



*Zukunft
Gewissheit geben.*

GUTACHTEN

Nr. T 5489

**Geräuschprognose
nach TA Lärm
zu**

**Schallemissionen und -immissionen
des geplanten Vorhabens**

**„Höchstspannungsleitung Osterath – Philippsburg;
Gleichstrom“ (Ultranet)**

Abschnitt: Pkt. Marxheim – Pkt. Ried



Messstelle nach § 29b
(ehemals § 26) Bundes-
Immissionsschutzgesetz
(BImSchG)



VMPA-SPG-134-97-HE

Auftraggeberin: Amprion GmbH
Robert-Schuman-Straße 7
44263 Dortmund

Unsere Zeichen:
UT-F2/ZI

Dokument:
T5489.docx

Ausgestellt am: 01. März 2024

Das Dokument besteht aus
92 Seiten
Seite 1 von 92

Die auszugsweise Wiedergabe des
Dokumentes und die Verwendung zu
Werbezwecken bedürfen der
schriftlichen Genehmigung der
TÜV Technische
Überwachung Hessen GmbH.

Bearbeiter: Dipl.-Ing. (FH) Johannes Zinken

Die Prüfergebnisse beziehen sich
ausschließlich auf die untersuchten
Prüfgegenstände.

Managementsystem
ISO 9001 / ISO14001
zertifiziert durch:



Handelsregister Darmstadt HRB 4915
USt-IdNr. DE 111665790
Informationen gem. §2 Abs. 1 DL-InfoV
unter www.tuev-hessen.de/impressum
Bankverbindung:
Commerzbank AG
BIC DRESDEFFXXX
IBAN DE23 5008 0000 00971005 00

Aufsichtsratsvorsitzender:
Prof. Dr. Matthias J. Rapp
Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. (FH) Henning Stricker
Dipl.-Kfm. Thomas Walkenhorst

Telefon: +49 69 7916-0
Telefax: +49 69 7916-190
www.tuev-hessen.de



Beteiligungsgesellschaft
von:



TÜV Technische
Überwachung Hessen GmbH
Industry Service
Lärm- und
Erschütterungsschutz
Am Römerhof 15
60486 Frankfurt am Main



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | Aufgabenstellung | 4 |
| 2 | Rechts- und Beurteilungsgrundlagen | 4 |
| 3 | Projektbeschreibung | 7 |
| 3.1 | Lagebeschreibung..... | 7 |
| 3.2 | Betriebsbeschreibung..... | 9 |
| 4 | Beurteilungsgrundlagen nach TA Lärm | 9 |
| 4.1 | Allgemeine Bestimmungen der TA Lärm | 9 |
| 4.2 | Richtwerte nach TA Lärm..... | 10 |
| 4.3 | Seltene Ereignisse | 11 |
| 4.4 | Zusatzbelastung / Vorbelastung | 12 |
| 5 | Beurteilungsgrundlagen für Anlagengeräusche von Höchstspannungsnetzen | 12 |
| 5.1 | Entstehung von Koronageräuschen | 12 |
| 5.1.1 | Dreh-/Wechselstrombetrieb (AC) | 13 |
| 5.1.2 | Gleichstrombetrieb (DC) | 14 |
| 5.2 | Anwendung EnWG und TA Lärm – Diskussionspunkte und Ermessensfragen | 14 |
| 5.2.1 | Beurteilungsrelevante Betriebszustände | 15 |
| 5.2.2 | Richtwerte und Zumutbarkeitsprüfung | 16 |
| 5.2.3 | Berücksichtigung der Vorbelastung..... | 18 |
| 5.2.4 | Maßgeblicher Betriebszustand bei witterungsbedingten Anlagengeräuschen..... | 18 |
| 5.3 | Vorgehensweise..... | 20 |
| 5.3.1 | Nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche | 21 |
| 5.3.2 | Witterungsbedingte Anlagengeräusche | 21 |
| 6 | Immissionsorte und Schutzbedürftigkeiten | 23 |
| 7 | Ausbreitungsberechnung | 25 |
| 8 | Emissionsdaten und -ansätze | 26 |
| 8.1 | Emissionsdaten..... | 27 |
| 8.1.1 | Emissionen von HVAC-Freileitungen – Methode nach EPRI..... | 27 |
| 8.1.2 | Emissionen von HVDC-Freileitungen – Methode nach BPA..... | 28 |
| 8.1.3 | Genauigkeit der Methoden nach EPRI und BPA..... | 28 |
| 8.2 | Emissionsansatz – nicht witterungsbedingte Emissionen | 30 |
| 8.3 | Emissionsansatz – witterungsbedingte Emissionen | 31 |
| 8.4 | Berücksichtigung projektspezifischer Leiterseil-Konstellationen | 31 |
| 9 | Zusatzbelastung | 32 |
| 9.1 | Nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche..... | 33 |
| 9.2 | Witterungsbedingte Anlagengeräusche..... | 34 |
| 9.3 | Tieffrequente Geräusche..... | 35 |
| 10 | Vor- und Gesamtbelastung | 36 |
| 10.1 | Vorbelastung durch witterungsbedingte Anlagengeräusche | 36 |
| 10.2 | Gesamtbelastung durch witterungsbedingte Anlagengeräusche | 37 |
| 11 | Zumutbarkeitsprüfung | 38 |
| 11.1 | Allgemeine Aspekte | 40 |
| 11.1.1 | Potenzielle Gesundheitsgefahren | 40 |



| | | |
|-----------|--|-----------|
| 11.1.2 | Stand der Technik zur Lärminderung | 40 |
| 11.1.3 | Dauer & Häufigkeit..... | 41 |
| 11.1.4 | Soziale Adäquanz..... | 41 |
| 11.1.5 | Akzeptanz..... | 41 |
| 11.1.6 | Schutzbedürftigkeit | 42 |
| 11.2 | Immissionsortspezifische Aspekte..... | 43 |
| 11.2.1 | Immissionsort IO3..... | 43 |
| 11.2.2 | Immissionsort IO4..... | 44 |
| 11.3 | Fazit Zumutbarkeitsprüfung..... | 45 |
| 12 | Qualität der Ergebnisse | 46 |
| 13 | Zusammenfassung..... | 47 |
| | Anhangsverzeichnis | 49 |



1 Aufgabenstellung

Die Amprion GmbH plant die Errichtung und den Betrieb einer ± 380 -kV-Freileitung in Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungstechnik (HGÜ) sowie den temporären Drehstrombetrieb in dem ca. 57,4 km langen Abschnitt „Pkt. Marxheim – Pkt. Ried“ des Gesamtvorhabens „Höchstspannungsleitung Osterath – Philippsburg; Gleichstrom“ gemäß Nr. 2 der Anlage zu § 1 Abs. 1 BBPlG, auch als „Ultranet“ oder „Korridor A (Süd)“ bezeichnet. Innerhalb dieses Abschnitts ist geplant, zwischen dem Punkt (Pkt.) Pkt. Marxheim und dem Pkt. Ried bestehende Anlagen (Bestandsleitungen) zu nutzen und die damit verbundene Änderungen vorzunehmen.

Die TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH, im Folgenden TÜV Hessen genannt, wurde im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens beauftragt, die durch das Planvorhaben zu erwartende Geräuschbelastung zu untersuchen. Das Planvorhaben stellt gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) eine nicht genehmigungsbedürftige Anlage dar und fällt in den Anwendungsbereich der TA Lärm. Für die Beurteilung der Geräuschbelastung ist vorliegend ebenfalls § 49 Abs. 2b des EnWG mit den hier genannten Zusatzregelungen für witterungsbedingte Anlagengeräusche von Höchstspannungsnetzen heranzuziehen. Als Grundlage für die Geräuschprognose dienen berechnete Schalleistungspegel auf Basis von semiempirischen Gleichungen sowie Literatur zu diesem Thema in Verbindung mit Erkenntnissen aus Emissionsmessungen durch den TÜV Hessen an 380-kV-Drehstrom-Freileitungen und Laboruntersuchungen an Hochspannungsleiterseilen im Gleichstrombetrieb.

2 Rechts- und Beurteilungsgrundlagen

- Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 11 Absatz 3 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 202) geändert worden ist
- Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970; 3621), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 5. Februar 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 32) geändert worden ist
- Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) vom 26. August 1998 (GMBI 1998 S. 503), die durch die Allgemeine Verwaltungsvorschrift vom 1. Juni 2017 (BAnz AT 08.06.2017B5) geändert worden ist
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz: LAI-Hinweise zur Auslegung der TA Lärm (Fragen und Antworten zur TA Lärm) in der Fassung des UMK-Umlaufbeschlusses 13/2023, Stand 24.02.2023
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz: Handlungsempfehlungen für EMF- und Schallgutachten zu Hoch- und Höchstspannungstrassen in Bundesfachplanungs-, Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren, Stand 27.01.2022
- DIN ISO 9613-2: „Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren“, Oktober 1999
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit, Rundschreiben vom 24.03.1999, „Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG), Neufassung der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm)“, Aktenzeichen II 8.1-53e481



- Comber, M.; Nigbor, R. J.; Zaffanella, L. E.: "Transmission line reference book - 345 kV and above", Chapter 6, Electric Power Research Institute, Palo Alto, California, Second Edition, 1982 (beschreibt EPRI-Methodik)
- Chartier, V.L., Stearns, R.D.: „Formulas for Predicting Audible Noise from Overhead High Voltage AC and DC Lines“, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, No. 1, Januar 1981 (beschreibt BPA-Methodik)
- Bötsch, D., Hettig, Ch., Junghänel, Th., Lehner, M., Lusiewicz, A., Möllenbeck, S., Ottink, M., Porsch, W. Sames, P., Schröder, B., Tausend, W.: „Beurteilung witterungsbedingter Koronageräusche von Höchstspannungsfreileitungen im Zusammenhang mit der Änderung des EnWG 2022“, Lärmbekämpfung 18. Jahrgang 2023 Nr.5, ISSN 1863-4672
- Gooßens, M., Sames, P.: „Messtechnische Felduntersuchungen zu Koronageräuschen“, erstellt im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Schriftenreihe „Umwelt und Geologie – Lärmschutz in Hessen, Heft Nr.5, März 2015, ISBN987-389026-576-6; ISSN 1610-594X (im Folgenden kurz „HLUG Studie“)
- Schröder, B., Möllenbeck, S.: „Zur neuen DIN SPEC 8987 Koronageräusche von Hochspannungsfreileitungen, Teil I - theoretischer Teil“, Schriftbeitrag zur Referenz-Nr. DAGA2016/502 der 42. Jahrestagung für Akustik in Aachen - DAGA 2016
- Gooßens, M., Tausend, W.: „Zur neuen DIN SPEC 8987 Koronageräusche von Hochspannungsfreileitungen, Teil II - praktischer Teil“, Schriftbeitrag zur Referenz-Nr. DAGA2016/506 der 42. Jahrestagung für Akustik in Aachen - DAGA 2016
- Möllenbeck, S.; et al.: DAGA-Beitrag "Laboruntersuchungen zur Entwicklung prognostischer Geräuschemissionsansätze an einer hybriden Freileitung", DAGA 2019 Rostock, ISBN-13: 978-3-939296-14-0
- DIN 45680: „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft“, März 1997
- Beiblatt 1 zu DIN 45680: „Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen“, März 1997
- Schulze, C., Eckert, L. & Hübel, J.: „Untersuchungen zur Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen“, Schriftenreihe des LfULG, Heft 9/2021
- Fritzsche, C.: „Verfahren der Schallimmissionsprognose bei tieffrequenten Geräuschen“, Schriftenreihe des LfULG, Heft 10/2021
- Müller-BBM GmbH: „Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche gemäß TA Lärm in Genehmigungs-, Planfeststellungs- und Baugenehmigungsverfahren“, Mustergutachten und Handlungsanleitung, angefertigt für das Staatliche Umweltamt Kiel, Bericht Nr. 44 932 / 7 vom 13.02.2001
- Feldhaus / Tegeder, Kommentierung der TA Lärm, erschienen im C. F. Müller Verlag 2014, ISBN 978-3-8114-4723-3
- Geländedaten DGM1 und 3D-Gebäudedaten LoD1 für den Untersuchungsbereich, bezogen über das Geoportal Hessen, www.geoportal.hessen.de
- Bebauungspläne der jeweiligen Städte und Gemeinden (siehe Anhang 6), sowie Flächennutzungspläne i.V.m. Auskunft über die Gebietseinstufung durch die jeweils zuständigen Behörden



- folgende Plan- und Projektunterlagen wurden durch die Auftraggeberin zur Verfügung gestellt:
 - Erläuterungsbericht zum geplanten Vorhaben (Register 1 der Antragsunterlagen)
 - Übersichtspläne (Register 2 der Antragsunterlagen)
 - Lagepläne (Register 6 der Antragsunterlagen)
 - Angaben zur Beseilung des Planvorhabens
 - Profilpläne und digitale Daten der Freileitungen als kmz-Datei
 - digitale Daten der Freileitungen inkl. Schallleistungspegeln als qsi-Export aus der Software Winfield
- Schallausbreitungsberechnungsprogramm LimA der Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH Dortmund mit Rechenkernen Lima 7 in der Version 2021.1

Berechnungsparameter des Ausbreitungsprogramms:

- | | | | |
|---|------|---------------|-------|
| - Anzahl der Reflexionen: | 2 | - Temperatur: | 10 °C |
| - Radius der Reflexionen: | 50 m | - Feuchte: | 70 % |
| - C_0 : | 2 dB | - DBFEHLER: | 0 dB |
| - A_{gr} nach Alternativgleichung 10 der DIN ISO 9613-2 | | | |



3 Projektbeschreibung

Antragsgegenstand sind die Errichtung und der Betrieb einer ± 380 -kV-Freileitung in Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungstechnik (HGÜ) sowie der temporäre Drehstrombetrieb (sogenannte Umschaltoption) in dem Abschnitt „Pkt. Marxstadt – Pkt. Ried“ des Gesamtvorhabens „Höchstspannungsleitung Osterath – Philippsburg; Gleichstrom“. Innerhalb dieses (Genehmigungs-) Abschnitts zwischen dem Punkt (Pkt.) Marxheim und dem Pkt. Ried ist geplant, die unten angeführten bestehenden Anlagen zu nutzen und die damit verbundene Änderungen vorzunehmen. Der vorliegende Genehmigungsabschnitt unterteilt sich in folgende Teilabschnitte:

Teilabschnitt „Pkt. Marxheim – UA Bischofsheim“ (Bl. 4114):

Zwischen dem Pkt. Marxheim und der Umspannanlage (UA) Bischofsheim (Länge ca. 12 km) ist geplant, einen bestehenden Drehstromkreis der bestehenden 380-kV-Höchstspannungsfreileitung „Bischofsheim – Pkt. Marxheim“, mit der Bauleitnummer (Bl.) 4114, zu ändern und zukünftig als ± 380 -kV Gleichstromkreis zu betreiben. Neben dafür notwendigen technischen Anpassungen ist die Zubeseilung auf bisher unbelegten Plätzen des Mastgestänges erforderlich.

Teilabschnitt „UA Bischofsheim – Pkt. Griesheim Süd“ (Bl. 4134):

Zwischen der UA Bischofsheim und dem Pkt. Griesheim Süd (Länge ca. 19,4 km) soll ebenfalls ein Drehstromkreis der bestehenden 380-kV-Freileitung „Bischofsheim – Pkt. Griesheim“ (Bl. 4134) für den Gleichstrombetrieb genutzt werden. Neben dafür notwendigen technischen Anpassungen ist auch hier die Zubeseilung auf bisher unbelegten Plätzen des Mastgestänges erforderlich.

Teilabschnitt „Pkt. Griesheim Süd - Pkt. Pfungstadt“ (Bl. 4591):

Zwischen dem Pkt. Griesheim Süd und dem Pkt. Pfungstadt (Länge ca. 6 km) verläuft die bestehende 220-/380-kV-Freileitung „Ried – Urberach“ (Bl. 4591). Auch auf dieser Leitung soll zukünftig ein vorhandener Drehstromkreis als Gleichstromkreis genutzt werden. Eine Zubeseilung ist hier nicht erforderlich.

Teilabschnitt „Pkt. Pfungstadt – Pkt. Ried“ (Bl. 4591):

Im letzten Abschnitt „Pkt. Pfungstadt – Pkt. Ried“ (Länge ca. 20,5 km) ist ebenfalls geplant, einen bestehenden Drehstromkreis der Freileitung „Ried – Urberach“ (Bl. 4591) zukünftig als Gleichstromkreis zu nutzen, wobei in diesem Teilabschnitt die Zubeseilung auf bisher unbelegten Plätzen des Mastgestänges erforderlich ist.

Nähere Beschreibungen können dem Erläuterungsbericht zu diesem Vorhaben zu entnommen werden.

3.1 Lagebeschreibung

Der ca. 57,4 km lange (Genehmigungs-) Abschnitt „Pkt. Marxheim – Pkt. Ried“ verläuft von Norden nach Süden ausgehend von Pkt. Marxheim durch die Gebiete der hessischen Städte und Gemeinden Hofheim am Taunus, Flörsheim am Main, Hochheim, Rüsselsheim, Bischofsheim, Trebur, Nauheim, Groß-Gerau, Riedstadt, Gernsheim, Griesheim, Pfungstadt, Bickenbach, Alsbach-Hähnlein, Bensheim, Einhausen, Groß-Rohrheim und Biblis. Der Trassenverlauf ist in nachfolgender Abbildung 1 sowie in den Übersichtsplänen in Anhang 1 dargestellt und kann im Detail dem Erläuterungsbericht zum Planvorhaben entnommen werden.

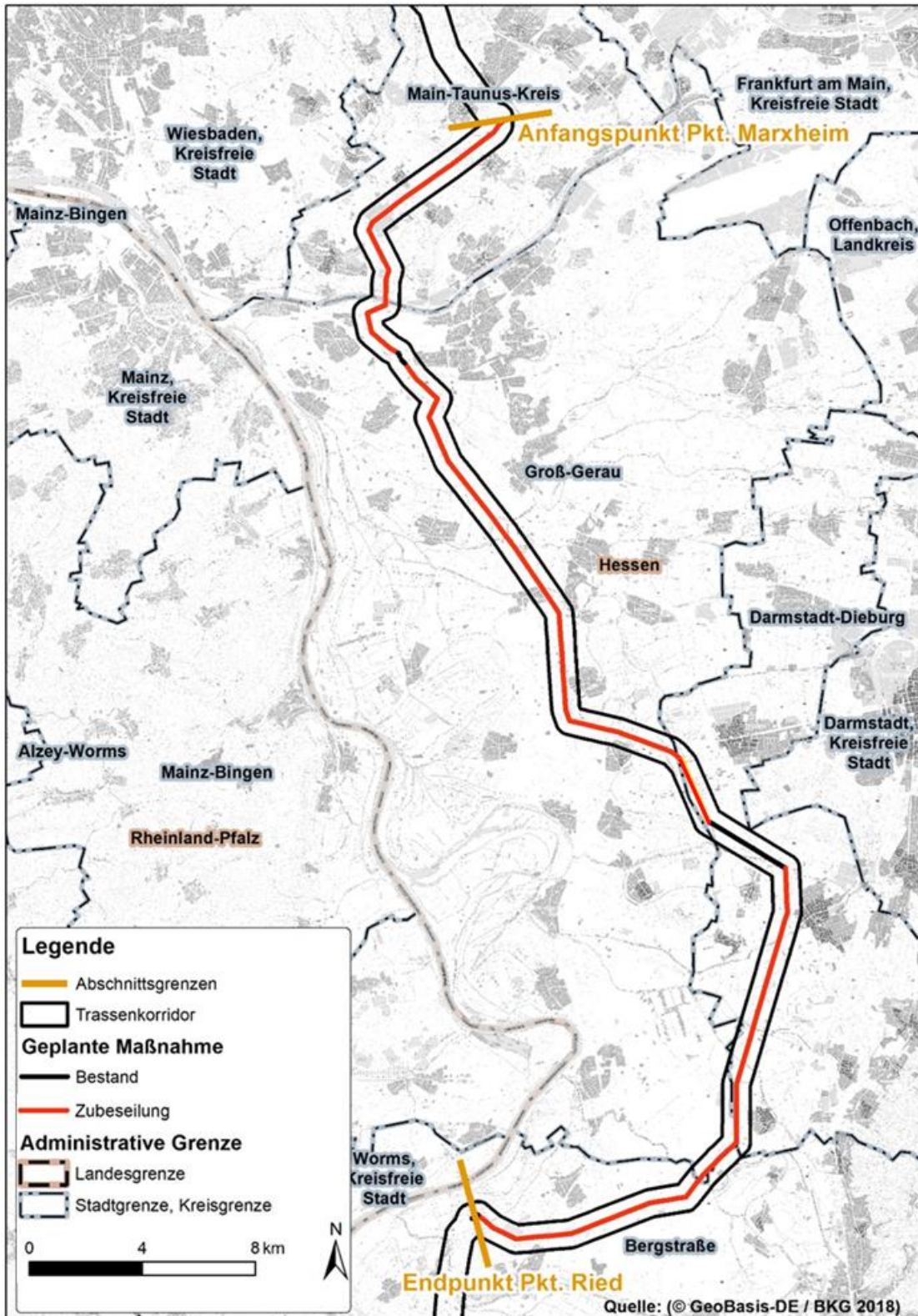


Abbildung 1: Leitungsverlauf „Pkt. Marxheim – Pkt. Ried“



3.2 Betriebsbeschreibung

Im vorliegend zu untersuchenden Genehmigungsabschnitt „Pkt. Marxheim – Pkt. Ried“ mit den bestehenden und zu ändernden Freileitungen Bl. 4114, Bl. 4134 und Bl. 4591 sind jeweils zwei Stromkreise im 380-kV-Wechselstrom(AC)-Betrieb und ein Stromkreis im 380-kV-Gleichstrom(DC)-Betrieb geplant. Die Leitungsbelegung mit Mastbild und Betriebsweisen in den jeweiligen Teilabschnitten der Freileitungen kann im Detail dem Anhang 4 entnommen werden.

In allen Spannungsfeldern dieses Vorhabens handelt es sich bei den 380-kV-Stromkreisen um eine Standard-Beseilung mit Leiterseilen des Typs AL/ACS 265/35 oder AL/ST 265/35 (Durchmesser $d = 22,4$ mm). Diese sind jeweils standardmäßig als 4er Bündel mit einem Teilleiterabstand 400×400 mm ausgeführt.

Bei neuen – also noch nicht im Betrieb natürlich gealterten – zum Einsatz kommenden Seilen, sollen durch geeignete Maßnahmen hydrophile Oberflächen erzeugt werden, um eine künstliche Vorwegnahme der natürlichen Geräuschreduzierung durch Alterung der Leiterseile zu erreichen (vgl. Abschnitt 5.1).

Die bestehenden Leitungen sollen im Planzustand als kombinierte Drehstrom-/ Gleichstromleitung im sogenannten Hybridbetrieb betrieben werden. Dabei wird vorliegend ein Stromkreis als Gleichstromkreis (DC, direct current) betrieben. Die restlichen Stromkreise der bestehenden Leitungen werden weiterhin als Wechsel- bzw. Drehstromkreise (AC, alternating current) betrieben. Da ein temporärer Drehstrombetrieb des Gleichstromkreises Teil des Planfeststellungsantrages ist, wird dieser reine AC-Betrieb als sogenannte Umschaltoption ebenfalls mit untersucht.

4 Beurteilungsgrundlagen nach TA Lärm

Im Folgenden wird auf die allgemeinen und insbesondere auf für die vorliegende Beurteilung relevanten Bestimmungen der TA Lärm eingegangen. Die projektspezifische Anwendung der Regelungen in Verbindung mit § 49 Abs. 2b des EnWG für das Planvorhaben ist in Abschnitt 5.2 dargestellt.

4.1 Allgemeine Bestimmungen der TA Lärm

Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) dient dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche von genehmigungsbedürftigen und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen, die den Anforderungen des 2. Teils des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) unterliegen.

Für den Betrieb von nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen nach BImSchG gilt die allgemeine Grundpflicht aus § 22 Abs. 1 des BImSchG bzw. aus Nr. 4.1 der TA Lärm. Hiernach sind nicht genehmigungsbedürftige Anlagen „so zu errichten und zu betreiben, dass a) schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche verhindert werden, die nach dem Stand der Technik zur Lärminderung vermeidbar sind, und b) nach dem Stand der Technik zur Lärminderung unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche auf ein Mindestmaß beschränkt werden.“ Die Bestimmung dieses Mindestmaßes erfordert eine Berücksichtigung und Abwägung der Umstände des Einzelfalls insbesondere hinsichtlich des nachbarlichen Interessenausgleichs. Im Umkehrschluss ergibt sich aus Nr. 4.3 der TA Lärm sowie § 22 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 des BImSchG, dass unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen unter gewissen Umständen hinzunehmen sind.



Bei der immissionsschutzrechtlichen Prüfung im Rahmen der öffentlich-rechtlichen Zulassung einer nicht genehmigungsbedürftigen Anlage ist grundsätzlich die vereinfachte Regelfallprüfung i.S.v. Nr. 4.2 (i.V.m. Nr. 3.2.1) der TA Lärm durchzuführen. Hier ist im Ausgangspunkt insbesondere zu prüfen, ob die Geräuschimmissionen der zu beurteilenden Anlage die Immissionsrichtwerte (IRW) nach Nr. 6 der TA Lärm nicht überschreiten. Dabei werden die in der TA Lärm genannten IRW als im Grundsatz zutreffende Konkretisierung des Begriffs der schädlichen Umwelteinwirkung im Sinne des BImSchG angesehen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer dazu geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen. Welche Beeinträchtigungen als erheblich einzustufen sind, richtet sich nach der Zumutbarkeit, welche im Grundsatz im Wege dieser Regelfallprüfung nach Nr. 4.2 i.V.m. Nr. 3.2.1 der TA Lärm zu ermitteln ist. Dabei ist auf die konkrete Betroffenheit, also den jeweiligen Immissionsort, abzustellen, die insofern umgebungsabhängig ist.

Die Immissionsorte sind gemäß Nr. 6.6 TA Lärm im ersten Schritt entsprechend der Festsetzungen in den Bebauungsplänen oder anhand der vorliegenden Bebauungssituation (tatsächliche Nutzung) und ihrer Schutzbedürftigkeit den Gebietsarten zuzuordnen. In einem zweiten Schritt kann die Prüfung einer Gemengelage nach Nr. 6.7 der TA Lärm erfolgen. Sie liegt vor, wenn gewerblich, industriell oder hinsichtlich ihrer Geräuscheinwirkungen vergleichbar genutzte Gebiete und zum Wohnen dienende Gebiete aneinandergrenzen. Ist dies der Fall, können gemäß Nr. 6.7 Abs. 1 der TA Lärm *„die für die zum Wohnen dienenden Gebiete geltenden Immissionsrichtwerte auf einen geeigneten Zwischenwert der für die aneinandergrenzenden Gebietskategorien geltenden Werte erhöht werden, soweit dies nach der gegenseitigen Pflicht zur Rücksichtnahme erforderlich ist.“* Neben diesen zwei Schritten kommt zudem eine Ermittlung des Richtwertes nach der Nr. 6.3 TA Lärm in Betracht, wenn es sich um sog. seltene Ereignisse nach Nr. 7.2 der TA Lärm handelt, wie dies etwa bei witterungsbedingten Anlagengeräuschen von Höchstspannungsnetzen gemäß § 49 Abs. 2b EnWG der Fall ist (vgl. Abschnitt 5.2.2).

4.2 Richtwerte nach TA Lärm

Die Immissionsrichtwerte (IRW) sind gemäß Nr. 6.1 der TA Lärm – für den Fall, dass es keine Besonderheiten zu beachten gibt – wie folgt festgelegt:

| Immissionsrichtwerte | Tag / Nacht | |
|---|--------------------|-------|
| a) In Industriegebieten | 70 / 70 | dB(A) |
| b) in Gewerbegebieten | 65 / 50 | dB(A) |
| c) in urbanen Gebieten | 63 / 45 | dB(A) |
| d) in Kern-, Dorf- und Mischgebieten | 60 / 45 | dB(A) |
| e) in allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten | 55 / 40 | dB(A) |
| f) in reinen Wohngebieten | 50 / 35 | dB(A) |
| g) in Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten | 45 / 35 | dB(A) |

Die IRW für die Nachtzeit sind im Vergleich zu den Richtwerten für die Tageszeit deutlich niedriger. Für die Bewertung der Geräuschbelastung durch das Planvorhaben als kontinuierlich betriebene Anlage sind daher vorliegend insbesondere die Nacht-Richtwerte von Bedeutung.

Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte in der Nacht um nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten.



Die Nachtzeit verläuft von 22.00 – 06.00 Uhr. Maßgebend für die Beurteilung der Nacht ist die volle Nachtstunde mit dem höchsten Beurteilungspegel, zu dem die zu beurteilende Anlage relevant beiträgt.

Der mit den Richtwerten zu vergleichende Beurteilungspegel wird nach Nr. A.1.4 des Anhangs der TA Lärm ermittelt. Die Basisgröße ist hierbei der Mittelungspegel L_{Aeq} , der bei impulshaltigen Geräuschen noch durch einen Impulzzuschlag K_I und bei einzeltonhaltigen Geräuschen durch einen Zuschlag K_T beaufschlagt wird.

Der Zuschlag für Impulshaltigkeit beträgt $K_I = L_{AFTEq} - L_{Aeq}$. Hierbei ist der L_{AFTEq} der sogenannte Taktmaximal-Mittelungspegel. Der Taktmaximalpegel ist der Maximalwert des Schalldruckpegels während der zugehörigen Taktzeit, wobei die Taktzeit 5 sec beträgt.

Für die Teilzeiten, in denen bei den zu beurteilenden Geräuschimmissionen ein oder mehrere Töne hervortreten, ist für den Zuschlag K_T je nach Auffälligkeit der Wert 3 dB(A) oder 6 dB(A) anzusetzen.

Da die niedrigeren Immissionsrichtwerte für die Nachtzeit durch das in diesem Zeitabschnitt verstärkte Ruhe- und Schlafbedürfnis begründet sind, finden Sie nur Anwendung, wenn sich im Einwirkungsbereich der Anlage schutzbedürftige, auch zum Schlafen bestimmte Räume befinden. Sind dagegen ausschließlich Büroräume oder sonstige schutzbedürftige Arbeitsräume vorhanden, kommen die Nacht-Immissionsrichtwerte nicht zur Anwendung. Dem Schutzbedürfnis ist in solchen Fällen ausreichend Rechnung getragen, wenn die höheren Tages-Immissionsrichtwerte eingehalten werden.

4.3 Seltene Ereignisse

Gemäß Nr. 7.2 der TA Lärm kann eine Überschreitung der maßgeblichen Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.1 der TA Lärm zugelassen werden, wenn wegen voraussehbarer Besonderheiten beim Betrieb einer Anlage zu erwarten ist, dass in seltenen Fällen an nicht mehr als zehn Tagen oder Nächten eines Kalenderjahres und nicht an zwei aufeinander folgenden Wochenenden die Immissionsrichtwerte auch bei Einhaltung des Standes der Technik zur Lärminderung nicht eingehalten werden können. Folgende Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.3 der TA Lärm dürfen dabei nicht überschritten werden (Industriegebiete ausgenommen):

70 dB(A) tags und
55 dB(A) nachts.

Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte für seltene Ereignisse in Misch-, Wohn- und Kurgebieten am Tage um nicht mehr als 20 dB(A) und in der Nacht um nicht mehr als 10 dB(A) überschreiten. In Gewerbegebieten dürfen diese Werte am Tage kurzzeitig um nicht mehr als 25 dB(A) und in der Nachtzeit um nicht mehr als 15 dB(A) überschritten werden.

Nach § 49 Abs. 2b des EnWG gelten witterungsbedingte Anlagengeräusche von Höchstspannungsnetzen bei der Beurteilung des Vorliegens schädlicher Umwelteinwirkungen als seltene Ereignisse im Sinne der TA Lärm, unabhängig von der Häufigkeit und Zeitdauer der sie verursachenden Wetter- und insbesondere Niederschlagsgeschehen. Hierbei kann der Nachbarschaft eine höhere als die nach Nummer 6.1 der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm zulässige Belastung zugemutet werden. Die oben genannten Werte nach Nr. 6.3 der TA Lärm dürfen nicht überschritten werden.



Der Umgang mit der in § 49 Abs. 2b des EnWG genannten Zusatzregelung wird in Abschnitt 5.2 und 5.3 näher erläutert.

4.4 Zusatzbelastung / Vorbelastung

Die Gesamtbelastung ist die Belastung am Immissionsort, die von allen Anlagen hervorgerufen wird, für die die TA Lärm gilt. Die Zusatzbelastung ist die Geräuschbelastung am Immissionsort, die durch die zu beurteilende Anlage hervorgerufen wird. Die Vorbelastung ist die Belastung durch die Geräuschimmissionen aller Anlagen, für die die TA Lärm gilt, ohne den Immissionsbeitrag der zu beurteilenden Anlage. Verkehrsgeräusche von öffentlichen Straßen gelten in diesem Sinne nicht als gewerbliche oder anlagenbezogene Vorbelastung nach TA Lärm.

Befinden sich in einem Gebiet neben den geplanten oder zu ändernden Höchstspannungsfreileitungen schon bestehende Freileitungen, ist die Frage zu klären, in welcher Weise diese Trassen als Zusatz- bzw. Vorbelastung im Sinne der TA Lärm zu betrachten sind. Häufig handelt es sich um Anlagen desselben Betreibers, die Trassen hängen aber nicht wechselseitig voneinander ab. Dieser spezielle Fall bzgl. der Auslegung des Anlagenbegriffes bei Freileitungen wird in der TA Lärm nicht definiert. Nach dem Urteil des BVerwG 4 A 5.17 vom 14.03.2018 (Rn. 56 ff.) findet § 1 Abs. 3 der 4. BImSchV auf die Bewertung der Immissionen von parallel verlaufenden Höchstspannungsfreileitungen als linienförmige, immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftige Infrastruktureinrichtung keine entsprechende Anwendung, da es an einer Vergleichbarkeit der Interessenlage fehlt. Die verschiedenen Trassen sind somit nicht als gemeinsame Anlage zu betrachten.

Im vorliegenden Fall sind die Bestandsleitungen Bl. 4114, Bl. 4134 und Bl. 4591 in den Abschnitten mit den geplanten Maßnahmen als Zusatzbelastung im Sinne der TA Lärm zu bewerten. Weitere bestehende Abschnitte dieser Freileitungen, welche nicht geändert werden und nicht Teil der Antragsunterlagen sind, sind im Sinne des o. g. Urteils des Bundesverwaltungsgerichts nicht als Zusatzbelastung, sondern als Vorbelastung zu bewerten. Weitere im Einwirkungsbereich des Planvorhabens bestehende Freileitungen stellen gewerbliche Vorbelastungen dar.

5 Beurteilungsgrundlagen für Anlagengeräusche von Höchstspannungsnetzen

5.1 Entstehung von Koronageräuschen

Die Geräuschemissionen von Höchstspannungsleitungen werden durch das Auftreten von Koronageräuschen verursacht. Koronageräusche entstehen durch Unregelmäßigkeiten bzw. Störstellen an Leiterseiloberflächen (z.B. Wassertropfen, Beschädigungen, Schmutzteilchen etc.), welche zu einer lokalen Überhöhung des elektrischen Feldes führen und dadurch Teilentladungen in der Umgebungsluft hervorrufen können. Diese sogenannten Korona-Entladungen können bei Wechselstrom (AC) und Gleichstrom (DC) als breitbandiges Knistern oder Prasseln wahrgenommen werden. Bei AC-Systemen kann zusätzlich aufgrund sich um den Leiter periodisch bewegender Ionen ein Brummtönen bei zweifacher Netzfrequenz auftreten (in Europa folglich bei 100 Hz).

Die Pegelhöhe von Koronageräuschen ist dabei von verschiedenen Einflussfaktoren abhängig. Wesentlich ist dabei die elektrische Randfeldstärke, welche maßgeblich von der Höhe der Spannung und der Leiterseilkonstellation (Durchmesser der Teilleiter, Anzahl und Abstand der Teil-



leiter im Bündel) abhängt. Geringere elektrische Randfeldstärken der Leiterseile führen zu verminderten Koronageräuschen. Des Weiteren sind die Oberflächeneigenschaften der Leiterseile maßgeblich. Durch Störstellen auf der Leiterseiloberfläche kommt es zu lokal überhöhten Randfeldstärken, wodurch die für das Auftreten von Korona-Entladungen relevante Einsatzrandfeldstärke in der Regel überhaupt erst erreicht bzw. überschritten wird. Bei AC-Systemen stellen Wassertropfen z.B. durch Regen oder Schnee etc. die maßgeblichen Störstellen als Ursache für Koronageräusche dar. Bei DC-Systemen sind neben Wassertropfen zudem Partikel als maßgebliche Störstellen zu nennen, die sich bei niederschlagsfreiem Wetter an den Leiterseilen anhaften können.

Durch einen größeren Seildurchmesser oder durch die Bündelung mehrerer Seile (z.B. 4er-Bündel) wird die elektrische Randfeldstärke reduziert, wodurch die Geräuschemissionen verringert werden. Auch eine Verringerung des Bündel-Teilleiterabstandes kann sich geräuschmindernd auswirken. Welche geräuschmindernden Maßnahmen an Freileitungen konkret zur Anwendung kommen können, ist dabei projektspezifisch zu prüfen und auszulegen, abhängig von den jeweiligen Randbedingungen, von der Notwendigkeit und Verhältnismäßigkeit (vgl. Grundpflichten des Betreibers von nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen gem. Nr. 4.1 TA Lärm) sowie von der generellen technischen Umsetzbarkeit z.B. hinsichtlich Statik oder Übertragungsleistung.

Bei Hoch- und Mittelspannungsleitungen bis einschließlich 110 kV sind wahrnehmbare Koronageräusche in der Regel nicht zu erwarten, da hier die elektrischen Ausgangsfeldstärken auf den Leiterseilen auch bei Vorhandensein von Störstellen erfahrungsgemäß zu gering sind, um relevante Koronaentladungen zu verursachen. Als Teil einer Mehrfachleitung sind 110-kV-Stromkreise aber bei der Randfeldstärkenberechnung für Stromkreise ≥ 220 kV bzw. für die gesamte Leiteranordnung zu berücksichtigen.

Bei dem vorliegenden Vorhaben sind AC-Stromkreise und DC-Stromkreise geplant. Im Folgenden wird auf die jeweiligen Zusammenhänge hinsichtlich Koronageräusche näher eingegangen.

