

Projekt

Südliche Leitungseinführungen

Ersatzneubau 380/220-kV Leitungseinführungen UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach

220/110-kV-Ltg. Einführung Raitersaich_West 1, LH-08-B105A

380/110-kV-Ltg. Einführung Raitersaich_West 2, LH-08-B105B

110-kV-Kabel Anschluss Müncherlbach 1, LH-08-B105C

110-kV-Ltg. Anschluss Müncherlbach 2, LH-08-B105D

Planfeststellungsunterlage

Unterlage 9.1.1

Immissionsbericht zu elektrischen und magnetischen Feldern mit Minimierungsbetrachtung nach 26. BImSchV inkl. schalltechnischem Gutachten zur Betriebsphase

Antragsteller:



TenneT TSO GmbH

Bernecker Straße 70

95448 Bayreuth

Bearbeitung:



Eqos Energie

Riesaer Straße 100

04319 Leipzig

Aufgestellt:	TenneT TSO GmbH  i. V. Julia Gotzler	Bayreuth, den  i. V. Andreas Junginger 28.06.2024
Bearbeitung:	EQOS Energie, René Barg 	
Anlagen zum Dokument:	<ul style="list-style-type: none"> - Unterlage 9.1.1: Immissionsbericht (EMF-Untersuchung) inkl. schalltechnisches Gutachten (Betrieb der Leitung) <ul style="list-style-type: none"> o Anhang 1 zum Bericht: Herstellerzertifikate zur Software Win-Field / EFC-400 zum B-Feld und E-Feld o Anhang 2 zum Bericht: Herstellerzertifikate zur Software Win-Field / EFC-400 zur Schallausbreitung 	
Änderungshistorie:	Änderung:	Änderungsdatum:

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen
UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



EMF – Untersuchung (Elektrische und magnetische Felder)

sowie

Schalltechnische Untersuchung (Lärmimmissionsprognose)

zum Planfeststellungsverfahren für den

**Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen UW
Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach**

220/110-kV-Ltg. Einführung Raitersaich West 1, LH-08-B105A

380/110-kV-Ltg. Einführung Raitersaich West 2, LH-08-B105B

110-kV-Kabel Anschluss Müncherlbach 1, LH-08-B105C

110-kV-Ltg. Anschluss Müncherlbach 2, LH-08-B105D

Anlagenbetreiber / Auftraggeber:

TenneT TSO GmbH
Bernecker Straße 70
95448 Bayreuth



Durchführung / Berechnung der Immissionsprognose:

EQOS Energie GmbH
Wolfentalstraße 29
88400 Biberach



Inhaltsverzeichnis

1.	Einführender Teil	4
1.1.	Angaben zur Anlage, Antragsteller und Bearbeiter	4
1.2.	Veranlassung.....	5
1.3.	Geografischer Bezug	5
1.4.	Aufgabenstellung	5
1.5.	Grundlagen (gesetzliche Anforderungen)	5
2.	(Elektro)Technische Erläuterungen	6
2.1.	Aufbau einer (380-kV-)Freileitung	6
2.2.	Niederfrequente elektrische und magnetische Felder	6
2.3.	Das elektrische Feld	7
2.4.	Das magnetische Feld	7
2.5.	Auftreten und Abschirmung	7
2.6.	Primäre Minimierungsmaßnahmen	9
2.7.	Sekundäre Minimierungsmaßnahmen.....	9
2.8.	Lärmimmissionen.....	13
2.8.1.	Einwirkung durch Regen	13
2.8.2.	Zuschlag für Tonhaltigkeit	13
2.9.	Immissionen der 110-kV-Kabelanlage.....	13
2.10.1	Minimierungsgebot (26. BImSchVVwV)	15
3.	Gesetzliche Grenzwerte	18
3.1.	Elektrische und magnetische Felder	18
3.2.	Lärmimmissionen.....	19
4.	Ausgangssituation	20
4.1.	Übersicht der verwendeten Unterlagen	20
4.2.	Technische Parameter	20
4.2.1.	Parameter der geplanten 380-kV-Leitung	20
4.2.2.	Parameter zu den vorgesehenen Leitern	20
4.2.3.	Parameter weiterer zu berücksichtigender Anlagen.....	21
4.2.4.	Benennung nicht zu berücksichtigender Anlagen	22
4.2.5.	Umgebungsbedingungen für elektrische und magnetische Felder	22
4.2.6.	Umgebungsbedingungen zur Schallausbreitung.....	22
4.2.6.1.	Abschirmung / Reflexion.....	22
4.2.6.2.	Luftabsorption	22
4.2.6.3.	Bodeneffekt.....	23
4.2.6.4.	Meteorologische Korrektur	23

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen
UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



5.	Kartografische Darstellung	24
5.1.	Übersicht der technischen Unterlagen	24
5.2.	Übersicht der immissionsrechtlichen Unterlagen	24
6.	Ermittlung der Immissionen	25
6.1.	Verwendete Software	25
6.2.	Verwendete Geodaten	25
6.3.	Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte	25
6.4.	Bewertungsabstand und Einwirkungsbereich	25
6.5.	Maßgebliche Immissions- und Minimierungsorte	26
6.6.	Oberwellenanteile	26
7.	Ergebnisse	27
7.1.	Grenzwerteinhaltung	27
7.2.	Überspannungsverbot	27
7.3.	Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden	27
7.4.	Raumentladungswolken	28
7.5.	Minimierungsgebot	28
7.6.	Darstellung der Berechnungsergebnisse	28
8.	Qualität	29
8.1.	Bestätigung der Richtigkeit aller Angaben	29
8.2.	Angaben zu Berechnungsunsicherheiten	29
8.3.	Schwierigkeiten in der Erstellung der Untersuchung	29
9.	Fazit der Bewertung	30
10.	Ergebnis / Zusammenfassung	30
11.	Glossar	31
12.	Abbildungsverzeichnis	32
13.	Tabellenverzeichnis	32

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen
UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



1. Einführender Teil

1.1. Angaben zur Anlage, Antragsteller und Bearbeiter

Die vorliegende Untersuchung bewertet die zu erwartenden Immissionen durch elektrische und magnetische Felder im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für das Projekt „Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach“. Im Folgenden sind Informationen über das Planfeststellungsverfahren, die Anlage und die beteiligten Institutionen aufgeführt.

Bezeichnung des Abschnittes und der Anlage:

220/110-kV-Ltg. Einführung Raitersaich_West 1, LH-08-B105A
380/110-kV-Ltg. Einführung Raitersaich_West 2, LH-08-B105B
110-kV-Kabel Anschluss Müncherlbach 1, LH-08-B105C
110-kV-Ltg. Anschluss Müncherlbach 2, LH-08-B105D

Verfahren:

Planfeststellungsverfahren nach §43 EnWG

Verfahrensführende Behörde:

Regierung von Mittelfranken
Sachgebiet 32 – Planfeststellung, Straßenrecht, Baurecht
Promenade 27
91511 Ansbach

Antragsteller / Betreiber und Auftraggeber der Untersuchung:

TenneT TSO GmbH
Bernecker Straße 70
95448 Bayreuth

Durchführung der Untersuchung / Auftragnehmer:

EQOS-Energie Deutschland GmbH
Wolfentalstraße 29
88400 Biberach

Bearbeiter:

Verantwortlicher Bearbeiter Peter Lohmüller (EQOS-Energie)

Gesamtbearbeitung Immissionsunterlage:

Leitungstechnische Berechnung	Lilli Sonntag (EQOS-Energie)
Immissionsberechnung	Dipl. Ing. David Piwonski (EQOS-Energie)
Prüfung Immissionen	Betriebswirt René Barg (EQOS-Energie)
Bericht und Prüfung	Akad. Geoinformatiker Peter Lohmüller
Prüfung Auftraggeber	Andreas Junginger (TenneT TSO)

Berichtsdatum: 14.10.2024

Version: V.5

Sachkundehinweis:

Die für die Berechnung und Interpretation notwendige Sachkunde ergeht über die akademischen Abschlüsse und wird im Rahmen wiederkehrender Schulungen bei der FGEU mbH von den bearbeitenden und prüfenden Personen aktualisiert.

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen
UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



1.2. Veranlassung

Die TenneT TSO GmbH (künftig TenneT genannt) plant, wie im Erläuterungsbericht unter Unterlage 1.1 genannt, die Errichtung und den Betrieb der 220/110-kV-Ltg. Einführung Raitersaich_West 1 (LH-08-B105A), 380/110-kV-Ltg. Einführung Raitersaich_West 2 (LH-08-B105B), 110-kV-Kabel Anschluss Müncherlbach 1 (LH-08-B105C) und 110-kV-Ltg. Anschluss Müncherlbach 2 (LH-08-B105D) im Bereich südwestlich von Raitersaich und zwischen dem Umspannwerk (UW) Müncherlbach und dem UW Raitersaich als Ersatzneubau für die bestehende und rückzubauenden 380-/220-kV-Leitung LH-08-B105 und 110-kV-Leitung LH-07-G300 (der TenneT).

Die Leitungen erstrecken sich zwischen dem Umspannwerk auf einer direkten Länge von etwa 1,8 km auf dem Hoheitsgebiet der Bundesrepublik Deutschland und des Landes Bayern, an der Grenze der Landkreise Ansbach und Fürth im Regierungsbezirk Mittelfranken. Die Trassenführung orientiert sich im Wesentlichen an der direkten Verbindung zwischen den zu verbindenden und anzuspringenden Umspannwerken.

Im Zuge des Planfeststellungsverfahrens werden die Auswirkungen durch den Betrieb der geplanten Leitungsanlagen bezüglich deren elektrischen und magnetischen Immissionen als Prognose berechnet und grafisch (in Unterlage 9.1.4-6) sowie tabellarisch (ebenfalls in der Unterlage 9.1.3) dargestellt.

Auch hinsichtlich des künftigen Betriebslärms wurde die geplante Anlage hier untersucht und eine Schallimmissionsprognose grafisch in dieser Unterlage 9.1.6 erstellt, sowie identisch zur EMF-Untersuchung die Werte in die Tabelle unter Unterlage 9.1.4 und 9.1.5 eingetragen.

1.3. Geografischer Bezug

Der detaillierte Verlauf ist aus den beiliegenden Genehmigungsunterlagen zu entnehmen, hierbei im Speziellen den Übersichtsplänen (Unterlage 2.1) und den Lageplänen (Unterlage 4.1), welche anhand der im Übersichtsplan eingetragenen Blattschnitte zugeordnet werden können.

Betreffend der Immissionen selbst wird auf den Inhalt der Unterlage 9 verwiesen. Diese beinhaltet nebst der Prognosen für die einzelnen Abschnitte und den zugehörigen tabellarischen Zusammenstellungen der Immissionen an den jeweils zu beurteilenden Immissionsorten auch die zugehörigen Lagepläne mit der zu erwartenden magnetischen Immission (B-Feld), elektrischen Feldern (E-Feld), sowie den Isophonenkarten zum Thema Betriebslärm (Schallimmissionspläne). Parallel zur hier festgehaltenen Dokumentation wird auch auf das Kapitel zu den Immissionen im Erläuterungsbericht (Unterlage 1.1) verwiesen, welches sich ebenfalls mit dem Thema befasst.

1.4. Aufgabenstellung

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, die Vorgaben für elektrische und magnetische Felder, sowie der zulässigen Lärmimmissionen durch das Vorhaben der geplanten Leitungsanlagen zu berechnen, eine Prognose hierfür auszuarbeiten und den Nachweis über die Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte in der Gesamtunterlage beizubringen.

1.5. Grundlagen (gesetzliche Anforderungen)

Die rechtliche Grundlage für die Aufgabenstellung bildet die 26. BImSchV sowie die mit ihr in Verbindung stehende 26. BImSchVVwV.

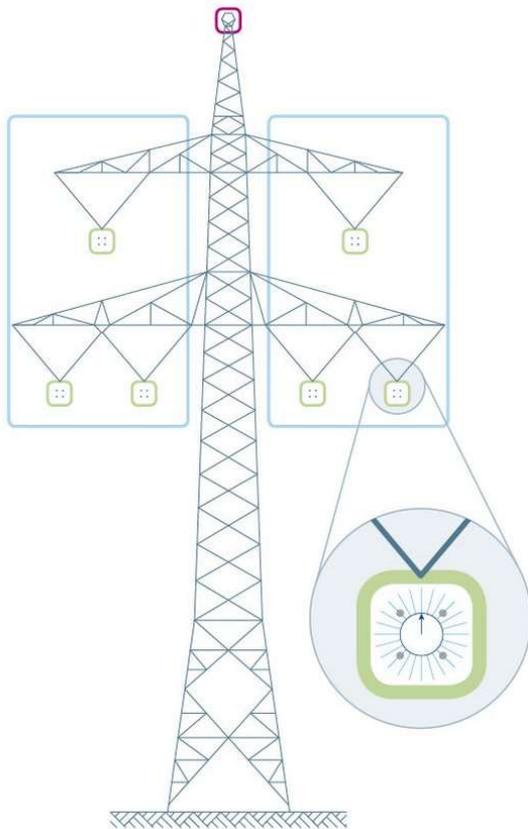
Ebenfalls sind bereits in den Grundlagen unter Unterlage 9.1.2 genannten Regelwerke und Gesetze zum Thema der Lärmimmission zu berücksichtigen, im Speziellen die TA Lärm, sowie mögliche witterungsbedingte Anlagengeräusche (vgl. EnWG §49 Abs. 2b).

Gemäß den zuvor genannten Anforderungen ist sicherzustellen, dass die hier zu genehmigende Niederfrequenzanlage bei höchster betrieblicher Auslastung die vorgegebenen Grenz- und Richtwerte (vgl. Kapitel 3) stets eingehalten werden.

2. (Elektro)Technische Erläuterungen

2.1. Aufbau einer (380-kV-)Freileitung

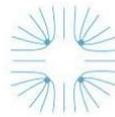
Vorab wird beispielhaft die Bauweise einer 380-kV-Leitung dargestellt, um in den folgenden Kapiteln auftretende Bezeichnungen zu erläutern.



Beseilung eines 2-systemigen Hochspannungsmastes

Die Beseilung von Freileitungsmasten kann, je nach Masttyp und Maststandort, variieren.

