



Projekt

**110-kV Freileitung Neudorf - Endsee
Ersatzneubau Ltg.-Trasse: T025+T065**

**Abschnitt 1:
Neudorf-Wilhelmsgreuth Mast 337-Mast 391
Ltg.Trasse: T025**

Landkreis
Ansbach
Neustadt an der Aisch-Bad Windsheim

Regierungsbezirk
Mittelfranken

Anlage 3.8

Immissionsbericht
Elektrische und magnetische Felder
zum Planfeststellungsverfahren gemäß § 43 EnWG

Träger des Vorhabens:
N-ERGIE Netz GmbH
Sandreuthstraße 21
90441 Nürnberg

Verfasser des Entwurfs:
Omexom Hochspannung GmbH
Prinz-Carl-Anlage 42
67547 Worms

Versionsverlauf des Dokuments „ EMF Immissionsbericht“

In dieser Tabelle werden sämtliche Änderungen/Anpassungen/Ergänzungen – die im Zuge des Genehmigungsverfahrens notwendig werden – vermerkt.

Version	Kurzbeschreibung der Inhaltsänderung/Verweis	Datum	Bearbeiter
1			
2			
3			
4			
5			

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis.....	6
1 Einleitung.....	7
1.1 Allgemeine Angaben.....	7
1.2 Beschreibung des Vorhabens	8
1.3 Rechtliche Grundlagen und Anforderungen.....	10
1.4 Technische Grundlagen und Hintergründe.....	11
1.4.1 Elektrische Felder.....	11
1.4.2 Magnetische Felder	11
1.5 Nachweismethodik	12
2 Freileitungsabschnitte	14
2.1 Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte	14
2.2 Ermittlung der maßgeblichen Minimierungsorte.....	15
2.3 Nachweis der Anforderungen zum Schutz vor und Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen	17
2.4 Ermittlung und Prüfung der Immissionen und MMOs	17
2.5 Prüfung des Minimierungsgebotes.....	19
2.5.1 Abstandsoptimierung gemäß 5.3.1.1 der 26. BImSchVVwV.....	19
2.5.2 Elektrische Schirmung gemäß 5.3.1.2 der 26. BImSchVVwV	20
2.5.3 Minimieren der Seilabstände gemäß 5.3.1.3 der 26. BImSchVVwV.....	20
2.5.4 Optimieren der Mastkopfgeometrie gemäß 5.3.1.4 der 26. BImSchVVwV	21
2.5.5 Optimieren der Leiteranordnung gemäß 5.3.1.5 der 26. BImSchVVwV.....	21
2.5.6 Zusammenfassung der Ergebnisse der Minimierungsprüfung der Freileitung	22
3 Zusammenfassung und Fazit	23
Anhang.....	24
Literaturverzeichnis für Freileitung.....	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lageplan T025-T065 mit Umspannwerken und Bauabschnitten	7
Abbildung 2 Trassenverlauf Bauabschnitt 1 der 110-kV-Leitung T025 zwischen den Masten 338 und 391.....	8

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Berechnungsparameter der geplanten Leitung je Stromkreis	9
Tabelle 2 Maßgebliche Immissionsorte für den Trassenverlauf gemäß LAI	14
Tabelle 3 Maßgebliche Minimierungsorte (singulär) außerhalb des Bewertungsabstandes für den Trassenverlauf	15
Tabelle 4 Maßgebliche Minimierungsorte (repräsentative Bezugspunkte) außerhalb des Bewertungsabstandes für den Trassenverlauf.....	16
Tabelle 5 Maßgebliche Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstandes für den Trassenverlauf	16
Tabelle 6 Berechnungsergebnisse (IMMI gemäß LAI).....	18

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
A	Ampere (Einheit für die Stromstärke)
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
26. BImSchVVwV	Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder
Hz	Hertz (Einheit für die Frequenz)
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung)
kV	Kilovolt (Einheit für die elektrische Spannung, 1 kV = 1000 V)
kV/m	Kilovolt pro Meter (Einheit für die elektrische Feldstärke E)
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
MIO	Maßgeblicher Immissionsort
MMO	Maßgeblicher Minimierungsort
μT	Mikrotesla (Einheit für die magnetische Flussdichte B, $1 \mu\text{T} = 1 \times 10^{-6} \text{ T}$)
UW	Umspannwerk

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Angaben

Die vorliegende Planung betrifft die 110-kV Freileitung T025 – Umspannwerk (UW) Neudorf – UW Bad Windsheim der N-ERGIE Netz GmbH. Die Leitung (Ltg.) befindet sich im Freistaat Bayern, im Regierungsbezirk Mittelfranken und liegt in den Landkreisen Ansbach und Neustadt an der Aisch Bad Windsheim.

Die hier betrachteten Leitungsabschnitte wurde im Jahr 1955 errichtet und umfassen eine Gesamtlänge von ca. 38,5 km (T025: ca. 24,4 km und T065 ca. 14,1km). Diese bestehen aus insgesamt 150 Masten (T025: 92 Masten und T065: 58 Masten). Der überwiegende Teil dieser besteht aus Stahlgittermasten, die im Wesentlichen als Einebenenmasten ausgeführt sind. Auf der Leitung sind durchgehend Einfachseile installiert.

Aufgrund der Länge der geplanten Leitung erfolgt eine Einteilung in 4 Bauabschnitte. In diesem Erläuterungsbericht wird der Bauabschnitt 1 (BA 1) behandelt. Der BA 1 beginnt auf der T025 ab Mast 337 und verläuft bis Mast 391 auf Höhe der Ortslage von Wilhelmsgreuth. Im BA1 sind die Masten 337, 338, 344 und 376 als Stahlvollwandmaste ausgeführt. Die anderen Masten im BA 1 der T025 sind als Stahlgittermaste ausgeführt. Alle Masten in dem BA 1, ausgenommen Mast 337, 376, werden standortgleich ersatzneugebaut. Der Mast 376 wird nicht mehr getauscht, da dieser bereits im Jahr 2022 für die Anbindung Umspannanlage Buch gebaut wurde.

