



Bericht

Ausfertigung PDF

380 kV Westküstenleitung Brunsbüttel – Süderdonn – Heide – Husum – Klixbüll – Bundesgrenze Dänemark

Abschnitt 5: Klixbüll/Süd – Bundesgrenze Dänemark,
LH-13-322

Immissionsbericht

Inhaltsverzeichnis innen liegend

Auftraggeber: TenneT TSO GmbH
Bemecker Straße 70
95448 Bayreuth
Bestell-Nr.: 4529060299/3111/HK3/NB

Auftragnehmer: LTB Leitungsbau GmbH
Eisenbahnlängsweg 5
31275 Lehrte / Ahlten
Auftrags-Nr.: P523008112

Verantwortlichkeiten	Struktureinheit	Datum	Name	Unterschrift
Erstellung	B2-E	21.08.2020	Riemann	
Prüfung	B1-E	24.08.2020	Witt	
Freigabe	B1-E	24.08.2020	Witt	

Projekt/Vorhaben:

380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322

Inhalt

1	Allgemeines	2
1.1	Aufgabenstellung	2
1.2	Leistungsdaten	4
1.3	Programm zur Berechnung der Immissionen	7
1.3.1	Zum Berechnungsprogramm	7
1.3.2	Einschätzung des Modells und der Ergebnisse	7
2	Berechnung und Minimierung der elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten. 8	
2.1	Nachweis der Grenzwerteinhaltung	8
2.1.1	Allgemeines und Grenzwerte	8
2.1.2	Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte	9
2.1.3	Ermittlung aller relevanter NF- und HF-Anlagen	10
2.1.4	EMF-Berechnung	11
2.2	Umsetzung der Minimierung entsprechend 26.BImSchVVwV	14
2.2.1	Allgemeines zur Minimierungsprüfung	14
2.2.2	Vorprüfung	15
2.2.3	Maßnahmenermittlung	16
3	Zusammenfassung der Ergebnisse	19
4	Abkürzungen	20
5	Begriffe	21
6	Formelzeichen und Einheiten	22
7	Grundlagen und Literatur	23
8	Anlagen	
8.1	Musterberechnung Donau-Mastfeld T1-29,00, D-2-D-2015.3	
8.2	Liste der Immissions- und Minimierungsorte	
8.3	Herstellerzertifikat Berechnungsprogramm WinField	

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 2 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

1 Allgemeines

1.1 Aufgabenstellung

Die Planung und Errichtung der neuen 380-kV-Leitung „Brunsbüttel – Süderdonn – Heide – Husum – Klixbüll – Bundesgrenze Dänemark“, auch Westküstenleitung genannt, der TenneT TSO GmbH (im weiteren TenneT genannt) erfolgt in fünf Abschnitten. Gegenstand dieses Immissionsberichts ist der letzte Abschnitt 5: Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322. Der Abschnitt 5 beginnt am Umspannwerk Klixbüll/Süd und verläuft von dort als Freileitung bis zur Bundesgrenze nach Dänemark (DK).

In diesem Abschnitt werden keine Korridore von Bestandsleitungen genutzt. Die geplante Trasse ist daher als Neubau einzustufen und es sind keine Provisorien für Zwischenbauzustände notwendig. Außerdem werden keine Bestandsleitungen auf dem neuen Mastgestänge, wie in den Abschnitten 1 bis 4, mitgeführt. Der Abschnitt 5 ist eine reine 380 kV Drehstromfreileitung mit zwei Stromkreisen.

Im Zuge der genannten Maßnahmen im Abschnitt 5: Klixbüll/Süd – Bundesgrenze Dänemark LH-13-322 sind immissionsschutzrechtliche Betrachtungen notwendig.

Für betriebsbedingte Immissionen, also Immissionen welche durch den elektrischen Betrieb der Freileitung hervorgerufen werden, gilt die „26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz“ (im weiteren 26.BImSchV) /G2/ für elektrische und magnetische Felder.

Ausgehend von der 26. BImSchV sind folgende Anforderungen zu erfüllen:

- a) 26. BImSchV §3(2) /G2/: Einhaltung der Grenzwerte für Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind.
- b) 26. BImSchV §4(2) /G2/: Vorsorge: Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder nach Stand der Technik.
- c) 26. BImSchV §4(3) /G2/: Vorsorge: Überspannungsverbot von Gebäuden bzw. Gebäudeteilen, welche zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, bei der Errichtung von elektrischen Leitungen ab 220 kV Nennspannung in neuer Trasse.

Für die geplante 380-kV-Leitung „Brunsbüttel – Süderdonn – Heide – Husum – Klixbüll – Bundesgrenze DK“ im Abschnitt 5: Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK LH-13-322 ist der Nachweis der Grenzwerteinhaltung entsprechend der 26. BImSchV §3(2) /G2/ sowie die Umsetzung des Minimierungsgebots entsprechend 26. BImSchV §4(2) /G2/ zu erbringen und zu dokumentieren.

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 3 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

Das Überspannungsverbot entsprechend 26. BImSchV §4(3) /G2/ wurde bereits bei der Trassenwahl berücksichtigt. Daher werden keine Gebäude überspannt, welche zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen bestimmt sind.

Während der Planung erfolgte die Betrachtung zur Minimierung vor dem Grenzwertnachweis. Innerhalb dieser Unterlage erfolgt die Reihenfolge der Dokumentation entsprechend der 26.BImSchV, d.h. die Grenzwertbetrachtung (26. BImSchV §3) erfolgt vor der Minimierungsbetrachtung (26. BImSchV §4).

Schalltechnische Berechnungen und Bewertungen sind nicht Bestandteil dieser Unterlage.

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 4 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

1.2 Leitungsdaten

Nachfolgend werden die technischen Leitungsdaten für die Ausführung und den technischen Betrieb zusammengetragen.

Mastdaten

- **Abschnitt UW Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK**

Mastfamilie/Gestänge	D-2-D-2015.3
Mastkopfbild	Donau (Doppel-Leitung)

Anmerkung: Die Portale im Umspannwerk sind Bestandteil der Schaltanlage.
Die Freileitung beginnt ab den Doppel-Abspannketten am Portal.

Belegung / Verwendete Leiter (Leiterseile):

Leiter	2x 3x 4x 565-AL1/72-ST1A (FINCH) (4er-Bündel, 400mm Teilleiterabstand)
LWL-Erdseil	2x 261-AL3/25-A20SA
Lastfall / Zustand Seilkurve Leiter	80°C (Endzustand)

Anmerkung: Erläuterung der Bezeichnung der Leiter

2x 3x 4x 565-AL1/72-ST1A (FINCH)		

2x	...	2 Stromkreise
3x	...	3 Phasen je Stromkreis (→ Drehstrom)
4x	...	4 Teilleiter je Phase (→ Bündelleiter)
565-AL1/72-ST1A (FINCH)		Leiterbezeichnung nach DIN EN 50182 alte Leitertyp-Kurzbezeichnung

Projekt/Vorhaben:

380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322

Leiteranordnung und Prinzip-Darstellung an Hand der Tragmaste

Mastfamilie/Gestänge: D-2-D-2015.3

Masttyp: T1-29,00

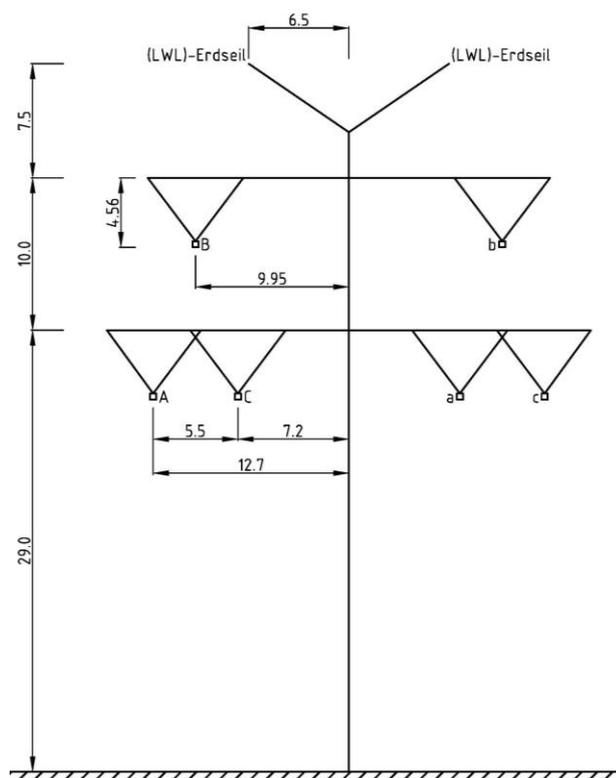


Abb.1: D-2-D-2015.3, T1-29,00

Zum Zeitpunkt dieser Planung lagen noch keine Phasenlagepläne von dem Abschnitt 5 vor. Es wird daher immer von der Phasenordnung mit den höchsten Immissionswerten („worst case“ Ansatz) ausgegangen. Dies hat zur Folge, dass die Immissionen im späteren Planungszustand geringer als hier aufgeführt ausfallen werden.

Die Phasenordnung steht repräsentativ für die verwendete Verdrillungsart. Alle Phasenordnungen innerhalb einer Verdrillungsart weisen immer die gleiche Ausbildung der elektrischen und magnetischen Felder auf! Als Verdrillung wird der definierte geometrische Tausch der Phasen einer elektrischen Leitung bezeichnet (die Phasen nehmen am Mast in bestimmten Abschnitten eine andere Position ein). Durch die Verdrillung werden die Phasen im elektrotechnischen Sinn symmetriert bzw. ausgemittelt. Dies ist für den Betrieb einer elektrischen Leitung notwendig.

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 6 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

Betriebswerte

Frequenz	50 Hz	
Nennspannung	380 kV	
höchste Betriebsspannung	420 kV	(VDE 0210-2-4, Tabelle 5/DE.1 /N1b/)
maximaler betrieblicher Dauerstrom je Stromkreis	4000 A	(Engpassstrom /W5/, 5.6.a))
Betriebszeit:	24 Stunden/Tag	(Tag und Nacht)

Anmerkung zum maximalen Betriebsstrom:

Leitungen zur Übertragung von elektrischer Energie mit einer Nennspannung von 380 kV werden entsprechend des (n-1)-Kriteriums errichtet und betrieben. Unter Beachtung des vermaschten Netzes der TenneT wird das (n-1)-Kriterium bei einer Doppelleitung bei 70%-Nennlast je Stromkreis eingehalten. Daher entspricht der höchste Grundfall-Betriebsstrom $0,7 \times 4000 \text{ A} = 2800 \text{ A}$ je Stromkreis, wenn beide Stromkreise sich gleichzeitig im Betrieb befinden.

