

Immissionsschutzbericht

Nr. B 0009

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

Unsere Zeichen A-PI/DS DIS700477437
Dokument Anlage 10.1
 Immissionsschutzbericht.docx
 Dieses Dokument besteht
 aus 29 Seiten.
Datum 16.03.2020

- 110-/220-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung
Büscherhof – Borbeck, Bl. 4582,
Umbeseilung im Abschnitt Büscherhof – Pkt. Borbeck
- 220-kV-Höchstspannungsfreileitung
Borbeck – Trafoanlage LMG, Bl. 2437,
Umbeseilung im Abschnitt Pkt. Borbeck – LMG

Seite 1 von 29

Amprion GmbH
Immissionsmanagement Leitungen
Robert-Schuman-Straße 7
44263 Dortmund
Germany

T +49 231 5849-0
F +49 231 5849-14188
www.amprion.net

Aufsichtsratsvorsitzender:
Heinz-Werner Ufer

Geschäftsführung:
Dr. Hans-Jürgen Brick
Dr. Klaus Kleinekorte

Sitz der Gesellschaft:
Dortmund
Eingetragen beim
Amtsgericht Dortmund
Handelsregister-Nr.
HR B 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
 Deutschland

Ausgestellt am: 16.03.2020

Inhaltsverzeichnis

1	Einführender Teil	3
1.1	Physikalische Grundlagen	5
1.1.1	Das elektrische Feld von Hochspannungsfreileitungen.....	5
1.1.2	Das magnetische Feld von Hochspannungsfreileitungen.....	5
1.2	Gesetzliche Anforderungen an Niederfrequenzanlagen.....	6
1.2.1	26. BImSchV	6
1.2.2	26. BImSchVVwV	7
2	Ausgangssituation	8
2.1	Technische Parameter	8
2.2	Umbeseilung UA Büscherhof – Pkt. Borbeck, Bl. 4582.....	10
2.3	Umbeseilung Pkt. Borbeck – Trafoanlage LMG, Bl. 2437	11
2.4	Temporäre Leitungsverbindung	11
3	Ermittlung	12
3.1	Methodik.....	12
3.2	Maßgebliche Immissionssorte	13
3.2.1	Umbeseilung UA Büscherhof – Pkt. Borbeck, Bl. 4582.....	14
3.2.2	Umbeseilung Pkt. Borbeck – Trafoanlage LMG, Bl. 2437	14
3.3	Maßgebliche Minimierungsorte.....	15
3.3.1	Umbeseilung UA Büscherhof – Pkt. Borbeck, Bl. 4582.....	16
3.3.2	Umbeseilung Pkt. Borbeck – Trafoanlage LMG, Bl. 2437	17
4	Ergebnisse	18
4.1	Grenzwerteinhaltung	18
4.2	Überspannungsverbot und Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden.....	20
4.3	Minimierungsgebot	20
4.3.1	Vorprüfung	20
4.3.2	Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen	21
4.3.3	Maßnahmenbewertung.....	22
4.4	Temporäre Leitungsverbindung	24
5	Angaben zur Qualität	25
6	Fazit	25
A	Verzeichnisse	27
A.1	Fachliteratur, Gesetze und Normen	27
A.2	Abbildungen	28
A.3	Tabellen	28
A.4	Abkürzungen	28
A.5	Formelzeichen.....	29

1 Einführender Teil

Die Amprion GmbH plant die Trafoanlage LMG, die sich auf dem Betriebsgelände der TRIMET Aluminium SE in Essen befindet, an das 380-kV-Übertragungsnetz anzubinden. Hierzu sollen die 220-kV-Stromkreise auf bestehenden Höchstspannungsfreileitungen demontiert und durch 380-kV-Stromkreise ersetzt werden. Das Vorhaben erstreckt sich über mehrere Teilmaßnahmen auf einer Gesamtlänge von rd. 3,1 km (siehe Abbildung 1: Darstellung des Trassenverlauf).

). Zwischen der Umspannanlage (UA) Büscherhof und dem Pkt. Borbeck soll die Umbeseilung der 220-kV-Stromkreise auf 380 kV auf einer Länge von rd. 1,2 km auf Gebieten der Städte Oberhausen, Bottrop und Essen erfolgen. Ausgehend von Pkt. Borbeck in Essen ist ebenfalls auf bestehendem Gestänge die 380-kV-Umbeseilung bis zur Trafoanlage LMG geplant. Dies soll auf einer Strecke von rd. 1,9 km realisiert werden. Während der Ausführung der Arbeiten sind zur Sicherstellung des Versorgungsraumes Leitungsverbindungen durch Kabel- und Freileitungsprovisorien zwischen den Anlagen Büscherhof, Borbeck und LMG herzustellen. Eine detaillierte Beschreibung und Darstellung des Vorhabens ist dem Erläuterungsbericht (Anlage 1) sowie dem Übersichtsplan (Anlage 2) zu entnehmen.

