

Raitersaich – Ludersheim – Sittling – Altheim 380-kV-Ersatzneubauprojekt

Juraleitung

**Ltg.-Abschnitt B-Nord Sittling – Ludersheim_West
(LH-08-B171)**

Planfeststellungsunterlage

Unterlage 9.3

Schalltechnisches Gutachten zur Betriebsphase

Antragsteller:



TenneT TSO GmbH

Bernecker Straße 70

95448 Bayreuth

Bearbeitung:



Sweco GmbH

Grenzstraße 26

06112 Halle/Saale

Aufgestellt:	TenneT TSO GmbH i.V. gez.: Julia Gotzler i.V. gez.: Andreas Junginger	Bayreuth, den 27.11.2024
Bearbeitung:	Sweco GmbH i.A. gez.: Anne Geyer	
Anhänge zum Dokument	Anhang A: Berechnungsergebnisse Anhang B: Abbildungen, Lage der Immissionsorte Anhang C: Berechnungstabellen	
Änderungshistorie:	Änderung:	Änderungsdatum:

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
1 Situation und Aufgabenstellung	7
2 Grundlagen und verwendete Unterlagen	8
3 Allgemeines und Anforderungen an den Schallschutz	10
3.1 Kennzeichnung der Schallemission.....	10
3.2 Kennzeichnung der Geräuschimmission.....	10
3.3 TA Lärm	11
3.3.1 Immissionsrichtwerte und Beurteilungszeiten.....	11
3.3.2 Beurteilungspegel nach TA Lärm	12
3.4 § 49 Abs. 2b EnWG	12
3.5 Schallausbreitungsberechnung nach DIN ISO 9613-2	13
4 Vorbemerkungen und Kurzbeschreibung zum Vorhaben	15
5 Methodik der Untersuchung	16
5.1 Vorbemerkung	16
5.2 Vorab-Betrachtung der vier möglichen Phasenlagen.....	16
5.3 Untersuchungsgebiet beidseits der Freileitungsabschnitte	17
5.4 Ermittlung der Immissionsorte	18
6 Schallemissionsansätze	19
6.1 Freileitungsabschnitte	19
6.2 Kabelübergangsanlagen.....	20
6.2.1 Generelles.....	20
6.2.2 Betriebsgebäude.....	20
6.2.3 Sammelschienen/Spannfelder.....	21
6.2.4 Kompensationsdrosselspulen (KA_MUHS).....	22
6.2.5 Anlagenbezogener Fahrverkehr auf dem Betriebsgelände	22
7 Ermittlung der Beurteilungspegel	23
7.1 Bildung der Beurteilungspegel	23
7.1.1 Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit.....	23
7.1.2 Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit	23
7.1.3 Zuschlag für Impulshaltigkeit.....	24
7.2 Beurteilungspegel an den Immissionsorten	24
7.3 Beurteilung der Geräuschimmissionen	25

8	Weitere Anforderungen der TA Lärm.....	26
8.1	Kurzzeitige Geräuschspitzen.....	26
8.2	Beurteilung tieffrequenter Geräusche	26
8.3	Anlagenbezogener Fahrverkehr	27
9	Qualität der Ergebnisse	28

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Darstellung möglicher Phasenlagen	16
--------------	---	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Immissionsrichtwerte in dB(A) nach TA Lärm [2] in Abhängigkeit von der Gebietseinstufung.	11
------------	--	----

Zusammenfassung

Der Übertragungsnetzbetreiber TenneT TSO GmbH plant zur Verstärkung des bestehenden Stromnetzes das Raitersaich – Ludersheim – Sittling – Altheim 380-kV-Ersatzneubauprojekt.

Im Rahmen des erforderlichen Planfeststellungsverfahrens zum vorliegenden Genehmigungsabschnitt B-Nord war eine Geräuschimmissionsprognose zu erarbeiten, in der die durch den geplanten Betrieb der Freileitungsabschnitte sowie der zwei Kabelübergangsanlagen in der Nähe von Mühlhausen zu erwartenden Geräuschimmissionen im Bereich der zu schützenden Nutzungen in der Nachbarschaft der Leitung ermittelt und nach den Vorgaben der TA Lärm [2] in Verbindung mit § 49 Abs. 2b des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG [3]) beurteilt werden.

Als wesentliche Ergebnisse der Geräuschimmissionsprognose können die folgenden Punkte zusammengefasst werden:

- Der Betriebszustand mit witterungsbedingten Koronageräuschen (d. h. bei feuchter Witterung) gilt gemäß § 49 Abs. 2b EnWG [3] als seltenes Ereignis nach TA Lärm [2]. Die Beurteilungspegel dieser witterungsbedingten Anlagengeräusche, mitsamt der kontinuierlichen Anlagengeräusche der beiden Kabelübergangsanlagen, liegen an allen Immissionsorten bereits (um mindestens) 14 dB unter den regulären nächtlichen Immissionsrichtwerten nach Nr. 6.1 TA Lärm [2]. Damit wird der für diesen Betriebszustand bzw. für seltene Ereignisse nach Nr. 6.3 der TA Lärm [2] nicht zu überschreitende Nacht-Richtwert von 55 dB(A) weitergehend deutlich (hier mit Bezug auf alle Immissionsorte um mindestens 22 dB) unterschritten.
- Für den Betriebszustand bei trockener Witterung liegen die ermittelten Beurteilungspegel, d. h. die kontinuierlichen Anlagengeräusche der beiden Kabelübergangsanlagen mitsamt der Koronageräusche bei Trockenheit, an allen Immissionsorten ebenfalls (um mindestens) 14 dB unter den regulären Immissionsrichtwerten nach Nr. 6.1 TA Lärm [2].
- Den weiteren Vorgaben der TA Lärm [2] (kurzzeitige Geräuschspitzen, tieffrequente Geräuschimmissionen) wird ebenfalls durchwegs entsprochen.
- Insgesamt wurde damit ermittelt, dass alle Immissionsorte im Sinne von Nr. 2.2 TA Lärm [2] außerhalb des Einwirkungsbereichs der mit dem Vorhaben verbundenen Bestandteile (d. h. bei gemeinsamer Betrachtung der Freileitungsabschnitte und Kabelübergangsanlagen) liegen.

Damit werden die Anforderungen der TA Lärm [2] in Verbindung mit § 49 Abs. 2b EnWG [3] erfüllt und es ist eine geräuschimmissionsschutzfachliche Verträglichkeit des Vorhabens zu erwarten.

Dipl.-Ing. Armas-Christian Gottschalk
Telefon +49 89 85602-3202
Projektverantwortlicher

Dieser Bericht darf nur in seiner Gesamtheit, einschließlich aller Anlagen, vervielfältigt, gezeigt oder veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf der schriftlichen Genehmigung durch Müller-BBM. Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Gegenstände.

1 Situation und Aufgabenstellung

Der Übertragungsnetzbetreiber TenneT TSO GmbH (kurz: TenneT) plant zur Verstärkung des bestehenden Stromnetzes das Raitersaich – Ludersheim – Sittling – Altheim 380-kV-Ersatzneubauprojekt.

Der in vorliegender Untersuchung betrachtete Abschnitt B-Nord Sittling – Ludersheim_West (LH-08-B171) ist ca. 45 km lang. Im Bereich von Mühlhausen a. d. Sulz ist ein ca. 3 km langer Erdkabelabschnitt mit zwei Kabelübergangsanlagen (KÜA) sowie daran anschließenden Freileitungsabschnitten geplant.

Im Rahmen des erforderlichen Planfeststellungsverfahrens ist eine detaillierte Geräuschmmissionsprognose nach den Vorgaben der TA Lärm [2] in Verbindung mit § 49 Abs. 2b des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG [3]) zu erarbeiten, in der die beim geplanten Betrieb der Anlagen zu erwartenden Geräuschmissionen im Bereich der zu schützenden Nutzungen in der Nachbarschaft der Leitung ermittelt und beurteilt werden.

Die Grundlagen der diesbezüglichen Untersuchungen sowie die hierbei ermittelten Ergebnisse werden in vorliegendem Bericht dokumentiert.

