



**Immissionsbericht
110-kV-Freileitungen**

Name: Fedder
Datum: 12.06.2019
Seite: 1 von 19

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	2
1.1	Veranlassung	2
1.2	Leitungseigentümer / -betreiber	2
2	Aufgabenstellung	2
2.1	Allgemein.....	2
2.2	Vorhabenbeschreibung	3
3	Grenz- und Richtwerte der Immissionen	4
3.1	Allgemein.....	4
3.2	Elektrische und magnetische Felder	4
3.3	Koronageräusche	7
4	Berechnung der Immissionen	8
4.1	Allgemein.....	8
4.2	Berechnungsparameter	8
4.3	Berechnung	9
4.4	Ergebnisse	10
5	Minimierungsgebot	12
5.1	Vorprüfung:.....	12
5.2	Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen:	12
5.3	Maßnahmenbewertung:	14
6	Zusammenfassung.....	15
7	Abkürzungen / Einheiten	17
8	Anhang	18
9	Literatur.....	19

Vorhaben: ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Planfeststellungsabschnitt 4, Bau-km 150.752 - Bau-km 157.054	Unterlage 7.8.11.1.1  Name: Fedder Datum: 12.06.2019 Seite: 2 von 19
Immissionsbericht 110-kV-Freileitungen	

1 Allgemeines

1.1 Veranlassung

Die DB Netz AG plant die Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um den Aus- und den Neubau von Abschnitten der Eisenbahnstrecke 1100 der DB Netz AG von Lübeck Hauptbahnhof nach Puttgarden. Der geplante Trassenverlauf wird in mehrere Planfeststellungsabschnitte unterteilt. Die Abstände zu der 110-kV-Freileitung Göhl – Lütjenburg (LH-13-137) der Schleswig-Holstein Netz AG zu der geplanten Bahnanlage reichen für den späteren Betrieb der Freileitung nicht aus. Zur Herstellung ausreichender Abstände soll ein Ersatzneubau in parallel versetzter Trassenführung zur Bestandsleitung stattfinden. Im Weiteren wird auch die 110-kV-Freileitung Göhl – Lütjenbrode (LH-13-128) von der geplanten Schienenanbindung unterkreuzt. Hier sind die vorhandenen Abstände aber ausreichend, so dass keine Arbeiten an den Seilen der Freileitung vorgenommen werden.

1.2 Leitungseigentümer / -betreiber

Die Schleswig-Holstein Netz AG mit Hauptsitz in Quickborn betreibt in weiten Teilen Schleswig-Holsteins das Verteilnetz in der Hochspannungsebene. Es ist die Brücke zwischen dem europäischen Stromtransportnetz und den Netzen der regionalen Energieversorger. Das 110.000-Volt-Hochspannungsnetz reicht von der dänischen Grenze bis zur Elbe und dem Randgebiet der Stadt Hamburg und verfügt über eine Länge von ca. 2.600 km. Die engmaschigen Leitungen sind mit Bundesstraßen vergleichbar und versorgen im Netzgebiet sowohl Endkunden (Einspeiser, Verbraucher) als auch viele große und kleinere Industrieunternehmen. Diese können sich darauf verlassen, jederzeit – unmittelbar oder mittelbar aus dem Netz von Weiterverteilern sowie dem Mittel- und Niederspannungsnetz der Schleswig-Holstein Netz AG – mit Strom beliefert zu werden.

2 Aufgabenstellung

2.1 Allgemein

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens, sind die mit der Maßnahme verbundenen Immissionen darzustellen und hinsichtlich der Einhaltung vorgeschriebener Richtwerte zu beurteilen. Hierbei handelt es sich im Einzelnen um:

- elektrische Feldstärken
- magnetische Flussdichten
- Koronageräusche (Schallpegel)

Vorhaben: ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Planfeststellungsabschnitt 4, Bau-km 150.752 - Bau-km 157.054	Unterlage 7.8.11.1.1  Name: Fedder Datum: 12.06.2019 Seite: 3 von 19
Immissionsbericht 110-kV-Freileitungen	

Mit Hilfe des zertifizierten Rechenprogramms WinField [1] (Anhang 1) werden die zu erwartenden elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten sowie die zu erwartenden Koronageräusche ermittelt und anschließend bewertet.

2.2 Vorhabenbeschreibung

Die 110-kV-Freileitung

Göhl – Lütjenburg (LH-13-137)

wird von dem geplanten Streckenneubau mit Elektrifizierung der DB Netz AG im Bau-km 151,760 unterkreuzt. Die vorhandenen Abstände im künftigen Kreuzungsbereich reichen für den späteren Betrieb der Freileitung nicht aus. Zur Herstellung ausreichender Abstände sind die benachbarten Kreuzungsmaste vor Beginn des Streckenneubaus durch höhere Maste zu ersetzen. Der Ersatzneubau findet in parallel versetzter Trassenführung zur Bestandsleitung statt. Da durch den Ersatzneubau des Mastes Nr. 10 eine weitere kritische Infrastruktur betroffen ist (BAB A1 im Leitungsfeld Mast Nr. 10 – 11), wird in diesem Zuge auch der Mast Nr. 11 ersetzt. Die Einbindung in die bestehende Leitungsachse erfolgt am bisherigen Tragmast Nr. 12, welcher gegen ein Abspannmast ausgetauscht wird. Die zu ersetzenden Maste sind:

LH-13-137, Mast Nr. 9

LH-13-137, Mast Nr. 10

LH-13-137, Mast Nr. 11

LH-13-137, Mast Nr. 12

Da die Stromversorgung während der Umbauzeiten weiterhin aufrechterhalten werden muss, wird bei Mast Nr. 12 temporär die Stromführung über eine provisorische Freileitung hergestellt. Hierzu werden die Seile in den benachbarten Leitungsfeldern mittels eines Provisoriumgestänges aufgenommen und um den Baubereich des Mastes herumgeführt.

Die bestehende 110-kV-Leitung überspannt im Umbaubereich Gebäude, in denen sich Personen nicht nur zum vorübergehenden Aufenthalt befinden. Dies beinhalten Büro- und Fertigungsräume. Durch den parallel versetzten Ersatzneubau werden somit ebenfalls Gebäude mit dieser Nutzung überspannt.

Vorhaben: ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Planfeststellungsabschnitt 4, Bau-km 150.752 - Bau-km 157.054	Unterlage 7.8.11.1.1  Name: Fedder Datum: 12.06.2019 Seite: 4 von 19
Immissionsbericht 110-kV-Freileitungen	

3 Grenz- und Richtwerte der Immissionen

3.1 Allgemein

Für das Genehmigungsverfahren sind die mit der Maßnahme verbundenen Immissionen darzustellen und hinsichtlich der Einhaltung vorgeschriebener Grenzwerte und Richtwerte zu beurteilen. Hierbei handelt es sich um elektrische und magnetische Felder sowie um Koronageräusche, die von der zu untersuchenden 110-kV-Leitung erzeugt werden können.

3.2 Elektrische und magnetische Felder

Im Bereich von Freileitungen treten auf Grund der unter Spannung stehenden und Strom führenden Leiterseile elektrische und magnetische Felder auf. Es handelt sich um Wechselfelder mit einer Frequenz von 50 Hertz (Hz). Diese Frequenz gehört zum so genannten Niederfrequenzbereich.

Ursache des elektrischen Feldes ist die Spannung. Die Einheit der elektrischen Feldstärke wird in V/m oder kV/m angegeben. Der Betrag hängt ab von der Höhe der Spannung, der Anzahl und Abmessung sowie von der geometrischen Anordnung und Abstände der Phasen- und Erdseile am Mast, zum Boden und zu geerdeten Bauteilen. Da Netze mit annähernd konstanter Spannung betrieben werden, ergibt sich hierdurch kaum eine Variation der elektrischen Feldstärke. Die elektrische Feldstärke verändert sich lediglich geringfügig durch die mit der vom Leiterstrom abhängenden Leiterseiltemperatur und dem daraus resultierenden variierenden Seildurchhang und Bodenabstand.

Ursache für das magnetische Feld ist der elektrische Strom. Die Einheit der magnetischen Feldstärke wird in A/m angegeben. Bei niederfrequenten Feldern wird als zu bewertende Größe die magnetische Flussdichte herangezogen. Die magnetische Feldstärke ist mit der Konstante μ_0 und der materialspezifischen Konstante μ_r , über den Faktor $\mu_0 \cdot \mu_r$ mit der magnetischen Flussdichte verknüpft (bei Luft ist die $\mu_r = 1$). 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. Da die Stromstärke stark von der Netzbelastung abhängt, ergeben sich tages- und jahreszeitliche Schwankungen der magnetischen Flussdichte. Die Berechnungen wurden mit der maximalen Übertragungskapazität (inkl. Monitoring) der jeweiligen Leitung durchgeführt. Wie auch beim elektrischen Feld hängt die magnetische Flussdichte ab von der Ausführung und der räumlichen Anordnung der Leiter- und Erdseile am Mast, den Abständen zum Boden sowie der Anzahl der Erdseile. Die Flussdichte verändert sich ferner durch die vom Leiterstrom abhängigen Leiterseiltemperatur und dem daraus resultierenden variierenden Leiterseildurchhang und Bodenabstand.

Vorhaben: ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Planfeststellungsabschnitt 4, Bau-km 150.752 - Bau-km 157.054	Unterlage 7.8.11.1.1  Name: Fedder Datum: 12.06.2019 Seite: 5 von 19
Immissionsbericht 110-kV-Freileitungen	

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

Elektrische Felder können durch elektrisch leitfähige Materialien, z.B. durch bauliche Strukturen oder Bewuchs, gut abgeschirmt werden. Magnetfelder hingegen können anorganische und organische Stoffe nahezu ungestört durchdringen.