Die Masten 337, 338 wurden in einem Plangenehmigungsverfahren und dem dazugehörigen Bescheid vom 21.6.2024 genehmigt und werden im Jahr 2025 als Stahlvollwandmaste ersetzt.

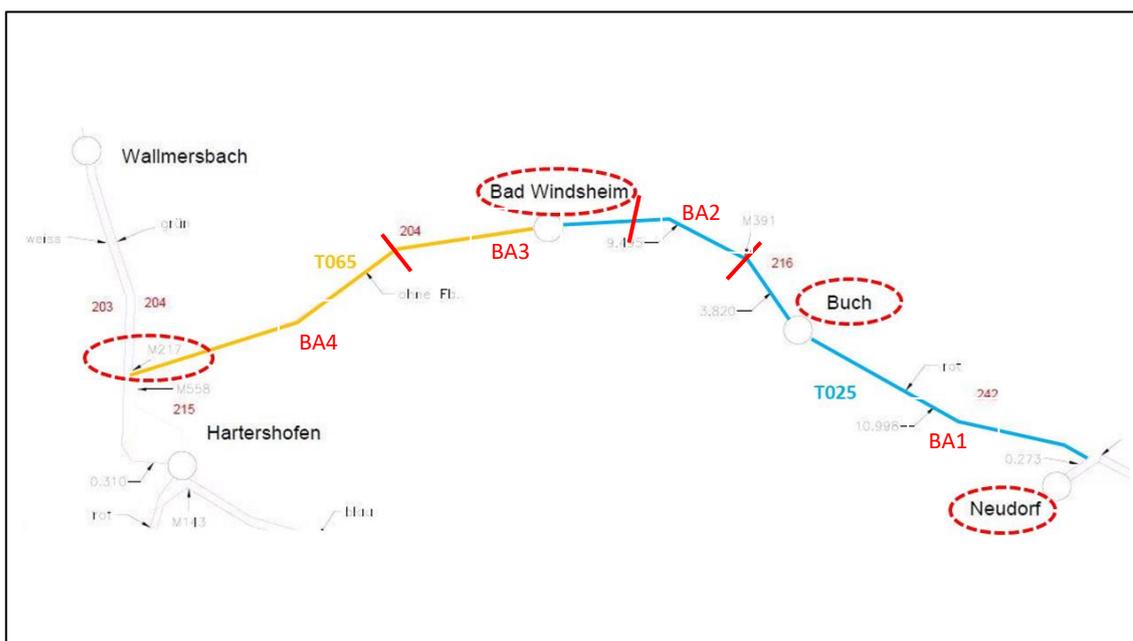


Abbildung 1: Lageplan T025-T065 mit Umspannwerken und Bauabschnitten

1.2 Beschreibung des Vorhabens

Zur Schaffung ausreichender Übertragungskapazitäten, zur Deckung des prognostizierten Leistungsbedarfs in der Region und für eine kleinteilige Optimierung des Verlaufes der Leitungstrasse der T025, ist ein standortgleicher Leitungs- und Ersatzneubau der 110-kV-Leitung T025 UW Neudorf – UW Bad Windsheim und der T065 Bad Windsheim – Aufteilermast Nr. 217 bei Endsee geplant. Der Ausbau der Leitung stellt dabei einen bedeutenden Aspekt in der Kapazitätserweiterung dar. Durch die Übertragungskapazitätserweiterung der Leitung und den Umbau des UW Neudorfs soll die Möglichkeit zur Aufnahme und Verteilung von zunehmenden Erträgen aus Quellen erneuerbarer Energie geschaffen werden. Geplant ist die Leitung T025 während des Umbaus weiterhin auf voller Kapazität betreiben zu können.

Die geplanten Maßnahmen auf der Leitungstrasse werden vom UW Neudorf aus, von Osten kommend, betrachtet. Im Rahmen der Praktikabilität wird die Leitung in mehrere Bauabschnitte (BAs) untergliedert und in einzelnen Vorhabensanträgen eingereicht. Der betrachtete BA 1 beginnt bei dem Mast Nr. 337 und endet bei dem Mast Nr. 391 auf Höhe der Ortslage von Wilhelmsgreuth.

Es ist geplant die Leitung standortgleich ersatzneuzubauen. Dabei sollen die Masten als Stahlvollwandmaste ausgeführt werden. Zudem ist vorgesehen die Leitung zuzubeseilen. Anstelle eines Systems als Einfachseil, ist vorgesehen die Leitung zweiseitig mit Leiterseilen in Zweierbündel zu belegen.