- An jeder Mastspitze befindet sich als Blitzschutzfunktion in der Regel ein Erdseil mit Lichtwellenleiter
- Auf jeder Seite des Strommastes befindet sich ein Stromkreis
- Jeder Stromkreis setzt sich aus drei Phasen zusammen, die sich je nach Masttyp unterschiedlich auf den Ebenen eines Mastes verteilen
- Sind je Phase eines Strommastes mehrere Teilleiter angeordnet, wie hier als 4er-Bündel, entsteht ein sogenannter Ersatzradius.
- Entsprechend rücken die hier zur Veranschaulichung idealisiert angenommenen Feldlinien noch weiter auseinander und die Randfeldstärke wird verringert. Im Vergleich zu Leitungen mit Einfachseil oder 2er-Bündeln sind Leitungen mit 4er-Bündeln daher deutlich leiser.



Realitätsnahe Darstellung der elektrischen Randfeldstärke am Leiterbündel.

Abbildung 1: Aufbau/Beseilung eines Freileitungsmastes (Donaumast) (Quelle: TenneT TSO GmbH)

Sollten Fachbegriffe unbekannt sein und diese nicht in den einzelnen Textabschnitten selbst erklärt werden, befindet sich am Ende des Dokumentes das Glossar, welches diese kurz beschreibt.

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder sind voneinander unabhängig und werden daher auch hier in der Unterlage getrennt voneinander betrachtet.

2.2. Niederfrequente elektrische und magnetische Felder

Beim Betrieb von Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität werden elektrische und magnetische Felder mit einer Frequenz von 50 Hz erzeugt, welche zum so genannten Niederfrequenzbereich gehört. Diese sind in unmittelbarer Nähe der stromführenden Leiter der Höchstspannungsfreileitung am größten und nehmen mit zunehmender Entfernung zu den Leitern rasch ab. Diese elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten lassen sich berechnen und als Prognoseergebnis in der hier vorliegenden Immissionsunterlage darstellen.

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen
UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



2.3. Das elektrische Feld

Ursache des elektrischen Feldes ist die anliegende Spannung. Die elektrische Feldstärke wird in Volt pro Meter (V/m) oder Kilovolt pro Meter (kV/m) angegeben.

Der Betrag hängt ab von:

- der Höhe der Spannung
- der Entfernung zum Immissionsort bzw. den Abständen zum Boden
- der Konfiguration der Leiterseile am Mast
- dem Vorhandensein von Erdseilen
- der Phasenfolge

Da Netze mit annähernd konstanter Spannung betrieben werden, ergibt sich kaum eine Variation der Feldstärke. Die Feldstärke verändert sich lediglich durch die mit der Leiterseiltemperatur variierenden Bodenabstände.

2.4. Das magnetische Feld

Ursache für das magnetische Feld ist der elektrische Strom. Die magnetische Feldstärke wird in Ampere pro Meter (A/m) angegeben. Bei niederfrequenten Feldern wird als zu bewertende Größe die magnetische Flussdichte herangezogen, die bei Vakuum und näherungsweise auch bei Luft ausschließlich über die physikalische Konstante (magnetische Feldkonstante) μ_0 mit der magnetischen Feldstärke verknüpft ist. Die Maßeinheit der magnetischen Flussdichte ist das Tesla (T). Sie wird zweckmäßigerweise in Bruchteilen als Mikrottesla (μT) angegeben.

Je größer die Stromstärke, desto höher ist auch die magnetische Flussdichte.

Da die Stromstärke stark von der Netzbelastung abhängt, ergeben sich tages- und jahreszeitliche Schwankungen der magnetischen Flussdichte.

Wie auch beim elektrischen Feld hängt die räumliche Ausdehnung und Größe ab von

- der Höhe des Stromes
- der Entfernung zum Immissionsort bzw. den Abständen zum Boden
- der Konfiguration der Leiterseile am Mast
- dem Vorhandensein von Erdseilen
- der Phasenfolge

Die Feldstärke bzw. Flussdichte verändert sich zusätzlich durch die mit der Leiterseiltemperatur variierenden Bodenabstände.

2.5. Auftreten und Abschirmung

Die stärksten elektrischen und magnetischen Felder treten direkt unterhalb der Freileitungen zwischen den Masten am Ort des größten Durchhanges der Leiterseile auf. Die Stärke der Felder nimmt mit zunehmender seitlicher Entfernung von der Leitung ab.

Elektrische Felder können durch elektrisch leitfähige Materialien, z. B. durch bauliche Strukturen oder Bewuchs, gut abgeschirmt werden.

Magnetfelder können anorganische und organische Stoffe nahezu ungestört durchdringen.

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen

UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach

Im Regelbetrieb (maximaler Betriebsstrom = 2.204 A/1.102 A/2.100 A) liegt die magnetische Flussdichte direkt unter der 380-kV- bzw. 220-kV- oder 110-kV-Drehstromleitung der hier betrachteten Anlagen bei etwa 20 μT , der gesetzliche Grenzwert von 100 μT (gem. 26. BImSchV) wird dadurch deutlich unterschritten.

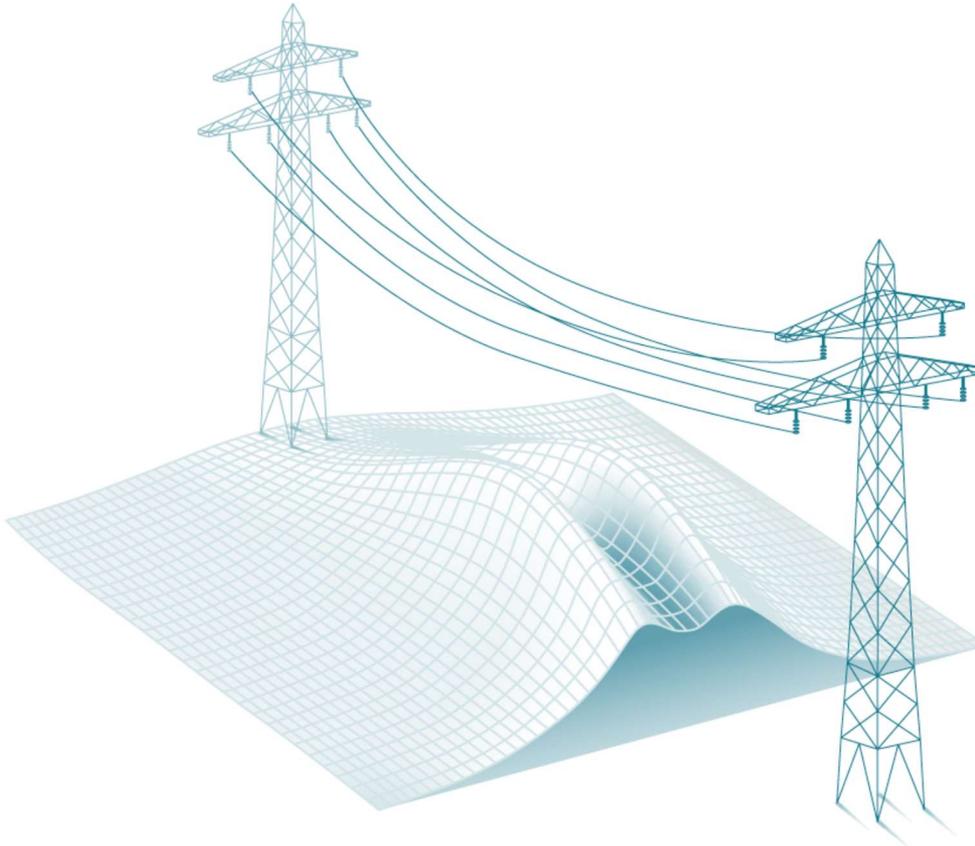


Abbildung 2: Darstellung eines magnetischen Feldes unter einer 380-kV-Leitung (mit Donaumasten) (Quelle: Tennet TSO GmbH)

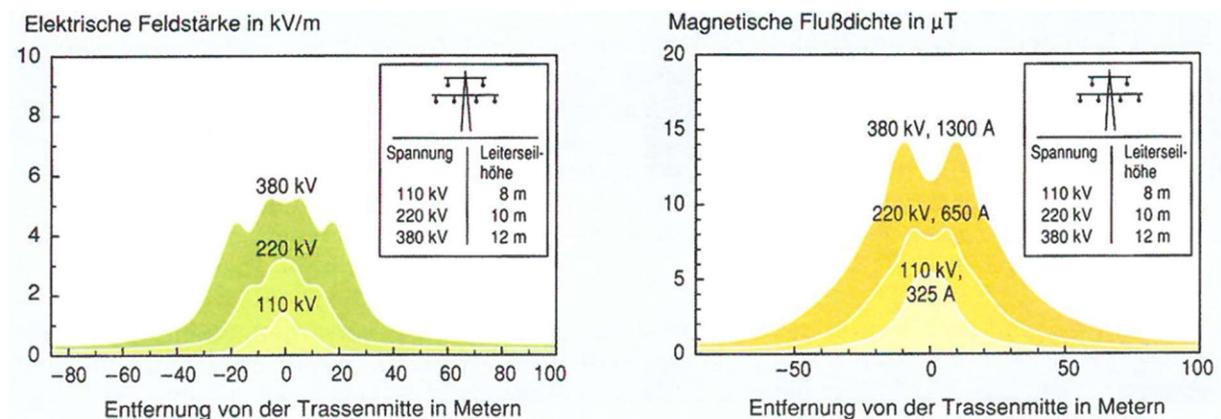


Abbildung 3: Ausbreitung des magnetischen Feldes unter einer 380-kV-Leitung (mit Donaumasten) (Quelle: Tennet TSO GmbH)

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen
UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



In den Immissionsberechnungen wird das elektrische Feld nicht mit der Nennspannung von 380-kV, sondern mit der Bemessungsspannung von 420-kV berechnet. Die Bemessungsspannung spezifiziert den maximalen Wert der elektrischen Spannung im Normalbetrieb und die Grundlage für die Bemessung aller Betriebsmittel.

2.6. Primäre Minimierungsmaßnahmen

Als primäre Minimierungsmaßnahmen werden die Möglichkeiten herangezogen, welche die Grundlage der technischen Planung bilden – den Trassierungsgrundsätzen der Vorhabenträgerin. Diese gehen meist über die gesetzlichen Anforderungen wie der technischen Norm (DIN EN 50341) oder beispielsweise auch den Vorgaben aus der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV“ (26. BImSchVVwV) hinaus und umfassen im Wesentlichen:

- Einhaltung eines Mindestbodenabstandes von 12,5 m am niedrigsten Punkt einer 380-kV-Leitung (üblicherweise der unteren Leiterseile in Feldmitte zwischen den Masten)
- Erreichung eines größtmöglichen Abstands durch optimierten Verlauf zwischen Wohnlagen hindurch

2.7. Sekundäre Minimierungsmaßnahmen

Zusätzlich zu den primären Minimierungsmaßnahmen sind weitere technische Optionen zur Immissionsminimierung möglich.

Auf der geplanten Freileitung werden 2 Stromkreise mit je 3 Phasen als Drehstromsystem und Erdseile, welche vorrangig als Blitzschutz dienen, installiert.

Maßgebliche Faktoren für die Immissionen haben induktive und kapazitive Einwirkungen der einzelnen Phasen eines Drehstromsystems einerseits untereinander, aber auch zum anderen System, sowie gegenüber dem Erdpotential der Erdseile und des umgebenden Geländes. Durch diesen Kapazitäts- und bei Freileitungen höher auftretenden Induktivitätsbelag erhöht sich die Blindleistung, welche beim Betrieb zu kompensieren ist. Für die Verringerung der Blindleistung bzw. zur Blindleistungskompensation sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Leiterquerschnitt: Durch einen hohen Leiterquerschnitt des verwendeten Leiterseiles und zusätzlicher Verwendung von einem 4er-Bündel je Phase treten deutlich weniger Korona-Entladungen auf. Dadurch wird nicht nur der Übertragungsverlust (Blindleistung) minimiert, sondern auch die Geräusche verringert.
- Wichtiger und einflussreicher Aspekt ist weiterhin die Phasenlage, also wie die einzelnen Phasen auf den Masten aufgelegt werden und welcher Einfluss sich daraus hinsichtlich der Immissionen ergibt. Wie die einzelnen Phasenlagen aussehen, wird im Folgenden näher beschrieben.

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen

UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach

Folgende beispielhafte Phasenlagen an verschiedenen Masten (unterschiedlich einsetzbaren Gestängen) sind möglich. Die dabei ungünstige Phasenlage in Bezug auf deren gegenseitigen Einfluss und resultierenden Immissionen ist in rot dargestellt, die günstigste Phasenlage in grün.

Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass die Darstellung beispielhafte Phasenlagen für verschiedene Masttypen abbilden. Die rot dargestellte und schlechteste Phasenlage ist im internen Regelwerk der Vorhabenträgerin gar eine ausgeschlossen Phasenlage.

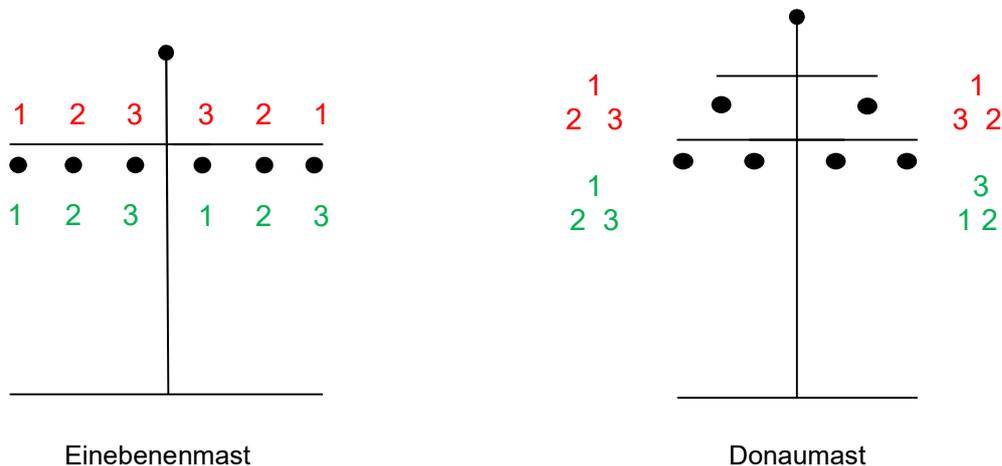


Abbildung 4: schematische Darstellung möglicher Phasenlagen an unterschiedlichen Masttypen

Unter Berücksichtigung dieser optimalen oder günstigen bzw. schlechtesten oder ungünstigsten Phasenlage können die Belastungen für den Regelbetrieb errechnet werden.