Erst wenn sich nur ein Stromkreis im Betrieb befindet und der zweite Stromkreis (z.B. für Wartungsarbeiten) freigeschaltet und geerdet wurde, ist ein Betriebsstrom von 4000 A in einem Stromkreis möglich. D.h. im zweiten Stromkreis fließt kein Betriebsstrom und es liegt keine Betriebsspannung an.

Als Worst-Case-Betrachtung wird die Berechnung mit dem o.g. maximalen betrieblichen Dauerstrom auf beiden Stromkreisen durchgeführt.

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 7 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

1.3 Programm zur Berechnung der Immissionen

1.3.1 Zum Berechnungsprogramm

Zur Berechnung

- der elektrischen Feldstärken sowie
- der magnetischen Flussdichten

wird die Software

WinField – Electric and Magnetic Field Calculation

Version 2020 (Build 3218) LF+Noise

der Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie – FGEU mbH verwendet.

Eine Kopie der zugehörigen Hersteller-Zertifikate der FGEU findet sich unter Anhang 8.3.

1.3.2 Einschätzung des Modells und der Ergebnisse

Dem Berechnungs-Modell für die Freileitung liegt ein „worse-case“- bzw. Vorsorge-Ansatz zu Grunde, wodurch höhere Emissionen und folglich höhere Immissionen berechnet werden, als tatsächlich durch den Regel-Betrieb entstehen (vgl. Abschnitt 1.2, Anmerkung zum maximalen Betriebsstrom).

Der Berechnungsfehler durch das Berechnungsprogramm WinField wird durch den Hersteller mit einem Maximalwert von 1,4% angegeben. Das Herstellerzertifikat mit der genannten Angabe findet sich unter Anhang 8.4.

Unter Beachtung der Angabe der Grenzwerte in der 26. BImSchV sowie den „LAI-Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder“ /G4/ Abschnitt III.1 (Isoliniendarstellung) sind die Immissionen auf volle Werte anzugeben. Jedoch werden für die Berechnungen der magnetischen Flussdichte und der elektrischen Feldstärke im Abschnitt 2 dieser Unterlage geringe Werte erwartet (< 1 kV/m und < 1 μ T), sodass die Angaben auf eine Nachkommastelle erfolgen.

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 8 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

2 Berechnung und Minimierung der elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten

2.1 Nachweis der Grenzwerteinhaltung

2.1.1 Allgemeines und Grenzwerte

Zum Schutz von Menschen vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Niederfrequenzanlagen in ihrem Einwirkungsbereich sind in der 26. BImSchV Grenzwerte für Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, festgelegt worden.

Es gelten die folgenden Grenzwerte (als Effektivwerte) nach 26. BImSchV §3 /G2/ für die relevante Betriebs-Frequenz:

Frequenz (f)	Elektrisches Feld (E)	Magnetisches Flussdichte (B)
50 Hz	5 kV/m	100 µT

Tabelle 2: Grenzwerte für 50 Hz (Drehstromleitungen) entsprechend 26. BImSchV

Der Nachweis erfolgte entsprechend der 26. BImSchV unter Beachtung der „LAI-Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder“ /G4/ (im weiteren kurz LAI-Hinweise).

Der Grenzwertnachweis erfolgt in drei Schritten:

- 1) Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte.
- 2) Ermittlung weiterer relevanter Niederfrequenzanlagen (NF-Anlagen) und Hochfrequenzanlagen (HF-Anlagen).
- 3) Berechnung der elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten für die jeweiligen maßgeblichen Immissionsorte.

Der Grenzwertnachweis erfolgt auf Grundlage der 26. BImSchV §3 /G2/ für die höchste betriebliche Anlagenauslastung: höchste Betriebsspannung und maximal betrieblicher Dauerstrom.

Die elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten werden für 1,0 m über Boden berechnet (/G3/ Nummer 4a) und /N5/ Abschnitt 6.1 und 7.1). Die Immissionsbeiträge werden tabellarisch zusammengefasst.

Zur Ermittlung der elektrischen Feldstärken wird eine ungestörte, freie Fläche zu Grunde gelegt, Bewuchs und Bebauung werden als abschirmende Elemente nicht berücksichtigt.

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 9 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

2.1.2 Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte

Entsprechend der LAI-Hinweise wird der Nachweis auf Einhaltung der Grenzwerte an den maßgeblichen Immissionsorten (im Weiteren als „MIO“ bezeichnet) durchgeführt. Diese Orte sind Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind und sich in einem bestimmten Bereich um die Niederfrequenzanlage selbst befinden. Es gilt folgende Festlegung:

Innerhalb dieser Unterlage werden als MIO Flurstücke angesehen, wenn diese sich im unten genannten Bereich einer Freileitung befinden und auf Grund deren Bebauung und Nutzung als Orte zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen dienen.

Die Ermittlung der MIO erfolgte durch die Verwendung des amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) mit Nutzungsarten und Topografie. Dabei wurden die erforderlichen Informationen in einem Bereich von 500 m links und rechts von der Trasse abgefragt, damit die Daten ebenfalls zur Ermittlung der maßgeblichen Minimierungsorte entsprechend Pos. 2.2 genutzt werden können.

Für 380-kV-Freileitungen gilt folgender Bereich (vgl. /G4/ Nummer II.3.1):

20 m ab dem ruhenden linken bzw. rechten äußeren Leiter der Freileitung

Im Bereich der Trasse der 380-kV-Leitung „Brunsbüttel – Süderdonn – Heide – Husum – Klixbüll – Bundesgrenze DK“ im Abschnitt 5: Klixbüll/Süd – Bundesgrenze Dänemark, LH-13-322 wurden **keine MIO** erkannt.

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 10 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

2.1.3 Ermittlung aller relevanter NF- und HF-Anlagen

Entsprechend 26. BImSchV §3(3) /G2/ sind bei der Ermittlung der elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten alle Immissionen zu berücksichtigen, die durch Niederfrequenz-Anlagen (kurz NF-Anlagen) sowie ortsfeste und standortbescheinigte Hochfrequenz-Anlagen (Frequenzen zwischen 9 kHz und 10 MHz; kurz HF-Anlagen) entstehen.

Mit Verweis auf den Abschnitt II.3.4 der LAI-Hinweise /G4/ tragen Immissionsbeiträge durch andere NF-Anlagen nur relevant zur Vorbelastung bei, wenn sich ein Ort für den nicht nur vorübergehenden Aufenthalt zugleich im Bewertungsbereich der zu betrachtenden Anlage und der anderen Anlagen befindet.

Für HF-Anlagen gilt entsprechend Abschnitt II.3.4 ein Abstand von 300 m zu einem MIO. Niederspannungsanlagen (Nennspannung ≤ 1 kV) sind laut LAI-Hinweisen /G4/ Abschnitt II.3.4 nicht zu berücksichtigen.

NF-Anlagen

Es liegen keine weiteren relevanten NF-Anlagen vor, da keine MIO erkannt worden sind.

HF-Anlagen

Es liegen keine weiteren relevanten HF-Anlagen vor, da keine MIO erkannt worden sind.

Unabhängig hierzu, ergab eine Vorprüfung nach möglichen relevanten HF-Anlagen entlang der geplanten 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, dass sich keine relevante HF-Anlage im Bereich der geplanten 380-kV-Leitung befindet.

Die nächstgelegenen relevanten HF-Anlagen befinden sich auf der Insel Sylt und bei der Stadt Kiel. Der Abstand zur geplanten Leitung ist > 30 km).

Die Prüfung erfolgte am 07.07.2020 über die EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur <http://emf3.bundesnetzagentur.de/karte/>.

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 11 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

2.1.4 EMF-Berechnung

2.1.4.1 Berechnungsgrundlagen

Da keine MIO vorhanden sind, ist ein Nachweis auf Einhaltung der Grenzwerte der 26. BImSchV entsprechend der LAI-Hinweise nicht notwendig und somit auch nicht erforderlich!

Jedoch sollen zusätzlich zwei weiterführende Prüfungen erbracht werden:

- Allgemeiner Nachweis der Grenzwerteinhaltung bei dem projektierten geringsten Bodenabstand und
- Immissionsortbezogener Nachweis: Ermittlung der maximalen Immissionsbelastung an den Immissionsorten im konservativ pauschal festgelegten Einwirkungsbereich der Freileitung entsprechend der 26.BImSchVVwV, Nummer 3.2.1.2.

Dabei erfolgen die Berechnungen dem Vorgehen bei einem Grenzwertnachweis entsprechend bei:

- höchster betriebliche Anlagenauslastung, also höchster Betriebsspannung und maximal betrieblichen Dauerstrom sowie
- größtem Durchhang der Leiter.

Zum allgemeinen Nachweis

Bei Neubauleitungen ist es Ziel der TenneT, die Grenzwerte der 26. BImSchV unabhängig vom Vorhandensein von maßgeblichen Immissionsorten einzuhalten, um die Immissionsbelastung zu minimieren. Der allgemeine Nachweis erfolgt an Hand der

- 1) Mastart T1-29,00 der Mastfamilie D-2-D-2015.3, projektiertes Mindestbodenabstand 12,0 m

Im Spannungsfeld T1 – T1 sind die geringsten Ruhe-Abstände zwischen den Phasen und zwischen den Stromkreisen vorhanden.

Anmerkung zum Mindestbodenabstand:

Der projektierte Mindestbodenabstand von 12,0 m dient der Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder (siehe Pos. 2.2) und ist deutlich größer, als der geforderte normative Mindestbodenabstand von 7,8 m entsprechend VDE 0210-1, Tabelle 5.10 /N1a/ im Gelände abseits von Kreuzungen bzw. für ein übliches Bodenprofil ohne Hindernisse.

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 12 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

Immissionsortbezogener Nachweis

Für den immissionsortbezogenen Nachweis wird der Leitungsabschnitt auf Grundlage des jeweiligen Längenprofils ortsbezogen als Berechnungsmodell erstellt. Dabei gelten die Masttypen sowie die Bodenabstände aus den Längenprofilen.

Die Berechnung für die Flächen erfolgt für 1 m über EOK. Für Objekte (Gebäude) erfolgt der Nachweis zusätzlich für 4 m über EOK (entspricht etwa 1 m über Boden des 1.OG). Die Ergebnisse sind tabellarisch unter Anhang 8.2 zusammengetragen.