Für elektrische Anlagen mit Nennspannungen größer 1 kV gilt die 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetz (26. BImSchV) [2]. Dort sind zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen auf Personen, die sich in Gebäude oder auf Grundstücke nicht nur vorübergehend aufhalten, folgende Immissionsgrenzwerte für Freileitungen mit einer Frequenz von 50 Hz festgelegt:

- Elektrische Feldstärke 5 kV/m
- Magnetische Flussdichte 100 μ T¹

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. Welche Möglichkeiten dies im Einzelnen sind, wird seit dem 26.02.2016 über eine Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder 26. BImSchV (26. BImSchVVwV) [3] konkretisiert.

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 wird die zu untersuchende Leitung jedoch aus wirtschaftlichen Gründen nicht mit der zugrunde gelegten Nennlast betrieben, sondern im Normalfall mit der Regellast, welche in etwa 60% der Nennlast entspricht. Dementsprechend geringer sind auch die regelmäßig zu erwartenden auftretenden Magnetfelder. In einigen EU-Ländern werden andere

¹ Gemäß §3 der 26. BImSchV dürfen Niederfrequenzanlagen mit einer Frequenz von 50Hz die Hälfte des im Anhang 1a aufgeführten Grenzwertes (200 μ T) nicht überschreiten.

Vorhaben: ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Planfeststellungsabschnitt 4, Bau-km 150.752 - Bau-km 157.054	Unterlage 7.8.11.1.1 
Immissionsbericht 110-kV-Freileitungen	Name: Fedder Datum: 12.06.2019 Seite: 6 von 19

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 wurden Hinweise zur Durchführung der 26. BImSchV festgelegt [4]. 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 in [4]) 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

Die elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten werden in einer Höhe von 1 m über Erdoberkante (EOK) ermittelt.

Vorhaben: ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Planfeststellungsabschnitt 4, Bau-km 150.752 - Bau-km 157.054	Unterlage 7.8.11.1.1 
Immissionsbericht 110-kV-Freileitungen	Name: Fedder Datum: 12.06.2019 Seite: 7 von 19

3.3 Koronageräusche

Während des Betriebes von Freileitungen kann es bei ungünstigen Wetterbedingungen, wie z. B. sehr feuchter Witterung (Regen oder hohe Luftfeuchte durch Nebel) zu Korona-Entladungen an der Oberfläche der Leiterseile kommen. Dabei können, zeitlich begrenzt, Geräusche verursacht werden. Der Schallpegel hängt neben den Witterungsbedingungen im Wesentlichen von der elektrischen Feldstärke auf der Oberfläche (= Randfeldstärke) der Leiterseile ab. Die Randfeldstärke wird beeinflusst durch die Höhe der Spannung, Anzahl der Leiterseile je Phasen, Leiterseildurchmesser sowie durch die geometrischen Abstände der Leiterseile und Erdseile untereinander sowie zu geerdeten Bauteilen und zum Boden.

Gemäß TA Lärm [5] betragen die Immissionsrichtwerte außerhalb von Gebäuden nachts:

- Industriegebiete 70 dB(A) *(keine Unterscheidung der Tageszeit)*
- Gewerbegebiet 50 dB(A)
- Kern-, Dorf- und Mischgebiete 45 dB(A)
- allgemeine Wohngebiete 40 dB(A)
- reine Wohn- und Kurgebiete 35 dB(A)

Für Wohngebäude im Außenbereich gelten grundsätzlich die Werte für Mischgebiete von 45 dB(A).

4 Berechnung der Immissionen

4.1 Allgemein

Mittels des Rechenprogramms WinField, [1], der Firma Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie (FGEU), Berlin, wurden die zu erwartenden

- elektrischen Feldstärken
- magnetischen Flussdichten
- Koronageräusche

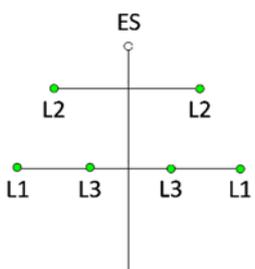
ermittelt.

Für die zu untersuchende 110-kV-Freileitung wurden Berechnungen der elektrischen und magnetischen Felder sowie der Koronageräusche durchgeführt. Hierzu wurden die in der Tabelle 1 aufgeführten Randbedingungen entsprechend der 26. BImSchV [2] berücksichtigt.

4.2 Berechnungsparameter

In Tabelle 1 sind die zu Grunde gelegten Berechnungsparameter aufgeführt. Die Geometrie der Maste und die Spannfeldlängen sind den Profilplänen (Unterlage 7.8.5) zu entnehmen.