Die folgenden Grafiken der Abbildungen 5 bis 8 zeigen beispielhaft die Berechnungsergebnisse beim Schnitt quer zur Leitung, mittig im Feld, also am tiefsten Punkt der Leitung.

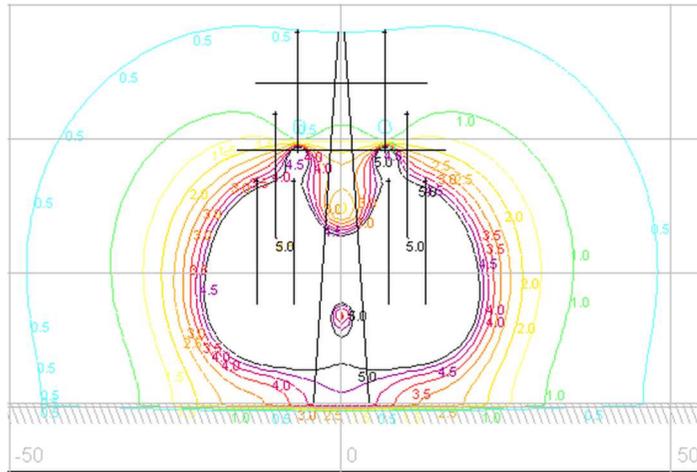
Dabei werden die seitlichen Abstände für das E-Feld bis etwa je 50 m (Höhenlinienabstand jeweils 20 m) und für das B-Feld bis etwa 100 m angezeigt (Höhenlinienabstand jeweils 20 m), sowie die berechneten Werte für das E-Feld in kV/m bzw. für das B-Feld in μT .

Die Abgrenzung der einzelnen Stufen wird mittels Isolinien aufgezeigt.

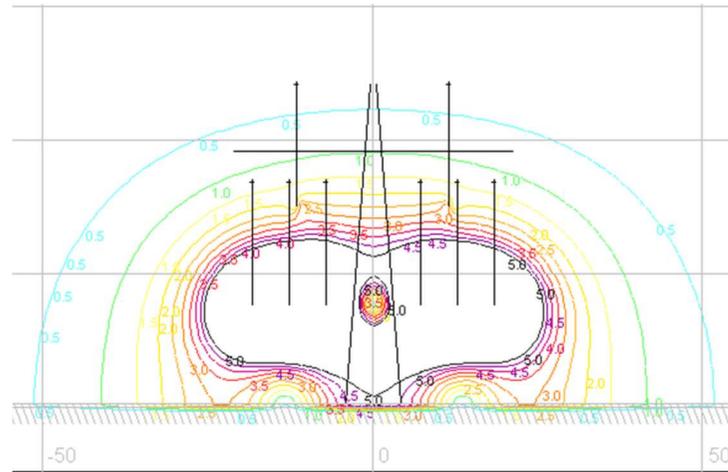
Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen

UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach

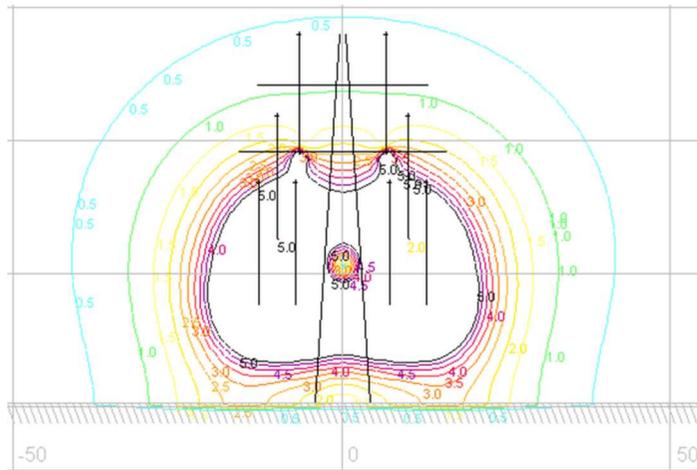


Donaumast

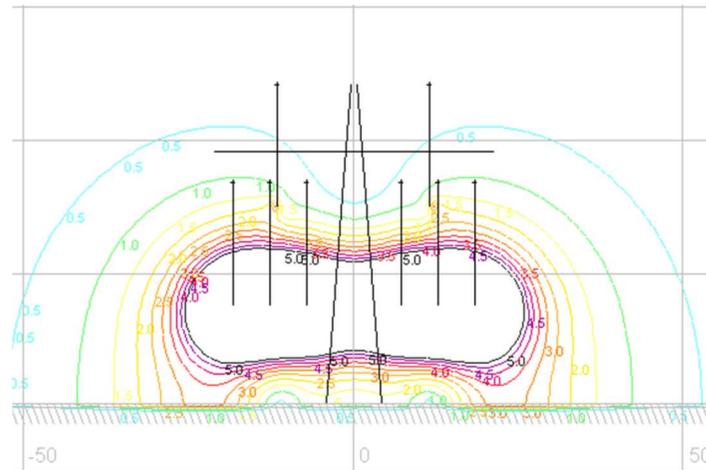


Einebenenmast

Abbildung 5: Darstellung der Immissionen zum **E-Feld** bei **ungünstigster** Phasenlage an unterschiedlichen Masttypen (Quelle: TenneT TSO GmbH)



Donaumast



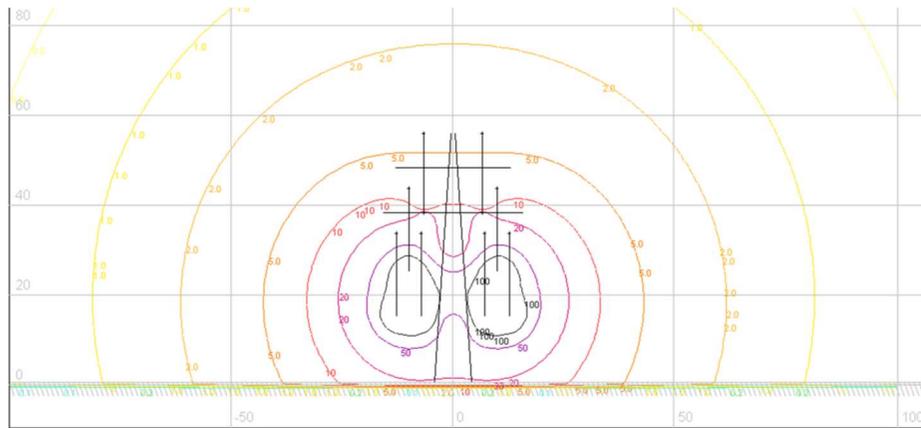
Einebenenmast

Abbildung 6: Darstellung der Immissionen zum **E-Feld** bei **günstigster** Phasenlage an unterschiedlichen Masttypen (Quelle: TenneT TSO GmbH)

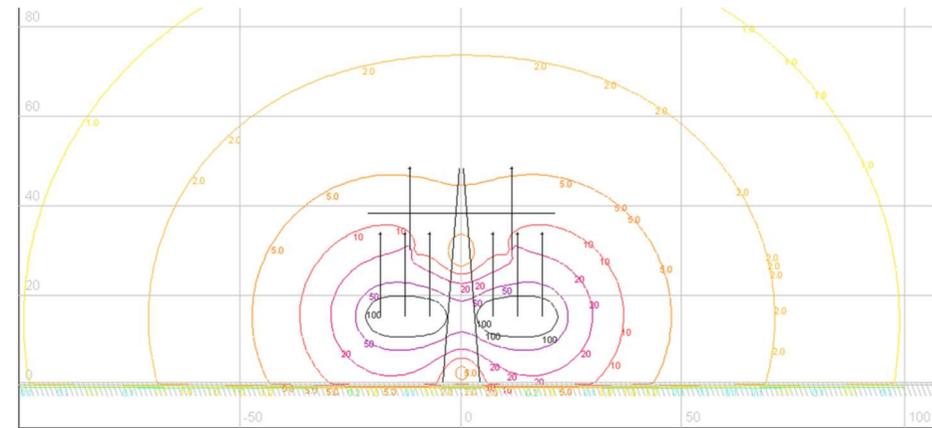
Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen

UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach

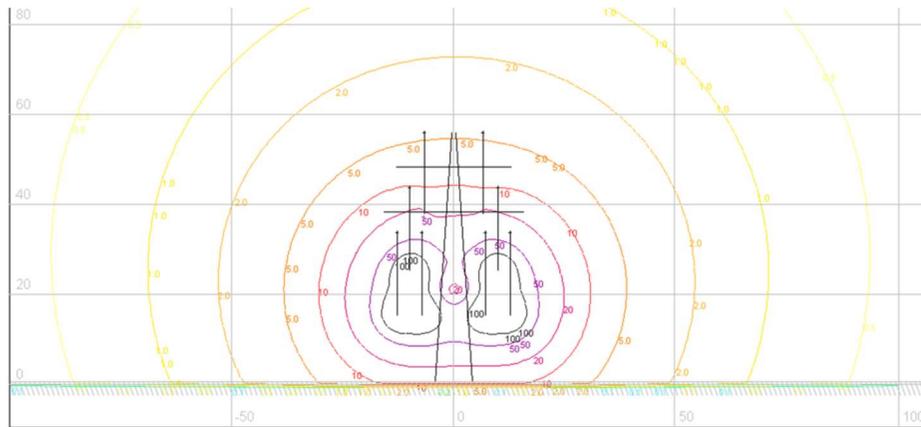


Donaumast

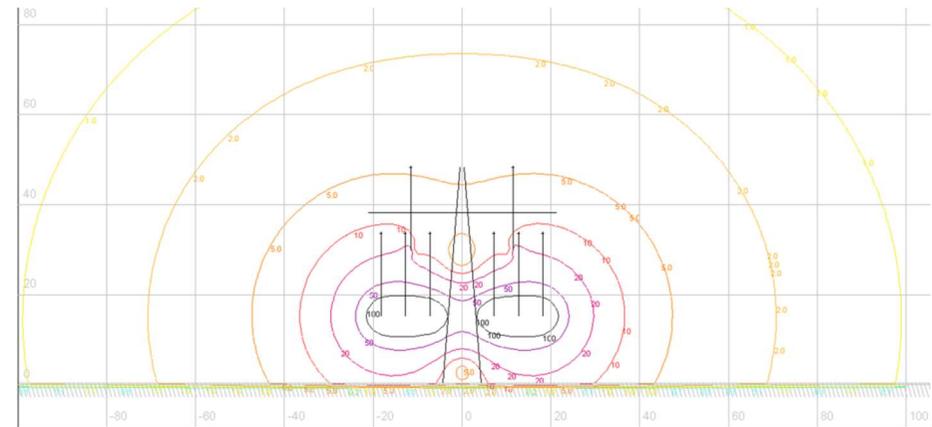


Eiebenenmast

Abbildung 7: Darstellung der Immissionen zum **B-Feld** bei **ungünstigster** Phasenlage an unterschiedlichen Masttypen (Quelle: TenneT TSO GmbH)



Donaumast



Eiebenenmast

Abbildung 8: Darstellung der Immissionen zum **B-Feld** bei **günstigster** Phasenlage an unterschiedlichen Masttypen (Quelle: TenneT TSO GmbH)

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen
UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



2.8. Lärmimmissionen

Ursache für die Lärmimmission, als die zu beurteilende Betriebsgeräusche der Freileitung ist im Besonderen abhängig von

- den Abständen zur Freileitung
- der Spannungsebene
- den Leiterquerschnitten

Natürlich ist auch das Vorhandensein von Lärmabsorbierenden Hindernissen von Belang, welche hier jedoch zu Gunsten der Betroffenen nicht mit einbezogen werden (siehe auch Umgebungsbedingungen in Kapitel 4.2.6).

Weiterhin zu berücksichtigende Faktoren in der Lärmbetrachtung werden in den folgenden Unterkapiteln aufgeführt.

2.8.1. Einwirkung durch Regen

Während des Betriebes von Freileitungen kann es bei sehr feuchter Witterung (Regen oder hohe Luftfeuchte) zu Korona-Entladungen an der Oberfläche der Leiterseile kommen. Dabei können, zeitlich begrenzt, Geräusche verursacht werden. Die Schallpegel hängen neben den Witterungsbedingungen im Wesentlichen von der elektrischen Feldstärke auf der Oberfläche der Leiterseile ab. Diese so genannte Randfeldstärke ergibt sich wiederum aus der Höhe der Spannung, der Anzahl der Leiterseile je Phase sowie aus der geometrischen Anordnung und den Abständen der Leiterseile untereinander und zum Boden.

Die Intensität der Koronageräusche ist in großem Maße von der Regenmenge abhängig. Das Auftreten von starkem nächtlichen Dauerregen (Niederschlagsmenge > 3,5 mm/h) mit einer Dauer von mehr als einer Stunde tritt im Jahresmittel jedoch eher selten auf und ist mit weniger als 20 Nachtstunden pro Jahr anzunehmen (s.a. Grundlagen zur Berechnung). Je nach Luftfeuchtigkeit und Abtrockengeschwindigkeit der Leiterseile nach dem Niederschlag existiert noch ein niederfrequentes Brummen im Bereich von 100 Hz, welches jedoch um 10 - 20 dB(A) geringere Schallimmissionen als durch Regen hervorgerufene Koronageräusche verursacht. Gemäß §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 (vgl. Tabelle 1 in Kapitel 3.2) zulässige Belastung zugemutet werden.

2.8.2. Zuschlag für Tonhaltigkeit

Um die subjektiv erhöhte Störwirkung von reinen Tönen pauschal zu berücksichtigen, sieht die TA Lärm unter anderem die Vergabe eines Zuschlages für Tonhaltigkeit in Höhe von 3 dB oder 6 dB vor. Um die von den Geräuschimmissionen der Koronageräusche betroffene Bebauung entlang des Trassenverlaufs zu berücksichtigen, wurde **vorsorglich der pauschale Tonzuschlag von 3 dB mit einbezogen**.