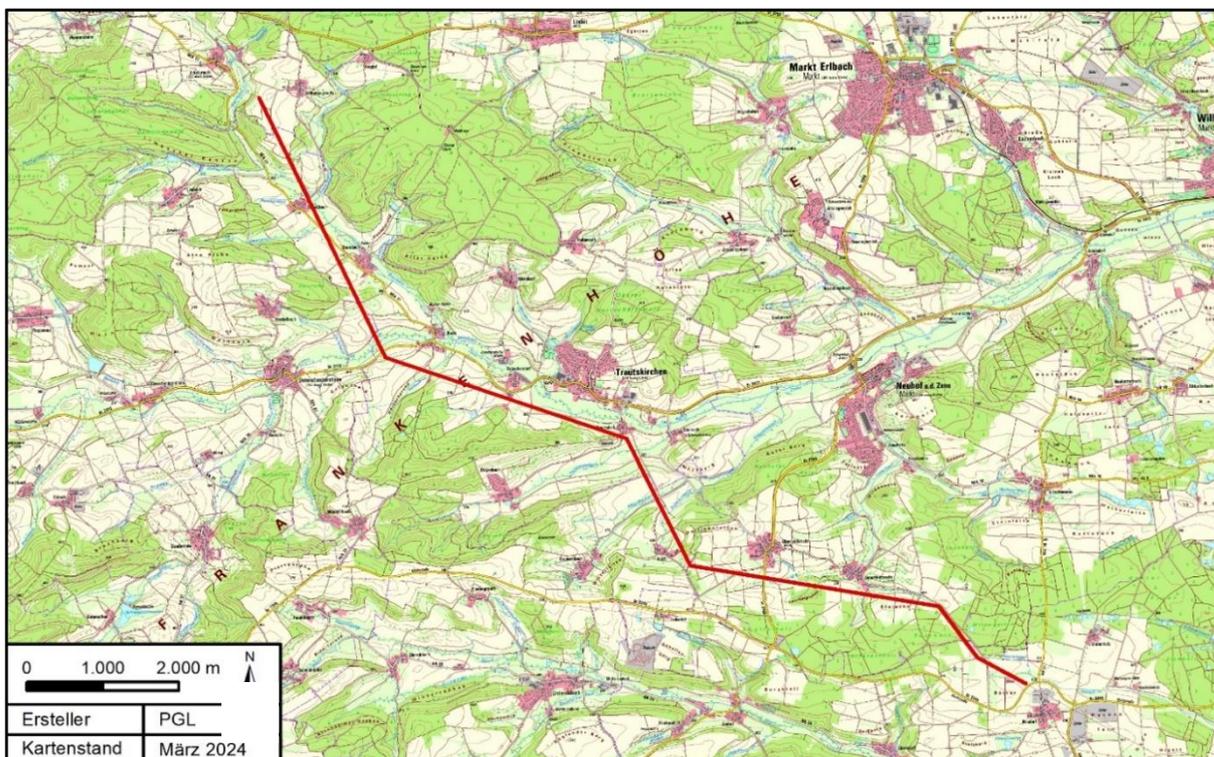


Abbildung 2 Trassenverlauf Bauabschnitt 1 der 110-kV-Leitung T025 zwischen den Masten 338 und 391

Für die im Rahmen dieses Planfeststellungsverfahrens betrachtete Leitungsanlage gelten damit folgende für die weiteren Betrachtungen relevanten Parameter:

Stromkreise	Leitenseil	Höchste Betriebs- spannung U_s	Betriebsstrom (maximal Auslastung)
Neudorf-Bad Windsheim 1	2x3 264-AL 1/34-ST1A	123 kV	1360 A
Neudorf-Bad Windsheim 2	2x3 264-AL 1/34-ST1A	123 k V	1360 A

Tabelle 1: Berechnungsparameter der geplanten Leitung je Stromkreis

Von Stromübertragungsanlagen und -leitungen gehen aufgrund der unter Spannung stehenden und Strom führenden Leiter elektrische und magnetische Felder aus. Es handelt sich hierbei um Wechselfelder mit einer Frequenz von 50 Hertz (Hz). Diese Frequenz ist dem Niederfrequenzbereich zugeordnet.

Das elektrische Feld resultiert aus der Betriebsspannung und das magnetische Feld resultiert aus dem Stromfluss. Die physikalischen Grundlagen sind in den Kapiteln 1.4.1 und 1.4.2 näher erläutert.

Dieser Immissionsbericht widmet sich, entsprechend den zuvor dargelegten Sachverhalten, den von der Hochspannungsfreileitung ausgehenden elektrischen und magnetischen Feldern.

1.3 Rechtliche Grundlagen und Anforderungen

Im Rahmen der Antragstellung sind u.a. die Vorschriften des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) (Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG), Neugefasst durch Bek. v. 17.5.2013 I 1274; zuletzt geändert durch Art. 11 Abs. 3 G v. 26.7.2023 I Nr. 202) zu beachten. Bei einer Hochspannungs-Freileitung handelt es sich nach § 4 Abs. 1 BImSchG (Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG), Neugefasst durch Bek. v. 17.5.2013 I 1274; zuletzt geändert durch Art. 11 Abs. 3 G v. 26.7.2023 I Nr. 202) in Verbindung mit der BImSchV (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), Neugefasst durch Bek. v. 14.8.2013 I 3266) um eine nicht genehmigungsbedürftige Anlage.

Hinsichtlich dieser elektrischen und magnetischen Felder sind die Anforderungen der Sechszwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), Neugefasst durch Bek. v. 14.8.2013 I 3266) zu beachten.

Für die beschriebene Maßnahme sind, da es sich im Sinne der 26. BImSchV (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), Neugefasst durch Bek. v. 14.8.2013 I 3266) dabei um eine Neuerrichtung handelt, die mit dem Vorhaben verbundenen elektrischen und magnetischen Felder darzustellen und bzgl. der Einhaltung vorgeschriebener Grenzwerte zu beurteilen.

Gemäß 26. BImSchV (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), Neugefasst durch Bek. v. 14.8.2013 I 3266) sind für das vorliegende Vorhaben an Orten zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen im Einwirkungsbereich der Anlage folgende Grenzwerte einzuhalten:

- Elektrische Feldstärke: 5 kV/m
- Magnetische Flussdichte: 100 µT

Im Rahmen der anzustellenden Betrachtungen zur 26. BImSchV (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), Neugefasst durch Bek. v. 14.8.2013 I 3266) sind die von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) (LAI, mit Beschluss der 54. Amtschefkonferenz in der Fassung des Beschlusses der 128. Sitzung der Bund/Länder-

Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 17. und 18. September 2014 in Landshut) erlassenen Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder zu beachten. Die LAI verfolgt dabei einen Schutzgrundsatz.

Die 26. BImSchV (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), Neugefasst durch Bek. v. 14.8.2013 I 3266) enthält in § 4 auch über den Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen hinausgehende Anforderungen zur Vorsorge durch Minimierung (Vorsorgegrundsatz).

Näheres dazu regelt die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV) (Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV), 2016).