Tabelle 1: Berechnungsparameter

Leitung	höchste Spannung für Betriebsmittel U_m [kV]	Nennstrom (höchste betriebliche Anlagenauslastung) I_{Nenn} [A]	Beseilung	Leiteranordnung
LH-13-137	123	875	2x3x1 Al/St 185/30 (Bestandsfelder) 2x3x1 565-AL1/72-ST1A (Neubaufeld)	

**Immissionsbericht
 110-kV-Freileitungen**

Leitungsprovisorium	123	875	2x3x1 Al/St 185/30	
---------------------	-----	-----	-----------------------	--

4.3 Berechnung

Mit den zugrunde gelegten Berechnungsparametern aus Tabelle 1 wurde ein Berechnungsmodell in der Software Winfield [1] erstellt. Das Berechnungsmodell bildet die Situation der zu untersuchenden 110-kV-Freileitung ab und ermittelt die resultierenden Werte der elektrischen Feldstärke, magnetischen Flussdichte sowie der Koronageräusche. Die Werte werden jeweils in 1 m über EOK ermittelt und ausgegeben. In den Sonderlageplänen Immissionen (Unterlage 7.8.11.1.X) sind die elektromagnetischen Felder als Isolinien dargestellt. Im Umbaubereich der Leitung befinden sich Büros und Fertigungsräume. Für diese Gebäude wurden die Werte zusätzlich in 6 m über EOK ermittelt, da die Räumlichkeiten teils zweigeschossig sind. Die ermittelten Werte sind in den Sonderlageplänen Immissionen angegeben und die Maximalwerte in Tabelle 2 aufgeführt.

Zur Aufrechterhaltung der Stromversorgung während der Bauzeit an Mast Nr. 12 wird der Stromfluss über ein Leitungsprovisorium geführt. Da das verwendete Provisoriumsgestänge erst durch die noch zu bindende Baufirma festgelegt wird, kann derzeit keine konkrete Berechnung der Felder durchgeführt werden. Die Schleswig-Holstein Netz GmbH besitzt eine eigenes Provisoriumsgestänge, auch Notgestänge genannt. Mit den in Tabelle 1 angegebenen Nennströmen und dem Notgestänge wurden bei Einhaltung der Mindestbodenabstände das elektrische und magnetische Feld sowie die Koronageräusche berechnet. Die berechneten Werte werden im Querschnitt in Abbildung 1 dargestellt.

Vorhaben: ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Planfeststellungsabschnitt 4, Bau-km 150.752 - Bau-km 157.054	Unterlage 7.8.11.1.1  Name: Fedder Datum: 12.06.2019 Seite: 10 von 19
Immissionsbericht 110-kV-Freileitungen	

4.4 Ergebnisse

Tabelle 2: Maximalwerte der zu erwartenden Immissionen der 110-kV-Leitung LH-13-137 im Umbaubereich

	max. Wert		
	Im Feld 1m über EOK (Bestandsfelder)	im Feld 1m über EOK (Neubaufelder)	an Gebäuden 6m über EOK (9N-10N, Neubaufeld)
elektr. Feldstärke	1,8 kV/m	0,68 kV/m	0,52 kV/m
magn. Flussdichte	17 µT	6,02 µT	5,96 µT
Koronageräusche	25 dB(A)	< 10 dB(A)	< 10 dB(A)

Wie in Tabelle 2 ersichtlich, werden die Grenzwert der 26. BImSchV von 5 kV/m für die elektrische Feldstärke und 100 µT für die magnetische Flussdichte deutlich unterschritten. Die berechneten Koronageräusche liegen nicht nur deutlich unter dem Richtwert der TA-Lärm [5] von 70 dB(A) für das Gewerbegebiet bzw. 45 dB(A) für Gebäude im Außenbereich, sondern auch unterhalb der nächtlichen Richtwerte für reine Wohn- und Kurgebiete.

Für die temporäre Stromführung über ein Leitungsprovisorium liegen die berechneten Werte ebenfalls deutlich unter den Grenzwerten der 26. BImSchV (siehe Abbildung 1 und 2). Da beim Provisorium die Leiterseile vom gleichen Typ sind wie bei der Bestandsleitung, ergeben sich hier ähnlich niedrige Werte für den Schalldruckpegel, wie bei der Bestandsleitung. Somit liegen auch diese Werte weit unterhalb der Richtwerte nach TA-Lärm.

Immissionsbericht 110-kV-Freileitungen

Name: Fedder
Datum: 12.06.2019
Seite: 11 von 19

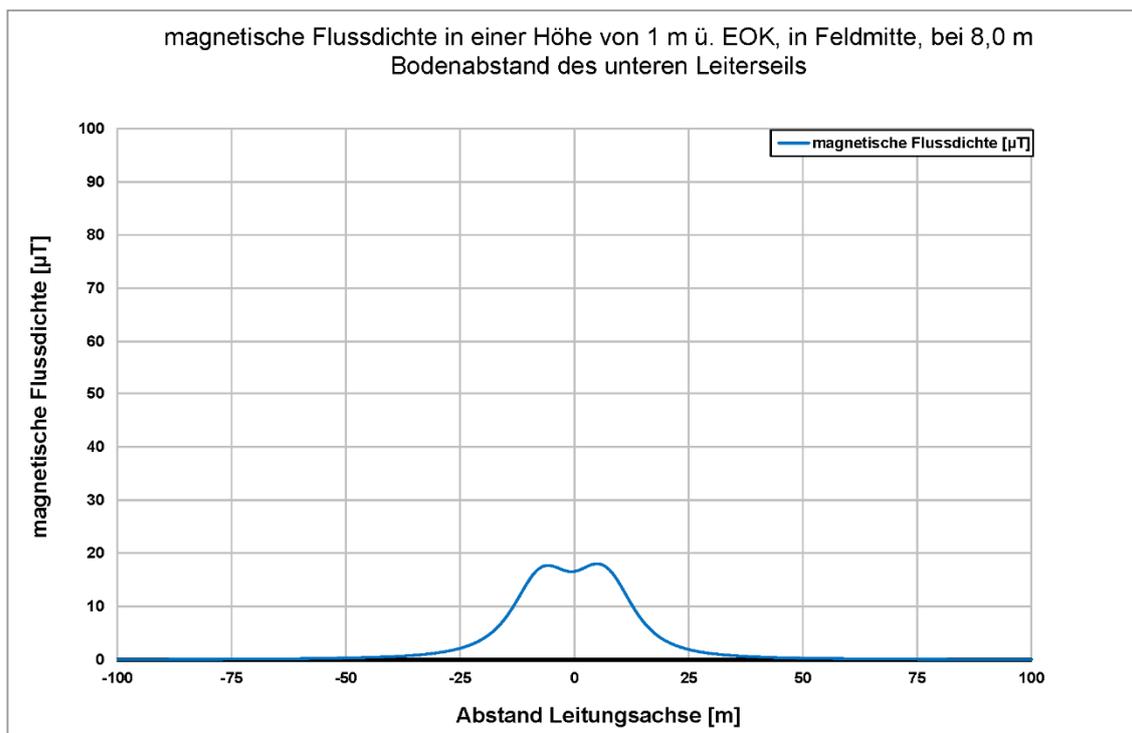


Abbildung 1: magnetische Flussdichte Provisorium

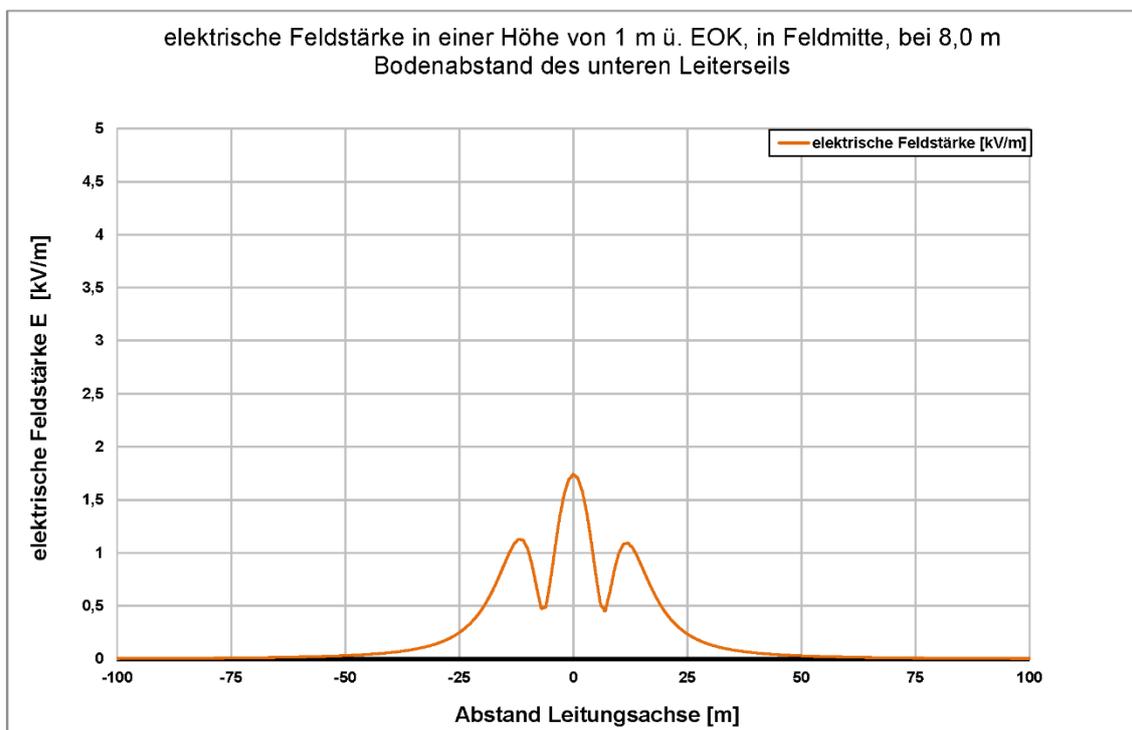


Abbildung 2: elektrische Feldstärke Provisorium



**Immissionsbericht
110-kV-Freileitungen**

5 Minimierungsgebot

Wie bereits unter Punkt 3.2 beschrieben werden nach § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV Anforderungen zur Vorsorge geregelt. Im speziellen geht es in diesem Absatz um die Möglichkeiten elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder nach dem Stand der Technik zu minimieren. Näheres regelt die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder 26. BImSchV (26. BImSchVVwV) [3].

Die 26. BImSchVVwV sieht für die Umsetzung des Minimierungsgebotes drei Teilschritte vor: eine Vorprüfung, eine Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen und Bewertung der Maßnahmen.

5.1 Vorprüfung:

Im Zuge der Vorprüfung wird der Einwirkungsbereich der neu zu errichtenden Niederfrequenzanlage auf maßgebliche Immissionsorte überprüft. Der Einwirkungsbereich, im Sinne der 26. BImSchVVwV, beträgt, für Freileitungen mit einer Nennspannung von ≥ 110 kV bis < 220 kV, 200 m. Dieser Abstand wird jeweils gemessen von der Bodenprojektion des äußeren ruhenden Leiterseils. Der Einwirkungsbereich ist im Sonderlageplan Immissionen (Unterlage 7.8.11.1.X) dargestellt. Im Bereich des Ersatzneubaus befinden sich maßgebliche Immissionsorte.

5.2 Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen:

Die Minimierungsprüfung ist abhängig von der Lage der maßgeblichen Minimierungsorte in Bezug auf den Bewertungsabstand. Für Freileitungen mit einer Nennspannung von ≥ 110 kV bis < 220 kV beträgt dieser Bewertungsabstand 10 m, welcher wiederum ausgehend von der Bodenprojektion des äußeren ruhenden Leiterseils anzusetzen ist. Der Bewertungsabstand ist im Sonderlageplan Immissionen (Unterlage 7.8.11.1.X) dargestellt. Liegt mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort innerhalb dieses Bewertungsabstands, ist eine individuelle Minimierungsprüfung durchzuführen. Im Leitungsbereich Mast Nr. 9N – 11N befinden sich drei maßgebliche Minimierungsorte innerhalb des Bewertungsabstandes.

Für maßgebliche Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstandes wird eine Prüfung der Minimierung an gewählten Bezugspunkten durchgeführt. Die Bezugspunkte werden für die maßgeblichen Minimierungsorte ermittelt. Bei einer Vielzahl von maßgeblichen Minimierungsorten, können auch mehrere zu einem repräsentativen Bezugspunkt zusammengefasst werden. Der jeweilige Bezugspunkt stellt den Schnittpunkt der kürzesten Geraden zwischen maßgeblichem Minimierungsort und Trassenachse sowie der Grenze des Bewertungsabstandes dar. Im Leitungsbereich Mast Nr.

Vorhaben: ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Planfeststellungsabschnitt 4, Bau-km 150.752 - Bau-km 157.054	Unterlage 7.8.11.1.1 
Immissionsbericht 110-kV-Freileitungen	Name: Fedder Datum: 12.06.2019 Seite: 13 von 19

9N – 11N befinden sich auch maßgebliche Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstandes aber innerhalb des Einwirkungsbereiches nach 26. BImSchVVwV. Eine Darstellung der jeweiligen Minimierungsorte bzw. der Bezugspunkte erfolgt im Sonderlageplan Immissionen (Unterlage 7.8.11.1.X).

Im Folgenden werden allgemein die technischen Möglichkeiten zur Minimierung beschrieben und die Umsetzung im geplanten Ersatzneubau erläutert:

5.2.1 Abstandsoptimierung

Das Ziel besteht darin die Distanz zwischen den Leiterseilen und der maßgeblichen Minimierungsorte zu vergrößern. Dies kann je nach Lage des Minimierungsortes durch eine Verschiebung der Leitungsachse, oder durch die Erhöhung der Maste erreicht werden.

Da es sich um einen kleinräumigen Ersatzneubau handelt, ist eine freie Trassenfindung nicht möglich. Die Achse des Ersatzneubaus stellt die geringstmögliche Änderung gegenüber der Bestandsleitung dar, ohne ein technisch sehr aufwändiges Provisorium errichten zu müssen. Der Ersatzneubau dient der Abstandsvergrößerung zu der geplanten Oberleitung der DB-Strecke und ergibt auch an den maßgeblichen Minimierungsorten bzw. Bezugspunkten einen erhöhten Bodenabstand gegenüber der Bestandsleitung. Der Objektabstand zu Gebäuden in den Leitungsfeldern mit maßgeblichen Minimierungsorten beträgt mindestens 11m und liegt somit deutlich oberhalb des nach DIN EN 50341-1 geforderten Normwertes von 5 m. Eine zusätzliche Erhöhung der Maste würde zu größeren Flächeninanspruchnahmen innerhalb des eng bebauten Gewerbegebietes führen.

5.2.2 Minimieren der Seilabstände

Geringere Abstände zwischen den Phasen führen zu einer Verringerung der elektrischen und magnetischen Felder. Eine Minimierung erfolgt bereits bei der Konstruktion der Mastgestänge. Hierbei muss allerdings immer auch der minimal zulässige Leiterseilabstand zwischen den einzelnen Phasen sowie zu geerdeten Anlagenbauteilen berücksichtigt werden.

5.2.3 Optimieren der Mastkopfgeometrie

Die elektrischen und magnetischen Felder hängen auch von der Anordnung der jeweiligen Phasen zueinander ab. Bei dem geplanten Ersatzneubau kommt, wie schon auf der Bestandsleitung, das sogenannte Donau-Mastbild zum Einsatz. Aufgrund der günstigen Anordnung der Außenleiter in diesem Mastbild (dreieckige Anordnung) kommt es zu einer Minimierung der Werte der magnetischen Flussdichte.

Vorhaben: ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Planfeststellungsabschnitt 4, Bau-km 150.752 - Bau-km 157.054	Unterlage 7.8.11.1.1 
Immissionsbericht 110-kV-Freileitungen	Name: Fedder Datum: 12.06.2019 Seite: 14 von 19

5.2.4 Optimieren der Leiteranordnung

Eine allgemeingültige optimale Leiteranordnung zur Optimierung der elektrischen und magnetischen Felder gibt es nicht. Abhängig vom Beurteilungsort können unterschiedliche Leiteranordnungen zu wählen sein. Im Allgemeinen werden Leiteranordnungen in einem Netz so koordiniert und festgelegt, dass sich für dieses Netzgebilde geringstmögliche Unterschiede zwischen den Spannungen des Drehstromsystems ergeben. Insofern hat der Vorhabenträger für den räumlich begrenzten Ersatzneubau nur geringe Freiheitsgrade, die feldoptimierte Leiteranordnung 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.

5.3 Maßnahmenbewertung:

Da es sich bei dem geplanten Vorhaben um einen Ersatzneubau handelt, konnten die oben beschriebenen Maßnahmen bereits teilweise bei der Planung berücksichtigt werden. Dadurch sind die Maßnahmen sehr gut technisch und wirtschaftlich realisierbar. Die Erhöhung des Bodenabstandes ist nicht ausschließlich auf die Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder zurückzuführen. Hierbei spielen vor allem die erforderlichen Abstände zu anderen Objekten eine tragende Rolle. Ebenso verhält es sich mit der Minimierung der Leiterseilabstände. Grundsätzlich ist der Vorhabenträger darum bemüht unter Berücksichtigung der Statik, der geltenden Normen und der Betriebsführung eine kompakte Leitung zu errichten. Die Minimierung der Felder ist daher ein positives Nebenprodukt.

Vorhaben: ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Planfeststellungsabschnitt 4, Bau-km 150.752 - Bau-km 157.054	Unterlage 7.8.11.1.1  Name: Fedder Datum: 12.06.2019 Seite: 15 von 19
Immissionsbericht 110-kV-Freileitungen	

6 Zusammenfassung

Entsprechend den Anforderungen der 26. BImSchV [2], der Richtlinie zur Durchführung der Berechnung von elektrischen und magnetischen Feldern [4] und der TA-Lärm [5], wurde im geplanten Umbaubereich der 110-kV-Leitung Göhl – Lütjenbrode (LH-13-137) die zu erwartenden elektrischen und magnetischen Felder sowie Koronageräusche berechnet.

Der Gesetzgeber gibt vor, dass Niederfrequenzanlagen so zu errichten und zu betreiben sind, dass diese bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung in ihrem Einwirkungsbereich an Orten, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, die folgenden Grenzwerte nicht überschreiten dürfen:

- elektrisches Feld: 5 kV/m
- magnetisches Feld: 100 µT

Gemäß TA Lärm [5] betragen die Immissionsrichtwerte außerhalb von Gebäuden nachts:

- Industriegebiete 70 dB(A) keine Unterscheidung der Tageszeit
- Gewerbegebiet 50 dB(A)
- Kern-, Dorf- und Mischgebiete 45 dB(A)
- allgemeine Wohngebiete 40 dB(A)
- reine Wohn- und Kurgebiete 35 dB(A)

Für Wohngebäude im Außenbereich gelten grundsätzlich die Werte für Mischgebiete von 45 dB(A).

Die Berechnungen ergaben folgende maximale Werte in 1 m über EOK und an der Stelle des geringsten Bodenabstands für den Bereich zwischen / angrenzenden Feldern des Ersatzneubaus:

- die elektrische Feldstärke: 0,68 / 1,8 kV/m,
- die magnetische Flussdichte: 6,02 / 17 µT
- die Koronageräusche: <10 / 25 dB(A)

Vorhaben: ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) Planfeststellungsabschnitt 4, Bau-km 150.752 - Bau-km 157.054	Unterlage 7.8.11.1.1 
Immissionsbericht 110-kV-Freileitungen	Name: Fedder Datum: 12.06.2019 Seite: 16 von 19

Für die maßgeblichen Minimierungsorte ergab die Berechnung folgende maximale Werte in 6 m über EOK für:

- die elektrische Feldstärke: 0,52 kV/m,
- die magnetische Flussdichte: 5,96 μ T
- die Koronageräusche: <10 dB(A)

Gemäß der 26. BImSchVVwV [3] sind verschiedene technische Möglichkeiten zur Umsetzung des Minimierungsgebotes überprüft worden. Die bei der Planung berücksichtigten technischen Möglichkeiten der Abstandsoptimierung, Optimieren der Mastkopfgeometrie und der Minimierung der Seilabstände führen, wie beispielhaft nachgewiesen wurde, zu einer Verringerung der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte.



