht.

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

Die rechtlichen, fachlichen und technischen Grundlagen hierfür basieren auf:

- *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG)* vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 432)
- *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 2018 (Build 3181) 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 50413:2009*, Berlin: VDE Verlag GmbH.
- *Grundsätze für die Ausbauplanung des deutschen Übertragungsnetzes der vier Übertragungsnetzbetreiber in Deutschland*. Ausgabe Juli 2018. <https://www.amprion.net/Netzausbau/Netzplanungsgrundsätze/>

Die für diesen Immissionsbericht verantwortlichen 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 bereitgestellt wird. Es resultiert aus der Betriebsspannung einer Leitung und ist deshalb nahezu konstant. Das elektrische Feld ist unabhängig von der Stromstärke.

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

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

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

### 1.1.2 Das elektrische Feld von Hochspannungskabeln

Das elektrische Feld wird bei den in diesem Vorhaben verwendeten Höchstspannungskabeln, in welchen der stromführende Leiter und das Isoliersystem von einem elektrisch leitfähigen Schirm

aus Einzeldrähten und einem durchgängigen Metallmantel aus Aluminium umhüllt sind, vollständig abgeschirmt. Beim Betrieb der Kabelverbindungen sind demnach keine elektrischen Felder an der Erdoberfläche nachweisbar.

### 1.1.3 Das magnetische Feld von Hochspannungsfreileitungen

Magnetische Felder treten nur dann auf, wenn elektrischer Strom fließt. Der Betriebsstrom, der durch die Leiterseile fließt, ist im Gegensatz zur Spannung nicht konstant. Er schwankt je nach Verbrauch, d.h. 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.

### 1.1.4 Das magnetische Feld von Hochspannungskabeln

Die Ausführungen unter 1.1.3 gelten für Hochspannungskabel in gleichem Maße.

Auch bei Kabeln sind die Feldstärken am Erdboden am höchsten, hier wo die Kabel dem Boden am nächsten sind, also bei der geringsten Verlegetiefe. Weiterhin sind die Abstände der Kabel untereinander bestimmend für die Größe des resultierenden magnetischen Feldes. Mit zunehmender Tiefe der Kabel und mit zunehmendem seitlichem Abstand nimmt die Feldstärke sehr schnell ab.

Die zu betrachtende physikalische Größe ist die magnetische Flussdichte  $B$ . Sie wird in Mikrotesla ( $\mu\text{T}$ ) angegeben.

## 1.2 Gesetzliche Anforderungen an Niederfrequenzanlagen

Die Festlegung von Grenzwerten zur Gewährleistung einer hohen Sicherheit der Bevölkerung obliegt dem Gesetzgeber. Zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch elektrische und magnetische Felder hat er Anforderungen in der sechszwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) festgesetzt [3]. Die Vorgaben beruhen auf Empfehlungen eines von der Weltgesundheitsorganisation anerkannten wissenschaftlichen Gremiums, der Internationalen Kommission für den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (ICNIRP), und spiegeln den aktuellen Stand der Forschung bezüglich möglicher Wirkungen durch Felder auf den Menschen wieder [6, 7].

1.2.1 26. BImSchV

Die 26. BImSchV ist seit dem 16. Dezember 1996, zuletzt novelliert am 14. August 2013, im deutschen Recht verankert und für Hochspannungsfreileitungen, Hochspannungskabel und Hochspannungsanlagen 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 2 für 50-Hz-Anlagen zusammengefasst.

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

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

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

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

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

**Tabelle 2:** Grenzwerte für 50-Hz-Anlagen

1.2.2 26. BImSchVVwV

Das Ziel des Minimierungsgebots nach § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV ist es, die von Niederfrequenzanlagen ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich so zu minimieren, dass die Immissionen an den maßgeblichen Minimierungsorten der jeweiligen Anlage minimiert werden.

Die Prüfung möglicher Minimierungsmaßnahmen erfolgt dabei individuell für die geplante Niederfrequenzanlage. Das Minimierungsgebot verlangt jedoch keine Prüfung nach dem im Energiewirtschaftsrecht verankerten sogenannten NOVA-Prinzip (Netzoptimierung vor Netzverstärkung vor Netzausbau) und keine Alternativenprüfung (z.B. Erdkabel statt Freileitung), alternative Trassenführung oder Standortalternativen, die nach den sonstigen Rechtsvorschriften, insbesondere nach dem Planfeststellungsrecht, erforderlich sein können. Es sind Minimierungsmaßnahmen dann zu prüfen, wenn sich mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort im Einwirkungsbereich der jeweiligen Anlage befindet. Liegen mehrere maßgebliche Minimierungsorte innerhalb des Einwirkungsbereiches, werden bei der Minimierung alle maßgeblichen Minimierungsorte gleichrangig betrachtet.

Es kann in Abhängigkeit von den geplanten Niederfrequenzanlagen 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 8.3, Blatt 1 - 4 ist der Trassenverlauf des gesamten Vorhabens kartografisch dargestellt (M 1:5.000). Die Katasterpläne basieren auf den Geobasisdaten des Land Nordrhein-Westfalen. Dargestellt sind die verschiedenen Leitungsabschnitte des gegenständlichen Vorhabens sowie alle zu berücksichtigenden sich in Parallellage befindenden Freileitungen. Die Freileitung und die Kabelsysteme sollen mit den folgenden wesentlichen Anlagenkenngrößen betrieben werden.

## 2.1 Technische Parameter

In Deutschland kommen in den Verteil- und Übertragungsnetzen drei Spannungsebenen mit den Nennspannungen 110 kV, 220 kV und 380 kV zum Einsatz. Die Anforderungen an die Nennspannung der verschiedenen Hoch- und Höchstspannungsebenen sind in der Norm DIN EN 50160 definiert [9]. Demnach sind die zulässigen Spannungsbereiche gemäß Tabelle 3 zur Gewährleistung der Spannungsqualität in den unterlagerten Netzen einzuhalten.

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 3:** Spannungsbereiche der in den deutschen Verteil- und Übertragungsnetz eingesetzten Spannungsebenen.

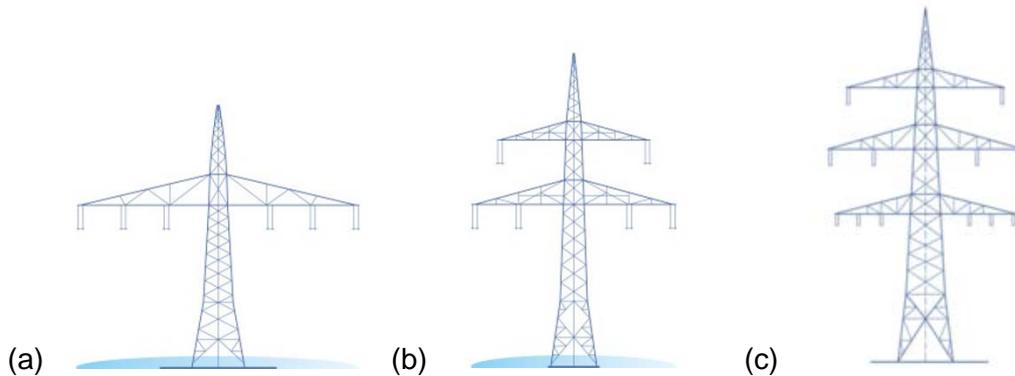
Die maximale Stromstärke wird durch den thermischen Grenzstrom, d.h. maximal zulässigen Dauerstrom  $I_D$ , des jeweiligen Seil- oder Kabeltyps als materialbezogene Angabe bestimmt. Tabelle 4 listet die Stromtragfähigkeit der verschiedenen im Vorhaben geplanten Seiltypen der Freileitungsabschnitte in Abhängigkeit der Bündelleiterzahl auf. Es werden diese oder vergleichbare Seiltypen zum Einsatz kommen.

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

**Tabelle 4:** Thermisch maximal zulässiger Dauerstrom  $I_D$  der im Vorhaben geplanten Leiterseile und Bündelleiter der geplanten Freileitungsabschnitte.

Die zum Einsatz kommenden Maste setzen sich aus zwei Grundformen zusammen – Einebene und Donau. Sie sind in Abbildung 1 gezeigt. Diese Grundformen können für den Fall, dass mehrere Stromkreise geführt werden sollen, auch kombiniert oder erweitert werden. Jede Grundform

weist Vor- und Nachteile auf und die Auswahl erfolgt in Abhängigkeit von planerischen, umweltfachlichen und feldreduzierenden Aspekten. Betriebliche Gründe können die Auswahl jedoch einschränken.



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

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

Die Übertragungsleistung von Starkstromkabeln hängt von verschiedenen Faktoren ab, die bei der Dimensionierung der Kabel zu beachten sind. Diese sind z. B. die zugehörigen Lastfaktoren, der Leiteraufbau, die Verlegetiefe, die Anordnung der Kabel (im Dreieck oder nebeneinander), der Abstand der Kabel untereinander, die Anzahl der parallel geführten Systeme, die Wärmeleitfähigkeit der Isolierung und des Erdreiches sowie die Temperatur im umgebenden Erdreich.

Die Stromtragfähigkeit der geplanten 380-kV-Kabelsysteme A und B beträgt jeweils 4,080 kA. Parallel zu den vier 380-kV-Kabelanlagen wird eine 110-kV-Kabelanlage mit insgesamt sechs Kabelsträngen errichtet. Diese sechs Kabelstränge ergeben insgesamt zwei 110-kV-Stromkreise, die jeweils in im Dreieck angeordnete Einzelrohrsträngen eingezogen werden. Diese beiden 110-kV-Kabelsysteme haben eine Stromtragfähigkeit von jeweils 0,630 kA. Es werden diese oder vergleichbare Kabeltypen zum Einsatz kommen.



