Rhein-Main-Link

Höchstspannungsleitungen (Gleichstrom)

BBPIG Vorhaben Nr. 82

Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Bürstadt

BBPIG Vorhaben Nr. 82a

Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Hofheim am Taunus

BBPIG Vorhaben Nr. 82b

Grenzkorridor N-III – Kriftel

[Bestandteil Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Kriftel]

BBPIG Vorhaben Nr. 82c

Grenzkorridor N-III – Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein

[Bestandteil Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein]

Unterlagen gemäß § 21 NABEG i. V. m. § 35 Abs. 6 NABEG

Planfeststellungsabschnitt: NI3

Unterlagenteil: Teil E3 – Nachweis Einhaltung der Anforderungen der TA Lärm

Stand: [September 2026]

Vorhabenträgerin

Amprion GmbH
Robert-Schuman-Straße 7
44263 Dortmund

Amprion Offshore GmbH
Robert-Schuman-Straße 7
44263 Dortmund

In Zusammenarbeit mit

ARGE Arcadis | ILF
c/o Arcadis Germany B.V. & Co. KG
Europaplatz 3 | 64293 Darmstadt | Deutschland

Festgestellt nach § 24 NABEG

Bonn, den

Nachweis über die Einhaltung der Anforderungen der TA Lärm

als Bestandteil der Unterlagen zur Planfeststellung nach § 21 NABEG a.F. [1] für die

BBPIG Vorhaben Nr. 82

Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Bürstadt

BBPIG Vorhaben Nr. 82a

Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Hofheim am Taunus

BBPIG Vorhaben Nr. 82b

Grenzkorridor N-III – Kriftel

[Bestandteil Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Kriftel]

BBPIG Vorhaben Nr. 82c

Grenzkorridor N-III – Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein

[Bestandteil Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein]

Planfeststellungsabschnitt NI3

aus dem Bundesbedarfsplangesetz (BBPIG)

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

Ausgestellt: September 2026

Dieses Dokument besteht aus 16 Seiten

Inhaltsverzeichnis

1 Einführender Teil und Zielstellung 5
2 Schalltechnische Anforderungen 7
3 Technische Parameter 9
4 Berechnungsmethodik und Modellierung 10
5 Ergebnisse der schalltechnischen Berechnungen 11
6 Fazit 12
7 Literaturverzeichnis 13
8 Tabellenverzeichnis 15
9 Abbildungsverzeichnis 15
10 Abkürzungsverzeichnis 16

1 Einführender Teil und Zielstellung

Im Zuge der Verwirklichung der gesetzlich verankerten Energiewende kommt es durch den massiven Zubau erneuerbarer Energien in Norddeutschland zu Leitungsengpässen für den Stromtransport in Richtung Süddeutschland. Um ihren gesetzlichen Verpflichtungen zur Erfüllung einer sicheren Energieversorgung nachzukommen, sind die Übertragungsnetzbetreiber verpflichtet, in ihren jeweiligen Regelzonen überlastete Übertragungsnetze zu optimieren, zu verstärken oder auszubauen, soweit es wirtschaftlich zumutbar ist (vgl. § 11 Abs. 1 Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)). Da die bestehende Netzinfrastruktur in der Region weitgehend verstärkt ist, erfolgt gemäß NOVA-Prüfung (Netzoptimierung vor Netzverstärkung vor Netzausbau) im Netzentwicklungsplan (NEP) 2037/2045 (BNetzA 2024) [2] die Umsetzung der erforderlichen Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragungsverbindung (HGÜ-Verbindung) Rhein-Main-Link als Ausbau in neuer Trasse.

Übergeordnetes Planungs- und Realisierungsziel des Rhein-Main-Link ist die Errichtung und der Betrieb einer vorrangig erdverkabelten sowie sicheren und zuverlässigen Höchstspannungs-Gleichstromverbindung mit den vier Vorhaben Nr. 82, 82a, 82b und 82c der Anlage zu § 1 Abs. 1 Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) in einheitlicher Trasse zwischen dem Netzverknüpfungspunkt (NVP) im Suchraum Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede in Niedersachsen und den NVP Bürstadt, Hofheim am Taunus, Kriftel und Suchraum Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein in Hessen mit einem möglichst kurzen, gestreckten Verlauf unter Sicherstellung von Wirtschaftlichkeit, der regelhaften Meidung von Siedlungsräumen bzw. sensiblen Nutzungen sowie einer schnellstmöglichen sukzessiven Inbetriebnahme ab 2033.