5.1.1 Dreh-/Wechselstrombetrieb (AC)

Im AC-Betrieb werden Koronageräusche v.a. durch Störstellen in Form von Wassertropfen infolge von Niederschlag (Regen, Schnee) erzeugt. Bei hohem Niederschlag sind die Koronageräusche erfahrungsgemäß lauter als bei geringem Niederschlag, Nebel, Raureif oder ähnlichen Witterungsbedingungen. Die Geräuschemissionen von AC-Systemen verringern sich durch die natürliche Alterung der Seile, da sich deren Oberflächenbeschaffenheit zugunsten einer Geräuschsenkung (bei Benetzung der Seile mit Wasser) verändert. Dieser Effekt der natürlichen Geräuschreduzierung kann künstlich durch Erzeugung von hydrophilen Leiterseiloberflächen vorweggenommen werden.

Bei Betriebszuständen ohne Niederschlag treten bei AC-Systemen in der Regel keine oder nur geringe Koronaemissionen auf, z.B. wenn Inhomogenitäten durch Staubablagerung (aus Landwirtschaft, z.B. Getreidestaub) oder sonstigen Störstellen, wie Seildefekte oder Schmutzablagerungen gegeben sind.



5.1.2 Gleichstrombetrieb (DC)

Bei DC-Systemen treten die höchsten Geräuschemissionspegel bei trockenem Sommerwetter auf und werden meist durch anhaftende Schmutzpartikel oder Insekten erzeugt. Aufgrund der gleichbleibenden Polarität der Leiterseile mit einer negativen und einer positiven Spannung, welche sich im Gegensatz zum AC-Betrieb 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 Leiterseil mit der positiven Spannung auf, aufgrund der überwiegend negativ geladenen, in der Luft befindlichen Partikel. Auch im Gleichstrombetrieb werden Koronageräusche durch die Benetzung der Leiterseile mit Wasser hervorgerufen. Bei niederschlagsbedingt starkem Regentropfenbesatz und der daraus resultierenden Überschreitung einer bestimmten kritischen Dichte von Störstellen je Längeneinheit des Leiters, führen die durch Koronaentladungen erzeugten Raumladungen jedoch durch gegenseitige Abschirmung der Störstellen zu geringeren Entladungsamplituden. Diese durch die Raumladung bedingte Selbstabschirmung hat einen niedrigeren Pegel der hörbaren Geräusche zur Folge (vgl. DIN IEC/TR 62681, Abschnitt 6.2.3.5).

Im Betriebszustand ohne Niederschläge (trockene Witterungsbedingungen) werden folglich im Gleichstrombetrieb – hierbei vor allem bei der positiven Spannung – die höchsten Emissionspegel erreicht, während die Geräuschemissionen im Betriebszustand mit Niederschlag geringere Pegel erreichen (vgl. Abschnitt 8.1.2).

5.2 Anwendung EnWG und TA Lärm – Diskussionspunkte und Ermessensfragen

Mit dem Gesetz zur Änderung des Energiewirtschaftsrechts im Zusammenhang mit dem Klimaschutz-Sofortprogramm und zu Anpassungen im Recht der Endkundenbelieferung vom 19. Juli 2022 wurde das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) geändert. Die Neuregelung unter § 49 Abs. 2b des EnWG behandelt maßgeblich den Umgang mit witterungsbedingten Anlagengeräuschen von Höchstspannungsnetzen und modifiziert dabei die Anwendung des BImSchG und der TA Lärm, welche bisher den alleinigen Bewertungsmaßstab bei der Frage darstellte, ob Anlagengeräusche zu schädlichen Umwelteinwirkungen führen oder nicht.

Nach § 49 Abs. 2b des EnWG gelten witterungsbedingte Anlagengeräusche von Höchstspannungsnetzen „*unabhängig von der Häufigkeit und Zeitdauer der sie verursachenden Wetter- und insbesondere Niederschlagsgeschehen bei der Beurteilung des Vorliegens schädlicher Umwelteinwirkungen im Sinne von § 3 Absatz 1 und § 22 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes als seltene Ereignisse im Sinne der Sechsten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm). Bei diesen seltenen Ereignissen kann der Nachbarschaft eine höhere als die nach Nummer 6.1 der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm zulässige Belastung zugemutet werden. Die in Nummer 6.3 der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm genannten Werte dürfen nicht überschritten werden. Nummer 7.2 Absatz 2 Satz 3 der TA Lärm ist nicht anzuwenden.*“

Durch die Zusatzregelung des EnWG ergeben sich verschiedene Fragestellungen hinsichtlich der anzuwendenden Prüfkriterien nach TA Lärm. Im Folgenden werden diese Fragestellungen näher diskutiert, um daraus eine Vorgehensweise zur sachgerechten Beurteilung der Geräuschimmissionen durch das Planvorhaben ableiten zu können.



5.2.1 Beurteilungsrelevante Betriebszustände

Für die Geräuschbelastung durch Hochspannungsfreileitungen sind aufgrund der gesetzlich festgelegten Zusatzregeln in § 49 Abs. 2b des EnWG in Verbindung mit der in obigem Abschnitt 5.1 beschriebenen Problematik und Komplexität grundsätzlich verschiedene Betriebs- bzw. Emissionszustände zu beschreiben und zu diskutieren. Hierbei ist nunmehr zwischen nicht witterungsbedingten Geräuschen und witterungsbedingten Geräuschen zu unterscheiden.

5.2.1.1 Nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche

Die im EnWG gewählte Formulierung der „witterungsbedingten Anlagengeräusche“ und folglich demgegenüber nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche enthält einen auslegungsbedürftigen unbestimmten Rechtsbegriff. In der Praxis sind Freileitungen nie frei von jeglichen Witterungsbedingungen, da hierzu ebenfalls Luftdruck oder Temperatur etc. zählen. Daher ist diese Kategorisierung in witterungsbedingte und nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche aus hiesiger Sicht hinsichtlich der für Koronageräusche maßgeblichen Witterungsparameter zu interpretieren. Da vor allem das Vorhandensein von Wassertropfen als Störstellen am Leiterseil einen maßgeblichen Einfluss auf die Höhe von Koronaemissionen hat, sind folglich als witterungsbedingte Emissionen jene zu verstehen, die durch eine Benetzung der Leiterseile mit Wasser verursacht werden können. Hierzu zählen z.B. Regen- oder Schneeniederschlag, Nebel, Raureif, hohe Luftfeuchtigkeit etc. Somit wäre der Begriff der nicht witterungsbedingten Anlagengeräusche praxisbezogen auf einen Zustand mit niederschlagsfreiem und trockenem Wetter mit vergleichsweise geringer Luftfeuchtigkeit anzuwenden.

Dem EnWG (§ 49 Abs. 2b) folgend sind für die Beurteilung dieses Zustandes mit den hierbei einhergehenden zu erwartenden Geräuschemissionen – als dauerhaft anliegender Grundpegel – im Ausgangspunkt die Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.1 der TA Lärm heranzuziehen (vgl. Abschnitt 5.2.2). Dieser Zustand mit Geräuschemissionen, welche nicht durch Wetterschwankungen hervorgerufen werden, stellt den zeitlich vorherrschenden Betriebszustand dar und wird im Folgenden als „Regelzustand“ bezeichnet. Ausgenommen sind hierbei vereinzelt und lokal möglicherweise vorliegende Verunreinigungen der Leiterseile (Störstellen), z.B. durch Getreidestaub o.ä., welche zu Koronaemissionen führen können. Solche Ereignisse sind zwar witterungsunabhängig, treten i.d.R. allerdings nur lokal und selten auf, weshalb diese nicht unter den Begriff des Regelzustandes gefasst werden können.

5.2.1.2 Witterungsbedingte Anlagengeräusche

Witterungsbedingte Anlagengeräusche umfassen alle Geräusche, die durch Wetterschwankungen hervorgerufen werden, wobei sich dies hier v.a. auf Niederschläge, hohe Luftfeuchtigkeiten etc. bezieht (s.o.). Vorliegend wird dieser Zustand als „Sonderzustand“ bezeichnet, da das Auftreten der Geräuschemissionen bei Niederschlag keiner betrieblichen Steuerung unterliegt, sondern abhängig von äußeren Umständen ist. Der Betreiber hat also keine Möglichkeit hierauf betrieblich als organisatorische Maßnahme o.ä. steuernd Einfluss zu nehmen, da witterungsbedingte Anlagengeräusche willkürlich nach dem Zufall des Auftretens von bestimmten Wetterlagen erfolgen. Für einen solchen Fall der Witterungsabhängigkeit gibt es in der TA Lärm keine Regelungen. Mit der Festlegung in § 49 Abs. 2b des EnWG, dass witterungsbedingte Emissionen als seltene Ereignisse gemäß 7.2 in Verbindung mit 6.3 der TA Lärm anzusehen sind, wird nun eine Vorgabe zur Handhabung dieses Sonderzustandes getroffen.



Bei Zuständen mit Nebel oder hoher Luftfeuchtigkeit werden v.a. bei Wechselstrom-Leitungen i.d.R. deutlich geringere Koronageräusche hervorgerufen als z.B. bei Regenniederschlag, weshalb sich im vorliegenden Gutachten v.a. auf Niederschlagsereignisse bezogen wird, die in der Lage sind, erhöhte Koronaemissionen hervorzurufen. Der Sonderzustand für Betriebszustände mit Niederschlag hat zeitlich einen deutlich geringeren Anteil im Jahresmittel, jedoch werden hierbei größere Emissionen als in der niederschlagsfreien Zeit hervorgerufen. Auf Basis von semiempirischen Berechnungsformeln nach EPRI (Electric Power Research Institute) können für verschiedene Leiterseilkonstellationen in Abhängigkeit von der Niederschlagsintensität und elektrischen Randfeldstärken die längenbezogenen Schalleistungspegel je Phase eines Stromkreises berechnet werden. Es stellt sich hierbei die Frage nach der zu untersuchenden Niederschlagsrate für einen maßgeblichen Emissionsansatz (vgl. Abschnitt 5.2.4).

5.2.2 Richtwerte und Zumutbarkeitsprüfung

Aufgrund der unterschiedlichen zu untersuchenden Emissionsansätze für nicht witterungsbedingte bzw. witterungsbedingten Anlagengeräusche sind für die Beurteilung der jeweiligen Geräuschbelastung unterschiedliche Immissionsrichtwerte heranzuziehen.

5.2.2.1 Nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche

Für nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche sind die regulären Richtwerte in Abhängigkeit der Schutzbedürftigkeit des jeweiligen Gebietes nach Nr. 6.1 der TA Lärm in Verbindung mit Nr. 6.7 für Gemengelagen zugrunde zu legen. Für AC-Systeme ist dieser Regelzustand untergeordnet, da hierbei keine akustisch relevanten Korona-Aktivitäten verursacht werden. Für DC-Systeme dagegen stellt der Regelzustand mit trockenem Sommerwetter den maßgeblichen Betriebszustand dar, bei welchem die höchsten Korona-Aktivitäten zu erwarten sind. Es handelt sich dabei um nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche. Die an den Immissionsorten zugrunde zu legenden Immissionsrichtwerte nach TA Lärm werden in Abschnitt 6 dargestellt.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die gewerbliche Nutzung einer Stromtrasse einem Gewerbegebiet gemäß Nr. 6.1 b) der TA Lärm entspricht. Grenzt diese Nutzung unmittelbar an eine bestehende Wohnnutzung an, stellt dies eine Gemengelage im Sinne von Nr. 6.7 der TA Lärm dar. In der Folge können die für die zum Wohnen dienenden Gebiete geltenden Immissionsrichtwerte auf einen geeigneten Zwischenwert der für die aneinandergrenzenden Gebietskategorien geltenden Werte erhöht werden (vgl. BVerwG, Urt. v. 14.03.2018, 4 A 5.17). Hierbei ist ebenfalls die Lage der Wohnbebauung in erster Reihe zum Außenbereich nach § 35 Abs. 1 des BauGB mit bereits bestehenden Freileitungen zu berücksichtigen, da nach allgemeiner Rechtsauffassung aufgrund der Belegenheit in erster Reihe zum Außenbereich eine geminderte Schutzwürdigkeit vorliegt. Da nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche keine relevanten Geräuschimmissionen verursachen, wird hier nicht näher auf die Bildung von geeigneten Zwischenwerten eingegangen. Die Prüfung und Festlegung von geeigneten Zwischenwerten ist im jeweiligen Einzelfall durch die Genehmigungsbehörde vorzunehmen (vgl. Abschnitt 11.1.6).

5.2.2.2 Witterungsbedingte Anlagengeräusche

Für witterungsbedingte Anlagengeräusche gelten gemäß § 49 Abs. 2b des EnWG die Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.3 der TA Lärm für seltene Ereignisse. Hiernach betragen die Richtwerte 70 dB(A) tags und 55 dB(A) nachts (ausgenommen Industriegebiete, vgl. Abschnitt 4.3).

Gemäß den Bestimmungen für seltene Ereignisse (§ 49 Abs. 2b des EnWG i.V.m. Nr. 7.2 der TA Lärm) ist im Einzelfall zu prüfen, ob und in welchem Umfang der Nachbarschaft eine höhere



als die nach Nr. 6.1 der TA Lärm zulässige Belastung zugemutet werden kann, wobei die Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.3 der TA Lärm in der Regel einen oberen Anhaltspunkt für diese Abwägung darstellen.

Die Gesetzesänderung des EnWG wurde zum Zweck der Beschleunigung des Netzausbaus und der Vereinfachung in den Planungs- und Genehmigungsverfahren umgesetzt. Vor diesem Hintergrund ist es daher fraglich, ob eine einzelfallbezogene Zumutbarkeitsprüfung bzgl. witterungsbedingten Anlagengeräuschen zur Beschleunigung oder Vereinfachung von Verfahren führt. Dies insbesondere hinsichtlich der räumlichen Ausdehnung von Höchstspannungsanlagen in Verbindung mit der vorliegend zu berücksichtigenden Vielzahl an Abwägungskriterien. Die Begründung zu § 49 Abs. 2b des EnWG steht nach hiesigem Verständnis einer regelmäßigen einzelfallbezogenen Zumutbarkeitsprüfung entgegen, da hier auf die Immissionsrichtwerte von seltenen Ereignissen als zugrunde zu legende Richtwerte abgestellt wird und demgegenüber die Richtwerte nach Nr. 6.1 der TA Lärm keine Gültigkeit mehr haben: *„Die Änderung im neuen § 49 Absatz 2b führt dazu, dass witterungsbedingte Anlagengeräusche von Höchstspannungsnetzen [...] als seltenes Ereignis im Sinne des TA Lärm gelten. Als Konsequenz gelten die höheren Grenzwerte¹ der Nummer 6.3 der TA Lärm. Die bislang für Anlagen geltenden Grenzwerte¹ nach Nummer 6.1 der TA Lärm müssen durch die Änderungen für Höchstspannungsnetze entsprechend nicht mehr eingehalten werden.“* (BT-Drs. 20/2402, S. 46 unten).

Aus der Neuregelung in § 49 Abs. 2b EnWG geht somit nicht eindeutig hervor, ob die Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.3 der TA Lärm als oberer Anhaltspunkt für die Abwägung der Zumutbarkeit der Geräuschbelastung im Einzelfall anzusehen sind oder aber als maßgebliche Richtwerte heranzuziehen sind, welche regelmäßig durch witterungsbedingte Anlagengeräusche von Höchstspannungsnetzen ausgeschöpft werden dürfen.

Ob eine generelle einzelfallbezogene Zumutbarkeitsprüfung letztlich dem Willen des Gesetzgebers entspricht oder ob eine Zumutbarkeitsprüfung entfallen kann oder beispielsweise nur auf atypische Fälle zu beschränken ist, geht aus der Neuregelung des EnWG nicht eindeutig hervor. Aufgrund der Ermangelung einer eindeutigen Regelung hierzu, wird im Hinblick auf die Prüfkriterien der TA Lärm eine solche Prüfung zumindest nicht ausgeschlossen und daher im vorliegenden Gutachten berücksichtigt (vgl. Abschnitt 5.3).

Für AC-Systeme stellt der Sonderzustand den Betriebszustand mit den höchsten Corona-Aktivitäten dar. Auch bei DC-Systemen werden witterungsabhängige Anlagengeräusche hervorgerufen, jedoch sind deren Emissionen geringer als bei niederschlagsfreiem Wetter. Die vorliegende Vorgehensweise für die Beurteilung der Geräuschbelastung im Sonderzustand mit witterungsbedingten Anlagengeräuschen wird in Abschnitt 5.3 beschrieben.

¹ Hinweis: Da in der TA Lärm keine Grenzwerte sondern Richtwerte festgelegt sind, können hiermit nur die Richtwerte gemeint sein.

5.2.3 Berücksichtigung der Vorbelastung

Nach Nr. 4.2 c) der TA Lärm ist „eine Berücksichtigung der Vorbelastung [...] nur erforderlich, wenn aufgrund konkreter Anhaltspunkte absehbar ist, dass die zu beurteilende Anlage im Falle ihrer Inbetriebnahme relevant im Sinne von Nummer 3.2.1 Abs. 2 zu einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 beitragen wird [...].“ Relevant heißt hier, dass die von der zu beurteilenden Anlage ausgehende Zusatzbelastung die Immissionsrichtwerte um weniger als 6 dB(A) unterschreitet.

Sind im Regelzustand mit nicht witterungsbedingten Anlagengeräuschen relevante Geräuschimmissionen gemäß TA Lärm zu erwarten, ist für diesen Betriebszustand die Vorbelastung durch Anlagen, die in den Anwendungsbereich der TA Lärm fallen, zu untersuchen.

Für den Sonderzustand mit witterungsbedingten Anlagengeräuschen gelten die Anforderungen für seltene Ereignisse nach TA Lärm. Für diesen Fall werden hinsichtlich der Berücksichtigung der Vorbelastung keine konkreten Regelungen vorgegeben. Da die TA Lärm grundsätzlich einen Akzeptorbezug vorsieht, ist aus gutachterlicher Sicht auch bei seltenen Ereignissen auf die Gesamtgeräuschbelastung abzustellen, weshalb die Berücksichtigung der Vorbelastung bei Vorliegen bestimmter Gegebenheiten somit mit einzubeziehen ist.

Dies gilt insbesondere für Freileitungstrassen im Umfeld des Planvorhabens, sofern diese aufgrund ihrer technischen Auslegung dazu geeignet sind, relevante Geräuschvorbelastungen im Sonderzustand mit witterungsbedingten Anlagengeräuschen hervorzurufen. Hinsichtlich einer möglichen Zumutbarkeitsprüfung wird vorliegend eine Geräuschvorbelastung durch Freileitungen im Sonderzustand als relevant angesehen, sofern sie die Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.1 der TA Lärm in Verbindung mit 6.7 der TA Lärm um weniger als 6 dB unterschreitet.

Andere Anlagen, welche unter den Anwendungsbereich der TA Lärm fallen und geeignet sind, Geräuschvorbelastungen hervorzurufen, unterliegen den einzuhaltenden Vorgaben bzgl. der Geräuschemissionen und -immissionen. Die Vorgaben nach TA Lärm beziehen sich auf den Regelbetrieb, weshalb für eine Vorbelastung i.d.R. die Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.1 der TA Lärm heranzuziehen sind. Diese durch die Vorbelastung einzuhaltenden Richtwerte liegen, insbesondere in Wohn- und Mischgebieten, mindestens 10 dB(A) unterhalb der Richtwerte für seltene Ereignisse nach Nr. 6.3 der TA Lärm. Somit ist bezogen auf den Sonderzustand des Planvorhabens eine möglicherweise vorhandene Vorbelastung in der Regel als nicht relevant für die Beurteilung der Geräuschsituation im Sonderzustand anzusehen. Sofern aufgrund konkreter Anhaltspunkte im Einzelfall für den vorliegenden Sonderzustand bei seltenen Ereignissen eine relevante Vorbelastung durch andere Anlagen außer Freileitungen hinsichtlich der Richtwerte für seltene Ereignisse nach Nr. 6.3 der TA Lärm vorliegt, so ist diese im Sinne einer sachgerechten Beurteilung zu berücksichtigen.

5.2.4 Maßgeblicher Betriebszustand bei witterungsbedingten Anlagengeräuschen

§ 49 Abs. 2b des EnWG definiert alle witterungsbedingten Anlagengeräusche von Höchstspannungsnetzen als seltene Ereignisse im Sinne der TA Lärm. Gemäß Anhang A.1.2 a) der TA Lärm ist der Betriebszustand zu betrachten, welcher die höchsten Beurteilungspegel hervorruft. Vorliegend könnte hierfür der Maximalfall mit Betriebszuständen bei extremen Starkregenereignissen zugrunde gelegt werden, da hier die höchsten Koronaemissionen zu erwarten sind. Unabhängig davon, dass das Auftreten dieser Betriebszustände aufgrund der Witterungsabhängigkeit durch den Anlagenbetreiber nicht steuerbar ist, gehen diese selten auftretenden Extremwittersituationen jedoch mit erhöhten verdeckenden Nebengeräuschen einher (Wind-, Regengeräusche,

Gewitter etc.). Zudem dauern diese Ereignisse tendenziell nur kurze Zeit an, was durch eine Teilzeitkorrektur über die Beurteilungszeit zu verminderten Beurteilungspegeln führt. Aufgrund der dominanten und die Anlagengeräusche verdeckenden Fremdgeräusche in Verbindung mit der kurzen Zeitdauer sind zusätzliche schädliche Umwelteinwirkungen durch die Anlage bei extremen Starkregenereignissen daher nicht zu erwarten, weshalb dieser Maximalfall für eine sachgerechte Beurteilung der Geräuschbelastung nicht herangezogen werden kann.

Ein noch sinnvoll zu beurteilender Maximalansatz kann sich daher nicht auf Extremwetterereignisse beziehen, sehr wohl jedoch auf witterungsabhängige Betriebszustände, welche geeignet sind, erhöhte Geräuschemissionen hervorzurufen, welche zudem auch mangels Fremdgeräuschüberdeckung wahrnehmbar sein können. Diese können vorliegen bei z.B. erhöhten Niederschlagsraten (ohne Extremwettersituationen), bei starkem Schneefall oder durch möglicherweise vereinzelt auftretende Besonderheiten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass diese Gegebenheiten und Randbedingungen, welche u.a. im Hinblick auf Fremdgeräuschverdeckung bzw. des Auftretens schädlicher Umwelteinwirkungen einen noch sinnvoll zu beurteilenden Maximalansatz beschreiben, die Ausnahme darstellen und nur vereinzelt auftreten.

Ob mit den Vorgaben des § 49 Abs. 2b des EnWG die vorliegend beschriebenen Maximalfälle als beurteilungsrelevant anzusehen sind, kann diskutiert werden. Aus gutachterlicher Sicht kann ein solcher Ansatz zumindest nicht als maßgeblicher Betriebszustand für eine sachgerechte Beurteilung der Anlagengeräusche herangezogen werden, da es sich nach bisherigem Kenntnisstand um besondere Fälle handelt, welche in Langzeituntersuchungen durch den TÜV Hessen nur an einzelnen wenigen Untersuchungsstandorten auftraten und Prognosemodelle hierzu in der einschlägigen Literatur kaum oder gar nicht beschrieben werden. Auch im Hinblick auf eine Zumutbarkeitsprüfung ist es fraglich, ob diese Fälle als beurteilungsrelevantes bzw. maßgebliches Szenario zugrunde gelegt werden können, da aufgrund des vereinzelt Auftretens dieser Maximalfälle auch eine höhere Zumutbarkeit zugesprochen werden kann. Zudem können die beschriebenen Maximalfälle nicht allgemeingültig für Hochspannungsfreileitungen als „voraussehbare Besonderheiten“ eingestuft werden. Der Umstand, dass es sich um „voraussehbare Besonderheiten“ handeln muss, ist jedoch gemäß Nr. 7.2 der TA Lärm als Voraussetzung für seltene Ereignisse angeführt.

Dem gegenüber können durchaus häufiger auftretende Witterungsbedingungen mit leichten bis mittleren Niederschlagsraten, bei welchen es zu witterungsbedingten Geräuschemissionen kommen kann, als „voraussehbare Besonderheiten“ eingestuft werden. Für eine sachgerechte Beurteilung der Geräuschbelastung nach TA Lärm wird daher vorliegend auf den Betriebszustand bei einer jährlich häufiger zu erwartenden Niederschlagsrate von $\leq 3,5$ mm/h eingegangen.

Die Betriebssituation Niederschlag (mit einer Intensität von bis zu 3,5 mm/h) deckt für Deutschland hinsichtlich der Höhe der Geräuschemissionen der Hochspannungs-Wechselstrom-Freileitungen mindestens 99,5 % der Nachtstunden mit jeglichen Witterungsbedingungen ab. Die Betriebssituation mit Niederschlag stellt weiterhin einen besonderen Fall dar, da die Koronageräusche nachweislich (mit Ausnahme des Schneefalls) praktisch immer an ein gleichzeitiges Regenfremdgeräusch gekoppelt auftreten. Das Regenfremdgeräusch weist mit Ausnahme der auftretenden tonalen Komponenten (100 Hz und höhere Harmonische) ein mit dem Koronageräusch nahezu identisches Spektrum auf und hat dadurch mit Zunahme der Entfernung von der Anlage schnell eine maskierende bzw. sogar verdeckende Wirkung. Bei Niederschlagsereignissen mit 3,5 mm/h liegen die Regenfremdgeräusche als umgebungsabhängige Hintergrundsummenpegel L_{pAF95} bei einer Ortsrandlage bereits bei ca. 46 dB (siehe Anhang 5).



Höhere Niederschlagsmengen ($> 3,5$ mm/h) treten durchschnittlich in Deutschland in weniger als 0,5 % der Nachtstunden auf und können anhand der Häufigkeit des Auftretens aus hiesiger Sicht nicht als maßgeblicher Zustand betrachtet werden (siehe oben). Die Aussage bzgl. der Häufigkeit der Niederschlagsintensitäten wurde anhand von Wetterstatistiken geprüft und verifiziert (siehe Lärmbekämpfung 18 (2023) Nr. 5 – „Beurteilung witterungsbedingter Koronageräusche von Höchstspannungsfreileitungen im Zusammenhang mit der Änderung des EnWG 2022“). An dieser Stelle sei zudem darauf hingewiesen, dass bei einer um 1,0 mm/h höheren Niederschlagsintensität von 4,5 mm/h lediglich eine Pegeldifferenz von ca. 0,5 dB im Vergleich zum gewählten Emissionsansatz mit 3,5 mm/h zu erwarten ist (vgl. Tabelle A.3.1 in Anhang 3), wohingegen die Regenfremdgeräusche L_{pAF95} bei einer Ortsrandlage bereits um ca. 1,5 dB ansteigen (vgl. Anhang 5) und somit die Verdeckungswahrscheinlichkeit erhöht wird.

Unabhängig von der gewählten maßgeblichen Niederschlagsrate ist zu berücksichtigen, dass ein messtechnischer Nachweis von rechnerisch ermittelten Immissionspegeln entsprechend den Vorgaben der DIN 45645-1 Kapitel 6.4 bei stärkerem Regen, Schneefall sowie größeren Windgeschwindigkeiten nicht mehr normgerecht möglich ist. Mit zunehmender Regenintensität ist dies zudem aufgrund von Fremdgeräuschüberdeckungen des zu untersuchenden Anlagengeräuschs auch generell messtechnisch nicht mehr möglich. Die gewählte Niederschlagsintensität von 3,5 mm/h erscheint somit hinsichtlich der Niederschlagsverteilung innerhalb Deutschlands für den Großteil der Flächen als sachgerechte und pragmatische Konvention für einen maßgeblichen Betriebszustand, welcher hinsichtlich einer Zumutbarkeitsprüfung näher untersucht werden sollte.

5.3 Vorgehensweise

Anhand der aufgezeigten Parameter und Fragestellungen, die bei der Beurteilung der Geräuschbelastung durch das Planvorhaben zu beachten sind, wird die im Folgenden dargestellte Vorgehensweise abgeleitet. Diese stellt nach Einschätzung des Sachverständigen hinsichtlich der Komplexität des Sachverhaltes und der offenen Anwendungsfragen, welche sich aktuell noch aus TA Lärm und EnWG ergeben, eine sachgerechte Prüfung zur Beurteilung der Geräuschbelastung durch Koronageräusche dar. Mit dem vorliegenden Vorgehen werden aus hiesiger Sicht alle prüfrelevanten Kriterien behandelt, die es der Genehmigungsbehörde ermöglicht, eine abschließende Bewertung der Geräuschbelastung vorzunehmen.

Aufgrund der gesetzlich festgelegten Zusatzregeln in § 49 Abs. 2b des EnWG in Verbindung mit den in Abschnitt 5.1 beschriebenen Randbedingungen wird vorliegend unterschieden zwischen nicht witterungsbedingten Anlagengeräuschen (Regelzustand) und witterungsbedingten Anlagengeräuschen (Sonderzustand). Letztere sind vor allem abhängig vom Niederschlaggeschehen und gelten nach § 49 Abs. 2b des EnWG bei der Beurteilung der Geräuschbelastung als seltene Ereignisse gemäß TA Lärm unabhängig von der Häufigkeit und Zeitdauer der sie verursachenden Witterungsbedingungen.

Bei dem beantragten Planvorhaben handelt es sich um einen Hybridbetrieb mit Wechsel- und Gleichstromkreisen auf einem Mastgestänge. Des Weiteren wird der temporäre reine Wechselstrombetrieb (Umschaltoption) beantragt. Es werden dementsprechend folgende Betriebs- bzw. Emissionszustände untersucht.

5.3.1 Nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche

Die nicht witterungsbedingten Anlagengeräusche im Zustand mit niederschlagsfreiem und trockenem Wetter mit vergleichsweise geringer Luftfeuchtigkeit werden vorliegend als Regelzustand definiert, für dessen Beurteilung die Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.1 der TA Lärm heranzuziehen sind (vgl. 5.2.1.1).

Durch die elektrische Dimensionierung von AC-Freileitungen ist bei sauberen und unbeschädigten Leiterseiloberflächen, d.h. ohne Störstellen wie z.B. Wassertropfen oder Partikel etc., keine hinsichtlich der Geräusche relevante Korona-Aktivität zu erwarten. Alle bisherigen Untersuchungen bestätigen dies, da auch hierbei festgestellt wurde, dass bei einem Zustand mit niederschlagsfreiem und trockenem Wetter keine relevanten wahrnehmbaren oder messbaren Geräusche von AC-Freileitungen ausgehen. Eine detaillierte Untersuchung nicht witterungsbedingter Anlagengeräusche in der Umschaltoption, bei welcher temporär alle Stromkreise mit Wechselstrom betrieben werden, kann daher gemäß der vereinfachten Regelfallprüfung nach Nr. 4.2 der TA Lärm vorliegend entfallen.

Im DC-Betrieb dagegen werden im Regelzustand die höchsten Emissionspegel erreicht – hierbei vor allem bei der positiven Spannung. Für den vorliegenden Hybridbetrieb bedeutet dies, dass im Regelzustand durch den geplanten DC-Stromkreis (nicht witterungsbedingte) Anlagengeräusche zu erwarten sind während gleichzeitig durch die AC-Stromkreise keine relevanten Koronaemissionen hervorgerufen werden. Daher wird die zu erwartende Geräuschbelastung durch den Hybridbetrieb im Regelzustand untersucht und mit den Immissionsrichtwerten nach Nr. 6.1 i.V.m. Nr. 6.7 der TA Lärm verglichen.

Die Geräuschbelastung durch nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche wird vorliegend mittels detaillierter Prognose (gemäß TA Lärm Anhang A.2.3) rechnerisch ermittelt. Die Emissionsansätze und Berechnungsmethodik sind in Abschnitt 8 dargestellt.

5.3.2 Witterungsbedingte Anlagengeräusche

Das Auftreten von witterungsbedingten Anlagengeräuschen unterliegt keiner betrieblichen Steuerung, sondern ist abhängig von äußeren Umständen und nachweislich für die überwiegenden Witterungssituationen an Regenfremdgeräusche gekoppelt (Sonderzustand). Anhand der in Abschnitt 5.2.4 beschriebenen Aspekte, wird ein Betriebszustand mit 3,5 mm/h Niederschlag vorliegend als sinnvoller Zustand für eine sachgerechte Beurteilung von witterungsbedingten Geräuschemissionen gemäß TA Lärm angesehen und dementsprechend als maßgeblicher Betriebszustand untersucht, welcher ebenfalls hinsichtlich einer Zumutbarkeitsprüfung näher betrachtet werden sollte. Höhere Niederschlagsintensitäten stellen aufgrund der Randbedingungen und Seltenheit des Auftretens aus gutachterlicher Sicht nicht den beurteilungsrelevanten bzw. maßgeblichen Betriebszustand dar. Aus gutachterlicher Sicht ist für solche Niederschlagsereignisse zudem eine höhere Zumutbarkeit im Vergleich zu den Beurteilungspegeln bei Niederschlagsintensitäten von 3,5 mm/h gegeben (selteneres Auftreten, höhere Verdeckungswahrscheinlichkeit durch Fremdgeräusche).

Eine Ausweitung der Zumutbarkeitsprüfungen auf verschiedene Niederschlagsintensitäten würde daher nach gutachterlicher Einschätzung zu keinem anderen Prüfungsergebnis gelangen, weshalb sich hinsichtlich der Aspekte der Zumutbarkeitsprüfung vorliegend auf die hergeleitete Intensität von 3,5 mm/h beschränkt wird. Vereinzelt auftretende höhere Beurteilungspegel aufgrund höherer Regenintensitäten werden aufgrund der grundsätzlich höheren Zumutbarkeit bei einer positiven Zumutbarkeitsprüfung für die Beurteilungspegel bei 3,5 mm/h in der Regel als ebenfalls



zumutbar erachtet, insofern die Richtwerte nach Nr. 6.3 der TA Lärm nicht überschritten werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich sowohl bei den Emissionsansätzen für 3,5 mm/h als auch bei höheren Regenintensitäten um identische anlagenseitige Betriebszustände handelt und die höheren Emissionen lediglich durch vom Betreiber nicht steuerbare äußere Umstände auftreten. Unterschiedliche Prüfungsergebnisse hinsichtlich der Frage, ob die Beurteilungspegel in beiden Zuständen zumutbar sind, erscheinen daher ebenfalls nicht als sachgerecht, da der Betreiber keine witterungsabhängigen Maßnahmen treffen kann und theoretisch mögliche Maßnahmen den Betreiber bei allen Witterungszuständen betreffen würden. Maßnahmen, welche somit ausschließlich aufgrund der Berechnungsergebnisse für vereinzelte Niederschlagsereignisse getroffen werden, würden den Anlagenbetreiber für den überwiegenden Teil der Betriebszeiten mit Ausnahme weniger einzelner Stunden pro Jahr unverhältnismäßig stark beeinträchtigen.

Im vorliegenden Fall stellt der temporäre reine AC-Betrieb den lautesten Betriebszustand hinsichtlich witterungsbedingter Anlagengeräusche dar. Auch bei DC-Systemen werden witterungsabhängige Anlagengeräusche hervorgerufen, jedoch sind deren Emissionen geringer als bei niederschlagsfreiem Wetter (vgl. Abschnitt 5.1.2). Der AC/DC-Hybridbetrieb erzeugt im Sonderzustand mit Niederschlag daher insgesamt etwas niedrigere Beurteilungspegel als die Umschaltoption (reiner AC-Betrieb), da der betroffene Stromkreis – sprich 3 Schallquellen bzw. Leiterseilbündel – im DC-Betrieb (Hybridbetrieb) niedrigere Geräuschpegel verursacht als im AC-Betrieb (Umschaltoption, vgl. Abschnitt 8.1.2). Vorliegend wurde dies anhand der konkreten Schallleistungspegel für die einzelnen Leiterseile in den unterschiedlichen Betriebszuständen überprüft. Die vorliegende Vorgehensweise mit Untersuchung des Hybridbetriebes im Regelzustand und der Umschaltoption im Sonderzustand bildet damit hinsichtlich der Beurteilung der Geräuschbelastung durch das Planvorhaben die jeweiligen maßgeblichen Betriebszustände für nicht witterungsbedingte und witterungsbedingte Anlagengeräusche ab. Auch wenn der reine AC-Betrieb nur einen temporären Betriebszustand darstellt, wird dieser als lautester Betriebszustand für nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche untersucht. Ist die Geräuschbelastung hierbei als zumutbar anzusehen, gilt dies hinsichtlich der Beurteilung von Koronageräuschen nach § 49 Abs. 2b des EnWG erst recht für den Hybridbetrieb.

Die Geräuschbelastung durch witterungsbedingte Anlagengeräusche wird vorliegend mittels detaillierter Prognose (gemäß TA Lärm Anhang A.2.3) rechnerisch ermittelt. Die Emissionsansätze und Berechnungsmethodik sind in Abschnitt 8 dargestellt.

Im Hinblick auf eine möglicherweise durchzuführende Zumutbarkeitsprüfung im Rahmen von Nr. 7.2 der TA Lärm wird aus der Vielzahl an untersuchten potenziellen Immissionsorten eine Auswahl der maßgeblichen Immissionsorte getroffen (vgl. Abschnitt 6), anhand derer eine Zumutbarkeitsprüfung unter Berücksichtigung der in Abschnitt 11 genannten Kriterien repräsentativ möglich ist.



6 Immissionsorte und Schutzbedürftigkeiten

Für die Beurteilung der Geräuschimmissionen maßgeblicher Immissionsort ist nach TA Lärm der Ort im Einwirkungsbereich der Anlage, an dem eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte durch die Gesamtbelastung (d.h. ggf. unter Berücksichtigung der Vorbelastung) am ehesten zu erwarten ist. Der Einwirkungsbereich einer Anlage ist in Nr. 2.2 der TA Lärm definiert als „*Flächen, in denen die von der Anlage ausgehenden Geräusche a) einen Beurteilungspegel verursachen, der weniger als 10 dB(A) unter dem für diese Fläche maßgebenden Immissionsrichtwert liegt, oder b) Geräuschspitzen verursachen, die den für deren Beurteilung maßgebenden Immissionsrichtwert erreichen.*

Die maßgeblichen Immissionsorte liegen nach TA Lärm 0,5 m außerhalb vor der Mitte des geöffneten Fensters des vom Geräusch am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raumes nach DIN 4109. Schutzbedürftige Räume sind Schlaf- und Aufenthaltsräume sowie Büros und vergleichbare Arbeitsräume, nicht aber Produktions- oder Lagerräume.

Im vorliegenden Untersuchungsbereich wurde im Vorfeld anhand von Übersichtsplänen und Luftbildern eine Vielzahl an potenziell maßgeblichen Immissionsorten ausgemacht und in einer Ausbreitungsberechnung hinsichtlich der Geräuschbelastung durch das Planvorhaben untersucht. In Anhang 6 sind alle untersuchten Immissionsorte und die hier ermittelten Beurteilungspegel der Zusatzbelastung dargestellt. Im Zweifelsfall wurden mehrere Immissionsorte an einer Fassade berechnet und derjenige mit dem am höchsten errechneten Pegel ausgewählt.