Im Bereich der Leitung befinden sich Flurstücke, welche Wohnzwecken dienen und zusätzlich für land- und forstwirtschaftliche Arbeiten genutzt werden. Um hier eine Abgrenzung zwischen Flurstücken zum vorübergehenden und zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt herzustellen wurden diese Flurstücke anhand der Nutzungsart aus dem Liegenschaftskataster aufgeteilt. Die Abstände von den Flurstücken zur Trassenachse in der Auflistung unter 8.2 beziehen sich daher immer auf denjenigen Teil eines Flurstücks, welcher Wohnzwecken dient.

	Immissionsbericht	Datum:	19.08.2020
		Seite:	13 von 25
Projekt/Vorhaben:			
380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322			

2.1.4.2 Berechnungen und Ergebnisse

Zum allgemeines Nachweis

Die Musterberechnungen für den allgemeinen Nachweis ist den Anhängen 8.1 zu entnehmen.

Im allgemeinen Nachweis ergeben sich folgende maximalen Immissionswerte für 1 m über EOK

Donau-Mastkopfbild:

	Unterhalb der Leitung	am Rand des Nachweisbereich
Elektrische Feldstärke	4,5 kV/m	1,0 kV/m
Magnetische Flussdichte	44,8 μ T	15,0 μ T

Tabelle 3: Allgemeiner Grenzwertnachweis für 1 m über EOK – Donau-Mastkopfbild

Ausgehend vom allgemeinen Nachweis werden mit dem projektierten Mindestbodenabstand die Grenzwerte entsprechend der 26. BImSchV eingehalten, unabhängig vom Vorhandensein von Orten, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind.

Zum immissionsortbezogenen Nachweis

Die berechneten Immissionswerte je Immissionsort können dem Anhang 8.2 entnommen werden.

Sämtliche Immissionswerte der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte an den Immissionsorten sind deutlich unterhalb der Grenzwerte entsprechend der 26.BImSchV!

Als Höchstwerte können benannt werden:

magnetische Flussdichte	3,7 μ T
elektrische Feldstärke	0,2 kV/m

Beide Werte am Immissionsort Gemarkung Klixbüll, Flur 1, Flurstück 44/1.

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 14 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

2.2 Umsetzung der Minimierung entsprechend 26.BImSchVVwV

2.2.1 Allgemeines zur Minimierungsprüfung

Zum Schutz von Menschen vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Niederfrequenzanlagen in ihrem Einwirkungsbereich ist in der 26. BImSchV die Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder als Vorsorgeanforderungen für Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, festgelegt worden.

Die Umsetzung der Minimierung gemäß 26. BImSchV ist in der zugehörigen Verwaltungsvorschrift „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26.BImSchV“ (im Weiteren kurz 26.BImSchVVwV) geregelt.

Entsprechend der 26.BImSchVVwV /G3/ Nummer 3.1 gilt:

„Das Ziel des Minimierungsgebotes nach § 4 Absatz 2 26. BImSchV ist es, die von Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich so zu minimieren, dass die Immissionen an den maßgeblichen Minimierungsorten der jeweiligen Anlage minimiert werden.“

Im Sinne der 26.BImSchVVwV ist ein maßgeblicher Minimierungsort (im Weiteren MMO) einer Anlage, ein Ort im Einwirkungsbereich dieser Anlage, welcher zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt dient (vgl. /G3/ Nummer 2.11). Es gilt folgende Festlegung:

Innerhalb dieser Unterlage werden als MMO Flurstücke angesehen, wenn diese sich im Einwirkungsbereich der Freileitung befinden und auf Grund deren Bebauung und Nutzung als Orte zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen dienen.

Bei der Umsetzung des Minimierungsgebots wird zusätzlich der FNN-Hinweis „Minimierung elektrischer und magnetischer Felder“ (im weiteren FNN-Hinweis) beachtet.

Die Durchführung der Minimierung erfolgt entsprechend 26.BImSchVVwV Nummer 3.2 /G3/ in drei Schritten:

- 1) Vorprüfung
- 2) Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen
- 3) Maßnahmenbewertung

Entsprechend der 26.BImSchVVwV Nummer 2.8 /G3/ ist hinsichtlich der Minimierung die höchste betriebliche Anlagenauslastung durch den maximalen betrieblichen Dauerstrom und die Nennspannung definiert.

	Immissionsbericht	Datum:	19.08.2020
		Seite:	15 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322			

2.2.2 Vorprüfung

Innerhalb der Vorprüfung wird zuerst geklärt, welche Art der Änderung trassenbezogen vorliegt:

- Neubau (Bau auf neuer Trasse),
- wesentliche Änderung (vgl. /G1/ §16),
- weder noch (nicht Minimierungspflichtig).

Danach werden die MMO entsprechend ihrer Lage zum Bewertungsabstand innerhalb der Bereiche der wesentlichen Änderung bzw. des Neubaus ermittelt.

Zur Art der Änderung kann folgendes festgestellt werden:

Abschnitt	Maßnahme	Art der Änderung
Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322	Neubau	Neubau im Sinne der 26.BImSchVVwV

Tabelle 4: Art der Änderung

Zum Vorhandensein von maßgeblichen Minimierungsorten kann folgendes festgestellt werden:

Für die zu untersuchende Leitung gilt der Bereich ab dem ruhenden äußeren linken bzw. rechten Leiter (vgl. /G3/ Nummer 3.2.1) entsprechend Tabelle 4.2.2.

Leitung	Art der Anlage	Nennspannung	Bewertungsabstand	Einwirkungsbereich
Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322	Freileitung	380 kV	20 m	400 m

Tabelle 5: Einwirkbereich und Bewertungsabstand der jeweiligen Anlage

Im Bereich der Trasse der geplanten 380-kV-Freileitung konnte **138 MMO** erkannt werden. Im Anhang 8.2 dieser Unterlage befindet sich eine Tabelle mit der Auflistung sämtlicher MMO.

Die Durchführung von Minimierungsmaßnahmen an Freileitungen sind nur an den Masten möglich. Da jedoch ein Minimierungsort immer durch ein gesamtes Spannungsfeld beeinflusst wird, muss eine Minimierungsmaßnahme an zwei Masten erfolgen. Unter Beachtung weiterer Minimierungsorte im benachbarten Spannungsfeld ergibt sich somit ein Freileitungsabschnitt, welcher hinsichtlich der Minimierung als Ganzes zu betrachten ist: die Minimierungsmaßnahmen sind folglich „verkettet“, da diese gleichzeitig Abschnittsweise wirken.

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 16 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

2.2.3 Maßnahmenermittlung

2.2.3.1 Minimierungsmaßnahmen nach Stand der Technik

Entsprechend der 26.BImSchVV Nummer 5.3.1 /G3/ erfolgt die Prüfung der Minimierung auf Grundlage folgender Minimierungsmaßnahmen:

Abstandsoptimierung	a) Erhöhung der Maste
	b) Verringerung der Spannfeldlänge
	c) Stromkreis auf einer von einem MMO abgewandten Traverse
Elektrische Schirmung	d) Schirmflächen oder -leiter zwischen den spannungsführenden Leitungsteilen und einem MMO als Bestandteil der Anlage (auch Erdseile)
Minimieren der Leiterabstände	e) innerhalb eines bzw. zu anderen Stromkreisen
Optimieren der Mastkopfgeometrie	f) Variation des Mastkopfbildes
Optimieren der Leiteranordnung	g) bestmögliche Feldkompensation durch entsprechende Optimierung der Phasenlage der Leiter/Leiterseile

Tabelle 6: Minimierungsmaßnahmen für 50Hz-Drehstromfreileitungen gemäß 26.BImSchVV

Nachfolgend wird zunächst geprüft, inwiefern diese Maßnahmen zusätzlich umgesetzt werden können. Dabei wird die technische Machbarkeit, die Auswirkung auf andere Schutzgüter und die Verhältnismäßigkeit beachtet.

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020
		Seite: 17 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

2.2.3.2 Möglichkeiten zur Minimierung

Minimierungsmaßnahme	Begründung
a) Erhöhung der Maste	Umsetzung <u>ist möglich</u> .
b) Verringerung der Spannfeldlänge	Eine Verringerung der Spannfeldlängen <u>ist nicht möglich</u> , da: - hierdurch ein Mehrbedarf an Grundstücksfläche entsteht, - auf Grund der zusätzlichen Gründungen und Maste die Natur und auch das Landschaftsbild mehr beeinflusst werden.
c) Stromkreise auf einer von einem MMO abgewandten Traverse	Die Änderung der Lage der Stromkreise <u>ist nicht möglich</u> , da: - die eingesetzte Mastfamilie für eine 380-kV-Doppel-Leitung entwickelt ist. - die vorhandenen Querträger somit vollständig belegt sind.
d) Schirmflächen oder -leiter zwischen den spannungsführenden Leitungsteilen und einem MMO als Bestandteil der Anlage (auch Erdseile)	Der Einsatz von zusätzlichen Schirmflächen und –leitern <u>ist nicht möglich</u> , da: - die Konstruktion und Statik der Maste hierfür nicht vorgesehen ist, - höhere Maste notwendig wären, - durch zusätzliche Leiterebenen der Anflug von Vögeln und das Landschaftsbild mehr beeinflusst werden.
e) Minimieren der Leiterabstände innerhalb eines bzw. zu anderen Stromkreisen	Eine Minimierung der Leiterabstände <u>ist nicht möglich</u> , da: - die zulässigen elektrischen Abstände für den Betrieb nach VDE 0210-1 /N1a/ sowie die Abstandsforderungen für den Arbeitsschutz nach der VDE 0105-100 /N4/ sowie der DGUV Vorschrift 3 /W2/ ausgenutzt werden. - das Gestänge bereits für möglichst kleine Leiterabstände optimiert ist.
f) Variation des Mastkopfbildes	Eine Variation des Mastkopfbildes <u>ist nicht möglich</u> , da: - im benannten Bereich mit dem Donau-Mastkopfbild eine für den elektrischen Betrieb (Stromkreise in Dreieck-Anordnung) sowie hinsichtlich Masthöhe und Mastbreite günstige Leiteranordnung gewählt worden ist.
g) bestmögliche Feldkompensation durch entsprechende Optimierung der Phasenlage der Leiter(seile)	Eine Änderung der Phasenfolge innerhalb des Bereichs der wesentlichen Änderung ist <u>nicht möglich</u> , da: - die Anordnung der Leiter in einem Abschnitt Auswirkung auf den elektrischen Betrieb der gesamten Leitung hat (die Phasenlage einer Verdrillungsart ist beizubehalten), - die Phasenlage durch das UW Klixbüll/Süd bzw. durch den Übergang in das Netz der Energienet (Dänemark) vorgegeben ist.