2 Grundlagen und verwendete Unterlagen

Normen/Richtlinien/Literatur

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz – Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG), in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 1 S. 123), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 3. Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 225) geändert worden ist.
- [2] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998, S. 503), geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5).
- [3] Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG) vom 7. Juli 2005 (BGBl. I, S. 1970, 3621), das zuletzt durch Artikel 26 des Gesetzes vom 15. Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 236) geändert worden ist.
- [4] DIN ISO 9613-2: Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien. Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren. 1999-10.
- [5] DIN 4109. Schallschutz im Hochbau. Anforderungen und Nachweise. 01-2018.
- [6] DIN 45687: Akustik – Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschimmission im Freien – Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen, Mai 2006.
- [7] DIN 45680: Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft einschließlich des entsprechenden Beiblattes 1, 1997-03.
- [8] Müller-BBM Bericht Nr. 44932/6 vom 15.01.2001: „Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche gemäß TA Lärm in Genehmigungs-, Planfeststellungs- und Baugenehmigungsverfahren, Mustergutachten und Handlungsanleitung“ im Auftrag des Staatlichen Umweltamtes Kiel.
- [9] Hessische Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Lärmschutz in Hessen, Heft 5. Messtechnische Felduntersuchungen zu Koronageräuschen, 2015.
- [10] Comber, M., Nigbor, R. J., Zaffanella, L. E.; „Transmission Line Reference Book – 345 kV and above“, Kapitel 6, 267-318. EPRI, 1987.
- [11] D. Bötsch, Ch. Hettig, Th. Junghänel, M. Lehner, A. Lusiewicz, S. Möllenbeck, M. Ottink, W. Porsch, P. Sames, B. Schröder, W. Tausend: Veröffentlichung „Beurteilung witterungsbedingter Koronageräusche von Höchstspannungsfreileitungen im Zusammenhang mit der Änderung des EnWG 2022“ in der Zeitschrift Lärmbekämpfung 18 (2023) Nr. 5 – Mai, S. 136 – 145.
- [12] J. Engelen, K. Fischer, C. Hettig, K. Krapf, R. Kurz, K. Meyer, M. Rutloff, U. Straumann, W. Tausend, S. Völlmecke, C. Weidemann: Veröffentlichung „Ermittlung und Beurteilung von Koronageräuschen an Höchstspannungsfreileitungen“ in der Zeitschrift Lärmbekämpfung Bd. 6 (2012) Nr. 4 – Juli, S. 166 – 182.

- [13] E DIN VDE V 0210-30 VDE V 0210-30:2024-04. Freileitungen Teil 30: Koronageräusche von Hochspannungsfreileitungen mit einer Nennspannung von 220 kV und darüber. Ausgabedatum 04/2024.
- [14] G. Feldhaus, K. Tegeder, Kommentar TA Lärm, C.F. Müller Verlag, 2014.
- [15] Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Hinweise zur Auslegung der TA Lärm 1998, April 2000.
- [16] Parkplatzlärmstudie, Empfehlungen zur Berechnung von Schallemissionen aus Parkplätzen, Autohöfen und Omnibusbahnhöfen sowie von Parkhäusern und Tiefgaragen; Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 6. Auflage, August 2007.
- [17] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen durch Lastkraftwagen auf Betriebsgeländen von Frachtzentren, Auslieferungslagern, Speditionen und Verbrauchermärkten sowie weiterer typischer Geräusche von Verbrauchermärkten; Lärmschutz in Hessen, Heft 3, 2005.

Projektunterlagen

- [18] Georeferenzierter Trassenverlauf zur Freileitung (im KML-Format) sowie Übersichtspläne, bereitgestellt per E-Mails durch die Sweco GmbH.
- [19] Detaillierte Modellierung und Schallemissionsansätze zur Vorhabentrasse per QSI-Schnittstelle sowie Kataster-Auszug, bereitgestellt durch die Sweco GmbH per E-Mails im Juli 2024.
- [20] Digitales Geländemodell dgm1, digitales Gebäudemodell LoD2, Luftbilder als wms-Dienst, Bayerische Vermessungsverwaltung (07/2024).
- [21] Bebauungspläne und Flächennutzungspläne im Untersuchungsumgriff digitalisiert als Shape-Layer, Sweco GmbH per E-Mail.
- [22] BayernAtlas vom Bayerischen Staatsministerium für Finanzen und für Heimat, u. a. mit detaillierten Angaben zur Bauleitplanung (Bebauungspläne, Flächennutzungspläne etc.), abgerufen im Juli 2024.
- [23] Maßstabsgetreue Lagepläne zu den beiden Kabelübergangsanlagen („Lageplan V1a KA Mühlhausen_Nord“ und „Lageplan V9d KA Mühlhausen_Süd“) sowie den Betriebsgebäuden („Gebäudezeichnung Betriebsgebäude klein – Kabelübergangsanlage“ und „Gebäudezeichnung BGK KFEBR – Grundrisse und Schnitte“) sowie ergänzende Angaben zu den Kabelübergangsanlagen seitens der TenneT TSO GmbH.
- [24] Datenblatt Kompensationsdrosselspule (Zeichnungsnummer K06051-M0100-03).

Sonstiges

- [25] Rechenprogramm WinField der Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie GmbH.
- [26] Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie – FGEU mbH. WinField: Hersteller Zertifikat (Declaration of Conformity) zur Genauigkeit der Randfeldstärke- und Schalleistungspegel-Berechnung für Koronageräusche.
- [27] Rechenprogramm CadnaA, Version 2024 MR1, Fa. Datakustik GmbH.

3 Allgemeines und Anforderungen an den Schallschutz

3.1 Kennzeichnung der Schallemission

Das wesentliche Kennzeichen einer Schallquelle ist das Spektrum ihres Schallleistungspegels L_W . Der Schallleistungspegel in dB gibt im logarithmischen Maß die von einer Schallquelle abgestrahlte Schallleistung P an, bezogen auf $P_0 = 10^{-12}$ Watt:

$$L_W = 10 \lg (P/P_0) \text{ dB.}$$

In der Praxis werden die Pegel meist mit einer Frequenzbewertung nach der genormten A-Bewertungskurve versehen, um die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Ohres angenähert zu berücksichtigen. Dies wird durch Hinzufügen des Buchstabens A gekennzeichnet:

$$L_{WA} \text{ in dB(A).}$$

L_{WA} wird A-bewerteter Schallleistungspegel genannt. Sein Spektrum wird üblicherweise in Oktavbandbreite oder seltener in Terzbandbreite angegeben.

Die relevante Schallemissionskenngröße in Bezug auf Hoch- oder Höchstspannungsfreileitungen stellt üblicherweise der auf 1 m Länge bezogene Schallleistungspegel (nachfolgend kurz: längenbezogener Schallleistungspegel) dar:

$$L_{WA} \text{ in dB(A)/m.}$$

3.2 Kennzeichnung der Geräuschimmission

Die Geräuschimmission wird durch den am Immissionsort einwirkenden Schalldruckpegel beschrieben. Der Schalldruckpegel L in dB gibt im logarithmischen Maß den von einer Schallquelle hervorgerufenen Schalldruck p an, bezogen auf $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ N/m²:

$$L = 20 \lg (p/p_0) \text{ dB.}$$

Bei Verwendung der A-Bewertungskurve gilt wiederum

$$L_A \text{ in dB(A).}$$

L_A wird A-bewerteter Schalldruckpegel genannt.

3.3 TA Lärm

3.3.1 Immissionsrichtwerte und Beurteilungszeiten

Zur Beurteilung der Geräuschimmissionssituation im Umfeld von gewerblichen/industriellen Anlagen ist die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm [2]) heranzuziehen. Die TA Lärm [2] enthält unter Nr. 6.1 folgende Immissionsrichtwerte in Abhängigkeit von der Gebietseinstufung (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Immissionsrichtwerte in dB(A) nach TA Lärm [2] in Abhängigkeit von der Gebietseinstufung.

Gebietseinstufung	Immissionsrichtwerte in dB(A)	
	tags	nachts
	(06:00 bis 22:00 Uhr)	(22:00 bis 06:00 Uhr)
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	45	35
Reine Wohngebiete (WR)	50	35
Allgemeine Wohngebiete (WA), Kleinsiedlungsgebiete (WS)	55	40
Misch-, Kern- und Dorfgebiete (MI/MK/MD)	60	45
Urbane Gebiete (MU)	63	45
Gewerbegebiete (GE)	65	50
Industriegebiete (GI)	70	70

Einzelne Geräuschspitzen dürfen diese Werte tags um nicht mehr als 30 dB, nachts um nicht mehr als 20 dB überschreiten.

Geräuschimmissionen anderer Arten von Schallquellen (z. B. Verkehrsgeräusche auf öffentlichen Straßen, aber auch Sport- und Freizeitgeräusche) sind getrennt zu beurteilen.

Die Immissionsrichtwerte beziehen sich auf Beurteilungszeiten von 06:00 bis 22:00 Uhr tags und 22:00 bis 06:00 Uhr nachts. Für die Beurteilung des Tages ist eine Beurteilungszeit von 16 Stunden maßgeblich, für die Nacht die volle Nachtstunde mit dem höchsten Beurteilungspegel (sogenannte „lauteste Nachtstunde“).

Die TA Lärm [2] enthält ferner unter Nr. 7.2 Bestimmungen für sogenannte seltene Ereignisse (siehe diesbezüglich auch das nachfolgende Kapitel 3.4 zu den Regelungen nach § 49 Abs. 2b EnWG [3]).

Dabei ist im Einzelfall zu prüfen, ob und in welchem Umfang der Nachbarschaft eine höhere als die nach den Nummern 6.1 und 6.2 der TA Lärm [2] zulässige Belastung zugemutet werden kann.

Die Höhe der zulässigen Überschreitung kann einzelfallbezogen festgelegt werden; folgende Immissionshöchstwerte dürfen dabei nicht überschritten werden:

- tags 70 dB(A)
- nachts 55 dB(A)

Bei den vorliegend zu beurteilenden Anlagen (Höchstspannungsfreileitung sowie KÜA) liegt kein prinzipieller Unterschied zwischen der Schallemission zur Tagzeit und zur Nachtzeit vor. Aufgrund der in der Nachtzeit um (i. d. R.) 15 dB deutlich strengeren Anforderungen wird daher ausschließlich der schalltechnisch „kritischere“ Nachtzeitraum betrachtet.

Bei Einhaltung der geräuschemissionsschutzfachlichen Anforderungen zur Nachtzeit ist folglich gleichzeitig eine entsprechende Einhaltung bzw. weitergehende Unterschreitung der Anforderungen zur Tagzeit sichergestellt.

3.3.2 Beurteilungspegel nach TA Lärm

Für die Beurteilung der Geräuschemission sind Beurteilungspegel L_r zu bilden, basierend auf dem Langzeit-Mittelungspegel und ggf. unter etwaiger Berücksichtigung folgender Zuschläge:

- Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit
- Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit
- Zuschlag für Impulshaltigkeit

3.4 § 49 Abs. 2b EnWG

Gemäß § 49 Abs. 2b des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG [3]) gelten bei der Beurteilung folgende Regelungen:

„Witterungsbedingte Anlagengeräusche von Höchstspannungsnetzen gelten 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 Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm ist nicht anzuwenden.“

Die Begründung zu der o. g. EnWG-Änderung (Drucksache 20/2402, Seite 46) umfasst die nachfolgenden Formulierungen:

„Die Änderung im neuen § 49 Absatz 2b führt dazu, dass witterungsbedingte Anlagengeräusche von Höchstspannungsnetzen, die in der Regel an wenigen Stunden bzw. Tagen eines Jahres durch Niederschlag oder hohe Luftfeuchtigkeit auftreten können, bei der Beurteilung des Vorliegens schädlicher Umwelteinwirkungen im Sinne von §§ 3 Absatz 1 und 22 Bundesimmissionsschutzgesetz als seltenes Ereignis im Sinne des TA Lärm gelten. Als Konsequenz gelten die höheren Grenzwerte der Nummer 6.3 der TA Lärm. Die bislang für Anlagen geltenden Grenzwerte nach Nummer 6.1 der TA Lärm müssen durch die Änderungen für Höchstspannungsnetze entsprechend nicht mehr eingehalten werden.“

Damit sind witterungsbedingte Koronageräusche – was im vorliegenden Fall die eigentlichen Freileitungsabschnitte als auch die innerhalb der beiden KÜA verlaufenden Leitungen betrifft – generell als seltenes Ereignis im Sinne der TA Lärm [2] einzustufen bzw. anhand der Regelungen der TA Lärm [2] zu bewerten. Aufgrund der oben zitierten Formulierung „unabhängig von der Häufigkeit und Zeitdauer der sie verursachenden Wetter- und insbesondere Niederschlagsgeschehen“ sowie der entsprechend zitierten Begründung ist diese Einstufung unabhängig von den sonst hierfür geltenden zeitlichen Voraussetzungen vorzunehmen¹. Bei seltenen Ereignissen beträgt der nicht zu überschreitende Immissionsrichtwert außerhalb von Gebäuden nach Nr. 6.3 der TA Lärm [2] zur Nachtzeit 55 dB(A).

3.5 Schallausbreitungsberechnung nach DIN ISO 9613-2

Gemäß TA Lärm [2] ist die Schallausbreitungsberechnung nach den Vorgaben der DIN ISO 9613-2 [4] durchzuführen. Hierfür wurde das Programm CadnaA [27] verwendet, für das uns eine Konformitätserklärung nach DIN 45687 [6] vorliegt.

Aus dem Oktavspektrum L_W des Schallleistungspegels der Schallquelle wird das in der Entfernung d von der Quelle zu erwartende Oktavspektrum $L_{fr}(DW)$ des Mitwind-Mittelungspegels nach folgender Beziehung ermittelt:

$$L_{fr}(DW) = L_W + D_c - A_{div} - A_{atm} - A_{gr} - A_{bar} - A_{misc}$$

Dabei ist

D_c	die Richtwirkungskorrektur,
A_{div}	die Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung,
A_{atm}	die Dämpfung aufgrund von Luftabsorption bei 10 °C und 70 % relativer Feuchte,
A_{gr}	die Dämpfung aufgrund des Bodeneffektes,
A_{bar}	die Dämpfung aufgrund von Abschirmung,
A_{misc}	die Dämpfung aufgrund verschiedener anderer Effekte.

¹ Nach Nr. 7.2 Absatz 1 Satz 1 der TA Lärm [2] gelten die Bestimmungen für seltene Ereignisse üblicherweise unter der Voraussetzung einer zeitlichen Beschränkung auf nicht mehr als zehn Tage oder Nächte eines Kalenderjahres und an nicht mehr als jeweils zwei aufeinander folgenden Wochenenden.

In vorliegender Untersuchung werden die nachfolgenden Randbedingungen mit Bezug auf die normativen Vorgaben berücksichtigt:

- Für die Dämpfung A_{gr} aufgrund des Bodeneffektes wird gemäß der DIN ISO 9613-2 [4] das „alternative Verfahren“ angewendet, da nur der A-bewertete Schalldruckpegel am Immissionsort von Interesse ist, die Schallausbreitung überwiegend über porösem Boden erfolgt und der Schall kein reiner Ton ist (vgl. Nr. 7.3.2 der Norm [4]).
- Entsprechend den Vorgaben der TA Lärm [2] ist zur Beurteilung der Geräuschemissionen der Langzeit-Mittelungspegel $L_{AT}(LT)$ zu berechnen. Diesen erhält man aus dem Mitwind-Mittelungspegel $L_{AT}(DW)$ durch Subtraktion der meteorologischen Korrektur C_{met} . Diese setzt sich aus einem geometrischen Faktor und aus einem Faktor C_o zusammen. Die Windhäufigkeitsverteilung wurde entsprechend der Genehmigungspraxis im Bundesland Bayern mit einem konstanten, richtungsunabhängigen Wert von $C_o = 2$ dB berücksichtigt [15]. Die meteorologische Korrektur C_{met} wird entsprechend der Methode des LfU Bayern [15] berechnet.
- Im gesamten Untersuchungsumgriff wurden die umliegenden Gebäude als abschirmend bzw. reflektierend wirkende Gebäude (bis zu 3. Reflexionsordnung) berücksichtigt. Zudem wurde bei den Berechnungen ein digitales Geländemodell verwendet (Bezug über die Bayerische Vermessungsverwaltung [20]).

4 Vorbemerkungen und Kurzbeschreibung zum Vorhaben

Das vorliegende Gutachten umfasst die folgenden Vorhabenbestandteile im Genehmigungsabschnitt B-Nord:

- ca. 19 km langer nördlicher Freileitungsabschnitt zwischen Mast Nr. 166 und der nördlichen KÜA (Bezeichnung KA_MUHN),
- ca. 28 km langer südlicher Freileitungsabschnitt zwischen der südlichen KÜA (Bezeichnung KA_MUHS) und dem Mast Nr. 53.
- Die beiden vorstehend genannten KA_MUHN und KA_MUHS sind im Bereich von 92360 Mühlhausen verortet.

Mit dem Betrieb des Erdkabelabschnitts zwischen den beiden KÜA sind aufgrund der unterirdischen Ausführung keine immissionswirksamen betrieblich bedingten Geräusche verbunden.

Die beiden o. g. Freileitungsabschnitte können anhand der folgenden Parameter bzw. Leiterseilkonfigurationen beschrieben werden:

- Anzahl der Systeme/Stromkreise: 2 (Wechselstrom (AC))
- Spannungsebene: 380-kV Nennspannung, 420-kV Maximalspannung
- Bündelzahl: 4
- Leiterseiltyp: 565-AL1 / 72-ST1A

Die beiden KÜA dienen als Trennstelle und dem Übergang von Freileitung auf Erdkabel bzw. umgekehrt. Die Freileitung wird jeweils innerhalb der KÜA auf einem Portal abgespannt, via Seilverbindung mit den Freiluftgeräten verbunden und anschließend in das Erdreich geführt bzw. umgekehrt.

Weitere Bestandteile der KÜA sind jeweils ein Betriebsgebäude zur Aufstellung der notwendigen Sekundärtechnik (Sanitär-/WC-Bereich, Batterieraum, Geräteraum, Automatisierungstechnik usw.):

- im Bereich der KA_MUHN mit einer Gebäude-Abmessung von ca. $L \times B \times H \approx 10,0 \text{ m} \times 3,1 \text{ m} \times 3,2 \text{ m}$,
- im Bereich der KA_MUHS mit einer Gebäude-Abmessung von ca. $L \times B \times H \approx 15,0 \text{ m} \times 12,0 \text{ m} \times 5,5 \text{ m}$.

Am Standort der südlichen KA_MUHS sind zudem je Stromkreis zwei Kompensationsdrosselspulen (420-kV 120 Mvar, bestehend aus jeweils sechs sogenannten Türmen) geplant.

Nach der bestehenden Vorgabe im Genehmigungsverfahren umfasst die Zusatzbelastung im Sinne von Nr. 2.4 TA Lärm [2] die zu erwartenden Geräuschimmissionen der o. g. Bestandteile. Folglich sind die Geräuschimmissionen der beiden o. g. Freileitungsabschnitte sowie der beiden o. g. KÜA in Summe zu ermitteln und zu bewerten.

5 Methodik der Untersuchung

5.1 Vorbemerkung

Die nachfolgenden Kapitel 5.2 bis 5.4 beschreiben die allgemeine Vorgehensweise zur Vorab-Betrachtung der vier möglichen Phasenlagen (bzw. der Worst-Case-Phasenlage), eines aus fachlicher Sicht ermittelten Untersuchungsgebiets beidseits der Trassenverläufe sowie der letztendlich im Sinne der TA Lärm [2] maßgeblichen Immissionsorte.

Hierzu wurden die im Kapitel 6.1 noch im Detail beschriebenen Schallemissionsansätze für die an den Leiterseilen zu erwartenden (witterungsbedingten) Koronageräusche verwendet.

5.2 Vorab-Betrachtung der vier möglichen Phasenlagen

Seitens TenneT liegt noch kein finaler Phasenlageplan vor. Daher wurden im Hinblick auf die Freileitungsabschnitte als auch die in den KÜA oberirdisch verlaufenden Leitungen in einem ersten Schritt die mit den vier seitens TenneT möglichen Phasenlagen

- 123 – 123
- 123 – 132
- 123 – 213
- 123 – 231

zu erwartenden Schallemissionen sowie die hierdurch jeweils an den umliegenden Immissionsorten zu erwartenden (witterungsbedingten) Koronageräusche gesondert ermittelt. Die möglichen Phasenlagen sind nachfolgend graphisch dargestellt (siehe Abbildung 1).

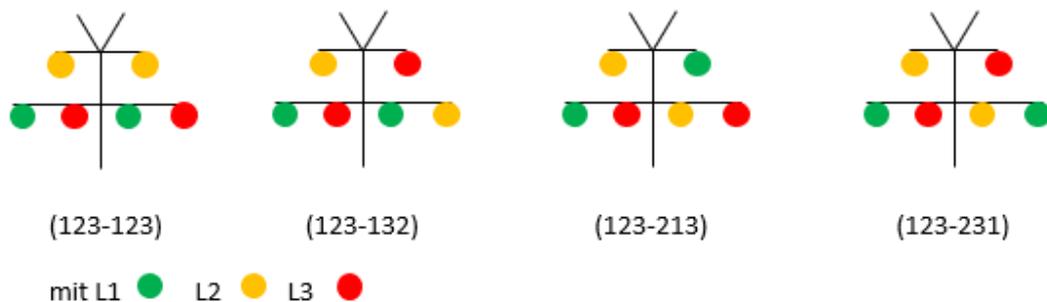


Abbildung 1: Darstellung möglicher Phasenlagen

Als Ergebnis dieser Voruntersuchung kann festgehalten werden, dass die Geräusentstehung an den Leiterseilen hier nur unwesentlich von der Phasenlage beeinflusst wird und sich die zu erwartenden Schallemissionen um < 1 dB unterscheiden. Insbesondere wurde ermittelt, dass die an den Immissionsorten zu erwartenden Geräuschimmissionen sich lediglich zwischen 0,0 dB und maximal 0,3 dB unterscheiden.

Im Sinne einer Betrachtung der Worst-Case-Herangehensweise erfolgten alle Berechnungen mit der Phasenlage 123 – 123 (siehe Abbildung 1), für die an allen betrachteten Immissionsorten die „höchsten“ Geräuschimmissionen berechnet wurden. Eine schalltechnische Verträglichkeit dieser Phasenlage impliziert folglich eine entsprechende schalltechnische Verträglichkeit der drei grundsätzlich anderen möglichen Phasenlagen.

5.3 Untersuchungsgebiet beidseits der Freileitungsabschnitte

Zur Ermittlung eines aus fachlicher Sicht sachgerechten Untersuchungsgebiets erfolgten Schallausbreitungsberechnungen nach den normativen Vorgaben der DIN ISO 9613-2 [4] für ein beispielhaftes – bzw. hinsichtlich der Schallemissionen der Freileitung „auf der sicheren Seite liegendes“ – Spannungsfeld. Dabei wurden die folgenden Randparameter berücksichtigt:

- Modellierung der Freileitungstrasse als (Ersatz-)Linien-schallquelle mit einem maximalen Schallemissionsansatz von $L_{WA} = 61 \text{ dB(A)/m}$ (siehe Kapitel 6.1).
- Als Höhe der Linien-schallquelle wurden 45 m über Boden berücksichtigt, entsprechend einer beispielhaften (pauschalen) Größenordnung der 380-kV-Leiterseile. Dies bildet den akustischen Schwerpunkt der Freileitungstrasse adäquat ab.
- Es wurden drei beispielhafte Spannungsfelder mit Mastabständen von jeweils 350 m berücksichtigt, entsprechend einer beispielhaften (pauschalen) Größenordnung der vorliegenden mittleren Spannungsfeld-Längen.
- Für die frequenzabhängige Schallausbreitungsberechnung nach DIN ISO 9613-2 [4] wurde auf der Basis der WinField-Modellierung ein für Koronageräusche typisches Frequenzspektrum zugrunde gelegt.

Als wesentliches Ergebnis wurde ermittelt, dass bereits ab Abständen von ca. 100 m beidseits der Trassenachsen ein Beurteilungspegel $\leq 35 \text{ dB(A)}$ zu erwarten ist, was dem nach TA Lärm [2] strengstmöglichen Immissionsrichtwert zur Nachtzeit entsprechend dem Schutzanspruch eines reinen Wohngebietes (ebenso Kurgelände, Krankenhäuser und Pflegeanstalten, siehe Tabelle 1) entspricht.

Bei demgegenüber größeren Abständen zur Trassenachse ist folglich sichergestellt, dass – unabhängig der tatsächlichen Gebietseinstufung – die nächtlichen Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.1 der TA Lärm [2] sogar durch die witterungsbedingten Koronageräusche eingehalten sind. Damit kann im Sinne eines „Erst-Recht-Schlusses“ gleichzeitig auf eine (sehr) deutliche Unterschreitung des nicht zu überschreitenden Nacht-Richtwertes nach Nr. 6.3 der TA Lärm [2] und folglich eine geräuschimmissionsschutzfachliche Verträglichkeit geschlossen werden.

Im Hinblick auf etwaige Unwägbarkeiten wurde das Untersuchungsgebiet zur Ermittlung potenziell betroffener Immissionsorte entlang der beiden Freileitungsabschnitte im vorliegenden Fall nochmals deutlich größer zu 300 m beidseits der Trassenachsen gewählt.

Im Umfeld der beiden KÜA erfolgte unabhängig von etwaigen Abständen eine Ermittlung der potenziell betroffenen Immissionsorte, wie auch im nachfolgenden Kapitel 5.4 beschrieben.

5.4 Ermittlung der Immissionsorte

Der maßgebliche Immissionsort ist gemäß Nr. 2.3 TA Lärm [2] der zu ermittelnde Ort, an dem eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte am ehesten zu erwarten ist.

Nach Nr. A.1.3 Buchstabe a) TA Lärm [2] liegt der jeweilige Immissionsort bei bebauten Flächen 0,5 m außerhalb vor der Mitte des geöffneten Fensters des am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raumes nach DIN 4109 [5]. Bei unbebauten Flächen ist nach Nr. A.1.3 Buchstabe b) TA Lärm [2] der am stärksten betroffenen Rand der Fläche, wo nach dem Bau- und Planungsrecht Gebäude mit schutzbedürftigen Räumen erstellt werden dürfen, zu betrachten.

Bei einem schutzbedürftigen Raum handelt es sich nach DIN 4109 [5] im Wesentlichen um Wohn-/Schlafräume, Unterrichtsräume oder Büroräume.

Innerhalb des zuvor beschriebenen Untersuchungsgebiets entlang der Freileitungsabschnitte sowie des Umfelds der beiden KÜA erfolgte auf Basis des Trassenverlaufs, von Luftbildern sowie der Liegenschaftsinformationen und der Übersichtskarten ([18], [19]) eine Recherche hinsichtlich der potenziellen Immissionsorte.

Diese potenziellen Immissionsorte wurden im nächsten Schritt näher hinsichtlich ihrer tatsächlichen Nutzung und anhand der Informationen zur Bauleitplanung [21], [22] sowie der faktischen Gebietscharakteristik hinsichtlich ihrer Gebietseinstufung untersucht. Auf dieser Grundlage wurden die letztendlich maßgeblichen Immissionsorte im Umfeld des Vorhabens ermittelt.

Eine Auflistung aller betrachteten Immissionsorte zeigt die Tabelle im Anhang A.

Zu den ermittelten maßgeblichen Immissionsorten wurden dann Schallausbreitungsberechnungen nach den Vorgaben der DIN ISO 9613-2 [4] mit den nachfolgend in Kapitel 6 beschriebenen Schallemissionsansätzen durchgeführt.

Die vorliegend dokumentierten Immissionsorte sind aufgrund der Abstände zum Vorhaben in Verbindung mit den jeweiligen Schutzansprüchen als maßgeblich im Sinne der TA Lärm [2] bzw. als repräsentativ für das jeweilige Vorhaben-Umfeld anzusehen. Teilweise befinden sich im näheren Umfeld noch weitere – in vorliegender Untersuchung nicht gesondert dargestellte – Wohngebäude oder schutzbedürftige Nutzungen, an denen keine höheren Beurteilungspegel ermittelt wurden bzw. die aufgrund der größeren Abstände in Verbindung mit den (maximal) gleichen oder niedrigeren Schutzansprüchen im Vergleich zu den betrachteten Immissionsorten als nicht maßgeblich anzusehen sind.

6 Schallemissionsansätze

6.1 Freileitungsabschnitte

Bei den Freileitungen geht die Geräuschentwicklung im Allgemeinen vorwiegend von Koronaentladungen an den Freileitungen (sogenannte Koronageräusche) aus. Koronageräusche sind stark witterungsabhängig und treten üblicherweise insbesondere bei Regen oder Schneefall verstärkt auf.

Seitens des im Projekt beteiligten Planungsbüros Sweco GmbH wurde die Freileitung im geplanten Endausbau mit dem Berechnungsprogramm WinField [25], [26] modelliert.

Mit dem Programm können unter detaillierter Berücksichtigung der exakten Eingangsparameter (Spannungsniveau, Bündelzahl, geometrische Beschaffenheiten, Leiterseil-Durchhänge, Phasenlage etc.) sowie der Umgebungs- und Witterungsbedingungen die Randfeldstärken berechnet und hieraus die zu erwartenden längenbezogenen Schalleistungspegel L_{WA}' auf Basis empirischer Formeln zur Vorhersage von Koronageräuschen bestimmt werden. Diese Schallemissionsansätze, berechnet

- nach dem Berechnungsverfahren gemäß EPRI [10]
- für eine Regenrate von 3,5 mm/h,

wurden als QSI-Dateien² bereitgestellt [19] und in das Schallausbreitungsberechnungsmodell, das den Vorgaben der DIN ISO 9613-2 [4] entspricht, importiert. Die importierten Daten wurden entsprechend gesichtet und verifiziert.

Gemäß den emissionsseitigen WinField-Berechnungsergebnissen weist die Gesamttrasse für alle betrachteten, grundsätzlich möglichen Phasenlagen (siehe Kapitel 5.2) in Summe und bei entsprechend ungünstigen Witterungsbedingungen auf 1 m Länge bezogene A-bewertete Schalleistungspegel in der Größenordnung

$$\text{zwischen } L_{WA} = 58 \text{ und (maximal) } L_{WA} = 61 \text{ dB(A)/m}$$

auf. Diese Größenordnung stellt sowohl in Abgleich mit eigenen Mess- und Erfahrungswerten als auch typischen Literaturangaben (bspw. [9], [12]) zur vorliegenden Bündelzahl und den Leiterseiltypen durchwegs plausible und hinreichend konservative Werte hinsichtlich der witterungsbedingten Koronageräusche an der Schallquelle dar.

Nach gängiger Praxis (siehe bspw. Untersuchung der HLUg [9]) und gutachterlicher Einschätzung (bspw. [13] und Veröffentlichung [11]) ist die zugrunde liegende Regenrate von 3,5 mm/h im Hinblick auf die Beurteilung der Geräuschsituation für den Fall der witterungsbedingten Koronageräusche bzw. während schallentstehungsungünstiger Witterungsbedingungen als sachgerecht anzusehen und bildet die Worst-Case-Geräuschsituation hinreichend konservativ ab. Folglich ist nach gutachterlicher Einschätzung [13] davon auszugehen, dass diese Regenrate für die Beurteilung der „witterungsbedingten Koronageräusche“ im Sinne der Einstufung dieser Geräuschereignisse als seltenes Ereignis entsprechend dem geänderten § 49 EnWG [3] heranzuziehen ist. Demgegenüber höhere Niederschlagsmengen treten nach [13] zum einen i. d. R. in nur äußerst wenigen Nächten auf und dauern zum anderen üblicherweise zeitlich deutlich kürzer an, was wiederum durch eine entsprechende Teilzeit-Korrektur bei der Bildung der sogenannten „lautesten Nachtstunde“ gemäß

² Die Abkürzung QSI steht für Qualitätssicherung für Software-Erzeugnisse zur Immissionsberechnung.

TA Lärm [2] zu berücksichtigen wäre. Zudem steigt mit höheren Regenraten auch der generelle Einfluss von Fremdgeräuschen durch den Regen selbst an, der wiederum immissionsseitig im Einzelfall (d. h. unter Beachtung der örtlichen Gegebenheiten, des Abstands zwischen Immissionsort und Trasse etc.) zu bewerten wäre.

Bei trockenen Umgebungsbedingungen sind die zu erwartenden Schalleistungspegel gegenüber der in Ansatz gebrachten Regenrate von 3,5 mm/h deutlich niedriger. Gemäß EPRI [10] und der allgemeinen fachlichen Einschätzung (bspw. [13] und Veröffentlichung [11]) können für trockene Umgebungsbedingungen Schalleistungspegel abgeleitet werden, die mindestens 15 dB (und bis zu 25 dB) niedriger sind als die vorstehend angegebenen Werte für die witterungsbedingten Koronageräusche. Zudem nimmt auch die Tonhaltigkeit bei trockener Umgebung ab bzw. ist für diesen Betriebszustand bei nicht feuchter Witterung i. d. R. auch kein Zuschlag K_T mehr zu vergeben. Im Hinblick auf trockene Umgebungsbedingungen ist damit festzuhalten, dass bereits bei sehr geringen Abständen zur Leitung nicht oder nur geringe, kaum hörbare und üblicherweise auch kaum messbare Geräuschimmissionen zu erwarten sind.

Bei der Schallausbreitungsberechnung werden die Koronageräusche jeweils als separate Linienschallquellen pro Segment eines Leiterseilbündels entsprechend der geometrischen Beschaffenheiten berücksichtigt. Jedes Leiterseilbündel zwischen zwei Masten wird dabei zur möglichst exakten und adäquaten Abbildung der Leiterseildurchhänge in insgesamt 16 Segmente unterteilt.

6.2 Kabelübergangsanlagen

6.2.1 Generelles

Die in Ansatz gebrachten Schallemissionen für die nachfolgend beschriebenen Anlagenbestandteile der beiden KÜA basieren auf den zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung zur Verfügung stehenden Planungsunterlagen [23] in Verbindung mit eigenen Mess- und Erfahrungswerten von vergleichbaren Anlagen.

Zur Einhaltung der in vorliegendem Bericht ermittelten Beurteilungspegel ist generell die Einhaltung der aufgeführten Schallemissionskennzahlen erforderlich. Sollte die weitere Detailplanung von den vorliegenden Grundlagen relevant abweichen, wären die Auswirkungen auf die Planung bzw. deren schalltechnische Anforderungen erneut zu prüfen.

Grundsätzlich ist aus gutachterlicher Sicht auch eine andere Gewichtung der Schalleistungspegel der einzelnen Anlagenteile möglich, wenn insgesamt die Anforderungen im Hinblick auf den Geräuschimmissionsschutz der Nachbarschaft eingehalten werden können.

6.2.2 Betriebsgebäude

Innerhalb der Betriebsgebäude sind lediglich Nebenanlagen ohne besondere schalltechnische Relevanz geplant. Auch aufgrund der typischerweise geplanten Außenbauteile mit hoher Schalldämmung kann eine immissionsseitig relevante Geräuschabstrahlung über die Gebäudeumschließungsflächen (Dach, Fassade, Türen, Tore) ausgeschlossen werden.

Eine nach außen wirksame Geräuschabstrahlung ist lediglich im Zusammenhang mit der Gebäudebelüftung zu erwarten.

Für die gemäß den vorliegenden Lageplänen [23] geplanten Belüftungsöffnungen werden die folgenden Schallleistungspegel angesetzt:

- KA_MUHN – Zuluft $L_{WA} = 75 \text{ dB(A)}$
(Nordfassade Betriebsgebäude, Zuluftöffnung in der Tür)
- KA_MUHN – Abluft $L_{WA} = 80 \text{ dB(A)}$
(Südfassade Betriebsgebäude)
- KA_MUHS – Außenluft RLT $L_{WA} = 80 \text{ dB(A)}$
(Südfassade Betriebsgebäude, RLT = raumluftechnische Anlage)
- KA_MUHS – Fortluft RLT $L_{WA} = 80 \text{ dB(A)}$
(Nordfassade Betriebsgebäude, RLT = raumluftechnische Anlage)
- KA_MUHS – Außenluft Batterieraum $L_{WA} = 75 \text{ dB(A)}$
(Westfassade Betriebsgebäude)
- KA_MUHS – Fortluft Batterieraum $L_{WA} = 80 \text{ dB(A)}$
(Südfassade Betriebsgebäude)

Die in Ansatz gebrachten Schallleistungspegel bilden die jeweilige Geräuschabstrahlung erfahrungsgemäß und in Abgleich mit vergleichbaren Anlagenausführungen eher konservativ, d. h. „auf der sicheren Seite liegend“, ab. Für alle Belüftungsanlagen wurde ein kontinuierlicher (Volllast-)Betrieb berücksichtigt.

6.2.3 Sammelschienen/Spannfelder

Ausgehend von den auf den Betriebsgeländen der KÜA erforderlichen (oberirdischen) Sammelschienen bzw. Rohr-/Seilabschnitten – zwischen dem jeweiligen Portalmast und dem Übergang ins Erdreich bzw. den Spulen – ist unter bestimmten Voraussetzungen (insbesondere feuchte Witterungsverhältnisse) ebenfalls das Auftreten von Koronageräuschen nicht auszuschließen.

Für die witterungsbedingten Koronageräusche im Bereich der Sammelschienen/Spannfelder wird der folgende flächenbezogene A-bewertete Schallleistungspegel je m^2 in Ansatz gebracht:

$$\begin{array}{ll} \text{Koronageräusche Sammelschienen/Spannfelder} & L_{WA}'' = 53 \text{ dB(A)/m}^2 \\ \text{(Ansatz witterungsbedingte Koronageräusche)} & \end{array}$$

Dieser Ansatz bildet die Schallemission bei entsprechend ungünstigen Witterungsbedingungen aus fachlicher Sicht sehr konservativ ab.

Die Koronageräusche im regulären Betriebszustand bei Trockenheit sind – wie auch im Zusammenhang mit den Freileitungen in Kapitel 6.1 bereits beschrieben – demgegenüber üblicherweise deutlich niedriger und tendenziell vernachlässigbar gering. Im Hinblick auf etwaige Störstellen bzw. die elektrische Randfeldstärke beeinflussende Anlagenteile (Isolatoren etc.) im Bereich der Sammelschienen/Spannfelder ist jedoch auch bei Trockenheit das Auftreten von Koronageräuschen nicht auszuschließen. Unserer gutachterlichen Einschätzung nach sind die Koronageräusche auch nach subjektivem Höreindruck bei vergleichbaren Anlagen deutlich leiser als die bei feuchten Witterungsbedingungen.

In der vorliegenden Geräuschimmissionsprognose werden die Koronageräusche bei Trockenheit mit einem ggü. den witterungsbedingten Koronageräuschen lediglich um 10 dB geminderten Schallemissionsansatz berücksichtigt.

Die Schallemissionsansätze bilden sowohl die witterungsbedingten Koronageräusche als auch die Geräusche bei Trockenheit aus fachlicher Sicht hinreichend konservativ ab.

6.2.4 Kompensationsdrosselpulen (KA_MUHS)

Innerhalb der KA_MUHS sind je Stromkreis zwei Kompensationsdrosselpulen – die jeweils sechs sogenannte Türme umfassen – geplant [24]. Die hier gegenständlichen Trockenspulen weisen gemäß den TenneT-spezifischen Vorgaben an die Lieferanten den folgenden maximalen A-bewerteten Schallleistungspegel auf

Kompensationsdrosselpule (sechs Türme, insges.) $L_{WA} = 92 \text{ dB(A)}$
(damit bei zwei in der KA_MUHS geplanten Spulen bzw. insgesamt 12 Türmen
resultierender Gesamt-Schallleistungspegel $L_{WA} = 95 \text{ dB(A)}$)

6.2.5 Anlagenbezogener Fahrverkehr auf dem Betriebsgelände

Die KÜA werden ohne ständiges Bedien- und Wartungspersonal betrieben. Anlagenbezogener Fahrverkehr findet ausschließlich zu Wartungszwecken o. Ä. statt, was typischerweise auf den Tagzeitraum beschränkt ist. Für die insgesamt von den KÜA in Summe verursachte Geräuschsituation haben die Geräusche des anlagenbezogenen Fahrverkehrs keine Relevanz.

Ergänzende Erläuterung:

Nach den vorliegenden Plänen zu den KÜA [23] sind jeweils drei Pkw-Stellplätze auf den Betriebsgeländen geplant. Unter der beispielhaften Annahme einer vollständigen Nutzung dieser Stellplätze, d. h. drei ankommende und drei abgehende Pkw- oder Kleintransporter-Fahrten, lässt sich nach den Vorgaben der Parkplatzlärmstudie [16] ein Schallleistungspegel von $L_{WA} \approx 71 \text{ dB(A)}$ für die unmittelbaren Stellplatzgeräusche berechnen. Unter zusätzlicher Berücksichtigung der reinen Fahrgeräusche zwischen den Zufahrten und den Stellplätzen mit einem $L_{WA} \approx 79 \text{ dB(A)}$ – unter konservativem Ansatz berechnet mit einem zeitlich gemittelten Schallleistungspegel pro Stunde und Meter Fahrweg von $L_{WA',1h} = 56 \text{ dB(A)}$ für einen Kleintransporter – liegen die anzunehmenden Geräusche des anlagenbezogenen Fahrverkehrs insgesamt in der Größenordnung $L_{WA} < 80 \text{ dB(A)}$ und damit deutlich mehr als 10 dB unter den stationären Anlagengeräuschen. Damit kann, wie oben beschrieben, eine Relevanz für die Gesamt-Geräuschsituation ausgeschlossen werden.

7 Ermittlung der Beurteilungspegel

7.1 Bildung der Beurteilungspegel

7.1.1 Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit

Wie in Kapitel 3.3.1 beschrieben ist ausschließlich der schalltechnisch „kritischere“ Nachtzeitraum zu betrachten. Zuschläge für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit sind daher nicht zu vergeben.

7.1.2 Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit

Freileitungsabschnitte:

Im Zusammenhang mit Höchstspannungsfreileitungen ist die Vergabe eines Zuschlags für Ton- und Informationshaltigkeit K_T (kurz: Tonhaltigkeitszuschlag) zu prüfen, da je nach Witterung bei den Koronageräuschen i. A. eine charakteristische Pegelerhöhung bei der Frequenz von 100 Hz nicht ausgeschlossen werden kann (sogenanntes 100-Hz-Brummen).

Nach TA Lärm [2] beträgt der Zuschlag je nach Auffälligkeit 0 dB, 3 dB oder 6 dB, wobei die Vergabe und die Höhe des Tonzuschlags einzelfallabhängig und immissionsseitig zu prüfen ist.

Mit Bezug auf die vorliegende Konstellation können aus gutachterlicher Sicht die folgenden Einschätzungen gegeben werden:

- Bei Abständen von weniger als 100 m zwischen Trassenachse und Immissionsort muss eine Tonhaltigkeit erfahrungsgemäß (siehe bspw. auch Erkenntnisse aus [9], [12], [13]) näher geprüft werden bzw. kann für die witterungsbedingten Koronageräusche (d. h. bei nicht trockenen Umgebungsbedingungen) vereinfachend üblicherweise „flächendeckend“ die Vergabe eines Tonhaltigkeitszuschlags angenommen werden. Nach gängiger Beurteilungsmethodik (siehe beispielsweise Untersuchung der HLUG [9] mit Empfehlungen für eine „TA-Lärm-konforme Prognose“) ist die Vergabe eines Tonhaltigkeitszuschlags von $K_T = 3$ dB für Immissionsorte in Abständen von < 100 m sachgerecht.
- Bei Abständen von mehr als 100 m ist dagegen üblicherweise keine Vergabe eines Tonhaltigkeitszuschlags sachgerecht, d. h. $K_T = 0$ dB. Dies ist auch für die Koronageräusche bei trockenen Umgebungsbedingungen anzunehmen.

In der vorliegenden Untersuchung wird gemäß vorstehender Ausführung für Immissionsorte in einer Entfernung von < 100 m von der Freileitungssachse und die in Ansatz gebrachte Regenrate von 3,5 mm/h ein Tonhaltigkeitszuschlag von $K_T = 3$ dB vergeben.

Dies betrifft im vorliegenden Fall ausschließlich den betrachteten Immissionsort IO 18 (zur Lage des Immissionsortes siehe Anhang B).

Kabelübergangsanlagen:

Die Schallemissionen der bei der KA_MUHS geplanten Spulen kann üblicherweise auch eine Tonhaltigkeit aufweisen. Im vorliegenden Fall liegen die Immissionsorte mehr als 300 m von den Spulen der KA_MUHS entfernt und die ermittelten Teil-Beurteilungspegel in der Größenordnung ≤ 30 dB(A) (als Vorgriff zum nachfolgenden Kapitel 7.3 bzw. den Ergebnistabellen im Anhang A). Auch in Verbindung mit der im Umfeld zu erwartenden Fremdgeräuschsituation (bspw. durch die öffentlichen Verkehrsstraßen) ist an den umliegenden Immissionsorten eher keine immissionsseitige Auffälligkeit/Tonhaltigkeit zu erwarten.

In einem vorsorglichen Ansatz wird aber für alle im Umfeld der KA_MUHS (mit Spulen) befindlichen Immissionsorte ein Tonhaltigkeitszuschlag von $K_T = 3$ dB vergeben.

Dies betrifft im vorliegenden Fall die betrachteten Immissionsorte IO 12 bis IO 17 (zur Lage der Immissionsorte siehe Anhang B).

7.1.3 Zuschlag für Impulshaltigkeit

Aufgrund der Charakteristik der hier gegenständlichen Anlagenteile sind keine impulshaltigen Geräusche zu erwarten. Ein Zuschlag für Impulshaltigkeit K_I ist nicht zu vergeben.

7.2 Beurteilungspegel an den Immissionsorten

Aufgrund der Vielzahl der betrachteten Immissionsorte sind diese sowie die Bildung der Beurteilungspegel in den zwei Tabellen im Anhang A aufgeführt. Die Beurteilungspegel sind unterschieden zwischen den beiden Betriebszuständen

- mit witterungsbedingten Koronageräuschen (siehe Tabelle A 1)
- sowie den Koronageräuschen bei Trockenheit (siehe Tabelle A 2).

Die Beurteilungspegel sind den Immissionsrichtwerten gemäß Nr. 6.1 und Nr. 6.3 der TA Lärm [2] gegenübergestellt.

7.3 Beurteilung der Geräuschimmissionen

Witterungsbedingte Koronageräusche:

Der Betriebszustand mit den witterungsbedingten Anlagengeräuschen gilt gemäß § 49 Abs. 2b EnWG [3] als seltenes Ereignis im Sinne der TA Lärm [2] (siehe Kapitel 3.4).

Im vorliegenden Fall liegen die ermittelten Beurteilungspegel für den Betriebszustand mit witterungsbedingten Anlagengeräuschen – d. h. die witterungsbedingten Koronageräusche der Freileitungen sowie an den Sammelschienen/Spannfeldern der KÜA plus die kontinuierlich einwirkenden Geräusche im Bereich der KÜA durch die Belüftungsanlagen und Spulen – an allen Immissionsorten bereits deutlich um mindestens 14 dB unter dem nächtlichen Immissionsrichtwert nach Nr. 6.1 der TA Lärm [2].

Als maßgeblich ist der Immissionsort IO 13 (Wohnhaus Am Alten Bahnhof 11, 92360 Mühlhausen) anzusehen (zur Lage des Immissionsortes siehe Anhang B).

Der nach Nr. 6.3 der TA Lärm [2] für seltene Ereignisse nicht zu überschreitende Nacht-Richtwert von 55 dB(A) wird an allen Immissionsorten nochmals weitergehend deutlich um mindestens 20 dB unterschritten.

Als Ergebnis liegt folglich aus gutachterlicher Sicht bereits aufgrund der deutlichen Unterschreitung der Immissionsrichtwerte nach Nr. 6.1 TA Lärm [2] im Sinne eines „Erst-Recht-Schlusses“ eine geräuschimmissionsschutzfachliche Verträglichkeit gemäß TA Lärm [2] in Verbindung mit § 49 Abs. 2b EnWG [3] vor.

Koronageräusche bei trockenen Umgebungsbedingungen:

Im Betriebszustand ohne witterungsbedingte Anlagengeräusche, d. h. bei trockenen Umgebungsbedingungen, sind insbesondere im Umfeld der Freileitungen nochmals deutlich niedrigere, typischerweise kaum hörbare Geräuschimmissionen zu erwarten.