1.4 Technische Grundlagen und Hintergründe

1.4.1 Elektrische Felder

Wesentlicher Parameter für die Stärke des elektrischen Feldes ist die Betriebsspannung. Zudem spielt für die bodennahe Feldstärke in der Umgebung einer Freileitung die Anzahl, Abstände und Anordnung der Systeme zueinander (Mastkopfgeometrie), der Abstand der Leiter zum Boden sowie die Anordnung der Phasen eine wichtige Rolle. Auch haben der Leitertyp und Bündelkonfiguration sowie die Anzahl und Anordnung der Erdseile einen geringen Einfluss. Durch diese Parameter wird insbesondere der Verlauf der Feldstärke in unmittelbarer Nähe der Freileitung beeinflusst. Bei zunehmendem Abstand von der Freileitung nimmt die elektrische Feldstärke rasch ab und auch der Einfluss dieser Parameter wird geringer. Elektrische Felder können mithilfe elektrisch leitfähiger Materialien, z.B. durch Bewuchs oder Bebauung gut abgeschirmt werden.

Die Stärke eines elektrischen Feldes wird als elektrische Feldstärke in Kilovolt pro Meter (kV/m) angegeben.

1.4.2 Magnetische Felder

Wesentlicher Parameter für die Stärke des magnetischen Feldes ist die Stromstärke. Diese unterliegt in Abhängigkeit der Belastungssituation zeitlichen Schwankungen. Zudem spielen für die bodennahe Feldstärke in der Umgebung einer Freileitung die Anzahl, Abstände und Anordnung der Systeme zueinander (Mastkopfgeometrie), der Abstand der Leiter zum Boden sowie die Anordnung der Phasen eine wichtige Rolle. Auch die magnetische Feldstärke nimmt mit zunehmendem Abstand zur Anlage ab.

Im Gegensatz zu den elektrischen Feldern durchdringen magnetische Felder organische und anorganische Materialien nahezu ungestört.

Bei niederfrequenten Feldern wird als zu bewertende Größe die magnetische Flussdichte B angegeben. Die ermittelten Werte werden in Mikrottesla (μT) angegeben.

1.5 Nachweismethodik

Gemäß den Regelungen in § 5 der 26. BImSchV (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), Neugefasst durch Bek. v. 14.8.2013 I 3266) sind für die Ermittlung der Feldstärke- und Flussdichtewerte an den maßgeblichen Einwirkungsorten keine Messungen erforderlich, wenn die Einhaltung der Grenzwerte durch Berechnungsverfahren ermittelt werden kann. Dementsprechend wird das Berechnungsverfahren mit der zertifizierten Software Win-Field durchgeführt. Diese entspricht den Anforderungen an Mess- und Berechnungsverfahren nach DIN EN 50413 (VDE, 2013) (siehe Anhang 3). Hierzu werden in dem Berechnungsprogramm die Leitungsabschnitte als Feldquelle modelliert.

Für die Berechnung der Immissionswerte werden durchgängig konservative Ansätze gewählt. Es werden somit Feldstärke- und Flussdichtewerte ermittelt, die über den im Betrieb zu erwartenden Werten liegen.

Für die Betriebsparameter ist die höchste betriebliche Anlagenauslastung zu Grunde zu legen. Dies bedeutet, dass folgende höchste Betriebsspannung in die Berechnung einfließt:

- für 110-kV-Systeme 123 kV

Zudem wird für die Strombelastbarkeit der maximale betriebliche Dauerstrom eines Systems herangezogen.

Diese Parameter werden sowohl für die beantragte Leitungsanlage als auch für alle zu berücksichtigenden Niederfrequenzanlagen, wie z.B. andere Freileitungen angenommen.

Zu berücksichtigende Fremdleitungen und/oder Mitführungen sind nicht im Untersuchungsgebiet vorhanden.

Nach 26. BImSchV [2] sind auch Immissionen ortsfester Hochfrequenzanlagen im Frequenzbereich 9 kHz bis 10 MHz zu berücksichtigen. Gemäß den Ausführungen in den LAI-Durchführungshinweisen [3] tragen diese ab einem Abstand von 300 Metern nicht relevant zur Vorbelastung bei und machen daher eine gezielte Vorbelastungsermittlung entbehrlich, sofern keine gegenteiligen Anhaltspunkte bestehen. Für den Trassenverlauf sind laut EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur, welche am 18.07.2024 aufgerufen wurde, (<https://emf3.bundesnetzagentur.de/karte/>) keine entsprechenden zu berücksichtigenden Hochfrequenzanlagen in diesem Abstand vorhanden, sodass dieser Aspekt hier nicht weiter zu betrachten ist.

Die Stromrichtung ist abhängig von der jeweiligen vorherrschenden Netzsituation. Für die vorliegenden Berechnungen wurde die Stromrichtung vom UW Neudorf (Südosten) zum UW Bad Windsheim (Nordwesten) angesetzt.

In den Berechnungen werden die Immissionen der Grundfrequenz (50 Hz) ermittelt. In Hoch- und Höchstspannungsnetzen sind Oberwellenanteile (z.B. 100 Hz, 150 Hz) sehr gering. Deren zusätzliche Immissionsbeiträge sind gegenüber den Immissionen der Grundfrequenz zu vernachlässigen und werden daher im Weiteren nicht betrachtet.

Die für die Ermittlung der Immissionsorte notwendigen Geodaten wurden bei den zuständigen Ämtern abgefragt.

2 Freileitungsabschnitte

2.1 Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte

Bei der Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte sind die Anforderungen der 26. BImSchV (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), Neugefasst durch Bek. v. 14.8.2013 I 3266) und die zugehörigen Ausführungen in den LAI-Durchführungshinweisen (LAI, mit Beschluss der 54. Amtschefkonferenz in der Fassung des Beschlusses der 128. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 17. und 18. September 2014 in Landshut) zu beachten (siehe auch Kapitel 1.3).

Die maßgeblichen Immissionsorte (MIO), liegen bei Betroffenheiten im Bewertungsabstand vor. Der zuvor genannte Bewertungsabstand gemäß 26. BImSchV bzw. 26. BImSchVVwV entspricht dabei dem Einwirkungsbereich der LAI. Die Maßgeblichen Immissionsorte sind Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt, in einem Abstand von bis zu 10 m zum äußersten ruhenden Leiter einer 110-kV-Freileitung befinden. Die äußeren ruhenden Leiterseile befinden sich je nach Masttyp in einem Abstand von maximal 13,30 Metern zur Trassenachse.