Tabelle 7: Möglichkeiten der Minimierung im Bereich der Freileitung

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020
		Seite: 18 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

2.2.3.3 Maßnahmenbewertung

Als Minimierungsmaßnahme kann die Masterhöhung umgesetzt werden. Ein Nachweis der Grenzwerte erfolgt entsprechend der LAI-Hinweise /G4/ bei 380-kV-Freileitungen nur in einem Abstand von 20 m links und rechts vom ruhenden äußeren Leiter, da eine Überschreitung der Grenzwerte nur in diesem Bereich möglich ist. Im Zuge der Trassenfindung wurde der Trassenverlauf so gewählt, dass sich keine maßgeblichen Immissionsorte unterhalb der Leitung befinden, wodurch ohne auf die Einhaltung von Grenzwerte achten zu müssen mit minimalem Bodenabstand trassiert werden kann.

Für eine Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder wurde für dieses Projekt festgelegt, eine Abstandsminimierung durch Masterhöhung so durchzuführen, dass unterhalb der Leitung die Grenzwerte immer eingehalten werden! Das soll durch die Erhöhung des normativen Mindest-Bodenabstands von 7,8 m auf 12,0 m erfolgen.

Zur Ermittlung des Minimierungspotentials dieser Vorgabe erfolgt eine Vergleichsberechnung auf Grundlage der Musterberechnung aus Anhang 8.1. Da sämtliche MMO sich außerhalb des Bewertungsabstands befinden, erfolgt die Ermittlung des Minimierungspotentials auf dem Bewertungsabstand. Es ergeben sich folgende Werte:

Gestänge	Bodenabstand	Immissionswert auf dem Bewertungsabstand bei 1 m über EOK	
		Elektrische Feldstärke	Magnetische Flussdichte
D-2-D-2015.3	7,8 m	1,2 kV/m	16,6 µT
(Donau)	12,0 m	1,0 kV/m	15,0 µT
Minimierungsgewinn		ca. 16 %	ca. 9 %

Tabelle 8: Minimierungspotential auf dem Bewertungsabstand durch Masterhöhung

Die Vergrößerung des Bodenabstands um 4,2 m durch eine Masterhöhung führt zu einer Minimierung der

- elektrischen Feldstärke um 0,2 kV/m und
- magnetischen Flussdichte um 1,6 µT.

Unter Beachtung das durch die Maßnahme gleichzeitig ohne gesetzliche Notwendigkeit die Grenzwerte unterhalb der Leitung eingehalten werden und die Immissionswerte auf dem Bewertungsabstand um mindestens 9 % reduziert werden, wird die Minimierungsmaßnahme der Masterhöhung als verhältnismäßig angesehen und umgesetzt.

Auf Grund der trassierungstechnischen Gegebenheiten ergeben sich in der Mastausteilung in den einzelnen Spannfeldern größere Bodenabstände, welche die Immissionswerte in dem Bewertungsabstand weiter reduzieren.

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 19 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Trassenführung wurde so gewählt, dass keine maßgeblichen Immissionsorte entsprechend der LAI-Hinweise vorhanden sind. Folglich befinden sich unterhalb der 380-kV-Freileitung keine Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind. Daher ist die kein Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte der 26. BImSchV unterhalb der Freileitung notwendig. Unabhängig davon ist die Freileitung so geplant worden, dass die Grenzwerte der 26. BImSchV eingehalten werden.

Entlang der geplanten 380-kV-Freileitung befinden sich 138 maßgebliche Minimierungsorte entsprechend der 26. BImSchVVwV, wobei sich alle maßgeblichen Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstandes befinden.

Als Minimierungsmaßnahme wird die Masterhöhung umgesetzt. Die Masterhöhung erfolgte so, dass unterhalb der Freileitung die Grenzwerte der 26. BImSchV eingehalten werden. Diese Festlegung wird als zielorientiert und verhältnismäßig angesehen.

Dadurch kann die elektrische Feldstärke am Bewertungsabstand um mindestens 16 % minimiert werden.

Die magnetische Flussdichte kann am Bewertungsabstand um mindestens 9 % minimiert werden.

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 20 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

4 Abkürzungen

26. BImSchV	26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
26. BImSchVVwV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	Europäische Norm
EOK	Erdoberkante
HF-Anlage	Hochfrequenzanlage
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
LAI-Hinweise	LAI-Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder
MIO	Maßgeblicher Immissionsort entsprechend LAI-Hinweise
MMO	Maßgeblicher Minimierungsort entsprechend 26.BImSchVVwV
NF-Anlage	Niederfrequenzanlage
TenneT	TenneT TSO GmbH
UW	Umspannwerk
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 21 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

5 Begriffe

Außenleiter (Leiterseil, Leiter)	Leiter, welcher den Betriebsstrom führt und isoliert durch Isolator Ketten am Mast befestigt wird. (Im Zusammenhang mit dem mechanischen Verhalten wird der Begriff Leiterseil verwendet. Auch wird der eigentliche Überbegriff „Leiter“ synonym verwendet).
Belegung (Beseilung)	Die Belegung entspricht der Gesamtheit der Leiter (also Außenleiter, Erdseil und LWL-Erdseil) an einem Stützpunkt.
Bodenabstand	Der Bodenabstand ist der geringste lotrechte Abstand zwischen dem untersten Leiter und der Erdoberfläche in einem Spannungsfeld.
Bündelleiter	Zur Erhöhung des maximalen Dauerstroms und der Reduzierung der Randfeldstärken werden mehrere Außenleiter je Phase eines Stromkreises verwendet. Diese Außenleiter werden als Teilleiter bezeichnet und weisen einen festen Teilleiterabstand auf.
Erdseil	Leiter, der an einigen oder allen Stützpunkten geerdet und im Allgemeinen oberhalb der Außenleiter aufgehängt ist, um einen Schutz gegen Blitzeinschlag zu bieten.
Freileitung	Die Freileitung ist die Gesamtheit einer Anlage zur oberirdischen Fortleitung von elektrischer Energie, bestehend aus Stützpunkten und Leitungsteilen.
Leiter	Als Leiter werden einer oder mehrere Drähte aus Aluminium, Aluminiumlegierung, verzinktem oder aluminiumummanteltem Stahl oder Kombinationen hiervon bezeichnet, die miteinander verseilt sind und gemeinsam dem Leiten des elektrischen Stroms dienen.
LWL-Erdseil	Erdseil, welches zusätzlich optische Fasern bzw. LWL-Fasern in Stahlröhrchen für Telekommunikationszwecke mitführt.
Mast	Der Mast ist Teil des Stützpunktes, bestehend aus Mastschaft, Erdseilstütze(n) und Querträger(n).
Querträger (Traverse)	Der Querträger ist ein Ausleger quer zum Mastschaft zur Befestigung der Leiter. (Der Begriff „Traverse“ ist gleichbedeutend zum Begriff „Querträger“. Entsprechend der aktuellen VDE 0210 /N1/ ist der Begriff „Querträger“ zu verwenden. In der 26.BImSchVVwV /G3/ wird der ältere Begriff „Traverse“ verwendet.)
Stromkreis	Stromkreis beschreibt in dieser Unterlage einen Drehstromkreis, welcher aus 3 stromführenden Leitern besteht. Wird auch als „System“ bezeichnet.
Stützpunkt	Ein Stützpunkt umfasst den Mast, dessen Gründung und Erdung.

Projekt/Vorhaben:

380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322

6 Formelzeichen und Einheiten

Symbol	Bezeichnung	Einheit
B	Effektivwert der magnetischen Flussdichte	μT (Mikrotesla)
E	Effektivwert der elektrische Feldstärken	kV/m (Kilovolt pro Meter)
f	Frequenz	Hz (Hertz)

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 23 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

7 Grundlagen und Literatur

Gesetze und zugehörige Verordnungen, Vorschriften, Hinweise und Empfehlungen:

- /G1/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - **BImSchG**)
Stand: 17.05.2013
- /G2/ Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - **26. BImSchV**)
Stand: 14.08.2013
- /G3/ Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV; **26. BImSchVVwV**
Stand: 26.02.2016
- /G4/ **LAI-Hinweise** zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder
Stand: 23.10.2014
- /G5/ Handlungsempfehlungen für EMF- und Schallgutachten zu Hoch- und Höchstspannungstrassen in Bundesfachplanungs-, Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren (**LAI Handlungsempfehlungen**);
Stand: Veröffentlichung: 13.12.2018 Dokument: 01.08.2017
- /G6/ Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - **EnWG**)
Stand: 05.12.2019

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 24 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

Normen, Richtlinien und Hinweise:

- /N1a/ DIN EN 50341-1 (**VDE 0210-1**):2013-11
Freileitungen über AC 1 kV –
Teil 1: Allgemeine Anforderungen – Gemeinsame Festlegungen
- /N1b / DIN EN 50341-2-4 (**VDE 0210-2-4**):2016-04
Freileitungen über AC 1 kV –
Teil 2-4: Nationale Normative Festlegungen (NNA) für Deutschland
- /N2/ **DIN EN 50182** im Stand der Berichtigung 2:2016-02
Leiter für Freileitungen – Leiter aus konzentrisch verseilten runden Drähten
- /N3/ Minimierung elektrischer und magnetischer Felder von
Übertragungs-, Verteil-, und Bahnstromnetzen; **FNN-Hinweis**; VDE (FNN);
2.Ausgabe; Februar 2017
- /N4/ DIN VDE 0105-100 (**VDE 0105-100**):2015-10
Betrieb von elektrischen Anlagen –
Teil 100: Allgemeine Festlegungen
- /N5/ DIN EN 62110 (**VDE 0848-110**) im Stand der Berichtigung 1:2015-07
Elektrische und magnetische Felder, die von Wechselstrom-
Energieversorgungssystemen erzeugt werden - Messverfahren im Hinblick auf die
Exposition der Allgemeinbevölkerung

Richtlinien der TenneT TSO GmbH:

- /T1/ Handbuch Bauen und Errichten, Abschnitt 1.7 Elektrische und magnetische Felder
sowie Koronageräusche
Stand: 27.01.2020

	Immissionsbericht	Datum: 19.08.2020 Seite: 25 von 25
Projekt/Vorhaben: 380-kV-Leitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322		

Weitere Unterlagen:

- /W1/ Handbuch für Hochspannungsleitungen: Niederfrequente elektromagnetische Felder und deren wirksame Reduktion; Peter Bauhofer
Verband der Elektrizitätswerke Österreichs, Ausgabe 1994
- /W2/ DGUV Vorschrift 3
Unfallverhütungsvorschrift Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
Fassung vom 1.Januar 1997
- /W3/ EPRI AC Transmission Line Reference Book – 200 kV and Above, Third Edition;
Electric Power Research Institute (EPRI); USA; 2005
- /W4/ Freileitungen: Planung, Berechnung, Ausführung; F. Kießling, P. Nefzger,
U. Kaintzyk; Springer-Verlag; Berlin; 5.Auflage 2001
- /W5/ Grundsätze für die Ausbauplanung des deutschen Übertragungsnetzes;
50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH,
Transnet BW GmbH
Stand: Veröffentlichung: 29.10.2018 Dokument: Juli 2018

Datenblatt zur geplanten 380-kV-Freileitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze Dänemark, LH-13-322

Spannfeld: T1 – T1 (Donau-Mastkopfbild)

Typ der Freileitung: 50 Hz

Übertragungsleitung
Verteilungsleitung

Masttyp: Tragmast (T1-29.00) / Gestänge D-2-D-2015.3
Tragmast (T1-29.00) / Gestänge D-2-D-2015.3

(schematisches Mastbild ist auf der nachfolgenden Seite beigefügt)

Höchste betriebliche Anlagenauslastung:

Aufgelegte Spannungssysteme – gepl. Zustand

Nennspannung:

System 1: 380 kV (Berechnung mit höchster Betriebsspannung 420 kV)
System 2: 380 kV (Berechnung mit höchster Betriebsspannung 420 kV)

höchster Betriebsstrom:

System 1: 4000 A
System 2: 4000 A

Begrenzung des maximalen betrieblichen Dauerstromes erfolgt durch:

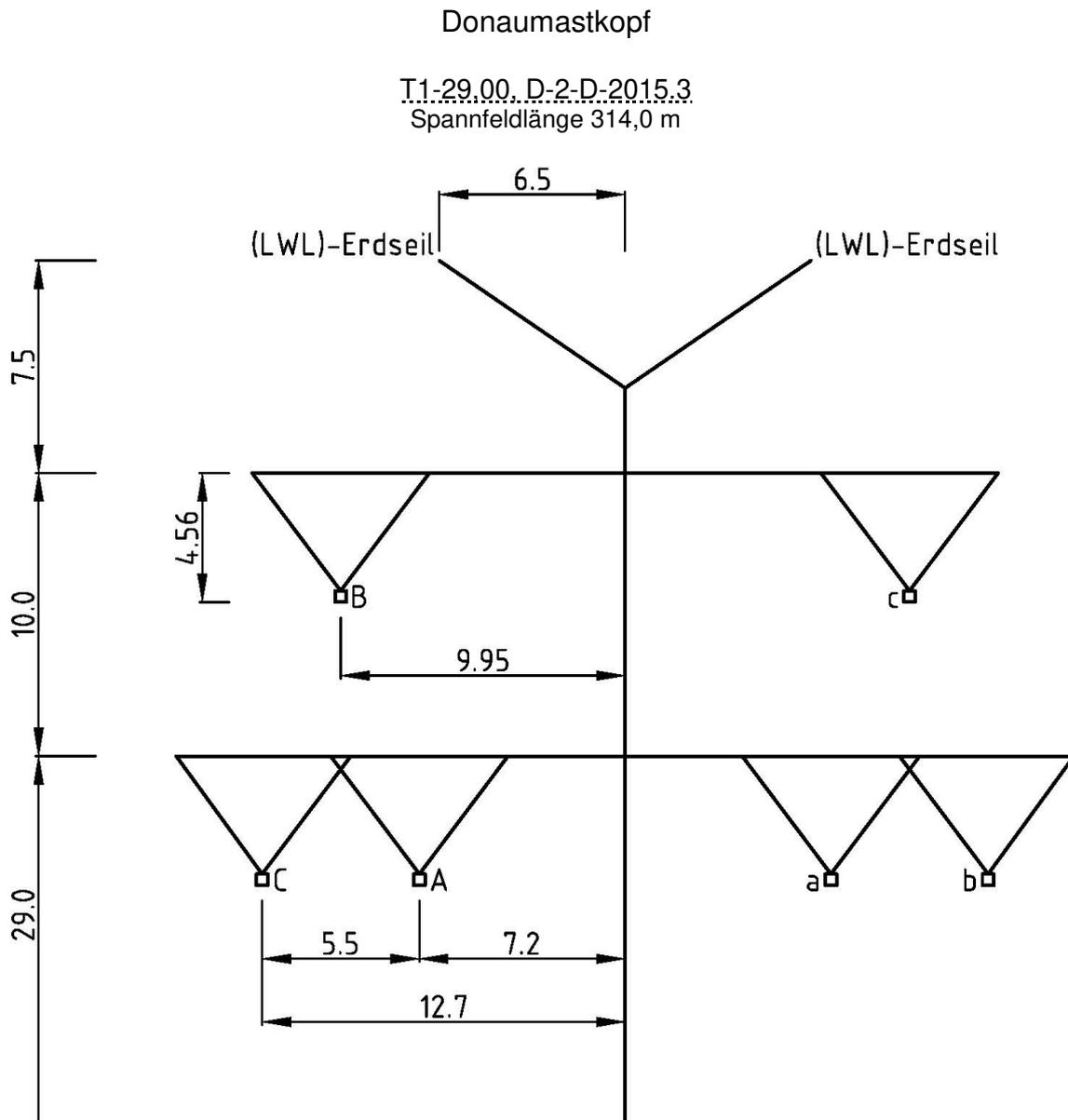
Beantragter Grenzstrom

Projektierter minimaler Bodenabstand ermittelt nach DIN VDE 0210:

Minimaler Bodenabstand im Spannfeld: 12,0 m

Mastbilder

380-kV-Freileitung Klixbüll/Süd – Bundesgrenze DK, LH-13-322



Phasenordnung für die Berechnungen:

Diese Phasenordnung wird je nach Berechnung angepasst, um die jeweils höchsten Immissionswerte zu erreichen (worst case Ansatz).
Die Darstellung der Phasenordnung in dem Mastbild ist daher nur beispielhaft.

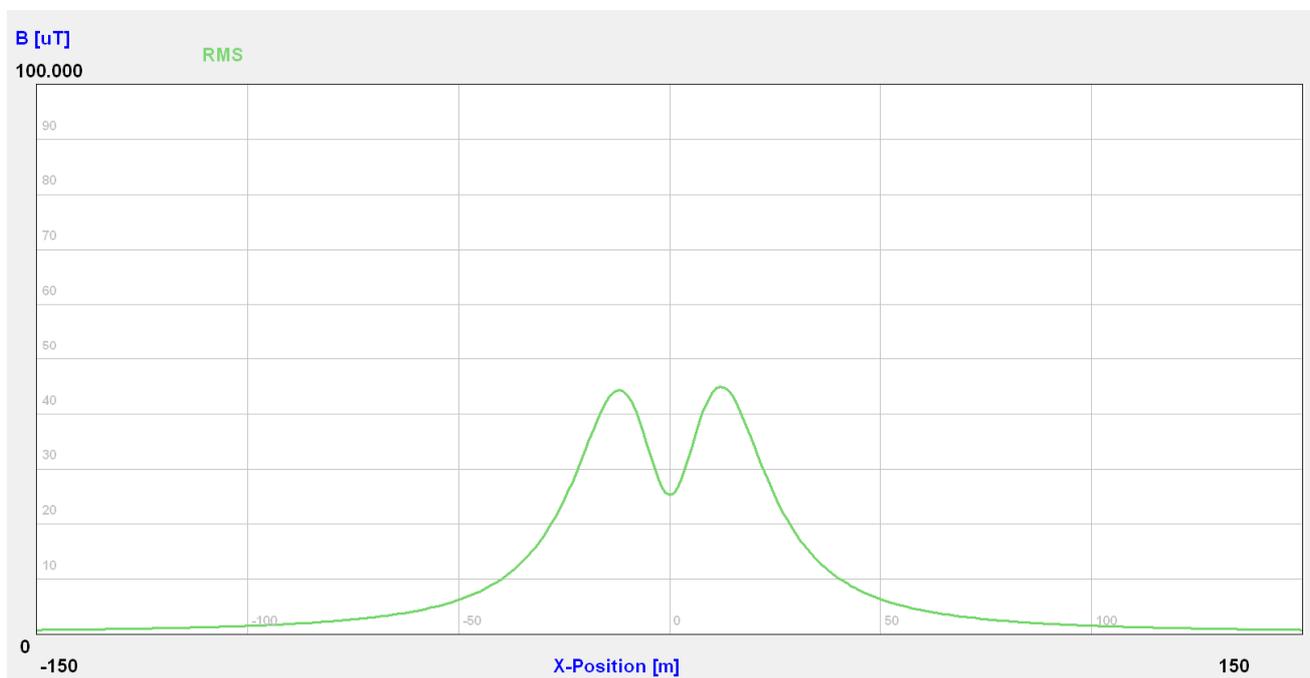
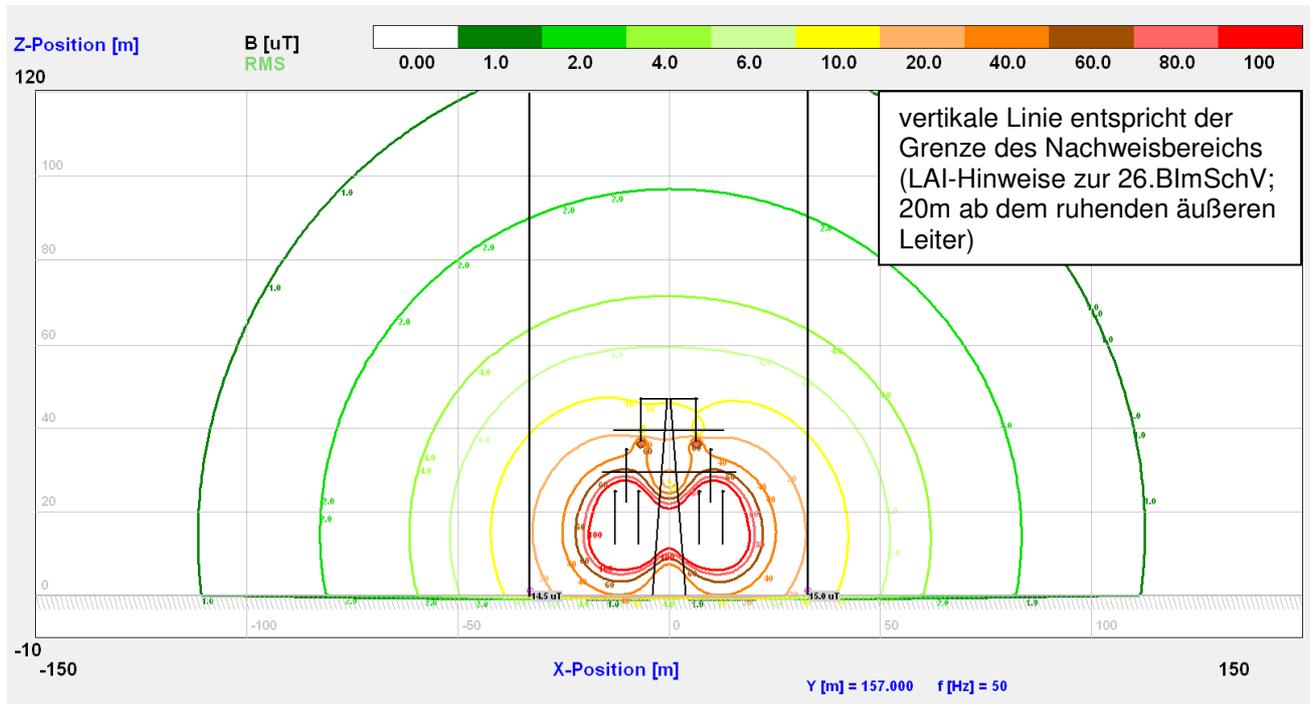
Belegung:

Leiterseil System 1: 3x 4x 565-AL1/72-ST1A (TL-Abstand 400 mm)
Leiterseil System 2: 3x 4x 565-AL1/72-ST1A (TL-Abstand 400 mm)

LWL-Erdseil: 1x 261-AL3/25-A20SA
LWL-Erdseil: 1x 261-AL3/25-A20SA

**Darstellung der Querprofile in Spannfeldmitte (geringster Bodenabstand)
Gestänge D-2-D-2015.3**

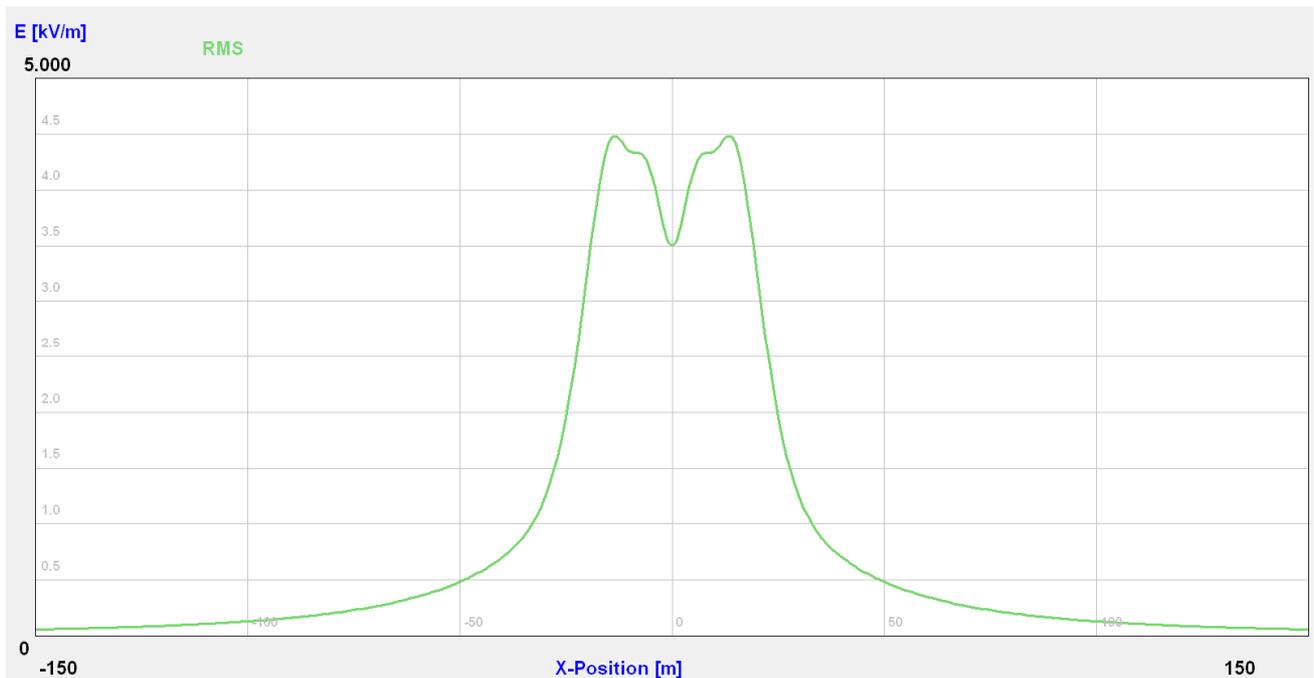
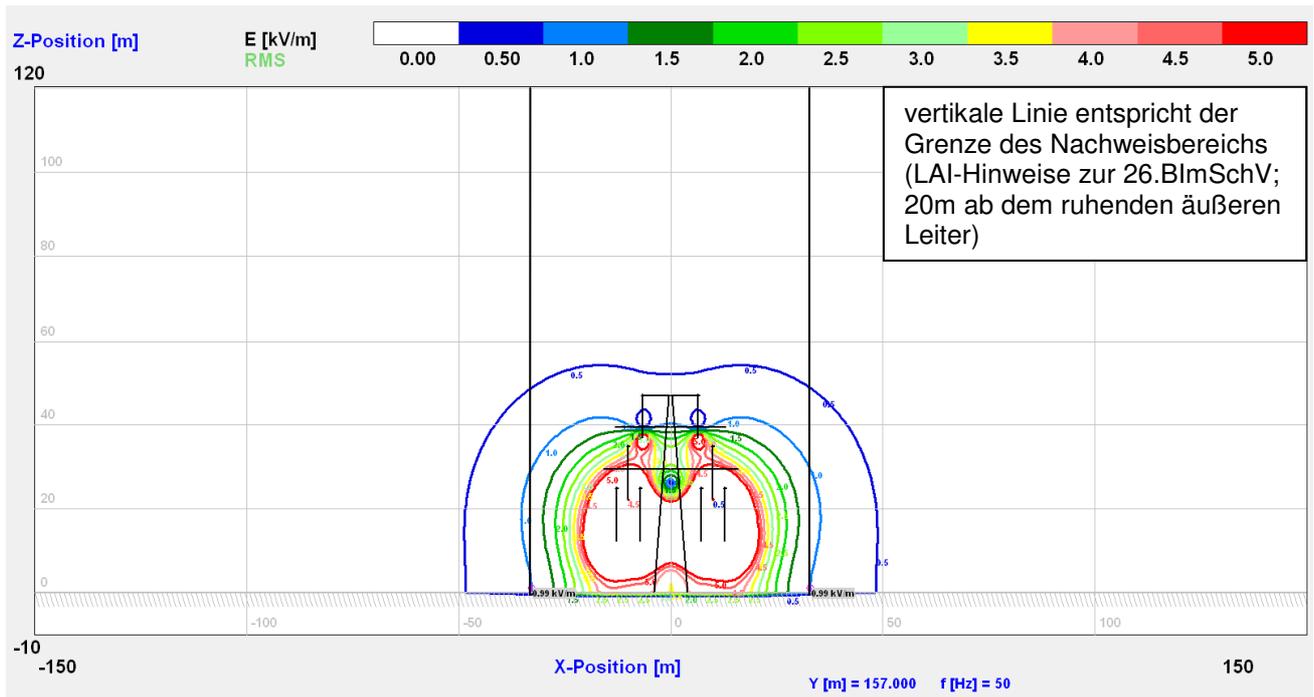
Berechnung der magnetischen Flussdichte B



Magnetische Flussdichte für 1,0 m über Boden im Nachweisbereich entsprechend LAI-Hinweise

- Höchstwert unterhalb der Leitung: 44,8 μ T
- Höchstwert am Rand des Nachweisbereich: 15,0 μ T
(Dargestellt als vertikale Linien)

Berechnung der elektrischen Feldstärke E



Magnetische Flussdichte für 1,0 m über Boden im Nachweisbereich entsprechend LAI-Hinweise

- Höchstwert unterhalb der Leitung: 4,5 kV/m
- Höchstwert am Rand des Nachweisbereich: 1,0 kV/m
(Dargestellt als vertikale Linien)



Projekt/Vorhaben:
380-kV-Leitung Brunsbüttel – Süderdonn – Heide – Husum – Klixbüll – Bundesgrenze DK
Abschnitt 5: Klixbüll/Süd - Bundesgrenze Dänemark, LH-13-322

Planfeststellungsunterlage
 Anlage 8.2

Liste der Immissions- und Minimierungsorte
 Immissions- und Minimierungsorte im konservativ pauschalen Einwirkungsbereich der Leitung sowie die berechneten Immissionen
 (magnetische Flussdichte und elektrische Feldstärke)