Im Rahmen einer sowohl pragmatischen als auch sachlich begründeten Vorgehensweise für die Beurteilung der Geräuschbelastung durch das Planvorhaben und insbesondere im Hinblick auf eine Zumutbarkeitsprüfung nach Nr. 7.2 der TA Lärm wurde eine Auswahl an maßgeblichen Immissionsorten getroffen, anhand derer nach gutachterlicher Einschätzung eine repräsentative Zumutbarkeitsprüfung unter Berücksichtigung der in Abschnitt 11 genannten Prüfkriterien möglich ist. Ebenso stellen diese Immissionsorte die am stärksten betroffenen Immissionsorte für den Regelzustand mit nicht witterungsbedingten Anlagengeräuschen dar. Für die Auswahl der maßgeblichen Immissionsorte wurden einerseits immissionsseitige Aspekte berücksichtigt, nämlich Schutzbedürftigkeit und Höhe der Geräuschbelastung und andererseits emissionsseitige Aspekte, wie technische Abschnitte oder unterschiedliche Leiterseilkonstellationen. Zusätzliche Kriterien, wie z.B. Vorbelastungen durch andere Hochspannungsfreileitungen oder weitere für eine sachgerechte Beurteilung relevante Umstände finden bei der Auswahl der hier dargestellten maßgeblichen Immissionsorte ebenfalls Berücksichtigung.

An den maßgeblichen Immissionsorten sind jeweils die höchsten Beurteilungspegel durch das Planvorhaben innerhalb der jeweiligen technischen Abschnitte und unterschiedlichen Gebietsausweisungen bzw. Schutzbedürftigkeiten zu erwarten. An allen anderen Immissionsorten innerhalb der jeweiligen Teilabschnitte bzw. Schutzbedürftigkeiten werden geringere Immissionspegel hervorgerufen (vgl. Anhang 6). Sofern an den maßgeblichen Immissionsorten keine schädlichen Umwelteinwirkungen bzw. eine zumutbare Geräuschbelastung hervorgerufen wird, gilt dies – basierend auf den in Abschnitt 11 genannten Prüfkriterien – somit auch für alle anderen potenziell maßgeblichen Immissionsorte.

Die maßgeblichen Immissionsorte sind in Tabelle 1 dargestellt. Deren genaue Lage kann den Übersichts- und Lageplänen in Anhang 1 und Anhang 2 entnommen werden. Die jeweiligen Koordinaten sind in Anhang 6 und 7 angeführt.



Die zugrunde zu legenden Immissionsrichtwerte (IRW) für den Regelzustand ohne Niederschlag richten sich nach der Schutzbedürftigkeit des jeweiligen Gebietes (vgl. Abschnitt 4.1 und 4.2). Die in Tabelle 1 und Anhang 6 aufgezeigte Schutzbedürftigkeit, wurde vorliegend im ersten Schritt anhand der Gebietsausweisung gemäß den Bebauungsplänen ermittelt. Hierbei wurde ein offensichtlich geminderter Schutzanspruch, z.B. aufgrund der Lage der Gebäude in erster Reihe zum Außenbereich nach § 35 Abs. 1 BauGB oder aufgrund einer Gemengelage (z.B. aufgrund der bestehenden Freileitungen) vorerst nicht berücksichtigt. Im Hinblick auf eine Zumutbarkeitsprüfung werden diese Aspekte in Abschnitt 11 näher diskutiert. Einschlägige Urteile zu diesem Sachverhalt werden u.a. in Abschnitt 11.1.6 angeführt. Für die Immissionsorte bzw. Bereiche, für welche keine Bebauungspläne vorliegen, wurden die jeweils zuständigen Behörden hinsichtlich einer Aussage zur tatsächlichen Nutzung konsultiert. Hierbei wurde ein offensichtlich geminderter Schutzanspruch, z.B. aus oben genannten Gründen, vorerst nicht berücksichtigt. Bei Gebäuden bzw. Wohnhäusern, welche im Außenbereich liegen, handelt es sich vorliegend um einzeln liegende Gehöfte bzw. einzelnstehende Wohnhäuser außerhalb eines Dorfverbandes. Damit wird für diese Immissionsorte der Schutzanspruch analog eines Mischgebietes angesetzt.

Die in Tabelle 1 angeführten Richtwerte nach Nr. 6.1 der TA Lärm gelten nur für den Regelzustand der witterungsunabhängigen Emissionen. Ausgehend von diesen Richtwerten nach Nr. 6.1 – ggf. i.V.m. Nr. 6.7 der TA Lärm – kann anschließend geprüft werden, inwiefern eine mögliche Überschreitung dieser Richtwerte im Sonderzustand der witterungsbedingten Anlagengeräusche als zumutbar einzustufen ist. In Anhang 6 sind alle weiteren, im Vorfeld untersuchten potenziell maßgeblichen Immissionsorte im Umfeld des Planvorhabens mit jeweiliger Gebietsausweisung, dem Beurteilungspegel und weiteren Informationen dargestellt.

Die Immissionsorte IO1 – IO4 repräsentieren die am stärksten belasteten Immissionsorte für die jeweilige Gebietsausweisung im Umfeld des Planvorhabens in Abschnitten ohne relevante Geräuschvorbelastungen durch weitere Hochspannungsfreileitungen. Bei IO2 handelt es sich um einen freien Immissionsort unterhalb der Leitung an der südöstlichen Grenze eines geplanten und aktuell noch unbebauten Gewerbegebietes östlich der Stadt Hochheim am Main (B-Plan der Stadt Hochheim Nr. XXXIX „Gewerbegebiet östliche Frankfurter Straße“).

Die Immissionsorte IO5 – IO7 repräsentieren die am stärksten belasteten Immissionsorte für Bereiche, in denen eine möglicherweise relevante Vorbelastung durch weitere Hochspannungsfreileitungen vorliegt. Nähere Ausführungen zur Vorbelastung finden sich in Abschnitt 10.

Tabelle 1: Maßgebliche Immissionsorte im Einwirkungsbereich des Planvorhabens

| IO-Nr. | Adresse, Fenster | Mastbereich | horizontaler Abstand zur Trassenachse | Gebietsausweisung nach B-Plan bzw. tatsächlicher Nutzung | IRW für Regelzustand ² Tag / Nacht [dB(A)] |
|--------|--|-----------------------|---------------------------------------|--|---|
| IO1 | Pfarrgasse 61, 65239 Hochheim a.M., Whs., OSO-Fassade, 1.OG | Bl. 4114, Mast 21 | ca. 180 m | kein B-Plan; WR (tatsächliche Nutzung) | 50 / 35 ³ |
| IO2 | geplantes GE östliche Frankfurter Str., 65239 Hochheim a.M., freier IO an südöstl. Baugrenze, h=5,6m | Bl. 4114, Mast 13-14 | ca. 0 m | GE (B-Plan) | 65 / 50 |
| IO3 | Paul-Hessemer-Str. 51, 65428 Rüsselsheim a.M., Whs., WSW-Fassade, 2.OG | Bl. 4134, Mast 1001-2 | ca. 55 m | Fläche für die Landwirtschaft (B-Plan), analog MI | 60 / 45 |
| IO4 | Berkacher Weg 20 (nordöstl. Gebäude), 64521 Groß-Gerau, Whs., NO-Fassade, 1.OG | Bl. 4134, Mast 26-27 | ca. 90 m | kein B-Plan; WA (tatsächliche Nutzung) | 55 / 40 ³ |
| IO5 | Gebrüder-Grimm-Str. 29, 64319 Pfungstadt, Whs., WSW-Fassade, 1.OG | Bl. 4591, Mast 89 | ca. 150 m | WA (B-Plan) | 55 / 40 ³ |
| IO6 | Hartenauer Hof 4 (östl. Gebäude), 64404 Bickenbach, Whs., OSO-Fassade, EG | Bl. 4591, Mast 80 | ca. 25 m | kein B-Plan; Außenbereich, analog MI | 60 / 45 |
| IO7 | Im Ritterbruch 27, 64665 Alsbach-Hähnlein, Whs., WSW-Fassade, EG | Bl. 4591, Mast 70-71 | ca. 405 m | WR (B-Plan) | 50 / 35 ³ |

7 Ausbreitungsberechnung

Die Berechnung der Schallausbreitung erfolgt auf Grundlage der DIN ISO 9613-2, welche die Zusammenhänge zwischen der Schallemission (Schalleistungspegel) und Schallimmission durch die Anlage (ausgedrückt durch den Schalldruckpegel) aufzeigt.

Gemäß Punkt A.1.4. des Anhangs der TA Lärm ist zur Ermittlung der Beurteilungspegel die meteorologische Korrektur nach Punkt 8 der DIN ISO 9613-2 zu berücksichtigen. Dabei ist auf der Grundlage der örtlichen Wetterstatistiken und nach deren Analyse ein Faktor C_0 zu bestimmen bzw. abzuschätzen, der als Basis für die Bestimmung der meteorologischen Korrektur C_{met} heranzuziehen ist. Für die hier betrachteten maßgeblichen Immissionsorte wurde ein Wert für den Faktor C_0 (bezogen auf die Schallquellen, bei denen die geometrischen Kriterien für die Berechnung der meteorologischen Korrektur C_{met} gegeben sind) mit 2 dB – im Einklang mit der

² Für den Sonderzustand der witterungsabhängigen Anlagengeräusche gelten die höheren Richtwerte für seltene Ereignisse nach Nr. 6.3 der TA Lärm. Eine mögliche Überschreitung der in Tabelle 1 genannten IRW ist im Rahmen einer Zumutbarkeitsprüfung zu untersuchen.

³ Ohne Berücksichtigung eines möglichen geminderten Schutzanspruchs, z.B. aufgrund der Lage der Gebäude in erster Reihe zum Außenbereich nach § 35 Abs. 1 BauGB oder aufgrund einer Gemengelage.



Anmerkung 22 der DIN ISO 9613-2 sowie den Empfehlungen des HLUg vom 24.03.1999 zu C_{met} – berücksichtigt. Die Bodendämpfung wurde nach der Alternativformel entsprechend Gleichung 10 in DIN ISO 9613-2 ermittelt. Der unter Berücksichtigung der Dämpfungsterme und meteorologischen Korrektur gemäß DIN ISO 9613-2 ermittelte A-bewertete Immissionspegel ist als Langzeit-Mittelungspegel $L_{AT}(LT)$ definiert. Im Folgenden wird sich u.a. auf diesen Pegel bezogen, welcher dem Mittelungspegel L_{Aeq} gemäß TA Lärm abzüglich der meteorologischen Korrektur C_{met} entspricht und unter Berücksichtigung von Zuschlägen als Basis für den Beurteilungspegel gemäß TA Lärm dient.

Mit der Schallausbreitungssoftware LimA wurde zunächst ein dreidimensionales digitales akustisches Modell erstellt, in dem die schallabstrahlenden, schallabsorbierenden, schallreflektierenden Objekte und die geometrischen Gegebenheiten berücksichtigt werden, wie z.B. Gelände, Gebäude, Hindernisse etc. In den Berechnungen wurde eine zweifache Reflexion berücksichtigt. Die Geräuschquellen der Trasse wurden als Linienquellen digitalisiert, wobei jeweils ein Leiterseil-Bündel (eine Phase) eines Stromkreises eine Quelle darstellt. Die georeferenzierten Leiterseilkurvenverläufe inkl. der phasengenauen Schalleistungspegel je Spannungabschnitt wurden hierfür in digitaler Form über einen QSI-Export aus der Software Winfield durch die Auftraggeberin zur Verfügung gestellt. Die im QSI-Export aufgeführten Schalleistungspegel wurden seitens TÜV Hessen jeweils auf Plausibilität geprüft. Nähere Ausführungen zu den Schalleistungspegeln finden sich in Abschnitt 8 des Gutachtens.

Für die Geländedaten wurden DGM1-Daten und für die Gebäude 3D-Gebäudedaten (LoD1) im Bezugssystem UTM32 herangezogen. Die digitalen Datensätze für den Untersuchungsbereich wurden über <https://gds.hessen.de> (Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation) bezogen. Die Lage und Höhe der Fenster wurde anhand 3D-Satelliten- und Luftbildern ermittelt.

8 Emissionsdaten und -ansätze

Die Emissionen von Höchstspannungsleitungen wurden in diversen Gutachten und Studien bereits untersucht, weisen jedoch aufgrund der vielen Einflussgrößen und der hohen Schwankungsbreite unterschiedliche Emissionsdaten auf, wodurch die Prognose der Geräuschbelastung von Freileitungen erschwert wird. Zudem sind die Emissionen von Koronageräuschen witterungsabhängig. So werden bei AC-Leitungen die höchsten Emissionspegel bei Witterungsbedingungen mit Niederschlag erreicht, während die Geräuschemissionen im Betriebszustand ohne Niederschlag deutlich geringere Pegel aufweisen (vgl. Abschnitt 5.1). Bei DC-Systemen dagegen werden die höchsten Emissionen im Betriebszustand ohne Niederschlag hervorgerufen. Basierend auf § 49 Abs 2b des EnWG wird daher zwischen nicht witterungsbedingten und witterungsbedingten Geräuschemissionen unterschieden.

Für die Emissionsansätze und die Beurteilung der Anlagengeräusche gemäß TA Lärm werden unabhängig der Betriebszustände folgende Kriterien berücksichtigt:

Die Einwirkzeit der Geräuschemissionen geht als auf der sicheren Seite liegend mit einer ganzen Stunde für den Beurteilungszeitraum der lautesten Nachstunde in die Berechnungen mit ein und stellt dabei einen prognostisch maximalen Emissionsansatz im Sinne von Nr. A.1.2 a) der TA Lärm dar.

Der Zuschlag für Impulshaltigkeit (K_I) entfällt, da bei bisherigen Untersuchungen zu Koronageräuschen keine impulshaltigen Geräuschcharakteristiken festgestellt werden konnten. Der Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit (K_R) entfällt ebenfalls, da vorliegend der maßgebliche bzw. kritischere Nachtzeitraum beurteilt wird. Da Koronageräusche nicht informationshaltig sind, wird hinsichtlich des Zuschlages für Ton- und Informationshaltigkeit (K_T) vor allem die teilweise auftretende Tonalität berücksichtigt.

8.1 Emissionsdaten

Bei Leiterseilen handelt es sich um linienförmige Schallquellen. Als Kenngröße dient der A-bewertete, längenbezogene Schalleistungspegel L'_{WA} pro Meter Leiterseilbündel bzw. pro Phase eines Stromkreises. Die Emissionsdaten für die vorliegende Geräuschprognose resultieren aus Randfeldstärken- und Schalleistungsberechnungen mittels semiempirischer Formeln nach EPRI und BPA in Verbindung mit Erkenntnissen aus Emissionsmessungen an Freileitungen im Freifeld und im Labor sowie mit Literatur zur Entstehung von Koronageräuschen.

Für die Bestimmung der Emissionspegel von Hochspannungs-Wechselstrom-Freileitungen (HVAC-Freileitungen; High Voltage Alternating Current) wird die Methode nach EPRI herangezogen, welche im Gegensatz zur BPA-Methode den Niederschlagseinfluss auf die Koronageräusche realistisch berücksichtigen kann. Die Geräuschemissionen von Hochspannungs-Gleichstrom-Freileitungen (HVDC-Freileitungen: high voltage direct current) können sowohl nach EPRI als auch nach BPA berechnet werden. Aufgrund der zu empirischen Daten besser passenden Vorhersagen der BPA-Gleichung wird diese für die Berechnung von DC-Freileitungen herangezogen, zumal die Anwendung der BPA-Methode für DC-Stromkreise in einer AC/DC-Hybridkonfiguration (wie vorliegend gegeben) hinsichtlich einer Geräuschprognose realistischere Ergebnisse liefert als die Berechnung nach EPRI (vgl. Möllenbeck, S.; et al.: DAGA-Beitrag "Laboruntersuchungen zur Entwicklung prognostischer Geräuschemissionsansätze an einer hybriden Freileitung", DAGA 2019 Rostock).

Der Pegel der längenbezogenen Schalleistung lässt sich für jeden einzelnen Außenleiter bzw. jede Phase eines Stromkreises berechnen. Die phasengenauen Schalleistungspegel je Spannfeldabschnitt wurden auf Basis der o.g. semiempirischen Methoden mit der Software Winfield durch die Auftraggeberin berechnet und zur Verfügung gestellt. Mögliche gegenseitige Beeinflussungen der AC- und DC-Stromkreise in Hybridkonfiguration sind sowohl emissionsseitig als auch immissionsseitig nicht relevant, was im Rahmen einer umfangreichen methodischen Untersuchung zum schalltechnischen Verhalten von DC- bzw. Hybridleitungen durch den TÜV Hessen überprüft wurde. Die semiempirischen Gleichungen, welche in der Software Winfield implementiert sind und zur Berechnung der Schalleistungspegel berücksichtigt wurden, sind in Anhang 3 dargestellt. In Anhang 4 sind die berechneten Randfeldstärken und Schalleistungspegel in den jeweiligen Betriebszuständen für die Bereiche der maßgeblichen Immissionsorte aufgeführt. Im Folgenden werden die Methoden nach EPRI und BPA erläutert und die Emissionsansätze für die jeweiligen Betriebszustände beschrieben.

8.1.1 Emissionen von HVAC-Freileitungen – Methode nach EPRI

Die Methode nach EPRI basiert auf Ergebnissen aus Laborversuchen mit bestimmten Leiterkonfigurationen und Felduntersuchungen an verschiedenen Versuchsfreileitungen. Mit einer Basisformel können zunächst Werte für Regen mit einer zugehörigen Intensität von 0,8 mm/h berechnet werden. Messdaten von Labor- und Felduntersuchungen zeigen eine Abhängigkeit von der Regenrate. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass der Pegel der längenbezogenen

Schallleistung mit steigender Regenrate zunimmt. EPRI bietet daher eine Anpassung des zuvor berechneten Emissionspegels an verschiedene Niederschlagsraten an. Tab. A.3.1 in Anhang 3 zeigt den Zusammenhang zwischen Regenrate und Regenkorrektur.

Für HVAC-Systeme im Betriebszustand mit Niederschlag ist der entsprechende Korrekturterm der maßgeblichen Regenintensität direkt auf den Ergebniswert aus der Gleichung (1) bzw. (2) in Anhang A.3.1 aufzuschlagen. Beispielsweise lässt sich für die vorliegend prognostisch gewählte Niederschlagsintensität von 3,5 mm/h der Korrekturterm + 2,06 dB ablesen. An dieser Stelle sei zudem darauf hingewiesen, dass bei einer um 1 mm/h höheren Niederschlagsintensität von 4,5 mm/h lediglich eine Pegeldifferenz von ca. 0,5 dB im Vergleich zum gewählten Emissionsansatz mit 3,5 mm/h zu erwarten ist.

Der EPRI-Methodik zufolge ist für die als „fair weather“ (Schönwetter) bezeichnete Witterung, welche den Gegebenheiten für nicht witterungsbedingte Emissionen entspricht, ein Abzug von 25 dB auf die berechnete Schallleistung von HVAC-Systemen bei 0,8 mm/h Niederschlag vorzunehmen (siehe Gleichung (3) in Anhang A.3.1). Entsprechend des oben beschriebenen Korrekturterms (siehe Tab. A.3.1) liegen die Koronaemissionen von HVAC-Systemen bei Schönwetter somit insgesamt 27 dB unterhalb der Emissionen für den Betriebszustand mit einer Niederschlagsrate von 3,5 mm/h.

8.1.2 Emissionen von HVDC-Freileitungen – Methode nach BPA

Das Verfahren nach BPA wurde entwickelt auf der Grundlage weniger Messdaten von in Betrieb befindlichen Gleichstrom-Freileitungen sowie den Erkenntnissen aus Forschungen zu AC-Gleichungen. Mittels BPA können die Schallleistungspegel von DC-Systemen für den niederschlagsfreien Betriebszustand in Abhängigkeit der Jahreszeiten berechnet werden.

Die nach den Gleichungen (4) bzw. (5) in Anhang A.3.2 berechneten Schallleistungspegel gelten für trockenes Wetter in Herbst und Frühjahr. Für trockenes Sommerwetter sind dabei 2 dB auf den Ergebniswert der genannten Gleichungen aufzuschlagen. Für trockenes Wetter im Winter sind 2 dB abzuziehen.

Der maximale Geräuschpegel von HVDC-Freileitungen wird durch Niederschlag verringert, wobei für den Zustand während Regen in der Literatur zur BPA-Methode keine explizite Regenrate angegeben wird. Für die Ermittlung der Schallleistungspegel eines DC-Systems bei Niederschlag ist hierbei ein pauschaler Abschlag von 6 dB auf die rechnerisch ermittelten Emissionspegel bei niederschlagsfreiem Betriebszustand zu vergeben (siehe Gleichung (7) in Anhang A.3.2).

8.1.3 Genauigkeit der Methoden nach EPRI und BPA

EPRI – HVAC-Freileitungen:

Die semiempirischen Gleichungen nach EPRI wurden auf Basis moderat gealterter Leiterseile ohne Vorbehandlung (Alter ca. 1 bis 2 Jahre) entwickelt. Oberflächenbehandlungen von Leiterseilen können dazu führen, dass die verbesserten akustischen Eigenschaften durch die natürliche Alterung vorweggenommen werden und bereits zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme vergleichbare Schallleistungspegel wie nach moderater Alterung erreicht werden. Je nach Produktionsqualität der Leiterseile ist dennoch nicht sicher auszuschließen, dass einzelne Leiterseiltypen kurz nach Inbetriebnahme höhere Schallleistungspegel erreichen, als dies prognostisch nach EPRI zu erwarten wäre. Aufgrund der natürlichen Alterung ist aber auch für vorbehandelte Leiterseile nach

spätestens 2 Jahren damit zu rechnen, dass die Leiterseile akustisch vergleichbar sind mit moderat gealterten Leiterseilen ohne Vorbehandlung (Alter ca. 1 bis 2 Jahre).

Auf Basis aktueller messtechnischer Erkenntnisse ist je nach Seilalter von folgenden Genauigkeiten der EPRI-Berechnungsergebnisse auszugehen:

Tabelle 2: Geschätzte Genauigkeiten für nach EPRI berechnete Schallleistungspegel von HVAC-Freileitungen (Vertrauensgrad 95 %)

| Seilalter / Vorbehandlung | Neue vorbehandelte Leiterseile (ca. 0,5 Jahre nach Inbetriebnahme) | Neue vorbehandelte Leiterseile (ca. 2 Jahre nach Inbetriebnahme) | Gealterte Leiterseile ohne Vorbehandlung (> 30 Jahre) |
|--|--|--|---|
| Geschätzte Genauigkeit (Vertrauensgrad 95 %) | +2,5 / -1,0 dB | +0,5 / -2,5 dB | -1,5 bis -8,0 dB |

Die geschätzten Genauigkeiten in Tabelle 2 zeigen auf, dass die messtechnisch nachweisbaren Schallleistungspegel kurz nach Inbetriebnahme tendenziell eher höher liegen, im Vergleich zu nach EPRI berechneten Schallleistungspegeln. Nach ca. 2 Jahren Betrieb liegen die Berechnungen nach EPRI eher auf der sicheren Seite und mit zunehmendem Alter sinken die Schallleistungspegel weiter, sodass bei gealterten Leiterseilen in den meisten Fällen durch die EPRI-Berechnungen eine deutliche Überbewertung stattfindet. Für neue vorbehandelte Leiterseile werden daher die Emissionsdaten nach EPRI herangezogen.

Voraussetzung für die Einhaltung der o.g. Genauigkeiten der neuen vorbehandelten Leiterseile ist eine geeignete Oberflächenbehandlung zur Erzielung möglichst hydrophiler Oberflächeneigenschaften. Ohne Oberflächenbehandlungen oder nicht vorab auf ihre Eignung hin geprüfte Oberflächenbehandlungen (z.B. mittels Laboruntersuchungen) sind innerhalb der ersten Betriebsjahre deutliche Abweichungen nach oben zu erwarten.

BPA – HVDC-Freileitungen:

Für die Prognose von HVDC-Leitungen sind in der Literatur nur wenige Messwerte vorhanden, so dass ein Vergleich zwischen Messung und Berechnung zur Ermittlung der rechnerischen Prognoseunsicherheiten, wie oben durchgeführt, nicht sinnvoll ist. Stattdessen wird die Spannweite der Abweichungen zwischen Mess- und Prognosewerten für eine Auswahl an unterschiedlichen HVDC-Leitungen angegeben (vgl. Chartier/Stearns, IEEE, Vol. PAS-100, No. 1, Januar 1981). Es wird vorausgesetzt, dass das Alter der Leiterseile hierbei keine Rolle spielt. Diese Annahme ist insofern plausibel, als dass sich die höchsten nicht witterungsbedingten Pegel durch elektrostatische Anhaftungen einstellen, die im Jahresverlauf signifikanten Schwankungen unterliegen und etwaige Alterungseffekte an der Oberfläche überlagern. Es ergibt sich dadurch eine Genauigkeit der berechneten Schallleistungspegel von +2,1 / -1,0 dB.

Im Fall von kombinierten HVAC- und HVDC-Emissionen (Hybridleitung) ist bei witterungsbedingten Emissionen die Genauigkeit der AC-Schallleistungspegel anzusetzen, bei nicht witterungsbedingten Emissionen die Genauigkeit der DC-Schallleistungspegel.

8.2 Emissionsansatz – nicht witterungsbedingte Emissionen

Als nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche sind alle dauerhaft zu erwartenden Geräuschemissionen zu verstehen, welche nicht durch Wetterschwankungen hervorgerufen werden. Da bei HVAC-Systemen insbesondere das Vorhandensein von Wassertropfen als Störstelle am Leiterseil einen maßgeblichen Einfluss auf die Höhe von Koronaemissionen hat, bezieht sich dieser Emissionsansatz auf einen Zustand mit niederschlagsfreiem und trockenem Wetter mit vergleichsweise geringer Luftfeuchtigkeit. Dieser zeitlich deutlich vorherrschende Betriebszustand bei „trockenem Wetter“ stellt den Regelzustand dar, bei welchem im Sinne der TA Lärm i.V.m. der DIN 45645-1 geeignete Wetterbedingung für einen messtechnischen Nachweis vorliegen. Im Folgenden wird der Emissionsansatz für den hierfür maßgeblichen Betriebszustand (vgl. Abschnitt 5.3) beschrieben.

AC/DC-Hybridbetrieb:

Im Regelzustand mit niederschlagsfreiem und trockenem Wetter mit vergleichsweise geringer Luftfeuchtigkeit und hierbei insbesondere bei trockenem Sommerwetter werden bei DC-Systemen die höchsten Koronaemissionen hervorgerufen. Dabei haben die Witterungsbedingungen zwar einen gewissen Einfluss auf die Höhe der Geräuschemissionen von DC-Leitungen, wodurch abhängig von der Jahreszeit Differenzen von bis zu 4 dB zu erwarten sind (vgl. Anhang A.3.2). Allerdings werden bei trockenem Wetter die Koronaemissionen von DC-Leitungen nicht maßgeblich durch Witterungsbedingungen verursacht, sondern durch die Anhaftung von Partikeln aus der Luft an den Leiterseilen. Daher werden die Geräuschemissionen von DC-Systemen im Regelzustand mit niederschlagsfreiem und trockenem Wetter vorliegend als nicht witterungsbedingte Emissionen angesehen und untersucht.

Im vorliegenden Hybridbetrieb stellen die Leiterseile des DC-Stromkreises somit die relevanten Schallquellen des Planvorhabens dar. Die Schallleistungspegel des DC-Stromkreises werden nach den BPA-Gleichungen je Spannungsfeld und je Phase des Stromkreises im Maximalansatz für trockenes Sommerwetter berechnet. Die AC-Stromkreise rufen auch im Hybridbetrieb bei trockenem Wetter, wie oben beschrieben, keine relevanten Emissionen hervor. Auf der sicheren Seite liegend wurden die AC-Stromkreise in diesem Betriebszustand dennoch prognostisch berücksichtigt. Dazu wurden die Schallleistungspegel nach den EPRI-Gleichungen je Spannungsfeld und je Phase des Stromkreises für den Betrieb mit 3,5 mm/h Niederschlag berechnet und ein pauschaler Abzug gemäß EPRI von 27 dB für Schönwetter vergeben (vgl. Anhang A.3.1). Die Emissionskenndaten können im Detail dem Anhang 4 entnommen werden.

Im vorliegenden Regelzustand bei einer Witterung ohne Niederschlag und mit geringer Luftfeuchtigkeit sind tonale Geräuschkomponenten weder bei AC- noch bei DC-Systemen zu erwarten. Da Koronageräusche zudem nicht informationshaltig sind, wird somit für den Hybridbetrieb im Regelzustand kein Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit (K_T) berücksichtigt.



8.3 Emissionsansatz – witterungsbedingte Emissionen

Witterungsbedingte Anlagengeräusche umfassen alle Geräusche, die durch Wetterschwankungen hervorgerufen werden. Da insbesondere das Vorhandensein von Wassertropfen als Störstelle am Leiterseil einen maßgeblichen Einfluss auf die Höhe von Koronaemissionen hat, bezieht sich dieser Emissionsansatz auf einen Zustand mit Niederschlägen und hohen Luftfeuchtigkeiten etc. Es handelt sich um eine Besonderheit, da das Auftreten der Geräuschemissionen bei Niederschlag keiner betrieblichen Steuerung unterliegt, sondern abhängig von äußeren Umständen ist. Im Folgenden wird der Emissionsansatz für den hierfür maßgeblichen Betriebszustand (vgl. Abschnitt 5.3) beschrieben.

Reiner AC-Betrieb / Umschaltoption:

Im Sonderzustand mit Niederschlag werden bei AC-Systemen die höchsten Koronaemissionen hervorgerufen. Der Betriebszustand mit 3,5 mm/h Niederschlag wird vorliegend für eine sinnvolle Beurteilung der Geräuschbelastung von witterungsbedingten Anlagengeräuschen als maßgeblicher zu beurteilender Betriebszustand im Sinne der TA Lärm angesehen (vgl. Abschnitt 5.2.4 und 5.3).

Die Schalleistungspegel der AC-Stromkreise werden nach den EPRI-Gleichungen je Spannungsfeld und je Phase eines Stromkreises berechnet und können im Detail dem Anhang 4 entnommen werden.

Mögliche auftretende tonale Einflüsse durch die Leiterseile im reinen AC-Betrieb werden gemäß TA Lärm mit einem Tonzuschlag von $K_T = 3 \text{ dB(A)}$ berücksichtigt. Dieser Zuschlag ist abhängig von der Situation am Immissionsort. Bei geringen sonstigen Umgebungsgeräuschen und geringem Abstand zur Leitung kann von der deutlichen Wahrnehmbarkeit eines Einzeltones, nach subjektivem Eindruck, ausgegangen werden. In diesen Fällen ist ein Tonzuschlag $K_T = 3 \text{ dB(A)}$ gerechtfertigt. Bei größeren Entfernungen wird dieser Einzelton der Freileitungen wahrscheinlich nicht mehr deutlich oder überhaupt nicht mehr wahrnehmbar sein. Hierbei ist das an den prognostisch zugrunde gelegten Niederschlag von 3,5 mm/h simultan gekoppelte Regenfremdgeräusch zu berücksichtigen (vgl. Anhang 5).

8.4 Berücksichtigung projektspezifischer Leiterseil-Konstellationen

Gealterte Leiterseile:

Wie in Abschnitt 8.1.3 beschrieben, verringern sich die Geräuschemissionen von AC-Systemen mit zunehmendem Seilalter, sodass bei gealterten Leiterseilen in den meisten Fällen durch die EPRI-Berechnungen eine deutliche Überbewertung stattfindet. Vorliegend erreicht ein Teil der Leiterseile der bestehenden Freileitungen, welche im Rahmen des Vorhabens nicht getauscht bzw. nicht erneuert werden, abschnittsweise ein Seilalter von > 7 Jahren (vgl. Anhang A.4.1).

Die in Tabelle 2 angegebene Genauigkeit für gealterte Leiterseile ohne Vorbehandlung (> 30 Jahre) für nach EPRI berechnete Schalleistungspegel von $-1,5 \text{ dB}$ bis $-8,0 \text{ dB}$ stellt eine statistisch ermittelte Genauigkeit dar. Bei allen bisher vom TÜV Hessen durchgeführten umfangreichen Messkampagnen zur Seilalterung wurden für gealterte Leiterseile (> 30 Jahre) Schalleistungspegel ermittelt, welche im Mittel ca. 5 dB aber stets mindestens 3 dB unterhalb der berechneten Pegel nach EPRI liegen. Auf Basis aktueller Erkenntnisse aus umfangreichen Laboruntersuchungen zur Seilalterung ist auch bei den vorliegenden Seilen mit einem Alter > 7 Jahre davon



auszugehen, dass die beschriebenen Minderungseffekte durch natürliche Alterung bereits eingetreten sind.

Für die gealterten Leiterseile (≥ 7 Jahre) des Planvorhabens mit den aufgrund des Seilalters fortgeschrittenen Alterungsprozessen wird daher ein pauschaler Abschlag von 3 dB(A) auf die berechneten Schalleistungspegel nach EPRI für AC-Stromkreise angewendet. Dieser Abschlag basiert auf den messtechnischen Erkenntnissen durch den TÜV Hessen und kann als auf der sicheren Seite liegend im Hinblick auf die vorliegende Seilalterung angesehen werden.

Ursache für den Minderungseffekt bei AC-Systemen durch natürliche Alterung der Seile ist eine steigende Hydrophilie der Leiterseiloberflächen (vgl. Abschnitt 5.1.1). Da die Höhe der Koronaemissionen von DC-Systemen bei trockenem Wetter nicht an hydrophile Oberflächeneigenschaften gekoppelt ist, wird für die Berechnung der DC-Leiterseile kein Abschlag aufgrund des Seilalters vergeben.

9 Zusatzbelastung

Gemäß Nr. 2.4 der TA Lärm ist die Zusatzbelastung „*der Immissionsbeitrag, der an einem Immissionsort durch die zu beurteilende Anlage voraussichtlich (bei geplanten Anlagen) oder tatsächlich (bei bestehenden Anlagen) hervorgerufen wird*“.

Die Beurteilungspegel für die jeweiligen Immissionsorte errechnen sich nach Nr. A.1.4 der TA Lärm aus dem Mittelungspegel durch – soweit erforderlich – Addition von Zuschlägen. Für die Bewertung der Geräuschbelastung von witterungsbedingten Anlagengeräuschen (Sonderzustand) wurden vorliegend Tonzuschläge für auftretende tonale Ereignisse berücksichtigt. Da Koronageräusche im Sinne der TA Lärm keine weiteren Auffälligkeiten aufweisen, bleiben weitere Zuschläge unberücksichtigt (vgl. Abschnitt 8).

An den hier maßgeblichen Immissionsorten werden durch das Planvorhaben die höchsten Immissionspegel für die jeweiligen technischen Abschnitte und Schutzbedürftigkeiten hervorgerufen. An allen anderen umliegenden Wohngebäuden bzw. potenziell maßgeblichen Immissionsorten werden durch das Planvorhaben niedrigere zu erwartende Immissionspegel hervorgerufen. Alle untersuchten Immissionsorte und die ermittelten Beurteilungspegel sind in Anhang 6 ausführlich dargestellt.

Die detaillierten Emissionsansätze können dem Abschnitt 8 in Verbindung mit Anhang 3 und 4, die Berechnungsergebnisse den Berechnungstabellen in den Anhängen 7 bis 10 entnommen werden.

Da für die Bewertung der Geräuschbelastung durch das Planvorhaben als kontinuierlich betriebene Anlage die kritischeren Nacht-Richtwerte relevant sind, werden die Tagesrichtwerte in den folgenden Tabellen nicht mehr dargestellt.

9.1 Nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche

Wie in Abschnitt 5.3.1 i.V.m. 8.1.1 beschrieben, werden durch AC-Freileitungen im Regelzustand bei einer Witterung ohne Niederschlag und mit geringer Luftfeuchtigkeit keine relevanten Geräuschemissionen hervorgerufen. Durch den temporären Drehstrombetrieb des Planvorhabens (reiner AC-Betrieb, Umschaltoption) werden somit keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch witterungsunabhängige Geräusche hervorgerufen.

Bei DC-Systemen dagegen werden bei trockenem Sommerwetter die höchsten Geräuschemissionen hervorgerufen, weshalb der geplante AC/DC-Hybridbetrieb für die Ermittlung von nicht witterungsbedingten Anlagengeräuschen untersucht wurde. Zuschläge nach Anhang A.2.5 der TA Lärm müssen für die Ermittlung der Beurteilungspegel von nicht witterungsabhängigen Anlagengeräuschen durch das Planvorhaben nicht berücksichtigt werden (vgl. Abschnitt 8.2). Somit entspricht der Beurteilungspegel L_r dem Langzeit-Mittelungspegel $L_{AT}(LT)$. Die Berechnungsergebnisse sind in folgender Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: berechnete Beurteilungspegel L_r der Zusatzbelastung durch das Planvorhaben in AC/DC-Hybridbetrieb bei trockenem Sommerwetter (nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche, Regelzustand)

| IO-Nr. | Immissionsort | IRW Nacht für Regelzustand [dB(A)] | Zusatzbelastung L_r [dB(A)] |
|----------|--|--|-------------------------------------|
| Bl. 4114 | | | |
| IO1 | Pfarrgasse 61, 65239 Hochheim | 35 ⁴ | 27 |
| IO2 | IO an südöstl. Baugrenze, geplantes GE östliche Frankfurter Str., 65239 Hochheim a.M. | 50 | 37 |
| Bl. 4134 | | | |
| IO3 | Paul-Hessemer-Straße 51, 65428 Rüsselsheim | 45 | 32 |
| IO4 | Berkacher Weg 20, 64521 Groß-Gerau | 40 ⁴ | 33 |
| Bl. 4591 | | | |
| IO5 | Gebrüder-Grimm-Straße 29, 64319 Pfungstadt | 40 ⁴ | 28 |
| IO6 | Hartenauer Hof 4, 64404 Bickenbach | 45 | 33 |
| IO7 | Im Ritterbruch 27, 64665 Alsbach-Hähnlein | 35 ⁴ | 19 |

Im Regelzustand werden die Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.1 der TA Lärm durch nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche des Planvorhabens an allen Immissionsorten um mindestens 6 dB(A) unterschritten. Gemäß Nr. 3.2.1 der TA Lärm ist die zu erwartende Zusatzbelastung hier somit nicht relevant.

⁴ Ohne Berücksichtigung eines möglichen geminderten Schutzanspruchs, z.B. aufgrund der Lage der Gebäude in erster Reihe zum Außenbereich nach § 35 Abs. 1 BauGB oder aufgrund einer Gemengelage.