Das Projekt besteht aus vier HGÜ-Leitungen, überwiegend ausgeführt als Erdkabel, einschließlich der für den Betrieb notwendigen Anlagen sowie Folgemaßnahmen gemäß § 75 Abs. 1 Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG).

Für das Projekt wurde am 27.06.2024 der Antrag auf Planfeststellung gemäß § 19 Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG) a.F. eingereicht. Daraufhin wurde durch die Bundesnetzagentur (BNetzA) der Untersuchungsrahmen gemäß § 20 Abs. 3 NABEG a.F. festgelegt.

Gemeinsame Vorhabenträgerinnen (nachfolgend als „Vorhabenträgerin“ bezeichnet) sind die Amprion GmbH und die Amprion Offshore GmbH. Die Amprion GmbH führt das Zulassungsverfahren im eigenen Namen und im Auftrag stellvertretend für die Amprion Offshore GmbH durch.

Disclaimer: Zur besseren Lesbarkeit wird in vorliegender Unterlage meistens das generische Maskulinum verwendet. Es wird darauf hingewiesen, dass sich die verwendeten Personenbezeichnungen, soweit es für die Aussage erforderlich ist, auf alle Geschlechter beziehen.

Weitere Ausführungen sind dem Erläuterungsbericht („Teil A1“ des Antrags auf Planfeststellung) zu entnehmen.

Gegenstand der hier vorliegenden TA Lärm-Berechnung ist ausschließlich der verfahrensgegenständliche Planfeststellungsabschnitt NI3 im Projekt Rhein-Main-Link.

In diesem Dokument wird die Einhaltung der Betreiberpflichten gemäß § 22 Abs. 1 Satz 1 (Nr. 1) BImSchG untersucht, welche durch die TA Lärm konkretisiert werden. Während des Regelbetriebes sind aus schalltechnischer Sicht nur Emissionen von Kabel-Kabel-Übergabestationen (KKÜS) zu erwarten, da das Erdkabel durch das Erdreich ausreichend abgeschirmt ist und die Durchleitung des

Stroms keine Geräuschemissionen verursacht. Nähere Informationen zur KKÜS sind dem Erläuterungsbericht („Teil A1“ des Antrags auf Planfeststellung) sowie dem „Teil C6 – Kabel-Kabel-Übergabestation (KKÜS)“ zu entnehmen. Die beiden hier zu betrachteten KKÜS sind

- - KKÜS Vahlbruch 1, Stationsnr. 01482,
- - KKÜS Vahlbruch 2, Stationsnr. 01483.