Um für den Trassenverlauf (eine kartographische Darstellung der Anlage ist in den Lageplänen (Anlage 2) die maßgeblichen Immissionsorte zu ermitteln, wurde der gesamte Verlauf auf entsprechende Orte mit Hilfe von Luftbildern und durch Trassenbefahrung abgesucht. Dabei wurden folgende maßgeblichen Immissionsorte identifiziert:

Maßgebliche Immissionsorte für den Trassenverlauf				
Lfd. Nr.	Trasse	Bereich	Gemarkung	Abstand MIO zur Trassenachse
MIO_01	T025	357 bis 358	Unternbibert	18,33 m
MIO_02	T025	363 bis 364	Trautskirchen	0,00 m
MIO_03	T025	381 bis 382	Buch	1,06 m
MIO_04	T025	384 bis 385	Buch	14,65 m

Tabelle 2 Maßgebliche Immissionsorte für den Trassenverlauf gemäß LAI

Bei den in Tabelle 2 Maßgebliche Immissionsorte für den Trassenverlauf aufgelisteten maßgeblichen Immissionsorten handelt es sich zum Teil um gemischt genutzte Grundstücke, so dass nicht das Flurstück im Ganzen in die Betrachtung einbezogen wurde, sondern nur der dem nicht nur vorübergehenden Aufenthalt dienliche Teil des Grundstückes.

2.2 Ermittlung der maßgeblichen Minimierungsorte

Bei der Ermittlung der maßgeblichen Minimierungsorte wurden die in der 26. BImSchVVwV [4] genannten konservativen Pauschalwerte für den Einwirkungsbereich von 200 m bei einer 110-kV-Freileitung herangezogen. Bei der Berechnung wurden einzelne Orte (singuläre Bezugspunkte) und Gruppierung von Orten (über Cluster und deren entsprechende Relative Bezugspunkte) betrachtet.

Analog zum Kapitel 2.1 wurde der gesamte Verlauf der Leitung mit Hilfe von Luftbildern und Trassenbefahrung abgesucht. Dabei wurden in folgenden Bereichen maßgebliche Minimierungsorte zusätzlich zu den in Tabelle 2 aufgelisteten maßgeblichen Immissionsorten ermittelt:

Lfd. Nr. (berechnet am BP)	Trasse	Bereich	Gemarkung	Art der Nutzung	Abstand Gebäude zur Trassenachse	Abstand Grundstück zur Trassenachse
BP_01	T025	346 bis 347	Oberfeldbrecht	Wochenend- und Ferienhaussiedlung	181,64 m	169,49 m
BP_02	T025	347 bis 348	Oberfeldbrecht	Landwirtschaftliche Betriebsfläche	114,72 m	110,72 m
BP_03	T025	347 bis 348	Oberfeldbrecht	Wohnhaus	118,29 m	66,49 m
BP_04	T025	379 bis 380	Buch	Wohnhaus	187,58	200,03 m
BP_05	T025	380 bis 381	Buch	Wohnhaus	193,91 m	182,79 m
BP_06	T025	381 bis 382	Buch	Wohnhaus	209,36 m	192,98 m

Tabelle 3 Maßgebliche Minimierungsorte (singulär) außerhalb des Bewertungsabstandes für den Trassenverlauf

Lfd. Nr. (berechnet am BP)	Trasse	Bereich	Gemarkung	Art der Nutzung	Abstand Gebäudecluster zur Trassenachse
RBP_01	T025	347 bis 350	Oberfeldbrecht	Wohngebäude	114,80 m

Lfd. Nr. (be- rechnet am BP)	Trasse	Bereich	Ge- mar- kung	Art der Nutzung	Abstand Gebäudecluster zur Trassenachse
RBP_02	T025	352 bis 353	Ober- feld- brecht	Wohnge- bäude	129,85 m
RBP_03	T025	362 bis 364	Trauts kir- chen	Wohnge- bäude	26,41 m
RBP_04	T025	369 bis 371	Buch	Wohnge- bäude	114,71 m
RBP_05	T025	384 bis 386	Buch	Wohnge- bäude	27,66 m

Tabelle 4 Maßgebliche Minimierungsorte (repräsentative Bezugspunkte) außerhalb des Bewertungsabstandes für den Trassenverlauf

Bezeich- nung	Trasse	Bereich	Maßgebliche Minimierungsorte im Einwir- kungsbereich	
			links	rechts
Singuläre Maßgebliche Minimierungsorte				
BP_01	T025	346 bis 347		x
BP_02	T025	347 bis 348		x
BP_03	T025	347 bis 348		x
BP_04	T025	379 bis 380		x
BP_05	T025	380 bis 381		x
BP_06	T025	381 bis 382		x
Cluster Maßgebliche Minimierungsorte				
RBP_01	T025	347 bis 350		x
RBP_02	T025	352 bis 353		x
RBP_03	T025	362 bis 364		x
RBP_04	T025	369 bis 371		x
RBP_05	T025	384 bis 386	x	

Tabelle 5 Maßgebliche Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstandes für den Trassenverlauf

2.3 Nachweis der Anforderungen zum Schutz vor und Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen

Entsprechend den Ausführungen in Kapitel 1.3 ist zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen der Nachweis zu erbringen, dass im Bewertungsabstand sowie Einwirkungsbereich der zu betrachtenden Anlage an Orten, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, die Grenzwerte für die elektrische Feldstärke und magnetische Flussdichte eingehalten werden.