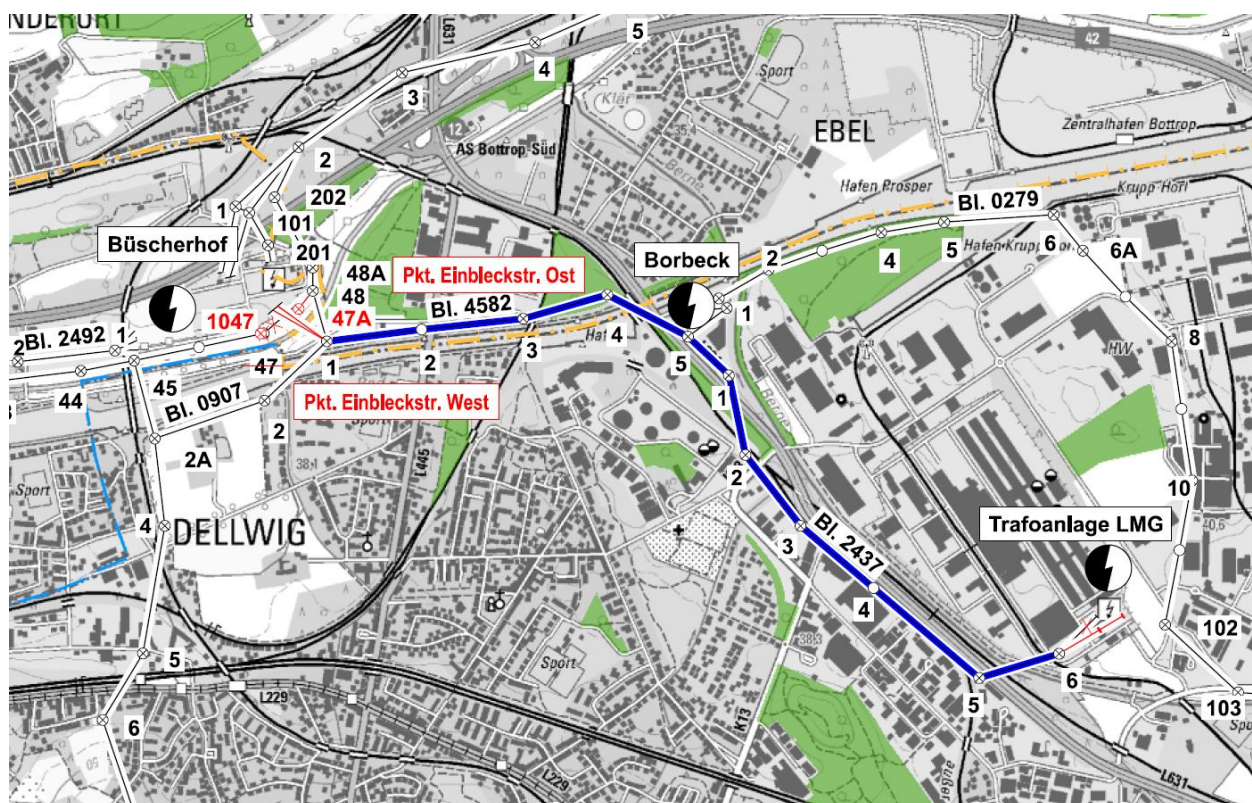


Abbildung 1: Darstellung des Trassenverlauf.

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 Abs. 1 Nr. 1, 2 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 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. BImSchVVvV) 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 Hochspannungsfreileitungen 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); im Fall von Bahnstromfernleitungen mit einer Frequenz von 16,7 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 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. Bei den Bahnstromfernleitungen ist der Betriebsstrom stark vom laufenden Fahrbetrieb der Bahnen abhängig und schwankt daher noch stärker. 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 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 wider [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 16,7-Hz- und 50-Hz-Anlagen zusammengefasst.

Betriebsfrequenz f	Elektrische Feldstärke E	Magnetische Flussdichte B
16,7 Hz	5 kV/m	300 μT
50 Hz	5 kV/m	100 μT

Tabelle 1: Grenzwerte für 16,7-Hz- und 50-Hz-Anlagen

Die Immissionsbeiträge $W(f)$ der elektrischen und magnetischen Feldkomponenten von allen Niederfrequenzanlagen sowie von ortsfesten 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. BImSchVVwV) [8].

1.2.2 26. BImSchVVwV

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

Die Prüfung möglicher Minimierungsmaßnahmen erfolgt dabei individuell für die geplante Niederfrequenzanlage. Das Nähere regelt insbesondere Nr. 3.1 der (26. BImSchVVwV). Daraus folgt, dass das Minimierungsgebot 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, verlangt. 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 der 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 (vgl. Nr. 3.1 der 26. BImSchVVwV). 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 10.3 Blatt 1 ist der Trassenverlauf des gesamten Vorhabens kartografisch dargestellt (M 1:5.000). Die Katasterpläne basieren auf den aktuellen Geobasisdaten des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen. Das Vorhaben lässt sich in zwei technische Abschnitte untergliedern: In die 110-/380-kV-Umbeseilung von UA Büscherhof bis zum Pkt. Borbeck mit der Bauleitnummer (Bl.) 4582 und in die 380-kV-Umbeseilung von Pkt. Borbeck bis zur Trafoanlage LMG mit der Bl. 2437. Die Freileitungen sollen mit den folgenden wesentlichen Anlagenkenngrößen betrieben werden.

2.1 Technische Parameter

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

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.

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 Vorhaben geplanten Seiltypen in Abhängigkeit der Bündelleiterzahl auf. Es werden diese oder vergleichbare Seiltypen zum Einsatz kommen.

Bezeichnung	Einfachseil	Zweierbündel	Dreierbündel	Viererbündel
ACSR/AW 258/40	0,735 kA	1,470 kA	2,205 kA	2,940 kA
AL/ACS 265/35	0,690 kA	1,380 kA	2,070 kA	2,760 kA
AL/ACS 380/50	0,872 kA	1,744 kA	2,616 kA	3,488 kA

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

Die zum Einsatz kommenden Maste setzen sich aus drei Grundformen zusammen – Einebene, Tonne oder Donau. Sie sind in Abbildung 2 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.

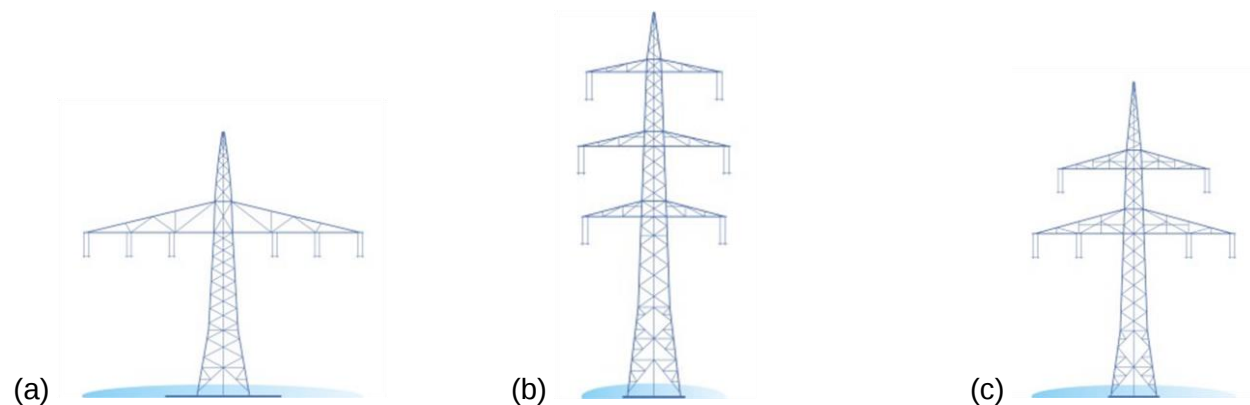
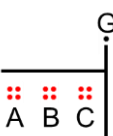
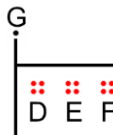