2 Schalltechnische Anforderungen

Beurteilungsgrundlagen

- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz) [3]
- Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz: Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) [4]
- G. Feldhaus und K. Tegeder, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm), C.F. Müller Verlag, 2014. [5]
- LAI-Hinweise zur Auslegung der TA Lärm (Fragen und Antworten zur TA Lärm) [6]
- LAI-Handlungsempfehlungen Gutachten Hochspannungstrassen: LAI- Handlungsempfehlungen für EMF- und Schallgutachten zu Hoch- und Höchstspannungstrassen in Bundesfachplanungs-, Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren [7]
- Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) [8]
- DIN VDE V 0210-30 VDE V 0210-30:2025-02, Freileitungen Teil 30: Koronageräusche von Hochspannungsfreileitungen mit einer Nennspannung größer oder gleich 220 kV [9]
- Pischler, Schichler, Schröder, Möllenbeck, Unterlinger, Steevens, Sames, Thieme, „Reduktion des Teilleiterabstands bei Freileitungen zur Minimierung von Koronageräuschen“ *ETG journal* Heft 01/2023, S30-35, 2023 [10]
- DIN 45680:1997-03: Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, Beuth-Verlag, März 1997 [11]
- DIN 45680 Beiblatt 1:1997-03: Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft - Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen, Beuth-Verlag, März 1997. [12]
- DIN ISO 9613-2:1999-10: Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien. Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren, Beuth-Verlag, Entwurf September 1997. [13]
- VDI 3723 Blatt 1: Anwendung statistischer Methoden bei der Kennzeichnung schwankender Geräuschimmissionen, Mai 1995. [14]
- C. Fritzsche, „Verfahren der Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen,“ Schriftenreihe des LfULG, Heft 10/2021, 24 März 2021. [15]
- Müller-BBM GmbH, „Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche gemäß TA Lärm in Genehmigungs-, Planfeststellungs- und Baugenehmigungsverfahren, Mustergutachten und Handlungsanleitung, Bericht Nr. 44 932 / 7,“ angefertigt für das Staatliche Umweltamt Kiel, 13.02.2001. [16]
- V. L. Chartier und R. D. Stearns, „Formulas for Predicting Audible Noise from Overhead High Voltage AC and DC Lines,“ IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Volume: PAS-100, Issue: 1, pp. 121-130, Jan. 1981. [17]
- VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., DIN VDE V 0210-9 VDE V 0210-9:2024-12: Freileitungen über 245 kV DC und 123 kV AC, Teil 9: Hybride AC/DC-Übertragung und DC-Übertragung, Dezember 2024. [18]
- S. Möllenbeck, B. Schröder, J. Wulff, S. Steevens, P. Sames und A. Lingenau, „Labor-untersuchungen zur Entwicklung prognostischer Geräuschemissionsansätze an einer hybriden Freileitung,“ DAGA 2019 Rostock. [19]
- WinField – Electric and Magnetic Field Calculation, Version 2024 (Build 3255) der Forschungs-gesellschaft für Energie und Umwelttechnologie – FGEU mbH, Berlin [20]

Als Betreiberin der Anlage ist die Vorhabenträgerin verpflichtet, schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche zu vermeiden bzw. auf ein zumutbares Maß zu begrenzen. Diese Betreiberpflichten ergeben sich aus § 22 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1, Nr. 2 BImSchG und werden durch die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) konkretisiert. Grundsätzlich gilt zur Bewertung von Geräuschen die technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm unter der Berücksichtigung der Bestimmung für witterungsbedingte Anlagengeräusche von Höchstspannungsnetzen (§ 49 Abs. 2b EnWG i.V.m. Nr. 7.2 TA Lärm). Bei der TA Lärm handelt es sich um die Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum BImSchG in der zurzeit gültigen Fassung vom 26. August 1998 (geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017) [4]. Wie in Kapitel 4 erläutert, werden die Immissionsrichtwerte gemäß Nr. 6.1 TA Lärm zugrunde gelegt, im hier vorliegenden Fall, da bei Trockenheit die maßgeblichen Emissionen zu erwarten sind, ohne Berücksichtigung von seltenen Ereignissen. In Nr. 1 der TA Lärm (Anwendungsbereich) ist definiert, dass sie dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sowie der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen dient.

Die Immissionsrichtwerte für den Beurteilungspegel betragen nach Nr. 6.1 der TA Lärm für den Immissionsschutz außerhalb von Gebäuden in den genannten Gebieten:

Tabelle 2-1: Immissionsrichtwerte (IRW) in dB(A) nach Nr. 6.1 TA Lärm [4]

Art der Nutzung	IRW in dB(A) tags (6:00 - 22:00 Uhr)	IRW in dB(A) nachts (22:00 – 6:00 Uhr)
a) in Industriegebieten	*70*	*70*
b) in Gewerbegebieten	*65*	*50*
c) in urbanen Gebieten	*63*	*45*
d) in Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten	*60*	*45*
e) in allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten	*55*	*40*
f) in reinen Wohngebieten	*50*	*35*
g) in Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten	*45*	*35*

Da das Erdkabel bzw. die KKÜS in der Regel rund um die Uhr betrieben wird, sind vornehmlich die strengeren Immissionsrichtwerte in der Nachtzeit für die Beurteilung zu berücksichtigen. Im Außenbereich sind nach der Rechtsprechung die für Mischgebiete geltenden Werte anzusetzen (Oberverwaltungsgericht Münster, Beschluss v. 3. September 1999,10 B 1283/99). Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte am Tag um nicht mehr als 30 dB(A) und in der Nacht um nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten (Nr. 6.1 der TA Lärm).