**Immissionsbericht
110-kV-Freileitungen**

Name: Fedder
Datum: 12.06.2019
Seite: 17 von 19

7 Abkürzungen / Einheiten

A	Ampere (Einheit für elektrischen Strom)
A/m	Ampere pro Meter (Einheit für magnetische Feldstärke)
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BImSchVVwV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV
dB(A)	Messgröße des Schalldruckpegels
EOK	Erdoberkante
FGEU	Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie
Hz	Hertz (Einheit für die Frequenz, d.h. Schwingungen pro Sekunde)
ICNIRP	Internationale Strahlenschutzkommission für nichtionisierende Strahlung
KHz	Kilohertz (1.000 Hz)
kV	Kilovolt (1.000 V)
kV/m	Kilovolt pro Meter (1.000 V/m, Einheit für elektrische Feldstärke)
LAI	Länderausschuss für Immissionsschutz
T	Tesla
TA Lärm	Technische Anleitung Lärm
UW	Umspannwerk
u.T.	untere Traverse
V	Volt (elektrische Spannung)
WHO	Weltgesundheitsorganisation
μ T	Mikrotesla (0,000001 T, Einheit für magnetische Flussdichte)
μ o	magnetische Feldkonstante
μ r	Permeabilitätszahl

Vorhaben:
ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ)
Planfeststellungsabschnitt 4, Bau-km 150.752 - Bau-km 157.054

Unterlage 7.8.11.1.1



**Immissionsbericht
110-kV-Freileitungen**

Name: Fedder
Datum: 12.06.2019
Seite: 18 von 19

8 Anhang

Anhang 1 Zertifizierungsbestätigung des Programms Winfield



**Immissionsbericht
110-kV-Freileitungen**

9 Literatur

- [1] Rechenprogramms WinField, EFC-400, Version 2019, der Firma Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie (FGEU), Berlin
- [2] 26. BImSchV zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verordnung über elektromagnetische Felder in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3266)
- [3] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV) vom 26. Februar 2016
- [4] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. Bundes-Immissionsschutzverordnung) in der Fassung des Beschlusses der 128. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 17. Und 18. September 2014
- [5] Technische Anweisung zum Schutz gegen Lärm; Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (TA Lärm) v. 26. August 1998

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:	1.1.2019
PRODUCT RELEASE DATE:	1.1.2019	VERSION:	>= V2019

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 %

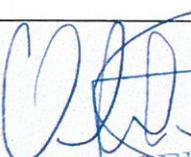
Die Vernachlässigung der Störeinflüsse durch Bebauung, Bewuchs oder ferromagnetische Materialien ist für die im Personenschutz maßgeblichen Abstände unerheblich, da die Berechnung in diesem Fall dem von der 26. BImSchV ausdrücklich stattgegebenen konservativen Ansatz entspricht und den 'worst-case' darstellt.

Besonderheiten:

Bei der benutzerdefinierten Konstruktion von Anlagen kann der Fehler entsprechend Fehlerdokumentation im Anhang des Benutzerhandbuches 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


Forschungsgesellschaft
für Energie
und Umwelttechnologie GmbH

unabhängiger Sachverständiger für "Elektromagnetische Umweltverträglichkeit - EMVU"

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

Forschungsgesellschaft für Energie und
Umwelttechnologie - FGEU mbH

Hersteller Zertifikat

Declaration of Conformity (DoC)

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

WinField / EFC-400 - Electric and Magnetic Field Calculation

ISSUER:	FGEU mbH	SERIAL NUMBER:	*****
PRODUCT NAME:	WinField / EFC-400	ISSUE DATE:	01.01.2019
PRODUCT RELEASE DATE:	01.01.2019	VERSION:	>= V2019

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 Schallleistungspegel-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 = $\pm 1.5 \cdot 10^{-7}$
 max. Abweichung des Schallleistungspegels nach EPRI für die Testfälle T03-T04 = $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ dB

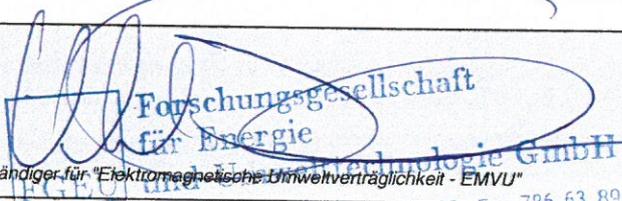
Formelle Konformitätserklärung:

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"



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 Schallleistungspegel 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

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:	01.01.2019
PRODUCT RELEASE DATE:	01.01.2019	VERSION:	>= V2019

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

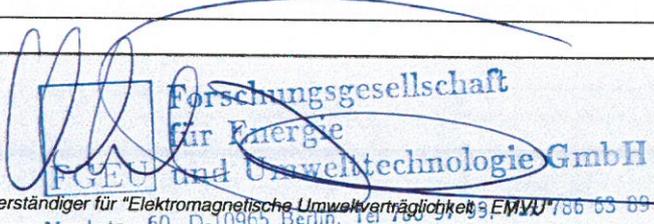
Formelle Konformitätserklärung:

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" EMVU 786 63 89
Yorckstr. 60, D-10965 Berlin, Tel 786 63 89



Anlage: Normative Testaufgaben für WinField / EFC-400

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