9.2 Witterungsbedingte Anlagengeräusche

Für die Ermittlung von witterungsbedingten Anlagengeräuschen (Sonderzustand) stellt die Umschaltoption (reiner AC-Betrieb) im Vergleich zum AC/DC-Hybridbetrieb den lauterem Betriebszustand dar (vgl. Abschnitt 8.3). In der Tabelle 4 sind die Beurteilungspegel L_r dargestellt, die in der Umschaltoption bei 3,5 mm/h Niederschlag als maßgeblicher Betriebszustand für witterungsbedingte Anlagengeräusche hervorgerufen werden. Der AC/DC-Hybridbetrieb im Sonderzustand bei der genannten Niederschlagsrate wurde ebenfalls untersucht, wobei im Vergleich zur Umschaltoption je nach Immissionsort und Leiterseilkonstellation bis zu 3 dB geringere Immissionspegel hervorgerufen werden. Der Hybridbetrieb im Sonderzustand wird daher nicht detailliert dargestellt.

Mögliche auftretende tonale Einflüsse durch die Freileitungen wurden mit einem Tonzuschlag von $K_T = 3$ dB auf der sicheren Seite liegend an allen Immissionsorten berücksichtigt und auf den errechneten Immissions- bzw. Langzeit-Mittelungspegel $L_{AT}(LT)$ addiert. Zum Vergleich werden sowohl die niedrigeren Richtwerte nach Nr. 6.1 der TA Lärm für den Regelzustand der nicht witterungsbedingten Anlagengeräusche, als auch die Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.3 der TA Lärm für den Sonderzustand der witterungsbedingten Anlagengeräusche (seltene Ereignisse) dargestellt. Die Höhe der zumutbaren Beurteilungspegel für den Sonderzustand ist in einer umfangreichen Zumutbarkeitsprüfung zu ermitteln (siehe Abschnitt 11).

Tabelle 4: berechnete Beurteilungspegel L_r der Zusatzbelastung durch das Planvorhaben in reinem AC-Betrieb (Umschaltoption) bei 3,5 mm/h Niederschlag (witterungsbedingte Anlagengeräusche, Sonderzustand)

| IO-Nr. | Immissionsort | IRW Nacht für Regelzustand [dB(A)] | IRW Nacht für Sonderzustand [dB(A)] | Zusatzbelastung $L_{AT}(LT) + K_T = L_r$ [dB(A)] |
|----------|--|------------------------------------|-------------------------------------|--|
| Bl. 4114 | | | | |
| IO1 | Pfarrgasse 61, 65239 Hochheim | 35 ⁵ | 55 | 32,4 + 3 = 35 |
| IO2 | IO an südöstl. Baugrenze, geplantes GE östliche Frankfurter Str., 65239 Hochheim | 50 | 55 | 46,5 + 3 = 50 |
| Bl. 4134 | | | | |
| IO3 | Paul-Hessemer-Straße 51, 65428 Rüsselsheim | 45 | 55 | 44,1 + 3 = 47 |
| IO4 | Berkacher Weg 20, 64521 Groß-Gerau | 40 ⁵ | 55 | 39,0 + 3 = 42 |
| Bl. 4591 | | | | |
| IO5 | Gebrüder-Grimm-Str. 29, 64319 Pfungstadt | 40 ⁵ | 55 | 33,9 + 3 = 37 |
| IO6 | Hartenauer Hof 4, 64404 Bickenbach | 45 | 55 | 40,6 + 3 = 44 |
| IO7 | Im Ritterbruch 27, 64665 Alsbach-Hähnlein | 35 ⁵ | 55 | 24,8 + 3 = 28 |

An IO7 unterschreitet die zu erwartende Geräuschzusatzbelastung durch witterungsbedingte Anlagengeräusche in dem für die Beurteilung maßgeblichen Betriebszustand bereits den niedrigeren Richtwert für den Regelzustand um 7 dB und ist somit nicht relevant. Eine Untersuchung der Geräuschvorbelastung kann gemäß Nr. 4.2 c) der TA Lärm für die Immissionsorte, die durch IO7 repräsentiert werden, entfallen.

⁵ Ohne Berücksichtigung eines möglichen geminderten Schutzanspruchs, z.B. aufgrund der Lage der Gebäude in erster Reihe zum Außenbereich nach § 35 Abs. 1 BauGB oder aufgrund einer Gemengelage.



An IO1 – IO6 erreicht die zu erwartende Zusatzbelastung Beurteilungspegel von bis zu 50 dB(A). Für diese Bereiche wird die Geräuschvorbelastung untersucht, v.a. durch witterungsbedingte Anlagengeräusche von abschnittsweise im Umfeld des Planvorhabens befindlichen, weiteren Hochspannungsfreileitungen. Die Geräuschvorbelastung sowie die resultierende Gesamtbelastung für diesen Sonderzustand sind in Abschnitt 10 dargestellt. In Abschnitt 11 wird die Zumutbarkeit der witterungsbedingten Anlagengeräusche diskutiert.

9.3 Tieffrequente Geräusche

Im Hinblick auf tonale Geräusche bei 100 Hz wurde in Anlehnung an die in der TA Lärm datierte DIN 45680 vom März 1997 der Versuch einer Prognose von tieffrequenten Geräuschen durchgeführt. Anzumerken ist, dass die in der TA Lärm datierte DIN 45680 inkl. der Hinweise des Beiblattes 1 nur für den „messtechnischen Nachweis“ tieffrequenten Geräusche innerhalb betroffener schutzbedürftiger Räume gilt. Aufgrund der Schwierigkeiten bzw. widrigen Randbedingungen für eine prognostische Berechnung (Abschätzung der Raumantwort) gibt es derzeit kein gültiges, öffentlich anerkanntes oder vom LAI (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz) geprüftes Regelwerk, so dass die hier vorliegend durchgeführte Untersuchung lediglich orientierenden Charakter haben kann.

Für die prognostische Beurteilung von tieffrequenten Geräuschen wurden terzspektrale Ausbreitungsberechnungen für jeweils „freie“ Aufpunkte durchgeführt. Dies bedeutet, dass Reflexionsanteile durch das eigene Gebäude in die Berechnung mit eingehen und die Immissionspegel vor dem Gebäude somit im Vergleich zu den regulären Aufpunkten nach TA Lärm (0,5 m vor dem geöffneten Fenster und folglich ohne Reflexionsanteile des eigenen Gebäudes) auf der sicheren Seite liegen. Für die so berechneten Außenpegel erfolgt einerseits eine auf der sicheren Seite liegende Umrechnungen der Außenpegel auf Innenraumpegel (Verfahren nach LfULG Heft 10/2021 – Pegeldifferenz mit Index $D_{190,W}$) sowie andererseits ein Vergleich mit Grenzkurven für den Außenpegel (Verfahren nach Müller-BBM GmbH Bericht Nr. 44932/7 - Grenzkurven aus Abb. 11a). In beiden Verfahren erfolgt ein Vergleich des prognostisch berechneten Terzpegels (Innen- oder Außenpegel) mit der Hörschwelle nach DIN 45680 sowie den Anhaltswerten des Beiblatts 1 der DIN 45680.

Die vorliegende prognostische Untersuchung kam zu dem Ergebnis, dass erhebliche Belästigungen durch tieffrequente Geräusche, ausgehend von dem Planvorhaben, an keinem der untersuchten Immissionsorte zu erwarten sind.



10 Vor- und Gesamtbelastung

Da die Zusatzbelastung des Planvorhabens im Regelzustand mit nicht witterungsbedingten Anlagengeräuschen an allen Immissionsorten nicht relevant ist, entfällt die Untersuchung der Vorbelastung für diesen Betriebszustand gemäß Nr. 4.2 c) der TA Lärm.

Für den Sonderzustand mit Niederschlag wird im Hinblick auf eine Zumutbarkeitsprüfung für witterungsbedingte Anlagengeräusche die Vorbelastung durch weitere im Umfeld des Planvorhabens befindliche Hochspannungsfreileitungen im Bereich untersucht.

In den Bereichen mit Immissionsorten, die durch IO1 bis IO4 repräsentiert werden, befinden sich im Umfeld des Planvorhabens keine weiteren Hochspannungsfreileitungen, die geeignet sind, relevante Koronaimmissionen hervorzurufen. Hier abschnittsweise verlaufende 110-kV-Freileitungen sind schalltechnisch nicht relevant. Konkrete Anhaltspunkte, die eine Untersuchung anderer gewerblicher Geräuschvorbelastungen für den Sonderzustand mit witterungsbedingten Anlagengeräuschen rechtfertigen würden, konnten nicht festgestellt werden. An den Immissionsorten IO1 – IO4 werden relevante witterungsbedingte Koronageräusche ausschließlich durch das Planvorhaben hervorgerufen.

In den Bereichen mit Immissionsorten, die durch IO5 – IO7 repräsentiert werden, befinden sich folgende zu berücksichtigende Hochspannungsfreileitungen.

Von Pkt. Griesheim Süd, an welchem die zu ändernde Bl. 4134 von Mast 48 auf Mast 107 der zu ändernden Bl. 4591 übergeht, bis zu Mast 69 der Bl. 4591 verläuft die Hochspannungsleitung Bl. 4604 überwiegend parallel zur bestehenden und zu ändernden Bl. 4591 (vgl. Anhang A.1.5). Bei der Freileitung Bl. 4604 handelt es sich um eine im Bau befindliche Freileitung, welche bereits planfestgestellt wurde und vorliegend somit als Vorbelastung zu berücksichtigen ist. Des Weiteren wird die bestehende Bl. 4591, welche hier in nördliche Richtung unverändert bleibt und nicht Antragsgegenstand ist, ab Punkt Griesheim (Mast 108 der Bl. 4591) als Vorbelastung gewertet (vgl. Anhang A.4.1). Es wird darauf hingewiesen, dass die Ermittlung der Gesamtbelastung, unabhängig von der Gliederung einzelner Emittenten in Vor- oder Zusatzbelastung, zum gleichen Ermittlungsergebnis kommen wird.

Da an IO7 die Zusatzbelastung im Sonderzustand mit witterungsbedingten Anlagengeräuschen nicht relevant ist, entfällt die Untersuchung der Vorbelastung für IO7 sowie für alle weiteren Immissionsorte, die durch IO7 repräsentiert werden.

10.1 Vorbelastung durch witterungsbedingte Anlagengeräusche

Bei den vorbelastenden Anlagen handelt es sich um Hochspannungs-Wechselstrom-Freileitungen (HVAC-Freileitungen). Die Geräuschquellen der Freileitungen wurden als Linienquellen digitalisiert (vgl. Abschnitt 8.1), wobei jeweils ein Leiterseil-Bündel (eine Phase) eines Stromkreises eine Quelle darstellt. Die Lage der Masten und insbesondere die Seilkonstellationen wurden hierfür in digitaler Form durch die Auftraggeberin zur Verfügung gestellt und in das bestehende Berechnungsmodell eingepflegt.

Die zugrunde gelegten Emissionsdaten und -ansätze können den Abschnitten 8.1.1 und 8.3, in Verbindung mit Anhang 3 und 4 entnommen werden. Die Berechnungsergebnisse sind in den Berechnungstabellen in den Anhängen 7 bis 10 dargestellt. Für gealterte Leiterseile der Be-

standsleitungen wurde ein pauschaler Abschlag für den geräuschkindernden Effekt durch Alterungsprozesse berücksichtigt (vgl. Abschnitt 8.4). Die Leiterseilbelegung der vorbelastenden Bestandleitungen für die hier untersuchten Bereiche ist in Anhang 4 dargestellt.

In der folgenden Tabelle 5 sind die Beurteilungspegel L_r dargestellt, die bei 3,5 mm/h Niederschlag als maßgeblicher Betriebszustand für witterungsbedingte Anlagengeräusche durch die vorbelastenden HVAC-Freileitungen hervorgerufen werden. Mögliche auftretende tonale Einflüsse durch die Freileitungen wurden mit einem Tonzuschlag von $K_T = 3$ dB auf der sicheren Seite liegend an allen Immissionsorten berücksichtigt und auf den errechneten Immissions- bzw. Langzeit-Mittelungspegel $L_{AT}(LT)$ addiert. Der Vergleich mit Richtwerten entfällt an dieser Stelle und erfolgt in Tabelle 6 hinsichtlich der Gesamtbelastung.

Tabelle 5: berechnete Beurteilungspegel der L_r Vorbelastung durch die HVAC-Freileitungen Bl. 4591 und Bl. 4604 bei 3,5 mm/h Niederschlag (witterungsbedingte Anlagengeräusche, Sonderzustand) an IO5 und IO6

| IO-Nr. | Immissionsort | Vorbelastung Bl. 4591 & Bl. 4604 $L_{AT}(LT) + K_T = L_r$ [dB(A)] |
|--------|--|--|
| IO5 | Gebrüder-Grimm-Str. 29, 64319 Pfungstadt | 32,7 + 3 = 36 |
| IO6 | Hartenauer Hof 4, 64404 Bickenbach | 30,8 + 3 = 34 |

10.2 Gesamtbelastung durch witterungsbedingte Anlagengeräusche

Die Gesamtgeräuschbelastung ist die Summe aus der Zusatzbelastung durch das Planvorhaben und der bestehenden gewerblichen Vorbelastungen nach TA Lärm. Vorliegend werden die witterungsbedingten Anlagengeräusche im Untersuchungsgebiet durch Hochspannungsfreileitungen (Bestand und geplant) hervorgerufen. Die Untersuchung der Zusatz- und der Vorbelastung erfolgt rechnerisch für den, für diese Art von Anlagen maßgeblichen, Betriebszustand mit Niederschlag (vgl. Abschnitt 5.2.4).

Die folgende Tabelle 6 zeigt die Vor- und Zusatzbelastung, sowie die resultierende Gesamtgeräuschbelastung für den Sonderzustand der seltenen Ereignisse gemäß § 49 Abs. 2b des EnWG an den maßgeblichen Immissionsorten. Alle weiteren untersuchten Immissionsorte und die ermittelten Beurteilungspegel sind in Anhang 6 ausführlich dargestellt. Mögliche auftretende tonale Einflüsse durch die Freileitungen wurden mit einem Tonzuschlag von $K_T = 3$ dB auf der sicheren Seite liegend an allen Immissionsorten berücksichtigt und auf den errechneten Immissions- bzw. Langzeit-Mittelungspegel $L_{AT}(LT)$ addiert.

Tabelle 6: Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung durch witterungsbedingte Anlagengeräusche von Hochspannungsfreileitungen bei 3,5 mm/h Niederschlag (Sonderzustand - seltene Ereignisse)

| IO-Nr. | IRW Nacht für Regelzustand [dB(A)] | IRW Nacht für Sonderzustand [dB(A)] | Zusatzbelastung $L_{AT}(LT) + K_T = L_r$ [dB] | Vorbelastung $L_{AT}(LT) + K_T = L_r$ [dB] | Gesamtbelastung L_r [dB(A)] |
|--------|------------------------------------|-------------------------------------|---|--|-------------------------------|
| | | | Bl. 4114 | | |
| IO1 | 35 ⁶ | 55 | 32,4 + 3 = 35 | - | 35 |
| IO2 | 50 | 55 | 46,5 + 3 = 50 | - | 50 |
| | | | Bl. 4134 | | |
| IO3 | 45 | 55 | 44,1 + 3 = 47 | - | 47 |
| IO4 | 40 ⁶ | 55 | 39,0 + 3 = 42 | - | 42 |
| | | | Bl. 4591 | Bl. 4591 & Bl. 4604 | |
| IO5 | 40 ⁶ | 55 | 33,9 + 3 = 37 | 32,7 + 3 = 36 | 39 |
| IO6 | 45 | 55 | 40,6 + 3 = 44 | 30,8 + 3 = 34 | 44 |
| IO7 | 35 ⁶ | 55 | 24,8 + 3 = 28 | nicht untersucht, da ZB nicht relevant | - |

Die zu erwartende Gesamtbelastung durch witterungsbedingte Anlagengeräusche in dem für die Beurteilung maßgeblichen Betriebszustand erreicht Beurteilungspegel von bis zu 50 dB(A). Dabei werden an IO1, IO2 und IO5 – IO7 bereits die Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.1 der TA Lärm für den Regelzustand nicht überschritten. Nähere Ausführungen hinsichtlich der Zumutbarkeit der witterungsbedingten Anlagengeräusche an diesen Immissionsorten erübrigen sich an dieser Stelle. Ob darüber hinaus auch höhere Immissionen von bis zu 55 dB(A) für die untersuchten Betriebszustände zumutbar sein können, kann mangels Relevanz daher offengelassen werden.

Für die Immissionsorte IO3 und IO4 wird die Zumutbarkeit der Geräuschbelastung in diesem Sonderzustand mit seltenen Ereignissen im folgenden Abschnitt diskutiert.

11 Zumutbarkeitsprüfung

Da an den Immissionsorten IO3 und IO4 die Nacht-Richtwerte nach Nr. 6.1 der TA Lärm durch witterungsbedingte Anlagengeräusche überschritten werden, wird für diese Immissionsorte die Zumutbarkeit der Geräuschimmissionen durch das Planvorhaben diskutiert. Im Rahmen einer Zumutbarkeitsprüfung für die Geräuschbelastung durch witterungsbedingte Anlagengeräusche gilt es eine Vielzahl an Aspekten abzuwägen, welche im Folgenden näher beschrieben und diskutiert werden.

Da es sich bei witterungsabhängigen Koronageräuschen um Umwelteinwirkungen handelt, welche keiner betrieblichen Steuerung unterliegen, stellen diese Geräusche einen besonderen Fall dar. Im Rahmen einer Zumutbarkeitsprüfung, ähnlich wie bei der ergänzenden Sonderfallprüfung nach Nr. 3.2.2 der TA Lärm, sind alle besonderen Umstände zu berücksichtigen, die nach Art und

⁶ Ohne Berücksichtigung eines möglichen geminderten Schutzanspruchs, z.B. aufgrund der Lage der Gebäude in erster Reihe zum Außenbereich nach § 35 Abs. 1 BauGB oder aufgrund einer Gemengelage.



Gewicht wesentlichen Einfluss auf die Beurteilung haben können. Die Abwägung, ob eine Geräuschbelastung zumutbar ist, „stellt eine wertende Gesamtbetrachtung dar und richtet sich nach der durch die Gebietsart und die tatsächlichen Verhältnisse bestimmten Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit, wobei wertende Elemente der Herkömmlichkeit, die soziale Adäquanz und die allgemeine Akzeptanz mitbestimmend sein können. Dabei bestimmt nicht nur der notwendige Schutz der betroffenen Nachbarn, sondern auch der Nutzen des beanstandeten Betriebs der Anlage für die Allgemeinheit die Zumutbarkeit der Belästigung“ (vgl. VGH Baden-Württemberg, Beschl. v. 08.06.1998, 10 S 3300/96, Rn. 5; VGH Baden-Württemberg, Urt. v. 08.11.2000, 10 S 2317/99, Rn. 32).

Voraussetzung für die Zumutbarkeit des konkret erreichten Beurteilungspegels stellen hierbei zum einen gem. TA Lärm die Erfüllung des Standes der Technik dar. Zum anderen darf gem. Nr. 7.2 Absatz 3 der TA Lärm („Nummer 4.3 bleibt unberührt.“) in Verbindung mit Nr. 4.3 Satz 4 der TA Lärm („§ 25 Abs. 2 BImSchG ist zu beachten.“) die Anlage keine Geräuschbelastungen hervorrufen, welche das Leben oder die Gesundheit von Menschen gefährdet. Beide Voraussetzungen werden nach gutachterlicher Einschätzung vorliegend erfüllt (vgl. Abschnitt 11.1.1 und 11.1.2).

Gemäß Nr. 7.2 Absatz 2 Satz 1 der TA Lärm, ohne Berücksichtigung des § 49 Abs. 2b EnWG, werden insbesondere folgende Aspekte für eine Zumutbarkeitsprüfung hervorgehoben: „Dabei ist im Einzelfall unter Berücksichtigung der Dauer und der Zeiten der Überschreitungen, der Häufigkeit der Überschreitungen durch verschiedene Betreiber insgesamt sowie von Minderungsmöglichkeiten durch organisatorische und betriebliche Maßnahmen zu prüfen, ob und in welchem Umfang der Nachbarschaft eine höhere als die nach den Nummern 6.1 und 6.2 zulässige Belastung zugemutet werden kann.“ Auch wenn nach § 49 Abs. 2b des EnWG die Häufigkeit und Dauer als Eingangskriterien für witterungsbedingte Anlagengeräusche als seltene Ereignisse nicht heranzuziehen sind, sind diese beiden Kriterien im Rahmen einer Zumutbarkeitsprüfung dennoch zu berücksichtigen. Gemäß Nr. 7.2 der TA Lärm sind somit vorliegend als Prüfkriterien die Dauer und Zeiten der Überschreitungen sowie die Minderungsmöglichkeiten durch organisatorische und betriebliche Maßnahmen zu beachten. Darüber hinaus sind weitere Prüfkriterien, wie sie u.a. in Nr. 3.2.2 der TA Lärm angeführt werden, mit einzubeziehen.

Auf die allgemeinen Voraussetzungen und Hauptaspekte im Rahmen einer Zumutbarkeitsprüfung wird im folgenden Abschnitt 11.1 näher eingegangen, die konkrete Zumutbarkeit an den einzelnen maßgeblichen Immissionsorten wird im Anschluss daran diskutiert.

An dieser Stelle sei hinsichtlich einer generellen Zumutbarkeit von witterungsbedingten Koronageräuschen auf das Gerichtsurteil des BVerwG zum Planfeststellungsbeschluss für den Neubau der 380-kV-Höchstspannungsfreileitung Kruckel – Dauersberg, Bl. 4319, Abschnitt Kruckel – Garenfeld (BVerwG, Urteil vom 12. November 2020 – 4 A 13/18) verwiesen. Hierin wurde witterungsbedingten (seltenen) Ereignissen eine erhöhte Zumutbarkeit zugesprochen, da für diese Ereignisse im Urteil die Richtwerte nach Nr. 6.3 der TA Lärm angeführt wurden. Es handelte sich bei dem Projekt um einen Ersatzneubau, während die betroffenen Immissionsorte in einem Allgemeinen Wohngebiet lagen. Bei dem vorliegenden Projekt handelt es sich nicht um einen Neubau, sondern um die Änderung der bestehenden Freileitungen, wodurch ein wesentlich geringerer Eingriff erfolgt als bei einem Neubau. Aus dem genannten Urteil kann abgeleitet werden, dass Bestandsleitungen somit erst recht eine höhere Zumutbarkeit zugesprochen werden kann. Dieser Sachverhalt ist im Rahmen der Zumutbarkeitsprüfung ebenfalls zu würdigen.



11.1 Allgemeine Aspekte

11.1.1 Potenzielle Gesundheitsgefahren

Bei witterungsabhängigen Anlagengeräuschen ist zu berücksichtigen, dass es sich hierbei nicht um eine dauerhaft anliegende Geräuschbelastung handelt. Die Betriebszustände treten weder tagsüber noch nachts kontinuierlich auf und sind zudem betrieblich nicht steuerbar. Zusätzlich ist die Häufigkeit des Auftretens der Geräuschbelastung zu berücksichtigen. Niederschläge treten langjährig und über alle Orte in Deutschland gemittelt durchschnittlich in nur etwa 7 % der Nachtstunden auf und deren Auftretenshäufigkeit nimmt mit zunehmender Niederschlagsintensität und somit folglich für Zustände mit zunehmenden Geräuschemissionen deutlich ab.

Obwohl höchstrichterlich noch nicht abschließend geklärt ist, bei welcher Höhe die Schwelle zur Gesundheitsgefährdung anzusetzen ist, wird diese u.a. vom BVerwG und vom BGH bei einem Dauerschallpegel von etwa 70 dB(A) tags und 60 dB(A) nachts angesetzt (vgl. u.a. BVerwG, Urteil v. 23.02.2005, 4 A 5.04; BVerwG, Urteil v. 20.05.1998, 11 C 3.97). Hierbei ist zu beachten, dass regelmäßig von einem Dauerschallpegel ausgegangen wird, welcher bei den vorliegenden witterungsbedingten Anlagengeräuschen im Sinne einer dauerhaft anliegenden Geräuschbelastung nicht zu erwarten ist (s.o.). Basierend auf der vorliegend bekannten Rechtsliteratur und Rechtsprechung ist nach Einschätzung des Sachverständigen davon auszugehen, dass die vorliegend nicht permanent auftretenden Lärmimmissionen somit keine Gefährdung der Gesundheit hervorrufen (vgl. VGH Baden-Württemberg, Beschl. v. 08.06.1998, 10 S 3300/96, Rn. 2 & Rn. 7; VGH Baden-Württemberg, Urte. v. 08.11.2000, 10 S 2317/99, Rn. 30).

11.1.2 Stand der Technik zur Lärminderung

Die vorliegenden Leiterseilkonstellationen entsprechen nach Einschätzung des Sachverständigen dem derzeitigen Stand der Technik zur Lärminderung. Für Bestandsleitungen im 380-kV-Betrieb werden als Stand der Technik zur Lärminderung beispielsweise Leiterseilkonstellationen mit einem Leiterseildurchmesser von 21,8 – 22,4 mm im Viererbündel mit einem Bündel-Teilleiterabstand von 400 mm angesehen. Für Neubauleitungen – unabhängig davon, ob es sich um einen Ersatz-, Parallel- oder sonstigen Neubau handelt – werden Konstellationen mit einem Leiterseildurchmesser $\geq 30,6$ mm im Viererbündel mit einem Bündel-Teilleiterabstand von 400 mm als Stand der Technik zur Lärminderung angesehen. Der Einsatz dieser vergleichsweise dicken Leiterseile hätte bei Bestandsleitungen aus statischen Gründen zwingend einen Mastneubau und damit einen aus hiesiger Sicht unverhältnismäßigen Mehraufwand mit umfangreichen Umwelteingriffen zur Folge, weshalb dies in der Regel nicht als Stand der Technik zur Lärminderung für Bestandsleitungen anzusehen ist.

Vorliegend handelt es sich bei den Freileitungen um Bestandsleitungen mit vorwiegend o.g. Leiterseilkonstellation für die 380-kV-Stromkreise (Seildurchmesser = 22,4 mm, 4er-Bündel).

Aus Sicht des Sachverständigen kommt der Anlagenbetreiber seinen Grundpflichten nach Nr. 4.1 in Verbindung mit Nr. 4.3 der TA Lärm daher nach.

11.1.3 Dauer & Häufigkeit

Wie bereits eingangs unter Abschnitt 11.1.1 beschrieben, ist bei der Zumutbarkeitsprüfung zu berücksichtigen, dass es sich bei witterungsabhängigen Anlagengeräuschen nicht um eine dauerhaft anliegende Geräuschbelastung handelt. Die Betriebszustände treten weder tagsüber noch nachts kontinuierlich auf und sind zudem betrieblich nicht steuerbar. Zusätzlich ist die vergleichsweise geringe Häufigkeit des Auftretens der Geräuschbelastung im Rahmen einer Ermittlung der Zumutbarkeit zu berücksichtigen. Niederschläge treten in Deutschland durchschnittlich in nur etwa 7 % der Nachtstunden auf und deren Auftretenshäufigkeit nimmt mit zunehmender Niederschlagsintensität und somit folglich für Zustände mit zunehmenden Geräuschemissionen deutlich ab. Bei Witterungsbedingungen, welche z.B. besonders selten auftreten, kann den witterungsbedingten Anlagengeräuschen daher eine höhere Zumutbarkeit zugesprochen werden als es beispielsweise bei einem Betriebszustand mit 3,5 mm/h Niederschlag der Fall ist.

11.1.4 Soziale Adäquanz

Als weiterer zu berücksichtigender Umstand ist für die Beurteilung der Geräuschbelastung von Stromtrassen das Kriterium bzgl. des gesellschaftlich wünschenswerten Zwecks zu nennen, da Stromtrassen der Stromversorgung bzw. der Energieinfrastruktur dienen. Dieses Kriterium spiegelt sich in Nr. 3.2.2 d) der TA Lärm unter dem Begriff der sozialen Adäquanz wider. *„Der Begriff der sozialen Adäquanz beschreibt Verhaltensweisen oder Zustände, die sich im sozialen Zusammenleben ergeben und die sich möglicherweise für den Einzelnen sogar nachteilig auswirken, jedoch von der Bevölkerung insgesamt hingenommen werden, weil sich die Verhaltensweisen oder Zustände noch in den Grenzen des als sozial Üblichen und Tolerierbaren halten“* (vgl. Feldhaus/Tegeger, Kommentar zur TA Lärm, Kommentar 3.2.2, Rn. 68).

In Anbetracht des „überragenden öffentlichen Interesses“ (vgl. u.a. § 1 Abs. 2 Satz 2 EnLAG und § 1 Satz 3 NABEG) an einem funktionsfähigen Übertragungsnetz bzw. einer sicheren Stromversorgung und mit Hinblick auf die gesetzlich festgestellte Notwendigkeit und des vordringlichen Bedarfs des vorliegenden Vorhabens (vgl. § 1 Absatz 1 BBPlG), ist das Kriterium der sozialen Adäquanz nach Einschätzung des Sachverständigen für das Planvorhaben als erfüllt anzusehen (vgl. zu dem Sachverhalt der sozialen Adäquanz im Rahmen einer Zumutbarkeitsprüfung auch VGH Baden-Württemberg, Beschl. v. 08.06.1998, 10 S 3300/96, Rn. 5; VGH Baden-Württemberg, Urt. v. 08.11.2000, 10 S 2317/99, Rn. 32).

11.1.5 Akzeptanz

Des Weiteren ist das – unter Nr. 3.2.2 b) der TA Lärm genannte – Kriterium der Akzeptanz der Geräuschemissionen zu nennen. Unter anderem im Feldhaus/Tegeger, Kommentar zur TA Lärm, Kommentar 3.2.2, Rn. 58 ff. wird dieser Gesichtspunkt näher beschreiben. Dabei wird auch auf besondere betriebstechnischen Erfordernisse eingegangen. Diese *„können Einfluss auf die Akzeptanz haben, wenn für den Betroffenen (verständigen Durchschnittsmenschen) ersichtlich ist, dass in der besonderen Situation Abhilfemaßnahmen gegen Geräuscheinwirkungen nicht möglich oder unverhältnismäßig sind und die Geräuscheinwirkungen deshalb von ihm als tolerierbar hingenommen werden“* (vgl. Feldhaus/Tegeger, Kommentar zur TA Lärm, Kommentar 3.2.2, Rn. 61). Dieses Kriterium ist insbesondere relevant, da es sich bei Koronageräuschen von Wechselstromfreileitungen um Umwelteinwirkungen handelt, welche i.d.R. erst durch nicht betrieblich steuerbare Witterungsbedingungen, nämlich bei Niederschlag, hervorgerufen werden (vgl. zu dem Sachverhalt der Akzeptanz im Rahmen einer Zumutbarkeitsprüfung auch VGH Baden-Württemberg, Beschl. v. 08.06.1998, 10 S 3300/96, Rn. 5; VGH Baden-Württemberg, Urt. v. 08.11.2000, 10 S 2317/99, Rn. 32).



11.1.6 Schutzbedürftigkeit

Für die Ermittlung der Schutzbedürftigkeit eines Immissionsorts im Hinblick auf die Zumutbarkeit von Geräuschen ist zunächst der Gebietscharakter, aber auch das Vorliegen einer Gemengelage, sowie die Lage in erster Reihe zum Außenbereich nach BauGB zu berücksichtigen. Denn „bei der maßgeblichen *„wertenden Gesamtbetrachtung“* der Immissionssituation bemisst sich der Schutzstandard [...] nicht allein nach der bauplanungsrechtlichen Gebietsart. Er wird vielmehr durch die Besonderheiten des nachbarschaftlichen Verhältnisses mitbestimmt.“ (vgl. VGH Baden-Württemberg, Beschl. v. 08.06.1998, 10 S 3300/96, Rn. 6).

Die gewerbliche Nutzung einer Stromtrasse entspricht einem Gewerbegebiet gemäß Nr. 6.1 b) der TA Lärm. Grenzt diese Nutzung unmittelbar an eine bestehende Wohnnutzung an, stellt dies eine Gemengelage im Sinne von Nr. 6.7 der TA Lärm dar. Dabei ist für die Gemengelage ein unmittelbares Aneinandergrenzen der unterschiedlichen Gebiete nicht erforderlich. Die eine Gemengelage kennzeichnende Nähe wird letztlich durch die (räumliche) Reichweite des Rücksichtnahmegebotes bestimmt. In diesem Sinne liegt ein Aneinandergrenzen vor, wenn die Nutzung des einen Gebiets noch prägenden Einfluss auf die Nutzung des anderen Gebiets hat. In der Folge können die für die zum Wohnen dienenden Gebiete geltenden Immissionsrichtwerte auf einen geeigneten Zwischenwert der für die aneinandergrenzenden Gebietskategorien geltenden Werte erhöht werden (vgl. BVerwG, Urt. v. 14.03.2018, 4 A 5.17). Für die Höhe des Zwischenwerts ist die konkrete Schutzbedürftigkeit des betroffenen Gebiets maßgeblich, die sich anhand der Prägung des Einwirkungsgebiets in Form des jeweiligen Umfangs der Bebauung und der Ortsüblichkeit eines Geräuschs bemisst sowie anhand der Frage, welche der unverträglichen Nutzungen zuerst verwirklicht wurde (siehe Nr. 6.7 Abs. 2 TA Lärm). Die Immissionsrichtwerte für Kern-, Dorf- und Mischgebiete (45 dB(A)) sollen dabei nicht überschritten werden.

Unabhängig davon ist nach allgemeiner Rechtsauffassung die Schutzwürdigkeit von Grundstücken, die unmittelbar an den Außenbereich nach § 35 Abs. 1 des BauGB grenzen (1. Reihe), insbesondere gegenüber außenbereichsprivilegierten Nutzungen herabgesetzt. In diesem Fall ist der maßgebliche Immissionsrichtwert nach Nr. 6.7 der TA Lärm („Gemengelage“) zu ermitteln. Konsequenterweise kann allein aus diesem Grund bereits im Fall einer unmittelbaren Angrenzungen an den Außenbereich im Sinne des § 35 BauGB selbst für reine Wohngebiete ein um 10 dB(A) erhöhter Nachtrichtwert anzusetzen sein (vgl. u.a. BVerwG, Urt. v. 17.12.2013, 4 A 1/13; VGH Kassel, Urt. v. 30.10.2009, 6 B 2668/09, Rn. 12; VGH Mannheim, Urt. v. 23.04.2002, 10 S 1502/01, Rn. 29; OVG Münster, Beschl. v. 04.11.1999, 7 B 1339/99; BGH, Urt. v. 05.02.1993, V ZR 62/91).

Bei Immissionsorten, welche sich nicht mehr in der ersten, sondern z.B. in der zweiten Reihe zum Außenbereich befinden, liegt bei Vorhandensein von bestehenden Freileitungen ebenfalls eine Gemengelage vor, aufgrund des prägenden Einflusses durch die Anlage im Außenbereich auf die Wohnbauflächen (vgl. OVG NRW, Beschl. v. 29.01.2013, 8 A 2016/11, Rn. 17 ff.).

Im vorliegenden Untersuchungsbereich werden bei allen untersuchten Immissionsorten die oben beschriebenen Kriterien hinsichtlich eines geminderten Schutzanspruches erfüllt, weshalb der maßgebliche Immissionsrichtwert nach Nr. 6.7 der TA Lärm („Gemengelage“) zu ermitteln ist. Die abschließende Prüfung und Festlegung der Schutzbedürftigkeit obliegt der Genehmigungsbehörde.

Auf die konkrete Schutzbedürftigkeit an den hier näher zu betrachtenden Immissionsorten IO3 und IO4 wird in den folgenden Abschnitten nochmals eingegangen.

11.2 Immissionsortspezifische Aspekte

Die im Folgenden angeführten konkreten Beurteilungspegel und die jeweilige Bewertung der Zumutbarkeit bezieht sich v.a. auf den als maßgeblich eingestuftten Sonderzustand mit Niederschlag $\leq 3,5$ mm/h bei reinem AC-Betrieb. Dabei stellt der reine AC-Betrieb (Umschaltoption) den lautereren Betriebszustand des Planvorhabens dar. Im AC/DC-Hybridbetrieb des Planvorhabens werden bei Niederschlag je nach Immissionsort bis zu 3 dB niedrigere Beurteilungspegel hervorgerufen im Vergleich zur Umschaltoption. Sofern die witterungsbedingten Anlagengeräusche im reinen AC-Betrieb als zumutbar anzusehen sind, gilt dies somit erst recht für den AC/DC-Hybridbetrieb des Planvorhabens.

11.2.1 Immissionsort IO3

Der maßgebliche Immissionsort IO3 steht repräsentativ für alle Immissionsorte in Misch-, Dorf- und Kerngebieten bzw. im Außenbereich im Umfeld des Planvorhabens in Abschnitten ohne relevante Geräuschvorbelastungen durch weitere Hochspannungsfreileitungen. IO3 stellt den hierfür am stärksten belasteten Immissionsort dar. Die folgenden Aspekte sind ebenfalls für alle weiteren Immissionsorte mit vergleichbaren Gegebenheiten heranzuziehen.

Für den Sonderzustand mit witterungsbedingten Anlagengeräuschen in der Umschaltoption (temporärer, reiner AC-Betrieb) im maßgeblichen Betriebszustand mit 3,5 mm/h Niederschlag sind Beurteilungspegel von bis zu 47 dB(A) zu erwarten. Der sich zunächst aus Nr. 6.1 der TA Lärm ableitende Nacht-Richtwert für Mischgebiete wird durch witterungsbedingte Anlagengeräusche somit um bis zu 2 dB überschritten, weshalb auf die Zumutbarkeit der Immissionen nach § 49 Abs. 2b des EnWG i.V.m. Nr. 7.2 Abs. 1 der TA Lärm näher einzugehen ist.

Bei IO3 sowie allen untersuchten Immissionsorten, welche durch IO3 repräsentiert werden, handelt es sich um Gebäude im Außenbereich bzw. um Bereiche, welche gemäß den Flächennutzungs- oder Bebauungsplänen als Flächen für die Landwirtschaft ausgewiesen sind. Bezüglich der Schutzbedürftigkeit ist die tatsächliche Nutzung entscheidend, bei welcher vor allem der in Abschnitt 11.1.6 genannte Aspekt der Gemengelage und eine daraus resultierende geminderte Schutzbedürftigkeit zu diskutieren ist. Eine Gemengelage liegt an allen durch IO3 repräsentierten Immissionsorten vor, aufgrund des Nebeneinanders von Wohnbauflächen und gewerblich genutzter Flächen der bestehenden Trassen. Die abschließende Prüfung und Festlegung der Schutzbedürftigkeit obliegt der Genehmigungsbehörde.