Die Anlage wird ausschließlich mit Gleichstrom betrieben, also einer Frequenz von 0 Hz. Daher kommt es zu keinen relevanten tieffrequenten Immissionen unterhalb der zu betrachtenden Grenzfrequenz von 125 Hz gem. Erweiterung der zugrunde liegenden DIN45687. Koronageräusche sind zudem nicht informationshaltig, daher ist im Regelzustand kein Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit ($K_T = 0\,\mathrm{dB}$) für den errechneten Immissions- bzw. Langzeit-Mittelungspegel $L_{\mathrm{AT}}(LT)$ zu berücksichtigen.

3 Technische Parameter

Für die schalltechnischen Berechnungen der KKÜS sind geometrische Parameter, wie Abstände, Höhen der eingesetzten Komponenten und Querschnitte sowie elektrische Parameter, wie Spannung und Frequenz relevant. Diese sind für beide KKÜS identisch. Die Frequenz beträgt hier wegen des DC-Betriebes 0 Hz. Alle anderen Parameter sind Tabelle 3-1, sowie der Abbildung 3-1 zu entnehmen, ggf. können auch vergleichbare Bauarten verwendet werden. Die innerhalb des Anlagenzauns eingesetzten elektrischen Bauteile werden auf einer Stahlunterkonstruktion und teilweise auf anderen Geräten errichtet, daher verstehen sich die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Höhen der relevanten Komponenten immer inklusive aller Unterkonstruktionen. Die tatsächlichen Höhen können je nach eingesetzten Geräten der Zulieferer und nach Baufertigstellung vernachlässigbar abweichen.

Die Viererbündel haben unterschiedliche Höhen an verschiedenen Abschnitten der KKÜS, daher wurde für die Modellierung die durchschnittliche Höhe angesetzt. Die Höhenvariation liegt bei bis zu 2 m. Der nächste Immissionsort ist mehr als 100 m von der KKÜS entfernt, daher ist kein relevanter Einfluss zu erwarten.

Tabelle 3-1: technische Parameter

Bauteil	Bauart	Maximale Betriebsspannung	Leiterdurchmesser	Höhe in m
Pluspol	Viererbündel, 150 mm Bündelabstand, Seil: AL/ST 560/50	550 kV	32,2 mm *(für jedes Seil des Viererbündels)*	*~11,9*
Minuspol	Viererbündel, 150 mm Bündelanstand, Seil: AL/ST 560/50	-550 kV	32,2 mm *(für jedes Seil des Viererbündels)*	*~11,9*
DMR	Alu-Rohr (Sammelschiene)	±30 kV	250 mm	*~7,6*

