

1. Deckblattänderung

Minimierung der Feldstärken gemäß 26. BImSchVVwV der 380-kV-Freileitung Conneforde - Elsfleth/West der TenneT TSO GmbH

Gutachterliche Bewertung

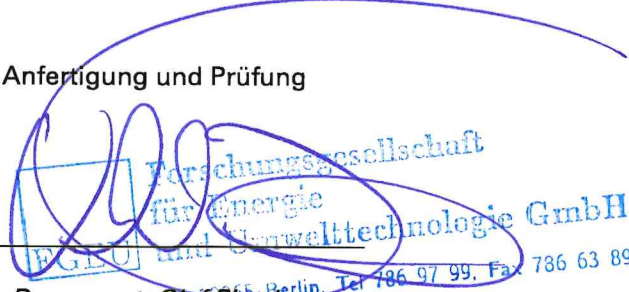
Im Auftrag von Powerlines Energy Germany GmbH, Engelberg 22, 88480
Achstetten

Vorhabenträgerin ist die TenneT TSO GmbH, Bernecker Straße 70, 95448
Bayreuth

Anzahl der Seiten
einschließlich
Titelseite: 32

A-00497a / 2023

Anfertigung und Prüfung


Forschungsgesellschaft
für Energie
und Umwelttechnologie GmbH
FGEU
Dr. rer. nat. Olaf Plotzke
unabhängiger Sachverständiger für
„Elektromagnetische Umweltverträglichkeit - EMVU“
Vorstandsmitglied
Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie GmbH
10585 Berlin, Tel 786 97 99, Fax 786 63 89

Berlin - 09.04.2025

Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH

Berlin [2025](#), (C) Copyright FGEU mbH.

Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung oder Reproduktion unter Verwendung elektronischer Systeme, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der FGEU mbH.

Inhaltsverzeichnis:

1.	Einleitung / Vorbemerkungen.....	4
2.	Maßgebliche Minimierungsorte.....	7
3.	Parameter der Freileitung (Referenzzustand)	14
4.	Berechnung der Feldstärken.....	16
5.	Minimierung der Feldstärken	17
6.	Literatur	32

1. Einleitung / Vorbemerkungen

Untersuchungsgegenstand ist die Minimierung der Feldstärken der 380-kV-Freileitung Conneforde - Elsfleth/West der TenneT TSO GmbH. Die Analyse erfolgte im Auftrag der Powerlines Energy Germany GmbH, Engelberg 22, 88480 Achstetten.

Gemäß 26. BImSchV sind bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Die näheren Anforderungen sind in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV [26. BImSchVVwV] geregelt.

Der **Einwirkungsbereich** beträgt 400 m um die Bodenprojektion des ruhenden äußeren Leiters der Freileitung.

Der **Bewertungsabstand** beträgt 20 m um die Bodenprojektion des ruhenden äußeren Leiters der Freileitung.

Ein **maßgeblicher Minimierungsort** ist ein im Einwirkungsbereich der Freileitung liegendes Gebäude oder Grundstück im Sinne des § 4 Absatz 1 26. BImSchV (Wohnungen, Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze oder ähnliche Einrichtungen) sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist.

Der **Bezugspunkt** ist ein Punkt, der für maßgebliche Minimierungsorte, die außerhalb des Bewertungsabstandes liegen, ermittelt wird. Er liegt im Bewertungsabstand auf der kürzesten Geraden zwischen dem jeweiligen maßgeblichen Minimierungsort und der jeweiligen Trassenachse. Bei dichter Bebauung und damit einer Vielzahl von Bezugspunkten können stattdessen ein oder mehrere **repräsentative Bezugspunkte** gewählt werden. Nachfolgend ist eine beispielhafte Darstellung für die Festlegung von Bezugspunkten gegeben.