2.9. Immissionen der 110-kV-Kabelanlage

Während des Betriebs der Kabelanlage sind folgende Immissionen zu betrachten: Magnetisches Feld und Wärme. Sowohl der Betriebslärm als auch das elektrische Feld sind baubedingt nicht relevant. Durch den Kabelschirm wird das elektrische Feld nahezu vollständig abgeschirmt, sodass dieses nicht

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen
UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



Die Wärmeleitfähigkeit des Bodens ist stark von der Bodenfeuchtigkeit abhängig. Feuchtere Böden leiten Wärme besser als trockene Böden. Zusätzlich kann durch die Erwärmung des Bodens aufgrund der Wärmeemission der Kabelanlage eine Austrocknung des Bodens in der direkten Umgebung der Kabelanlage auftreten und so die Wärmeleitfähigkeit herabsetzen.

Die angenommene kritische Temperatur von 40°C, bei deren Überschreitung Austrocknungseffekte des Bodens auftreten können befindet sich in einer Tiefe von ca. 1,10 m. Austrocknung tritt nur in Fällen auf, in denen die Bodenstrukturen dafür anfällig sind. Für Bodenschichten im Grundwasserbereich ist nicht von einer Austrocknung auszugehen, auch nicht wenn die kritische Temperatur überschritten ist. Die Temperaturen der Innenleiter, Kabeloberflächen sowie die Temperaturanstiege in oberflächennahen Bodenschichten ist in diesem Fall sehr viel geringer zu erwarten.

2.10.1 Minimierungsgebot (26. BImSchVVwV)

Gem. § 4 Abs. 1 der 26. BImSchV sind bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen sowie Gleichstromanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Konkretisiert werden diese Anforderungen durch die 26. BImSchVVwV – Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV vom 26. Februar 2016, die für Planfeststellungs- und Plangenehmigungsverfahren gilt, die ab dem 4. März 2016 beantragt wurden.

Die technischen Möglichkeiten zur Minimierung sind für Energieübertragungsanlagen mit 50 Hertz unter der Nr. 5.3 der 26. BImSchVVwV aufgeführt. Zunächst werden im Allgemeinen die Möglichkeiten für **Drehstromfreileitungen** (Nr. 5.3.1), welche überwiegend beim hier geplanten Leitungsabschnitt eingesetzt werden, erläutert und in dem folgendem Abschnitt das Drehstromerkabel. Die technischen Möglichkeiten zur Minimierung umfassen für Drehstromfreileitungen folgende Punkte:

- Abstandsoptimierung (Nr. 5.3.1.1): Das Ziel besteht darin, die Distanz zwischen den Leiterseilen und den maßgeblichen Minimierungsorten zu vergrößern. Bei der hier geplanten Leitung beträgt der geringste Bodenabstand in Bereichen der 380-/110-kV-Leitungsführung 10,0 m und liegt somit ca. 4,0 m über dem nach DIN EN 50341-1 mindestens geforderten Normwert von 6,0 m.
- Elektrische Schirmung (Nr. 5.3.1.2): Für die elektrische Schirmung ist eine zusätzliche Traverse notwendig und die Maßnahme ist nur wirksam, wenn dieses Erdseil unterhalb oder seitlich der Leitungssysteme angebracht sind. Dies hat zur Folge, dass höhere Maste eingesetzt werden müssen, die sich nachteilig auf das Landschaftsbild und den Vogelschutz (höheres Anflugrisiko) auswirken können. Die Maßnahme hat ausschließlich Auswirkungen auf das elektrische Feld, welches im Gegensatz zum magnetischen Feld auch von anderen, vorhandenen Objekten in der Landschaft und auch von Hauswänden gut abgeschirmt wird. Im Hinblick auf das geringe Minimierungspotential und dem gegenüberstehenden Aufwand und der umweltfachlichen Nachteile wird auf diese Minimierungsmaßnahme verzichtet.
- Minimieren der Seilabstände (Nr. 5.3.1.3): Eine Minimierung der Seilabstände erfolgt bereits bei der Konstruktion der Mastgestänge, welche in diesem Leitungsabschnitt eingesetzt werden. Zusätzlich werden die Isolatoren der Tragmaste als V-Ketten ausgeführt, was zu geringeren Ausschwingweiten und damit zu geringeren Seilabständen führt. Hierbei muss allerdings immer auch der minimal zulässige Leiterseilabstand zwischen den einzelnen Phasen sowie zu geerdeten Anlagenbauteilen berücksichtigt werden. Weiterhin spielen auch betriebliche Anforderungen (z. B. Besteigbarkeit und Zugänglichkeit von Anlagenteilen während des Betriebes) eine Rolle und entsprechende Mindestabstände müssen gewährleistet sein.

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen

UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



- Optimieren der Mastkopfgeometrie (Nr. 5.3.1.4): Grundsätzlich bildet das Donaumastbild das Optimum aus Leitungshöhe und Trassenbreite im Vergleich zu anderen Mastbildern und ist daher zu bevorzugen. Bei der geplanten Leitung kommt bis auf Mast 1 ein Mischgestänge zum Einsatz, das bis Mast 21 aus zwei Einebenenmastgestängen und ab Mast 22 aus einer Kombination aus Donau- und Einebenenmastgestänge besteht. Mast 1 ist ein Einebenenmast. Die 26. BImSchVVwV bevorzugt zwar eine vertikale Anordnung (z. B. beim Tonnenmast) der Außenleiterseile, dieses Mastkopfbild ist aber aus Gründen technischer, wirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Randbedingungen nur im Ausnahmefall realisierbar.
- Optimieren der Leiteranordnung (Nr. 5.3.1.5): Eine allgemeingültige, optimale Leiteranordnung zur Optimierung der elektrischen und magnetischen Felder gibt es nicht, denn abhängig vom Beurteilungsort kann sich die optimale Leiteranordnung unterscheiden. Die Leiter für jeden einzelnen Immissionsort optimal anzuordnen, ist somit allein aus technischen Gründen nicht möglich. Im Allgemeinen werden die Leiteranordnungen in einem Netz so koordiniert und festgelegt, dass sich für dieses Netzgebilde geringstmögliche Unterschiede zwischen den Spannungen des Drehstromsystems ergeben. Insofern hat die Vorhabenträgerin für ein Neubauprojekt nur geringe Freiheitsgrade, die Leiteranordnung in einem Leitungsabschnitt ausschließlich mit dem Ziel der Feldoptimierung zu wählen. Eine Optimierung der Leiteranordnung der Neubauleitung kann unter Umständen zur Folge haben, dass es im gesamten Netz zu Anpassungen der Leiteranordnungen kommen kann. Umfangreiche Umbaumaßnahmen auf anderen Leitungen und in Umspannwerken könnte die Folge sein. Für dieses Projekt wurden die netztechnisch notwendigen Leiteranordnungen vorausgesetzt.

Im Kap. 5.3.2 der 26. BImSchVVwV werden die technischen Möglichkeiten zur Minimierung für **Drehstromerkabel** genauer beschrieben und nachfolgend näher erläutert. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das elektrische Feld aufgrund der Bauart der verwendeten Kabel sowie durch das umgebende Erdreich vollständig abgeschirmt wird.

- Minimierung der Kabelabstände (Nr. 5.3.2.1): Unter Berücksichtigung der thermischen Belastbarkeit der Kabel und der Abmessungen der Schutzrohre, werden die Abstände der einzelnen Kabel eines Systems sowie die einzelnen Kabelsysteme untereinander auf ein Mindestmaß reduziert.
- Optimieren der Leiteranordnung (Nr. 5.3.2.2): Die Anschlussreihenfolge der Phasen wird so ausgeführt, dass die von den Kabelsystemen ausgehenden magnetischen Felder bestmöglich kompensiert werden, sofern dies technisch möglich ist.
- Optimieren der Verlegegeometrie (Nr. 5.3.2.3): Die geplanten Kabelabschnitte werden in horizontaler Ebene verlegt. Aus Gründen der thermischen Belastbarkeit sowie aufgrund der großen Kabelquerschnitte und der Verlegung in Schutzrohren ist eine Verdrillung oder die Anordnung im Dreieck nicht möglich.
- Optimieren der Verlegetiefe (Nr. 5.3.2.4): Die Grenzwerte der 26. BImSchV für die magnetische Flussdichte werden bereits ab einer Verlegetiefe von ca. 1,40 m bei höchster Kabelauslastung an den maßgeblichen Immissionsorten unterschritten. Eine weitere Vergrößerung der Verlegetiefe hat für die Minimierung an den maßgeblichen Immissionsorten nur geringes Potential. Die 110-kV-Kabelsysteme werden bei offener Bauweise grundsätzlich in einer Tiefe von ca. 1,70 m verlegt. Die Grenzwerte werden durch die angesetzte Regelverlegetiefe also sicher eingehalten. Mit Zunahme der Verlegetiefe der Kabeltrasse muss der Abstand der einzelnen Kabel zueinander erhöht werden, um die Wärmeabfuhr nicht zu beeinträchtigen.

Abschließend sollen die genannten Maßnahmen im Hinblick auf ein Minimierungspotenzial an den Bezugspunkten bewertet werden. Da es sich bei der hier vorliegenden geplanten Leitung um ein Neubauprojekt handelt, werden die beschriebenen Minimierungsmaßnahmen bereits bei der Planung berücksichtigt. Dadurch sind unter Berücksichtigung von Auswirkungen auf andere Schutzgüter, agrarstrukturelle Belange und ähnliche relevante Einflussfaktoren die meisten zur Verfügung stehenden Minimierungsmaßnahmen technisch realisierbar und wirtschaftlich vertretbar. Die

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen

UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



Erhöhung des Bodenabstandes ist nicht ausschließlich auf die Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder zurückzuführen. Hierbei spielen auch die landwirtschaftliche Nutzung und Abstände zu anderen Objekten eine tragende Rolle. Ebenso verhält es sich mit der Minimierung der Leiterseilabstände. Grundsätzlich hat die Vorhabenträgerin unter Berücksichtigung der Statik, der geltenden Normen, der Auswirkung auf andere Schutzgüter und der Betriebsführung die vorhandenen Minimierungspotentiale ausgeschöpft. Weitere, darüberhinausgehende Maßnahmen sind technisch schwierig umsetzbar und wären unter Berücksichtigung des geringen Minimierungspotentials unverhältnismäßig.

Für die zu betrachtenden Minimierungsorte ist festzuhalten, dass die magnetische Flussdichte in keinem Fall den Grenzwert von 100 μT überschreitet. Weiterhin überschreitet die elektrische Feldstärke in keinem Fall den Grenzwert von 5 kV/m.

3. Gesetzliche Grenzwerte

Für das Genehmigungsverfahren sind die mit der Maßnahme verbundenen Immissionen exemplarisch darzustellen und hinsichtlich der Einhaltung vorgeschriebener Grenz- und Richtwerte zu beurteilen. Hierbei handelt es sich um elektrische und magnetische Felder sowie um Koronageräusche, die von den geplanten Freileitungen erzeugt werden können.

3.1. Elektrische und magnetische Felder

Die gesetzlichen Grenzwerte für elektrische und magnetische Felder sind in der 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) festgelegt. Diese gibt als Grenzwerte bei einem Betrieb mit 50 Hertz (niederfrequente Anlagen) folgende Maximalwerte vor:

- für die magnetische Flussdichte **100 Mikrottesla (μT)**
- für die elektrische Feldstärke **5 Kilovolt pro Meter (kV/m)**.

Nach § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV sind bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Dieser Forderung wurde durch die Festlegung der Bodenabstände auf mindestens 12 m nachgekommen.

Weitere Parameter, die die elektrischen und magnetischen Felder beeinflussen, sind die Wahl der Mastgeometrie, des Leiterseilquerschnittes, der Anzahl der Teilleiter sowie die Anordnung der einzelnen Phasen. Bereits zu Projektbeginn wurden diese Parameter unter Beachtung des Minimierungsgebotes im Rahmen der technischen Machbarkeit festgelegt.

Die in der Verordnung genannten Grenzwerte basieren auf den von der Internationalen Strahlenschutzkommission für nichtionisierende Strahlung (ICNIRP) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO) vorgeschlagenen Grenzwerten und sollen dem Schutz und der Vorsorge der Allgemeinheit vor den Auswirkungen von elektrischen und magnetischen Feldern dienen. Die Werte werden ebenfalls vom Rat der Europäischen Gemeinschaft empfohlen.

In Deutschland sind den Berechnungen und Beurteilungen die höchste betriebliche Anlagenauslastung zugrunde zu legen (Nennlast). Im Betrieb werden die beantragten Leitungen jedoch aus wirtschaftlichen Gründen nicht mit der zugrunde gelegten Nennlast betrieben, sondern im Normalfall mit einer Regellast von etwa 60% der Nennlast. Dementsprechend geringer sind auch die regelmäßig zu erwartenden auftretenden Magnetfelder. In einigen EU-Ländern werden andere Rahmenbedingungen zur Berechnung der Grenzwerte, wie z. B. der durchschnittliche Betriebsstrom, vorgeschrieben. Die genannten Werte sind daher international nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar.

Von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) wurden Hinweise zur Durchführung der 26. BImSchV [4] festgelegt. In dieser Richtlinie sind im Kapitel II.3.1 die Einwirkbereiche von Niederfrequenzanlagen und maßgebliche Immissionsorte beschrieben. Maßgebliche Immissionsorte sind Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind (siehe hierzu auch Kapitel II.3.2) und sich in folgendem genanntem Bereich einer Anlage befinden. Für Freileitungen gilt die Breite des jeweils an den ruhenden äußeren Leitern angrenzenden Streifens:

- 380-kV-Freileitungen 20 m
- 220-kV-Freileitungen 15 m
- 110-kV-Freileitungen 10 m
- Freileitungen mit Spannung kleiner 110 kV 5 m

Für Erdkabel wird ein Bereich im Radius um das Kabel von 1 m angegeben.