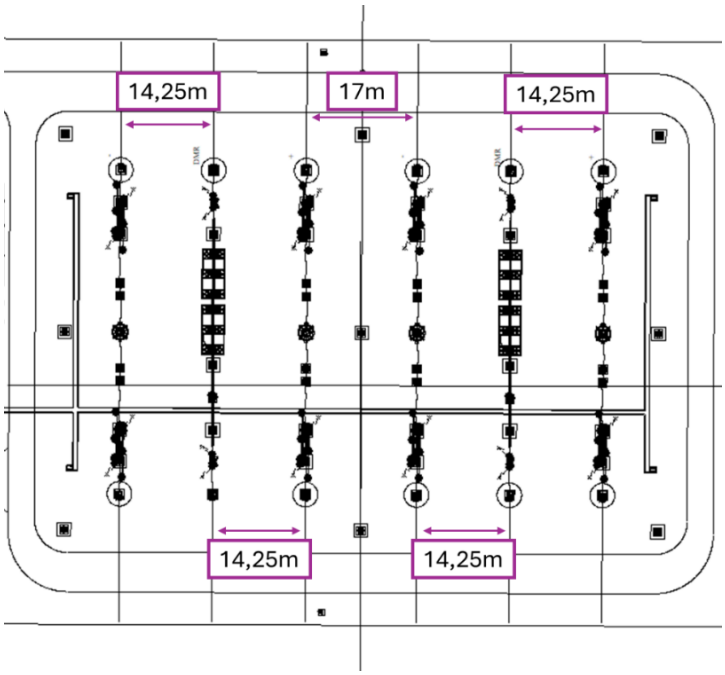


Abbildung 3-1: Abstände der Komponenten in schematischer Darstellung

4 Berechnungsmethodik und Modellierung

Durch die elektrischen Feldstärken, die um die Leiter herum deutlich höher sind als in Bodennähe, werden auf Höchstspannungsebene elektrische Entladungen in der Luft hervorgerufen. Die Stärke dieser Entladungen hängt hauptsächlich von der Geometrie der Leiter und ihrer Anordnung ab. Dieser Effekt, auch Korona genannt, ruft Geräusche hervor (Knistern, Prasseln und Rauschen), die in der Nähe von Höchstspannungsfreileitungen in Abhängigkeit der Witterung ggf. zu hören sind. Da die Frequenz 0 Hz beträgt, liegen keine tonalen Brummgeräusche vor.

Im Gleichstrombetrieb der KKÜS treten die höchsten Geräuschemissionspegel bei trockenem Sommerwetter auf und werden meist durch anhaftende Schmutzpartikel oder Insekten auf den spannungsführenden Anlagenteilen erzeugt, dieser Zustand stellt den zu beurteilenden Zustand der Anlage dar. Aufgrund der gleichbleibenden Polarität der Sammelschienen mit einer negativen und einer positiven Spannung, welche sich im Gegensatz zum Wechselstrombetrieb nicht frequenzabhängig umkehrt, können sich in der Luft befindliche Partikel mit der jeweils entgegengesetzten Polarität auf den Leiterseilen ablagern. Diese Effekte treten überwiegend an dem Viererbündel mit der positiven Spannung auf, aufgrund der überwiegend negativ geladenen, in der Luft befindlichen Partikel. Auch durch die Benetzung der Leiterseile mit Wasser werden Koronageräusche hervorgerufen. Diese Geräusche haben jedoch einen niedrigeren Pegel zur Folge als die Geräuschemissionen bei Trockenheit. Im Betriebszustand ohne Niederschläge (trockene Witterungsbedingungen) werden folglich im Gleichstrombetrieb – hierbei vor allem bei der positiven Spannung – die höchsten Emissionspegel erreicht.

Die Berechnung der Geräuschimmissionen erfolgte mit der Software WinField [20] für den beschriebenen Fall der höchsten zu erwartenden Schallemissionen bei Trockenheit. Hierfür wurde ein elektrisches Modell zur Bestimmung der Randfeldstärke aufgebaut.

Die Sammelschienen der KKÜS sind darin als gerade Leiter modelliert; die angenommenen technischen Parameter sind Kapitel 3 zu entnehmen. Die elektrische Randfeldstärke – die maximale Feldstärke direkt an der Leiteroberfläche – ist die maßgebende Eingangsgröße für Ansätze zu Koronageräuschen und prägt damit die Geräuschimmissionen der geplanten Anlage wesentlich. Die ermittelte Randfeldstärke wurde gemäß neuesten Erkenntnissen nach Pischler [10] an den verwendeten Leiterseilbündelabstand von 150 mm angepasst. Aus der Randfeldstärke und den Parametern der Leiterseile wurde der linienbezogene Schallleistungspegel der Sammelschienen in dB/m nach der BPA-Methode [17] entsprechend der Norm DIN VDE V 0210-30 [9] bestimmt. Diese Berechnungsmethode überschätzt im Gleichstrombetrieb die zu erwartenden Emissionen für Witterung ohne Niederschlag [19] . Anschließend erfolgte die Schallausbreitungsberechnung nach ISO 9613-2 [13].