Aus Sicht des Sachverständigen sprechen die in Abschnitt 11.1 beschriebenen Aspekte, wie z.B. Herkömmlichkeit, Akzeptanz und sozialen Adäquanz, zeitliche Aspekte und der Umstand, dass die Schwelle zur Gesundheitsgefährdung sicher unterschritten wird, für einen über die Rechtsprechung zur Gemengelage hinausgehenden zumutbaren Rahmen. Die an IO3 zu erwartende Geräuschbelastung von bis zu 47 dB(A) durch witterungsbedingte Anlagengeräusche in dem als maßgeblich eingestuftten Betriebszustand bei reinem AC-Betrieb ist daher aus gutachterlicher Sicht als zumutbar einzustufen, zumal der Richtwert für seltene Ereignisse nach Nr. 6.3 der TA Lärm um 8 dB(A) unterschritten wird. Ob darüber hinaus auch höhere Immissionen von bis zu 55 dB(A) für die untersuchten Betriebszustände zumutbar sein können, kann mangels Relevanz daher offengelassen werden.



11.2.2 Immissionsort IO4

Der maßgebliche Immissionsort IO4 steht repräsentativ für alle Immissionsorte in Allgemeinen Wohngebieten im Umfeld des Planvorhabens in Abschnitten ohne relevante Geräuschvorbelastungen durch weitere Hochspannungsfreileitungen. IO4 stellt den hierfür am stärksten belasteten Immissionsort dar. Die folgenden Aspekte sind ebenfalls für alle weiteren Immissionsorte mit vergleichbaren Gegebenheiten heranzuziehen.

Für den Sonderzustand mit witterungsbedingten Anlagengeräuschen in der Umschaltoption (temporärer, reiner AC-Betrieb) im maßgeblichen Betriebszustand mit 3,5 mm/h Niederschlag sind Beurteilungspegel von bis zu 42 dB(A) zu erwarten. Der sich zunächst aus Nr. 6.1 der TA Lärm ableitende Nacht-Richtwert für Allgemeine Wohngebiete wird durch witterungsbedingte Anlagengeräusche somit um 2 dB überschritten, weshalb auf die Zumutbarkeit der Immissionen nach § 49 Abs. 2 des EnWG i.V.m. Nr. 7.2 Abs. 1 der TA Lärm näher einzugehen ist.

Bezüglich der Schutzbedürftigkeit von IO4 sind die in Abschnitt 11.1.6 genannten Aspekte der Gemengelage oder Belegenheit in erster Reihe zu beachten. Der Schutzanspruch an IO4 ist verringert, da es sich hier sowie bei allen weiteren untersuchten Immissionsorten, welche durch IO4 repräsentiert werden, um Wohnbebauung in erster Reihe zum Außenbereich handelt. Zusätzlich liegt aufgrund des Nebeneinanders von Wohnbauflächen und gewerblich genutzter Flächen der bestehenden Trassen eine Gemengelage vor. Bei weiteren potenziellen Immissionsorten, welche sich nicht mehr in der ersten, sondern z.B. in der zweiten Reihe zum Außenbereich befinden, liegt aufgrund des prägenden Einflusses durch die bestehenden Freileitungen auf die Wohnbauflächen ebenfalls eine Gemengelage vor. Diese Wohnbebauung ist anhand der größeren Entfernung zum Planvorhaben jedoch weniger stark belastet als die Wohnbebauung in erster Reihe mit dem hier untersuchten maßgeblichen Immissionsort IO4, wodurch es zu geringeren Beurteilungspegeln kommt. Aufgrund der genannten Aspekte, kann für IO4, sowie für vergleichbare Immissionsorte in Allgemeinen Wohngebieten gemäß der Rechtsprechung ein Schutzanspruch analog eines Mischgebietes gerechtfertigt sein, v.a. auch hinsichtlich der bestehenden Freileitungen im Außenbereich. Die abschließende Prüfung und Festlegung der Schutzbedürftigkeit obliegt der Genehmigungsbehörde.

Unabhängig davon kommt es an IO4 bei dem untersuchten Emissionsansatz mit Niederschlag $\leq 3,5$ mm/h sehr wahrscheinlich zu einer Verdeckung der Koronageräusche durch Regengeräusche. Typisierende Messungen in dörflichem Umfeld bestätigen dies und zeigen, dass selbst bei geringen Niederschlägen eine Unterscheidung zwischen Koronageräuschen bei Regen und der durch Regen verstärkten Fremdgeräusche (Plätschern an Regenrinnen, Aufprallgeräusch auf harten Flächen/Dächern etc.) nur erschwert möglich ist. Bei einer Regenintensität von 3,5 mm/h liegen die erzeugten Regenfremdgeräusche in urbanem oder dörflichem Umfeld bereits bei Hintergrundsummenpegel L_{pAF95} zwischen ca. 44 dB(A) und 46 dB(A) (vgl. Anhang 5). Der zu erwartende Immissionspegel (ohne Tonzuschlag) der Gesamtbelastung liegt an IO4 bei 39 dB(A) und somit deutlich unterhalb der üblichen Regenfremdgeräuschpegel. Das reine Koronageräusch wird hier wahrscheinlich subjektiv und auch messtechnisch nicht mehr oder nur erschwert vom Regengeräusch unterscheidbar sein. Dies gilt erst recht für vergleichbare Immissionsorte, an welchen geringere Immissionspegel hervorgerufen werden (vgl. Anhang 6). Die tonale Komponente hingegen kann möglicherweise noch wahrgenommen werden, jedoch ist der Immissionsanteil der 100 Hz Komponente untergeordnet im Vergleich zum Summenpegel der Koronageräusche.



Aus diesen Gründen und im Hinblick auf die hier verringerte Schutzbedürftigkeit sowie der umfänglich beschriebenen allgemeinen Aspekte unter 11.1, ist die zu erwartende Geräuschbelastung von 42 dB(A) durch witterungsbedingte Anlagengeräusche bei reinem AC-Betrieb an IO4 aus Sicht des Sachverständigen als zumutbar einzustufen, zumal der Richtwert für seltene Ereignisse nach Nr. 6.3 der TA Lärm um 13 dB(A) unterschritten wird. Ob darüber hinaus auch höhere Immissionen von bis zu 55 dB(A) für die untersuchten Betriebszustände zumutbar sein können, kann mangels Relevanz daher offengelassen werden.

11.3 Fazit Zumutbarkeitsprüfung

Gemäß § 49 Abs. 2b des EnWG bzw. Nr. 7.2 der TA Lärm sollen die Immissionsrichtwerte für seltene Ereignisse nach Nr. 6.3 der TA Lärm durch witterungsbedingte Anlagengeräusche nicht überschritten werden. Mit der rechnerisch ermittelten zu erwartenden Geräuschbelastung durch witterungsbedingte Geräuschimmissionen des Planvorhabens wird dieses Kriterium unabhängig einer Zumutbarkeitsprüfung erfüllt.

Da an den Immissionsorten IO1, IO2 und IO5 – IO7 bereits die Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.1 der TA Lärm für den Regelzustand nicht überschritten werden, erübrigen sich nähere Ausführungen hinsichtlich der Zumutbarkeit der witterungsbedingten Anlagengeräusche an diesen Immissionsorten. Ob darüber hinaus auch höhere Immissionen von bis zu 55 dB(A) für die untersuchten Betriebszustände zumutbar sein können, kann mangels Relevanz daher offengelassen werden.

Die vorliegend durchgeführte Zumutbarkeitsprüfung für die Immissionsorte IO3 und IO4 kommt zu dem Ergebnis, dass die durch das Planvorhaben zu erwartende Geräuschbelastung für den Sonderzustand mit witterungsbedingten Anlagengeräuschen in Anbetracht der hier diskutierten Umstände und anhand der umfänglichen Prüfung und Beurteilung des Planvorhabens aus gutachterlicher Sicht als zumutbar einzustufen ist. Dies vor allem basierend auf der angeführten Rechtsprechung und Rechtsliteratur zu diesem Prüfkomplex.

Die Prüfung bezieht sich vor allem auf Aspekte und Kriterien, die aus fachlicher Sicht im Rahmen einer schalltechnischen Untersuchung zu berücksichtigen sind. Auf weitere, darüber hinaus gehende Aspekte und Umstände, welche im Rahmen einer Abwägung berücksichtigt werden können, wie z.B. ein etwaiges Heranrücken der Wohnbebauung an die bestehenden und zu ändernden Freileitungen, Wirtschaftlichkeit o.ä., wird hier nicht näher eingegangen. Diese sind bei der abschließenden wertenden Gesamtbetrachtung durch die Genehmigungsbehörde mit einzubeziehen.

Die in Abschnitt 6 dargestellte Auswahl der maßgeblichen Immissionsorte ermöglicht eine hinsichtlich der vorliegend gewählten Prüfkriterien repräsentative Zumutbarkeitsprüfung, da diese Immissionsorte die für die Beurteilung relevanten emissionsseitigen und immissionsseitigen Umstände, welche im Umfeld des Planvorhabens sowie in den Eigenschaften der Koronageräusche selbst vorliegen, ausreichend umfänglich abdecken und zudem die am stärksten belasteten Immissionsorte darstellen. Alle anderen Immissionsorte entlang des Planvorhabens (siehe Anhang 6) sind weniger stark belastet. Es bedarf hier aus gutachterlicher Sicht keiner gesonderten Zumutbarkeitsprüfung, sofern die Geräuschbelastung an den maßgeblichen Immissionsorten (hier: an IO3 und IO4) als zumutbar anzusehen ist.



12 Qualität der Ergebnisse

Die Aussageunsicherheit der Ausbreitungsberechnung liegt gemäß Tabelle 5 der DIN ISO 9613-2 anhand der geometrischen Gegebenheiten systembedingt bei ± 1 dB.

Die Berechnungen der Zusatzbelastungen gehen für alle Leiterseile vom zeitlich simultanen, maximalen Auftreten über eine volle Nachtstunde und über die gesamten digitalisierten Längen aus. Bei den teils beobachteten Emissionsmessungen traten hier durchaus Schwankungen auf, so dass der Ansatz der höchsten Pegel über die volle Nachtstunde als maximaler rechnerischer Emissionsansatz betrachtet werden kann und somit auf der sicheren Seite liegt. So ergibt die Reduzierung der maximal angesetzten Einwirkzeit von 1 h nach dem in der TA Lärm verankerten Halbierungsparameter $q = 3$, im Falle einer Einwirkzeithalbierung auf eine halbe Stunde, eine Reduzierung um 3 dB(A) des Beurteilungspegels und bei weiterer Reduzierung auf nur eine viertel Stunde, eine Zeitkorrektur um 6 dB(A) bezogen auf die angegebenen maximalen Angaben. Ein beispielhaftes Korona-Ereignis mit der Dauer von 5 min, gekoppelt an höheren Niederschlag, ist hiernach mit einem Abzug von -10,8 dB(A) zu bewerten. Bereits ab einer verkürzten Einwirkzeit von ca. 50 min reduziert sich der Beurteilungspegel um 1 dB.

Im vorliegenden Fall stellt zudem die pauschale Berücksichtigung der Tonzuschläge bei Immissionsorten in einem Abstand >100 m zur Freileitung eine Bewertung auf der sicheren Seite dar.

Für die o.g. Unsicherheitsparameter ist in Summe davon auszugehen, dass diese sich im Mittel ausgleichen, sodass hinsichtlich der Gesamtunsicherheit der vorliegenden Prognose als maßgeblicher Unsicherheitsfaktor die Eingangsdaten der Schalleistungspegel verbleiben.

Bezüglich der Eingangsdaten der Schalleistungspegel nach EPRI und BPA wird im Detail auf Abschnitt 8.1.3 i.V.m. Anhang 3 verwiesen. Bei neuen Seilen werden nach Auskunft des Betreibers oberflächenbehandelte Leiterseile eingesetzt, sodass hinsichtlich der geschätzten Genauigkeiten der im Emissionsansatz für witterungsbedingte Anlagengeräusche berücksichtigten Schalleistungspegel auf Tab. 2 verwiesen werden kann. Basierend auf den genannten Parametern wird für den Zeitraum bis max. 2 Jahre nach Inbetriebnahme eine Aussageunsicherheit von + 2,5 dB / - 1,0 dB (vgl. Tabelle 2) für die prognostizierten Beurteilungspegel abgeschätzt. Nach spätestens 2 Jahren liegt die Aussageunsicherheit hierfür bei + 0,5 dB / - 2,5 dB.

Des Weiteren kann aufgrund aktueller Erkenntnisse aus Laboruntersuchungen davon ausgegangen werden, dass die Steigung der Leiterseile je nach Abschnitt innerhalb eines Spannungsfeldes (in Mastnähe größere Steigung als am Durchhang) einen relevanten Einfluss auf die tatsächlichen witterungsbedingten Koronaemissionen haben kann. Die vorliegend berücksichtigten Schalleistungspegel und Genauigkeiten beziehen sich auf das Emissionsverhalten in Bereichen mit vergleichsweise geringer Steigung. Aufgrund des Abfließverhaltens von Regentropfen am Seil können die Emissionen bei größerer Steigung signifikant geringer sein.

Insgesamt liegt die Prognose für witterungsbedingte Anlagengeräusche somit auf der sicheren Seite.



13 Zusammenfassung

Die Amprion GmbH plant die Errichtung und den Betrieb einer ± 380 -kV-Freileitung in Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungstechnik (HGÜ) sowie den temporären Drehstrombetrieb in dem ca. 57,4 km langen Abschnitt „Pkt. Marxheim – Pkt. Ried“ des Gesamtvorhabens „Höchstspannungsleitung Osterath – Philippsburg; Gleichstrom“ gemäß Nr. 2 der Anlage zu § 1 Abs. 1 BBPlG, auch als „Ultranet“ oder „Korridor A (Süd)“ bezeichnet.

Die TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH wurde beauftragt, die durch das Planvorhaben zu erwartende Geräuschbelastung im Sinne der TA Lärm für nächstliegende bzw. maßgebliche Immissionsorte zu untersuchen. Vorliegend sind bei dieser Untersuchung zwei unterschiedliche Betriebszustände zu unterscheiden – witterungsbedingte und nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche. Als Grundlage für die Geräuschprognose dienen berechnete Schallleistungspegel auf Basis von semiempirischen Gleichungen (EPRI für AC-Systeme, BPA für DC-Systeme) sowie Literatur zu diesem Thema in Verbindung mit Erkenntnissen aus Emissionsmessungen durch den TÜV Hessen an 380-kV-Drehstrom-Freileitungen und Laboruntersuchungen an Hochspannungsleiterseilen im Gleichstrombetrieb.

In Abschnitt 6 in Verbindung mit Anhang 6 sind die untersuchten Immissionsorte dargestellt. Im Hinblick auf eine Zumutbarkeitsprüfung wurden maßgebliche Immissionsorte gewählt. Ebenso stellen diese Immissionsorte die am stärksten betroffenen Immissionsorte für den Regelzustand mit nicht witterungsbedingten Anlagengeräuschen dar. An den maßgeblichen Immissionsorten sind jeweils die höchsten Beurteilungspegel durch das Planvorhaben innerhalb der verschiedenen technischen Abschnitte und unterschiedlichen Schutzbedürftigkeiten (Gebietsausweisungen) zu erwarten. An allen anderen Wohngebäuden, welche sich im Einwirkungsbereich der geplanten Maßnahmen befinden, werden niedrigere zu erwartende Beurteilungspegel hervorgerufen (vgl. Anhang 6). Sofern an den maßgeblichen Immissionsorten keine schädlichen Umwelteinwirkungen bzw. zumutbare Geräuschbelastungen hervorgerufen werden, gilt dies somit auch für alle anderen potenziellen Immissionsorte.

Zur Beurteilung der zu erwartenden Geräuschbelastung durch das Planvorhaben wurden verschiedene Emissionsansätze untersucht, welche unterschiedliche Betriebszustände in Abhängigkeit der Witterungsbedingungen beschreiben. Dabei ist zu unterscheiden in nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche (Regelzustand) und witterungsbedingte Anlagengeräusche (Sonderzustand). Letztere sind vor allem abhängig vom Niederschlaggeschehen und gelten nach § 49 Abs. 2b des EnWG bei der Beurteilung der Geräuschbelastung als seltene Ereignisse gemäß TA Lärm unabhängig von der Häufigkeit und Zeitdauer der sie verursachenden Witterungsbedingungen.

Für den Regelzustand der **nicht witterungsabhängigen Anlagengeräusche** bei einer Witterung ohne Niederschlag (hier: trockenes Sommerwetter) wird durch das Planvorhaben keine relevante Geräuschbelastung hervorgerufen. Schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sind nicht zu erwarten (vgl. Abschnitt 9.1).

Für die zu erwartenden Geräuschbelastung durch **witterungsbedingte Anlagengeräusche** (Sonderzustand) wurde vorliegend der als maßgeblich eingestufte Betriebszustand mit 3,5 mm/h Niederschlag untersucht (vgl. Abschnitt 5.2.4 und 9.2). Gemäß den Bestimmungen für seltene Ereignisse (§ 49 Abs. 2b des EnWG i.V.m. Nr. 7.2 der TA Lärm) ist hierbei im Einzelfall zu prüfen, ob und in welchem Umfang der Nachbarschaft eine höhere als die nach Nr. 6.1 der TA Lärm



zulässige Belastung zugemutet werden kann, wobei die Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.3 der TA Lärm in der Regel einen oberen Anhaltspunkt für diese Abwägung darstellen.

Im Hinblick auf eine Zumutbarkeitsprüfung wurde vorliegend neben der Zusatzbelastung durch das Planvorhaben auch die Geräuschvorbelastung witterungsbedingter Anlagengeräusche durch weitere bestehende Hochspannungsfreileitungen im Umfeld des Planvorhabens untersucht.

Die prognostizierte Zusatzbelastung durch witterungsbedingte Anlagengeräusche des Planvorhabens sowie auch die Gesamtbelastungen unterschreiten dabei sicher die Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.3 für seltene Ereignisse an allen Immissionsorten, auch unter Berücksichtigung der Prognoseunsicherheiten (vgl. Abschnitt 12).

Eine vorliegend gemäß Nr. 7.2 der TA Lärm umfänglich durchgeführte Zumutbarkeitsprüfung, welche jedoch nicht den Anspruch auf Vollständigkeit hinsichtlich der hierbei zu berücksichtigenden Aspekte und Umstände erhebt, kommt zu dem Ergebnis, dass nach Einschätzung des Sachverständigen die zu erwartende Geräuschbelastung im Sonderzustand an allen Immissionsorten als zumutbar einzustufen ist. Eine abschließende Zumutbarkeitsprüfung mit wertender Gesamtbetrachtung und Abwägung unter Einbeziehung aller Umstände obliegt der zuständigen Behörde.

Anhand der umfänglichen Prüfung und Beurteilung des Planvorhabens nach TA Lärm, kommt der Betreiber nach Einschätzung des Sachverständigen den Grundpflichten gemäß Nr. 4.1 der TA Lärm nach.

Industry Service
Geschäftsfeld Umwelttechnik
Lärm- und Erschütterungsschutz

Pascal Sames
(Stellv. Fachlich Verantwortlicher)



Johannes Zinken
(Sachverständiger)

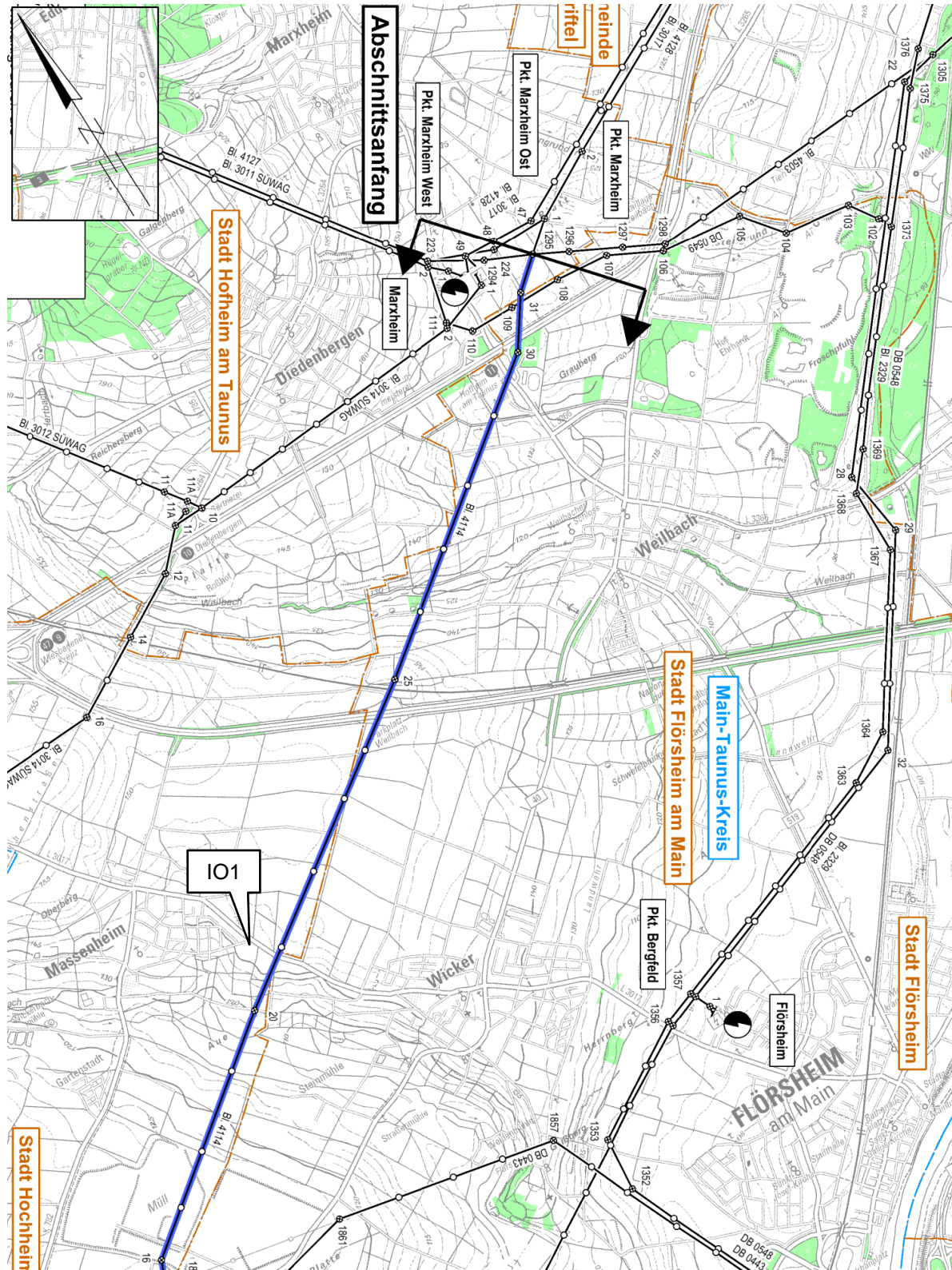


Anhangsverzeichnis

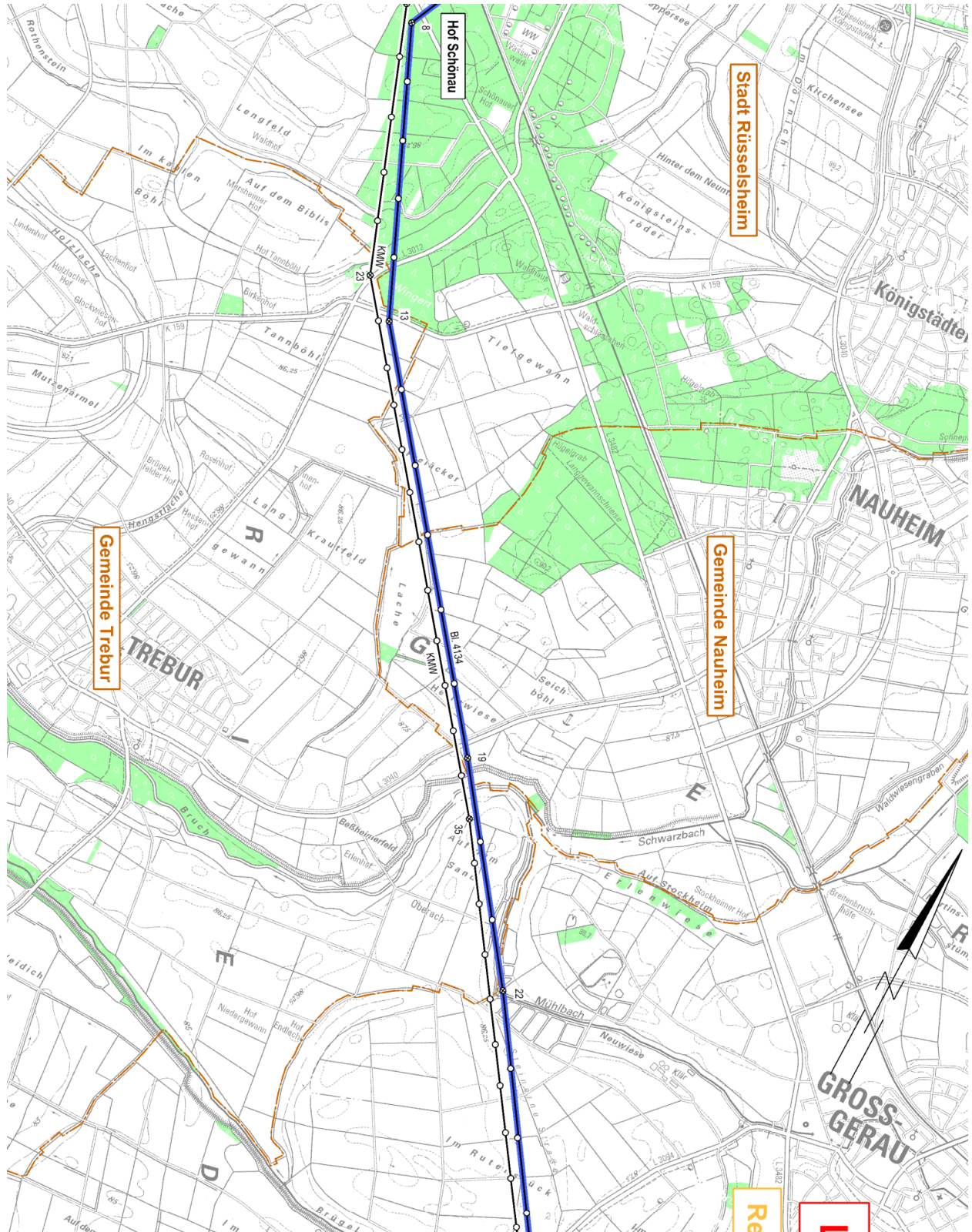
| | Seite |
|--|-------|
| Anhang 1: Übersichtspläne | 50-57 |
| Anhang 2: Lage der Immissionsorte | 58-64 |
| Anhang 3: Semiempirische Gleichungen nach EPRI und BPA | 65-68 |
| Anhang 4: Leiterseilbelegung, Mastskizzen, Schalleistungspegel | 69-78 |
| Anhang 5: Geräuschpegel von Regenfremdgeräuschen | 79 |
| Anhang 6: Untersuchte potenziell maßgebliche Immissionsorte | 80-82 |
| Anhang 7 Übersicht Ergebnistabellen | 83 |
| Anhang 8 Emissionsdaten / Oktavspektren | 84 |
| Anhang 9: Erläuterungen zu den Immissionstabellen | 84 |
| Anhang 10: Immissionstabellen IO1 – IO7 | 85-92 |

Anhang 1 – Übersichtspläne

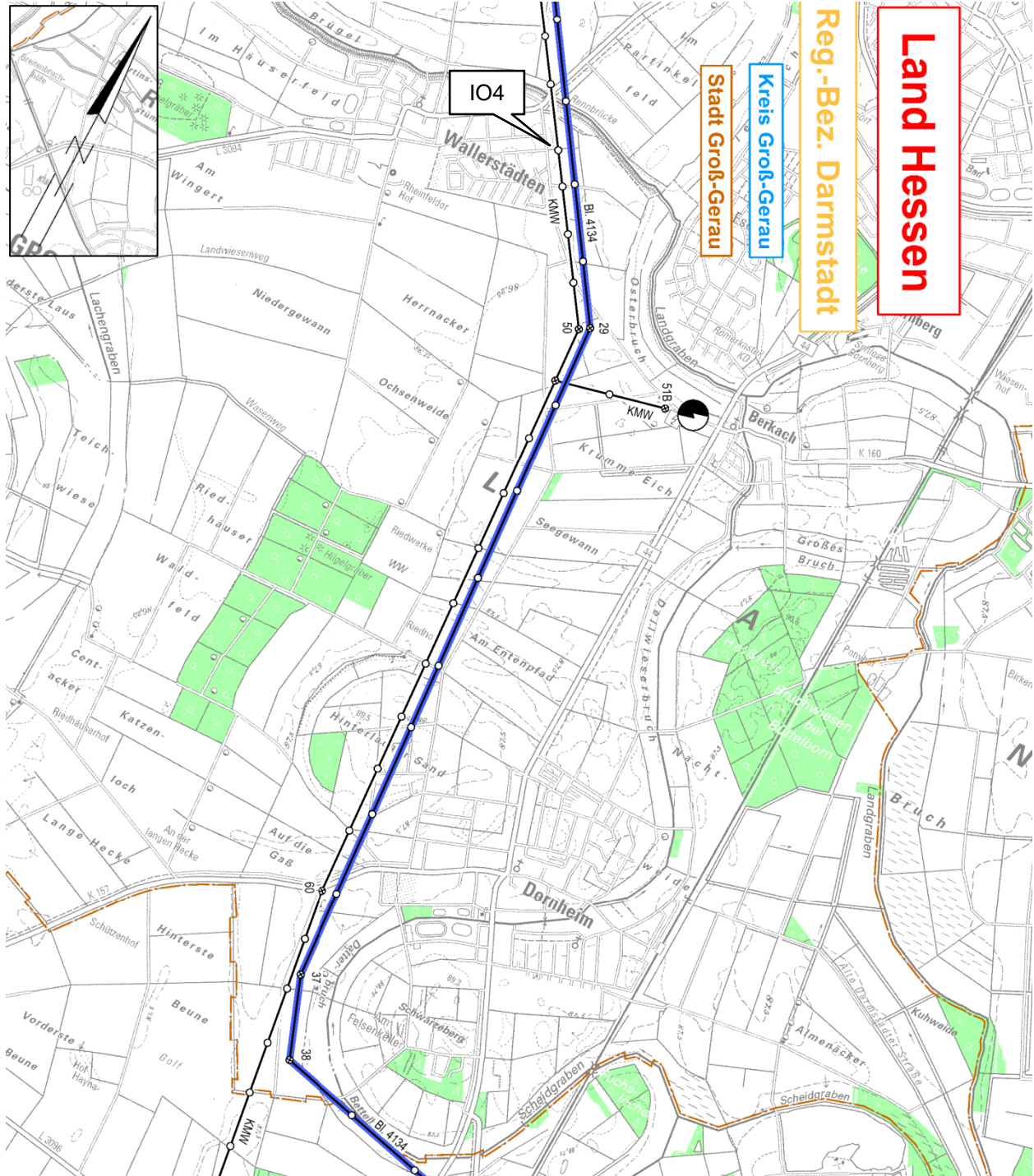
A.1.1: Pkt. Marxheim – Bl. 4114, Mast 16



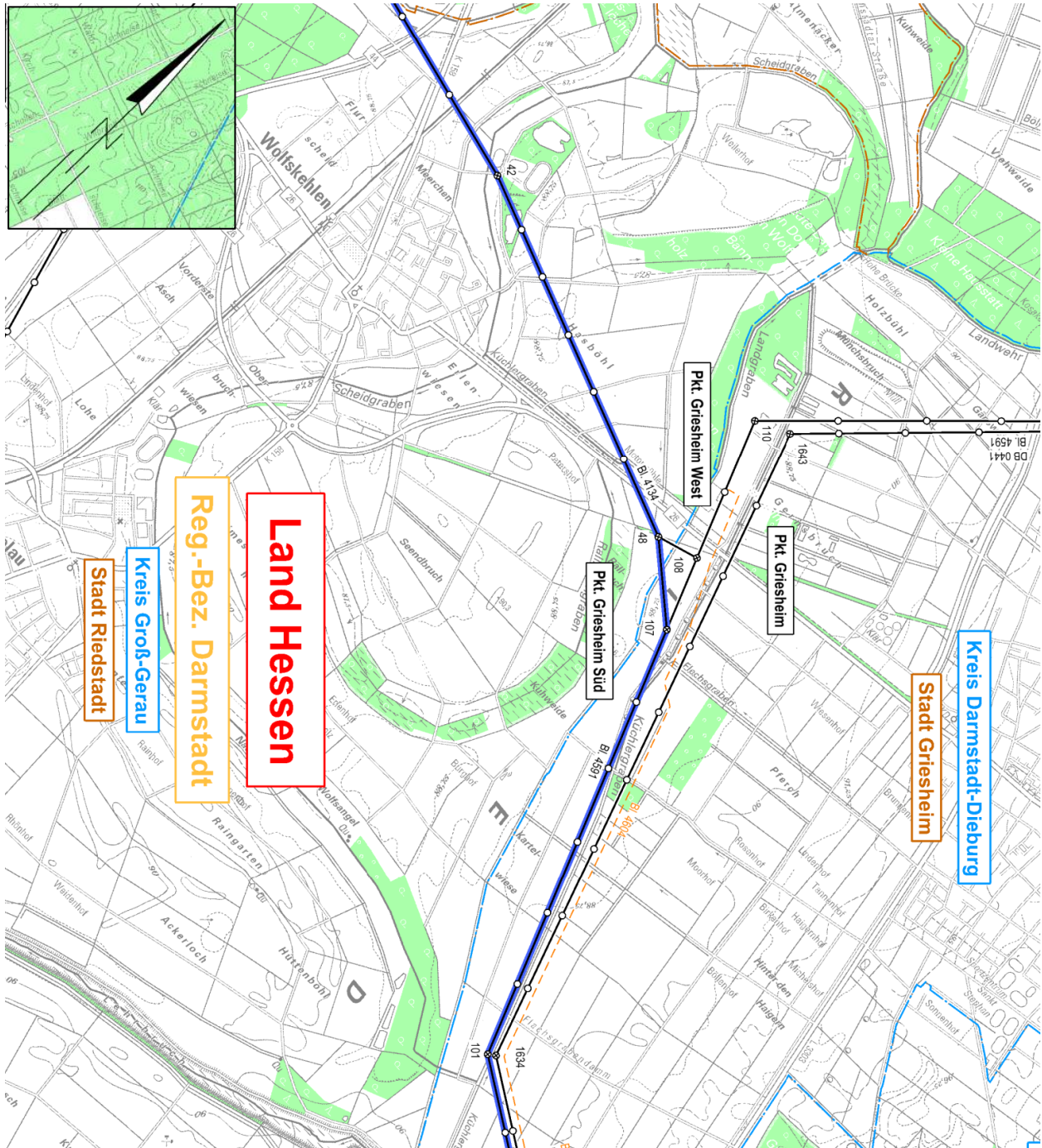
A.1.3: Bl. 4134, Mast 8 – 25



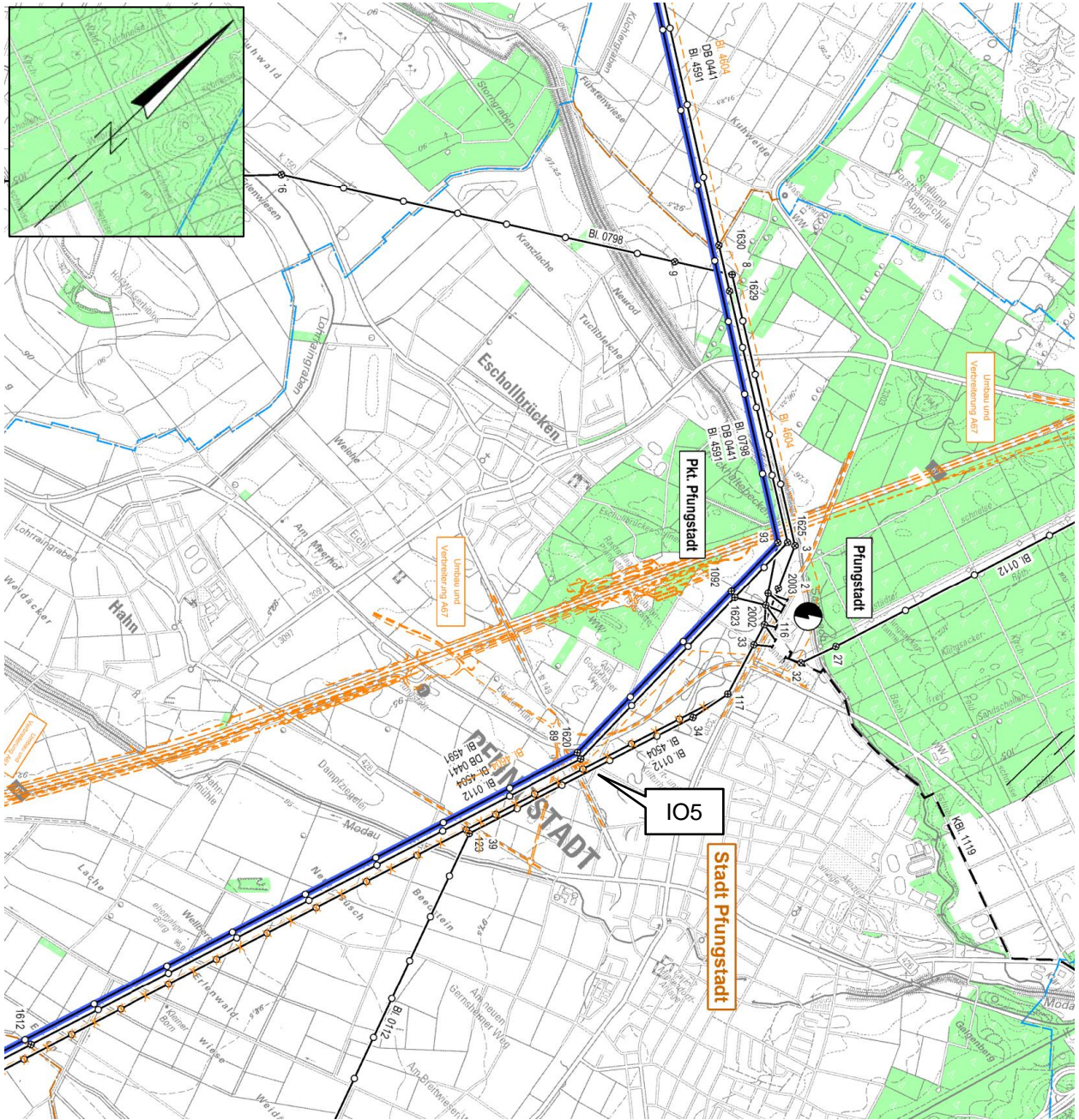
A.1.4: Bl. 4134, Mast 25 – 40



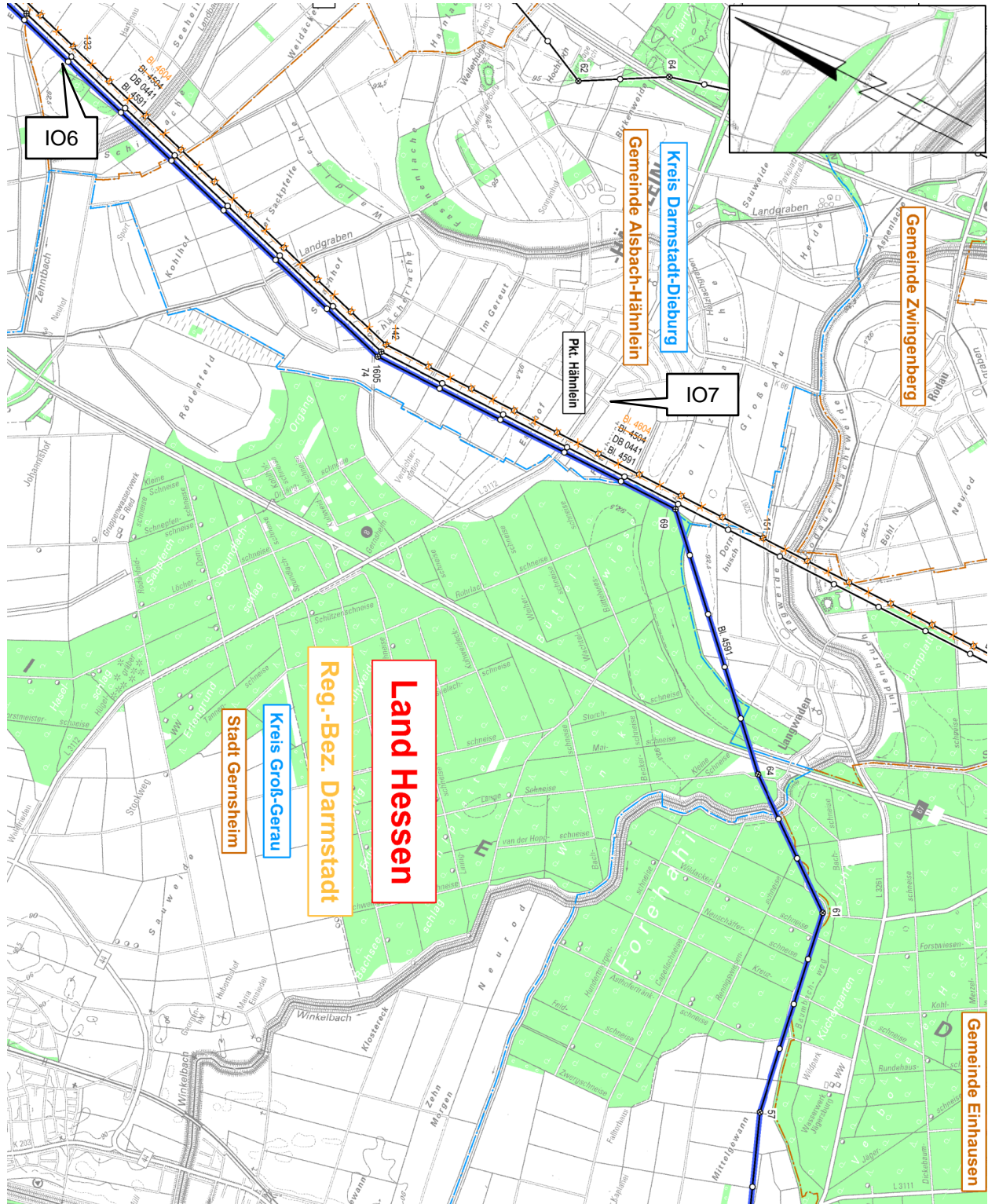
A.1.5: Bl. 4134, Mast 40 – Bl. 4591, Mast 100