Die Immissionen werden bei Freileitungsabschnitten in der Regel in einer Höhe von 1 m über Erdoberkante (EOK) ermittelt. Befinden sich Gebäude oder Gebäudeteile auf dem zu betrachtenden Grundstück, so wird an dem nächstgelegenen Punkt eine Berechnung der Feldstärken durchgeführt. Die Berechnung der Feldstärken der Maßgeblichen Minimierungsorten wurde am Bewertungsabstand vorgenommen und dementsprechend ein Worst-Case-Szenario zugrunde gelegt. Damit wird ein Einhalten der Grenzwerte belegt. Dabei wird im Bereich von Freileitungen insbesondere auch die tatsächliche Gebäudehöhe zur Ermittlung der Feldstärken im Bewertungsabstand herangezogen. Wie bereits dargelegt, sind die Feldstärken stark abstandsabhängig. Die größten Feldstärken werden bei dem geringsten Abstand des betrachteten Ortes von der Feldquelle, d. h. der Anlage, erreicht. Für ein zu betrachtendes Freileitungsspannfeld ist dies in der Regel am Ort des geringsten Bodenabstands der Leiterseile der Fall. Dies ist somit von der örtlichen Topographie abhängig, wird aber bei ebenem Gelände etwa in Spannfeldmitte erreicht.

Funkenentladungen und ähnliche Wirkungen sind aufgrund der Einhaltung des Grenzwertes der elektrischen Feldstärke nicht zu erwarten.

2.4 Ermittlung und Prüfung der Immissionen und MMOs

Für jeden MIO und MMO wurden die dort unter der Freileitung in einer Berechnungshöhe von einem Meter über EOK maximal zu erwartenden elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten mit Hilfe des Programms WinField berechnet. Die maximal zu erwartenden Stärken des elektrischen Feldes und der magnetischen Flussdichte in der nachfolgenden Tabelle 6 Berechnungsergebnisse angegeben und bewertet. Die Lage der Bezugs- und Minimierungspunkte kann dem Lageplänen EMF (Anhang 2) entnommen werden.

Berechnungsergebnisse Grenzwerte					
Lfd. Nr.	Maximalwert auf dem Flurstück		Grenzwerte gemäß 26. BImSchV		Grenzwerte eingehalten
	Elektrische Feldstärke (in kV/m)	Magnetische Feldstärke (in μ T)	Elektrische Feldstärke (in kV/m)	Magnetische Feldstärke (in μ T)	ja/nein
Singuläre Maßgebliche Minimierungsorte					
BP_01	0,49 kV/m	5,19 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja
BP_02	0,50 kV/m	5,31 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja
BP_03	0,48 kV/m	5,18 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja
BP_04	0,37 kV/m	4,27 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja
BP_05	0,48 kV/m	5,11 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja
BP_06	0,32 kV/m	3,76 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja
Maßgebliche Minimierungsorte (repräsentative Bezugspunkte)					
RBP_01	0,32 kV/m	3,63 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja
RBP_02	0,35 kV/m	3,82 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja
RBP_03	0,05 kV/m	5,41 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja
RBP_04	0,65 kV/m	7,65 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja
RBP_05	0,45 kV/m	4,84 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja
Maßgebliche Immissionsorte					
IMMI_01	0,48 kV/m	5,12 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja
IMMI_02	0,50 kV/m	8,82 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja
IMMI_03	0,49 kV/m	5,22 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja
IMMI_04	0,28 kV/m	3,37 μ T	5 kV/m	100 μ T	ja

Tabelle 6 Berechnungsergebnisse (IMMI gemäß LAI)

Wie anhand der Werte in Tabelle 6 Berechnungsergebnisse ersichtlich ist, werden die Grenzwerte der 26. BImSchV (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), Neugefasst durch Bek. v. 14.8.2013 I 3266) uneingeschränkt eingehalten.

2.5 Prüfung des Minimierungsgebotes

Die nach Kapitel 5.3 der 26. BImSchVVwV (Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV), 2016) zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten zur Minimierung sind im Rahmen dieses Berichtes zu prüfen und zu bewerten.

Daher werden im nachfolgenden die Minimierungsmaßnahmen für alle maßgeblichen Minimierungsorte und maßgeblichen Immissionsorte betrachtet und abgewogen. Dazu zählen alle in Tabelle 2 Maßgebliche Immissionsorte für den Trassenverlauf, Tabelle 3 Maßgebliche Minimierungsorte (singulär) außerhalb des Bewertungsabstandes für den Trassenverlauf und in Tabelle 4 Maßgebliche Minimierungsorte (repräsentative Bezugspunkte) außerhalb des Bewertungsabstandes für den Trassenverlauf aufgeführten Objekte. Es wurde eine individuelle Minimierungsprüfung (Fall II) durchgeführt.

Das Minimierungspotenzial wird an jedem maßgeblichen Immissionsort, maßgeblichen Minimierungsort innerhalb des Bewertungsabstandes sowie zusätzlich an den (repräsentativen) Bezugspunkten (Fall II) ermittelt. Das Minimierungspotential wird hier über eine pauschalisierende Betrachtung, in diesem Fall durch Vergleich mit bestehenden Anlagen, für die jeweiligen genannten technischen Möglichkeiten zur Minimierung ermittelt.

Um den Grundsatz der Verhältnismäßigkeit zu wahren, werden je möglicher Minimierungsmaßnahme der spezifische Aufwand und Nutzen bei diesem Vorhaben aufgeführt. Im Rahmen der Abwägung werden dabei auch mögliche nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter berücksichtigt.

2.5.1 Abstandsoptimierung gemäß 5.3.1.1 der 26. BImSchVVwV

In dem betrachteten Leitungsabschnitt betragen die minimalen Bodenabstände bzgl. der 110-kV Freileitung min. 10,0 m.

Somit wird der nach DIN EN 50341-2-4 (e.V., 2020) geforderte minimale Bodenabstand von 6,0 m übertroffen. Eine darüberhinausgehende Erhöhung der Bodenabstände durch Masterhöhungen hätte, insbesondere aufgrund der Entfernung zum maßgeblichen Minimierungsort, nur eine sehr geringe weitere Immissionsreduzierung an diesem Ort zur Folge. Gleichzeitig bedingt die damit verbundene Erhöhung der Maste einen zusätzlichen Eingriff ins Landschaftsbild und beeinträchtigt den Vogelschutz.