5 Ergebnisse der schalltechnischen Berechnungen

Die Untersuchungen für den betrachteten Zustand bei Trockenheit führen in jedem Fall zu einer Maximalabschätzung der zu erwartenden Emissionen ("worst case"-Betrachtung) für den Betrieb der Anlage. Eine Prüfung unter Berücksichtigung seltener Ereignisse gemäß Nr. 6.3 der TA Lärm und § 49 Abs. 2b EnWG, findet daher nicht statt.

Unabhängig von der tatsächlichen Schutzwürdigkeit der Immissionsorte, wird hier vorsorglich der Immissionsrichtwert von einem reinen Wohngebiet in der Nacht zugrunde gelegt. Dieser liegt bei 35 dB(A). Nach der durchgeführten Geräuschprognose ist die Zusatzbelastung für alle Orte, die weiter als 150 m von der KKÜS entfernt sind, unter 25 dB(A). Somit unterschreitet die Zusatzbelastung den Immissionsrichtwert um mindestens 10 dB(A). Diese Orte liegen also automatisch außerhalb des Einwirkungsbereiches der Anlage gemäß Nr. 2.2 lit. a) TA Lärm und müssen nicht weiter berücksichtigt werden, da zudem einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen durch den Regelbetrieb der Anlage nicht zu erwarten sind (vgl. Nr. 2.2 lit. b) TA Lärm. Die KKÜS-Standorte wurden so geplant, dass sie im Außenbereich auch außerhalb eines Dorfverbandes lokalisiert sind. Daher wäre gemäß TA Lärm die Schutzwürdigkeit eines Mischgebiets mit einem Immissionsrichtwert von 45 dB(A) (nachts) ansetzbar. Die Annahme eines Immissionsrichtwertes von 35 dB(A) liegt somit weit auf der sicheren Seite. Es liegen keine Immissionsorte im 150 m Radius der KKÜS. Die KKÜS sind in „Teil C3.2 – Kombinierte Lage- und Rechtserwerbspläne Erdkabelanlage“ der Antragsunterlagen verzeichnet. Nähere Informationen zu den KKÜS sind „Teil C6 – Kabel-Kabel-Übergabestation (KKÜS)“ zu entnehmen.

Es liegen keine Immissionsorte gemäß Nr. 2.2 TA Lärm innerhalb des Einwirkungsbereichs der Anlage. Die schalltechnischen Anforderungen an den Regelbetrieb der Anlage werden eingehalten. Die Vorhabenträgerin kommt damit ihren Betreiberpflichten gemäß § 22 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 BImSchG sowie den sich hieraus konkretisierenden Grundpflichten nach Nr. 4.1 TA Lärm nach.

6 Fazit

Für das Planfeststellungsverfahren zu dem Projekt Rhein-Main-Link ist im Planfeststellungsabschnitt NI3 festzuhalten, dass die Anforderungen der TA Lärm vollumfänglich eingehalten werden.

Amprion GmbH
Netzprojekte
Immissionsmanagement Leitungen – Portfoliobearbeitung

i.A. Elena Darsht	i.A. Dr. Sebastian Becker	i.A. Oliver Sanders
Fachlich Verantwortlicher	Fachlich Verantwortlicher	Leiter Portfoliobearbeitung Immissionsmanagement Leitungen

7 Literaturverzeichnis

[1] *Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz (NABEG),* das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 8. Mai 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 151) geändert worden ist, 2011.

[2] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, „Bestätigung des Netzentwicklungsplans Strom für die Zieljahre 2037/45," März 2024. [Online]. Available: https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/2024-03/NEP_2037_2045_Bestaetigung.pdf. [Zugriff am 03 02 2026].

[3] *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG),* in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 1. Juni 2026 (BGBl. 2026 I Nr. 163) geändert worden ist.

[4] *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz: Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm),* Vom 26. August 1998 (GMBl Nr. 26/1998 S. 503), geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5).

[5] G. Feldhaus und K. Tegeder, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm), C.F. Müller Verlag, 2014.

[6] *LAI-Hinweise zur Auslegung der TA Lärm,* in der Fassung des Beschlusses der 147. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 23. Februar 2023, des UMK-Umlaufbeschlusses 13/2023, Stand 24.02.2023.