**Abbildung 3:** Querschnitt eines VPE-Kabels

## 2.2 Höchstspannungsfreileitung Gütersloh – Lüstringen, Bl. 4210

Die geplante Höchstspannungsfreileitung Gütersloh – Lüstringen, Bl. 4210 ist sowohl im Abschnitt Pkt. Hessel n – KÜS Riesberg als auch im Abschnitt KÜS Klusebrink – Pkt. Königsholz an der Landesgrenze Nordrhein-Westfalen/Niedersachsen für vier Systeme, jeweils zwei 110-kV und 380-kV-Systeme, ausgelegt.

Beginnend ab dem Pkt. Hessel n bis zur KÜS Riesberg (1. Technischer Abschnitt) ist geplant

- 2 Systeme, Einfachseil AL/ST 265/35, Nennspannung: 110 kV
- 2 Systeme, Vierfachbündel AL/ACS 550/70, Nennspannung: 380 kV

aufzulegen.

Von der KÜS Klusebrink bis zum Pkt. Königsholz im dritten technischen Abschnitt ist vorgesehen

- 2 Systeme, Einfachseil AL/ST 265/35, Nennspannung: 110 kV
- 2 Systeme, Vierfachbündel AL/ACS 550/70, Nennspannung: 380 kV

aufzulegen.

Auf der geplanten Höchstspannungsfreileitung sind in den technischen Abschnitten eins und drei die Systeme mit 110 kV Nennspannung auf der untersten Traversenebene (Einebene) angeordnet. Die Systeme mit 380 kV Nennspannung sind in einer Dreieckanordnung (Donau) in den zwei darüber liegenden Traversenebenen installiert.

Masttyp	System	Nennspannung [kV]	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	110	ABC	1	AL/ST 265/35
	2	110	DEF	1	AL/ST 265/35
	3	380	GHI	4	AL/ACS 550/70
	4	380	JKL	4	AL/ACS 550/70
	Erdseil	–	M	1	AY/ACS 241/40
	Erdseil	–	N	1	AL/ST 265/35
	Erdseil	–	O	1	AY/ACS 241/40

**Tabelle 5:** Anordnung der geplanten Beseilungen und Stromkreissysteme am Mastgestänge

### 2.3 Höchstspannungskabel KÜS Riesberg – KÜS Klusebrink, Bl. 4251

Das 380-kV-Höchstspannungskabel KÜS Riesberg – KÜS Klusebrink, Bl. 4251 ist für zwei 380-kV-Systeme ausgelegt.

Bei der hier geplanten Teilerdverkabelung sollen vier 380-kV-VPE-Kabelanlagen mit jeweils drei Kabelsträngen zum Einsatz kommen. Die insgesamt 12 Kabelstränge, die z. B. vom Typ 2XS(FL)2Y 1x 2500 RMS/250 sein können, werden flach in einer Ebene, in eine zu erstellende Schutzrohranlage mit ebenfalls 12 parallelen Einzelrohrsträngen eingezogen. Siehe auch schematische Darstellung in Abbildung 3.

### 2.4 Hochspannungskabel Pkt. Riesberg – Pkt. Klusebrink, Bl. 1504

Das 110-kV-Hochspannungskabel Pkt. Riesberg – Pkt. Klusebrink, Bl. 1504 ist für zwei 110-kV-Systeme ausgelegt.

Parallel zu den vier 380-kV-Kabelanlagen wird eine 110-kV-Kabelanlage mit insgesamt sechs Kabelsträngen errichtet. Diese sechs Kabelstränge ergeben die insgesamt zwei 110-kV-Stromkreise, die jeweils in im Dreieck angeordnete Einzelrohrsträngen eingezogen werden. Siehe auch schematische Darstellung in Abbildung 3.

Zu Messzwecken werden im Schirmbereich eines jeden Kabels zusätzliche Lichtwellenleiter mitgeführt. Diese ermöglichen u.a. eine orts aufgelöste Messung der Schirmtemperatur und können zusätzlich zur Fehlerortung eingesetzt werden.

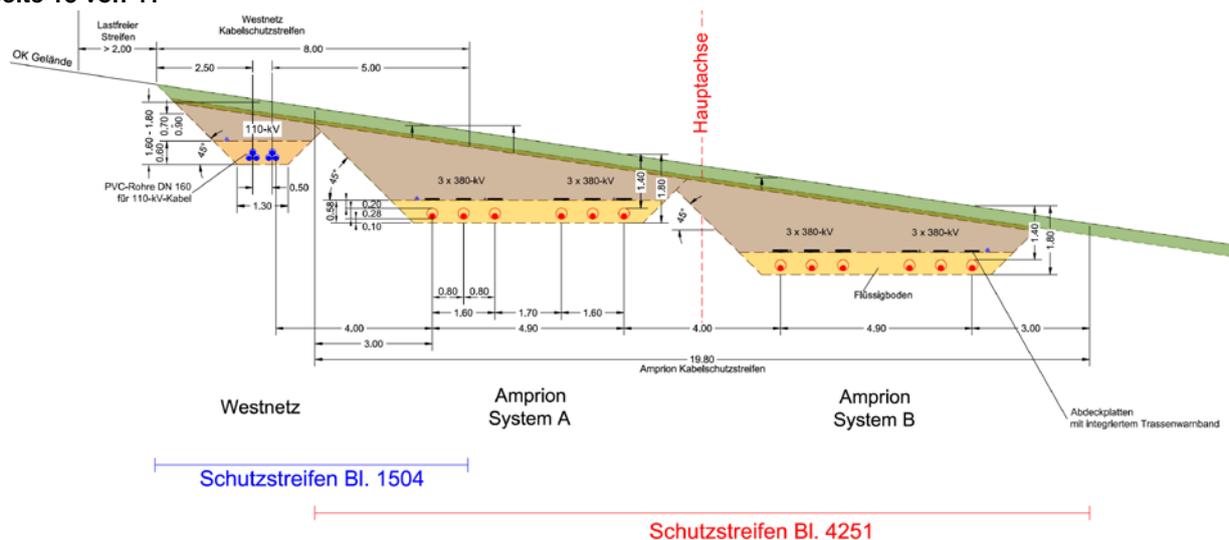


Abbildung 4: Schematische Darstellung der 380-kV- und 110-kV-Kabelsysteme

### 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].

Die geplanten Neubauten der Bl. 4210, 4251 und Bl. 1504 werden mit den Parametern nach Kapitel 2 digital modelliert. Aus dem digitalen Modell der Trasse können mittels *WinField* für beliebige Koordinaten die elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten berechnet werden. Dabei keine Berücksichtigung finden Gebäude und Bewuchs, die auf Grund ihrer Leitfähigkeit das elektrische Feld verzerren, aber den Vorgaben der Betrachtung der freien Ausbreitung der Felder entgegenstehen.

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 3 sowie der entsprechend der Bündelleiterzahl und der Kabelsysteme thermisch maximale Dauerstrom  $I_b$  nach Tabelle 4 ,bzw. in Kap. 2.1 erläut-

tert, verwendet. Die Stromstärken über 4 kA beim Viererbündel AL/ACS 550/70 und bei den Kabelsystemen A und B 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 sie vernachlässigt werden können.

Die Bewertung der Immissionen erfolgt in einer Höhe von 1 m über Erdbodenoberkante (vgl. 26. BImSchVV Nr. 4 a). Liegen Gebäude oder Gebäudeteile innerhalb des Bewertungsbereichs, so wird die Höhe des Geschossbodens mit der stärksten Feldexposition konservativ abgeschätzt. Die Bewertung erfolgt in diesen Fällen in einer Höhe von mindestens 1 m über dem Geschossboden mit der stärksten Feldexposition. Innerhalb von geschlossenen Räumen ist nur die magnetische Flussdichte der Freileitung nachweisbar, das angegebene elektrische Feld des Außenraums wird im Inneren von Gebäuden abgeschirmt und ist an diesen Orten nur der Vollständigkeit halber mit aufgeführt (vgl. Kapitel 1.1.1).

### 3.2 Maßgebliche Immissionssorte

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

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

## Immissionsschutzbericht 0014

110-/380-kV Höchstspannungsleitung Wehrendorf – Gütersloh (EnLAG, Vorhaben 16)

Abschnitt: Pkt. Hesseln - Pkt. Königsholz (Landesgrenze NRW/NDS)

Seite 17 von 41

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 110-kV-Freileitungen eine Breite von 10 m. Für Erdkabel beträgt der Einwirkungsbereich sowohl für die 380-kV- als auch für die 110-kV-Ebene 1 m im Radius rund um das Erdkabel.

Bei Schalt- und Umspannanlagen sowie Kabelübergabestationen beträgt der zu betrachtende Einwirkungsbereich gemäß LAI-Hinweisen 5 m rund den Anlagenzaun.

### 3.2.1 Höchstspannungsfreileitung Gütersloh – Lüstringen, Bl. 4210

Der gesamte Verlauf der geplanten 110-/380-kV-Freileitung vom Pkt. Hesseln – KÜS Riesberg und von der KÜS Klusebrink bis zum Pkt. Königsholz wurde auf maßgebliche Immissionsorte abgesucht. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem Bebauungsplan für die Wohnnutzung vorgesehene Grundstücke ausgewertet sowie eine Trassenbefahrung durchgeführt. Bei großen Grundstücken mit unterschiedlichen Nutzungen wurden ausgewiesene Nutzungsarten der Grundstücke entsprechend berücksichtigt. Es ergeben sich die folgenden maßgeblichen Immissionsorte, die auch in Anlage 8.3 Blatt 1 und 4 markiert sind.