Abbildung 2: Mastgrundformen: (a) Einebene, (b) Tonne, (c) Donau

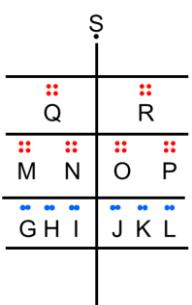
Oberwellenanteile (z.B. 150 Hz, 250 Hz) werden bei der Bewertung nicht betrachtet. Sie können, wie in Kapitel 3.1 näher ausgeführt, vernachlässigt werden.

2.2 Umbeseilung UA Büscherhof – Pkt. Borbeck, Bl. 4582

Die Umbeseilung soll auf den bestehenden Masten der Bl. 4582, welche die UA Büscherhof mit dem Pkt. Borbeck verbindet, stattfinden. Es handelt sich hierbei um eine 110-/220-kV-Freileitung, welche als Gemeinschaftsleitung der Westnetz GmbH und der Amprion GmbH betrieben wird. Ausgehend von den Portalen P002 und P003 der UA Büscherhof bis Mast 5 am Pkt Borbeck sollen die 220-kV-Stromkreise auf 380-kV-Stromkreise umbeseilt werden. Die Portale der UA Büscherhof sollen mit folgender Belegung betrieben werden.

Masttyp	System	Nennspannung [kV]	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	380	ABC	4	ACSR/AW 258/40
	2	380	DEF	4	ACSR/AW 258/40
	Erdseil	–	G	1	AL/AW 278/46
					

Die bestehenden Masten der Bl. 4582 sind sogenannte ABD Masttypen. Die Stromkreisbelegung von Mast 1 der Bl. 4582 an der UA Büscherhof bis Mast 5 am Pkt Borbeck zeigt folgende Tabelle.

Masttyp	System	Nennspannung [kV]	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	110	GHI	2	AL/ACS 265/35
	2	110	JKL	2	AL/ACS 265/35
	3	380	MNQ	4	ACSR/AW 258/40
	4	380	OPR	4	ACSR/AW 258/40
	Erdseil	–	S	1	AL/AW 278/46

Die geplante Einführung der 380-kV-Stromkreise in die UA Büscherhof (Portal P002 und P003 zu Mast 1) kreuzt die bestehende 110-kV-Freileitung, Bl. 2316, der Westnetz GmbH. Da eine Überkreuzung durch die 380-kV-Stromkreise nicht möglich ist, sollen im Bereich der geplanten Einführung in die UA Büscherhof auf einer Strecke von ca. 150 m die 110 kV-Stromkreise verkabelt werden. Für die partielle Verkabelung sind zwei Kabelendmasten (Mast Nr. 1047 und Nr. 47A) zu errichten, um die Stromkreise herabzuführen. Der Bestandsmast Nr. 47 wird dann demontiert.

Weitere Angaben zu den geplanten Masten wie Schemazeichnungen, Bemaßung, Höhenangaben und Standortdaten finden sich in den Anlagen 3 und 4.

2.3 Umbeseilung Pkt. Borbeck – Trafoanlage LMG, Bl. 2437

Beginnend mit dem Pkt. Borbeck ist eine 380-kV-Umbeseilung bis hin zur Trafoanlage LMG auf dem bestehenden Gestänge der Bl. 2437 geplant. Aktuell werden zwei 220-kV-Stromkreise auf den Masten der Bl. 2437 geführt. Im Einsatz befinden sich sogenannte D Masttypen, die zukünftig auf Mast 1 mit folgender Belegung betrieben werden sollen.

Masttyp	System	Nennspannung [kV]	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	380	ABE	4	ACSR/AW 258/40
	2	380	CDF	4	ACSR/AW 258/40
	Erdseil	–	G	1	AL/AW 278/46

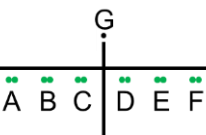
Ausgehend von Mast 1 der Bl. 2437 sollen die zwei 380-kV-Stromkreise über die Maste 2 bis 6 zur Trafoanlage LMG auf dem Gelände der TRIMET geführt werden. Folgende Tabelle zeigt die Stromkreisbelegung der Bl. 2437 von Mast 2 bis 6.

Masttyp	System	Nennspannung [kV]	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	380	ACE	4	ACSR/AW 258/40
	2	380	BDF	4	ACSR/AW 258/40
	Erdseil	–	G	1	AL/AW 278/46

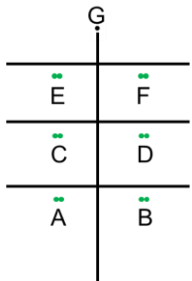
Weitere Angaben zu den geplanten Masten wie Schemazeichnungen, Bemaßung, Höhenangaben und Standortdaten finden sich in den Anlagen 3 und 4.

2.4 Temporäre Leitungsverbindung

Zur Sicherstellung der Versorgung der TRIMET soll während der Ausführung der Arbeiten ausgehend vom Pkt. Borbeck ein Provisorium für die Bl. 2437 errichtet werden. Es handelt sich hierbei um eine 220-kV-Freileitung, die über 10 Auflastprovisorien (P4 bis P13) bis zur Trafoanlage LMG geführt werden soll. Die Stromkreisbelegung des Provisoriums der Bl. 2437 von P4 bis P7 ist in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

Masttyp	System	Nennspannung [kV]	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	220	ABC	2	AL/ACS 380/50
	2	220	DEF	2	AL/ACS 380/50
	Erdseil	–	G	1	AL/ACS 265/35

Ausgehend von P8 sollen die zwei 220-kV-Stromkreise des Provisoriums der Bl. 2437 in Tonnen-Mastform bis zur Trafoanlage LMG geführt werden. Die Stromkreisbelegung von P8 bis P13 ist in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

Masttyp	System	Nennspannung [kV]	Seile	Bündel	Seiltyp
	1	220	ACE	2	AL/ACS 265/35 oder AL/ACS 380/50
	2	220	BDF	2	AL/ACS 265/35 oder AL/ACS 380/50
	Erdseil	–	G	1	AL/ACS 265/35

Es kommen zusätzlich 110-kV- und 220-kV-Baueinsatzkabel (BEK) zum Einsatz. Es handelt sich hierbei um einadrige Kunststoff isolierte Hochspannungskabel. Ein BEK-System besteht entsprechend aus drei Kabeln für die drei Phasen. Jedes Kabel kann mit einer maximalen Stromstärke von 474 A (110-kV-BEK) bzw. 655 A (220-kV-BEK) betrieben werden.

Weitere Angaben zu den geplanten temporären Masten wie Schemazeichnungen, Bemaßung, Höhenangaben und Standortdaten finden sich in den Anlagen 11.

3 Ermittlung

Gemäß § 5 S. 4 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 geplante 380-kV-Umbeseilung, Bl. 4582 und Bl. 2437, sowie das geplante 220-kV-Provisorium, Bl. 2437, 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 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 2 sowie der entsprechend der Bündelleiterzahl thermisch maximale Dauerstrom I_D nach Tabelle 3 verwendet.

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 der Geschoßboden zur sicheren Seite abgeschätzt. Die Bewertung erfolgt in diesen Fällen in einer Höhe von mindestens 1 m über Geschoßboden. 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 zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt, die

im Einwirkungsbereich 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 sind es 10 m.

3.2.1 Umbeseilung UA Büscherhof – Pkt. Borbeck, Bl. 4582

Der gesamte Verlauf der 110-/380-kV-Umbeseilung von der UA Büscherhof bis zum Pkt. Borbeck wurde auf maßgebliche Immissionsorte abgesucht. Dies inkludiert den kurzen Abschnitt der 110-kV-Änderungen an der Bl. 2316. 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 10.3 Blatt 1 kartografisch dargestellt sind.

Laufende Nummer	Immissionsort	Nutzungsart	Spannfeld	EMF Übersichts-karte
1	Bottrop Flur 174 Zähler 36 und 63	Wohnhaus und Hundeschule	M1/Bl.4582 zu M2/Bl.4582	Anlage 10.3 Blatt 1
2	Bottrop Flur 174 Zähler 191, 192, 207, 208, 218, 220, 238, 240 und 241	Gewerbe	M2/Bl.4582 zu M3/Bl.4582	Anlage 10.3 Blatt 1

Tabelle 4: Maßgebliche Immissionsorte im Bereich der Bl. 4582.

3.2.2 Umbeseilung Pkt. Borbeck – Trafoanlage LMG, Bl. 2437

Der gesamte Verlauf der 380-kV-Umbeseilung von Pkt. Borbeck bis zur Trafoanlage LMG 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

Immissionsschutzbericht 0009

110-/220-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4582, Umbeseilung im Abschnitt UA Büscherhof – Pkt. Borbeck
380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2437, Umbeseilung im Abschnitt Pkt. Borbeck – Trafoanlage LMG

Seite 15 von 29

ergeben sich die folgenden maßgeblichen Immissionsorte, die auch in Anlage 10.3 Blatt 1 kartografisch dargestellt sind.

Laufende Nummer	Immissionsort	Nutzungsart	Spannfeld	EMF Übersichts-karte
3	Vogelheim Flur 13 Zähler 83, 159 und 160	Wohnhaus und Gewerbe	M2/Bl.2437 zu M3/Bl.2437	Anlage 10.3 Blatt 1
4	Vogelheim Flur 11 Zähler 124, 125, 200 bis 203 sowie Flur 13 Zähler 116, 117 und 154	Gewerbe	M3/Bl.2437 zu M4/Bl.2437	Anlage 10.3 Blatt 1
5	Vogelheim Flur 11 Zähler 119, 120, 133, 134 bis 137, 141, 160, 186, 187, 190 und 194	Gewerbe	M4/Bl.2437 zu M5/Bl.2437	Anlage 10.3 Blatt 1
6	Vogelheim Flur 26 Zähler 175	Gewerbe	M5/Bl.2437 zu M6/Bl. 2437	Anlage 10.3 Blatt 1

Tabelle 5: Maßgebliche Immissionsorte im Bereich der Bl. 2437.

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 eine Umbeseilungsmaßnahme 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 220-kV-Freileitungen sind es 300 m vom ruhenden äußeren Leiterseil und für 110-kV-Freileitungen sind es 200 m.

3.3.1 Umbeseilung UA Büscherhof – Pkt. Borbeck, Bl. 4582

Der gesamte Verlauf der 110-/380-kV-Umbeseilung von der UA Büscherhof bis zum Pkt. Borbeck wurde nach maßgeblichen Minimierungsorten überprüft. Dies inkludiert den kurzen Abschnitt der 110-kV-Änderungen an der Bl. 2316. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem Bebauungsplan für die Wohnnutzung vorgesehene Grundstücke ausgewertet sowie eine Trassenbefahrung durchgeführt. Bei dichter Bebauung wurden ganze Siedlungsstrukturen berücksichtigt. Es konnten die folgenden maßgeblichen Minimierungsorte ermittelt werden, die auch in Anlage 10.3 Blatt 1 kartografisch dargestellt sind.

Laufende Nummer	Minimierungsort	Nutzungsart	Spannfeld	EMF Übersichts-karte
1	Osterfeld Flur 22 Zähler 213 und 241	Reitgemeinschaft und Kleingärten	P003/UA Büscher- hof zu M1/Bl.4582	Anlage 10.3 Blatt 1
2	Bottrop Flur 174 Zähler 36 und 63	Wohnhaus und Hundeschule	M1/Bl.4582 zu M2/Bl.4582	Anlage 10.3 Blatt 1
3	Dellwig Flur 23	Wohnhäuser und Kleingärten	M1/Bl.4582 zu M2/Bl.4582	Anlage 10.3 Blatt 1
4, 5	Bottrop Flur 174	Gewerbe	M1/Bl.4582 zu M3/Bl.4582	Anlage 10.3 Blatt 1
6	Bottrop Flur 174 Zähler 191, 192, 207, 208, 218, 220, 238, 240 und 241	Gewerbe	M2/Bl.4582 zu M3/Bl.4582	Anlage 10.3 Blatt 1
7	Dellwig Flur 28 und 29	Wohnhäuser	M2/Bl.4582 zu M3/Bl.4582	Anlage 10.3 Blatt 1
8, 9	Bottrop Flur 172 bis 174	Wohnhäuser und Gewerbe	M3/Bl.4582 zu M5/Bl.4582	Anlage 10.3 Blatt 1
10, 11	Dellwig Flur 31	Gewerbe und Industrie	M3/Bl.4582 zu M5/Bl.4582	Anlage 10.3 Blatt 1

Tabelle 6: Maßgebliche Minimierungsorte im Bereich der Bl. 4582.

3.3.2 Umbeseilung Pkt. Borbeck – Trafoanlage LMG, Bl. 2437

Der gesamte Verlauf der 380-kV-Umbeseilung von Pkt. Borbeck bis zur Trafoanlage LMG wurde nach maßgeblichen Minimierungsorten überprüft. Dabei wurden sowohl Luftbilder als auch gemäß rechtskräftigem Bebauungsplan für die Wohnnutzung vorgesehene Grundstücke ausgewertet sowie eine Trassenbefahrung durchgeführt. Bei dichter Bebauung wurden ganze Siedlungsstrukturen berücksichtigt. Es konnten die folgenden maßgeblichen Minimierungsorte ermittelt werden, die auch in Anlage 10.3 Blatt 1 kartografisch dargestellt sind.

Laufende Nummer	Minimierungsort	Nutzungsart	Spannfeld	EMF Übersichts-karte
12, 14	Dellwig Flur 31	Gewerbe und Industrie	M5/Bl.4582 zu M2/Bl.2437	Anlage 10.3 Blatt 1
13	Vogelheim Flur 17 Zähler 155 und 308	Industrie	M5/Bl.4582 zu M1/Bl.2437	Anlage 10.3 Blatt 1
15	Vogelheim Flur 17 Zähler 140, 145, 174, 175 und 308	Industrie und Recyclingcenter	M1/Bl.2437 zu M2/Bl.2437	Anlage 10.3 Blatt 1
16	Vogelheim Flur 17 Zähler 204, 269, 297, 332, 337 und 338	Gewerbe und Imbiss	M2/Bl.2437 zu M3/Bl.2437	Anlage 10.3 Blatt 1
17	Vogelheim Flur 13 Zähler 83, 159 und 160	Wohnhaus und Gewerbe	M2/Bl.2437 zu M3/Bl.2437	Anlage 10.3 Blatt 1
18	Vogelheim Flur 13	Gewerbe und Klein- gärten	M2/Bl.2437 zu M3/Bl.2437	Anlage 10.3 Blatt 1
19	Vogelheim Flur 11 Zähler 124, 125, 200 bis 203 sowie Flur 13 Zähler 116, 117 und 154	Gewerbe	M3/Bl.2437 zu M4/Bl.2437	Anlage 10.3 Blatt 1
20, 21	Vogelheim Flur 11 bis 13	Gewerbe	M3/Bl.2437 zu M5/Bl.2437	Anlage 10.3 Blatt 1
22, 23	Vogelheim Flur 17 Zähler 185	Industrie	M3/Bl.2437 zu M5/Bl.2437	Anlage 10.3 Blatt 1
24	Vogelheim Flur 11 Zähler 119, 120, 133, 134 bis 137,	Gewerbe	M4/Bl.2437 zu M5/Bl.2437	Anlage 10.3 Blatt 1

Immissionsschutzbericht 0009

110-/220-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4582, Umbeseilung im Abschnitt UA Büscherhof – Pkt. Borbeck
380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2437, Umbeseilung im Abschnitt Pkt. Borbeck – Trafoanlage LMG

Seite 18 von 29

	141, 160, 186, 187, 190 und 194			
25	Vogelheim Flur 10, 26, 27	Gewerbe	M5/Bl.2437 zu M6/Bl. 2437	Anlage 10.3 Blatt 1
26	Vogelheim Flur 26 Zähler 175	Wohnhäuser und Gewerbe	M5/Bl.2437 zu M6/Bl. 2437	Anlage 10.3 Blatt 1
27	Vogelheim Flur 17 Zähler 105, 164, 170, 182, 185, 301 und 342	Gewerbe und Hundeschule	M6/Bl.2437 zu P003/Anlage LMG	Anlage 10.3 Blatt 1
28, 29	Vogelheim Flur 17 Zähler 185	Industrie	M5/Bl.2437 zu P003/Anlage LMG	Anlage 10.3 Blatt 1

Tabelle 7: Maßgebliche Minimierungsorte im Bereich der Bl. 2437.