[7] *LAI-Handlungsempfehlungen Gutachten Hochspannungst: LAI- Handlungsempfehlungen für EMF- und Schallgutachten zu Hoch- und Höchstspannungstrassen in Bundesfachplanungs-, Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren,* mit Beschluss des Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI) in der 143. Sitzung am 29. und 30 März 2022 im UMK Umlaufverfahren Nr. 14/2022.

[8] *Energiewirtschaftsgesetz (EnWG),* vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 11. März 2026 (BGBl. 2026 I Nr. 66) geändert worden ist.

[9] VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., *DIN VDE V 0210-30 VDE 0210-30:2025-02, Freileitungen Teil 30: Koronageräusche von Höchstspannungsfreileitungen mit einer Nennspannung größer oder gleich 220 kV,* Februar 2025.

[10] S. S. M. U. S. S. T. Pischler, „Reduktion des Teilleiterabstands bei Freileitungen zur Minimierung von Koronageräuschen," *ETG journal,* Bd. Heft 01/2023, pp. 30-35, 2023.

[11] Deutsche Institut für Normung e. V, *DIN 45680:1997-03: Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft,* Beuth-Verlag, März 1997.

[12] Deutsche Institut für Normung e. V, *DIN 45680 Beiblatt 1:1997-03: Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft - Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen,* Beuth-Verlag, März 1997.

[13] Deutsche Institut für Normung e. V, *DIN ISO 9613-2:1999-10: Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien. Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren,* Beuth-Verlag, Entwurf September 1997.

[14] VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., *VDI 3723 Blatt 1: Anwendung statistischer Methoden bei der Kennzeichnung schwankender Geräuschimmissionen,* Mai 1995.

[15] C. Fritzsche, „Verfahren der Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen," *Schriftenreihe des LfULG, Heft 10/2021,* 24 März 2021.

[16] Müller-BBM GmbH, „Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche gemäß TA Lärm in Genehmigungs-, Planfeststellungs- und Baugenehmigungsverfahren, Mustergutachten und Handlungsanleitung, Bericht Nr. 44 932 / 7," angefertigt für das Staatliche Umweltamt Kiel, 13.02.2001.

[17] V. L. Chartier und R. D. Stearns, „Formulas for Predicting Audible Noise from Overhead High Voltage AC and DC Lines," *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Volume: PAS-100, Issue: 1,* pp. 121-130, Jan. 1981.

[18] VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., *DIN VDE V 0210-9 VDE V 0210-9:2024-12: Freileitungen über 245 kV DC und 123 kV AC, Teil 9: Hybride AC/DC-Übertragung und DC-Übertragung,* Dezember 2024.

[19] S. Möllenbeck, B. Schröder, J. Wulff, S. Steevens, P. Sames und A. Lingenau, „Laboruntersuchungen zur Entwicklung prognostischer Geräuschemissionsansätze an einer hybriden Freileitung," *DAGA 2019 Rostock.*

[20] „WinField – Electric and Magnetic Field Calculation," Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie – FGEU mbH, Berlin, Version 2024 (Build 3255).

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Immissionsrichtwerte (IRW) in dB(A) nach Nr. 6.1 TA Lärm [4] 8
Tabelle 3-1: technische Parameter 9

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Abstände der Komponenten in schematischer Darstellung 9

10 Abkürzungsverzeichnis

a. a. O. / aaO	am angegebenen Ort
Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
Abt.	Abteilung
Anl.	(technische) Anlage
BGBl.	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
bzw.	beziehungsweise
bzgl.	bezüglich
ca.	circa
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DMR	Direct Metallic Return
EN	Europäische Norm
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
IO	Immissionsort
i.S.	im Sinne
i.S.d.	im Sinne des
i.V.m.	in Verbindung mit
KKÜS	Kabel-Kabel-Übergabestation
KT	Tonzuschlag
LAT(LT)	Langzeitmittelungspegel
Lfd.	Laufend(e)
NAS	Netzanbindungssysteme
NVP	Netzverknüpfungspunkten
Nr. / Nrn.	Nummer / Nummern
Pkt.	Punkt
S.	Satz
Urt.v.	Urteil vom
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel