



Immissionsbericht Anlage 16.1

Org.einheit: LPG-SB
Name: Dirk Daßler
Datum: 17.04.2020
Telefon: 0921-50740-4987
Projekt-Nr.: NB.12.012

**380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –)
Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)**

<p>Aufgestellt: Bayreuth, den 17.04.2020</p> <p>i. V. gez. Thomas Ehrhardt-Unglaub</p> <p>i.A. gez. Dirk Daßler</p>	<p style="text-align: center;">Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren Deckblattverfahren</p>																																																						
<p>Errichtung einer 380-kV Leitung von der (Umspannwerk St. Peter am Hart –) Landesgrenze Deutschland / Österreich bis zum Umspannwerk Simbach am Inn.</p>																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 30%;">Prüfvermerk</th> <th style="width: 20%;">Ersteller</th> <th style="width: 20%;"></th> <th style="width: 20%;"></th> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;"></th> </tr> <tr> <td>Datum</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Unterschrift</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Änderung(en):</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Datum</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Unterschrift</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6">Änderung(en):</td> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">Rev.-Nr.</td> <td style="width: 20%;">Datum</td> <td colspan="4" style="width: 50%;">Erläuterung</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td colspan="4"> </td> </tr> </table>		Prüfvermerk	Ersteller					Datum						Unterschrift						Änderung(en):						Datum						Unterschrift						Änderung(en):						Rev.-Nr.	Datum	Erläuterung									
Prüfvermerk	Ersteller																																																						
Datum																																																							
Unterschrift																																																							
Änderung(en):																																																							
Datum																																																							
Unterschrift																																																							
Änderung(en):																																																							
Rev.-Nr.	Datum	Erläuterung																																																					
<p>Anhänge:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anlage 16.1.1: Hersteller Zertifikat • Anlage 16.1.2: Musterspannfeld Mast 9 – Mast 17: 4 x 380 kV bei 100% Nennlast • Anlage 16.1.3: Musterspannfeld Mast 17 – Mast 42: 2 x 380 kV bei 100% Nennlast • Anlage 16.1.4: Musterspannfeld Mast 42 – Mast 45: 2 x 380 kV - 2 x 110 kV bei 100% Nennlast • Anlage 16.1.5: Ergebnisse nachgewiesener Immissionsorte im Bewertungsabstand • Anlage 16.1.5.1: Ergebnisse im Einwirkungsbereich; Anlagen Lageplan 1 - 6 • Anlage 16.1.6: Anzeigen für Niederfrequenzanlagen (1,3,5,6,7,8) • Anlage 16.2: Schallgutachten TÜV Süd 																																																							

Inhalt

1	Vorhabensträgerin und Vorhaben.....	4
1.1	<i>Die Vorhabensträgerin (VT)</i>	4
1.2	<i>Vorhabensdefinition und Antragsumfang</i>	4
2	Aufgabenstellung.....	6
2.1	<i>Allgemein</i>	6
2.2	<i>Immission der geplanten 380-kV-Leitung bei 65 % Nennlast.....</i>	7
2.3	<i>Nachweis der Immissionen im Wohnumfeld nahen Bereich bei Nennlast der Leitung.....</i>	7
3	Grenz- und Richtwerte der Immissionen	7
3.1	<i>Elektrische und magnetische Felder.....</i>	7
3.2	<i>Geräusche</i>	9
3.2.1	<i>Betriebsbedingte Geräuschimmissionen</i>	9
4	Berechnungen der Immissionen.....	11
4.1	<i>Allgemein</i>	11
4.2	<i>Immissionen der geplanten 380-kV-Leitung bei Nennlast (theoretischer Wert).....</i>	11
4.2.1	<i>Allgemein.....</i>	11
4.2.2	<i>Ergebnisse</i>	13
4.3	<i>Nachweis der Immissionen im Wohnumfeld nahen Bereich bei Maximallast der Leistung.....</i>	13
4.3.1	<i>Allgemein.....</i>	13
4.3.2	<i>Berechnungsparameter.....</i>	14
4.3.3	<i>Berechnungen</i>	14
5	Minimierungsmaßnahmen gemäß der 26. BImSchVVwV	15
5.1	<i>Abstandsoptimierung.....</i>	15
5.2	<i>Elektrische Schirmung.....</i>	15
5.3	<i>Minimieren der Seilabstände.....</i>	16
5.4	<i>Optimieren der Mastkopfgeometrie</i>	16
5.5	<i>Optimieren der Leiteranordnung</i>	17

**380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –)
Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)**

6	Ergebnisse.....	17
5	Glossar und Quellennachweis.....	18
6	Literatur.....	19

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schaubild Teilabschnitt Landesgrenze – Simbach.....	5
--	---

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Leitungsführung (St. Peter –) Landesgrenze - Simbach.....	5
Tabelle 2: Gewählte Spannungsfelder für Immissionsberechnung	6
Tabelle 3: Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden	10
Tabelle 4: Berechnungsspannungsfelder für elektrische und magnetische Felder	12
Tabelle 5: Berechnungsparameter der geplanten 380-kV-Leitung bei 65% Nennlast (Normalbetrieb)	13
Tabelle 6: Ergebnisse für elektrische und magnetische Felder bei 65% Nennlast (Normalbetrieb).....	13
Tabelle 7: Berechnungsparameter für die geplante 380-kV-Leitung	14

	Immissionsbericht Anlage 16.1	Org.einheit: LPG-SB Name: Dirk Daßler Datum: 17.04.2020 Telefon: 0921-50740-4987 Projekt-Nr.: NB.12.012
380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –) Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)		

1 Vorhabensträgerin und Vorhaben

1.1 Die Vorhabensträgerin (VT)

TenneT TSO GmbH (im Folgenden als TenneT bezeichnet) ist der erste grenzüberschreitende Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) für Strom in Europa mit Sitz in Bayreuth. Das Übertragungsnetz stellt mit einer 380-kV-Spannungsebene derzeit die höchste in Mitteleuropa verwendete Übertragungsspannung bei Freileitungen dar und nimmt die Aufgabe des Energietransportes über große Entfernungen wahr. TenneT ist einer der vier deutschen Übertragungsnetzbetreiber. Gemäß § 12 Abs. 3 des Energiewirtschafts-gesetzes (EnWG) hat TenneT als Betreiber eines Übertragungsnetzes dauerhaft die Fähigkeit des Netzes sicherzustellen, die Nachfrage nach Übertragung von Elektrizität zu befriedigen und insbesondere durch entsprechende Übertragungskapazität und Zuverlässigkeit des Netzes zur Versorgungssicherheit beizutragen. Gem. § 11 Abs. 1 EnWG sind Betreiber von Energieversorgungsnetzen verpflichtet, ein sicheres, zuverlässiges und leistungsfähiges Energieversorgungsnetz diskriminierungsfrei zu betreiben, zu warten und bedarfsgerecht zu optimieren, zu verstärken und auszubauen, soweit es wirtschaftlich zumutbar ist.

Die Aufgaben von TenneT umfassen somit den Betrieb, die Instandhaltung und die weitere Entwicklung des Stromübertragungsnetzes der Spannungsebenen 220 kV und 380 kV in großen Teilen Deutschlands.

1.2 Vorhabensdefinition und Antragsumfang

Auf Grund der nationalen gesetzlichen Anforderungen ergibt sich für TenneT als Netzbetreiber die Verpflichtung ein sicheres, ausreichend dimensioniertes und wirtschaftliches Übertragungsnetz zu betreiben. In Anbetracht der Veränderungen auf dem deutschen Energiemarkt und hinsichtlich eines europäischen Binnenmarktes für Strom ist die Erhöhung der Stromübertragungsfähigkeit zwischen dem Raum Landshut und St. Peter in Oberösterreich gesetzlich beschlossen.

Deshalb beantragt TenneT den Ersatz der 220-kV Verbindung zwischen Altheim bei Landshut und St. Peter durch eine 380-kV-Leitung. Hier gegenständlich ist die ca. 13 km lange 380-kV-Leitung (St. Peter –) Landesgrenze – Simbach. Die planfestzustellende Leitung orientiert sich zur Hälfte an der Trassenführung der 220-kV-Bestandsleitung und verläuft zur anderen Hälfte in einem durch keine entsprechende Infrastruktur vorgeprägten Raum (Abbildung 2).

380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –) Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)

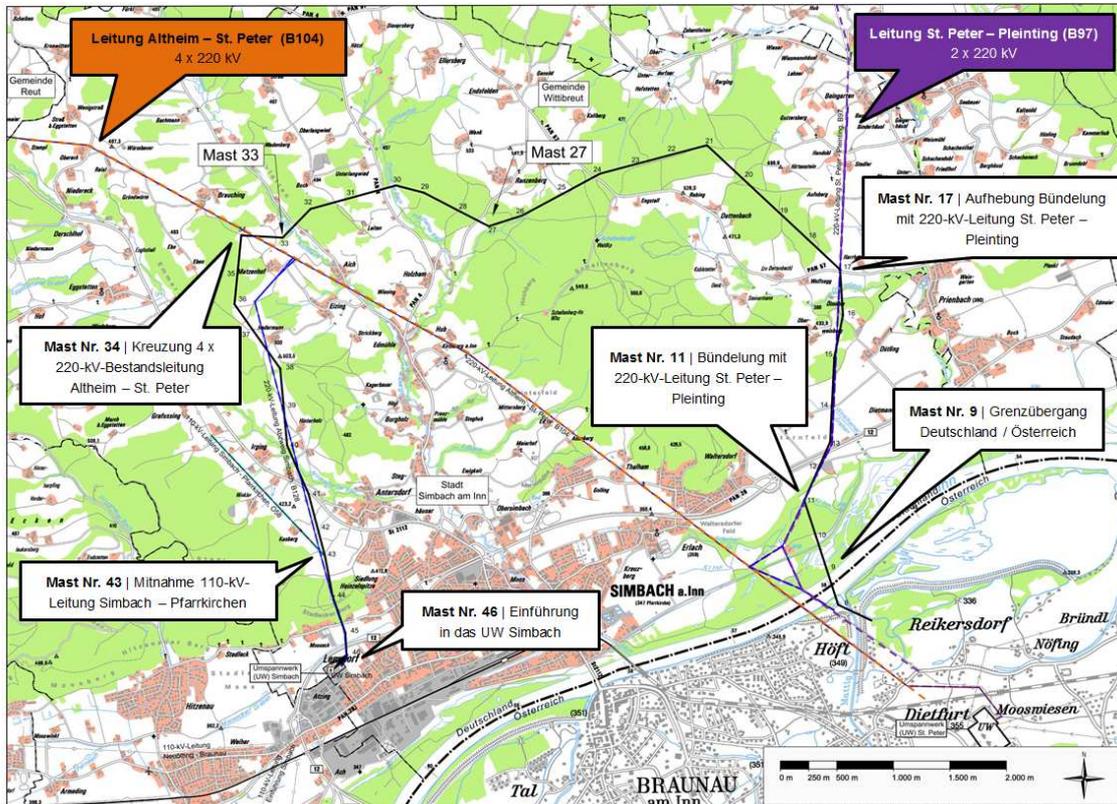


Abbildung 1: Schaubild Teilabschnitt Landesgrenze – Simbach

Die geplante Leitung (schwarz) verläuft hufeisenförmig um Simbach herum und wird von drei wesentlichen Leitungsführungen geprägt (Tabelle 1). Die bestehenden Leitungen sind in orange (Leitung B104 Altheim – St. Peter) bzw. in violett (Leitung B97 St. Peter – Pleinting) dargestellt.

Tabelle 1: Leitungsführung (St. Peter –) Landesgrenze - Simbach

Bereich	Leitungsführung
Mast Nr. 9 – 17	380 kV Vierfachleitung
Mast Nr. 17 – 43	380 kV Doppelleitung
Mast Nr. 43 – UW Simbach	380 kV Doppelleitung mit 2 x 110-kV-Mitnahme

Die Herausforderung hinsichtlich einer Abstandsmaximierung zwischen der geplanten Leitung und der Wohnbebauung bestand in der hohen Zersiedelung der Landschaft. Dennoch wurde in Bereichen, in denen bereits eine Bestandstrasse vorhanden ist, der zuvor geringste Abstand zwischen Leitungssachse und Wohnhaus vergrößert. Im Bereich der Neubautrasse wurde die Leitungsführung anhand der umweltfachlichen und eigentumsrechtlichen Faktoren festgelegt.

	Immissionsbericht Anlage 16.1	Org.einheit: LPG-SB Name: Dirk Daßler Datum: 17.04.2020 Telefon: 0921-50740-4987 Projekt-Nr.: NB.12.012
380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –) Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)		

In allen Fällen werden die Grenzwerte der 26. BImSchV und die Richtwerte der TA Lärm eingehalten.

2 Aufgabenstellung

2.1 Allgemein

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens der 380-kV-Leitung (St. Peter –) Landesgrenze - Simbach, Ltg. Nr. B153, sind die mit der Maßnahme verbundenen Immissionen darzustellen und hinsichtlich der Einhaltung vorgeschriebener Grenz- und Richtwerte zu beurteilen.

Hierbei handelt es sich im Einzelnen um:

- elektrische Felder
- magnetische Felder
- Geräuschemissionen

Mit Hilfe eines zertifizierten Rechenprogramms WinField [1] (Anlage 16.1.1) werden die zu erwartenden elektrischen- und magnetischen Feldstärken sowie die Geräuschemissionsgrößen ermittelt.

Für die Berechnungen der elektrischen und magnetischen Felder wurden exemplarisch jene Spannfelder betrachtet, welche die geringsten Abstände zur Wohnbebauung aufweisen (Tabelle 2). Durch die Einhaltung der vorgeschriebenen Grenzwerte auf diesen kritischen Spannfeldern folgt als logische Konsequenz die Einhaltung der Grenzwerte auf den übrigen Spannfeldern mit gleicher Leiterbelegung.

Die elektrischen und magnetischen Feldstärken wurden auf den drei Abschnitten am jeweils ungünstigsten Standort (geringster Abstand zwischen Leitungsachse und Wohnbebauung sowie zwischen Leiter und Boden) ermittelt.

Tabelle 2: Gewählte Spannfelder für Immissionsberechnung

Bereich	Gewähltes Spannfeld	Abstand Leitungsachse / Wohnhaus
Mast Nr. 9 – 17	Mast. Nr. 16 - 17	83,6 84,1 m
Mast Nr. 17 – 42	Mast. Nr. 40-41	57,5 m
Mast Nr. 43 – UW Simbach	Mast. Nr. 44 – 45	48,3 48,7 m

	Immissionsbericht Anlage 16.1	Org.einheit: LPG-SB Name: Dirk Daßler Datum: 17.04.2020 Telefon: 0921-50740-4987 Projekt-Nr.: NB.12.012
380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –) Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)		

2.2 Immission der geplanten 380-kV-Leitung bei 65 % Nennlast

Die 100 % Auslastung (4.000 A) der Höchstspannungsfreileitung Landesgrenze – Simbach hat vor allen theoretischen Charakter. Tatsächlich ist nur bis zu einer Auslastung von ca. 65 % der Nennlast der (n-1)-sichere Netzbetrieb möglich (siehe auch Anlage 2 – Erläuterungsbericht, Kapitel 3.2 – Energiewirtschaftliche Notwendigkeit), weshalb dieser Wert in der Regel nicht überschritten wird.

Die gemäß der TA Lärm und der 26. BImSchV zu ermittelnden Grenz- und Richtwerte sind jedoch unter der Annahme einer theoretisch maximalen Auslastung zu ermitteln.

Die Grenz- und Richtwerte werden auch bei maximaler Auslastung der Leitung eingehalten, weshalb auf eine separate grafische Felddarstellung bei 65 % der Nennlast verzichtet wird.

2.3 Nachweis der Immissionen im Wohnumfeld nahen Bereich bei Nennlast der Leitung

Für maßgebliche Immissionsorte innerhalb eines Bereiches von bis zu 20 m vom ruhenden, äußeren Leiterseil (Bewertungsabstand) ist nachzuweisen, dass die zu erwartenden elektrischen und magnetischen Felder die geltenden Grenzwerte der 26. BImSchV einhalten. Des Weiteren sind die Korona Geräusche der Leitung zu ermitteln und den entsprechenden Richtwerten der TA Lärm gegenüber zu stellen. Der Nennlastbetrieb ist ein theoretischer Lastfall der einen (n-1)-sicheren Netzbetrieb nicht zulässt und nur selten und für kurze Zeit auftreten kann. Der Nachweis der höchsten betrieblichen Anlagenauslastung ist nach LAI gefordert und als Worst-Case-Betrachtung zu verstehen.

3 Grenz- und Richtwerte der Immissionen

3.1 Elektrische und magnetische Felder

Freileitungen erzeugen aufgrund der unter Spannung stehenden und Strom führenden Leiter elektrische und magnetische Felder. Es handelt sich um Wechselfelder mit einer Frequenz von 50 Hertz (Hz). Diese Frequenz ist dem so genannten Niederfrequenzbereich zugeordnet.

Ursache des **elektrischen Feldes** ist die Spannung. Die elektrische Feldstärke wird in Volt pro Meter (V/m) oder Kilovolt pro Meter (kV/m) angegeben. Der Betrag hängt von der Höhe der Spannung sowie der Konfiguration der Leiter am Mast, den Abständen zum Boden und zu geerdeten Bauteilen, sowie dem Vorhandensein von Erdseilen und der Phasenordnung ab.

Aufgrund der annähernd konstanten Betriebsspannung variiert die elektrische Feldstärke kaum. Lediglich der temperaturabhängige Durchhang und der sich daraus ergebende Bodenabstand der Leiter haben einen Einfluss auf die bodennahen Werte der elektrischen Feldstärke.

**380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –)
Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)**

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 eine universelle Konstante mit der magnetischen Feldstärke verknüpft ist. Die Maßeinheit der magnetischen Flussdichte ist Tesla (T). Sie wird zweckmäßigerweise in Bruchteilen als Mikrottesla (μT) angegeben. Je größer die Stromstärke, desto höher ist auch die magnetische Flussdichte (lineare Abhängigkeit). Da die Stromstärke stark von der Netzbelastung abhängt, ergeben sich tages- und jahreszeitliche Schwankungen der magnetischen Flussdichte. Wie auch beim elektrischen Feld hängt die magnetische Flussdichte von der Ausführung und der räumlichen Anordnung der Leiter und Erdseile am Mast, der Phasenordnung, sowie den Abständen zum Boden und zu geerdeten Bauteilen ab. Die magnetische Flussdichte verändert sich zusätzlich durch die vom Leiterstrom abhängige Leitertemperatur und dem daraus resultierenden Leiterdurchhang und Bodenabstand.

Die größten Werte der elektrischen und magnetischen Felder treten direkt unterhalb der Freileitungen zwischen den Masten am Ort der größten Bodenannäherung der Leiter auf. Die Stärke der Felder nimmt mit zunehmender seitlicher Entfernung von der Leitung schnell ab. Elektrische Felder werden durch elektrisch leitfähige Materialien, z.B. durch bauliche Strukturen oder Bewuchs, gut abgeschirmt. Magnetfelder hingegen können anorganische und organische Stoffe nahezu ungestört durchdringen.

Für elektrische Anlagen mit Nennspannungen >1 kV ist seit dem 14. August 2013 die 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) in geänderter Fassung gültig. Die Regelungen der 26. BImSchV [2] finden nach deren § 1 Abs. 2 Nr. 2 auf die Errichtung und den Betrieb von Niederfrequenzanlagen wie das hier zu beurteilende Freileitungsvorhaben Anwendung. Nach § 3 der 26. BImSchV sind Niederfrequenzanlagen so zu errichten und zu betreiben, dass in ihrem Einwirkungsbereich in Gebäuden oder auf Grundstücken, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung und unter Berücksichtigung von Immissionen durch andere Niederfrequenzanlagen die im Anhang 1a der 26. BImSchV bestimmten Grenzwerte der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte nicht überschritten werden. Es sind folgende Immissionsgrenzwerte festgelegt:

- Elektrische Feldstärke: 5 kV /m
- Magnetische Flussdichte: 100 μT (50% von 200 μT)

Die in der Verordnung genannten Grenzwerte basieren auf den im Jahr 2010 von der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO) bis heute 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 emp-

380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –) Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)

fohlen. Auf Basis des derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstandes hat ICNIRP ihre Grenzwertempfehlung für niederfrequente magnetische Wechselfelder im Jahr 2010 auf 200 μT angehoben. In Deutschland bleibt hingegen der niedrigere Grenzwert von 100 μT bestehen.

Vom Landesausschuss für Immissionsschutz (LAI) wurde eine Richtlinie zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder erstellt. In dieser Richtlinie sind im Kapitel II.3.1 die Einwirkbereiche von Niederfrequenzanlagen und die maßgeblichen Immissionsorte beschrieben. Für die Bestimmung der im Sinne des § 3 Satz 1 und § 4 maßgeblichen Immissionsorte reicht es zur Umsetzung der 26. BImSchV aus, maßgebliche Immissionsorte, welche sich im untenstehend aufgelisteten Nahbereiche um eine Anlage (Freileitung) befinden, zu betrachten.

Breite des jeweils an den ruhenden äußeren Leiter 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

Bei Leitungen mit mehreren Systemen (Bündelung bzw. Mitführung) oder bei einem parallelen Verlauf von Höchst- und Hochspannungsleitungen können sich die elektromagnetischen Felder der einzelnen Systeme gegenseitig verstärken oder abschwächen. Maßgeblich hierfür sind die Anordnung der Leiter und die Stromflussrichtung.

3.2 Geräusche

3.2.1 Betriebsbedingte Geräuschimmissionen

Während des Betriebes von Freileitungen kann es bei sehr feuchter Witterung (Niederschlag 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 sogenannte Randfeldstärke ergibt sich wiederum aus der Höhe der Spannung, der Anzahl der Teilleiter je Phase und deren Durchmesser, sowie aus der Phasenordnung und den Abständen der Leiter untereinander und zum Boden.

Hoch – und Höchstspannungsleitungen sind „nicht genehmigungsbedürftige Anlagen“ im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Die Vorschriften der TA Lärm sind somit nach Nr.1 III lit. b) TA Lärm bei der Prüfung der Einhaltung des § 22 BImSchG im Rahmen der Prüfung von Anträgen auf öffentlich-rechtliche Zulassungen heranzuziehen. Hinsichtlich nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen gelten nach Nr.4.2 I lit. a TA Lärm die Immissionsrichtwerte nach Nr.6 TA Lärm.

	Immissionsbericht Anlage 16.1	Org.einheit: LPG-SB Name: Dirk Daßler Datum: 17.04.2020 Telefon: 0921-50740-4987 Projekt-Nr.: NB.12.012
380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –) Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)		

Die in Tabelle 3 angegebenen Werte beziehen sich auf unterschiedliche Gebietsklassen. Die geringeren Nachtwerte sind für Freileitungen maßgeblich:

Tabelle 3: Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden

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

Für Wohngebäude im Außenbereich gelten grundsätzlich die Werte für Mischgebiete.

Nach Nr. 3.2.1 TA Lärm darf die Genehmigung für die zu beurteilende Anlage auch bei einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte aufgrund der Vorbelastung aus Gründen des Lärmschutzes nicht versagt werden, wenn der von der Anlage verursachte Immissionsbeitrag im Hinblick auf den Gesetzeszweck als nicht relevant anzusehen ist. Das ist in der Regel der Fall, wenn die von der zu beurteilenden Anlage ausgehende Zusatzbelastung die Immissionsrichtwerte der TA Lärm am maßgeblichen Immissionsort um mindestens 6 dB(A) unterschreitet.

Zusammenfassend hat die schalltechnische Untersuchung ergeben, dass das geplante Vorhaben unter den in diesem schalltechnischen Gutachten berücksichtigten Voraussetzungen und schalltechnischen Vorgaben, insbesondere bzgl. verwendeter Leiterseile und Mindestabstände zu Bebauungen entlang der Trasse, aus immissionsschutzfachlicher Sicht realisiert werden kann.

Dem Ergebnis der schalltechnischen Prüfung nach, ist bei antragsgemäßer Errichtung der Trasse sowie bei ordnungsgemäßem Betrieb der Freileitungen sichergestellt, dass

- schädliche Umwelteinwirkungen, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen durch Lärm für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden und dass
- Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen durch Lärm getroffen ist, insbesondere durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung durch die Verwendung

	Immissionsbericht Anlage 16.1	Org.einheit: LPG-SB Name: Dirk Daßler Datum: 17.04.2020 Telefon: 0921-50740-4987 Projekt-Nr.: NB.12.012
380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –) Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)		

von 4-er Bündel-Leiterseilen bei den 380-kV-Stromkreisen sowie durch die Einhaltung der in diesem Gutachten genannten Mindestabstände zu schutzbedürftigen Wohnbauten.

Die schalltechnische Untersuchung ist in der *Anlage 16.2* hinterlegt.

4 Berechnungen der Immissionen

4.1 Allgemein

Mittels des Rechenprogramms WinField, [1], der Firma Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie (FGEU), Berlin, wurden die zu erwartenden elektrischen Felder, magnetischen Felder und Geräuschemissionen ermittelt.

Für die 380-kV-Leitung (St. Peter –) Landesgrenze – Simbach wurden Berechnungen der elektrischen und magnetischen Felder angefertigt. Hierzu wurden die in der Tabelle 7 aufgeführten Randbedingungen entsprechend der 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung [2] berücksichtigt.

Seitens des TÜV Süd wurde ein Schallgutachten erstellt, dem die mit WinField berechneten Geräuschemissionen zu Grunde liegen. Die in diesem Bericht angegebenen Geräuschimmissionspegel enthalten einen vorsorglichen Zuschlag für Tonhaltigkeit von 3dB(A) (s. Kap. 5.2 des Schallgutachtens Anlage 16.2).

4.2 Immissionen der geplanten 380-kV-Leitung bei Nennlast (theoretischer Wert)

4.2.1 Allgemein

Die in Abschnitt 4.2 ermittelten elektrischen und magnetischen Felder sowie die akustischen Geräusche basieren auf der Annahme, dass die geplante 380-kV-Leitung mit der maximaleren Anlagenauslastung, d.h. mit dem max. betrieblichen Dauerstrom betrieben wird. Die zu erwartenden Geräuschimmissionen wurden mit der höchsten Betriebsspannung U_s nach [5], [6] berechnet, da hier bei regnerischem und/oder nebeligem Wetter die größten Geräusche zu erwarten sind. Die Berechnung der elektrischen Felder erfolgte ebenfalls mit der höchsten Betriebsspannung U_s .

Aus Sicherheitsgründen (n-1 Sicherheit) werden 380-kV-Leitungen jedoch die überwiegende Zeit mit höchstens rund 65 % ihrer Nennlast betrieben. Dies bedeutet, dass der Leiterstrom an Stelle von 4.000 A nur noch 2.600 A beträgt. Die davon abhängigen magnetischen Felder reduzieren sich entsprechend ebenso. Auf einen separaten Nachweis wird aus diesem Grund verzichtet.

380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –) Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)

Der 100%-Betrieb findet in Realität nur im (n-1)-Fall statt, bzw. wäre beim Eintritt sofort durch die Schaltleitung zu beheben, da im Fehlerfall die Aufrechterhaltung der Versorgung gefährdet sein kann, bzw. die Gefahr besteht, dass Betriebsmittel im Fehlerfall durch Überlastung zerstört würden. Dies bedeutet, dass im Regelbetrieb geringere Immissionen vorliegen als im Abschnitt 4.3 ermittelt. Selbst die hier ermittelten Werte treten nur bei betrieblicher Vollauslastung der Leitung auf. Dies ist als seltenes Ereignis zu betrachten, so dass die überwiegende Zeit deutlich niedrigere Werte vorliegen werden.

Die Immissionsberechnungen wurden auf den verschiedenen Abschnitten unter Worst-Case-Bedingungen hinsichtlich der Schallimmissionen durchgeführt (d.h. schlechteste Phasenlage bei maximaler Auslastung). Die drei Berechnungsspannfelder visualisieren in der Anlage 16.1.2 – 16.1.4 die elektrischen und magnetischen Felder und repräsentieren durch ihre Auswahl den gesamten Trassenverlauf. So wurde auf jedem Abschnitt mit unterschiedlicher Leitungsbelegung (z.B. 2 oder 4 x 380 kV) jeweils das Spannungsfeld mit der größten Annäherung an eine Wohnbebauung untersucht. Die untersuchten Spannungsfelder werden in Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 4: Berechnungsspannfelder für elektrische und magnetische Felder

Spannfeld zw. Mast Nr.	Masttyp	Stromkreise	Spannfeldlänge
16 – 17	Doppeltonne	4 x 380 kV	412,6 m
40 – 41	Donau	2 x 380 kV	359,5 478,8 m
44 – 45	Donau-Einebene	2 x 380 kV 2 x 110 kV	352,5 m

Berechnungsparameter bei 65% Nennlast (Normalbetrieb)

In Tabelle 5 sind die Berechnungsparameter zusammengefasst, die der Berechnung der elektrischen und magnetischen Felder bei 65% Nennlast zu Grunde liegen. Die Geometrie der Maste, die Spannfeldlängen sowie die Lage der tangierten Gebäude sind den Anlagen der Planfeststellungsunterlagen Nrn. 7.1 (Lagepläne) und 8.1 (Längenprofile) zu entnehmen.

Entsprechend den Berechnungsparametern (Tabelle 5) wurden die elektrischen und magnetischen Felder mit Hilfe des Programms WinField [1] jeweils für ein Musterspannfeld je Leitungskonfiguration berechnet. In Tabelle 6 werden die Ergebnisse dargestellt.

	Immissionsbericht Anlage 16.1	Org.einheit: LPG-SB Name: Dirk Daßler Datum: 17.04.2020 Telefon: 0921-50740-4987 Projekt-Nr.: NB.12.012
	380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –) Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)	

Tabelle 5: Berechnungsparameter der geplanten 380-kV-Leitung bei 65% Nennlast (Normalbetrieb)

	Mast Nr. 9 - 17	Mast Nr. 17 - 43	Mast Nr. 43 - UW
Nennspannung U_n	380 kV	380 kV	380 kV 110 kV
höchste Betriebsspannung U_s	420 kV	420 kV	420 kV 123 kV
Strom im Regelbetrieb (Nennstrom 110 kV)	2600 A	2600 A	2600 A 2096 A
Mastart	Donau-Einebene Doppeltonne	Donau	Donau-Einebene
Leiterseil	4x3x4 565-AL1/72-ST1A	2x3x4 565-AL1/72-ST1A	2x3x4 565-AL1/72-ST1A 2x32H 386-AL/34-ST1A
ESLK	2x 265/35	2x265/35	2x265/35 1x120/70

4.2.2 Ergebnisse

Die Werte des magnetischen Feldes bei 2.600 A Betriebsstrom sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Die Werte beziehen sich jeweils auf die im Spannungsfeld ermittelten Höchstwerte (direkt unter der Leitung in Spannungsfeldmitte 1 m über Boden). Erwartungsgemäß sind im Normalbetrieb das magnetische Feld beträchtlich und das elektrische Feld geringfügig kleiner gegenüber der maximalen Anlagenauslastung.

Tabelle 6: Ergebnisse für elektrische und magnetische Felder bei 65% Nennlast (Normalbetrieb)

Spannungsfeld zw. Mast Nr.	Masttyp	Stromkreise	B-Feld (μT)	E-Feld (kV/m)
16 – 17	Doppeltonne	4 x 380 kV	15,8 14,9	2,5 2,6
40 – 41	Donau	2 x 380 kV	6,5 6,1	0,9 0,8
44 – 45	Donau-Einebene	2 x 380 kV 2 x 110 kV	9,4 12,0	0,4 0,6

4.3 Nachweis der Immissionen im Wohnumfeld nahen Bereich bei Maximallast der Leistung

4.3.1 Allgemein

Die 380-kV-Leitung (St. Peter –) Landesgrenze – Simbach führt im überwiegenden über landwirtschaftliche als auch forstwirtschaftliche Flächen. Sie tangiert in Teilbereichen Gebiete mit Wohn- und Landwirtschaftsgebäuden.

380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart – Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153))

Nach den Hinweisen zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder des Länderausschusses für Immissionsschutz [3] sind für 380-kV-Freileitungen in einem angrenzenden Streifen von 20 m zum äußeren, ruhenden Leiter die elektrischen und magnetischen Felder zu ermitteln und den vorgegebenen Grenzwerten der 26. BImSchV [2] gegenüberzustellen.

Um den Einsatz von hohen Maschinen durch die Landwirtschaft nicht einzuschränken entschied die Vorhabensträgerin den Mindestabstand zwischen den Leiterseilen und dem Erdboden (EOK) gegenüber dem in der Norm DIN EN 50341 [5], [6] geforderten Abstandswert von 7,80 m auf 15,0 m zu erhöhen. Die Leitungsparameter der neuen 380-kV-Leitung sind der Tabelle 5 zu entnehmen.

Die Berechnungen wurden bei Gebäuden in 1 m Höhe (Erdgeschoss) und 4 m Höhe (erster Stock) über Erdoberkante (EOK) ermittelt. Bei Flurstücken ohne Gebäude wurden die Berechnungen in 1 m Höhe über EOK ermittelt.

4.3.2 Berechnungsparameter

Tabelle 7: Berechnungsparameter für die geplante 380-kV-Leitung

	Mast Nr. 9 - 17	Mast Nr. 17 - 43	Mast Nr. 43 - UW
Nennspannung U_n	380 kV	380 kV	380 kV 110 kV
höchste Betriebs- spannung U_s	420 kV	420 kV	420 kV 123 kV
Nennstrom	4000 A	4000 A	4000 A 2096 A
Mastart	Donau-Einebene Doppeltonne Doppeleinebene	Donau	Donau-Einebene
Leitenseil	4x3x4 565-AL1/72-ST1A	2x3x4 565-AL1/72-ST1A	2x3x4 565-AL1/72-ST1A
ESLK	2x 265/35	2x 265/35	2x 265/35 1 x 120/70

Die Geometrie der Maste, die Spannfeldlängen, die Seildurchhänge sowie die Lage der tangierten Gebäude sind den Anlagen der Planfeststellungsunterlagen Nr. 7.1 (Lagepläne), 8.1 (Längenprofile) zu entnehmen.

4.3.3 Berechnungen

Entsprechend der Anforderungen der 26. BImSchV [2] wurden die elektrischen Felder und die Geräuschimmissionen mit der höchsten Spannung für Betriebsmittel $U_m = 420$ kV ermittelt.

	Immissionsbericht Anlage 16.1	Org.einheit: LPG-SB Name: Dirk Daßler Datum: 17.04.2020 Telefon: 0921-50740-4987 Projekt-Nr.: NB.12.012
380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –) Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)		

Tabelle 6: Berechnungsparameter der geplanten 380-kV-Leitung bei 100% Nennlast (Endausbau)

Spannfeld zw. Mast Nr.	Masttyp	Stromkreise	B-Feld (μT)	E-Feld kV/m
16 – 17	Doppeltonne	4 x 380 kV	23,97 22,9	2,5 2,6
40 – 41	Donau	2 x 380 kV	9,8 9,5	0,9 0,8
44 – 45	Donau-Einebene	2 x 380 kV 2 x 110 kV	14,4 14,8	0,65 0,8

TenneT wird auch bei maximaler Anlagenauslastung die Grenzwerte der 26. BImSchV einhalten.

5 Minimierungsmaßnahmen gemäß der 26. BImSchVVwV

Grundsätzlich ist bei der Planung von Leitungen darauf zu achten, dass die entstehenden Emissionen minimiert werden. Dies wird bei der 380-kV-Freileitung Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn durch mehrere Maßnahmen erreicht.

Maßnahmen gemäß Abschnitt 5.3.1 der 26. BImSchVVwV

5.1 Abstandsoptimierung

Ziel der Maßnahme ist es, die Distanz der Leiterseile zu maßgeblichen Minimierungsorten zu vergrößern.

Umsetzung

Der geforderte Mindestabstand zwischen den Leiterseilen und dem Erdboden (EOK) gemäß DIN EN 50341 [5], [6] von 7,80 m wurde auf 15,0 m erhöht.

Das Minimierungsgebot wurde bei der Festlegung des Trassenverlaufs, insbesondere bei der Festlegung der Siedlungsabstände berücksichtigt. Im Vergleich zur Bestandstrasse wird der Abstand zu Siedlungen vergrößert.

5.2 Elektrische Schirmung

Elektrisch leitfähige Schirmflächen oder –leiter werden vorzugsweise zwischen den spannungsführenden Leitungsteilen und einem maßgeblichen Minimierungsort als Bestandteil der Anlage eingefügt; hierzu zählt auch das Mitführen von Erdleiterseilen.

	Immissionsbericht Anlage 16.1	Org.einheit: LPG-SB Name: Dirk Daßler Datum: 17.04.2020 Telefon: 0921-50740-4987 Projekt-Nr.: NB.12.012
380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –) Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)		

Umsetzung

Erdseile haben nur Abschirmwirkung bei Anbringung unterhalb oder seitlich der Leitungssysteme. Die Realisierung der Maßnahme erfordert in der Regel die Anbringung einer zusätzlichen Traverse, die zu einer Erhöhung der Masten führen würde mit den nachteiligen Auswirkungen auf andere Schutzgüter wie zum Beispiel Natur- Vogel oder Landschaftsschutz, Eingriff in den Boden (Fundament Verstärkung).

Aufgrund der geringen Wirksamkeit und dem geringen Minimierungspotenzial wird die Maßnahme für die geplante Trasse als unverhältnismäßig im Sinne von Kapitel 3.1 der 26. BImSchVVwV bewertet.

Die Schirmfunktion der Anlage wird durch die mitführenden Erdseile gewährleistet.

5.3 Minimieren der Seilabstände

Bei dieser Maßnahme sollen die Abstände zwischen Leiterseilen minimiert werden; hierzu gehört auch die Minimierung der Seilabstände innerhalb eines Stromkreises und zu anderen Stromkreisen.

Umsetzung

Luftstrecken können bei der 380-kV Spannungsebene Geräuschimmissionen durch Korona Effekte fördern und besondere Maßnahmen bei der Wartung und Verfügbarkeit der Anlage erfordern. Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass gemäß DIN EN 50341 die Mindestisolerluftstrecken zwischen den Seilen, zwischen Leiterseilen und dem Mast sowie anderen geredeten Anlagenteilen oder zum Boden einzuhalten sind.

Die Seilabstände wurden an manchen Stellen mit dem notwendigen Maß geändert, um die betriebliche Anforderungen (Betriebssicherheit und Arbeitsschutz) zu gewährleisten. Für die geplante 380-kV-Freileitung sind die Gestängetypen „Donau“, „Donau-Einebene“ und „Doppeltonne“ eingesetzt, die schon bei der Entwicklung bereits in Hinblick auf Mindestabstände optimiert wurden.

5.4 Optimieren der Mastkopfgeometrie

Die wesentlichen Unterschiede der verschiedenen Masttypen bestehen in den geometrischen Anordnungsmöglichkeiten der Leiterseile.