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 4 und Tabelle 5) werden die Grenzwertvorgaben der 26. BImSchV (vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) eingehalten. Die ermittelten elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten sind in nachfolgender Tabelle 8 aufgeführt:

Lfd. Num- mer	Maßgeblicher Immissionsort	Elektrisches Feld		Magnetisches Feld		An- lage
		Feldstärke	Grenzwert- auslastung	Flussdichte	Grenzwert- auslastung	
1	Bottrop Flur 174 Zähler 36 und 63	0,5 kV/m	10%	7 µT	7%	10.2.1
2	Bottrop Flur 174 Zähler 191, 192, 207,	0,4 kV/m	8%	6 µT	6%	–

Immissionsschutzbericht 0009

110-/220-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4582, Umbeseilung im Abschnitt UA Büscherhof – Pkt. Borbeck
 380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2437, Umbeseilung im Abschnitt Pkt. Borbeck – Trafoanlage LMG

Seite 19 von 29

	208, 218, 220, 238, 240 und 241					
3	Vogelheim Flur 13 Zähler 83, 159 und 160	2,6 kV/m	13%	17 µT	17%	–
4	Vogelheim Flur 11 Zähler 124, 125, 200 bis 203 sowie Flur 13 Zähler 116, 117 und 154	2,3 kV/m	46%	17 µT	17%	–
5	Vogelheim Flur 11 Zähler 119, 120, 133, 134 bis 137, 141, 160, 186, 187, 190 und 194	4,1 kV/m	82%	27 µT	27%	10.2.2
6	Vogelheim Flur 26 Zähler 175	1,6 kV/m	32%	10 µT	10%	–

Tabelle 8: Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten.

Für die maßgeblichen Immissionsorte mit der voraussichtlich stärksten Exposition wurden die Nachweise für Niederfrequenzanlagen gemäß LAI-Hinweisen erstellt. Es ergeben sich dabei zwei Nachweise für jeden technischen Abschnitt einen. Für die 110-/380-kV-Umbeseilung (Bl. 4582) stellt der maßgebliche Immissionsort Bottrop Flur 174 Zähler 36 (Lfd. Nr. 1) den maßgeblichen Immissionsort mit der voraussichtlich stärksten Exposition dar (vgl. Tabelle 8 Lfd. Nrn. 1 und 2). Der entsprechende Nachweis findet sich in Anlage 10.2.1. Für die 380-kV-Umbeseilung (Bl. 2437) stellt der maßgebliche Immissionsort Vogelheim Flur 11 Zähler 134 u. 135 (Lfd. Nr. 5) den maßgeblichen Immissionsort mit der voraussichtlich stärksten Exposition dar (vgl. Tabelle 8 Lfd. Nrn. 3 bis 6). Der entsprechende Nachweis findet sich in Anlage 10.2.2. Die betrachteten Orte (Lfd. Nrn. 1 und 5) 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://emf3.bundesnetzagentur.de/karte/>, abgerufen am 16.03.2020) befindet sich im Umkreis von mindestens 10 km Entfernung zum geplanten Vorhaben keine Funkanlagenstandorte mit einer Frequenz kleiner-gleich 10 MHz. Der entsprechende Auszug aus der EMF-Datenbank ist in Anlage 10.4 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 [14]. Dieser Regelung liegt die Einschätzung von messtechnischen Fachstellen hinsichtlich der Immissionsbeiträge von Hochfrequenzanlagen im Spektrum von 9 kHz bis 10 MHz zugrunde.

Das geplante Vorhaben mit der 110-/380-kV-Umbeseilung (Bl. 4582) und der 380-kV-Umbeseilung (Bl. 2437) 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

Das Überspannungsverbot gilt für die Errichtung von Freileitungen in neuer Trasse, wenn Gebäude oder Gebäudeteile betroffen sind, in denen sich Menschen dauerhaft aufhalten. Bei diesem Vorhaben handelt es sich um eine Umbeseilungsmaßnahme und damit nicht um die Errichtung einer neuen Trasse, sodass das Überspannungsverbot des § 4 Abs. 3 der 26. BImSchV nicht anzuwenden ist. Zudem werden keine Wohnhäuser durch die bestehenden Freileitungen der Bl. 4582 und Bl. 2437 überspannt.

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 Hochspannungsfreileitung. 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. 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 und hat sowohl für die 110-/380-kV-Umbeseilung (Bl. 4582) wie auch für die 380-kV-Umbeseilung (Bl. 2437) Minimierungsorte ergeben (siehe Tabelle 6 und Tabelle 7).

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 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]. 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 den maßgeblichen Immissionsorten. Dies betrifft die maßgeblichen Minimierungsorte mit der laufenden Nummer 2, 6, 17, 19, 24 und 26. Für alle anderen maßgeblichen Minimierungsorte erfolgte die Prüfung am Bezugspunkt. Als Bezugspunkt wird der Punkt bezeichnet, 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 Minimierungspotential hat bei Drehstromfreileitungen auf Basis der in Nr. 5.3.1 der 26. BImSchVV aufgeführten technischen Möglichkeiten zu erfolgen und gliedert sich in folgende Maßnahmen.

- Abstandsoptimierung (Nr. 5.3.1.1) z.B. durch Erhöhung des Bodenabstandes durch zusätzliche Masterhöhungen
- 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

Im Abschnitt von UA Büscherhof bis zum Pkt. Borbeck, Bl. 4582, sowie im Abschnitt von Pkt. Borbeck bis zur Trafoanlage LMG, Bl. 2437, ist eine Umbeseilung auf zwei 380-kV-Stromkreise geplant. Das Minimierungsgebot bezieht sich nur auf diese neuen Leitungen (vgl. Kapitel 1.2.2) und insofern sind in Bezug auf die Beachtung des Minimierungsgebots keine Maßnahmen am Bestand vorzunehmen. Für die ermittelten maßgeblichen Minimierungsorte bzw. Bezugspunkte (vgl. Tabelle 6 und Tabelle 7) ist damit das Optimieren der Leiteranordnung die einzige technische Möglichkeit mit Minimierungspotential.

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

Die Maßnahmenbewertung erfolgt getrennt für die Umbeseilung von UA Büscherhof bis zum Pkt. Borbeck (Bl. 4582) und für die Umbeseilung Pkt. Borbeck bis zur Trafoanlage LMG (Bl. 2437). Es wird hierbei insbesondere die Verhältnismäßigkeit der technischen Möglichkeiten zur Minimierung bewertet. 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. Eine Maßnahme wird generell soweit angewendet, wie sie mit vertretbarem wirtschaftlichen Aufwand und Nutzen umgesetzt werden kann.