lfd. Nr.	Abspann - Abschnitt	von Mast	bis Mast	minimaler Bodenabstand im Spannfeld (m)	Objekt ID	Objektart	Gemarkung	Flur	Flurstücks-Nr.	Abstand vom Grundstück zur Trassen-Achse (m)	Abstand vom Gebäude zur Trassen-Achse (m)	maximale Magnetische Flußdichte (µT) auf dem Flurstück (1 m Höhe über EOK)	maximale elektrische Feldstärke (kV/m) auf dem Flurstück (1 m Höhe über EOK)	maximale Magnetische Flußdichte (µT) am Objekt (4 m Höhe über EOK)	maximale elektrische Feldstärke (kV/m) am Objekt (4 m Höhe über EOK)	Bemerkung
1	3 - 5	4	5	21,5	T004/W62	Wohngebäude	Klixbuell	1	39	295	298	0,1	0,0	0,1	0,0	
2		4	5	21,5	T004/W63	Wohngebäude	Klixbuell	1	89	282	288	0,1	0,0	0,1	0,0	
3		4	5	21,5	T004/W64	Wohngebäude	Klixbuell	1	38	306	307	0,1	0,0	0,1	0,0	
4		4	5	21,5	T004/W73	Wohngebäude	Klixbuell	4	220	376	388	0,0	0,0	0,0	0,0	
5		4	5	21,5	T004/W74	Wohngebäude	Klixbuell	4	175	388	396	0,0	0,0	0,0	0,0	
6		4	5	21,5	T004/W75	Wohngebäude	Klixbuell	4	175	388	406	0,0	0,0	0,0	0,0	
7		4	5	21,5	T004/W76	Wohngebäude	Klixbuell	4	244	326	361	0,1	0,0	0,1	0,0	
8		4	5	21,5	T004/W77	Wohngebäude	Klixbuell	4	119	380	394	0,0	0,0	0,0	0,0	
9		4	5	21,5	T004/W78	Wohngebäude	Klixbuell	4	118	383	399	0,0	0,0	0,0	0,0	
10		4	5	21,5	T004/W79	Wohngebäude	Klixbuell	4	124/1	332	347	0,1	0,0	0,1	0,0	
11		4	5	21,5	T004/W80	Wohngebäude	Klixbuell	4	125	340	358	0,1	0,0	0,1	0,0	
12		4	5	21,5	T004/W81	Wohngebäude	Klixbuell	4	126/1	357	375	0,1	0,0	0,0	0,0	
13		4	5	21,5	T004/W83	Wohngebäude	Klixbuell	4	212	402	415	0,0	0,0	0,0	0,0	
14		4	5	21,5	T004/W86	Wohngebäude	Klixbuell	4	116	336	340	0,1	0,0	0,1	0,0	
15		4	5	21,5	T004/W87	Wohngebäude	Klixbuell	4	121/2	330	341	0,1	0,0	0,1	0,0	
16		4	5	21,5	T004/W88	Wohngebäude	Klixbuell	4	160	350	363	0,1	0,0	0,1	0,0	
17		4	5	21,5	T004/W89	Wohngebäude	Klixbuell	4	117	350	354	0,1	0,0	0,1	0,0	
18		4	5	21,5	T004/W90	Wohngebäude	Klixbuell	4	242	316	319	0,1	0,0	0,1	0,0	
19		4	5	21,5	T004/W91	Wohngebäude	Klixbuell	4	244	326	338	0,1	0,0	0,1	0,0	
20		4	5	21,5	T004/W92	Wohngebäude	Klixbuell	4	159	368	379	0,0	0,0	0,0	0,0	
21		4	5	21,5	T004/W95	Wohngebäude	Klixbuell	11	168	244	270	0,2	0,0	0,1	0,0	
22		4	5	21,5	T004/W96	Wohngebäude	Klixbuell	11	32	219	256	0,2	0,0	0,1	0,0	
23		4	5	21,5	T004/W97	Wohngebäude	Klixbuell	11	32	219	254	0,2	0,0	0,1	0,0	
24		4	5	21,5	T004/W99	Wohngebäude	Klixbuell	11	32	219	258	0,2	0,0	0,1	0,0	
25		4	5	21,5	T004/W100	Wohngebäude	Klixbuell	11	132	232	248	0,2	0,0	0,1	0,0	
26		4	5	21,5	T004/W103	Wohngebäude	Klixbuell	10	187	271	322	0,1	0,0	0,1	0,0	
27		4	5	21,5	T004/W108	Wohngebäude	Klixbuell	11	33	230	262	0,2	0,0	0,1	0,0	
28		4	5	21,5	T004/W132	Wohngebäude	Klixbuell	4	120	361	380	0,1	0,0	0,0	0,0	
29		4	5	21,5	T004/W137	Wohngebäude	Klixbuell	11	168	244	251	0,2	0,0	0,1	0,0	
30		4	5	21,5	T004/W138	Wohngebäude	Klixbuell	11	167	271	278	0,1	0,0	0,1	0,0	
31	5 - 6	5	6	12,7	W005/W49	Wohngebäude	Klixbuell	1	46	235	297	0,2	0,0	0,1	0,0	
32		5	6	12,7	W005/W50	Wohngebäude	Klixbuell	1	46	235	240	0,2	0,0	0,2	0,0	
33		5	6	12,7	W005/W51	Wohngebäude	Klixbuell	1	44/1	65	91	3,7	0,3	1,8	0,2	
34		5	6	12,7	W005/W52	Wohngebäude	Klixbuell	1	19/3	170	178	0,5	0,0	0,4	0,0	
35		5	6	12,7	W005/W53	Wohngebäude	Klixbuell	1	23	192	203	0,4	0,0	0,3	0,0	
36		5	6	12,7	W005/W54	Wohngebäude	Klixbuell	1	33/2	136	141	0,8	0,1	0,7	0,1	
37		5	6	12,7	W005/W55	Wohngebäude	Klixbuell	1	91	89	104	1,9	0,2	1,3	0,1	
38		5	6	12,7	W005/W56	Wohngebäude	Klixbuell	1	92	118	132	1,0	0,1	0,8	0,1	
39		5	6	12,7	W005/W57	Wohngebäude	Klixbuell	1	19/2	145	150	0,7	0,1	0,6	0,1	
40		5	6	12,7	W005/W58	Wohngebäude	Klixbuell	1	77	235	247	0,2	0,0	0,2	0,0	
41		5	6	12,7	W005/W59	Wohngebäude	Klixbuell	1	23	192	199	0,4	0,0	0,3	0,0	
42		5	6	12,7	W005/W60	Wohngebäude	Klixbuell	1	22	210	215	0,3	0,0	0,3	0,0	
43		5	6	12,7	W005/W61	Wohngebäude	Klixbuell	1	78	230	234	0,3	0,0	0,2	0,0	
44		5	6	12,7	W005/W65	Wohngebäude	Klixbuell	1	94	311	314	0,1	0,0	0,1	0,0	
45		5	6	12,7	W005/W66	Wohngebäude	Klixbuell	1	33/5	103	107	1,4	0,1	1,3	0,1	
46		5	6	12,7	W005/W67	Wohngebäude	Klixbuell	1	33/1	155	167	0,6	0,1	0,5	0,0	
47		5	6	12,7	W005/W68	Wohngebäude	Klixbuell	1	31	182	189	0,4	0,0	0,4	0,0	
48		5	6	12,7	W005/W69	Wohngebäude	Klixbuell	1	61	189	212	0,4	0,0	0,3	0,0	
49		5	6	12,7	W005/W82	Wohngebäude	Klixbuell	4	201	327	333	0,1	0,0	0,1	0,0	
50		5	6	12,7	W005/W84	Wohngebäude	Klixbuell	4	11	390	402	0,1	0,0	0,1	0,0	
51		5	6	12,7	W005/W85	Wohngebäude	Klixbuell	4	11	390	406	0,1	0,0	0,1	0,0	
52		5	6	12,7	W005/W93	Wohngebäude	Klixbuell	4	8	286	297	0,2	0,0	0,1	0,0	
53		5	6	12,7	W005/W94	Wohngebäude	Klixbuell	4	203	280	281	0,2	0,0	0,2	0,0	
54		5	6	12,7	W005/W98	Wohngebäude	Klixbuell	11	131	214	230	0,3	0,0	0,3	0,0	



Projekt/Vorhaben:
380-kV-Leitung Brunsbüttel – Süderdonn – Heide – Husum – Klixbüll – Bundesgrenze DK
Abschnitt 5: Klixbüll/Süd - Bundesgrenze Dänemark, LH-13-322

Planfeststellungsunterlage
 Anlage 8.2

Liste der Immissions- und Minimierungsorte
 Immissions- und Minimierungsorte im konservativ pauschalen Einwirkungsbereich der Leitung sowie die berechneten Immissionen
 (magnetische Flussdichte und elektrische Feldstärke)