Umsetzung

Die Masttypen und die Mastgeometrie in den jeweiligen Abschnitten wurden abhängig von den betriebstechnischen Aufgaben und unter Berücksichtigung der Schutzgüter gewählt. Bei der geplanten Freileitung wird überwiegend die Donauanordnung eingesetzt, die deutliche Vorteile hinsichtlich der elektrischen Symmetrie und dem Verhältnis Masthöhe und Trassenbreite bietet.

	Immissionsbericht Anlage 16.1	Org.einheit: LPG-SB Name: Dirk Daßler Datum: 17.04.2020 Telefon: 0921-50740-4987 Projekt-Nr.: NB.12.012
380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart –) Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153)		

5.5 Optimieren der Leiteranordnung

Bei einer vorgegebenen geometrischen Seilanordnung sollten die Anschlussreihenfolgen der Phasen des Drehstromleiters an die Seile so gewählt werden, dass sich die von den einzelnen Leiterseilen ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.

Umsetzung

Die Phasenlage der Freileitung wird von der Phasenlage im Umspannwerk bestimmt.

Die Auswahl der Leiter und deren geometrische Anordnung trägt zu einer bestmöglichen Kompensierung der ausgehenden magnetischen und elektrischen Felder bei.

6 Ergebnisse

Gemäß 26. BImSchVVwV wurden die Berechnungen für die relevanten Immissionsorte sowohl in dem Bewertungsabstand (20m von ruhenden Leiterseil) als auch an repräsentativen Bezugspunkten im Einwirkungsbereich (400 m von ruhenden Leiterseil) durchgeführt.

In der Anlage 16.1.5 sind in tabellarischer Form, geordnet nach Abspannabschnitten, die zu erwartenden Werte der elektrischen und magnetischen Felder für die untersuchten Minimierungsorte (Gebäude) im Bewertungsabstand aufgelistet.

Die zu erwartenden Werte der magnetischen Flussdichte und elektrischen Feldstärke an repräsentativen Bezugspunkten im Einwirkungsbereich sind aus der Anlage 16.1.5.1 zu entnehmen.

Es ist festzustellen, dass entlang des gesamten Leitungsverlaufes im Bereich von Häusern und Grundstücken die nicht nur dem vorübergehenden Aufenthalt von Menschen gem. 26. BImSchV zuzuordnen sind, die zu erwartenden magnetischen und elektrischen Felder unterhalb der vom Gesetzgeber festgelegten Grenzwerte liegen.

Im gesamten Verlauf der Leitung liegen im Bereich von Wohnhäusern die zu erwartenden Geräuschimmissionen durch Korona Geräusche bei Regenwetter unterhalb von 40 dB(A). Damit werden die Immissionsrichtwerte für allgemeine Wohngebiete in der Nacht gemäß TA Lärm eingehalten. Die Ergebnisse werden in einem separaten Gutachten durch den TÜV Süd in Anlage 16.2 dargestellt.

5 Glossar und Quellennachweis

A	Ampere (Einheit für elektrischen Strom)A/m
A/m	Ampere pro Meter (Einheit für magnetische Feldstärke)
BAB	Bundesautobahn
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
dB(A)	Dezibel A-bewertet (Geräuschpegel)
TenneT	TenneT TSO GmbH
ES	Erdseil
ESLK	Erdseil /Luftkabel
FfE	Forschungsstelle für Elektropathologie
Hz	Hertz (Einheit für die Frequenz, d.h. Schwingungen pro Sekunde)
IARC	International Agency for Research on Cancer
ICNIRP	Internationale Strahlenschutzkommission für nichtionisierende Strahlung
kV	Kilovolt (1.000 V)
kV/m	Kilovolt pro Meter (1.000 V/m, Einheit für elektrische Feldstärke)
LAI	Länderarbeitsgemeinschaft Immissionsschutz
MVA	Megavoltampere (1.000.000 VA, Blind- oder Scheinleistung)
MW	Megawatt (1.000.000 W, Wirkleistung)
TM	Tragmast
TA Lärm	Technische Anleitung Lärm
UW	Umspannwerk
V	Volt (elektrische Spannung)
WA	Winkelabspannmast
WE	Winkelendmast
WHO	Weltgesundheitsorganisation
µT	Microtesla (0,000001 T, Einheit für magnetische Flussdichte)

	Immissionsbericht Anlage 16.1	Org.einheit: LPG-SB Name: Dirk Daßler Datum: 17.04.2020 Telefon: 0921-50740-4987 Projekt-Nr.: NB.12.012
380-kV-Freileitung (Umspannwerk St. Peter am Hart – Landesgrenze bis Umspannwerk Simbach am Inn (B153))		

6 Literatur

- [1] Rechenprogramm WinField, Version 2012, der Firma Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie (FGEU), Berlin,
- [2] 26. BImSchV - Verordnung über elektromagnetische Felder v. 16. Dezember 1996
- [3] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. Bundes-Immissionsschutzverordnung) in der überarbeiteten Fassung gemäß Beschluss des Länderausschusses für Immissionsschutz, 107. Sitzung, 15. bis 17. März 2004
- [4] Technische Anweisung zum Schutz gegen Lärm; Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (TA Lärm) v. 26. August 1998
- [5] DIN EN 50341-1, April 2010: Freileitungen über AC 45 kV, Teil 1: Allgemeine Anforderungen - Gemeinsame Festlegungen
- [6] DIN EN 50341-3-4, Januar 2011: Freileitungen über AC 45 kV, Teil 3: nationale normative Festlegungen (NNA)
- [7] DIN EN 62311, September 2008: Bewertung von elektrischen und elektronischen Einrichtungen in Bezug auf Begrenzungen der Exposition von Personen in elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz)
- [8] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchVVvV (26. BImSchVVvV) vom Februar 2016