4.3.3.1 Umbeseilung UA Büscherhof – Pkt. Borbeck, Bl. 4582

Für die 110-/380-kV-Umbeseilung von UA Büscherhof bis zum Pkt. Borbeck wurde als Minimierungsmaßnahme das Optimieren der Leiteranordnung identifiziert (vgl. Kapitel 4.3.2) und im Rahmen der Verhältnismäßigkeit angewendet.

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 am Boden entstehenden elektrischen und magnetischen Felder erzielt werden.

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 9 ist für den maßgeblichen Minimierungsort Bottrop Flur 174 Zähler 36 und 63 (Lfd. Nr. 2) die Maximalwerte der berechneten elektrischen Feldstärken

und magnetischen Flussdichten aufgeführt. Dieser Minimierungsort stellt den maßgeblichen Minimierungsort mit stärkster Exposition dar. Das heißt, an allen übrigen Minimierungsorten sind die elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten geringer (Erst-Recht-Schluss).

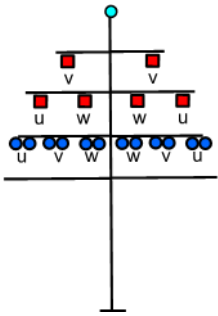
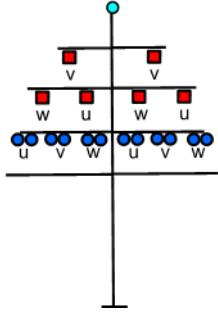
Leiteranordnung	Bottrop Flur 174 Zähler 36
Ungünstigste Phasenlage 	Elektrische Feldstärke 0,7 kV/m Magnetische Flussdichte 11 µT
Optimierte Phasenlage (siehe Anlage 10.2.1) 	Elektrische Feldstärke 0,5 kV/m Magnetische Flussdichte 7 µT

Tabelle 9: Vergleich der Feldimmissionen bei nicht optimierter Leiteranordnung (Ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (Optimierte Phasenlage).

Das Optimieren der Leiteranordnung führt zu einer Reduzierung auf 0,5 kV/m und 7 µT. Dies entspricht einer maximalen Grenzwertausschöpfung von 10% für das elektrische Feld und 7% für das magnetische Feld. Die Minimierungsmaßnahme wurde auf gesamter Strecke von UA Büscherhof bis Pkt. Borbeck bei allen Spannungsfeldern incl. Mast 5/Bl.4582 zu Mast 1/Bl.2437 angewendet. Damit umfasst die Optimierung alle maßgeblichen Minimierungsorte (Lfd. Nrn. 1 – 13) und wurde wirksam umgesetzt.

4.3.3.2 Umbeseilung Pkt. Borbeck – Trafoanlage LMG, Bl. 2437

Für die 380-kV-Umbeseilung von Pkt. Borbeck bis zur Trafoanlage LMG wurden als Minimierungsmaßnahmen das Optimieren der Leiteranordnung identifiziert (vgl. Kapitel 4.3.2) und im Rahmen der Verhältnismäßigkeit angewendet. Die Leiteranordnung beschreibt die Anordnung der Phasen, d.h. die Anschlussreihenfolge der Leiterseile. Sie nutzt wie in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** beschrieben die 120° Phasenverschiebung der Spannungen und Ströme im Drehstromsystem zur Feldkompensation aus.

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 10 ist für den maßgeblichen Minimierungsorte Vogelheim

Flur 11 Zähler 134 u. 135 (Lfd. Nr. 24) die Maximalwerte der berechneten elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten aufgeführt. Dieser Minimierungsort stellt den maßgeblichen Minimierungsort mit stärkster Exposition dar. Das heißt, an allen übrigen Minimierungsorten sind die elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten geringer (Erst-Recht-Schluss).

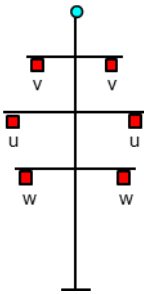
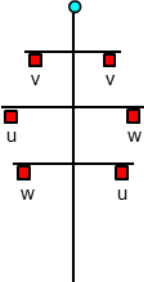
Leiteranordnung	Vogelheim Flur 11 Zähler 134 u. 135
Ungünstigste Phasenlage 	Elektrische Feldstärke 5 kV/m Magnetische Flussdichte 29 µT
Optimierte Phasenlage (siehe Anlage 10.2.1) 	Elektrische Feldstärke 4,1 kV/m Magnetische Flussdichte 27 µT

Tabelle 10: Vergleich der Feldimmissionen bei nicht optimierter Leiteranordnung (Ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (Optimierte Phasenlage).

Durch Anwendung der beschriebenen optimierten Leiteranordnung auf gesamter Strecke von Pkt. Borbeck bis zur Trafoanlage LMG konnte eine Reduzierung der elektrischen Felder auf eine maximale Grenzwertausschöpfung von 82% und eine Reduzierung der magnetischen Felder auf eine maximale Grenzwertausschöpfung von 27% erreicht werden. Diese Werte gelten am maßgeblichen Minimierungsort mit der stärksten Exposition (Lfd. Nr. 24). An allen übrigen Minimierungsorten treten geringere elektrische Feldstärken und magnetische Flussdichten auf. Damit umfasst die Optimierung alle maßgeblichen Minimierungsorte (Lfd. Nrn. 14 - 29) und wurde wirksam umgesetzt.

4.4 Temporäre Leitungsverbindung

Für die temporären Leitungsverbindungen durch Kabel- und Freileitungsprovisorien gelten ebenfalls die Anforderungen der 26. BImSchV (vgl. Kapitel 1.2.1).

Die Trassenstreifen von Baueinsatzkabeln werden grundsätzlich von Bauzäunen gesichert und sind somit zugangsbeschränkte Bereiche. Die Baueinsatzkabel werden dabei so verlegt, dass ein Mindestabstand von 1,5 m zum Bauzaun sichergestellt ist. Die Anforderungen der 26. BImSchV werden damit außerhalb der zugangsbeschränkten Bereiche in den allgemein zugänglichen Bereichen sicher erfüllt.

Beim Freileitungsprovisorium der Bl. 2437 kommen keine Bauzäune zum Einsatz und die Bereiche unterhalb der Leiterseile bleiben allgemein zugänglich, d.h. frei von Zugangsbeschränkungen durch die Amprion GmbH. Es ist somit nachzuweisen, dass auch im Bereich des Provisoriums der Bl. 2437 die Grenzwertvorgaben der 26. BImSchV eingehalten werden. Als maßgeblicher Immissionsort mit der voraussichtlich stärksten Exposition ergibt sich Gemarkung Vogelheim Flur 17 Zähler 308. Das heißt, an allen anderen Orten im Bereich des Provisoriums sind die elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten geringer (Erst-Recht-Schluss). Die ermittelte maximale elektrische Feldstärke beträgt 1,1 kV/m und die maximale magnetische Flussdichte 8 μ T. Dies entspricht einer Grenzwertausschöpfung von 22% für das elektrische Feld und 8% für das magnetische Feld. Das Freileitungsprovisorium der Bl. 2437 erfüllt somit die Anforderungen der 26. BImSchV. Der entsprechende Nachweis gemäß LAI-Hinweisen findet sich in Anlage 11.7.

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 10.5.

6 Fazit

Die Amprion GmbH plant die Trafoanlage LMG, die sich auf dem Betriebsgelände der TRIMET Aluminium SE in Essen befindet, an das 380-kV-Übertragungsnetz anzubinden. Dies erfordert eine 380-kV-Umbeseilung von der UA Büscherhof bis zur Trafoanlage LMG auf den bestehenden Höchstspannungsfreileitungen der Bl. 4582 und Bl. 2437. 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 dargelegt, werden die Anforderungen an Niederfrequenzanlagen (§ 3 der 26. BImSchV) eingehalten. Die maximal prognostizierten Werte für die elektrische Feldstärke und magnetische Flussdichte betragen 4,1 kV/m und 27 μ T (vgl. Tabelle 8). Sie liegen damit unterhalb der Grenzwertvorgaben der 26. BImSchV von 5 kV/m und 100 μ T.

Diese Maximalwerte (4,1 kV/m und 27 μ T) gelten für die Immissions- bzw. Minimierungsorte direkt unter der Leitung bzw. im Bewertungsbereich der Leitung. Ausgehend vom Rand des Bewertungsbereichs 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. Sowohl im Abschnitt von UA Büscherhof bis zum Pkt. Borbeck, Bl 4582, sowie im Abschnitt von Pkt. Borbeck bis zur Trafoanlage LMG, Bl. 2437, konnten durch das Optimieren der Leiteranordnung die elektrischen

Immissionsschutzbericht 0009

110-/220-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4582, Umbeseilung im Abschnitt UA Büscherhof – Pkt. Borbeck
380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2437, Umbeseilung im Abschnitt Pkt. Borbeck – Trafoanlage LMG

Seite 26 von 29

und magnetischen Felder an den maßgeblichen Minimierungsorten reduziert werden. Die Maßnahmen zur Minimierung wurden somit wirksam umgesetzt und das Minimierungsgebot damit beachtet.

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

Amprion GmbH
Asset Management
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).
- [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] *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 50341-1 (VDE 0210-1): Freileitungen über AC 45 kV; Teil 1: Allgemeine Anforderungen - gemeinsame Festlegung*, Berlin: VDE Verlag GmbH.

Immissionsschutzbericht 0009

110-/220-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4582, Umbeseilung im Abschnitt UA Büscherhof – Pkt. Borbeck
380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2437, Umbeseilung im Abschnitt Pkt. Borbeck – Trafoanlage LMG

Seite 28 von 29

- [16] *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.
- [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.

A.2 Abbildungen

Abbildung 1:	Darstellung des Trassenverlauf.	3
Abbildung 2:	Mastgrundformen: (a) Einebene, (b) Tonne, (c) Donau.....	9

A.3 Tabellen

Tabelle 1:	Grenzwerte für 16,7-Hz- und 50-Hz-Anlagen	6
Tabelle 2:	Spannungsbereiche der in den deutschen Verteil- und Übertragungsnetz eingesetzten Spannungsebenen.	8
Tabelle 3:	Thermisch maximal zulässiger Dauerstrom I_D der im Bestand vorkommenden und im Vorhaben geplanten Leiterseile und Bündelleiter.	9
Tabelle 4:	Maßgebliche Immissionsorte im Bereich der Bl. 4582.....	14
Tabelle 5:	Maßgebliche Immissionsorte im Bereich der Bl. 2437.....	15
Tabelle 6:	Maßgebliche Minimierungsorte im Bereich der Bl. 4582.	16
Tabelle 7:	Maßgebliche Minimierungsorte im Bereich der Bl. 2437.	18
Tabelle 8:	Feldimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten.	19
Tabelle 9:	Vergleich der Feldimmissionen bei nicht optimierter Leiteranordnung (Ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (Optimierte Phasenlage).	23
Tabelle 10:	Vergleich der Feldimmissionen bei nicht optimierter Leiteranordnung (Ungünstigste Phasenlage) und der geplanten optimierten Leiteranordnung (Optimierte Phasenlage).	24

A.4 Abkürzungen

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

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.

Immissionsschutzbericht 0009

110-/220-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 4582, Umbeseilung im Abschnitt UA Büscherhof – Pkt. Borbeck
380-kV-Höchstspannungsfreileitung, Bl. 2437, Umbeseilung im Abschnitt Pkt. Borbeck – Trafoanlage LMG

Seite 29 von 29

Abkürzung Bedeutung

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
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
Lfd.	Laufend(e)
Nr. / Nrn.	Nummer / Nummern
Pkt.	Punkt
S.	Satz
TALACS	Seilbezeichnung: temperaturbeständiges Aluminium-Stalum-Seil
UA	Umspannanlage
VDE	VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel

A.5 Formelzeichen

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

Zeichen Bedeutung

B	Magnetische Flussdichte; in Mikrottesla (μT)
E	Elektrische Feldstärke; in Kilovolt pro Meter (kV/m)
f	Frequenz; in Hertz (Hz)
$G(f)$	Grenzwert bei der Frequenz f
I, I_D	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)