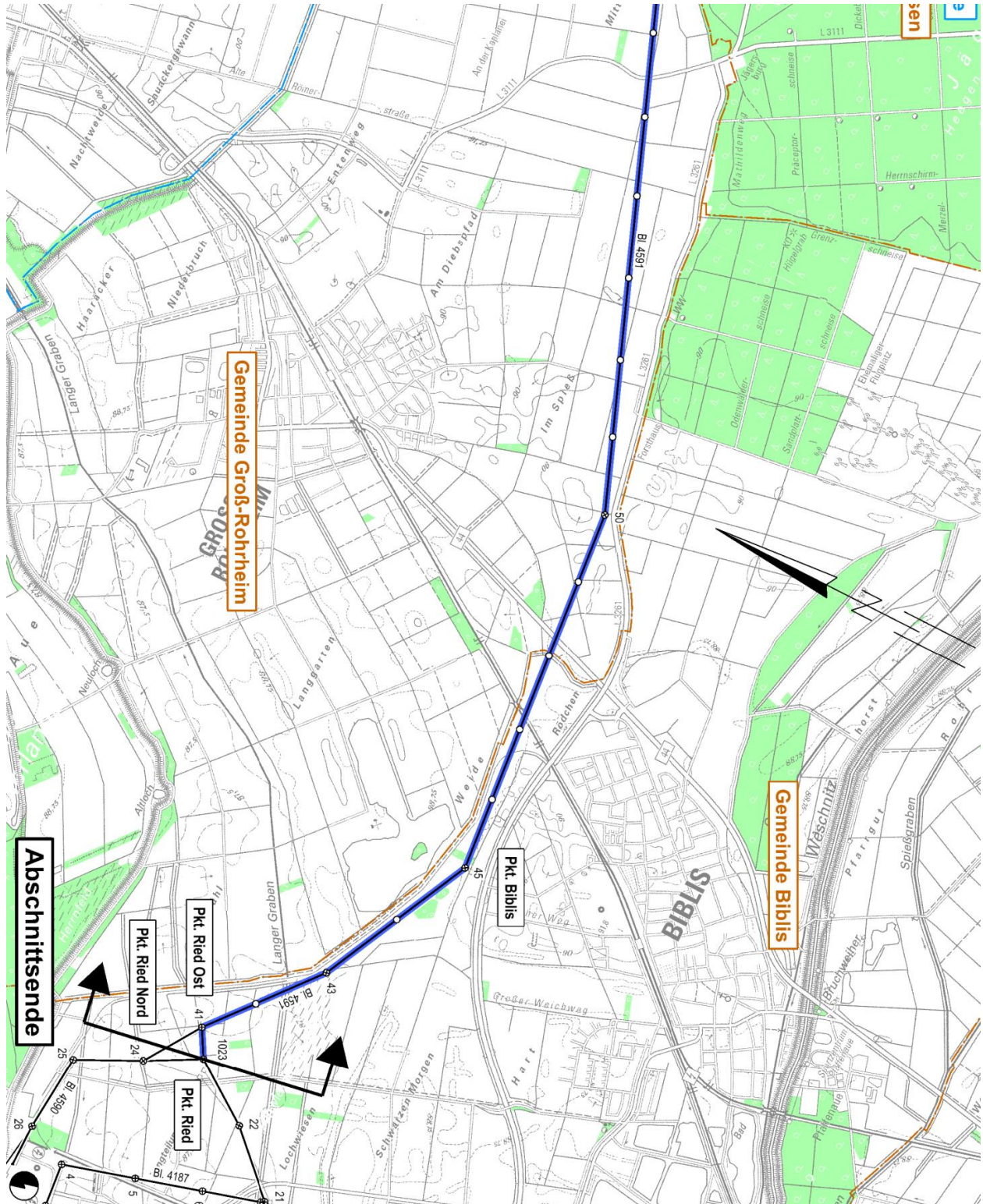
A.1.6: BI. 4591, Mast 100 – 81



A.1.7: Bl. 4591, Mast 81 – 56

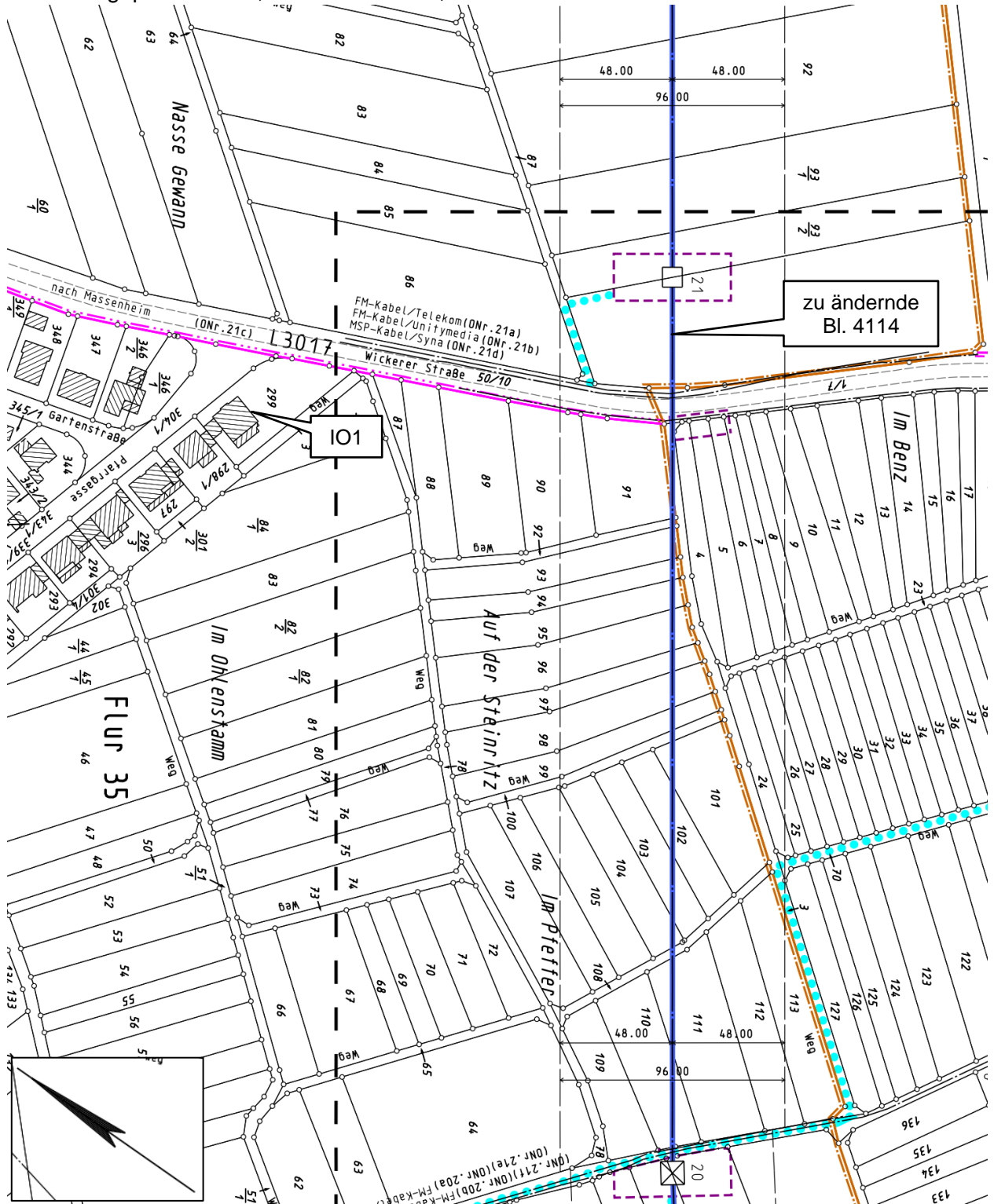


A.1.8: Bl. 4591, Mast 56 – Pkt. Ried

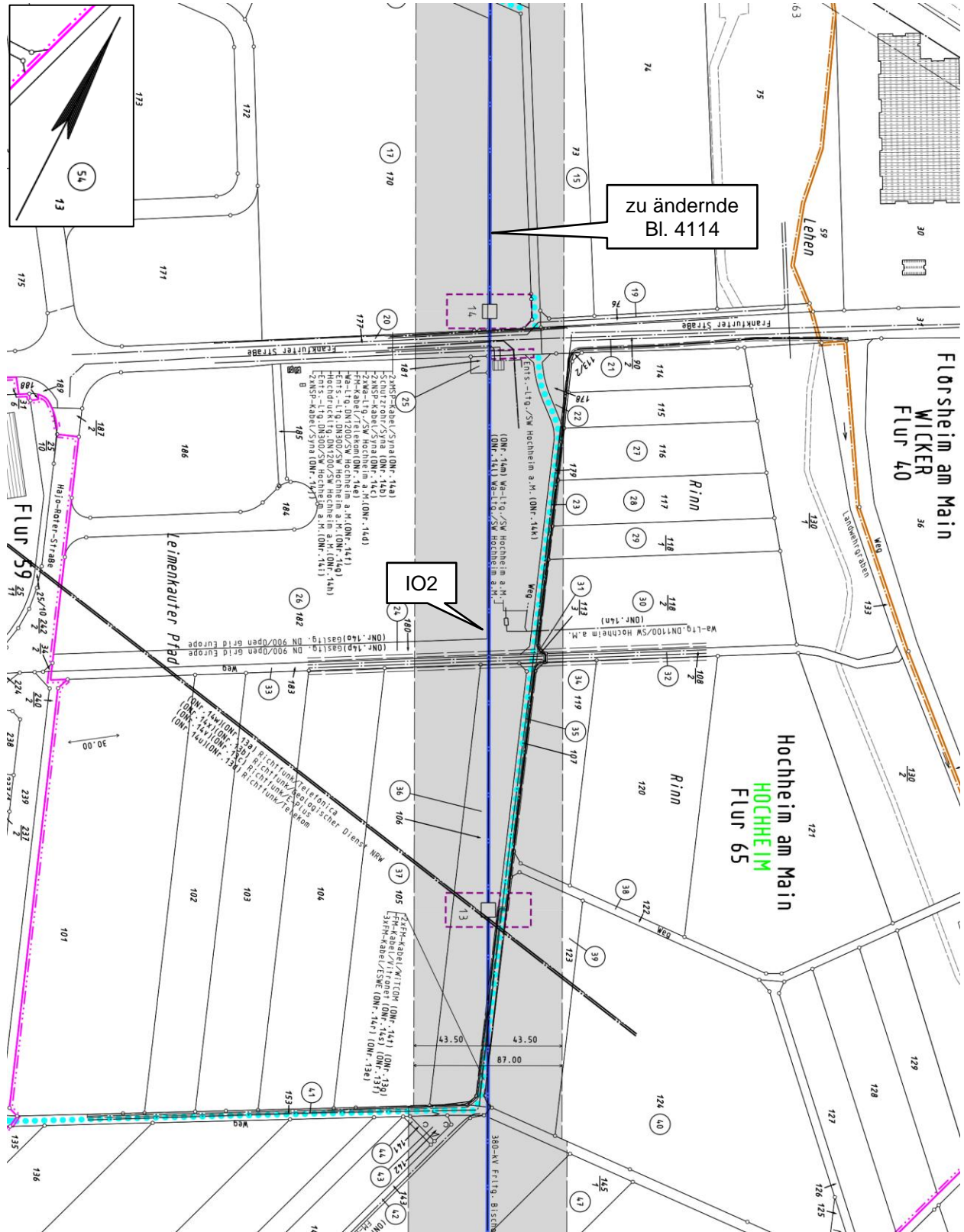


Anhang 2 – Lage der Immissionsorte

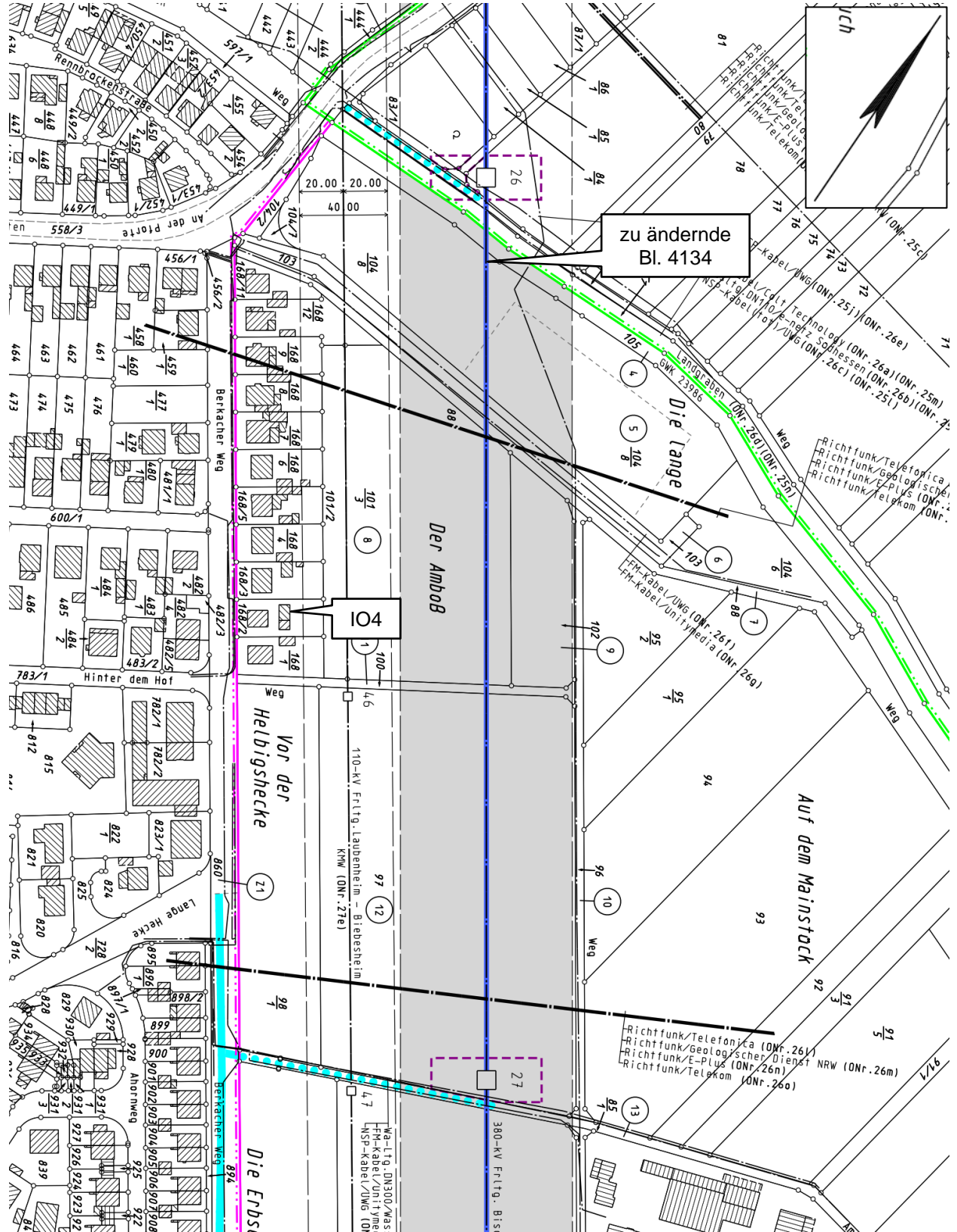
A.2.1: Lageplan mit IO1, Bereich Bl. 4114, Mast 20 – 21



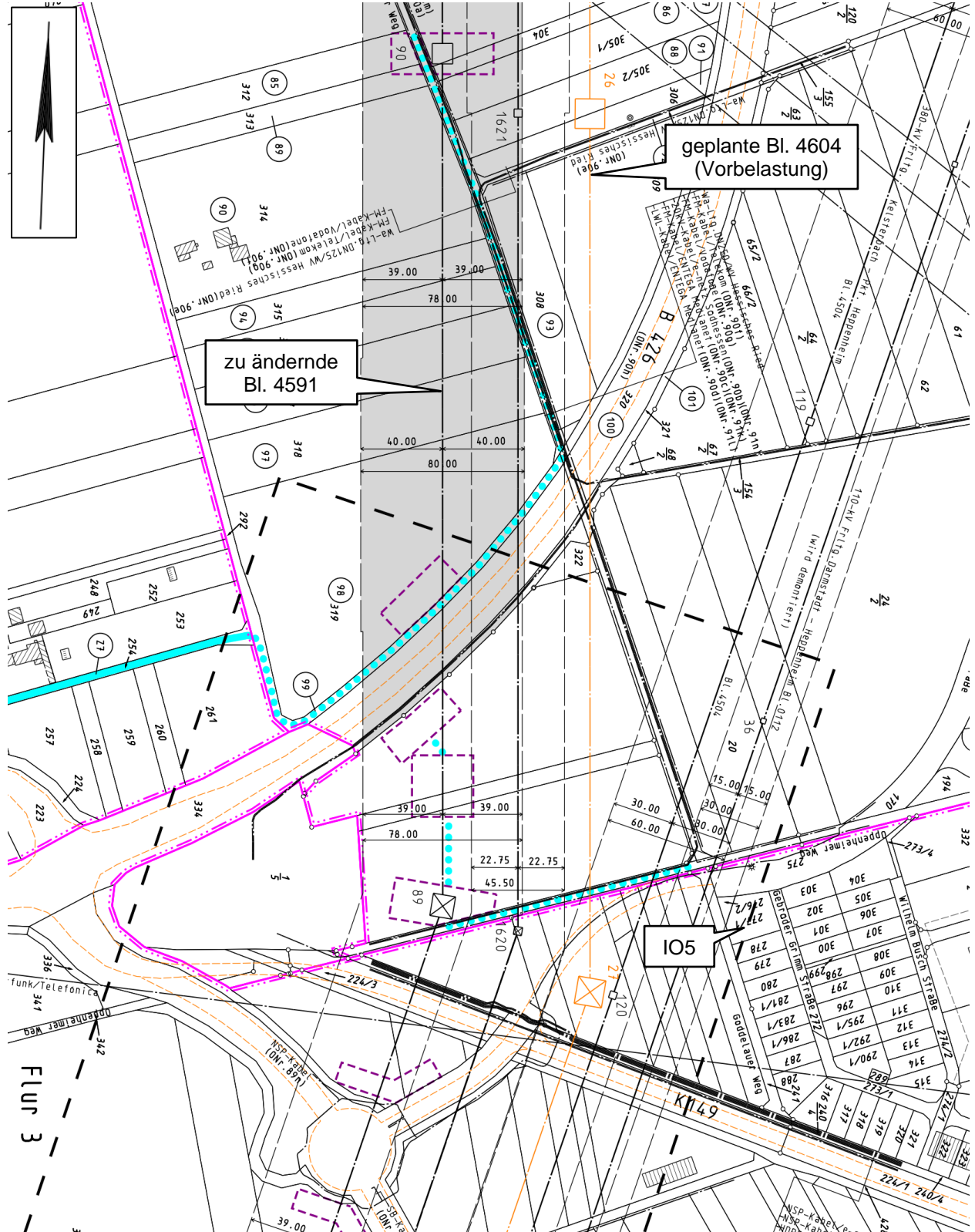
A.2.2: Lageplan mit IO2, Bereich Bl. 4114, Mast 13 – 14



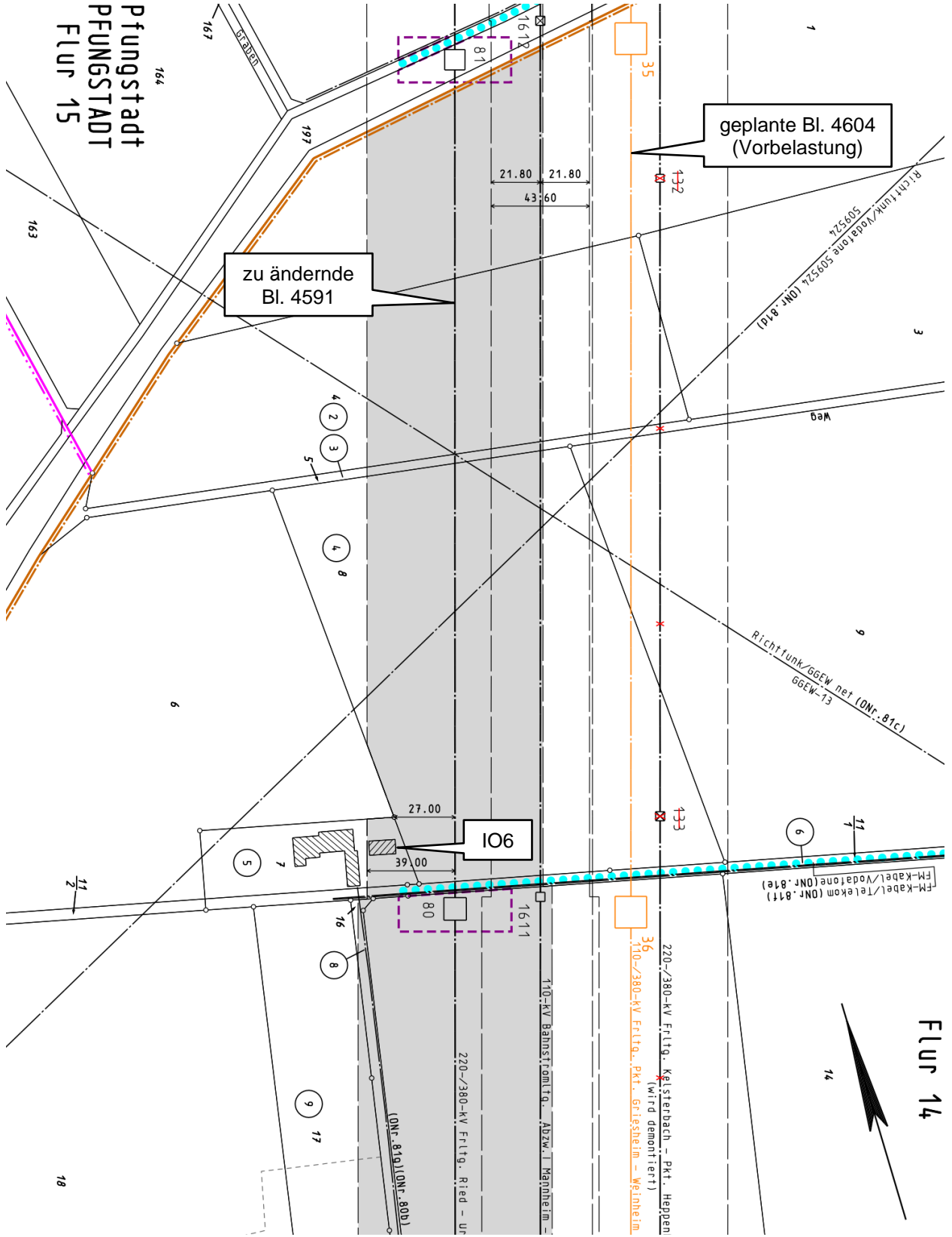
A.2.4: Lageplan mit IO4, Bereich Bl. 4134, Mast 26 – 27



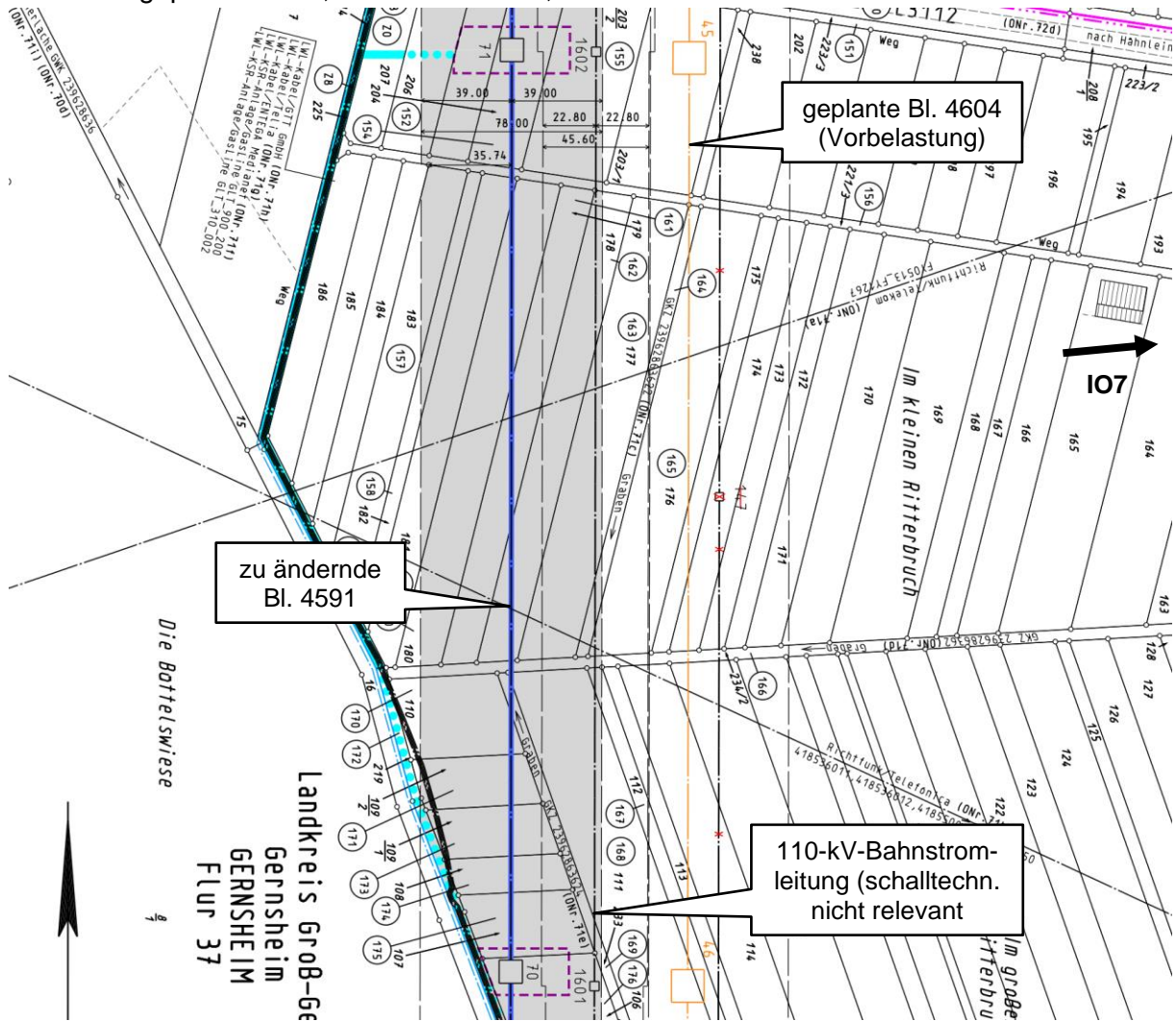
A.2.5: Lageplan mit IO5, Bereich Bl. 4591, Mast 80 – 90
(Gebäude/Neubaugebiet mit IO5 noch nicht im Plan enthalten)



A.2.6: Lageplan mit IO6, Bereich Bl. 4591, Mast 80 – 81



A.2.7a: Lageplan mit IO7, Bereich Bl. 4591, Mast 70 – 71



A.2.7b: Luftbild Bereich IO7 (Bildquelle: www.geoportal.hessen.de)



Anhang 3: Semiempirische Gleichungen nach EPRI und BPA

A.3.1: Gleichungen nach EPRI für HVAC-Systeme

Schallleistungspegel für den Betriebszustand mit Niederschlag:

$$L'_{WA} = 20 \lg(n) + 44 \lg(d) - 665/E + 80,9 + K_n + h/300 + \Delta A \quad \text{für } n < 3 \quad (1)$$

mit

$$K_n = 7,5 \text{ dB für } n = 1;$$

$$K_n = 2,6 \text{ dB für } n = 2$$

$$K_n = 0 \text{ dB für } n \geq 3$$

$$L'_{WA} = 20 \lg(n) + 44 \lg(d) - 665/E + \left[\frac{22,9(n-1)d}{D} \right] + 73,6 + h/300 + \Delta A \quad \text{für } n \geq 3 \quad (2)$$

| | | | |
|------------|-----------------------------------|------------|-----------------------------|
| | $\Delta A =$ | | $E_C =$ |
| $n < 3$ | $8,2 - 14,2 E_C/E$ | $n \leq 8$ | $24,4/d^{0,24}$ |
| $n \geq 3$ | $10,4 - 14,2 E_C/E + [8(n-1)d/D]$ | $n > 8$ | $24,4/d^{0,24} - 0,25(n-8)$ |

Dabei ist

d Durchmesser des Teilleiters in cm;

D Durchmesser des Leiterbündels in cm;

E Effektivwert der elektrischen Feldstärke (Mittelwert der maximalen Randfeldstärken des Leiterbündels, d.h. jeder einzelnen Teilleiter) in kV/cm;

E_C Hilfsparameter in kV/cm;

h Höhe über Meeresspiegel in m, Gleichungen (1) und (2) mit modifizierter, konservativer Höhenkorrektur in Winfield;

K_n Additionsterm, welcher den Einfluss der Teilleiteranzahl des Bündels gewichtet in dB;

L'_{WA} A-bewerteter Pegel der längenbezogenen Schallleistung bei Niederschlag mit einer Regenrate von 0,75 mm/h in dB (> 1 pW/m);

n Anzahl der Teilleiter des Bündels;

ΔA Regen-Korrekturterm in dB. (vgl. Tab. A.3.1)

Tab. A.3.1: Regenkorrektur nach EPRI

| Regenrate mm/h | A-bewerteter Regen- Korrekturterm dB | Regenrate mm/h | A-bewerteter Regen- Korrekturterm dB |
|-------------------|--|-------------------|--|
| 0,1 | -2,00 | 4,5 | 2,55 |
| 0,2 | -1,40 | 5,0 | 2,79 |
| 0,3 | -1,01 | 5,5 | 2,98 |
| 0,4 | -0,73 | 6,0 | 3,18 |
| 0,5 | -0,50 | 6,5 | 3,37 |
| 0,6 | -0,30 | 7,0 | 3,53 |
| 0,7 | -0,14 | 7,5 | 3,72 |
| 0,8 | 0 | 7,7 | 3,79 |
| 0,9 | 0,13 | 8,0 | 3,89 |
| 1,0 | 0,27 | 8,5 | 4,03 |
| 1,1 | 0,37 | 9,0 | 4,19 |
| 1,2 | 0,47 | 9,5 | 4,36 |
| 1,3 | 0,57 | 10,0 | 4,52 |
| 1,4 | 0,68 | 11,0 | 4,80 |
| 1,5 | 0,78 | 12,0 | 5,08 |
| 1,6 | 0,86 | 13,0 | 5,35 |
| 1,7 | 0,94 | 14,0 | 5,67 |
| 1,8 | 1,03 | 15,0 | 5,97 |
| 1,9 | 1,11 | 16,0 | 6,22 |
| 2,0 | 1,18 | 17,0 | 6,47 |
| 2,1 | 1,25 | 18,0 | 6,71 |
| 2,2 | 1,31 | 19,0 | 6,98 |
| 2,3 | 1,38 | 20,0 | 7,26 |
| 2,4 | 1,45 | 21,0 | 7,47 |
| 2,5 | 1,50 | 22,0 | 7,69 |
| 2,6 | 1,57 | 23,0 | 7,92 |
| 2,7 | 1,63 | 24,0 | 8,14 |
| 2,8 | 1,69 | 25,0 | 8,37 |
| 2,9 | 1,75 | 26,0 | 8,56 |
| 3,0 | 1,81 | 27,0 | 8,74 |
| 3,5 | 2,06 | 28,0 | 8,93 |
| 4,0 | 2,35 | 29,0 | 9,11 |

Fortsetzung A.3.1: Gleichungen nach EPRI für HVAC-Systeme

Schalleistungspegel für den niederschlagsfreien Betriebszustand:

Für den Schalleistungspegel bei nicht witterungsbedingtem (niederschlagsfreiem) Betriebszustand $L'_{WA}{}^{fair}$ gibt EPRI den Abzug des festen Werts 25 dB vom L'_{WA} bei Regen vor:

$$L'_{WA}{}^{fair} = L'_{WA} - 25 \text{ dB} \quad (3)$$

Dabei ist

L'_{WA} A-bewerteter Pegel der längenbezogenen Schalleistung nach Gleichung (1) bzw. (2) in dB;

$L'_{WA}{}^{fair}$ A-bewerteter Pegel der längenbezogenen Schalleistung ohne Niederschlag (fair weather) in dB
($> 1 \text{ pW/m}$)

Die Ergebnisse verschiedener Freifeldmessungen lassen einen Unterschied der Emissionspegel zwischen berechneten und trockenen Leitern von tendenziell weniger als 25 dB erkennen. Wegen der geringen absoluten Pegel, die meist nahe an denjenigen der Umweltgeräusche liegen, lassen sich jedoch zum einen meist nur Obergrenzen angeben. Zum anderen führen vor allem über längere Zeit angesammelte und später wieder abgewaschene Schmutzpartikel sowie die auch ohne Regen veränderlichen meteorologischen Bedingungen an und für sich zu schwankenden Emissionen.

Bei in Deutschland üblichen Leitungskonfigurationen sind somit keine sinnvollen konkreten Berechnungen für nicht witterungsbedingte Emissionen von HVAC-Freileitungen möglich.

A.3.2: Gleichungen nach BPA für DC-Systeme

Schallleistungspegel des positiven Pols (DC+) für den niederschlagsfreien Betriebszustand:

$$L'_{WA}{}^{fair} = 40 \lg(d) + 86 \lg(E) - 87,6 + h/300 \quad \text{für } n < 3 \quad (4)$$

$$L'_{WA}{}^{fair} = 25,6 \lg(n) + 40 \lg(d) + 86 \lg(E) - 94,8 + h/300 \quad \text{für } n \geq 3 \quad (5)$$

Dabei ist

d Durchmesser des Teilleiters in cm;

E elektrische Feldstärke (Mittelwert der maximalen Randfeldstärken des Leiterbündels, d.h. jeder einzelnen Teilleiter) in kV/cm;

h Höhe über Meeresspiegel in m, Gleichungen (4) und (5) mit modifizierter, konservativer Höhenkorrektur in Winfield;

$L'_{WA}{}^{fair}$ A-bewerteter Pegel der längenbezogenen Schallleistung ohne Niederschlag (summer fair weather) in dB (> 1 pW/m);

n Anzahl der Teilleiter des Bündels.

Gleichungen (4) und (5) gelten für trockenes Wetter in Herbst und Frühjahr. Für Sommer und Winter sind die Gleichungen (4) und (5) um +2 dB bzw. -2 dB zu erweitern.