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen
UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



Die Werte der ermittelten elektrischen und magnetischen Felder beziehen sich auf eine Höhe von 1 m über EOK (Erdoberkante). Vorsorglich hat die Vorhabenträgerin zusätzlich die Werte in einer Höhe von 4 m über EOK berechnen lassen, wenn Gebäude mit bewohntem Obergeschoß im oben genannten Bereich der Leitung liegen. Die Koronageräusche am Objekt werden für eine Höhe von 2 m über EOK ermittelt.

Diese wurden hier exemplarisch mit betrachtet. Allerdings befinden sich aufgrund der sorgfältigen Trassenplanung keine Gebäude im unmittelbaren Nahbereich der Freileitung, sodass hier eigentlich keine Berechnungen auf Häuser oder Grundstücke erforderlich wären.

3.2. Lärmimmissionen

Die Zuordnung der Immissionsorte erfolgt gemäß den in der unten folgenden Tabelle 1 angegebenen Gebietseinstufungen nach Ziffer 6.1 TA Lärm. Liegen keine Bebauungspläne oder entsprechende Festsetzungen vor, so sind die Immissionsorte entsprechend tatsächlicher baulicher Nutzung und deren Schutzbedürftigkeit zu beurteilen.

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, sind im Nachtzeitraum um niedrigere Immissionsrichtwerte einzuhalten bzw. bei Industriegebieten tags und nachts gleich hohe Immissionsrichtwerte. Da die durch den geplanten Betrieb der Freileitungstrasse verursachten Geräuschemissionen tagsüber und nachts gleichermaßen einwirken können, beschränkt sich die schalltechnische Untersuchung im Folgenden auf den Nachtzeitraum der TA Lärm.

Gebiet	Richtwert in dB(A) tagsüber / nachts
Industriegebiete	70 / 70
Gewerbegebiete	65 / 50
Kerngebiete, Dorfgebiete, Mischgebiete	60 / 45
Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete	55 / 40
Reine Wohngebiete	50 / 35
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	45 / 35

Tabelle 1: Immissionsrichtwerte als Auszug aus der TA Lärm (Ziffer 6.1)

Die in Tabelle 1 genannten Immissionsrichtwerte gelten durch alle Geräuscheinwirkungen aus gewerblichen/industriellen Anlagen (Gesamtbelastung im Sinne der TA Lärm). Die Gesamtbelastung ergibt sich als energetische Summe aus der Vorbelastung sowie der Zusatzbelastung durch die zu beurteilende Anlage, hier also der geplanten Freileitungstrasse.

Im Sinne der Ziffer 3.2.1 Abs. 2 der TA Lärm kann auf eine detaillierte Vorbelastungsuntersuchung verzichtet werden, wenn die Zusatzbelastung um mindestens 6 dB(A) unter den Immissionsrichtwerten liegt und somit im Sinne des Textes der TA Lärm nicht relevant zum Gesamtpegel beiträgt (sog. Irrelevanzbetrachtung).

Im Zuge der schalltechnischen Untersuchung wird anhand der technischen Planungsunterlage und Begehungen vor Ort ermittelt, ob durch in der Nähe befindliche Anlagen im Sinne der TA Lärm eine relevante Vorbelastung im Nachtzeitraum zu erwarten ist.

Ebenso wird der am jeweiligen Immissionsort wirksame Geräuschpegel berechnet und geprüft, ob dieser um mindestens 6 dB(A) unter dem jeweiligen Nacht-Immissionsrichtwert liegt.

4. Ausgangssituation

4.1. Übersicht der verwendeten Unterlagen

Die technische Grundlage für die Immissionsbetrachtungen bilden die Lagepläne aus der Unterlage 4.1 dieser Genehmigungsunterlage.

Die Grundlage für die Unterlage 4.1 wiederum bildet die seilstatische/leitungstechnische Berechnung aus der Software FIMS 3.2 der EQOS-Energie, aus welcher mittels Datenschnittstelle die Daten ebenfalls direkt in die Immissionsberechnungssoftware WinField der FGEU übernommen wurde. Somit wurden Eingabe und Übertragungsfehler durch händische Einarbeitung bei der Berechnungsgrundlage vermieden.

4.2. Technische Parameter

4.2.1. Parameter der geplanten 380-kV-Leitung

Spannung:	420 kV / 245 kV (Bemessungsspannung)
Stromstärke: (je Stromkreis)	2.204 A/1.102 A/2.100 A (max. Betriebslast für 380-kV/220-kV/110-kV), zur Ausweisung im Planwerk und den Tabellen)
Stromrichtung:	in Richtung aufsteigender Mastnummer
Frequenz:	50 Hz
Phasenbelegung:	Phasenlage gemäß TenneT-Vorgaben angenommen (Darstellung des optimierten Immissionsfalls)

Es wurden keine Oberwellenanteile mit einem Vielfachen der Frequenz 50 Hz bei der Bewertung mit in Betracht gezogen, da diese keinen wesentlichen Einfluss ausüben.

Nach DIN EN 50160:2011-02 sollten unter normalen Betriebsbedingungen innerhalb eines beliebigen Wochenintervalls 95 % der 10-Minuten-Mittelwerte des Spannungseffektivwertes jeder einzelnen Oberschwingung kleiner oder gleich den in Tabelle 7 der DIN EN 50160:2011-02 hierfür genannten Anhaltswerten sein.

Die überwiegend zu erwartende Stromrichtung kann aus technischen Gründen bzw. den gegebenen Schwankungen in der Marktsituation nur schwer vorhergesagt werden. Als Worst Case wird daher hier die technische Leitungsrichtung, als Verlauf hin zur nächsthöheren Mastnummer als Stromrichtung angesetzt.

4.2.2. Parameter zu den vorgesehenen Leitern

Die geplante Freileitung verfügt, wie in Abbildung 1 in Kapitel 2.1 dargestellt, über 2 Systeme mit je 3 Phasen. Jede Phase wird ggf. als Leiterbündel mit Einzelseilen ausgebildet (2er oder 4er-Bündel).

Als Leiter werden folgende Seile vorgesehen:

Leiter	Bezeichnung	Querschnitt	Durchmesser	Bündelleiter	Material
1 – 6 (380-kV)	565-AL1/72-ST1A	636,6 mm ²	32,85 mm	4er-Bündel	Stahlseele, Aluminiummantel
1 – 6 (220-kV)	565-AL1/72-ST1A	636,6 mm ²	32,85 mm	4er-Bündel	Stahlseele, Aluminiummantel
7 – 12 (110-kV)	565-AL1/72-ST1A	636,6 mm ²	32,85 mm	2er-Bündel	Stahlseele, Aluminiummantel

Tabelle 2: Leiterseilparameter

Die Anordnung der Leiter, einschließlich der Bemaßung, ist den Mastprinzipskizzen der Planfeststellungsunterlage in der Unterlage 6.1 zu entnehmen. Zusätzlich sind für die einzelnen Abschnitte auf den Profilplänen (Unterlage 7 der Planfeststellungsunterlage) die im Abschnitt jeweils verwendeten Masttypen als Mastskizze eingetragen.

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen

UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach

Zur Übersicht werden hier ebenfalls die Mastgestängetypen aus dem Erläuterungsbericht unter der Unterlage 1.1 (Kapitel 6.2.1.2) wiedergegeben, welche hauptsächlich in diesem Leitungsabschnitt verwendet werden.

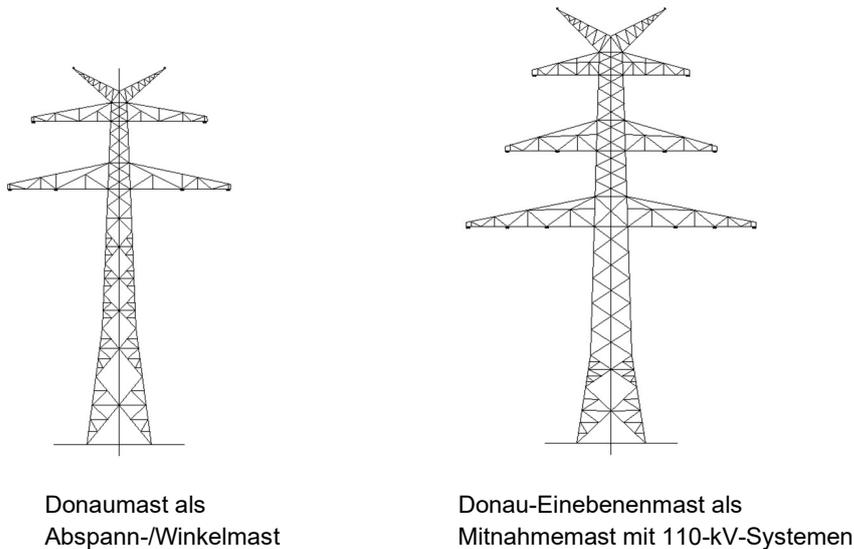


Abbildung 10: Mastbilder des für den Neubau verwendeten Mast-/Gestängetyps (Quelle: EQOS Energie Deutschland GmbH)

Hinsichtlich der Geräuschimmissionen des jeweiligen Stromkreises wurde die schalltechnische Untersuchung abweichend von der Nennspannung (U_n) von 380-kV für den schalltechnisch ungünstigsten Betriebszustand mit der maximalen Spannung von 420kV durchgeführt.

Im Trassenverlauf werden Stromkreise der 110-kV-Spannungsebene (max. Spannung 123-kV) und 220-kV-Spannungsebene (max. Spannung 245-kV) mitgeführt, mit gleichen Querschnitten der Leiterseile, jedoch als 2er-Bündelleiter.

4.2.3. Parameter weiterer zu berücksichtigender Anlagen

In der nachstehenden Tabelle sind weitere in der Berechnung zu berücksichtigende Anlagen aufgeführt. Deren Lage ist aus den Lageplänen der Unterlage 4.1.1 sowie dem Nachweisplanwerk zu den Immissionen der Unterlage 9.1.4-6 zu entnehmen. Der für diese Anlage zu Grunde liegende Auslastungszustand (Worst Case) ist den Berechnungsgrundlagen der Unterlage 9.1.2 ersichtlich.

Anlage	Lage	Art	Verweis, Bemerkung
380-/220-kV-Leitung Ingolstadt – Raitersaich B105	Mast 195 – Mast 196N	380-/220-kV-Freileitung mit Donau- Ebenenmastgestänge	Zuführungsleitung zum Ersatzneubau (TenneT)

Tabelle 3: zu berücksichtigende Anlagen

Wie bereits im Erläuterungsbericht und den einschlägigen Regelwerken genannt sind weitere Niederfrequenzanlagen sowie ortsfeste Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 Kilohertz und 10 Megahertz, die einer Standortbescheinigung nach §§ 4 und 5 der Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder bedürfen, die gemäß Anhang 2a der 26. BImSchV entstehen, nicht im Betrachtungsraum vorhanden und zu berücksichtigen.

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen
UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



4.2.4. Benennung nicht zu berücksichtigender Anlagen

Die in der folgenden Tabelle genannten Anlagen wurden mit der entsprechenden Begründung für die Berechnung nicht berücksichtigt:

Anlage	Lage	Art	Begründung der Nichtberücksichtigung
380-/220-kV-Leitung Ingolstadt – Raitersaich B105	Mast 195 – UW Raitersaich	380-/220-kV-Freileitung mit Donau-Einebenenmastgestänge	Entspricht der zu ersetzenden Freileitung, die zurückgebaut wird (TenneT)
220-/110-kV-Leitung Müncherlbach - Raitersaich G300	UW Müncherlbach bis UW Raitersaich	110-/220-kV-Freileitung mit Donaumastgestänge	Entspricht der zu ersetzenden Freileitung, die zurückgebaut wird (TenneT)
110-kV-Leitung Müncherlbach – Winterschneidbach T027	Von UW Müncherlbach weglaufend	110-kV Freileitung mit Einebenenmastgestänge	Entfernt sich ab Startpunkt vom Vorhabengebiet (N-ERGIE)
Provisorium für die 380-/220-kV-Leitung B105	Bereich Mast 195 bis Mast 198	380-kV-Freileitung mit Provisoriumsgestänge und 220-kV-Baueinsatzkabel	Entspricht der obigen Anlage und stellt lediglich eine bauzeitliche Verschwenkung dieser dar.

Tabelle 4: nicht zu berücksichtigende Anlagen

4.2.5. Umgebungsbedingungen für elektrische und magnetische Felder

Die Topographie ist für den jeweiligen Bereich den Lageplänen (Unterlage 4.1) der hier vorliegenden Genehmigungsunterlagen für das Planfeststellungsverfahren zu entnehmen. Die Topographie wurde, soweit sie zu berücksichtigenden Einfluss auf die zu erwartenden Feldstärken und Flussdichten hat, in der Berechnung berücksichtigt.

Sowohl Bebauung und Bewuchs sind für die Betrachtungsbereiche und speziell im aufgenommenen Schutzbereich der geplanten 380-kV-Leitung erhoben worden. Es wird jedoch darauf verwiesen, dass weder die Bebauung noch der Bewuchs für die Ausbreitung der magnetischen Flussdichte eine maßgebliche Rolle spielt, da das Magnetfeld nahezu alle Stoffe ungehindert durchdringt (vgl. Kapitel 2.5). Die schirmende Wirkung des Bewuchses auf das elektrische Feld wird nicht berücksichtigt.

Somit ist als Worst Case angenommen, dass kein Bewuchs vorhanden sei, womit auch die Vegetationswechsel während der verschiedenen Jahreszeiten und jederzeit mögliche Veränderungen des Bewuchses (z.B. Abholzung und Knicken) nicht zu Fehlinterpretationen führen.

4.2.6. Umgebungsbedingungen zur Schallausbreitung

In der Software „WinField & Sound (WinField / EFC-400)“ wird die Schallausbreitung gemäß der DIN ISO 9613-2 berechnet. Dies beinhaltet in Wesentlichen folgende Parameter:

4.2.6.1. Abschirmung / Reflexion

Generell werden keine abschirmenden Hindernisse oder schallabsorbierenden Elemente im Ausbreitungsweg zwischen der geplanten Freileitung und dem zu betrachtenden Immissionsort angenommen („worst case“-Annahme).

4.2.6.2. Luftabsorption

Für die Berechnung galt die Annahme einer Lufttemperatur von 10°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 90%.

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen

UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



4.2.6.3. Bodeneffekt

Es wird das in der DIN ISO 9613-2 unter Abschnitt 7.3.2 beschriebene „alternative Verfahren“, welches gängiger Praxis entspricht, angewendet. Dies bedingt keine konkrete Berücksichtigung der Bodenbeschaffenheit im Ausbreitungsweg des Schalls.

4.2.6.4. Meteorologische Korrektur

Gemäß TA Lärm ist der äquivalente A-bewertete Langzeit-Mittelungspegel L_{AT} (LT) im langfristigen Mittel zu bestimmen. Auch ist die meteorologische Korrektur C_{met} (Ziffer A.1.4; Anhang zur TA Lärm) nach Ziffer 8 der Norm DIN ISO 9613-2 zu berücksichtigen. Hierbei ist gemäß örtlicher Wetterstatistiken (Lieferung durch den DWD) und deren Analysen ein Faktor C_0 zu bestimmen und heranzuziehen.

Da dies auf die gesamte Leitungslänge relativ impraktikabel erscheint, wird ein pauschaler Wert für den Faktor C_0 von 0 dB angesetzt und somit die Berechnung für eine ausbreitungsgünstige Witterungssituation durchgeführt.

5. Kartografische Darstellung

5.1. Übersicht der technischen Unterlagen

Die technische Grundlage, welche auch als Grundlage für die Immissionsbetrachtungen dient, umfasst im Wesentlichen folgende Unterlagenteile in der Planfeststellungunterlage:

- Unterlage 1, Erläuterungsbericht
Beschreibung des Bauvorhabens, hier im Speziellen Kapitel 9 zu den Immissionen
- Unterlage 2.1, Übersichtsplan
Darstellung des Trassenverlaufs im Maßstab 1:25.000
- Unterlage 4.1, Lagepläne
Darstellung der Leitungsabschnitte im Maßstab 1:2.000
- Unterlage 6.1, Mastprinzipzeichnungen
Darstellung der verwendeten Masttypen und deren Abmessungen
- Unterlage 7.1, Profilpläne
Querschnitt/Geländeschnitte der einzelnen Leitungsabschnitte im Maßstab 1:500/2.000

5.2. Übersicht der immissionsrechtlichen Unterlagen

Auf Basis der technischen Unterlagen, werden im Zuge der Immissionsbetrachtung folgende Unterlagenteile erstellt. Eine Übersicht stellt das Inhaltsverzeichnis dieses Materialbandkapitels M08 dar. Speziell zur Berechnung der EMF können jedoch folgende in die Planfeststellungunterlage eingestellten Unterlagenteile genannt werden:

- Unterlage 9.1.4, EMF-Planwerk: B-Feld (Magnetische Flussdichte B)
Darstellung der Leitungsabschnitte im Maßstab 1:2.000 auf Grundlage der Lagepläne und Eintragung der berechneten Isolinien der magnetischen Flussdichte sowie der zu betrachtenden Immissionsorte
- Unterlage 9.1.5, EMF-Planwerk: E-Feld (Elektrischen Feldstärke E)
Darstellung der Leitungsabschnitte im Maßstab 1:2.000 auf Grundlage der Lagepläne und Eintragung der berechneten Isolinien der elektrischen Felder sowie der zu betrachtenden Immissionsorte
- Unterlage 9.1.6, Lagepläne Lärm: Isophonenkarten
Darstellung der Leitungsabschnitte im Maßstab 1:2.000 auf Grundlage der Lagepläne und Eintragung der berechneten Isolinien der Schallausbreitung durch den prognostizierten Betriebslärm sowie der zu betrachtenden Immissionsorte

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen
UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



6. Ermittlung der Immissionen

Zur Ermittlung der Immissionen wurden Berechnungen komplett entlang des geplanten Leitungsverlaufes durchgeführt.

Im Folgenden sind Angaben zur verwendeten Software, Geodaten sowie weitere für Ermittlung und Berechnung wichtige Informationen aufgeführt.

6.1. Verwendete Software

- Produktname: WinField / EFC-400 – Electric and Magnetic Field Calculation
- Hersteller: FGEU mbH, Yorckstraße 60, 10965 Berlin
- Version: V2024 (01.01.2024)
- Unsicherheit: maximal 1,4 %

Weitere Informationen zur Software, sowie die Herstellerzertifikate sind der Unterlage 9.1.2 und den Anhängen zu diesem Bericht zu entnehmen.

6.2. Verwendete Geodaten

- Datenquelle: Airborne-Laserscanning (Befliegung im Jahr 2023 durch MILAN)
- Auflösung: mind. 16 reale Messpunkte/m²
- Genauigkeiten: < +/- 0,10 cm (singulärer Lasermesswert)
- Bezugssystem: ETRS89 (UTM / GRS80)

6.3. Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte

Die Einordnung als maßgebliche Immissionsorte erfolgte nach Ziffer II.3.1 und II.3.2 der LAI-Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder. Zur Einordnung der Orte als maßgebliche Minimierungsorte wurden §4(1) der 26. BImSchV, 2.11 und 3.2.1.2 der 26. BImSchVVwV berücksichtigt.

In einer ersten pauschalierten Betrachtung konnte bereits im Zuge der Variantenfindung eine deutliche Annäherung an Wohnbebauung vermieden werden und durch die bestehende und zu ersetzende Freileitung bereits überspannte Wohnannäherungsbereiche mit der neuen Planung freigeräumt oder aber zumindest eine maßgebliche Verbesserung erreicht werden. Obwohl durch die aus der Abwägung ergehende Vorzugsvariante nunmehr keine Planungshindernisse für eine Trassierung vorliegen und weitergehende Betrachtungen prinzipiell nicht erforderlich wären, wird der Gesamtkorridor gemäß des nach 26. BImSchVVwV vorgegebenen Einwirkungsbereichs von 400 m hin untersucht.

6.4. Bewertungsabstand und Einwirkungsbereich

Die maßgeblichen Immissionsorte wurden innerhalb der in II.3.1 der LAI-Durchführungshinweise angegebenen Breite des jeweils an den ruhenden äußeren Leiter angrenzenden Streifens von hier 20 Metern ermittelt.

Die maßgeblichen Minimierungsorte wurden innerhalb der in der 26. BImSchVVwV festgelegten Einwirkungsbereiche von hier 400 Metern ermittelt. Die in der 26. BImSchVVwV festgelegten Bewertungsabstände von hier 20 Metern wurden ebenfalls beachtet.

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen
UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



6.5. Maßgebliche Immissions- und Minimierungsorte

Für maßgebliche Immissionsorte wurden die Flussdichten- und Feldstärkewerte durch Berechnungen ermittelt und in das Verzeichnis der Immissionsorte (Auflistung der Immissionsorte und der prognostizierten Immissionen) in der Unterlage 9.1.3 übernommen.

Die Klassifizierung der Immissionsorte erfolgte über das ATKIS, sowie einer vor-Ort-Betrachtung über die reale bzw. eine ggf. abweichende Nutzungsart.

Die Lage der einzelnen maßgeblichen Immissions- und Minimierungsorte kann den Lageplänen (Planwerk unter Unterlage 9.1.4-6) entnommen werden. Die Koordinaten der Maste sind dem Koordinatenverzeichnis in den Mastlisten der Unterlage 5.3 der Planfeststellungsunterlage zu entnehmen.

6.6. Oberwellenanteile

Nach 26. BImSchV §3 müssen alle Immission einer Niederfrequenzanlage berücksichtigt werden. Dies schließt auch Oberwellenanteile (z.B. 150 Hz, 250 Hz) mit ein, wie sie z.B. durch Schaltnetzteile oder Wechselrichter erzeugt werden.

Wie bereits in Kapitel 4.2.1 angegeben, ergeben sich hierdurch keine zu berücksichtigenden Anlagenteile.

7. Ergebnisse

Dieser Abschnitt ist entsprechend der einzelnen immissionsschutzrechtlichen Vorgaben für elektrische und magnetische Felder aufgebaut. Zunächst werden die Ergebnisse im Hinblick auf die einzuhaltenden Grenzwerte dargelegt (§§ 3 Abs. 2, 3a Satz 1 Nr. 1 26. BImSchV i.V.m. Anhang 1a 26. BImSchV). Hierbei werden auch Aussagen zu Immissionsbeiträgen zu berücksichtigender anderer Anlagen getroffen (§§ 3 Abs. 3, 3a Satz 2 26. BImSchV i.V.m. Anhang 2a 26. BImSchV). Es folgen Aussagen zur Beachtung des Überspannungsverbots (§ 4 Abs. 3 26. BImSchV), zur Beachtung des Gebots zur Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden (§§ 3 Abs. 4, 3a Satz 1 Nr. 2 26. BImSchV) und zu Raumladungswolken. Danach werden die Ergebnisse im Hinblick auf die Beachtung des Minimierungsgebots dargelegt (§ 4 Abs. 2 26. BImSchV i.V.m. 26. BImSchVVwV).

7.1. Grenzwerteinhaltung

An allen maßgeblichen Immissionsorten mit der voraussichtlich stärksten Exposition werden die Grenzwerte eingehalten.

In der tabellarischen Aufstellung der Unterlage 9.1.3 sind alle maßgeblichen Immissionsorte mit der voraussichtlich stärksten Exposition und die hierfür ermittelten Feldstärken aufgeführt. Immissionsbeiträge anderer Anlagen wurden mit berücksichtigt.

Dadurch ist die Genehmigungsfähigkeit der Anlage hergestellt.

Die Grenzwertbedingungen der Summenbetrachtung von Immissionsbeiträgen nach § 3 Abs. 3 gemäß Anhang 2a 26. BImSchV und Ziffer II.3.4 LAI sind erfüllt bzw. eingehalten. An allen übrigen maßgeblichen Immissionsorten werden die Grenzwerte ebenfalls eingehalten (Erst-Recht-Schluss).

7.2. Überspannungsverbot

Das Überspannungsverbot für in neuer Trasse errichtete Niederfrequenzleitungen mit einer Frequenz von 50 Hz und einer Nennspannung von 220 kV oder mehr (§ 4 Abs. 3 26. BImSchV) wird erfüllt.

7.3. Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden

Wirkungen wie Funkenentladungen auch zwischen Personen und leitfähigen Objekten, die zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können (§§ 3 Abs. 4, 3a Satz 1 Nr. 2 26. BImSchV), werden vermieden.

Die Vermeidung von direkten Einwirkungen des elektrischen Stromes oder der Netzspannung auf Menschen (z. B. Körperdurchströmungen) wird durch die Einhaltung der gültigen Vorschriften für Bau und Betrieb einer elektrischen Anlage gewährleistet (z. B. deutsche DIN VDE Vorschriften, europäischen EN-Vorschriften). Durch die Einhaltung dieser Vorschriften werden Abstandsbereiche geschaffen, durch welche unbefugte und nicht elektrotechnisch unterwiesene Personen nicht in den Gefahrenbereich einer solchen Anlage gelangen können. Alle Anlagen der TenneT TSO GmbH weisen diese normkonformen Abstandsbereiche aus, so dass Schäden durch direkte Einwirkungen auf Menschen sicher ausgeschlossen werden können.

Belästigungen können durch indirekte Einwirkungen elektrischer und/oder magnetischer Felder erfolgen. Hierunter versteht man Funkenentladungen bzw. Elektrisierereffekte, welche unter bestimmten Bedingungen zwischen elektrischer Anlage und Menschen entstehen können. Bei der hier zur Planfeststellung anstehenden 380-kV-Leitung ist allerdings die hierfür ursächliche elektrische Feldstärke an Orten, wo sich Menschen bestimmungsgemäß aufhalten können, weit unterhalb jener Feldstärke, wo solche Effekte auftreten können. Die elektrische Feldstärke ist im Einwirkungsbereich am Immissionsort der höchsten elektrischen Feldstärke unter dem gesetzlichen Grenz-/Richtwert von

5 kV/m (siehe hierzu tabellarische Aufstellung in Unterlage 9.1.3). Meist ist die elektrische Feldstärke wesentlich kleiner. Für die Entstehung von Funkentladungen bzw. Elektrisiereffekten sind deutlich höhere elektrische Feldstärken notwendig.

7.4. Raumentladungswolken

Raumentladungswolken sind die Folge von Korona (Teilentladungen zwischen spannungsführendem Leiterseil einer Freileitung und der das Leiterseil umgebenden, isolierenden Luft). Korona, also das Entstehen von Teilentladungen, bedingt eine hohe elektrische Randfeldstärke direkt am spannungsführenden Leiterseil (ab ca. 30 kV/cm). Da die Randfeldstärke bei der zur Genehmigung hier vorliegenden Leitung kleiner ist, treten derartige Koronaerscheinungen bei der Anlage nicht in dem erforderlichen Maße auf. Insofern bilden sich auch keine Raumentladungswolken. Wo keine Raumentladungswolken existieren, also keine ionisierte Luft, kann folglich auch keine Aerosolbildung entstehen.

7.5. Minimierungsgebot

Das Minimierungsgebot für neu errichtete oder wesentlich geänderte Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen (§ 4 Abs. 2 26. BImSchV i.V.m. 26. BImSchVVwV) wird beachtet und wurde bereits im Zuge der Variantenbewertung (vgl. Unterlage 1.2 zum Erläuterungsbericht in Unterlage 1.1 der Planfeststellungsunterlage) berücksichtigt. Die wesentlichen in der Variantenbewertung angewendeten Maßnahmen zur Minimierung wurden auch in den obigen Kapitel 2.6 bis 2.8 dieses Berichtes kurz genannt.

7.6. Darstellung der Berechnungsergebnisse

Wie in obigen Kapiteln bereits genannt, erfolgt die Darstellung der Ergebnisse in grafischer Form in den Plänen der Unterlage 9.1.6. Die tabellarischen Ergebnisse sind aus der ebenfalls in Unterlage 9.1.3 beigefügten Tabelle ersichtlich.

Gemäß TA Lärm Nummer 2.3 gilt als maßgeblicher Immissionsort der nach Nummer A.1.3 des Anhangs zu ermittelnde Ort im Einwirkungsbereich der Anlage, an dem eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte am ehesten zu erwarten ist. Es ist derjenige Ort, für den die Geräuschbeurteilung nach dieser Technischen Anleitung vorgenommen wird.

Aus dem Anhang Nummer A.1.3 a) ergeht folgende Regelung:

„bei bebauten Flächen 0,5 m außerhalb vor der Mitte des geöffneten Fensters des vom Geräusch am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raumes nach DIN 4109 (1989-11).“

Hierdurch sind gemäß TA Lärm und DIN 4109 Wohn- und Schlafräume, Kinderzimmer, Arbeitsräume/Büros sowie Unterrichts-/Seminarräume als schutzbedürftige Räume einzuordnen.

Hinsichtlich der anzunehmenden Höhe und einem Wert 0,5 m außerhalb vor der Mitte des Fensters am Immissionsort, wird in Bezug auf die Berechnung hier eine Vereinheitlichung und Vereinfachung im Zuge des worst-case angesetzt.

Der angegebene Lärmimmissionswert wird dabei auf 1,5 m Höhe (Erdgeschoss) direkt am nächsten Punkt des Immissionsort angegeben, unabhängig ob dort ein Fenster befindlich ist und ohne den Zuschlag von 0,5 m außerhalb des Fensters.

Sollte der Immissionsort z.B. ein mehrgeschossiges Gebäude sein und der maßgebliche Immissionsort sich in den oberen Etagen befinden, so wird pauschal je Vollgeschoss ein Höhenzuschlag von 3 m angenommen. Es wird darauf hingewiesen, dass eine relevante Änderung der Immissionswerte häufig auf Grund der Entfernung unterhalb der Darstellungstiefe liegt. Wesentlicher wiegt der Sachverhalt, dass die ggf. in der Realität abschirmenden Objekte in der Berechnung nicht berücksichtigt werden und daher der worst-case-Fall immer gegeben ist.

8. Qualität

8.1. Bestätigung der Richtigkeit aller Angaben

Hiermit wird die Richtigkeit aller Angaben bestätigt. Die Versionsnummer und für die Bearbeitung beteiligte und verantwortliche Personen ergeben aus dem Kapitel 1.1.

8.2. Angaben zu Berechnungsunsicherheiten

In der folgenden Tabelle sind alle Unsicherheiten aufgeführt. Die Unsicherheiten in der Berechnung und den Geo- und Anlagendaten liegen als Gesamtunsicherheit bei maximal 5%.

Häufige Fehlerquellen durch Datenübertragungen aus/in verschiedene Softwareprodukte sind durch eine konsequente Bearbeitung der trassierungstechnischen Grunddaten und der Berechnungsdaten in nur zwei Softwareprodukten und den gegebenen direkten Datenaustausch unter den Softwareprodukten weitestgehend ausgeschlossen.

Die Datenübertragung erfolgte hierbei durch eine direkte Schnittstellenanbindung, wodurch die komplette Freileitungstrasse aus der trassierungstechnischen Software exportiert und in die Software „WinField & Sound (WinField / EFC-400)“ importiert wurde. Hierdurch wird gewährleistet, dass die anzunehmenden technischen Parameter vollumfänglich und qualitätsgesichert in die Lärmimmissionsberechnung einfließen (Leistungsgeometrie und Leiterseildefinitionen).

Softwareprodukt	Bearbeitung	Unsicherheit
FIMS 3.2	<ul style="list-style-type: none">• Grunddatenimport• Auswertung der Laserdaten• Leitungstrassierung• Schnittstelle nach WinField	<ul style="list-style-type: none">• < +/- 10 cm aus der Befliegung• Keine• Keine• Keine
WinField	<ul style="list-style-type: none">• Eingabe Anlagendaten• Berechnung der Immissionen• Berechnung Lärmimmissionen• Export der Ergebnisse in das Planwerk	<ul style="list-style-type: none">• Maximal 3 %• Maximal 1,4 %• +/- 1 dB(A)• Keine
Gesamtunsicherheit		Maximal 5 %

Tabelle 5: Zusammenstellung der Unsicherheiten

Die Ergebnisse sind wie jedwede Art von Berechnungen und Prognosen natürlichen Schwankungen und Toleranzen unterworfen.

In der Berechnung selbst sind alle zur Verfügung stehenden Parameter eingearbeitet worden, um eine höchstmögliche Genauigkeit zu erreichen.

Hierzu wird auch auf das Herstellerzertifikat für die verwendete Software „WinField & Sound (WinField / EFC-400)“ im Anhang zu diesem Bericht (Unterlage 9.1.1 der Planfeststellungsunterlage) verwiesen.

8.3. Schwierigkeiten in der Erstellung der Untersuchung

Bei der Berechnung der Immissionen konnten alle Daten zur Erstellung einer aussagekräftigen Berechnung ermittelt werden. Es mussten keine Ersatzwerte anhand vergleichbarer Anlagen bestimmt werden, wodurch in der Immissionsbewertung keine zusätzlichen Faktoren als Sicherheitsmarge berücksichtigt werden müssen.

9. Fazit der Bewertung

In dieser Untersuchung wurden die zu erwartenden Immissionen durch elektrische und magnetische Felder, sowie des Betriebslärms im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für das hier vorliegende Vorhaben ermittelt.

Es wurde dargelegt, dass alle maßgeblichen immissionsschutzrechtlichen Vorgaben für elektrische und magnetische Felder, einschließlich zu berücksichtigender Unsicherheiten, eingehalten werden. An allen maßgeblichen Immissionsorten werden die Grenzwerte eingehalten. Die sonstigen immissionsschutzrechtlichen Vorgaben, also das Überspannungsverbot, das Gebot zur Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden und das Minimierungsgebot, werden beachtet.

Die geplanten 380-/220-/110-kV-Leitungsanlagen verlaufen überwiegend im ländlich geprägten Raum, ohne nennenswerte Bebauungen. Die einzeln auftretenden Hofanlagen wurden in der Liste der Immissionsorte (Unterlage 9.1.3) erfasst und bewertet.

Insgesamt ist für die zu betrachteten Bebauungen im Einwirkungsbereich der geplanten Freileitung festzustellen, dass die Abstände zur Freileitung ausreichend groß genug sind, um die Immissionsrichtwerte gemäß TA Lärm einzuhalten zu können.

Dies gilt unter Berücksichtigung eines für den Nachtzeitraum anzunehmenden Immissionsrichtwert an den betreffenden Immissionsorten in Verbindung mit einer Immissionsrichtwertunterschreitung von mehr als 6 dB(A) (Irrelevanzbetrachtung).

10. Ergebnis / Zusammenfassung

Nach Beurteilung der vorliegenden Unterlagen für die geplante Errichtung und den Betrieb der
220/110-kV-Ltg. Einführung Raitersaich_West 1 (LH-08-B105A),
380/110-kV-Ltg. Einführung Raitersaich_West 2 (LH-08-B105B),
110-kV-Kabel Anschluss Müncherlbach 1 (LH-08-B105C) und
110-kV-Ltg. Anschluss Müncherlbach 2 (LH-08-B105D),
ist durch den ordnungsmäßigen Betrieb gemäß der Errichtung nach Planung

- Keine schädliche Immission durch magnetische Felder
- Keine schädliche Immission durch elektrische Felder
- Keine schädliche Umweltauswirkung durch Lärm erkennbar, sowie
- Entsprechende Vorsorge gegen schädliche Umweltauswirkungen durch geeignete technische Maßnahmen zur Reduktion der Immissionen (optimierte Phasenanordnung, Erhöhung des Seildurchmessers, Mehrfachbündelleiter, ggf. für die Leitung auf dem Markt vorhandene Einbauteile zur Lärmreduktion) gemäß Stand der Technik umgesetzt.

Auf das Aufzeigen einzelner Berechnungen wird hier verzichtet, da die Gesamtanlage der Freileitung berechnet und durch die Gesamtunterlagen der Immissionsberechnung verdeutlicht dargestellt sind.

11. Glossar

Selbst wenn in einzelnen Themenbereichen der Planfeststellungsunterlage bereits beschrieben, erfolgt hier ggf. erneut die Beschreibung der wesentlichen Fachbegriffe.

A	Ampere (elektrischer Strom)
Abspannabschnitt	Leitungsabschnitt zwischen zwei Winkelabspannmasten (WA) bzw. Winkelendmasten (WE)
Abspannmast	An Abspann- bzw. Endmasten werden die Leiter an Abspannkettens befestigt, die die resultierenden bzw. einseitigen Leiterzugkräfte auf den Stützpunkt übertragen und damit Festpunkte in der Leitung bilden
Betriebsmittel	allgemeine Bezeichnung von betrieblichen Einrichtungen in einem Netz
BImSchG	Bundes-Immissions-Schutz-Gesetz
BImSchV	Bundes-Immissions-Schutz-Verordnung
BImSchVVwV	Allgemeine Verwaltungsverordnung zur Durchführung der BImSchV
Bündelleiter	Leiter, der aus mehreren Teilleitern besteht
dB(A)	Geräuschpegel A - bewertet
Drehstromsystem	ein aus drei gleich großen um 120° verschobenen Spannungen und Strömen gebildetes Wechselstromsystem
EMF	Elektrische und magnetische Felder
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EOK	Erdoberkante
Freileitung	Je nach Funktion der Maste unterscheidet man zwischen Trag- und Abspannmasten. Drehstromsysteme sind stets Dreileitersysteme. Als Isolatoren werden Hängeisolatoren verwendet, als Maste meistens Stahlfachwerkmaste (Gittermaste). Ein Erdseil wird für den Blitzschutz verwendet. Die Praxis einer nachträglichen Installation einzelner Stromkreise ist weit verbreitet.
Gestänge	Fachbegriff für Tragwerk
Hochspannung	Spannungsbereich von 60 bis 110kV
Höchstspannung	Spannungsbereich von 220kV und höher
ICNIRP	Internationale Strahlenschutzkommission für nicht ionisierende Strahlung
Koronaentladung	Teildurchschläge in der Luftisolierung bei Freileitungen
Leiteseil	seilförmiger Leiter
Netz	System von zusammenhängenden Einrichtungen (Leitungen, Umspannwerke) zur Übertragung von elektrischer Energie
Querträger	seitliche Ausleger (Traverse) an einem Mast zur Befestigung der Leiter
Spannfeld	Leitungsbereich zwischen zwei Masten
Stromkreis	Einzelne elektrische Verbindung zweier Umspannwerke, baulich bestehend aus einem System einer Leitung und Schaltfeldern in den Umspannwerken
System	Drei zusammengehörige voneinander und der Umgebung isolierte Leiter zur Übertragung von Drehstrom
µT	Mikrotesla (1/1.000.000 Tesla), Einheit der magnetischen Flussdichte
Tragmast	Tragmaste tragen die Leiter (Tragketten) bei geradem Verlauf. Sie übernehmen im Normalbetrieb keine Zugkräfte
TA Lärm	Technische Anleitung Lärm
Traverse	siehe Querträger
Umspannwerk	Hochspannungsanlage mit Transformatoren zum Verbinden von Netzen verschiedener Spannungen
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
UW	Umspannwerk

Unterlage 9.1.1

Ersatzneubau der 380/220-kV Leitungseinführungen
UW Raitersaich_West und 110-kV Anschluss UW Müncherlbach



V	Volt (Einheit der elektrischen Spannung)
kV	Kilovolt (1.000V)
kV/m	Einheit der elektrischen Feldstärke
VA	Voltampere (Einheit der Blind- oder Scheinleistung)
MVA	Megavoltampere (1.000.000VA), Einheit für Schein- und Blindleistung
2-systemig	Leitung mit zwei Drehstromsystemen zu je drei Leitern

12. Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Aufbau/Beseilung eines Freileitungsmastes (Donaumast) (Quelle: TenneT TSO GmbH)</i>	6
<i>Abbildung 2: Darstellung eines magnetischen Feldes unter einer 380-kV-Leitung (mit Donaumasten) (Quelle: TenneT TSO GmbH)</i>	8
<i>Abbildung 3: Ausbreitung des magnetischen Feldes unter einer 380-kV-Leitung (mit Donaumasten) (Quelle: TenneT TSO GmbH)</i>	8
<i>Abbildung 4: schematische Darstellung möglicher Phasenlagen an unterschiedlichen Masttypen</i>	10
<i>Abbildung 5: Darstellung der Immissionen zum E-Feld bei ungünstigster Phasenlage an unterschiedlichen Masttypen (Quelle: TenneT TSO GmbH)</i>	11
<i>Abbildung 6: Darstellung der Immissionen zum E-Feld bei günstigster Phasenlage an unterschiedlichen Masttypen (Quelle: TenneT TSO GmbH)</i>	11
<i>Abbildung 7: Darstellung der Immissionen zum B-Feld bei ungünstigster Phasenlage an unterschiedlichen Masttypen (Quelle: TenneT TSO GmbH)</i>	12
<i>Abbildung 8: Darstellung der Immissionen zum B-Feld bei günstigster Phasenlage an unterschiedlichen Masttypen (Quelle: TenneT TSO GmbH)</i>	12
<i>Abbildung 9: Magnetisches Feld im Regelgrabenprofil für Offene Bauweise bei I = 2.000A (Quelle: EQOS Energie Deutschland GmbH)</i>	14
<i>Abbildung 10: Mastbilder des für den Neubau verwendeten Mast-/Gestängetyps (Quelle: EQOS Energie Deutschland GmbH)</i>	21

13. Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Immissionsrichtwerte als Auszug aus der TA Lärm (Ziffer 6.1)</i>	19
<i>Tabelle 2: Leiterseilparameter</i>	20
<i>Tabelle 3: zu berücksichtigende Anlagen</i>	21
<i>Tabelle 4: nicht zu berücksichtigende Anlagen</i>	22
<i>Tabelle 5: Zusammenstellung der Unsicherheiten</i>	29

Anhang

Anhang 1	Herstellerzertifikate zur Software WinField / EFC-400 zum B-Feld und E-Feld
Anhang 2	Herstellerzertifikate zur Software WinField / EFC-400 zur Schallausbreitung

Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH

Hersteller Zertifikat

(Genauigkeit der Feld-, Leistungsflußdichte- und Schallpegelberechnung)

WinField / EFC-400 - Electric and Magnetic Field Calculation

ISSUER:	FGEU mbH	SERIAL NUMBER:	*****
PRODUCT NAME:	WinField / EFC-400	ISSUE DATE:	1.1.2024
PRODUCT RELEASE DATE:	1.1.2024	VERSION:	>= V2024

Die Software ist konform zu DIN EN 50413 mit folgender Berechnungsgenauigkeit:

Der Fehler der Feldberechnung an geraden Leitern beim bestimmungsgemäßen Einsatz der Software ohne die Berücksichtigung von Störeinflüssen durch Bebauung, Bewuchs oder ferromagnetische Materialien etc. beträgt für die magnetische Flußdichte 0.00001% und für die elektrische Feldstärke 0.0001%. Der Fehler der Feldberechnung für gerade Antennen ohne Berücksichtigung von Störeinflüssen beträgt im Fernfeld 0.0001%. Beim Einsatz von Antennenpattern wird der Gewinn bis auf 1% Genauigkeit durch Integration der Pattern bestimmt. Werden segmentierte Elemente wie z.B. kreis- oder spulenförmige Strukturen verwendet, erhöht sich der geometrische Fehler entsprechend der Fehlerdokumentation im Benutzerhandbuch. In der vordefinierten Standardeinstellung beträgt der Berechnungsfehler der magnetischen Flußdichte, der magnetischen und elektrischen Feldstärke, der Leistungsflußdichte sowie des Schallpegels, für die in der Software Dokumentation vorgesehenen Anlagenarten und Betrachtungsfälle ohne Störeinflüsse, folglich maximal:

maximaler Berechnungsfehler = 1.4 %

Die Vernachlässigung der Störeinflüsse durch Bebauung, Bewuchs oder ferromagnetische Materialien ist für die im Personenschutz maßgeblichen Abstände unerheblich, da die Berechnung in diesem Fall dem von der 26. BImSchV ausdrücklich stattgegebenen konservativen Ansatz entspricht und den 'worst-case' darstellt.

Besonderheiten:

Bei der benutzerdefinierten Konstruktion von Anlagen kann der Fehler entsprechend Fehlerdokumentation im Anhang des Benutzerhandbuchs kleiner oder größer sein. Insbesondere wirkt sich ein geometrischer Fehler der Größe x% bei Eingabe der Anlagenmaße und Anlagenposition aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten als Fehler der Größe 2x% in der Feldberechnung aus. Dies gilt grundsätzlich, d.h. auch für Messungen an einer Referenzanlage, wenn sogenannte baugleiche Anlagen geometrische Abweichungen wie z.B. differierende Aufstellorte, Wandstärken etc. aufweisen.

Eine Vergleichbarkeit mit Meßwerten an Anlagen ist grundsätzlich nur bedingt gegeben, da normgerechte Meßverfahren die Feldstärken über eine Fläche von 100 cm² mitteln, wodurch bereits eine Erhöhung der Feldstärken um bis zu 78% gegenüber punktueller Feldmessung oder Berechnung gegeben sein kann.

Dr. rer. nat. Olaf Plotzke

unabhängiger Sachverständiger für "Elektromagnetische Umweltverträglichkeit - EMV"


Forschungsgesellschaft
für Energie
Umwelttechnologie GmbH
10585 Berlin, Tel. 786 97 99, Fax 786 63 89
Yörckstr. 60, D-10585 Berlin

Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH

Manufacturer Certificate

(Precision of the field, power density and acoustic noise level calculation)

WinField / EFC-400 - Electric and Magnetic Field Calculation

ISSUER:	FGEU mbH	SERIAL NUMBER:	*****
PRODUCT NAME:	WinField / EFC-400	ISSUE DATE:	1.1.2024
PRODUCT RELEASE DATE:	1.1.2024	VERSION:	>= V2024

The software is in compliance with DIN EN 50413 with calculation precision:

The error of field calculation for straight conductors during using the software as agreed without the consideration of disturbing influences by buildings, natural cover or ferromagnetic materials e.g. is 0.00001% for the magnetic flux density and 0.0001% for the electric field strength. The error of field calculation for straight transmitter without the consideration of disturbing influences is 0.0001% in the far field. Using radiation pattern the gain is calculated with 1% accuracy from the pattern by integration. When segmented elements such as circular or helical structures are used the geometric error increases according to the error documentation in the appendix of the user's manual. The calculation error of the magnetic flux density, the magnetic and electric field strength, the power density and the acoustic noise level with the predefined standard setting, for the considered cases provided in the software's documentation without consideration of disturbing influence, is:

Maximum calculation error = 1.4%

Neglecting the disturbing influences by buildings, natural cover or ferromagnetic materials is insignificant for the substantial distances of personal security, since the calculation in this case corresponds to the conservative attempt granted by the 26th BImSchV particularly and represents the 'worst-case'.

Special features:

For the user-defined construction of objects the error can be smaller or larger according to the error documentation in the appendix of the user's manual. A geometric error of size x% at input of geometric dimensions and positions particularly affects an error of size 2x% in the field calculation, because of physical laws. In principle, this is valid also for measuring the field strengths at a reference object, if so-called identically build objects have geometric deviations such as differing in positions or wall thicknesses. In principle, a comparability with measurements at objects is given only conditionally, since standard-compliant measurement procedures integrate the field strengths over an area of 100 cm², through what a raise of the field strengths by up to 78% can already be given, instead of selective point measuring or calculation.

Dr. rer. nat. Olaf Plotzke

independent expert for "Electromagnetic ambient Environment Compatibility - E.M.C.E."

Olaf Plotzke
 Forschungsgesellschaft
 für Energie
 und Umwelttechnologie GmbH
 Yorckstr. 60, D-10585 Berlin, Tel. 786 97 99, Fax 786 63 89

Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH

Hersteller Zertifikat

Declaration of Conformity (DoC)

(Genauigkeit der Berechnung der Schallausbreitung für Koronageräusche)

WinField / EFC-400 - Electric and Magnetic Field Calculation

ISSUER:	FGEU mbH	SERIAL NUMBER:	*****
PRODUCT NAME:	WinField / EFC-400	ISSUE DATE:	01.01.2024
PRODUCT RELEASE DATE:	01.01.2024	VERSION:	>= V2024

Die Norm DIN 45687 „Akustik – Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschemission im Freien – Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen“ (Ausgabedatum: 2006-05) fordert vom Programm-Hersteller, neben der Konformitätserklärung, die Abgabe eines Prüfprotokolls.

In ISO/TR 17534-3:2015 „Acoustics – Software for the calculation of sound outdoors – Part 3: Recommendations for quality assured implementation of ISO 9613-2 in software according to ISO 17534-1“ werden Testaufgaben für DIN ISO 9613-2 formuliert.

Prüfprotokoll:

Das Protokoll enthält als Anlage eine Aufstellung der geprüften normativen Testaufgaben. Da die Software WinField / EFC-400 Schallpegel als reine Freiraumausbreitung berechnet, ohne Reflexion oder Störung durch Hindernisse (i.d.R. entspricht dies dem ‚worst-case‘), können nur die Testfälle T01 bis T07 geprüft werden. Für diese folgt:

maximale Abweichung der Berechnung für die Testfälle T01-T07 = ± 0.02 dB

Formelle Konformitätserklärung:

Wir erklären hiermit, dass die korrekte Berechnung der normativen Testaufgaben T01-T07 mit der oben genannten WinField- / EFC-400-Version für Koronageräusche zur Umsetzung der Anforderungen an die Qualitätssicherung nach DIN 45687 und ISO 17534 geprüft wurde.

FGEU mbH, Yorckstr. 60, D-10965 Berlin

Dr. rer. nat. Olaf Plotzke

Geschäftsführender Gesellschafter, unabhängiger Sachverständiger für „Elektromagnetische Umweltverträglichkeit - EMV/U“



Anlage: Normative Testaufgaben für WinField / EFC-400

Bereich	Berechnungsvorschrift	Herkunft (Land)	Anzahl Testdateien
Industrie	DIN ISO 9613	-	7 (T01-T07)
Summe:			7

Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH

Manufacturer Certificate

Declaration of Conformity (DoC)

(Precision of sound propagation calculation for corona noise)

WinField / EFC-400 - Electric and Magnetic Field Calculation

ISSUER:	FGEU mbH	SERIAL NUMBER:	*****
PRODUCT NAME:	WinField / EFC-400	ISSUE DATE:	01.01.2024
PRODUCT RELEASE DATE:	01.01.2024	VERSION:	>= V2024

The norm DIN 45687 "Acoustics - Software products for the calculation of the sound propagation outdoors - Quality requirements and test conditions" (Issue date: 2006-05) demands software manufacturer to deliver a test protocol besides the Declaration of Conformity.

In ISO/TR 17534-3:2015 "Acoustics – Software for the calculation of sound outdoors – Part 3: Recommendations for quality assured implementation of ISO 9613-2 in software according to ISO 17534-1", test cases for DIN ISO 9613-2 are given.

Test protocol:

The protocol includes a list of checked normative test cases as an attachment. Since the software WinField / EFC-400 calculates noise level as a pure free-space propagation without reflection or interference by obstacles (this in general corresponds to the "worst-case"), only the test cases T01 to T07 can be checked. For these follows:

maximum deviation of calculation for the test cases T01-T07 = ± 0.02 dB

Formal Declaration of Conformity:

We hereby explain that the correct calculation of the normative test cases T01-T07 for implementation of the requirements on quality assurance according to DIN 45687 and ISO 17534 with the above-named WinField- / EFC-400-version for corona noise was checked.

FGEU mbH, Yorckstr. 60, D-10965 Berlin

Dr. rer. nat. Olaf Plotzke

CEO, independent expert for "Electromagnetic ambient Environment Compatibility - EMCE"



Attachment: Normative test cases for WinField / EFC-400

Sector	Calculation regulation	Origin (Country)	Number of test files
Industry	DIN ISO 9613	-	7 (T01-T07)
Total:			7

Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH

Hersteller Zertifikat

Declaration of Conformity (DoC)

(Genauigkeit der Randfeldstärke- und Schalleistungspegel-Berechnung für Koronageräusche)

WinField / EFC-400 - Electric and Magnetic Field Calculation

ISSUER:	FGEU mbH	SERIAL NUMBER:	*****
PRODUCT NAME:	WinField / EFC-400	ISSUE DATE:	01.01.2024
PRODUCT RELEASE DATE:	01.01.2024	VERSION:	>= V2024

Die Berechnung der elektrischen Randfeldstärke erfolgt nach der physikalischen Theorie wie in „Bauhofer: Handbuch für Hochspannungsleitungen, 1994, Verband der Elektrizitätswerke Österreichs, ISBN 3-9014-1100-3“ explizit dargestellt. Die Schalleistungspegel-Berechnung entspricht den Formeln der EPRI Veröffentlichung „Electric Power Research Institute: Transmission Line Reference Book, 345 kV and Above, Second Edition, 1982, Palo Alto“.

Prüfprotokoll:

Das Protokoll enthält als Anlage eine Aufstellung der geprüften internen Testaufgaben. Für diese folgt:

- max. Abweichung der Randfeldstärke für die Testfälle T01-T04 = ± 1.5*10⁻⁷
- max. Abweichung des Schalleistungspegels nach EPRI für die Testfälle T03-T04 = ± 1*10⁻⁵ dB

Formelle Konformitätserklärung:

Wir erklären hiermit, dass die korrekte Berechnung der internen Testaufgaben T01-T04 mit der oben genannten WinField- / EFC-400-Version für Koronageräusche zur Umsetzung der Anforderungen an die Qualitätssicherung nach physikalischer Theorie und EPRI geprüft wurde.

FGEU mbH, Yorckstr. 60, D-10965 Berlin

Dr. rer. nat. Olaf Plotzke

Geschäftsführender Gesellschafter, unabhängiger Sachverständiger für "Elektromagnetische Umweltverträglichkeit" EMVU

Yorckstr. 60, D-10965 Berlin, Tel 786 97 99, Fax 786 63 89

Anlage: Interne Testaufgaben für WinField / EFC-400 für elektrische Randfeldstärke

Bereich	Berechnungsvorschrift	Herkunft (Land)	Anzahl Testdateien
Industrie	Physical Theory + EPRI Publication	-	4 (T01-T04)
Summe:			4

Anlage: Interne Testaufgaben für WinField / EFC-400 für Schalleistungspegel nach EPRI

Bereich	Berechnungsvorschrift	Herkunft (Land)	Anzahl Testdateien
Industrie	Physical Theory + EPRI Publication	-	2 (T03-T04)
Summe:			2

Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH

Manufacturer Certificate

Declaration of Conformity (DoC)

(Precision of surface field strength and sound power level calculation for corona noise)

WinField / EFC-400 - Electric and Magnetic Field Calculation

ISSUER:	FGEU mbH	SERIAL NUMBER:	*****
PRODUCT NAME:	WinField / EFC-400	ISSUE DATE:	01.01.2024
PRODUCT RELEASE DATE:	01.01.2024	VERSION:	>= V2024

The calculation of the electric surface field strength is carried out after the physical theory as explicitly described in "Bauhofer: Handbuch für Hochspannungsleitungen, 1994, Verband der Elektrizitätswerke Österreichs, ISBN 3-9014-1100-3". The sound power level calculation corresponds to the formulae of the EPRI publication "Electric Power Research Institute: Transmission Line Reference Book, 345 kV and Above, Second Edition, 1982, Palo Alto".

Test protocol:

The protocol includes a list of checked internal test cases as an attachment. For these follows:

max. deviation of surface field strength for test cases T01-T04 = ± 1.5*10⁻⁷

max. deviation of sound power level according to EPRI for test cases T03-T04 = ± 1*10⁻⁵ dB

Formal Declaration of Conformity:

We hereby explain that the correct calculation of the internal test cases T01-T04 for implementation of the requirements on quality assurance according to physical theory and EPRI with the above-named WinField- / EFC-400-version for corona noise was checked.

FGEU mbH, Yorckstr. 60, D-10965 Berlin

Dr. rer. nat. Olaf Plotzke

CEO, independent expert for "Electromagnetic ambient Environment Compatibility- EMICE"



Attachment: Internal test cases for WinField / EFC-400 for electric surface field strength

Sector	Calculation regulation	Origin (Country)	Number of test files
Industry	Physical Theory + EPRI Publication	-	4 (T01-T04)
Total:			4

Attachment: Internal test cases for WinField / EFC-400 for sound power level according to EPRI

Sector	Calculation regulation	Origin (Country)	Number of test files
Industry	Physical Theory + EPRI Publication	-	2 (T03-T04)
Total:			2