Laufende Nummer	Immissionsort	Nutzungsart	Spannfeld	EMF Übersichtskarte
IO1	Hesseln Flur 3 Flurstück 20	Wohnen	M51/Bl.4210 zu M52/Bl.4210	Anlage 8.3 Blatt 1
IO2	Hesseln Flur 2 Flurstück 175	Wohnen	M53/Bl.4210 zu M54/Bl.4210	Anlage 8.3 Blatt 1
IO3	Hesseln Flur 2 Flurstück 197	Wohnen	M54/Bl.4210 zu M55/Bl.4210	Anlage 8.3 Blatt 1
IO4	Hesseln Flur 2 Flurstück 11, 188	Wohnen	M54/Bl.4210 zu M55/Bl.4210	Anlage 8.3 Blatt 1
IO5	Hesseln Flur 2 Flurstück 104	Wohnen	M54/Bl.4210 zu M55/Bl.4210	Anlage 8.3 Blatt 1
IO6	Hesseln Flur 2 Flurstück 105	Wohnen	M54/Bl.4210 zu M55/Bl.4210	Anlage 8.3 Blatt 1
IO7	Borgholzhausen Flur 1 Flurstück 25	Wohnen	M61/Bl.4210 zu M62/Bl.4210	Anlage 8.3 Blatt 4

**Tabelle 6:** Maßgebliche Immissionsorte im Bereich der Bl. 4210

### 3.2.2 Höchstspannungskabel KÜS Riesberg – KÜS Klusebrink, Bl. 4251

Der gesamte Verlauf des geplanten 380-kV-Kabels von der KÜS Riesberg bis zur KÜS Klusebrink (Bl. 4251) wurde auf maßgebliche Immissionsorte abgesucht. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem Bebauungsplan für die Wohnnutzung vorgesehene Grundstücke

ausgewertet sowie eine Trassenbefahrung durchgeführt. Bei großen Grundstücken mit unterschiedlichen Nutzungen wurden ausgewiesene Nutzungsarten der Grundstücke entsprechend berücksichtigt. Es befinden sich keine maßgeblichen Immissionsorte im Einwirkungsbereich der Kabelanlage, wie auch in Anlage 8.3 Blatt 2 und 3 nachzuvollziehen ist.

### 3.2.3 Höchstspannungskabel Pkt. Riesberg – Pkt. Klusebrink, Bl. 1504

Der gesamte Verlauf des geplanten 110-kV-Kabels vom Pkt. Riesberg bis zum Pkt. Klusebrink (Bl. 1504) wurde auf maßgebliche Immissionsorte abgesucht. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem Bebauungsplan für die Wohnnutzung vorgesehene Grundstücke ausgewertet sowie eine Trassenbefahrung durchgeführt. Bei großen Grundstücken mit unterschiedlichen Nutzungen wurden ausgewiesene Nutzungsarten der Grundstücke entsprechend berücksichtigt. Es befinden sich keine maßgeblichen Immissionsorte im Einwirkungsbereich der Kabelanlage, wie auch in Anlage 8.3 Blatt 2 und 3 nachzuvollziehen ist.

### 3.2.4 Kabelübergabestationen Riesberg und Klusebrink

Die gesamte Umgebung der geplanten Kabelübergabestationen Riesberg und Klusebrink wurde auf maßgebliche Immissionsorte abgesucht. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem Bebauungsplan für die Wohnnutzung vorgesehene Grundstücke ausgewertet sowie eine Trassenbefahrung durchgeführt. Bei großen Grundstücken mit unterschiedlichen Nutzungen wurden ausgewiesene Nutzungsarten der Grundstücke entsprechend berücksichtigt. Es befinden sich keine maßgeblichen Immissionsorte im Einwirkungsbereich der beiden Kabelübergabestationen, wie auch in Anlage 8.3 Blatt 2 und 3 nachzuvollziehen ist.

## 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 einer 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, eines 380-kV-Kabels, eines 110-kV-Kabels und von zwei Kabelübergabestationen 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.

Der Einwirkungsbereich einer Niederfrequenzanlage ist der Bereich, in dem die Anlage sich 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 110-kV-Freileitungen sind es 100 m vom ruhenden äußeren Leiterseil; für 380-kV-Kabel sind es 100 m vom äußeren Kabel eines Systems und bei 110-

**Immissionsschutzbericht 0014**

110-/380-kV Höchstspannungsleitung Wehrendorf – Gütersloh (EnLAG, Vorhaben 16)

Abschnitt: Pkt. Hesseln - Pkt. Königsholz (Landesgrenze NRW/NDS)

Seite 19 von 41

kV-Kabeln sind es 25 m vom äußeren Kabel eines Systems. Für Umspann- und Schaltanlagen sowie Kabelübergabestationen beträgt der Bereich bei 380-kV 100 m rund um den Anlagenzaun.

**3.3.1 Höchstspannungsfreileitung Gütersloh – Lüstringen, Bl. 4210**

Der gesamte Verlauf der geplanten 110-/380-kV-Freileitung vom Pkt. Hesseln – KÜS Riesberg und von der KÜS Klusebrink bis zum Pkt. Königsholz wurde nach maßgeblichen Minimierungsorten überprüft. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem Bebauungsplan für die Wohnnutzung vorgesehene Grundstücke ausgewertet, zusätzlich wurde eine Trassenbefahrung durchgeführt. Bei dichter Bebauung wurden ganze Siedlungsstrukturen berücksichtigt. Es konnten die folgenden maßgeblichen Minimierungsorte ermittelt werden, die auch in Anlage 8.3 Blatt 1 und 4 kartografisch dargestellt sind.

<b>Lau- fende Nummer</b>	<b>Minimierungsort</b>	<b>Nutzung</b>	<b>Spannfeld</b>	<b>EMF Übersichts- karte</b>
MO1	Hesseln	Wohnen, Gewerbe	M51 zu M52	Anlage 8.1 Blatt 1
MO2	Hesseln	Wohnen	M51 zu M52	Anlage 8.1 Blatt 1
MO3	Hesseln	Wohnen	M51 zu M52	Anlage 8.1 Blatt 1
MO4	Hesseln	Wohnen	M51 zu M52	Anlage 8.1 Blatt 1
MO5	Hesseln	Wohnen, Gewerbe	M51 zu M52	Anlage 8.1 Blatt 1
MO6	Hesseln	Wohnen, Gewerbe	M51 zu M52	Anlage 8.1 Blatt 1
MO7	Hesseln	Wohnen	M52 zu M53	Anlage 8.1 Blatt 1
MO8	Hesseln	Wohnen	M52 zu M53	Anlage 8.1 Blatt 1
MO9	Hesseln	Wohnen	M52 zu M53	Anlage 8.1 Blatt 1
MO10	Hesseln	Wohnen, Gewerbe	M52 zu M53	Anlage 8.1 Blatt 1
MO11	Hesseln	Wohnen	M53 zu M54	Anlage 8.1 Blatt 1
MO12	Hesseln	Wohnen, Gewerbe	M53 zu M54	Anlage 8.1 Blatt 1

**Immissionsschutzbericht 0014**

110-/380-kV Höchstspannungsleitung Wehrendorf – Gütersloh (EnLAG, Vorhaben 16)

Abschnitt: Pkt. Hesseln - Pkt. Königsholz (Landesgrenze NRW/NDS)

Seite 20 von 41

MO13	Hesseln	Wohnen, Gewerbe	M53 zu M54	Anlage 8.1 Blatt 1
MO14	Hesseln	Wohnen	M54 zu M55	Anlage 8.1 Blatt 1
MO15	Hesseln	Wohnen	M54 zu M55	Anlage 8.1 Blatt 1
MO16	Hesseln	Wohnen	M54 zu M55	Anlage 8.1 Blatt 1
MO17	Hesseln	Wohnen	M54 zu M55	Anlage 8.1 Blatt 1
MO18	Hesseln	Wohnen	M54 zu M55	Anlage 8.1 Blatt 1
MO19	Hesseln	Wohnen	M54 zu M55	Anlage 8.1 Blatt 1
MO20	Borgholzhausen	Wohnen	M56 zu M57	Anlage 8.1 Blatt 1
MO21	Borgholzhausen	Wohnen	M56 zu M57	Anlage 8.1 Blatt 1
MO22	Borgholzhausen	Wohnen	M56 zu M57	Anlage 8.1 Blatt 1
MO23	Borgholzhausen	Wohnen	M57 zu M58	Anlage 8.1 Blatt 1
MO24	Borgholzhausen	Wohnen	M57 zu M58	Anlage 8.1 Blatt 1
MO25	Borgholzhausen	Wohnen, Gewerbe	M57 zu M58	Anlage 8.1 Blatt 1
MO49	Borgholzhausen	Wohnen	M59 zu M60	Anlage 8.1 Blatt 4
MO50	Borgholzhausen	Wohnen	M59 zu M60	Anlage 8.1 Blatt 4
MO51	Borgholzhausen	Wohnen	M60 zu M61	Anlage 8.1 Blatt 4
MO52	Borgholzhausen	Wohnen	M61 zu M62	Anlage 8.1 Blatt 4
MO53	Borgholzhausen	Wohnen	M62 zu M63	Anlage 8.1 Blatt 4
MO54	Borgholzhausen	Wohnen, Gewerbe	M62 zu M63	Anlage 8.1 Blatt 4

**Tabelle 7:** Maßgebliche Minimierungsorte im Bereich der Bl. 4210

**3.3.2 Höchstspannungskabel KÜS Riesberg – KÜS Klusebrink, Bl. 4251**

Der gesamte Verlauf des geplanten 380-kV-Kabels von der KÜS Riesberg bis zur KÜS Klusebrink (Bl. 4251) wurde nach maßgeblichen Minimierungsorten überprüft. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem Bebauungsplan für die Wohnnutzung vorgesehene Grundstücke ausgewertet, zusätzlich wurde eine Trassenbefahrung durchgeführt. Bei dichter Bebauung wurden ganze Siedlungsstrukturen berücksichtigt. Es konnten die folgenden maßgeblichen Minimierungsorte ermittelt werden, die auch in Anlage 8.3 Blatt 2 und 3 kartografisch dargestellt sind.

<b>Lau- fende Nummer</b>	<b>Minimierungsort</b>	<b>Nutzung</b>	<b>EMF Übersichts- karte</b>
MO26	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 2
MO27	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 2
MO28	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 2
MO29	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 2
MO30	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 2
MO31	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 2
MO32	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 2
MO33	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 2
MO34	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 2
MO35	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 2
MO36	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 2
MO37	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 2
MO38	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 3
MO39	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 3
MO40	Borgholzhausen	Wohnen, Gewerbe	Anlage 8.1 Blatt 3

#### Immissionsschutzbericht 0014

110-/380-kV Höchstspannungsleitung Wehrendorf – Gütersloh (EnLAG, Vorhaben 16)

Abschnitt: Pkt. Hesseln - Pkt. Königsholz (Landesgrenze NRW/NDS)

Seite 22 von 41

MO41	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 3
MO42	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 3
MO43	Borgholzhausen	Wohnen, Gewerbe	Anlage 8.1 Blatt 3
MO44	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 3
MO45	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 3
MO46	Borgholzhausen	Wohnen, Gewerbe	Anlage 8.1 Blatt 3
MO47	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 3
MO48	Borgholzhausen	Wohnen	Anlage 8.1 Blatt 3

**Tabelle 8:** Maßgebliche Minimierungsorte im Bereich der Bl. 4251

#### 3.3.3 Hochspannungskabel Pkt. Riesberg – Pkt. Klusebrink, Bl. 1504

Der gesamte Verlauf des geplanten 110-kV-Kabels vom Pkt. Riesberg bis zum Pkt. Klusebrink (Bl. 1504) wurde nach maßgeblichen Minimierungsorten überprüft. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem Bebauungsplan für die Wohnnutzung vorgesehene Grundstücke ausgewertet, zusätzlich wurde eine Trassenbefahrung durchgeführt. Bei dichter Bebauung wurden ganze Siedlungsstrukturen berücksichtigt. Es konnten maßgebliche Minimierungsorte ermittelt werden, die auch in Anlage 8.3 Blatt 2 und 3 kartografisch dargestellt sind.

Die maßgeblichen Minimierungsorte im Bereich der Bl. 1504 sind bereits durch den größeren Einwirkungsbereich der Bl. 4251 miterfasst.

#### 3.3.4 Kabelübergabestationen Riesberg und Klusebrink

Die gesamte Umgebung der geplanten Kabelübergabestationen Riesberg und Klusebrink wurde nach maßgeblichen Minimierungsorten überprüft. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem Bebauungsplan für die Wohnnutzung vorgesehene Grundstücke ausgewertet, zusätzlich wurde eine Trassenbefahrung durchgeführt. Bei dichter Bebauung wurden ganze Siedlungsstrukturen berücksichtigt. Es konnten keine maßgeblichen Minimierungsorte im Einwirkungsbereich der beiden KÜS ermittelt werden, siehe auch in Anlage 8.3 Blatt 2 und 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 5) werden die Grenzwertvorgaben der 26. BImSchV (vgl. Tabelle 2) eingehalten. Die Immissionsbeiträge anderer Niederfrequenzanlagen wurden hierbei berücksichtigt. Die ermittelten elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten sind in nachfolgender Tabelle 9 aufgeführt:

Lfd. Nummer	Maßgeblicher Immissionsort	Elektrisches Feld		Magnetisches Feld		Anlage
		Feldstärke	Grenzwertauslastung	Flussdichte	Grenzwertauslastung	
IO1	Hesseln Flur 3 Flurstück 20	1,1 kV/m	22%	13 µT	13%	8.2.1
IO2	Hesseln Flur 2 Flurstück 175	0,4 kV/m	8%	8 µT	8%	–
IO3	Hesseln Flur 2 Flurstück 197	0,4 kV/m	8%	8 µT	8%	–
IO4	Hesseln Flur 2 Flurstück 11, 188	0,4 kV/m	8%	7 µT	7%	–
IO5	Hesseln Flur 2 Flurstück 104	1,0 kV/m	20%	17 µT	17%	8.2.2
IO6	Hesseln Flur 2 Flurstück 105	1,0 kV/m	20%	12 µT	12%	–
IO7	Borgholzhausen Flur 1 Flurstück 25	0,5 kV/m	10%	9 µT	9%	8.2.3

**Tabelle 9:** Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten der Bl. 4210

Für die maßgeblichen Immissionsorte mit der voraussichtlich stärksten Exposition wurden die Nachweise für Niederfrequenzanlagen gemäß LAI-Hinweisen erstellt. Es ergeben sich dabei drei Nachweise, für jeden Abschnitt mit technischen Unterschieden, bzw. neuem Beginn einer (siehe hierzu Anlage 8.2).

#### **Immissionsschutzbericht 0014**

110-/380-kV Höchstspannungsleitung Wehrendorf – Gütersloh (EnLAG, Vorhaben 16)

Abschnitt: Pkt. Hesseln - Pkt. Königsholz (Landesgrenze NRW/NDS)

Seite 24 von 41

Für die geplante 110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Gütersloh – Lüstringen (Bl. 4210) im Abschnitt Pkt. Hesseln bis zur KÜS Riesberg mit den unterschiedlichen Masttypen AD47 und D12A00 am Beginn dieses Genehmigungsabschnitts vom Mast Nr. 51 bis Mast Nr. 52 stellt der maßgebliche Immissionsort Gemarkung Hesseln, Flur 3, Flurstück 20 (Lfd. Nr. 1) den maßgeblichen Immissionsort mit der voraussichtlich stärksten Exposition dar (vgl. Tabelle 11 Lfd. Nrn. 1).

Für den weiteren Verlauf der geplanten 110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Gütersloh – Lüstringen (Bl. 4210) im Abschnitt Pkt. Hesseln bis zur KÜS Riesberg in Alleinlage, unter Verwendung des Masttyps D12A00, stellt der maßgebliche Immissionsort Gemarkung Hesseln, Flur 2, Flurstück 104 (Lfd. Nr. 5) den maßgeblichen Immissionsort mit der voraussichtlich stärksten Exposition dar (vgl. Tabelle 11 Lfd. Nrn. 2 bis 6).

Für den Abschnitt von der KÜS Klusebrink bis zum Pkt. Königsholz der 110-/380-kV-Höchstspannungsleitung Gütersloh – Lüstringen (Bl. 4210) in Alleinlage stellt der maßgebliche Immissionsort Gemarkung Borgholzhausen, Flur 1, Flurstück 25 (Lfd. Nr. 7) den maßgeblichen Immissionsort mit der voraussichtlich stärksten Exposition dar (vgl. Tabelle 11 Lfd. Nrn. 7). Hier wird ebenfalls ausschließlich der Masttyp D12A00 eingesetzt.

Im Bereich der neu zu errichtenden 380-kV-Höchstspannungskabel KÜS Riesberg – KÜS Klusebrink, Bl. 4251 und 110-kV-Hochspannungskabel Pkt. Riesberg – Pkt. Klusebrink, Bl. 1504, sowie der Kabelübergabestationen Riesberg und Klusebrink befinden sich keine maßgeblichen Immissionsorte.

Die entsprechenden Nachweise finden sich in Anlage 8.2.

Die betrachteten Orte sind damit repräsentativ für ihren jeweiligen Abschnitt, d.h. die Immissionen an allen anderen maßgeblichen Immissionsorten im jeweiligen Abschnitt sind geringer als an dem im Nachweis betrachteten Ort. Alle Nachweise enthalten detaillierte Angaben zur Nachvollziehbarkeit der Berechnungen der elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten an den maßgeblichen Immissionsorten.

Die Berücksichtigung von Immissionsbeiträgen ortsfester Hochfrequenzanlagen ist hier nicht erforderlich.

Laut EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur (<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Verbraucher/ElektromagnetischeFelder/elektromagnetischefelder-node.html> , abgerufen am 31.08.2020) befindet sich im Umkreis von mindestens 40 km Entfernung zum geplanten Vorhaben keine Funkanlagenstandorte mit einer Frequenz kleiner-gleich 10 MHz. Der entsprechende Auszug aus der EMF-Datenbank ist in Anlage 8.4 beigefügt. Entsprechend Ziffer II.3.4 der LAI-Hinweise tragen Hochfrequenzanlagen ab einem Abstand von 300 m nicht relevant zur Vorbelastung bei und machen daher eine weitere Betrachtung entbehrlich. Dieser Regelung liegt die Einschätzung von messtechnischen Fachstellen hinsichtlich der Immissionsbeiträge von Hochfrequenzanlagen im Spektrum von 9 kHz bis 10 MHz zugrunde [15].

## 4.2 Immissionsbetrachtung für die Kabelsysteme

Es befinden sich gemäß der Definition der 26. BImSchV und den dazugehörigen LAI-Durchführungshinweisen keine maßgeblichen Immissionsorte im Bereich der neu zu errichtenden 380-kV-Höchstspannungskabel KÜS Riesberg – KÜS Klusebrink, Bl. 4251 und 110-kV-Hochspannungskabel Pkt. Riesberg – Pkt. Klusebrink, Bl. 1504. Dennoch sind für die nächstgelegenen Immissionsorte entlang der Kabeltrasse Immissionsbetrachtungen durchgeführt worden.

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 10 informativ aufgeführt.

Lfd. Nummer	Maßgeblicher Immissionsort	Elektrisches Feld		Magnetisches Feld		Anlage
		Feldstärke	Grenzwertauslastung	Flussdichte	Grenzwertauslastung	
1	Borgholzhausen Flur 17 Flurstück 108	-	-	29 µT	29%	8.2.4
2	Borgholzhausen Flur 3 Flurstück 385	-	-	1,4 µT	2%	8.2.5
3	Borgholzhausen Flur 3 Flurstück 499	-	-	9 µT	9%	8.2.6
4	Borgholzhausen Flur 2 Flurstück 38	-	-	4 µT	4%	8.2.7
5	Borgholzhausen Flur 2 Flurstück 40	-	-	6 µT	6%	8.2.8

**Tabelle 10:** Vergleich der Feldimmissionen bei ungünstigster Phasenlage und der bestehenden Leiteranordnung

Die informativen Immissionsbetrachtungen finden sich in ausführlicher Form in Anlage 8.2. analog zu § 3 Abs. 2 der sechsundzwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV) abgefasst.

## 4.3 Überspannungsverbot und Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden

Gemäß §4 Absatz 3 der 26. BImSchV gilt das Überspannungsverbot von Gebäuden oder Gebäudeteilen, die zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, nur bei Errichtungen in neuen Trassen, nicht jedoch bei Ersatzneubauten in alter Trasse oder wesentlichen Änderungen. Die Anforderungen der 26. BImSchV sind somit auch hier erfüllt. Dennoch wurde die Trassierung der Freileitungsabschnitte so durchgeführt, dass entlang der gesamten Trasse keine Gebäude oder Gebäudeteile überspannt werden. Dies lässt sich auch aus der kartografischen Darstellung in Anlage 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, dies ist bei diesem Vorhaben bei nicht nur zum vorübergehenden Aufenthalt von Personen gedachten Orten der Fall (vgl. Kapitel 4.1).

#### 4.4 Minimierungsgebot

Das Minimierungsgebot gemäß § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV i.V.m. 26. BImSchVVwV wird beachtet. Die Umsetzung erfolgte entsprechend der Vorgaben – siehe Kapitel 1.2.2 – in drei Teilschritten: einer Vorprüfung nach Nr. 3.2.1, einer Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen nach Nr. 3.2.2 und einer Maßnahmenbewertung nach Nr. 3.2.3 der 26. BImSchVVwV.

##### 4.4.1 Vorprüfung

Das Ergebnis der Vorprüfung ist in Kapitel 3.2.1 dargestellt und hat für den Abschnitt Pkt. Hesseln – Pkt. Königsholz dieses Vorhabens Minimierungsorte ergeben (siehe Tabelle 9 und 10).

##### 4.4.2 Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen

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

Der Bewertungsabstand beträgt bei Niederfrequenzanlagen 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]. Es ergibt sich damit ein Bewertungsbereich der ebenso groß ist wie der Einwirkungsbereich gemäß LAI-Hinweisen (vgl.

Kapitel 3.2). Das bedeutet, maßgebliche Minimierungsorte, für die eine individuelle Minimierungsprüfung erforderlich ist, sind identisch mit den maßgeblichen Immissionsorten. Für alle anderen maßgeblichen Minimierungsorte erfolgt 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 Spannungsfeldmitte gesetzt, da in der Regel in Spannungsfeldmitte die größten Feldstärken am Boden auftreten (vgl. Kapitel 1.1).

Für Drehstromerkabel beträgt der Bewertungsabstand in der 380-kV-Ebene 10 m und für die 110-kV-Ebene 1 m jeweils ausgehend vom äußersten Kabel. Für die KÜS ist der Bewertungsabstand 5 m.

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), um eine günstigere geometrische Anordnung der Phasen und Stromkreise untereinander und ggf. optimierte Abstände der Phasen und Stromkreise zu erreichen
- Optimieren der Leiteranordnung (Nr. 5.3.1.5), durch Veränderung der Phasenfolge am Mast

Für Drehstromkabel hat die Prüfung des Minimierungspotentials nach Nr. 5.3.2 der 26. BImSchVVwV anhand folgender technischer Möglichkeiten zu erfolgen und gliedert sich in folgende Maßnahmen.

- Minimieren der Kabelabstände (Nr. 5.3.2.1), z.B. durch Verringerung der Kabelabstände innerhalb eines Stromkreises und zu anderen Stromkreisen
- Optimieren der Leiteranordnung (Nr. 5.3.2.2), z.B. durch Veränderung der Phasenfolge der Kabelsysteme
- Optimieren der Verlegegeometrie (Nr. 5.3.2.3), z.B. durch Veränderung der relativen Positionen der Kabel zur bestmöglichen Kompensation der entstehenden magnetischen Felder
- Optimieren der Verlegetiefe (Nr. 5.3.2.4), durch möglichst tiefe Verlegung der Kabel

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

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

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

Insbesondere der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit ist zu wahren, indem Aufwand und Nutzen möglicher Maßnahmen betrachtet werden. Zudem sind mögliche nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter zu berücksichtigen. Wird auf bestehendem Gestänge eine neue Leitung mitgeführt oder eine bereits mitgeführte Leitung wesentlich geändert, bezieht sich das Minimierungsgebot nur auf diese mitgeführte Leitung, sofern die bestehende Leitung nicht ihrerseits wesentlich geändert wird. Hierbei ist unbeachtlich, ob sich Spannungsebene und Frequenz der Leitungen unterscheiden. Bei der Minimierung der neuen oder wesentlich geänderten Leitung sind jedoch die Felder der bestehenden Leitung mit zu berücksichtigen.

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

#### 4.4.3 Maßnahmenbewertung Drehstromfreileitung

##### 4.4.3.1 Abstandsoptimierung durch Erhöhung der Bodenabstände

Ziel der Abstandsoptimierung ist die Verringerung der Felder durch Erhöhung des Abstands zwischen den Leiterseilen und dem Erdboden. Praktisch ist dies zu erreichen, indem Maste erhöht oder Spannfelder durch zusätzliche Maste verkürzt werden. Dabei ist die minimale Leiterseilhöhe bei Vorliegen maßgeblicher Immissionsorte im Einwirkungsbereich nach 26. BImSchV durch die Einhaltung der entsprechenden Grenzwerte und im Übrigen durch minimal zulässige technisch bedingte Schutzabstände (z.B. gem. DIN EN 50341) [16, 17, 18] bestimmt.

Eine Erhöhung der Maste geht im Allgemeinen mit einer Erhöhung der Beeinträchtigung des Wohnumfeldes im Nahbereich einher. Diese Beeinträchtigung nimmt gewöhnlich mit Annäherung an die Leitungsachse zu, während gleichzeitig die relative Reduktion der Immissionswerte ebenfalls mit Annäherung an die Leitungsachse zunimmt. Eine Erhöhung der Maste geht ebenso mit einer Erhöhung der Beeinträchtigung des Schutzgutes Landschaftsbild einher. 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.

Eine Verkürzung der Spannfeldlängen und damit eine Erhöhung der Mastanzahl wirkt sich ebenfalls ungünstig auf das Schutzgut Landschaftsbild aus. 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.

Mindestens die Beeinträchtigung des Schutzguts Landschaftsbild stellt im Gegensatz zur Nützlichkeit der in diesem Kapitel diskutierten Feldreduktion einen eindeutigen nachweisbaren Effekt dar. Es kommt zu (zusätzlichen) Eingriffen in Boden und Eigentum.

Im Bereich gesamten geplanten Freileitungstrasse der Bl. 4210 werden auf der kompletten Strecke zwei 110-kV-Systeme der Westnetz auf der untersten Traverse des Mastgestänges mitgeführt. 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. Eine weitere Erhöhung der Neubaumaste hat aufgrund der großen Entfernung zu den nächstgelegenen Minimierungsorten dort keine Verringerung der elektrischen und magnetischen Felder zur Folge.

#### *4.4.3.2 Elektrische Schirmung*

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 den Schirmseilen und den spannungsführenden Leiterseilen sowie des einzuhaltenden Mindestbodenabstandes führt die zusätzliche Traversenebene für die Schirmseile zu einer deutlichen Erhöhung der Masten.

Damit ergeben sich weitestgehend die bereits im vorangegangenen Kapitel diskutierten Auswirkungen auf das Wohnumfeld und die Schutzgüter Landschaftsbild, Boden sowie Tiere und Pflanzen, bedingt durch die erforderlichen Erhöhungen der Masten und die damit einhergehenden größeren Fundamente der Masten. Letzteres bedeutet einen erhöhten Eingriff in das Eigentumsrecht Dritter. Auch wirken sich zusätzliche Erd- oder Schirmseile auf die Randfeldstärken an den Leiterseilen und damit negativ auf die Geräuschemission durch den Koronaeffekt aus – ebenfalls ein Immissionsschutzbelang. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme ist zudem überwiegend auf die elektrische Feldstärke beschränkt und wird von der 26. BImSchVVwV als niedrig eingestuft.

Die Wirksamkeit einer Schirmung ist auf den Bewertungsbereich beschränkt. Eine Erhöhung der geplanten Masten, um eine weitere Traverse für Erdseile einzubringen, steht deshalb aufgrund der geringen Wirksamkeit der Maßnahme in keinem Verhältnis zu den Kosten.

Für die weiter entfernt liegen Minimierungsorte hat die Maßnahme keinen Effekt, daher wird keine weitergehende elektrische Schirmung umgesetzt.

Dennoch wird der Minimierungsmaßnahme elektrische Schirmung auch in diesem Verfahren Rechnung getragen. So wird im Mastschaft, in Höhe der untersten Traverse, immer ein zweites Erdseil, welches zur zusätzlichen Datenübertragung notwendig ist, mitgeführt. Weiterhin sorgen die oben ebenfalls bereits beschrieben zwei 110-kV-Stromkreise, welche auf der unteren Traverse angebracht sind, für einen zusätzlichen Schirmeffekt. Diese drei zusätzlichen Seile auf jeder Traversenseite schirmen die höheren elektrischen Felder der oben im Mastkopf angeordneten 380-kV-Systeme minimierend ab.

#### *4.4.3.3 Minimierung der Seilabstände*

Ziel der Minimierung der Seilabstände ist eine Optimierung der Feldkompensation am Immissionsort. Damit einhergehend erhöht sich insbesondere die elektrische Feldstärke im Bereich der spannungsführenden Leiterseile; dies bedingt eine Erhöhung des Koronaeffekt aufgrund erhöhter Randfeldstärken.

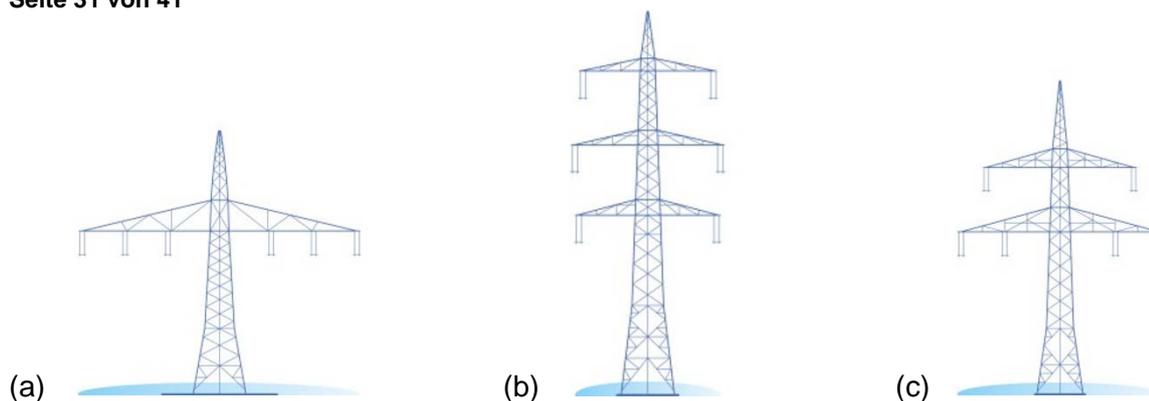
Begrenzt wird diese Minimierungsmaßnahme von den vorgegebenen Mindestisolierluftstrecken gem. DIN EN 50341-2-4. Zudem sind Sicherheitsabstände zur Wartung notwendig, da bei Mehrfachleitungen in der Regel ein zu wartender Stromkreis unabhängig von den anderen Stromkreisen zugänglich sein muss, um die Versorgungssicherheit nicht durch zu viele gleichzeitig abgeschaltete Stromkreise zu gefährden. Diese unabhängige Wartungsmöglichkeit einzelner Stromkreise ist bei zu geringen inneren Abständen nicht mehr gewährleistet.

Die Maßnahme führt im Übrigen nicht zu nachteiligen Auswirkungen, da insbesondere keine zusätzlichen Konstruktionskomponenten (wie weitere Traversen, o.ä.) hinzukommen. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme wird von der 26. BImSchVVwV als hoch eingestuft.

Vor diesem Hintergrund wurden bereits in den planerischen Erwägungen die Seilabstände für die geplanten Mastgestänge unter Berücksichtigung der technischen und betrieblichen Randbedingungen soweit zulässig minimiert. Die Minimierungsmaßnahme findet insgesamt Anwendung.

#### *4.4.3.4 Optimierung der Mastkopfgeometrie*

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 Eigentum Dritter. Weiterhin wirkt sich eine Erhöhung der Maste beeinträchtigend auf das Schutzgut Landschaftsbild sowie auf das potentielle Anflugrisiko von Vögeln aus. An bestimmten Stellen ergibt sich aus der Führung der jeweiligen Phasenleiter eine technisch notwendige Mastkopfgeometrie.



**Abbildung 5:** Grundformen der Mastkopfgeometrien. V.l.n.r.: Einebene, Donau, Tonne

Unter der Mastkopfgeometrie im Sinne der 26. BImSchVVwV wird die geometrische Anordnung der Bündelleiter am Mast, wie bspw. die Tonnenanordnung oder die Donau-Anordnung, verstanden. Eine Übersicht der möglichen Mastkopfgeometrien ist in Abbildung 2 dargestellt. Für diese Betrachtung ist die Mastbauart unwesentlich. Diese Betrachtung gilt für alle Mastbauarten gleichermaßen.

In Leitungsprojekten, in denen lediglich zwei Systeme mitgeführt werden sollen, kann die Mastkopfgeometrie Tonne mit drei Traversenebenen zur Minimierung der elektrischen und magnetischen Feldimmissionen eingesetzt werden, ohne übergebührende Eingriffe in den Landschafts- und Naturraum sowie das Eigentum Dritter. In diesem Projekt werden immer zwei 110-kV-Systeme der Westnetz mitgeführt.

Zur Minimierung der Eingriffe insbesondere in das Schutzgut Landschaftsbild wird daher im kompletten Abschnitt zwischen Pkt. Hesseln und der KÜS Riesberg sowie zwischen der KÜS Klusebrink und dem Pkt. Königsholz die Mastkopfgeometrie Donau-Einebene (Typ AD47/D12A00) mit drei Traversenebenen verwendet. Dabei werden die beiden 110-kV-Systeme an einer eigenen unteren Traversenebene geführt. Die beiden 380-kV-Stromkreise werden an den beiden oberen Traversenebenen zusammengefasst.

Gegenüber diesem Masttyp Donau-Einebene würde die Herstellung einer Tonnengeometrie eine erhebliche Masterrhöhung bedeuten. Im Hinblick auf die erhöhte Betroffenheit des Schutzguts Landschaft, insbesondere an maßgeblichen Minimierungsorten, ist dies zugunsten einer Feldreduktion wenig vorzugswürdig. In Abwägung mit dem Schutzgut Landschaftsbild wird die Mastkopfgeometrie Donau-Einebene als deutlich geeigneter angesehen.

Eine Alternative wäre die 380-kV-Stromkreise als Tonnenanordnung auszuführen. Dies würde allerdings zu keiner nennenswerten Feldreduktion führen, jedoch eine zusätzliche Traversenebene und damit eine deutliche Erhöhung der Maste erfordern. Eine Erhöhung von Masten ist jedoch mit zusätzlichen Belastungen verbunden wie unter Kap. 4.4.3.1 bei der Bewertung der Abstandsoptimierung aufgezeigt wird. Die geplante Ausführung als Donau-Einebene ist daher vorzugswürdig.

#### *4.4.3.5 Optimieren der Leiteranordnung*

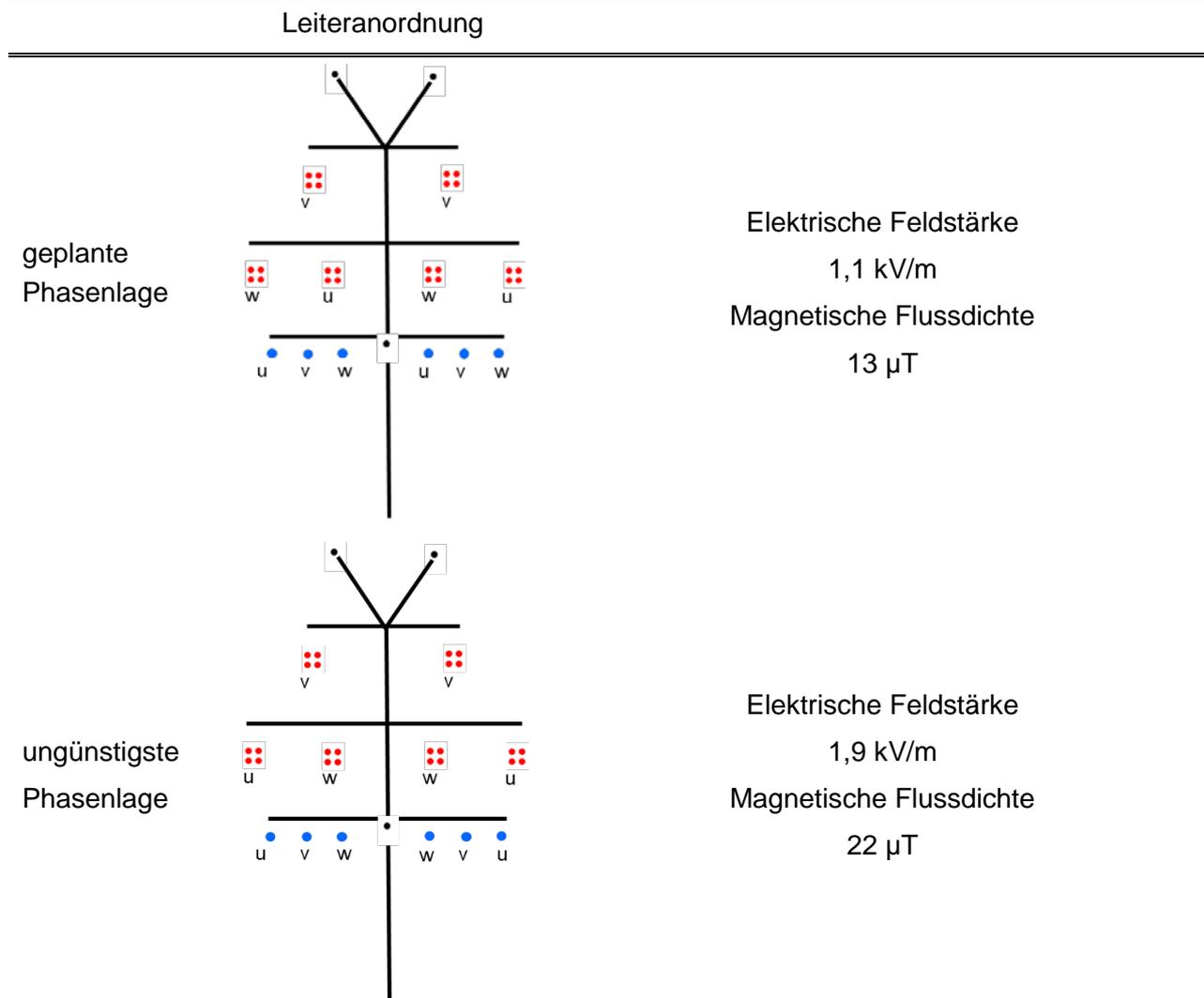
Die Leiteranordnung beschreibt die Anordnung der Phasen, d.h. die Anschlussreihenfolge der Leiterseile. Im Drehstromsystem besteht jeder Stromkreis aus drei Leiterseilen, deren Spannungen / Ströme entsprechend dem elektrischen Grundsatz von Drehstromsystemen zeitlich jeweils um  $120^\circ$  versetzt 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 am Boden entstehenden elektrischen und magnetischen Felder erzielt werden.

Außerdem beeinflusst die Optimierung der Leiteranordnung, d.h. die Anordnung der Phasenleiter am Masten die elektrischen Eigenschaften der Leitung im Netz. Aus betrieblicher Sicht können insbesondere elektrische Unsymmetrien sowie die Beeinflussung der mitgeführten Systeme die Wahl der Phasenlage einschränken.

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

Die optimierte Leiteranordnung ist in den Nachweisungen der Einhaltung der Grenzwerte für die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte gem. 26. BImSchV der Anlage 8 (8.2.1 - 8.2.3) berücksichtigt und dieser zu entnehmen. Dieser Minimierungsmaßnahme wird somit auf der gesamten Freileitungsplanung umgesetzt.

Nachfolgend werden in Tabelle 11 die geplanten Phasenlagen und die ungünstigsten Phasenlagen gegenübergestellt.



**Tabelle 11:** Vergleich der Feldimmissionen bei ungünstigster Phasenlage und der geplanten Leiteranordnung

Der o.g. maßgebliche Immissionsort Nr. 1 liegt unterhalb der geplanten 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung Gütersloh – Lüstringen, Bl. 4210. Durch die Gegenüberstellung der beiden Phasenlagen konnte nachgewiesen werden, dass die vorliegende Phasenlage bereits optimiert ist.

Für Minimierungsorte, welche sich im Einwirkungsbereich der Freileitung befinden, werden die Immissionen am Bewertungspunkt bestimmt werden, d. h. in 20 m Abstand vom äußeren ruhenden Leiterseil in gerader Linie zwischen Leitungsachse und Immissionsort. Aufgrund des Abstandes zur Freileitung sind die ausgewiesenen Immissionen i.d.R. bereits kleiner als 10% der Grenzwerte der elektrischen und magnetischen Felder. Der Einfluss der Phasenlage ist deshalb auch nur noch als gering einzustufen.

#### 4.4.4 Maßnahmenbewertung Drehstromkabel

##### 4.4.4.1 Minimieren der Kabelabstände

Die Minimierungsmaßnahme bedeutet, dass die Kabel mit möglichst geringem Abstand zueinander verlegt werden, wobei hierzu auch die Minimierung der Kabelabstände innerhalb eines Stromkreises und zu anderen Stromkreisen gehört.

Bei der Umsetzung sind Mindestkabelabstände erforderlich, um thermische Belastungen der Kabel zu begrenzen.

Die hohe Wirksamkeit ist und wird beeinflusst von anderen Anlagenparametern. Darüber hinaus ist sie abhängig vom Abstand zu den weiteren Leitern und die Verringerung von Kabelabständen kann zu einer Erwärmung im Boden führen.

Unter Berücksichtigung der Bodenbeschaffenheiten, der notwendigen Wärmeabfuhr der Kabel zur Sicherstellung der Übertragungskapazität und der Begrenzung der Bodenerwärmung sind bei dieser Maßnahme die dafür optimalen Kabelabstände, jeweils für 110-kV und 380-kV unterschiedlich, gewählt worden.

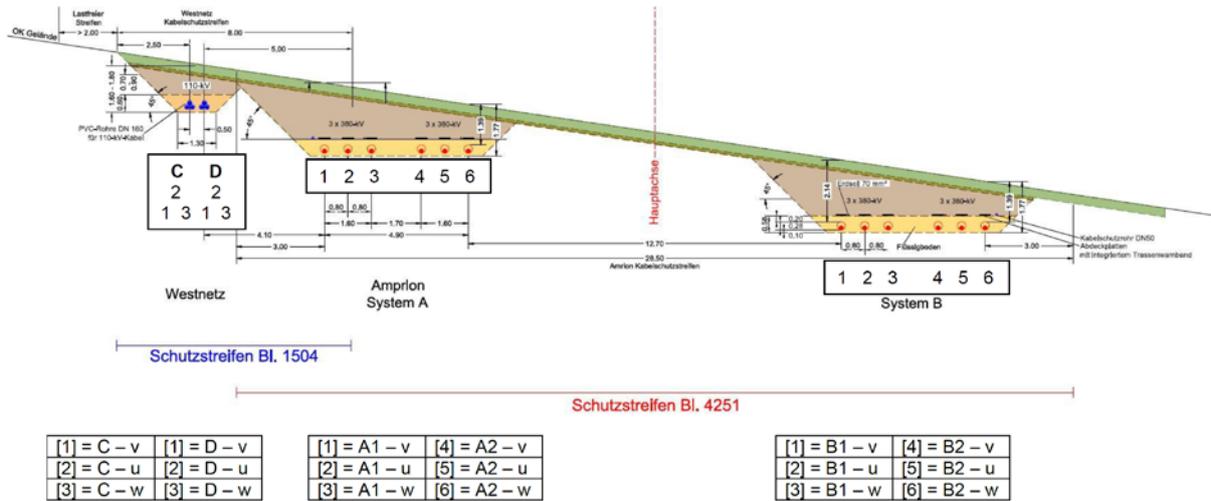
##### 4.4.4.2 Optimieren der Leiteranordnung

Die Leiteranordnung beschreibt die Anordnung der Phasen, d.h. die Anschlussreihenfolge der Kabel. Im Drehstromsystem besteht jeder Stromkreis aus drei Leitern (bei den 380-kV-Systemen wird aus Gründen der Übertragungskapazität der Stromkreis jeweils auf sechs Kabeladern verteilt), deren Spannungen / Ströme entsprechend dem elektrischen Grundsatz von Drehstromsystemen zeitlich jeweils um  $120^\circ$  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 Kabels ihr Maximum zueinander zeitversetzt. Bei optimierter Anordnung der Phasen der Kabelsysteme, kann somit eine Kompensation der am Boden entstehenden elektrischen und magnetischen Felder erzielt werden.

Außerdem beeinflusst die Optimierung der Leiteranordnung, d.h. die Anordnung der Phasenleiter innerhalb der Kabelsysteme die elektrischen Eigenschaften der Leitung im Netz. Aus betrieblicher Sicht können insbesondere elektrische Unsymmetrien sowie die Beeinflussung der mitgeführten Systeme die Wahl der Phasenlage einschränken.

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

Die optimierte Leiteranordnung der Kabel ist in der nachfolgenden Abbildung 4 und in den Immissionsbetrachtungen der Kabelanlage der Anlage 8 (8.2.4 - 8.2.8) dargestellt und dieser zu entnehmen. Dieser Minimierungsmaßnahme wird somit in der gesamten Kabelplanung umgesetzt.



Phasenbezeichnung: u = 0°; w = 120°; v = 240°

**Abbildung 6:** Schematische Darstellung der Phasenlagen der 380-kV- und 110-kV-Kabelsysteme

#### 4.4.4.3 Optimieren der Verlegegeometrie

Kabel werden so verlegt, dass die relative Position der einzelnen Kabel eine bestmögliche Kompensation der entstehenden magnetischen Felder ermöglicht. Sie können in einer Ebene – horizontal oder vertikal – oder im Dreieck verlegt werden. Für die Kompensation ist eine Anordnung im Dreieck günstig. Zusätzlich können Kabel mit kleinerem Kabelquerschnitt auch verdreht werden.

Die Optimierung der Verlegegeometrie ist vor allem bei Einleiterkabeln eine gute Minimierungsmaßnahme. Die Anforderungen an die Wärmeableitung können, wie es im Wesentlichen bei Kabeln in der 380-kV-Ebene erforderlich ist, eine Flachverlegung der Kabel erfordern.

Durch die Wahl einer günstigen Verlegegeometrie kann die Immission im Einwirkungsbereich deutlich gegenüber einer ungünstigen Geometrie verringert werden. Die Wirksamkeit der Maßnahme ist deshalb als hoch einzuschätzen. Übereinander verlegte oder verdrehte Kabel können allerdings einen besonderen Aufwand bei der Entstörung erfordern.

Sie wird allerdings von anderen Anlagenparametern, wie z. B. bei nicht verdrehten Kabeln vom Leiterabstand beeinflusst. Die Verdrehung trägt in Abhängigkeit von der Schlaglänge zur Minimierung bei. Übereinander verlegte oder verdrehte Kabel können besonderen Aufwand bei der Entstörung erfordern.

Außerdem ist der Abstand der Erdkabel zueinander vom Wärmeableitvermögen des umgebenden Erdreichs abhängig.

Für die 110-kV-Kabelsysteme der Westnetz wird eine für diese Spannungsebene optimale Verlegegeometrie in einer Dreiecksanordnung umgesetzt. In der 380-kV-Spannungsebene müssen die Kabelsysteme, aufgrund der notwendigen Wärmeableitfähigkeit zur Sicherstellung der Übertragungskapazität und der höheren Anforderungen an die Entstörung, in der Flachverlegung umgesetzt werden. Dabei sind die Kabel so eng wie technisch möglich verlegt.

#### *4.4.4.4 Optimieren der Verlegetiefe*

Die Minimierungsmaßnahme besteht darin, die Kabel so tief wie möglich zu verlegen. Hierbei ist relevant, dass die Bodenbeschaffenheit und die vor Ort vorhandene Infrastruktur für eine tiefe Verlegung geeignet sein müssen und dass sich bei größerer Verlegetiefe die Wärmeabfuhr mit möglichen Konsequenzen für Kabel und Boden verschlechtert.

Unter den oben genannten Rahmenbedingungen wurde für die hier zu prüfende Maßnahme die optimale Verlegetiefe geplant.

#### *4.4.1 Maßnahmenbewertung Kabelübergabestationen*

##### *4.4.1.1 Abstandsoptimierung*

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

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

##### *4.4.1.2 Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung*

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

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

## **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 8.5.

## 6 Fazit

Die Amprion GmbH plant zur Erfüllung ihrer gesetzlichen Verpflichtungen einer sicheren Energieversorgung gem. § 11 Abs. 1 EnWG den Ersatzneubau einer rund 70 km langen 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung zwischen Wehrendorf (Niedersachsen) und Gütersloh (Nordrhein-Westfalen). In diesem Immissionsschutzbericht werden die durch den hier beantragten Abschnitt vom Pkt. Hesseln bis zum Pkt. Königsholz hervorgerufenen Immissionen elektrischer und magnetischer Felder untersucht. Die Untersuchung umfasst dabei die geplanten 110-/380-kV-Freileitungsabschnitte Pkt. Hesseln – KÜS Riesberg und KÜS Klusebrink – Pkt. Königsholz, das 380-kV-Kabel KÜS Riesberg – KÜS Klusebrink, das 110-kV-Kabel Pkt. Riesberg – Pkt. Klusebrink und die Kabelübergabestationen Riesberg und Klusebrink.

In Abschnitt 3.2 werden die Anforderungen der 26. BImSchV einzeln untersucht und bewertet. Es wurden sämtliche sich im Bereich des Bewertungsabstands von 20 m rechts und links des äußersten ruhenden Leiterseils liegenden maßgeblichen Immissionsorte untersucht und hierfür jeweils der Nachweis über die Einhaltung der Grenzwerte der 26. BImSchV dargelegt.

Zudem wurden in Abschnitt 4.4 die Maßnahmen zur Vorsorge gem. § 4 der 26. BImSchV i.V.m. der 26. BImSchVVwV untersucht und einzeln bewertet. Dabei bleibt festzuhalten, dass die Minimierungsmaßnahmen in diesem Vorhaben sehr umfangreich umgesetzt werden. So sind die Wahl der Mastkopfgeometrie, die Seilabstände, die elektrische Schirmung und die Phasenanordnungen in den Freileitungsabschnitten optimiert worden. Ein Wechsel der Mastkopfgeometrie und eine weitere Minimierung der Seilabstände, zusätzlich zu den bereits erfolgten Optimierungen, wurde mit Hinweis auf die betrieblichen Einschränkungen und der zusätzlichen Beeinträchtigung des Schutzguts Landschaftsbild in Form von deutlich höheren Masten sowie der Unverhältnismäßigkeit zwischen Kosten und Nutzen verneint. Die Phasenfolge stellt die unter den gegebenen betrieblichen Einschränkungen zur Reduktion der magnetischen Flussdichte und der elektrischen Feldstärke optimierten Phasenfolgen dar. Auch für den Bereich der 380- und 110-kV-Kabelsysteme sind die beschriebenen Minimierungsmaßnahmen, soweit sinnvoll, umgesetzt worden. Für die Bereiche der Kabelübergabestationen sind zusätzliche Minimierungsmaßnahmen aufgrund der Entfernung zu maßgeblichen Minimierungsorten nicht notwendig.

Amprion GmbH  
Asset Management  
Immissionsschutz 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).
- [3] *Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV)*, in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl. IS. 3266).
- [4] Strahlenschutzkommission, „Anforderungen an Sachverständige für die Bestimmung der Exposition gegenüber elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern,“ Verabschiedet in der 188. Sitzung der Strahlenschutzkommission, 2004.
- [5] J. D. Jackson, *Klassische Elektrodynamik*, 3 Hrsg., Berlin: Walter de Gruyter, 2002.
- [6] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (up to 300 GHz)," *Health Physics*, vol. 74, no. 4, pp. 494-522, 1998.
- [7] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, „ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz - 100 kHz),“ *Health Physics*, Bd. 99, Nr. 6, pp. 818-836, 2010.
- [8] *Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV)*, vom 26. Februar 2016 (BAnz AT 03.03.2016 B5).
- [9] *DIN EN 50160: Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 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 50413:2009*, Berlin: VDE Verlag GmbH.
- [14] *Grundsätze für die Ausbauplanung des deutschen Übertragungsnetzes der vier Übertragungsnetzbetreiber in Deutschland.*, Ausgabe Juli 2018.  
<https://www.amprion.net/Netzausbau/Netzplanungsgrundsätze/>.
- [15] *Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder mit Beschluss der 54. Amtschefkonferenz*, in der Fassung des Beschlusses der 128. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 17. und 18. September 2014 in Landshut.
- [16] *DIN EN 50341-1 (VDE 0210-1): Freileitungen über AC 45 kV; Teil 1: Allgemeine Anforderungen - gemeinsame Festlegung*, Berlin: VDE-Verlag GmbH.

## Immissionsschutzbericht 0014

110-/380-kV Höchstspannungsleitung Wehrendorf – Gütersloh (EnLAG, Vorhaben 16)

Abschnitt: Pkt. Hesseln - Pkt. Königsholz (Landesgrenze NRW/NDS)

Seite 39 von 41

- [17] DIN EN 50341-2 (VDE 0210-2): Freileitungen über AC 45 kV; Teil 2: Index der NNA (Nationale Normative Festsetzung), Berlin: VDE-Verlag GmbH.
- [18] DIN EN 50341-3 (VDE 0210-3): Freileitungen über AC 45 kV; Teil 3: Nationale Normative Festsetzungen (NNA), Berlin: VDE-Verlag GmbH.
- [19] DIN EN 50341-1 (VDE 0210-1): Freileitungen über AC 45 kV; Teil 1: Allgemeine Anforderungen - gemeinsame Festlegung, Berlin: VDE Verlag GmbH.
- [20] DIN EN 50341-2 (VDE 0210-2): Freileitungen über AC 45 kV; Teil 2: Index der NNA (Nationale Normative Festsetzung), Berlin: VDE Verlag GmbH.
- [21] 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.
- [22] Strahlenschutzkommission, „Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern,“ gebilligt in der 174. Sitzung der Strahlenschutzkommission, 2001.
- [23] Strahlenschutzkommission, „Schutz vor elektrischen und magnetischen Feldern der elektrischen Energieversorgung und -anwendung,“ verabschiedet in der 221. Sitzung der Strahlenschutzkommission, 2008.
- [24] Wolfram Research Inc., *Mathematica*, 11.3 ed., Champaign, Illinois: Wolfram Research, Inc., 2018.
- [25] Badenwerk Karlsruhe AG, „Hochspannungsleitungen und Ozon,“ Fachberichte 88/2 der Badenwerke AG, Karlsruhe, 1988.
- [26] Forum Netztechnik / Netzbetrieb im VDE, Minimierung elektrischer und magnetischer Felder, 2 Hrsg., Berlin: VDE, 2017.

## A.2 Abbildungen

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Ersatzneubaumaßnahme zwischen dem Pkt. Hesseln und dem Pkt. Königsholz (durchgezogene violette Linie).....	5
Abbildung 2: Mastgrundformen: (a) Einebene, (b) Donau, (c) Donau-Einebene .....	12
Abbildung 3: Querschnitt eines VPE-Kabels .....	13
Abbildung 4: Schematische Darstellung der 380-kV- und 110-kV-Kabelsysteme.....	15
Abbildung 5: Grundformen der Mastkopfgeometrien. V.l.n.r.: Einebene, Donau, Tonne .....	31
Abbildung 6: Schematische Darstellung der Phasenlagen der 380-kV- und 110-kV-Kabelsysteme .....	35

## A.3 Tabellen

Tabelle 1: Übersicht über die Maßnahmen und betroffene Kommunen.....	5
Tabelle 2: Grenzwerte für 50-Hz-Anlagen .....	9
Tabelle 3: Spannungsbereiche der in den deutschen Verteil- und Übertragungsnetz eingesetzten Spannungsebenen. ....	11
Tabelle 4: Thermisch maximal zulässiger Dauerstrom $I_D$ der im Vorhaben geplanten Leiterseile und Bündelleiter der geplanten Freileitungsabschnitte.....	11
Tabelle 5: Anordnung der geplanten Beseilungen und Stromkreissysteme am Mastgestänge .....	14
Tabelle 6: Maßgebliche Immissionsorte im Bereich der Bl. 4210.....	17
Tabelle 7: Maßgebliche Minimierungsorte im Bereich der Bl. 4210 .....	20
Tabelle 8: Maßgebliche Minimierungsorte im Bereich der Bl. 4251 .....	22
Tabelle 9: Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten der Bl. 4210.....	23
Tabelle 10: Vergleich der Feldimmissionen bei ungünstigster Phasenlage und der bestehenden Leiteranordnung.....	25
Tabelle 11: Vergleich der Feldimmissionen bei ungünstigster Phasenlage und der geplanten Leiteranordnung.....	33

## A.4 Abkürzungen

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
------------------	------------------

Abs.	Absatz
AL/ST	Seilbezeichnung: Aluminium-Stahl-Seil
AL/ACS	Seilbezeichnung: Aluminium-Stalum-Seil
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Eine Verordnung zur Durchführung des BImSchG
Bl.	Bauleitnummer
bzw.	beziehungsweise
ca.	zirka
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EN	Europäische Norm
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
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
KÜS	Kabelübergabestation
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
Lfd.	Laufend(e)
Nr. / Nrn.	Nummer / Nummern
Pkt.	Punkt
S.	Satz
TALACS	Seilbezeichnung: temperaturbeständiges Aluminium-Stalum-Seil
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-Einheiten<sup>1</sup> in der typischerweise verwendeten Größenordnung angegeben.

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

---

<sup>1</sup>SI: Système international d'unités (französisch: Internationales Einheitensystem)