Schallleistungspegel des negativen Pols (DC-) für den niederschlagsfreien Betriebszustand:

In einer Näherung für den negativen Pol ist das Ergebnis aus Gleichung (4) oder (5) nach um -8 dB zu erweitern.

Anmerkung:

Der Unterschied zwischen positivem und negativem Pol kann – auch bei gleicher Betriebsspannung und Leitergeometrie – stark variieren und hängt insbesondere von den Wetterbedingungen und dem Zustand der Leiter ab. Für bisher realisierte Leitungsanordnungen ist der Differenz-Ansatz -8 dB konservativ.

Schallleistungspegel eines DC-Systems für den Betriebszustand mit Niederschlag:

Der maximale Geräuschpegel von HVDC-Freileitungen wird durch Niederschlag verringert, wobei ein anzunehmender Abschlag von 6 dB eher konservativ ist. Für den Zustand während Regen wird in der Literatur keine explizite Regenrate angegeben. Gleichung (6) entspricht der Berechnung des positiven und negativen Pols.

$$L'_{WA}{}^{fair} = L'_{WA} - 6 \text{ dB} \quad (6)$$

Dabei ist

L'_{WA} Witterungsbedingter A-bewerteter Pegel der längenbezogenen Schallleistung (bei Niederschlag) in dB (> 1 pW/m);

$L'_{WA}{}^{fair}$ Nicht witterungsbedingter A-bewerteter Pegel der längenbezogenen Schallleistung nach Gleichung (4) bzw. (5) in dB.

Anhang 4 – Leiterseilbelegung, Mastskizzen, Schalleleistungspegel

A.4.1: Übersicht über die Leiterseilbelegung

A.4.1.1: Leiterseilkonstellationen der von den geplanten Maßnahmen betroffenen Freileitungen im AC/DC-Hybridbetrieb (Umschaltoption = reiner AC-Betrieb)

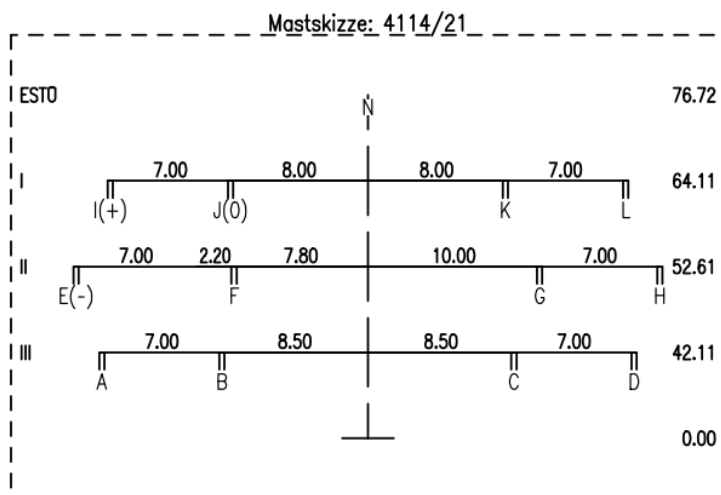
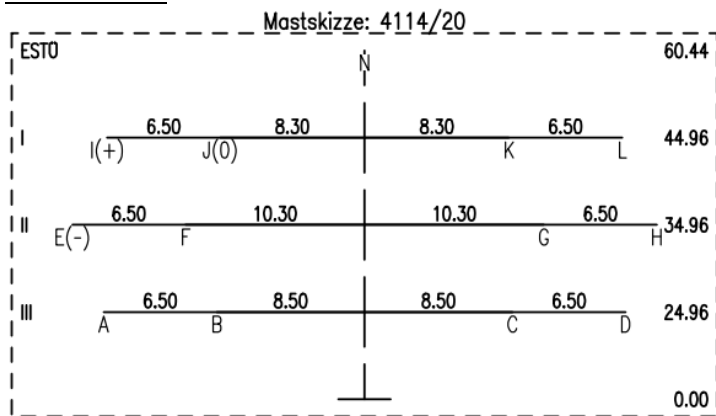
| Mastbereich | Anzahl Stromkreis | Beseilung (Bündel-Teilleiterabstand standardmäßig 400mm / neue Seile mit hydrophiler Oberflächenbehandlung) |
|--|---|---|
| Bl. 4114 (Teilabschnitt Pkt. Marxheim – UA Bischofsheim) | | |
| 4503/1295 – 4114/1 | 1 x 380 kV DC 1 x 380 kV AC 1 x 380 kV AC | AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 8 a AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 20 a AL/ACS & AL/ST 265/35, 4er Bü. / Seilalter teilweise \geq 9 a |
| 4114/1 – UA Bischofsheim | 1 x 380 kV DC 1 x 380 kV AC 1 x 380 kV AC | AL/ACS 265/35, 4er Bü. AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 30 a AL/ACS 265/35, 4er Bü. |
| Bl. 4134 (Teilabschnitt UA Bischofsheim – Pkt. Griesheim Süd) | | |
| UA Bischofsheim – 4134/1001 | 1 x 380 kV DC 2 x 380 kV AC | AL/ACS 265/35, 4er Bü. AL/ACS 265/35, 4er Bü. |
| 4134/1001 – 4134/48 | 1 x 380 kV DC 1 x 380 kV AC 1 x 380 kV AC | AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 7 a AL/ACS & AL/ST 265/35, 4er Bü. / Seilalter teilweise \geq 9 a AL/ACS & AL/ST 265/35, 4er Bü. / Seilalter teilweise \geq 9 a |
| 4134/48 – 4591/107 | 1 x 380 kV DC 1 x 380 kV AC | AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 7 a AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 7 a |
| 4134/48 – 4591/108 | 1 x 380 kV AC | AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 9 a |
| Bl. 4591 (Teilabschnitt Pkt. Griesheim Süd - Pkt. Pfungstadt, Mast-Nr. absteigend gem. Verlauf von Nord nach Süd) | | |
| 4591/108 – 4591/107 | 1 x 380 kV AC | AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 7 a |
| 4591/107 – 4591/93 | 1 x 380 kV DC 2 x 380 kV AC | AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 7 a AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 7 a |
| 4591/93 – 4591/2003 | 2 x 380 kV AC | AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 7 a |
| 4591/93 – 4591/1092 | 1 x 380 kV DC 1 x 380 kV AC | AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 7 a AL/ACS 265/35, 4er Bü. |
| Bl. 4591 Pkt. Pfungstadt – Pkt. Ried | | |
| 4591/1092 – 4591/2002 | 2 x 380 kV AC | AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 7 a |
| 4591/41 – 4591/1023 | 1 x 380 kV DC 2 x 380 kV AC | AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 8 a AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 8 a |

A.4.1.2: Leiterseilkonstellationen der hier zusätzlich bestehenden und nicht zu ändernden Freileitungen

| Mastbereich | Anzahl Stromkreis | Beseilung (Bündel-Teilleiterabstand standardmäßig 400mm / neue Seile mit hydrophiler Oberflächenbehandlung) |
|---|--------------------------------|--|
| Bl. 4591 (Bereich Pkt. Griesheim Süd) | | |
| 4591/108 – 4591/1109 | 3 x 380 kV AC | TACIR EXP 260/40B, 4er Bü., Bündel-Abstand 300mm |
| 4591/1109 – 4591/111 * | 2 x 380 kV AC 2 x 380 kV AC | TAL/HACIN 265/35B, 4er Bü. AL/ACS 265/35, 4er Bü. / Seilalter \geq 30 a |
| 4591/1109 – 4604/1 | 2 x 380 kV AC | AL/ACS 550/70, 4er Bü. |
| Bl. 4604 (Pkt. Griesheim Süd – Mast 69 der Bl. 4591) | | |
| 4604/1 – 4604/24 | 2 x 380 kV AC | AL/ACS 550/70, 4er Bü. |
| 4604/24 - 4604/29 | 2 x 380 kV AC 2 x 110 kV AC | AL/ACS 550/70, 4er Bü. AL/ST 265/35, 2er Bü. |
| 4604/29 - 4604/47 | 2 x 380 kV AC | AL/ACS 550/70, 4er Bü. |

* weitere Spannungsfelder der Bl. 4591 als Vorbelastung nicht mehr relevant

A.4.2: Mastskizzen, Randfeldstärken, Schallleistungspegel, Bereich mit IO1

Mastskizzen

Leiterseilbelegung, maximale Randfeldstärken (RFS), Schallleistungspegel (L'_{WA}) nach EPRI (AC) bzw. BPA (DC) – berechnet mit Winfield für Volllast, ggf. zzgl. Korrekturen (s.u.):

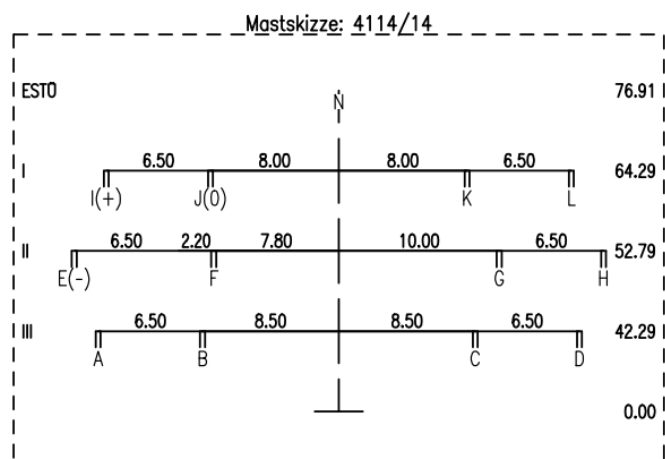
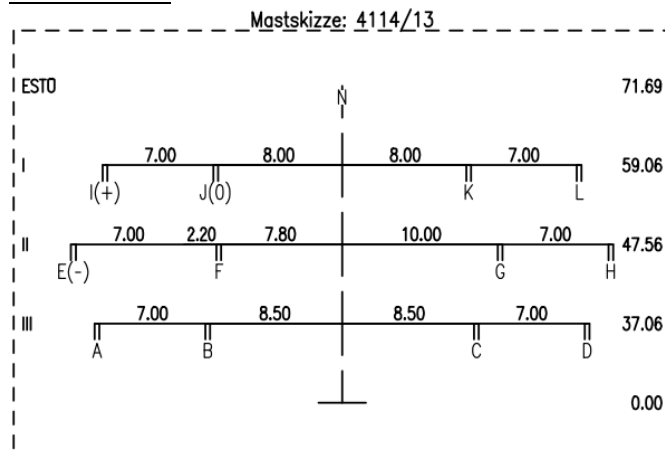
| Spannfeld | Leiterbezeichnung Profilplan | Spannungsebene / Betriebsfrequenz | Beseilung | AC/DC-Hybridbetrieb | | reiner AC-Betrieb | |
|---|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| | | | | RFS [kV/cm] | L'_{WA} @ 0 mm/h [dB/m] | RFS [kV/cm] | L'_{WA} @ 3.5 mm/h [dB/m] |
| Planvorhaben (Zusatzbelastung) Bl. 4114, Mast 20 – 21, Bereich mit IO1 | A | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 265/35 | 16,04 | 58,4 -27 -3 * | 16,83 | 61,2 -3 * |
| | B | | | 16,50 | 60,1 -27 -3 * | 16,87 | 61,4 -3 * |
| | F | | | 14,90 | 53,9 -27 -3 * | 13,73 | 48,5 -3 * |
| | E | DC- 380 kV ** | 4x AL/ACS 265/35 | -- | -- | 13,56 | 47,7 -3 * |
| | I | DC+ 380 kV ** | | 26,14 | 57,1 +2 * | 16,52 | 60,2 -3 * |
| | J | DC neutral ** | | 26,66 | 47,8 +2 * | 16,37 | 59,7 -3 * |
| | C | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 265/35 | 15,95 | 58,1 -27 * | 15,96 | 58,2 |
| | D | | | 16,09 | 58,7 -27 -3 * | 16,11 | 58,7 -3 * |
| | H | | | 15,09 | 54,7 -27 -3 * | 14,95 | 54,2 -3 * |
| | G,K,L | nicht in Betrieb | 4x AL/ACS 265/35 | -- | -- | -- | -- |
| N | SLH | - | -- | -- | -- | -- | |

- * pauschale Korrekturen: - trockenes Sommerwetter, DC: +2 dB (vgl. Anhang A.3.2)
- niederschlagsfreier Zustand im Vgl. zu 3,5mm/h Regen, AC: -27 dB (vgl. Anhang A.3.1)
- Minderungseffekt Seilalterung, AC: -3 dB (vgl. Abschnitt 8.4)

** Stromkreis im reinen AC-Betrieb (Umschaltoption) mit 380 kV / 50 Hz

A.4.3: Mastskizzen, Randfeldstärken, Schalleistungspegel, Bereich mit IO2

Mastskizzen



Leiterseilbelegung, maximale Randfeldstärken (RFS), Schalleistungspegel (L'_{w}) nach EPRI (AC) bzw. BPA (DC) – berechnet mit Winfield für Vollaustattung, ggf. zzgl. Korrekturen (s.u.):

| Spannfeld | Leiterbezeichnung Profilplan | Spannungsebene / Betriebsfrequenz | Beseilung | AC/DC-Hybridbetrieb | | reiner AC-Betrieb | |
|---|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| | | | | RFS [kV/cm] | L'_{WA} @ 0 mm/h [dB/m] | RFS [kV/cm] | L'_{WA} @ 3.5 mm/h [dB/m] |
| Planvorhaben (Zusatzbelastung) Bl. 4114, Mast 13 – 14, Bereich mit IO2 | A | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 265/35 | 15,88 | 57,9 -27 -3 * | 16,72 | 60,9 -3 * |
| | B | | | 16,41 | 59,8 -27 -3 * | 16,80 | 61,1 -3 * |
| | F | | | 14,59 | 52,6 -27 -3 * | 13,61 | 47,9 -3 * |
| | E | DC- 380 kV ** | 4x AL/ACS 265/35 | 26,09 | 47,0 +2 * | 13,66 | 48,2 -3 * |
| | I | DC+ 380 kV ** | | 25,83 | 56,6 +2 * | 16,36 | 59,7 -3 * |
| | J | DC neutral ** | | -- | -- | 16,30 | 59,5 -3 * |
| | C | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 265/35 | 15,89 | 57,9 -27 * | 15,85 | 57,7 |
| | D | | | 15,93 | 58,0 -27 -3 * | 15,95 | 58,1 -3 * |
| | H | | | 15,06 | 54,6 -27 -3 * | 14,92 | 54,0 -3 * |
| | G,K,L | nicht in Betrieb | 4x AL/ACS 265/35 | -- | -- | -- | -- |
| N | SLH | - | -- | -- | -- | -- | |

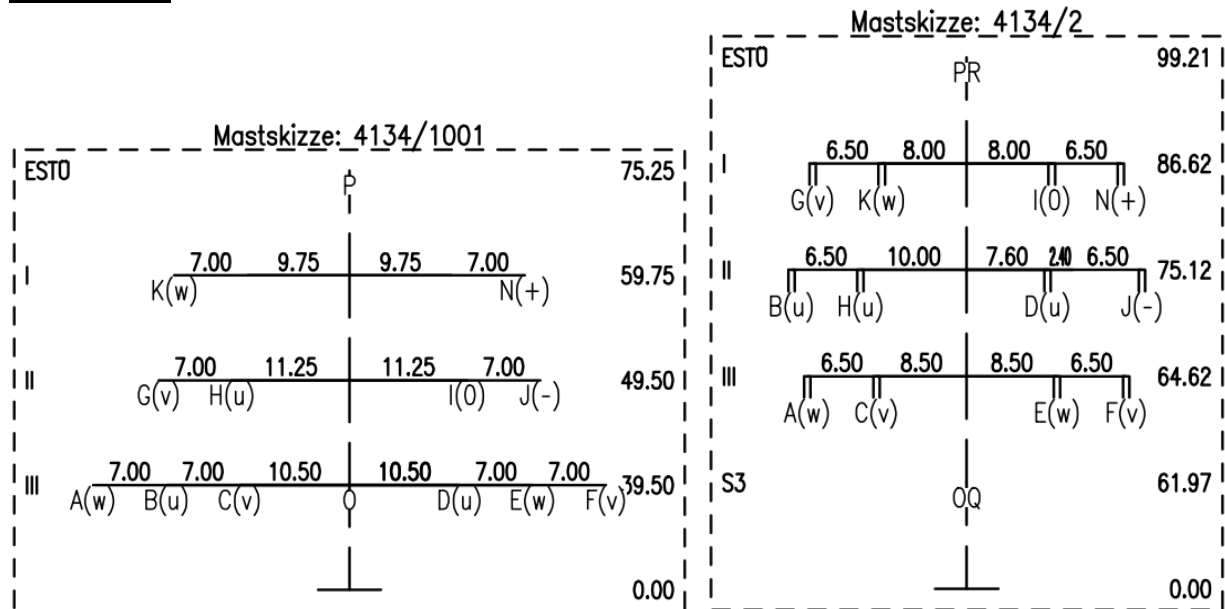
- * pauschale Korrekturen: - trockenes Sommerwetter, DC: +2 dB (vgl. Anhang A.3.2)
- niederschlagsfreier Zustand im Vgl. zu 3,5mm/h Regen, AC: -27 dB (vgl. Anhang A.3.1)
- Minderungseffekt Seilalterung, AC: -3 dB (vgl. Abschnitt 8.4)

** Stromkreis im reinen AC-Betrieb (Umschaltoption) mit 380 kV / 50 Hz



A.4.4: Mastskizzen, Randfeldstärken, Schalleistungspegel, Bereich mit IO3

Mastskizzen



Leiterseilbelegung, maximale Randfeldstärken (RFS), Schalleistungspegel (L'_{WA}) nach EPRI (AC) bzw. BPA (DC) – berechnet mit Winfield für Vollauslastung, ggf. zzgl. Korrekturen (s.u.):

| Spannfeld | Leiterbezeichnung Profilplan | Spannungsebene / Betriebsfrequenz | Beseilung | AC/DC-Hybridbetrieb | | reiner AC-Betrieb | |
|--|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| | | | | RFS [kV/cm] | L'_{WA} @ 0 mm/h [dB/m] | RFS [kV/cm] | L'_{WA} @ 3.5 mm/h [dB/m] |
| Planvorhaben (Zusatzbelastung) Bl. 4134, Mast 1001 – 2, Bereich mit IO3 | A | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 265/35 | 16,54 | 60,2 -27 -3 * | 16,54 | 60,2 -3 * |
| | B | | | 16,00 | 58,3 -27 -3 * | 16,08 | 58,6 -3 * |
| | C | | | 15,91 | 57,9 -27 * | 15,73 | 57,2 |
| | G | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 265/35 | 17,48 | 63,3 -27 -3 * | 17,33 | 62,8 -3 * |
| | H | | | 15,09 | 54,7 -27 * | 15,40 | 56,0 |
| | K | | | 15,82 | 57,6 -27 * | 15,78 | 57,5 |
| | D,E,F | nicht in Betrieb | 4x AL/ACS 265/35 | -- | -- | -- | -- |
| | I | DC neutral ** | | -- | -- | 16,22 | 59,1 -3 * |
| | J | DC- 380 kV ** | | 26,92 | 48,1 +2 * | 15,53 | 56,5 -3 * |
| | N | DC+ 380 kV ** | | 25,33 | 55,8 +2 * | 14,87 | 53,8 -3 * |
| P,R | SLH | - | -- | -- | -- | -- | |

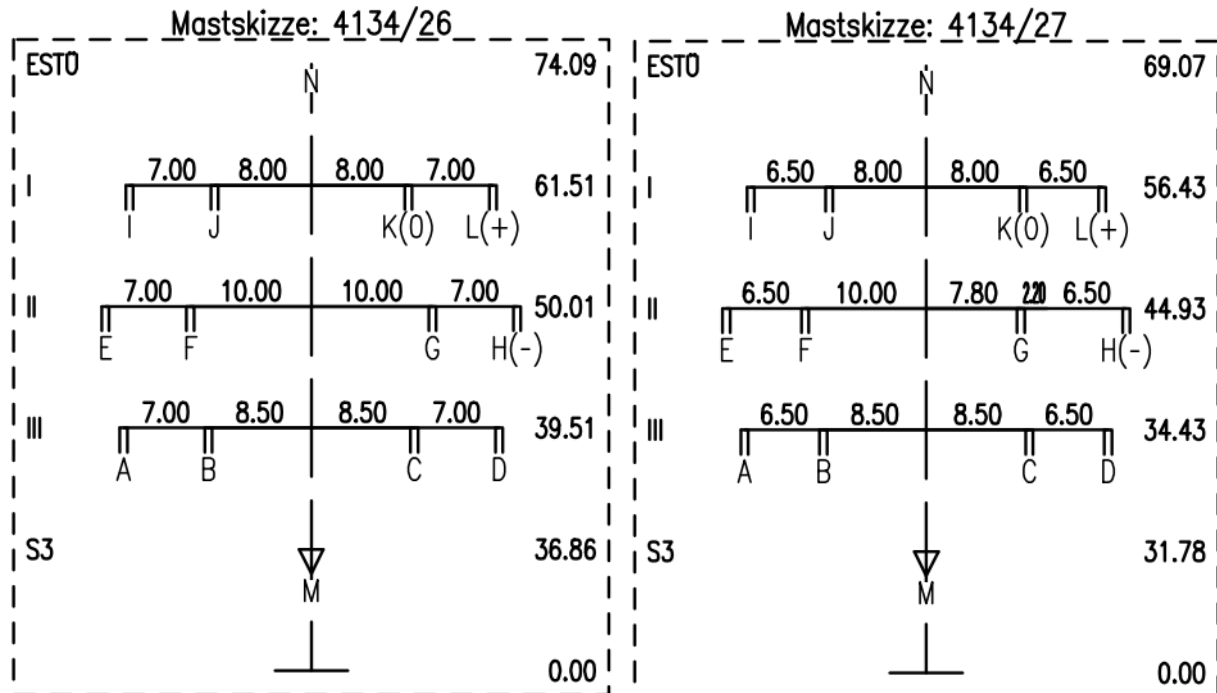
* pauschale Korrekturen: - trockenes Sommerwetter, DC: +2 dB (vgl. Anhang A.3.2)
 - niederschlagsfreier Zustand im Vgl. zu 3,5mm/h Regen, AC: -27 dB (vgl. Anhang A.3.1)
 - Minderungseffekt Seilalterung, AC: -3 dB (vgl. Abschnitt 8.4)

** Stromkreis im reinen AC-Betrieb (Umschaltoption) mit 380 kV / 50 Hz



A.4.5: Mastskizzen, Randfeldstärken, Schallleistungspegel, Bereich mit IO4

Mastskizzen



Leiterseilbelegung, maximale Randfeldstärken (RFS), Schallleistungspegel (L'w) nach EPRI (AC) bzw. BPA (DC) – berechnet mit Winfield für Volllast, ggf. zzgl. Korrekturen (s.u.):

| Spannfeld | Leiterbezeichnung Profilplan | Spannungsebene / Betriebsfrequenz | Beseilung | AC/DC-Hybridbetrieb | | reiner AC-Betrieb | | |
|---|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------|-------------------------|-------------------|---------------------------|-----------|
| | | | | RFS [kV/cm] | L'wa @ 0 mm/h [dB/m] | RFS [kV/cm] | L'wa @ 3.5 mm/h [dB/m] | |
| Planvorhaben (Zusatzbelastung) Bl. 4134, Mast 26 – 27, Bereich mit IO4 | A | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ST 265/35 | 16,71 | 60,6 -27 -3 * | 16,74 | 60,7 -3 * | |
| | B | | 4x AL/ACS 265/35 | 16,68 | 60,5 -27 | 16,60 | 60,3 | |
| | E | | 4x AL/ST 265/35 | 13,21 | 45,6 -27 -3 * | 13,32 | 46,2 -3 * | |
| | F | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 265/35 | 13,68 | 48,0 -27 * | 13,88 | 49,1 | |
| | I | | 4x AL/ST 265/35 | 16,37 | 59,5 -27 -3 * | 16,03 | 58,3 -3 * | |
| | J | | 4x AL/ACS 265/35 | 16,34 | 59,4 -27 * | 16,66 | 60,5 | |
| | C,D,G | nicht in Betrieb | | 4x AL/ACS 265/35 | -- | -- | -- | -- |
| | H | DC- 380 kV ** | 4x AL/ACS 265/35 | | 26,36 | 47,2 +2 * | 14,81 | 53,4 -3 * |
| | K | DC neutral ** | | | -- | -- | 16,22 | 59,0 -3 * |
| | L | DC+ 380 kV ** | | | 25,80 | 56,4 +2 * | 15,56 | 56,6 -3 * |
| M,N | SLH | | - | -- | -- | -- | -- | |

* pauschale Korrekturen: - trockenes Sommerwetter, DC: +2 dB (vgl. Anhang A.3.2)
 - niederschlagsfreier Zustand im Vgl. zu 3,5mm/h Regen, AC: -27 dB (vgl. Anhang A.3.1)
 - Minderungseffekt Seilalterung, AC: -3 dB (vgl. Abschnitt 8.4)

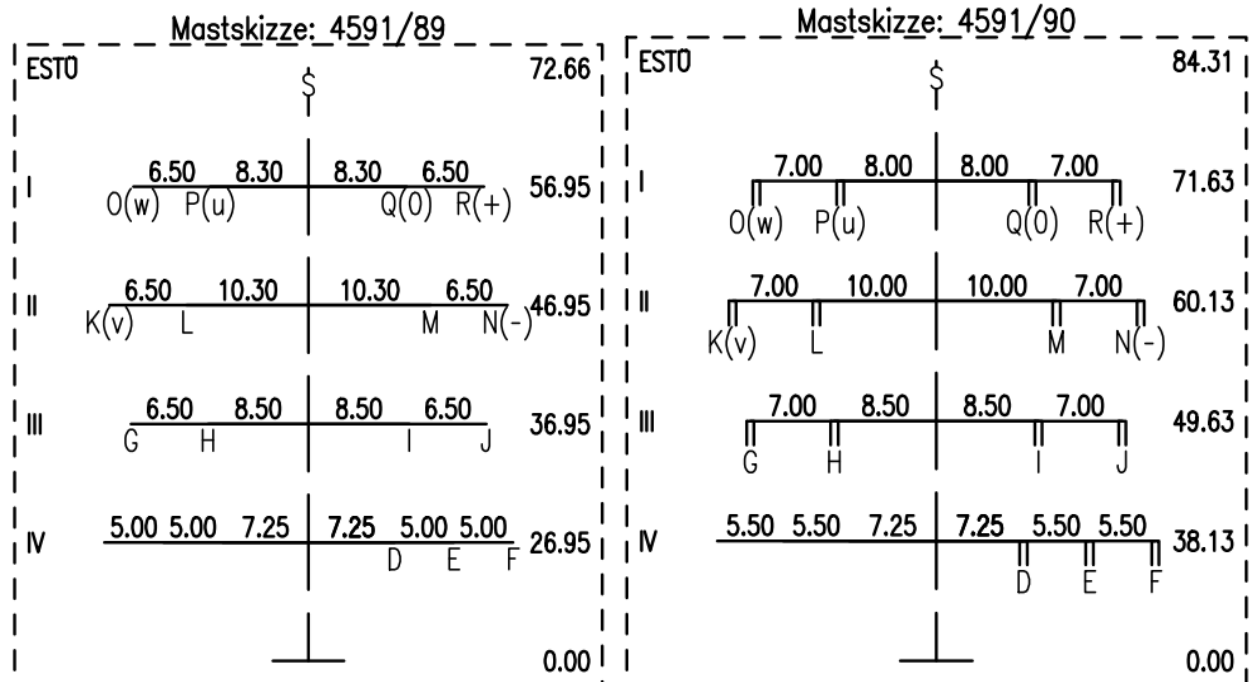
** Stromkreis im reinen AC-Betrieb (Umschloption) mit 380 kV / 50 Hz



A.4.6: Mastskizzen, Randfeldstärken, Schalleistungspegel, Bereich mit IO5

A.4.6.1: **Planvorhaben** (Zusatzbelastung) Bl. 4591, IO5

Mastskizzen

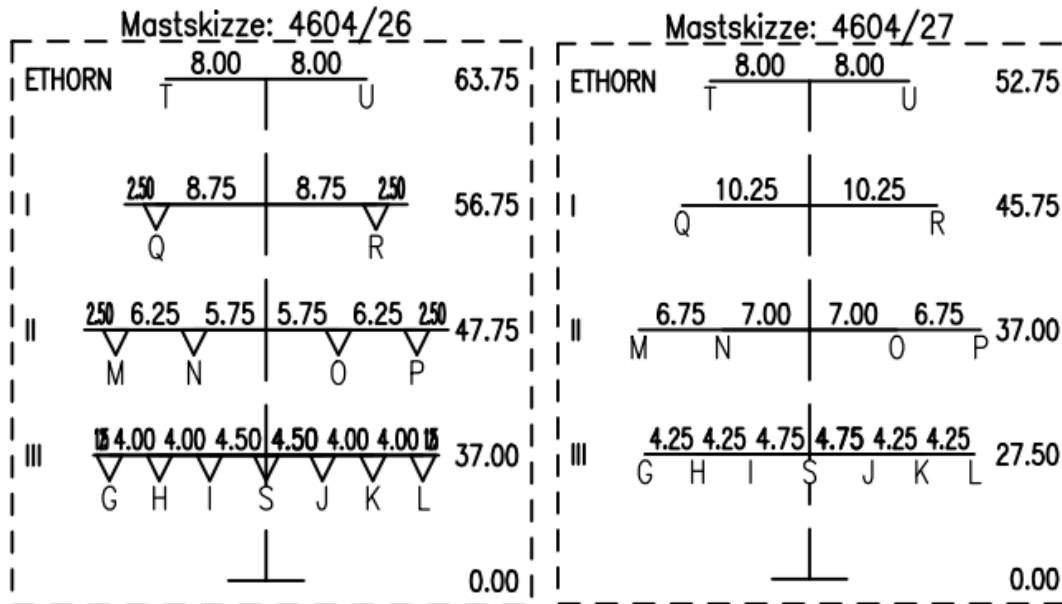


Leiterseilbelegung, maximale Randfeldstärken (RFS), Schalleistungspegel (L'_{w}) nach EPRI (AC) bzw. BPA (DC) – berechnet mit Winfield für Vollaustlastung, ggf. zzgl. Korrekturen (s.u.):

| Spannfeld | Leiterbezeichnung Profilplan | Spannungsebene / Betriebsfrequenz | Beseilung | AC/DC-Hybridbetrieb | | reiner AC-Betrieb | |
|---|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| | | | | RFS [kV/cm] | L'_{WA} @ 0 mm/h [dB/m] | RFS [kV/cm] | L'_{WA} @ 3.5 mm/h [dB/m] |
| Planvorhaben (Zusatzbelastung) Bl. 4591, Mast 89 – 90, Bereich mit IO5 | G,H,L | nicht in Betrieb | 4x AL/ACS 265/35 | -- | -- | -- | -- |
| | K | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 265/35 | 14,95 | 54,1 -27 -3 * | 14,80 | 52,9 -3 * |
| | O | | | 15,78 | 57,4 -27 -3 * | 15,80 | 57,0 -3 * |
| | P | | | 16,12 | 58,7 -27 -3 * | 16,73 | 60,3 -3 * |
| | D,E,F | nicht in Betrieb | 2x AL/ACS 265/35 | -- | -- | -- | -- |
| | I | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 265/35 | 16,16 | 58,8 -27 -3 * | 16,51 | 59,5 -3 * |
| | J | | | 15,78 | 57,4 -27 -3 * | 14,12 | 49,7 -3 * |
| | M | | | 15,66 | 57,0 -27 -3 * | 16,64 | 60,0 -3 * |
| | N | DC- 380 kV ** | 4x AL/ST 265/35 | 26,84 | 47,9 +2 * | 15,11 | 54,2 -3 * |
| | Q | DC neutral ** | | -- | -- | 17,16 | 61,7 -3 * |
| R | DC+ 380 kV ** | 26,08 | | 56,9 +2 * | 14,90 | 53,3 -3 * | |
| S | SLH | - | - | -- | -- | -- | -- |

* pauschale Korrekturen: - trockenes Sommerwetter, DC: +2 dB (vgl. Anhang A.3.2)
 - niederschlagsfreier Zustand im Vgl. zu 3,5mm/h Regen, AC: -27 dB (vgl. Anhang A.3.1)
 - Minderungseffekt Seilalterung, AC: -3 dB (vgl. Abschnitt 8.4)

** Stromkreis im reinen AC-Betrieb (Umschaltoption) mit 380 kV / 50 Hz

A.4.6.2: **Bestandsleitung** (Vorbelastung) Bl. 4604, IO5Mastskizzen

Leiterseilbelegung, maximale Randfeldstärken (RFS), Schallleistungspegel (L'_{w}) nach EPRI (AC)
– berechnet mit Winfield für Vollaustattung:

| Spannfeld | Leiterbezeichnung Profilplan | Spannungsebene / Betriebsfrequenz | Beseilung | RFS [kV/cm] | L'_{wA} @ 3.5 mm/h [dB/m] |
|--|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|----------------|--------------------------------|
| Bestandsleitung Bl. 4604, Mast 26 – 27, Bereich mit IO5 | G | AC 110 kV / 50 Hz | 2x AL/ST 265/35 | 5,37 * | -63,8 * |
| | H | | | 10,13 | 21,8 |
| | I | | | 6,79 * | -24,3 * |
| | M | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 550/70 | 11,89 | 48,4 |
| | N | | | 12,95 | 54,8 |
| | Q | | | 10,93 | 41,6 |
| | J | AC 110 kV / 50 Hz | 2x AL/ST 265/35 | 6,79 | -24,5 |
| | K | | | 10,19 | 22,2 |
| | L | | | 5,3 | -63,8 |
| | O | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 550/70 | 12,90 | 54,5 |
| | P | | | 11,98 | 49,0 |
| | R | | | 10,94 | 41,7 |
| | S,T,U | SLH/ES | | - | -- |

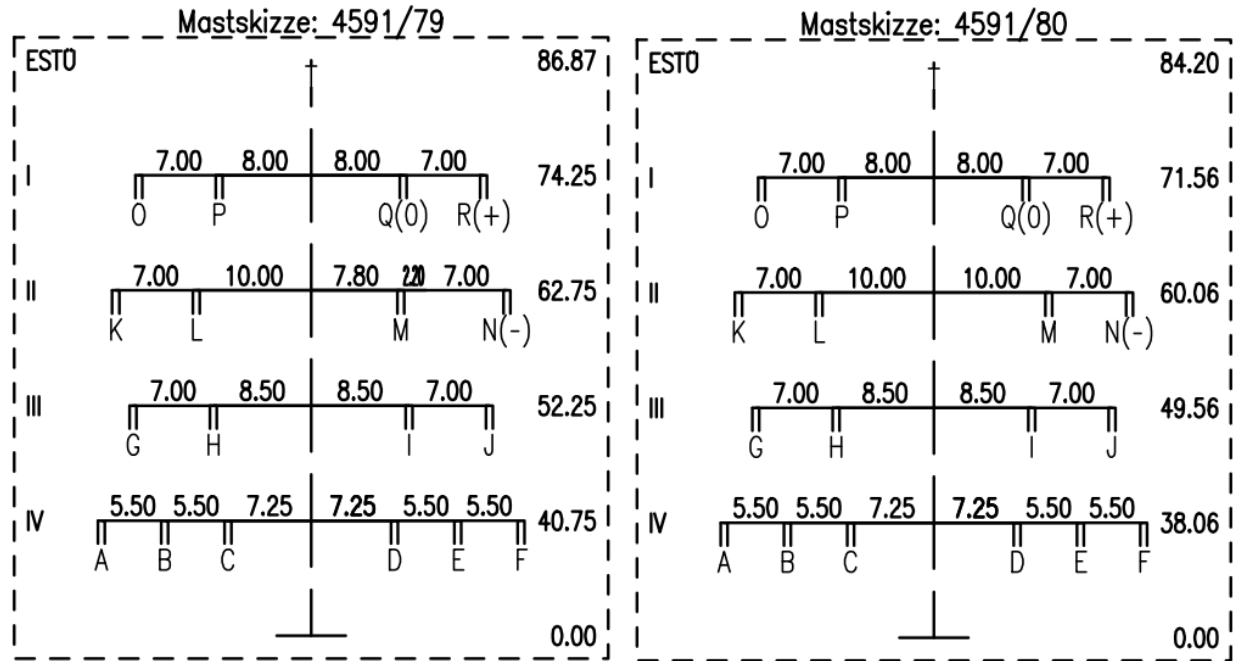
* außerhalb des Gültigkeitsbereichs von EPRI, da Randfeldstärke < 10 kV/cm



A.4.7: Mastskizzen, Randfeldstärken, Schalleistungspegel, Bereich mit IO6

A.4.7.1: **Planvorhaben** (Zusatzbelastung) Bl. 4591, IO6

Mastskizzen

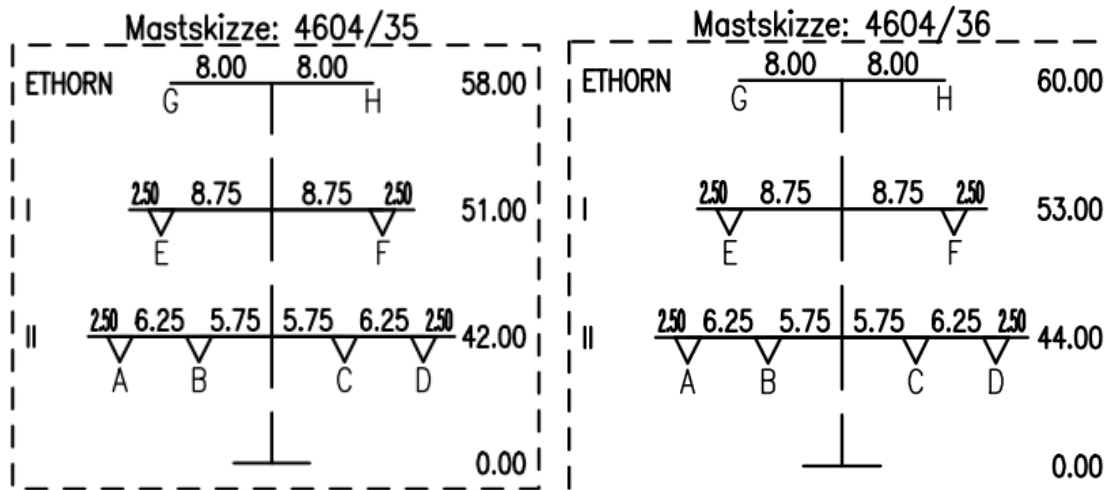


Leiterseilbelegung, maximale Randfeldstärken (RFS), Schalleistungspegel (L'w) nach EPRI (AC) bzw. BPA (DC) – berechnet mit Winfield für Vollaustlastung, ggf. zzgl. Korrekturen (s.u.):

| Spannfeld | Leiterbezeichnung Profilplan | Spannungsebene / Betriebsfrequenz | Beseilung | AC/DC-Hybridbetrieb | | reiner AC-Betrieb | |
|---|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------|-------------------------|-------------------|---------------------------|
| | | | | RFS [kV/cm] | L'wa @ 0 mm/h [dB/m] | RFS [kV/cm] | L'wa @ 3.5 mm/h [dB/m] |
| Planvorhaben (Zusatzbelastung) Bl. 4591, Mast 79 – 80, Bereich mit IO6 | A,B,C | nicht in Betrieb | 2x AL/ACS 265/35 | -- | -- | -- | -- |
| | G,H,L | nicht in Betrieb | 4x AL/ACS 265/35 | -- | -- | -- | -- |
| | K | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 265/35 | 14,84 | 53,6 -27 -3 * | 14,70 | 52,4 -3 * |
| | O | | | 15,68 | 57,1 -27 -3 * | 15,70 | 56,6 -3 * |
| | P | | | 16,09 | 58,6 -27 -3 * | 16,70 | 60,2 -3 * |
| | D,E,F | nicht in Betrieb | 2x AL/ACS 265/35 | -- | -- | -- | -- |
| | I | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 265/35 | 16,08 | 58,5 -27 -3 * | 16,47 | 59,3 -3 * |
| | J | | | 15,70 | 57,1 -27 -3 * | 14,07 | 49,5 -3 * |
| | M | | | 15,53 | 56,5 -27 -3 * | 16,58 | 59,8 -3 * |
| | N | DC- 380 kV ** | 4x AL/ST 265/35 | 26,53 | 47,5 +2 * | 15,04 | 53,9 -3 * |
| | Q | DC neutral ** | | -- | -- | 17,13 | 61,6 -3 * |
| | R | DC+ 380 kV ** | | 25,73 | 56,4 +2 * | 14,84 | 53,1 -3 * |
| | T | SLH | - | -- | -- | -- | -- |