Eine Erhöhung der Bodenabstände durch Errichtung zusätzlicher Maste (Spannfeldlängenverkürzung) würde zu zusätzlichen Beeinträchtigungen und Eingriffen in das Landschaftsbild führen. Der zusätzliche Flächenbedarf macht Eingriffe ins Eigentum Dritter notwendig. Die zusätzlichen Mastfundamente würden gleichzeitig einen erhöhten Eingriff in den Boden darstellen.

2.5.2 Elektrische Schirmung gemäß 5.3.1.2 der 26. BImSchVVwV

Die Maßnahme wirkt sich ausschließlich auf das elektrische Feld aus, welches gegenüber dem magnetischen Feld nachrangig zu minimieren ist. In diesem Zusammenhang kann es gleichzeitig nachteilige Auswirkungen auf die Geräuschentwicklung geben. Zusätzlich ist zur Realisierung dieser Minimierungsmaßnahme ggfs. eine Masterhöhung notwendig, um die erforderlichen Bodenabstände einzuhalten. Die damit verbundene Erhöhung der Maste würde einen zusätzlichen Eingriff in das Landschaftsbild bedeuten und zudem in einer Beeinträchtigung des Vogelschutzes resultieren. Wegen der geänderten statischen Anforderungen und notwendigen größeren Mastfundamenten ist damit auch ein zusätzlicher Eingriff in den Boden und in die Eigentumsrechte Dritter verbunden.

Die zur Schirmung erforderlichen zusätzlichen (dünnen) Seile auf zusätzlichen Traversen können zu einer Erhöhung des Anflugrisikos und damit zu zusätzlichen naturschutzfachlich relevanten Eingriffen führen.

Aufgrund der geringen Wirksamkeit, insbesondere im Hinblick auf das magnetische Feld, der Maßnahme und der damit verbundenen zusätzlichen Beeinträchtigungen wird auf die Anwendung dieser Maßnahme verzichtet. Unter Berücksichtigung des geringen Minimierungspotentials ist darüber hinaus der zusätzliche Aufwand bei der Errichtung und Montage unverhältnismäßig groß.

2.5.3 Minimieren der Seilabstände gemäß 5.3.1.3 der 26. BImSchVVwV

Eine wirksame Optimierung wird dann erreicht, wenn der Abstand der Phasen zueinander möglichst klein gewählt wird, wobei aber der Abstandsminimierung auf Grund physikalischer Gegebenheiten Grenzen gesetzt sind. Gründe dafür sind:

Für eine sichere Isolation der unter Spannung stehenden Leiter sind vorgeschriebene Mindestabstände (DIN EN 50341-2-4) (e.V., 2020) unter Berücksichtigung der windbedingten Ausschwingweiten zwischen den Leitern notwendigweise einzuhalten. Darüber hinaus sind die technischen und betrieblichen Anforderungen zu berücksichtigen.

Für Wartungsarbeiten muss ein Sicherheitsabstand zwischen dem Arbeitsbereich und den unter Spannung stehenden Anlageteilen eingehalten werden. Bei Mehrfachleitungen muss in der Regel ein zu wartender Stromkreis unabhängig von den anderen Stromkreisen zugänglich sein, um die Versorgungssicherheit nicht durch zu viele gleichzeitig abgeschaltete Stromkreise zu gefährden. Diese unabhängige Freischaltungsmöglichkeit einzelner Stromkreise ist bei zu geringen inneren Abständen nicht mehr gewährleistet

Zusätzlich erhöht sich die Feldstärke zwischen den Leitern und somit die Randfeldstärke an den Leiteroberflächen mit sinkendem Leiterabstand, was zu einem Anstieg der Korona-Entladungen und den damit verbundenen Geräuschen führt – welche ihrerseits eine immissionschutzrelevante Größe sind.

Eine weitere Reduzierung der Leiterabstände als derzeit bereits in der Planung umgesetzt ist daher aus oben genannten Gründen nicht möglich.

Ggf. darüberhinausgehende Optimierung mittels sog. Kompaktmaste ist aufgrund des geringen zusätzlichen Minimierungspotentials und des umfangreichen Realisierungsaufwandes sowie erheblichen Zusatzkosten unverhältnismäßig.

2.5.4 Optimieren der Mastkopfgeometrie gemäß 5.3.1.4 der 26. BImSchVVwV

Die Wahl der Mastform, beispielsweise Einebenenmast und Donaumast, wird abhängig von den lokalen Anforderungen und den betriebstechnischen Aufgaben gewählt. Über das Mastkopfbild und dementsprechend über die geometrisch günstige Aufhängung der Leiterseile wird das Entstehen von elektrischen und magnetischen Feldern beeinflusst. Die Anordnungsmöglichkeiten von Leiterseilen können dabei horizontal, vertikal oder auch dreieckförmig sein.

Grundsätzlich ist für eine Kompensation von elektrischen und magnetischen Feldern eine vertikale Anordnung der Außenleiterseile günstiger als eine horizontale. Beispielsweise durch Tonnenmaste. Dies hat aber eine größere Masthöhe zur Folge. Die Masthöhe wiederum wirkt sich nachteilig auf das Landschaftsbild und in Abhängigkeit vom Vorkommen anfluggefährdeter Vogelarten auch auf den Vogelschutz aus. Beim Neubau, wie im Fall der hier vorliegenden Planung, können technische Randbedingungen, wie die Mitführung mehrerer Systeme, die Wahlmöglichkeiten einschränken.

Im Rahmen der hier vorliegenden Planung wurde unter Berücksichtigung der zuvor genannten Faktoren die optimale Mastform bzw. Mastgeometrie gewählt.

Die Wahl einer anderen Mastgeometrie hätte, insbesondere aufgrund der Entfernung zum maßgeblichen Minimierungsort, nur eine sehr geringe weitere Immissionsreduzierung an diesem Ort zur Folge.