lfd. Nr.	Abspann - Abschnitt	von Mast	bis Mast	minimaler Bodenabstand im Spannungsfeld (m)	Objekt ID	Objektart	Gemarkung	Flur	Flurstücks-Nr.	Abstand vom Grundstück zur Trassen-Achse (m)	Abstand vom Gebäude zur Trassen-Achse (m)	maximale Magnetische Flußdichte (µT) auf dem Flurstück (1 m Höhe über EOK)	maximale elektrische Feldstärke (kV/m) auf dem Flurstück (1 m Höhe über EOK)	maximale Magnetische Flußdichte (µT) am Objekt (4 m Höhe über EOK)	maximale elektrische Feldstärke (kV/m) am Objekt (4 m Höhe über EOK)	Bemerkung
55		5	6	12,7	W005/W101	Wohngebäude	Klixbuell	11	130	193	203	0,4	0,0	0,3	0,0	
56		5	6	12,7	W005/W102	Wohngebäude	Klixbuell	11	31/2	166	172	0,5	0,0	0,5	0,0	
57		5	6	12,7	W005/W104	Wohngebäude	Klixbuell	11	130	193	202	0,4	0,0	0,3	0,0	
58		5	6	12,7	W005/W105	Wohngebäude	Klixbuell	11	29	128	135	0,9	0,1	0,8	0,1	
59		5	6	12,7	W005/W106	Wohngebäude	Klixbuell	11	29	128	137	0,9	0,1	0,7	0,1	
60		5	6	12,7	W005/W107	Wohngebäude	Klixbuell	11	30	148	155	0,6	0,1	0,6	0,1	
61	6 - 11	6	7	16,3	W006/W70	Wohngebäude	Klixbuell	1	74	186	214	0,4	0,0	0,3	0,0	
62		6	7	16,3	W006/W71	Wohngebäude	Klixbuell	1	74	186	303	0,4	0,0	0,1	0,0	
63		7	8	12,4	T007/W72	Wohngebäude	Klixbuell	1	107	147	176	0,6	0,1	0,4	0,0	
64	11 - 13	12	13	20,5	T012/W44	Wohngebäude	Braderup	9	55	193	259	0,4	0,0	0,2	0,0	
65	13 - 14	13	14	13,7	W013/W9	Wohngebäude	Braderup	3	114	303	371	0,1	0,0	0,0	0,0	
66		13	14	13,7	W013/W38	Wohngebäude	Braderup	9	61	310	342	0,1	0,0	0,0	0,0	
67		13	14	13,7	W013/W39	Wohngebäude	Braderup	9	18	260	276	0,1	0,0	0,1	0,0	
68		13	14	13,7	W013/W40	Wohngebäude	Braderup	9	18	260	284	0,1	0,0	0,1	0,0	
69		13	14	13,7	W013/W41	Wohngebäude	Braderup	9	19	286	304	0,1	0,0	0,1	0,0	
70		13	14	13,7	W013/W42	Wohngebäude	Braderup	9	17	235	253	0,1	0,0	0,1	0,0	
71		13	14	13,7	W013/W43	Wohngebäude	Braderup	9	18	260	279	0,1	0,0	0,1	0,0	
72		13	14	13,7	W013/W45	Wohngebäude	Braderup	9	11	85	144	1,6	0,2	0,4	0,0	
73		13	14	13,7	W013/W46	Wohngebäude	Braderup	9	54	206	222	0,2	0,0	0,1	0,0	
74	14 - 17	14	15	13,2	W014/W2	Wohngebäude	Braderup	3	49/7	385	397	0,1	0,0	0,1	0,0	
75		14	15	13,2	W014/W3	Wohngebäude	Braderup	3	90	359	395	0,1	0,0	0,1	0,0	
76		14	15	13,2	W014/W4	Wohngebäude	Braderup	3	101	386	398	0,1	0,0	0,1	0,0	
77		14	15	13,2	W014/W5	Wohngebäude	Braderup	3	102	350	367	0,1	0,0	0,1	0,0	
78		14	15	13,2	W014/W6	Wohngebäude	Braderup	3	111	366	377	0,1	0,0	0,1	0,0	
79		14	15	13,2	W014/W7	Wohngebäude	Braderup	3	103	321	334	0,1	0,0	0,1	0,0	
80		14	15	13,2	W014/W10	Wohngebäude	Braderup	3	92	356	378	0,1	0,0	0,1	0,0	
81		14	15	13,2	W014/W11	Wohngebäude	Braderup	3	31/1	405	413	0,0	0,0	0,0	0,0	
82		14	15	13,2	W014/W12	Wohngebäude	Braderup	3	18	395	414	0,1	0,0	0,0	0,0	
83		14	15	13,2	W014/W13	Wohngebäude	Braderup	3	19	368	392	0,1	0,0	0,1	0,0	
84		14	15	13,2	W014/W17	Wohngebäude	Braderup	3	90	359	372	0,1	0,0	0,1	0,0	
85		14	15	13,2	W014/W18	Wohngebäude	Braderup	3	66	332	343	0,1	0,0	0,1	0,0	
86		14	15	13,2	W014/W19	Wohngebäude	Braderup	3	26	306	316	0,1	0,0	0,1	0,0	
87		14	15	13,2	W014/W20	Wohngebäude	Braderup	3	25	294	300	0,1	0,0	0,1	0,0	
88		14	15	13,2	W014/W21	Wohngebäude	Braderup	3	98	257	324	0,2	0,0	0,1	0,0	
89		14	15	13,2	W014/W22	Wohngebäude	Braderup	3	54	132	177	0,7	0,1	0,4	0,0	
90		14	15	13,2	W014/W23	Wohngebäude	Braderup	4	41	204	207	0,3	0,0	0,3	0,0	
91		14	15	13,2	W014/W24	Wohngebäude	Braderup	4	41	204	242	0,3	0,0	0,2	0,0	
92		14	15	13,2	W014/W25	Wohngebäude	Braderup	4	46	164	214	0,4	0,0	0,2	0,0	
93		14	15	13,2	W014/W26	Wohngebäude	Braderup	4	45	252	283	0,2	0,0	0,1	0,0	
94		14	15	13,2	W014/W28	Wohngebäude	Braderup	3	125	280	302	0,1	0,0	0,1	0,0	
95		14	15	13,2	W014/W29	Wohngebäude	Braderup	3	24/2	279	286	0,1	0,0	0,1	0,0	
96		14	15	13,2	W014/W30	Wohngebäude	Braderup	3	23	236	245	0,2	0,0	0,2	0,0	
97		14	15	13,2	W014/W31	Wohngebäude	Braderup	3	105	262	273	0,1	0,0	0,1	0,0	
98		14	15	13,2	W014/W32	Wohngebäude	Braderup	3	21	164	222	0,4	0,0	0,2	0,0	
99		14	15	13,2	W014/W33	Wohngebäude	Braderup	3	22	216	219	0,2	0,0	0,2	0,0	
100		15	16	12,4	T015/W1	Wohngebäude	Braderup	3	120	397	419	0,0	0,0	0,0	0,0	
101		15	16	12,4	T015/W8	Wohngebäude	Braderup	3	3/1	262	298	0,1	0,0	0,1	0,0	
102		15	16	12,4	T015/W14	Wohngebäude	Braderup	3	57	370	384	0,1	0,0	0,1	0,0	
103		15	16	12,4	T015/W15	Wohngebäude	Braderup	3	56	356	369	0,1	0,0	0,1	0,0	
104		15	16	12,4	T015/W16	Wohngebäude	Braderup	3	7/3	338	356	0,1	0,0	0,1	0,0	
105		16	17	18,3	T7.2/W47	Wohngebäude	Braderup	1	139	240	257	0,1	0,0	0,1	0,0	
106	17 - 19	17	18	12,6	W017/W48	Wohngebäude	Braderup	1	142	100	116	1,4	0,1	1,0	0,1	
107		18	19	12,4	T018/W27	Wohngebäude	Braderup	4	3	286	341	0,1	0,0	0,1	0,0	
108	19 - 22	19	20	13,8	W019/W34	Wohngebäude	Braderup	5	38	220	244	0,1	0,0	0,1	0,0	



Projekt/Vorhaben:
380-kV-Leitung Brunsbüttel – Süderdonn – Heide – Husum – Klixbüll – Bundesgrenze DK
Abschnitt 5: Klixbüll/Süd - Bundesgrenze Dänemark, LH-13-322

Planfeststellungsunterlage
 Anlage 8.2

Liste der Immissions- und Minimierungsorte
 Immissions- und Minimierungsorte im konservativ pauschalen Einwirkungsbereich der Leitung sowie die berechneten Immissionen
 (magnetische Flussdichte und elektrische Feldstärke)

lfd. Nr.	Abspann - Abschnitt	von Mast	bis Mast	minimaler Bodenabstand im Spannungsfeld (m)	Objekt ID	Objektart	Gemarkung	Flur	Flurstücks-Nr.	Abstand vom Grundstück zur Trassen-Achse (m)	Abstand vom Gebäude zur Trassen-Achse (m)	maximale Magnetische Flußdichte (µT) auf dem Flurstück (1 m Höhe über EOK)	maximale elektrische Feldstärke (kV/m) auf dem Flurstück (1 m Höhe über EOK)	maximale Magnetische Flußdichte (µT) am Objekt (4 m Höhe über EOK)	maximale elektrische Feldstärke (kV/m) am Objekt (4 m Höhe über EOK)	Bemerkung
109		19	20	13,8	W019/W35	Wohngebäude	Braderup	5	26	174	204	0,3	0,0	0,2	0,0	
110		20	21	13,1	T020/W36	Wohngebäude	Braderup	5	11	246	206	0,2	0,0	0,3	0,0	
111		20	21	13,1	T020/W37	Wohngebäude	Braderup	5	11	246	246	0,2	0,0	0,2	0,0	
112		21	22	15,2	T021/W120	Wohngebäude	Suederluegum	18	156	203	259	0,2	0,0	0,1	0,0	
113		21	22	15,2	T021/W121	Wohngebäude	Suederluegum	18	156	203	280	0,2	0,0	0,1	0,0	
114	22 - 25	22	23	14,1	W022/W118	Wohngebäude	Suederluegum	18	29/1	180	297	0,4	0,0	0,1	0,0	
115		22	23	14,1	W022/W122	Wohngebäude	Suederluegum	18	106	302	369	0,1	0,0	0,1	0,0	
116	26 - 34	27	28	14,6	T027/W113	Wohngebäude	Suederluegum	4	18	189	228	0,3	0,0	0,2	0,0	
117		27	28	14,6	T027/W114	Wohngebäude	Suederluegum	4	68	135	147	0,7	0,1	0,6	0,1	
118		27	28	14,6	T027/W119	Wohngebäude	Suederluegum	17	145	107	118	1,1	0,1	0,9	0,1	
119		27	28	14,6	T027/W128	Wohngebäude	Suederluegum	4	23/2	337	357	0,1	0,0	0,1	0,0	
120		27	28	14,6	T027/W129	Wohngebäude	Suederluegum	18	4	351	368	0,1	0,0	0,1	0,0	
121		27	28	14,6	T027/W130	Wohngebäude	Suederluegum	18	160	296	317	0,1	0,0	0,1	0,0	
122		27	28	14,6	T027/W131	Wohngebäude	Suederluegum	18	158	226	235	0,2	0,0	0,2	0,0	
123		28	29	15,1	T028/W109	Wohngebäude	Suederluegum	4	65	259	283	0,1	0,0	0,1	0,0	
124		28	29	15,1	T028/W110	Wohngebäude	Suederluegum	4	66	277	293	0,1	0,0	0,1	0,0	
125		28	29	15,1	T028/W111	Wohngebäude	Suederluegum	4	26/1	229	253	0,2	0,0	0,2	0,0	
126		28	29	15,1	T028/W112	Wohngebäude	Suederluegum	4	23/4	176	195	0,4	0,0	0,3	0,0	
127		28	29	15,1	T028/W117	Wohngebäude	Suederluegum	16	1	347	384	0,1	0,0	0,1	0,0	
128		28	29	15,1	T028/W125	Wohngebäude	Suederluegum	4	12	399	413	0,0	0,0	0,0	0,0	
129		28	29	15,1	T028/W126	Wohngebäude	Suederluegum	4	26/2	370	387	0,1	0,0	0,1	0,0	
130		28	29	15,1	T028/W127	Wohngebäude	Suederluegum	4	49	301	320	0,1	0,0	0,1	0,0	
131		28	29	15,1	T028/W135	Wohngebäude	Suederluegum	4	24/1	203	229	0,3	0,0	0,2	0,0	
132		28	29	15,1	T028/W136	Wohngebäude	Suederluegum	4	25/2	216	233	0,2	0,0	0,2	0,0	
133		31	32	13,3	T031/W115	Wohngebäude	Suederluegum	7	174	375	390	0,0	0,0	0,0	0,0	
134		31	32	13,3	T031/W116	Wohngebäude	Suederluegum	7	201	375	415	0,0	0,0	0,0	0,0	
135		31	32	13,3	T031/W133	Wohngebäude	Suederluegum	7	232	169	229	0,3	0,0	0,1	0,0	
136		31	32	13,3	T031/W134	Wohngebäude	Suederluegum	7	232	169	174	0,3	0,0	0,3	0,0	
137		32	33	15,3	T032/W124	Wohngebäude	Suederluegum	3	170	81	115	2,0	0,2	0,9	0,1	
138		33	34	13,6	T033/W123	Wohngebäude	Suederluegum	2	145	219	234	0,1	0,0	0,1	0,0	

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

unabhängiger Sachverständiger für "Elektromagnetische Umweltverträglichkeit - EMVU"

Forschungsgesellschaft
für Energie
Umwelt und Umwelttechnologie GmbH
Yorckstr. 60, D-10965 Berlin, Tel 786 97 99, Fax 786 63 89