Im Umfeld der KA_MUHS sind ggü. dem Betriebszustand mit witterungsbedingten Anlagengeräuschen nur unwesentlich niedrigere Geräuschimmissionen zu erwarten, da hier die ermittelten Beurteilungspegel von den Spulen bestimmt sind.

Auch für den Betriebszustand bei Trockenheit stellt sich der Immissionsort IO 13 (Wohnhaus Am Alten Bahnhof 11, 92360 Mühlhausen) als maßgeblich dar, mit einer Unterschreitung des Nacht-Richtwerts um 14 dB (zur Lage des Immissionsortes siehe Anhang B).

Insgesamt kann damit festgehalten, dass alle Immissionsorte im Sinne von Nr. 2.2 TA Lärm [2] außerhalb des Einwirkungsbereichs der geplanten Vorhabenbestandteile liegen (Unterschreitung der Immissionsrichtwerte um mindestens 10 dB und keine zu erwartenden unzulässig hohen Geräuschspitzen).

8 Weitere Anforderungen der TA Lärm

8.1 Kurzzeitige Geräuschspitzen

Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen nach Nr. 6.1 TA Lärm [2] die Immissionsrichtwerte am Tage um nicht mehr als 30 dB(A) und in der Nacht um nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten.

Aufgrund der Geräuschcharakteristik aller hier gegenständlichen Anlagen können kurzzeitige Geräuschspitzen ausgeschlossen werden.

Den Vorgaben der TA Lärm [2] hinsichtlich kurzzeitiger Geräuschspitzen wird somit sicher entsprochen.

8.2 Beurteilung tieffrequenter Geräusche

Gemäß Nr. 7.3 der TA Lärm [2] wird Schall als tieffrequent bezeichnet, wenn seine vorherrschenden Energieanteile im Frequenzbereich unter 90 Hz liegen. Zur Ermittlung und Bewertung tieffrequenter Geräusche am Immissionsort sind gemäß Nr. A.1.5 der TA Lärm [2] die DIN 45680 sowie das dazugehörige Beiblatt 1 [7] zu berücksichtigen.

Dort werden in Nr. 3.1 die Terzbänder mit den Mittenfrequenzen von 10 Hz bis 80 Hz als Bereich tiefer Frequenzen im Sinne der Norm definiert. In Sonderfällen, wenn geräuschbestimmende Anteile diesem Frequenzbereich dicht benachbart sind, kann der Frequenzbereich um eine Terz nach oben oder unten erweitert werden.

Das Emissionsspektrum von Koronaentladungen weist unterhalb von 90 Hz üblicherweise keine nennenswerten Anteile auf. Insbesondere bei trockenen Umgebungsbedingungen gilt dies auch für das Terzband mit der Mittenfrequenz $f_M = 100$ Hz.

Die witterungsbedingten Anlagengeräusche, bei denen auch eine charakteristische Pegelerhöhung im Terzband mit der Mittenfrequenz $f_M = 100$ Hz auftreten kann, gelten nach § 49 Abs. 2b EnWG [3] als seltenes Ereignis mit entsprechend (deutlich) erhöhtem Immissionsrichtwert bzw. zulässiger Überschreitung. Damit ist nach gängiger Beurteilungsmethodik für seltene Ereignisse auch keine weitergehende Beurteilung hinsichtlich tieffrequenter Geräuschimmissionen erforderlich.

Da die in der KA_MUHS geplanten Spulen ebenfalls einen gewisse Tonhaltigkeit im Terzband mit der Mittenfrequenz $f_M = 100$ Hz aufweisen können, erfolgt vorliegend eine weitergehende Betrachtung, hier für den maßgeblichen Immissionsort IO 13 (wie in Kapitel 7.3 ermittelt) und den regulären Betriebszustand bei Trockenheit (zur Lage des Immissionsortes siehe Anhang B).

Generell ist jedoch zu beachten, dass die DIN 45680 [7] sowie das dazugehörige Beiblatt 1 nur eine Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen durch Messung innerhalb von betroffenen schutzbedürftigen Räumen beschreiben, wohingegen im Rahmen der vorliegend dokumentierten Prognose Geräuschimmissionen außerhalb von betroffenen schutzbedürftigen Räumen rechnerisch ermittelt wurden. In der Folge wird daher auf Grundlage der ermittelten Werte außerhalb eine Abschätzung der zu erwartenden Geräuschpegel innerhalb von betroffenen schutzbedürftigen Räumen vorgenommen.

Am maßgeblichen Immissionsort wurde im Rahmen der Schallausbreitungsberechnung für das Oktavband mit der Mittenfrequenz $f_M = 125$ Hz ein A-bewerteter Schalldruckpegel von

$$L_{pA,125 \text{ Hz-Oktave, außen}} = 24 \text{ dB(A)}$$

berechnet. Interpretiert man diesen Geräuschpegel konservativ als den A-bewerteten Schalldruckpegel für das Terzband mit der Mittenfrequenz $f_M = 100$ Hz, so erhält man für dieses Terzband einen unbewerteten Schalldruckpegel von

$$L_{p,100 \text{ Hz-Terz, außen}} = 43 \text{ dB (linear)}.$$

Zieht man von diesem Schalldruckpegel außen gemäß einer entsprechenden Untersuchung [8] eine Pegeldifferenz von $\Delta L = 19,0$ dB bei mittlerer Schalldämmung der Außenbauteile ab, erhält man

$$L_{p,100 \text{ Hz-Terz, innen}} = 24 \text{ dB (linear)}$$

im Inneren des Raumes und liegt damit in der Größenordnung der (genormten) Hörschwelle von $L_{HS, 100 \text{ Hz-Terz}} = 24$ dB bei 100 Hz. Damit ist als Ergebnis festzuhalten, dass der – im Falle von hier jedoch nicht zu erwartenden auffälligen Einzeltönen – Anhaltswert der zulässigen Überschreitung von bis zu 10 dB für das Terzband mit der Mittenfrequenz $f_M = 100$ Hz entsprechend sehr deutlich unterschritten wird.

Somit liegen gemäß DIN 45680 [7] keine Anzeichen auf unzulässig hohe tieffrequente Geräuschimmissionen vor.

8.3 Anlagenbezogener Fahrverkehr

Immissionsrelevanter Verkehr tritt mit dem bestimmungsgemäßen Betrieb des Vorhabens nicht auf. Somit sind nach Nr. 7.4 der TA Lärm [2] keine organisatorischen Maßnahmen zur Minderung der Verkehrsgeräusche zu prüfen.

9 Qualität der Ergebnisse

Die Qualität der Prognose hängt sowohl von den Eingangsdaten, d. h. den Schallemissionswerten, den Betriebszeiten usw., als auch von den Parametern der Schallausbreitungsberechnung ab. Für die Berechnung gilt:

Bei dieser Ermittlung der Emissionswerte (Schallleistungspegel) wurden deutlich konservative Ansätze berücksichtigt, z. B.

- eine zeitgleiche und anzunehmende maximale Geräuschenstehung für entsprechend „ungünstige“ Witterungsbedingungen,
- vorsorgliche Berücksichtigung eines Zuschlags für Tonhaltigkeit in Höhe von $K_T = 3$ dB im Umfeld der KA_MUHS, obwohl von einer Tonalität des Immissionsgeräuschs nicht auszugehen ist.

Für die Software zur Berechnung der Geräuschimmission nach DIN ISO 9613-2 [4] (Cadna/A [27]) liegt eine aktuelle Konformitätserklärung nach DIN 45687 [6] vor.

Damit ist festzustellen, dass, unter Berücksichtigung der o. g. schalltechnisch konservativen Ansätze, die hier prognostizierten Beurteilungspegel an der oberen Grenze der zu erwartenden Immissionsbeiträge der geplanten Anlage liegen werden.

In diesem Bericht werden die Zahlenwerte für Pegelgrößen teilweise auf ganze dB gerundet angegeben (beispielsweise Beurteilungspegel nach TA Lärm [2]). Alle Berechnungen werden jedoch mit der vollen Rechengenauigkeit des verwendeten Rechenprogramms durchgeführt. Auf ganze dB gerundet wird erst für die Angabe der Endergebnisse im Bericht. Hierdurch ist sichergestellt, dass im Rahmen von Berechnungen keine zusätzlichen Rundungsfehler entstehen.