Aufgrund des begrenzten Minimierungspotentials bei gleichzeitig nachteiliger Auswirkung auf die oben genannten Schutzgüter wird die vertikale Anordnung hier nicht angewendet.

2.5.5 Optimieren der Leiteranordnung gemäß 5.3.1.5 der 26. BImSchVVwV

Die Phasenordnung beeinflusst auch die elektrischen Eigenschaften der Leitung im Netz, wobei aus betrieblicher Sicht insbesondere elektrische Asymmetrien die Wahl der Phasenordnung einschränken können. Daher ist eine Optimierung mit Blick auf einzelne Immissionsorte entlang einer Leitung oft nicht möglich. Eine im Hinblick auf die Feldminimierung optimierte Leiteranordnung kann ggf. nur für einen Teilabschnitt, aber nicht über die komplette Leitungslänge, hergestellt werden.

Für das magnetische Feld kann eine optimierte Anordnung nur für einen speziellen Betriebsfall hergestellt werden. Das Minimierungspotential ist dabei gemäß Ziff. 4 der 26. BImSchVVwV

(Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV), 2016) für die überwiegend zu erwartende Stromrichtungskonstellation zu prüfen. Bei einer anderen Auslastung oder geänderter Stromrichtung kann diese vermeintlich optimierte Anordnung sogar eine Verstärkung des Magnetfeldes am Minimierungsort bewirken.

Eine feldoptimierte Phasenfolge kann sich ggf. nachteilig auf die Geräuschimmissionen auswirken.

Eine Änderung der Leiteranordnung ist aufgrund der bestehenden Einführungen und Anschlüsse im Umspannwerk aus technischen Gründen nicht möglich.

Die gewählte Phasenordnung stellt unter Abwägung der Immissionen und der betrieblichen Aspekte während der zumeist vorherrschenden Betriebszustände und Netzkonstellationen einen optimierten Planungstand dar.

2.5.6 Zusammenfassung der Ergebnisse der Minimierungsprüfung der Freileitung

Hinsichtlich Abstandsoptimierung, Minimieren der Seilabstände und Optimieren der Mastkopfgeometrie sind wie zuvor dargestellt die bereits im Zuge der Planungen erarbeiteten und zu ergreifenden Maßnahmen als ausreichend feldminimierend zu bewerten. Darüberhinausgehende Optimierungen sind aus wirtschaftlichen Gründen und aufgrund der Belange anderer Schutzgüter nicht verhältnismäßig.

Die Minimierungsoptionen elektrische Schirmung und Optimieren der Leiteranordnung werden wie zuvor dargestellt aufgrund der zu wahrenen Verhältnismäßigkeit nicht umgesetzt.

3 Zusammenfassung und Fazit

Freileitungen erzeugen aufgrund der unter Spannung stehenden und Strom führenden Leiter elektrische und magnetische Felder. Daher sind die Vorschriften des BImSchG (Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG), Neugefasst durch Bek. v. 17.5.2013 I 1274; zuletzt geändert durch Art. 11 Abs. 3 G v. 26.7.2023 I Nr. 202) zu beachten bzw. die Einhaltung der konkreten Anforderungen der 26. BImSchV (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), Neugefasst durch Bek. v. 14.8.2013 I 3266) für Niederfrequenzanlagen darzulegen.

Im vorliegenden Bericht wurde überprüft, ob beim Betrieb der Leitungsanlage die Anforderungen der 26. BImSchV (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), Neugefasst durch Bek. v. 14.8.2013 I 3266) und der 26. BImSchVVwV (Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV), 2016) eingehalten werden. Die Berechnungen und Prüfungen zeigen, dass die an den maßgeblichen Immissionsorten und den maßgeblichen Minimierungsorten ermittelten elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten unterhalb der zulässigen Grenzwerte liegen und damit alle Schutzanforderungen erfüllt sind. Auch die Anforderungen zur Vorsorge wurden geprüft und dem enthaltenen Minimierungsgebot der 26. BImSchVVwV (Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV), 2016) wird Rechnung getragen.

Anhang

Nummer	Beschreibung
Anhang 2	Übersichtsplan EMF
Anhang 3	Hersteller-Zertifikat für die Software WinField

Literaturverzeichnis für Freileitung

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV). (2016).

e.V., D. I. (2020). DIN EN 50341-2-4 Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz);. Berlin: Beuth Verlag.

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG). (Neugefasst durch Bek. v. 17.5.2013 I 1274; zuletzt geändert durch Art. 11 Abs. 3 G v. 26.7.2023 I Nr. 202).

LAI. (mit Beschluss der 54. Amtschefkonferenz in der Fassung des Beschlusses der 128. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 17. und 18. September 2014 in Landshut). Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder.

Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV). (Neugefasst durch Bek. v. 14.8.2013 I 3266).

VDE, D. K. (2013). DIN EN 50413 Freileitungen über AC. Berlin: Beuth Verlag.

Literaturverzeichnis für Einleitung und Kabelanlage

[ATP] ATP Website, www.emtp.org und www.eeug.org

[BIM2013] Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz: „Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV“, neu gefasst durch Bek. v. 14.8.2013

[Oed2011] D. Oeding e.a., „Elektrische Kraftwerke und Netze“, Aufg. 7, 2011

[Sta2001] J. Stammen, „Numerische Berechnung elektromagnetischer und thermischer Felder in Hochspannungskabelanlagen“, Dissertation Universität Duisburg, Shaker Verlag, 2001

[VDE1995] VDE 0276 Teil 1000: Starkstromkabel, Strombelastbarkeit, Allgemeines, Umrechnungsfaktoren, VDE-Verlag, Berlin, Juni 1995

[VDE2005] VDE 0228: „Leiter für Kabel und isolierte Leitungen (IEC 60228:2004); Deutsche Fassung EN 60228:2005 + Corrigendum:2005“, VDE-Verlag, Berlin, 2005