* pauschale Korrekturen: - trockenes Sommerwetter, DC: +2 dB (vgl. Anhang A.3.2)
 - niederschlagsfreier Zustand im Vgl. zu 3,5mm/h Regen, AC: -27 dB (vgl. Anhang A.3.1)
 - Minderungseffekt Seilalterung, AC: -3 dB (vgl. Abschnitt 8.4)

** Stromkreis im reinen AC-Betrieb (Umschaltoption) mit 380 kV / 50 Hz

A.4.7.2: **Bestandsleitung** (Vorbelastung) Bl. 4604, IO6Mastskizzen

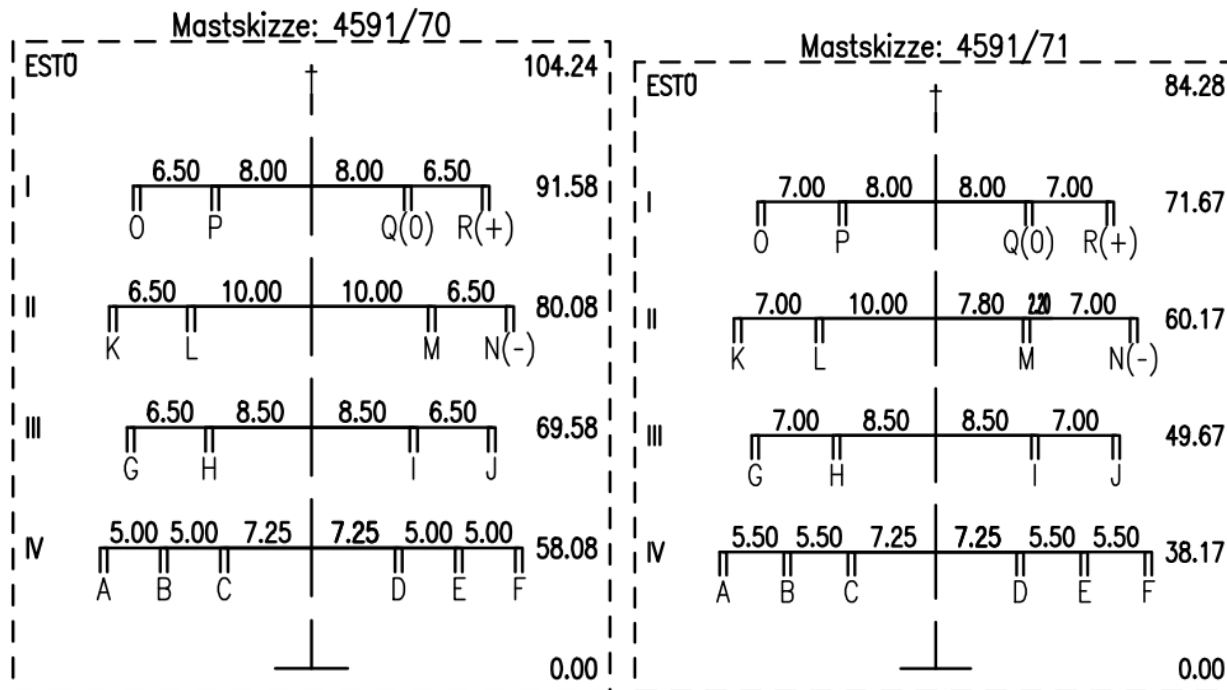
Leiterseilbelegung, maximale Randfeldstärken (RFS), Schalleistungspegel (L'_{w}) nach EPRI (AC)
 – berechnet mit Winfield für Vollaustattung:

| Spannfeld | Leiterbezeichnung Profilplan | Spannungsebene / Betriebsfrequenz | Beseilung | RFS [kV/cm] | L'_{wA} @ 3.5 mm/h [dB/m] |
|---|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|----------------|--------------------------------|
| Bestandsleitung Bl. 4604, Mast 35 – 36, Bereich mit IO6 | A | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 550/70 | 11,88 | 48,4 |
| | B | | | 12,95 | 54,8 |
| | E | | | 10,86 | 41,0 |
| | C | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 550/70 | 12,95 | 54,8 |
| | D | | | 11,88 | 48,3 |
| | F | | | 10,86 | 41,0 |
| | G,H | SLH/ES | - | -- | -- |



A.4.8: Mastskizzen, Randfeldstärken, Schalleistungspegel, Bereich mit IO7

Mastskizzen



Leiterseilbelegung, maximale Randfeldstärken (RFS), Schalleistungspegel (L'_{WA}) nach EPRI (AC) bzw. BPA (DC) – berechnet mit Winfield für Vollauslastung, ggf. zzgl. Korrekturen (s.u.):

| Spannfeld | Leiterbezeichnung Profilplan | Spannungsebene / Betriebsfrequenz | Beseilung | AC/DC-Hybridbetrieb | | reiner AC-Betrieb | |
|---|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| | | | | RFS [kV/cm] | L'_{WA} @ 0 mm/h [dB/m] | RFS [kV/cm] | L'_{WA} @ 3.5 mm/h [dB/m] |
| Planvorhaben (Zusatzbelastung) Bl. 4591, Mast 70 – 71, Bereich mit IO7 | A,B,C | nicht in Betrieb | 2x AL/ACS 265/35 | -- | -- | -- | -- |
| | G,H,L | nicht in Betrieb | 4x AL/ACS 265/35 | -- | -- | -- | -- |
| | K | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 265/35 | 14,79 | 53,4 -27 -3 * | 14,65 | 52,3 -3 * |
| | O | | | 15,61 | 56,8 -27 -3 * | 15,63 | 56,3 -3 * |
| | P | | | 16,11 | 58,7 -27 -3 * | 16,73 | 60,3 -3 * |
| | D,E,F | nicht in Betrieb | 2x AL/ACS 265/35 | -- | -- | -- | -- |
| | I | AC 380 kV / 50 Hz | 4x AL/ACS 265/35 | 16,11 | 58,7 -27 -3 * | 16,57 | 59,7 -3 * |
| | J | | | 15,60 | 56,7 -27 -3 * | 13,86 | 48,5 -3 * |
| | M | | | 15,41 | 56,0 -27 -3 * | 16,30 | 58,8 -3 * |
| | N | DC- 380 kV ** | 4x AL/ST 265/35 | 26,25 | 47,1 +2 * | 14,51 | 51,6 -3 * |
| | Q | DC neutral ** | | -- | -- | 17,21 | 61,9 -3 * |
| | R | DC+ 380 kV ** | | 25,75 | 56,5 +2 * | 14,93 | 53,5 -3 * |
| T | SLH | - | -- | -- | -- | -- | |

* pauschale Korrekturen: - trockenes Sommerwetter, DC: +2 dB (vgl. Anhang A.3.2)
 - niederschlagsfreier Zustand im Vgl. zu 3,5mm/h Regen, AC: -27 dB (vgl. Anhang A.3.1)
 - Minderungseffekt Seilalterung, AC: -3 dB (vgl. Abschnitt 8.4)

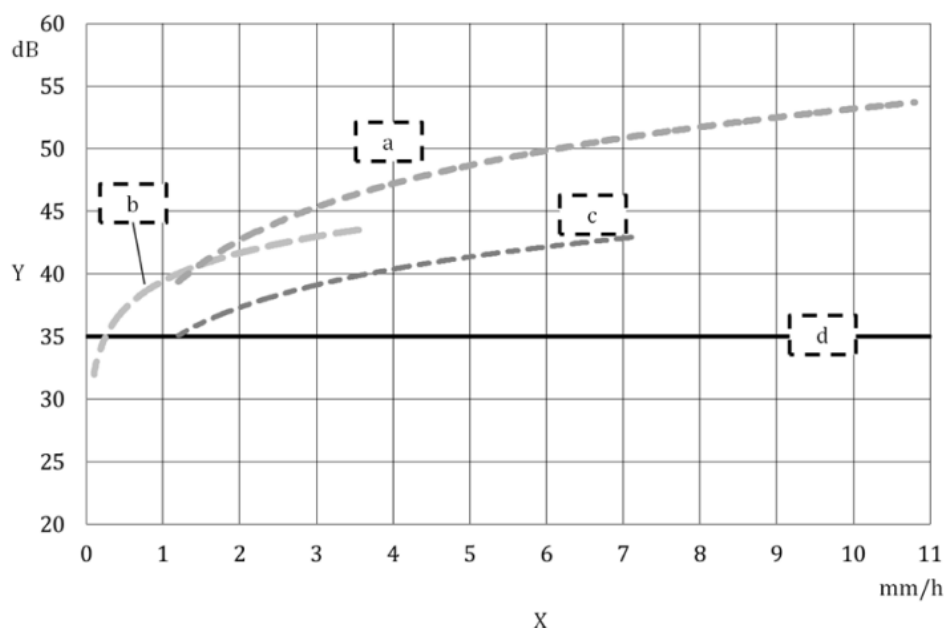
** Stromkreis im reinen AC-Betrieb (Umschaltoption) mit 380 kV / 50 Hz

Anhang 5 - Geräuschpegel von Regenfremdgeräuschen

Die Grafik zeigt den Eigengeräuschpegel L_{pAF95} des Niederschlags in Form von Regen, gemessen von 2 unabhängigen Instituten [Lärmbekämpfung Bd. 6 (2012) Nr. 4 – Juli, HLUg-Studie 2015], die als Trendkurven dargestellt wurden. Die erzeugten Fremdgeräusche liegen beispielsweise bei Niederschlagsereignissen mit 3,5 mm/h als umgebungsabhängige Hintergrundsummenpegel L_{pAF95} zwischen ca. 40 dB (Wiese) bis 46 dB (Ortsrand). Hiermit wird veranschaulicht, dass die Betriebssituation mit Niederschlag einen Sonderzustand hinsichtlich der auftretenden Fremdgeräusche bedeutet.

Nach den Trendkurven kann die Einhaltung eines Richtwertanteiles z.B. für reine Wohngebiete [im Regelfall mit 35 dB – 6 dB = 29 dB (A-bewertet)] für eine Zusatzbelastung durch Koronageräusche nicht messtechnisch nachgewiesen werden, wenn der L_{pAF95} des Niederschlags bereits 10 dB oder deutlicher darüber liegt.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass sich die Hörschwelle in Gegenwart von anderen Schallquellen verändert, d.h. es entstehen Bereiche in der Umgebung der anregenden Frequenzen, in denen Schallereignisse mit geringerem Pegel nicht mehr wahrnehmbar sind (Maskierung). In unmittelbarer Frequenznähe zum „Maskierer“ (vorliegend Regenfremdgeräusche) genügt eine Pegeldifferenz von ca. 5 – 6 dB, sodass die niedrigeren Pegel nicht mehr wahrnehmbar sind [Dickreiter, M. et al.: Handbuch der Tonstudioteknik, Band 1, 8. Auflage, De Gruyter/Saur Verlag, 2014]. Aufgrund der ähnlichen pegelbestimmenden Frequenzbereiche von Regenfremdgeräuschen und Koronageräuschen (Oktavbänder von ca. 1 kHz bis 4 kHz) ist eine Maskierung bei entsprechenden Pegeldifferenzen für den überwiegenden Frequenzbereich der Koronageräusche zu erwarten. (Hinweis: die tonalen Emissionen bei 100 Hz sind von der beschriebenen Maskierung deutlich weniger betroffen).



Legende

| | | | | | |
|---|---|---|---------------|---|--|
| X | Regenintensität, in mm/h | a | Ortsrand | c | Wiese |
| Y | A-bewerteter Regen- geräuschpegel, in dB | b | Aussiedlerhof | d | Nächtlicher Immissionsrichtwert WR (Reines Wohngebiet), in dB |



Anhang 6 – untersuchte potenziell maßgebliche Immissionsorte

Rechnerisch untersuchte Gebäude/Immissionsorte entlang der Trassen und zu erwartender Beurteilungspegel L_r im reinen AC-Betrieb (Umschaltoption) bei 3,5 mm/h Niederschlag. Dargestellt sind jeweils die am stärksten betroffenen Immissionsorte/Fenster der Gebäude. Die Auflistung ist nicht abschließend sondern stellt ebenfalls eine Auswahl von repräsentativen und am stärksten betroffenen Immissionsorten dar innerhalb eines zusammenhängenden bebauten Bereiches mit vergleichbaren Randbedingungen. Abkürzungen und Erläuterung zur Tabelle siehe unten.

| Lfd. Nr. | Adresse | Koordinaten UTM, Z: 32U, WGS84 Nord / Ost | Gebietsausweisung lt. B-Plan od. tatsächl. Nutz. | repräsentiert durch | L_r Zusatz- belastung [dB(A)] | Kommentar | L_r Vor- belastung [dB(A)] | L_r Gesamt- belastung [dB(A)] |
|----------|--|---|--|------------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | nordwestl. Ortsrand Weilbach (unbebaut), 65439 Flörsheim, freier IO an nördl. Grenze von Wohnbaufläche (FNP), h=5,6m | 459151.4 / 5544330.4 | W -> WA ¹⁾ | IO4 | 34,2 | ZB n. relevant | - | - |
| 2 | Langenhainer Str. 56, 65439 Flörsheim | 459110.3 / 5544078.3 | WA ²⁾ | IO4 | 28,5 | außerhalb EW PV | - | - |
| 3 | Pfarrgasse 61, 65239 Hochheim | 456518.2 / 5542889.2 | W -> WR ¹⁾ | =IO1 | 35,4 | | - | 35 |
| 4 | Pfarrgasse 45, 65239 Hochheim | 456335.1 / 5542939.6 | WR ³⁾ | IO1 | 29,7 | | - | 30 |
| 5 | Akazienring 2a, 65239 Hochheim | 455335.5 / 5542548.9 | WR ⁴⁾ | IO1 | 22,8 | außerhalb EW PV | - | - |
| 6 | geplantes GI östliche Frankfurter Str. (unbebaut), 65239 Hochheim, freier IO an nordöstl. Baugrenze, h=5,6m | 455176.6 / 5541145.8 | GI ⁵⁾ | - | 50,8 | außerhalb EW PV | - | - |
| 7 | geplantes GE östliche Frankfurter Str. (unbebaut), 65239 Hochheim, freier IO an südöstl. Baugrenze, h=5,6m | 455335.1 / 5540822.0 | GE ⁵⁾ | =IO2 | 49,5 | | - | 50 |
| 8 | Hajo-Rüter-Str. 21, 65239 Hochheim | 455109.1 / 5540646.8 | GE ⁶⁾ | IO2 | 31,2 | außerhalb EW PV | - | - |
| 9 | Wieserruh 4, 65239 Hochheim | 455436.8 / 5539743.9 | AU -> MI ¹⁾ | IO3 | 31,2 | außerhalb EW PV | - | - |
| 10 | Mainzer Str. 151, 65428 Rüsselsheim | 454974.0 / 5538078.4 | AU -> MI ¹⁾ | IO3 | 42,4 | | - | 42 |
| 11 | In d. Hochgewann 1, 65474 Bischofsheim | 454669.4 / 5537960.5 | WA ⁷⁾ | IO4 | 27,7 | außerhalb EW PV | - | - |
| 12 | Ulmenstr. 34, 65474 Bischofsheim | 454510.4 / 5538217.8 | WR ⁷⁾ | IO1 | 24,6 | außerhalb EW PV | - | - |
| 13 | Außerhalb 24, 65474 Bischofsheim | 455526.5 / 5537125.4 | AU -> MI ¹⁾ | IO3 | 35,6 | ZB n. relevant | - | - |
| 14 | Paul-Hessemer-Str. 51, 65428 Rüsselsheim | 456452.7 / 5536566.2 | LWS -> MI ⁸⁾ | =IO3 | 47,1 | | - | 47 |
| 15 | Im Wüsten Forst 16, 65474 Bischofsheim | 456480.4 / 5536154.3 | AU -> MI ⁹⁾ | IO3 | 39,5 | | - | 40 |
| 16 | Oberach 6, 65468 Siedlung Oberach - Trebur | 459920.5 / 5530301.6 | AU -> MI ⁹⁾ | IO3 | 38,1 | ZB n. relevant | - | - |
| 17 | Oberach 5, 65468 Siedlung Oberach - Trebur | 459870.2 / 5530258.4 | AU -> MI ⁷⁾ | IO3 | 36,8 | ZB n. relevant | - | - |
| 18 | An der Pforte 82, 64521 Groß-Gerau | 461161.8 / 5528562.8 | W -> WA ¹⁾ | IO4 | 40,7 | | - | 41 |
| 19 | Berkacher Weg 10, 64521 Groß-Gerau | 461245.4 / 5528443.8 | W -> WA ¹⁾ | IO4 | 41,9 | | - | 42 |
| 20 | Berkacher Weg 20, 64521 Groß-Gerau (nordöstl. Gebäude) | 461295.5 / 5528378.7 | W -> WA ¹⁾ | =IO4 | 42,0 | | - | 42 |
| 21 | Ahornweg 34, 64521 Groß-Gerau | 461353.6 / 5528219.9 | WA ¹⁰⁾ | IO4 | 39,3 | | - | 39 |
| 22 | Ahornweg 34, 64521 Groß-Gerau | 461448.1 / 5528078.5 | WA ¹⁰⁾ | IO4 | 39,3 | | - | 39 |
| 23 | Im Osterbruch 1, 64521 Groß-Gerau | 461571.7 / 5528224.7 | AU -> MI ¹⁾ | IO3 | 46,1 | | - | 46 |
| 24 | Alma-Mahler-Werfel-Str. 22, 64521 Groß-Gerau | 462219.6 / 5527883.0 | WR ¹¹⁾ | IO1 | 28,5 | ZB n. relevant | - | - |
| 25 | Taunusstr. 90 (Riedhof), 64521 Groß-Gerau | 461885.3 / 5525864.0 | AU -> MI ¹⁾ | IO3 | 40,1 | | - | 40 |
| 26 | Taunusstr. 80A, 64521 Groß-Gerau | 462226.1 / 5525245.0 | W -> WA ¹⁾ | IO4 | 40,7 | | - | 41 |
| 27 | Taunusstr. 34, 64521 Groß-Gerau | 462161.2 / 5524841.2 | WA ¹²⁾ | IO4 | 37,4 | | - | 37 |



| Lfd. Nr. | Adresse | Koordinaten UTM, Z: 32U, WGS84 Nord / Ost | Gebietsausweisung lt. B-Plan od. tatsächl. Nutz. | repräsentiert durch | Lr Zusatz- belastung [dB(A)] | Kommentar | Lr Vor- belastung [dB(A)] | Lr Gesamt- belastung [dB(A)] |
|----------|--|---|--|------------------------|------------------------------------|-----------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 28 | Rheinstr. 77, 64521 Groß-Gerau | 462164.3 / 5525547.0 | AU -> MI ¹⁾ | IO3 | 43,5 | | - | 44 |
| 29 | Am Schwarzen Berg 21, 64521 Groß-Gerau | 462680.2 / 5523891.3 | AU -> MI ¹⁾ | IO3 | 37,1 | ZB n. relevant | - | - |
| 30 | In der Flora 1, 64560 Riedstadt | 463808.1 / 5523309.4 | LWS -> MI ¹³⁾ | IO3 | 39,5 | | - | 40 |
| 31 | Ernst-Ludwig-Str. 78, 64560 Riedstadt | 464400.2 / 5522964.9 | WA ¹⁴⁾ | IO4 | 33,4 | ZB n. relevant | - | - |
| 32 | An der B 26 (Motormühle), 64560 Riedstadt | 465767.7 / 5522821.4 | LWS -> MI ¹³⁾ | IO6 | 43,7 | | 21,9 | 44 |
| 33 | Außerhalb 20, 64347 Griesheim | 466137.7 / 5522841.5 | AU -> MI ¹⁵⁾ | IO6 | 35,2 | außerhalb EW PV | - | - |
| 34 | Außerhalb 39, 64347 Griesheim | 466632.7 / 5521725.8 | AU -> MI ¹⁵⁾ | IO6 | 44,0 | | 23,0 | 44 |
| 35 | Darmstädter Str. 130, 64319 Pfungstadt | 469018.1 / 5518832.9 | SO/AU -> MI ¹⁶⁾ | IO6 | 31,5 | außerhalb EW PV | - | - |
| 36 | Außerhalb 84, 64319 Pfungstadt (kein Wohnhaus) | 470101.9 / 5517972.0 | SO -> MI (IRW tag) ¹⁷⁾ | (IO6) | 43,0 | außerhalb EW PV | - | - |
| 37 | Ludwig-Clemenz Str. 69, 64319 Pfungstadt | 470510.0 / 5517689.5 | WR ¹⁸⁾ | IO7 | 27,5 | ZB n. relevant | - | - |
| 38 | Gebrüder-Grimm-Str. 29, 64319 Pfungstadt | 470233.0 / 5516939.3 | WA ¹⁹⁾ | =IO5 | 36,9 | | 35,7 | 39 |
| 39 | Gebrüder-Grimm-Str. 27, 64319 Pfungstadt | 470238.4 / 5516923.8 | WA ¹⁹⁾ | IO5 | 36,7 | | 35,3 | 39 |
| 40 | Hartenauer Hof 4, 64404 Bickenbach (Hauptgebäude) | 468980.3 / 5513365.6 | AU -> MI ²⁰⁾ | IO6 | 42,6 | | 32,8 | 43 |
| 41 | Hartenauer Hof 4, 64404 Bickenbach (östl. Gebäude) | 468999.8 / 5513375.0 | AU -> MI ²⁰⁾ | =IO6 | 43,6 | | 33,8 | 44 |
| 42 | Im Ritterbruch 27, 64665 Alsbach-Hähnlein | 468661.0 / 5509370.1 | WR ²¹⁾ | =IO7 | 27,8 | ZB n. relevant | - | - |
| 43 | Im Neugarten 20, 64625 Bensheim | 467621.1 / 5507657.2 | WA ²²⁾ | IO4 | 32,0 | ZB n. relevant | - | - |
| 44 | Verdistr. 22, 68647 Biblis | 461066.9 / 5505062.3 | WA ²³⁾ | IO4 | 33,1 | ZB n. relevant | - | - |

Abkürzungen:

LWS = Flächen für die Landwirtschaft / **AU** = Außenbereich / **MI** = Mischgebiet / **WA** = Allgemeines Wohngebiet / **WR** = Reines Wohngebiet

L_r = Beurteilungspegel bei 3,5mm/h Niederschlag im AC-Betrieb, inklusive Tonzuschlag $K_T = 3dB$

ZB n. relevant = Zusatzbelastung nicht relevant gemäß TA Lärm, Untersuchung der Vorbelastung ist nicht erforderlich

außerhalb EW PV = Immissionsort liegt außerhalb des Einwirkungsbereiches des Planvorhabens, Untersuchung der Vorbelastung ist nicht erforderlich



Fortsetzung Anhang 6 (Erläuterungen)

Erläuterung zu Spalte „Gebietsausweisung“ / Verweise:

- 1) Regionalplan/Regionaler Flächennutzungsplan 2010, FrankfurtRheinMain, Planstand 31.05.2021, i.V.m. Angaben durch die Stadt Hochheim und Groß-Gerau
- 2) B-Plan der Stadt Flörsheim, Stadtteil Weilbach, „Langenhainer Strasse“, in Kraft getr. am 06.02.1993
- 3) B-Plan der Stadt Hochheim, OT Massenheim, Nr. 6 „Im Stein I“ + Änderungen, i.V.m. Angaben durch die Stadt Hochheim
- 4) B-Plan der Stadt Hochheim, OT Massenheim, Nr. 2 „Rechts dem Hochheimer Weg“ (Gartenstadt) + Änderungen, i.V.m. Angaben durch die Stadt Hochheim
- 5) B-Plan der Stadt Hochheim Nr. XXXIX „Gewerbegebiet östliche Frankfurter Straße“, in Kraft getr. am 17.08.2012
- 6) B-Plan der Stadt Hochheim Nr. VII d „Östlich der Dr.-Ruben-Rausing-Strasse“, in Kraft getr. am 17.05.1997
- 7) B-Plan der Gemeinde Bischofsheim „Im Unteren Pfaffenstück, 1. Änderung“, in Kraft getr. 28.08.1978
- 8) B-Plan der Stadt Rüsselsheim Nr. 68 „Böllensee Nord“, in Kraft getr. 26.05.1973, i.V.m. Angaben durch die Stadt Rüsselsheim
- 9) Flächennutzungsplan der Gemeinde Trebur, Stand 1997B-Plan der
- 10) B-Plan der Stadt Groß-Gerau „In der Langen Hecke, 1. Änderung“, in Kraft getr. 18.03.1976
- 11) B-Plan der Stadt Groß-Gerau „Auf Esch III, 1. Änderung“, in Kraft getr. 04.02.1999
- 12) B-Plan der Stadt Groß-Gerau „Ortsmitte westlich der B 44“, in Kraft getr. 27.02.1970
- 13) Flächennutzungsplan der Stadt Riedstadt, Stand 2005
- 14) B-Plan der Stadt Riedstadt „Das große Meerchen“, in Kraft getr. 23.04.1982
- 15) Flächennutzungsplan der Stadt Griesßheim, Stand 1997
- 16) Flächennutzungsplan der Stadt Pfungstadt, Stand 1981
- 17) B-Plan der Stadt Pfungstadt „Tierheim und Tierzuchtanlage“, in Kraft getr. 12.10.2001
- 18) B-Plan der Stadt Pfungstadt „Nördl. der Ludwig-Clemenz-Straße“, in Kraft getr. 24.02.1966
- 19) B-Plan der Stadt Pfungstadt „Pfungstadt - West“, in Kraft getr. 16.04.2004
- 20) Flächennutzungsplan der Gemeinde Bickenbach, Stand 1994
- 21) B-Plan der Gemeinde Alsbach-Hähnlein „Süd West, 1.Änderung“, 03.12.1979
- 22) B-Plan der Stadt Bensheim Nr. 04-01 „Im Pferch“, 1.Änderung, in Kraft getr. 15.12.1995
- 23) B-Plan der Gemeinde Biblis Nr. 05 „Rödergewann II“, 16.11.1978

Anhang 7 – Übersicht Berechnungsergebnisse / Immissionspegel

A.7.1: Zusatzbelastung, Immissionen durch nicht witterungsbedingte Anlagengeräusche, AC/DC-Hybridbetrieb

Übersicht der Langzeit-Mittelungspegel $L_{AT}(LT)$ nach DIN ISO 9613-2

Zusatzbelastung / zu ändernde Freileitungen Bl. 4588, Bl. 4570, Bl. 4206, Bl. 4207

AC/DC-Hybridbetrieb, Betriebszustand bei **trockenem Sommerwetter**

| Gebäude- name/ Aufpunkt- bezeichnung | Etag- e/ Fassade | Koordinaten (UTM32) | | Höhe | | $L_{AT}(LT)$ Nacht [dB] |
|---|------------------------|---------------------|------------------|---------------|----------------|-------------------------------|
| | | Ost / Länge | Nord / Breite | ü.N.N. [m] | relativ [m] | |
| IO1: Pfarrgasse 61, Hochheim | 1.OG / OSO | 456518.2 | 5542889.2 | 149,0 | 5,6 | 26,7 |
| IO2: südöstl. Baugr. GE, Hochheim | 1.OG / FREI | 455335.1 | 5540822.0 | 129,8 | 5,6 | 37,1 |
| IO3: Paul-Hessemer-Str. 51, Rüsselsheim | 2.OG / WSW | 456452.7 | 5536566.2 | 97,4 | 8,4 | 31,7 |
| IO4: Berkacher Weg 20, Groß-Gerau | 1.OG / NO | 461295.5 | 5528378.7 | 91,6 | 5,0 | 32,7 |
| IO5: Gebrüder-Grimm-Str. 29, Pfungstadt | 1.OG / WSW | 470233.0 | 5516939.3 | 104,7 | 5,6 | 28,2 |
| IO6: Hartenauer Hof 4, Bickenbach | EG / OSO | 468999.8 | 5513375.0 | 95,1 | 2,8 | 33,3 |
| IO7: Im Ritterbruch 27, Alsbach-Hähnlein | EG / WSW | 468661.0 | 5509370.1 | 94,8 | 2,8 | 18,6 |

A.7.2: Zusatzbelastung, Immissionen durch witterungsbedingte Anlagengeräusche, reiner AC-Betrieb (Umschaltoption)

Übersicht der Langzeit-Mittelungspegel $L_{AT}(LT)$ nach DIN ISO 9613-2

Zusatzbelastung / zu ändernde Freileitungen Bl. 4588, Bl. 4570, Bl. 4206, Bl. 4207

AC-Betrieb (Umschaltoption), Betriebszustand mit **3,5 mm/h Niederschlag**

| Gebäude- name/ Aufpunkt- bezeichnung | Etag- e/ Fassade | Koordinaten (UTM32) | | Höhe | | $L_{AT}(LT)$ Nacht [dB] |
|---|------------------------|---------------------|------------------|---------------|----------------|-------------------------------|
| | | Ost / Länge | Nord / Breite | ü.N.N. [m] | relativ [m] | |
| IO1: Pfarrgasse 61, Hochheim | 1.OG / OSO | 456518.2 | 5542889.2 | 149,0 | 5,6 | 32,4 |
| IO2: südöstl. Baugr. GE, Hochheim | 1.OG / FREI | 455335.1 | 5540822.0 | 129,8 | 5,6 | 46,5 |
| IO3: Paul-Hessemer-Str. 51, Rüsselsheim | 2.OG / WSW | 456452.7 | 5536566.2 | 97,4 | 8,4 | 44,1 |
| IO4: Berkacher Weg 20, Groß-Gerau | 1.OG / NO | 461295.5 | 5528378.7 | 91,6 | 5,0 | 39,0 |
| IO5: Gebrüder-Grimm-Str. 29, Pfungstadt | 1.OG / WSW | 470233.0 | 5516939.3 | 104,7 | 5,6 | 33,9 |
| IO6: Hartenauer Hof 4, Bickenbach | EG / OSO | 468999.8 | 5513375.0 | 95,1 | 2,8 | 40,6 |
| IO7: Im Ritterbruch 27, Alsbach-Hähnlein | EG / WSW | 468661.0 | 5509370.1 | 94,8 | 2,8 | 24,8 |

A.7.3: Vorbelastung, Immissionen durch witterungsbedingte Anlagengeräusche, AC-Betrieb

Übersicht der Langzeit-Mittelungspegel $L_{AT}(LT)$ nach DIN ISO 9613-2

Vorbelastung / bestehende Freileitungen Bl. 4206, Bl. 4570

AC-Betrieb (Umschaltoption), Betriebszustand mit **3,5 mm/h Niederschlag**

| Gebäude- name/ Aufpunkt- bezeichnung | Etag- e/ Fassade | Koordinaten (UTM32) | | Höhe | | $L_{AT}(LT)$ Nacht [dB] |
|--|------------------------|---------------------|------------------|---------------|----------------|-------------------------------|
| | | Ost / Länge | Nord / Breite | ü.N.N. [m] | relativ [m] | |
| IO5: Gebrüder-Grimm-Str. 29, Pfungstadt | 1.OG / WSW | 470233.0 | 5516939.3 | 104,7 | 5,6 | 32,7 |
| IO6: Hartenauer Hof 4, Bickenbach | EG / OSO | 468999.8 | 5513375.0 | 95,1 | 2,8 | 30,8 |

Anhang 8 – Emissionsdaten / Oktavspektren

Die Summen-Schalleistungspegel der einzelnen Spannfelder und Phasen sind den Tabellen in Anhang A.4.2 – A.4.8 zu entnehmen. Hierbei wurde jeweils folgendes Relativspektrum hinterlegt:

| | 63 Hz | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz | 4000 Hz | 8000 Hz | Gesamt |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Relativspektrien Koronageräusche | [dB(A)] | [dB(A)] | [dB(A)] | [dB(A)] | [dB(A)] | [dB(A)] | [dB(A)] | [dB(A)] | [dB(A)] |
| AC, L'WA in dB/m bei Niederschlag | 18,1 | 30,4 | 31,1 | 35,4 | 41,3 | 44,8 | 44,7 | 43,3 | 50,0 |
| DC+, L'WA in dB/m bei Trockenheit | 18,8 | 18,5 | 30,4 | 35,7 | 39,7 | 43,3 | 44,9 | 45,1 | 50,0 |
| DC-, L'WA in dB/m bei Trockenheit | 18,2 | 22,7 | 28,2 | 31,3 | 34,0 | 39,6 | 45,2 | 47,3 | 50,0 |

Anhang 9 – Erläuterungen zu den Immissionstabellen

Die Berechnung der Immissionen erfolgt im Rechenkern einzeln für jede Phase und jedes Spannfeld. Innerhalb eines Spannfelds werden die einzelnen Phasen zudem in mehrere Segmente unterteilt, welche jeweils einzelne Linienquellen darstellen. Aufgrund der Vielzahl der sich hierdurch ergebenden Einzelquellen (Mehrere Hunderte bis Tausende) werden in den nachfolgenden Immissionstabellen je Immissionsort die Ergebnisse einzelner Phasen oder Stromkreise über mehrere Segmente und Spannfelder zusammengefasst dargestellt. Die einzelnen dargestellten Parameter in den Immissionstabellen geben daher nur Mittelwerte für die Vielzahl der einzelnen Segmente wieder, welche jedoch im Rechenkern jeweils einzeln normenkonform berechnet wurden.

| Abkürzung (nach DIN ISO 9613-2:1999-10, falls dort aufgeführt) | Erläuterung |
|--|---|
| L'WA in dB/m | = A-bewerteter längenbezogener Schalleistungspegel , Angabe in dB/m Phase oder Stromkreis |
| LWA in dB | = A-bewerteter Schalleistungspegel , gibt den aus der Länge [m] der Quelle und dem längenbezogenen Schalleistungspegel [dB(A)/m] berechneten immissionswirksamen Schalleistungspegel an. Vorliegend für Freileitungen nicht sinnvoll anzugeben, da die Gesamtschalleistung der Freileitungen eine untergeordnete Rolle spielt und die den Immissionsorten nahegelegenen Abschnitte pegelbestimmend sind. Daher vorliegend keine Angabe zu Lw im Gutachten. |
| dp in m | = Abstand Quelle - Immissionsort , wird bei Punktquellen automatisch dreidimensional ermittelt, d.h. es wird die jeweils tatsächliche, dem Abstandsmaß (dB) zugrundeliegende Entfernung, berechnet. Vorliegend bei Freileitungen als Linienquellen wird der Abstand zum nächstgelegenen Ersatzpunkt der Linienquelle dargestellt. Hierbei handelt es sich, abweichend von den weiteren Parametern, um keinen Mittelwert über alle Segmente, sondern um den tatsächlich minimalen Abstand des Aufpunkts zu den Freileitungen. |
| hm in m | = mittlere Höhe , mittlere Höhe des Ausbreitungswegs über dem Boden |
| Do in dB | = Raumwinkelmaß , wird von LIMA automatisch berechnet; Do beschreibt den Einfluss von quellennahen Reflektoren bzw. die Reflexion des zugehörigen Gebäudes. LIMA berechnet <u>kein</u> Do >6 dB. s. Refl.-Ant. |
| Refl.-Ant. in dB | = Reflexionsanteil , stattdessen wird der genauere Reflexionsanteil zusätzlich berechnet und in der Immissionstabelle angegeben. Die tatsächliche <i>Gesamtreflexion</i> für die verschiedenen IP's setzt sich aus diesem Reflexions-Anteil <u>und</u> Do zusammen. |
| Afol in dB | = Bewuchsdämpfung , Dämpfung aufgrund von Schallausbreitung durch Bewuchs |
| Di in dB | = Richtwirkungsmaß |
| Adiv in dB | = Abstandsmaß , Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung. Berechnet für Vollkugelabstrahlung ($4\pi r^2$), über den dreidimensionalen Weg. |
| Agr in dB | = Bodendämpfung , Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts. |
| Cmet in dB | = meteorologische Korrektur , zur Berücksichtigung des Langzeitmittelungspegels, wird nach Abschnitt 8 bzw. Gleichung 22 der DIN ISO 9613-2 berechnet. Kann sich für die Tag und Nachtzeit unterscheiden und wird ggf. mit einem Index N (Nacht) oder T (Tag) angegeben |
| Abar in dB | = Einfügungsdämpfungsmaß , Dämpfung aufgrund von Abschirmung. Die Abschirmungsberechnung erfolgt frequenzabhängig in Oktavbandbreite über alle Beugungskanten (auch seitlich) |
| Aatm in dB | = Luftabsorptionsmaß |
| LAT(LT) in dB | = A-bewerteter Langzeit-Mittelungspegel , richtlinienkonform berechnete Ergebnisse für diskret definierte Einzel-Immissionspunkte (IP's), berechnet aus dem Dauerschalldruckpegel bei Mitwind abzüglich Cmet |