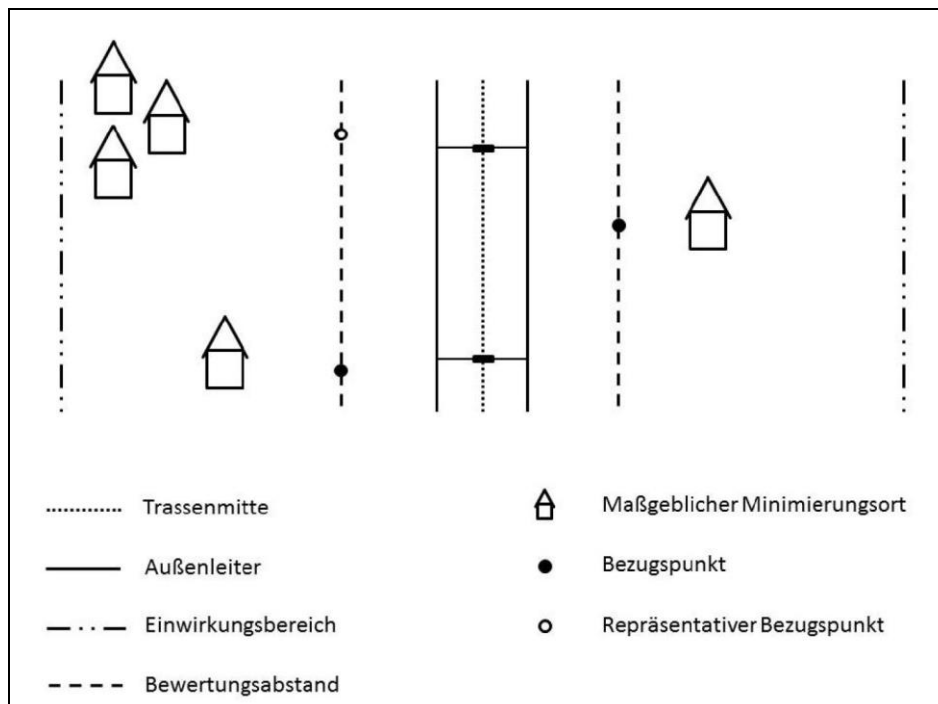


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung von Einwirkungsbereich und Bewertungsabstand einer Freileitung. Alle maßgeblichen Minimierungsorte liegen außerhalb des Bewertungsabstandes, weshalb Bezugspunkte festgelegt werden. Drei der maßgeblichen Minimierungsorte liegen nah zusammen, sodass hier ein (gemeinsamer) repräsentativer Bezugspunkt festgelegt wird. Darstellung entnommen aus Anhang II zu Nummer 3.2.2.1 der 26. BImSchVVwV

Die **Abstände** sind jeweils zur Bodenprojektion des ruhenden äußeren Leiters der Freileitung angegeben.

Befindet sich mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort im Einwirkungsbereich der Freileitung sind **Minimierungsmaßnahmen zu prüfen**. Liegen mehrere maßgebliche Minimierungsorte innerhalb des Einwirkungsbereiches, werden bei der Minimierung **alle maßgeblichen Minimierungsorte gleichrangig** betrachtet.

Eine Maßnahme kommt als Minimierungsmaßnahme nicht in Betracht, wenn sie zu einer Erhöhung der Immissionen an einem maßgeblichen Minimierungsort führen würde.

Das Minimierungsgebot verlangt **keine Alternativenprüfung** (z.B. Erdkabel statt Freileitung) und **keine Prüfung einer alternativen Trassenführung**.

Wirkt sich eine Maßnahme unterschiedlich auf das elektrische und das magnetische Feld aus, ist die **Minimierung des magnetischen Feldes zu bevorzugen**.

2. Maßgebliche Minimierungsorte

Es liegen an insgesamt 87 Stellen maßgebliche Minimierungsorte (MMO) vor. Sieben liegen innerhalb, die restlichen 80 außerhalb des Bewertungsabstandes der Freileitung. Daher werden 80 Bezugspunkte (BP) für die Bewertung festgelegt. An 42 der betrachteten Stellen liegen mehrere maßgebliche Minimierungsorte dicht beieinander. Es werden daher 42 der Bezugspunkte als repräsentative Bezugspunkte (rBP) festgelegt. Nachfolgend sind alle 87 Stellen mit maßgeblichen Minimierungsorten tabellarisch dargestellt.

Die Abstandswerte beziehen sich auf den horizontalen Abstand zwischen dem ruhenden äußeren Leiterseil und dem Grundstück bzw. dem Gebäude. Befinden sich auf einem Grundstück mehrere Gebäude, bezieht sich die Abstandsangabe immer auf jenes Gebäude, welches dem ruhenden äußeren Leiterseil am nächsten liegt und gleichzeitig zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist. In der Tabelle sind Abstandswerte dann nicht fettgedruckt, wenn es sich bei dem entsprechenden Grundstück / Gebäude um einen Ort handelt, der nur zum vorübergehenden Aufenthalt bestimmt ist.

Tabelle 1: Maßgebliche Minimierungsorte

Nr.	Spannfeld	Abstand Grundstück [m]	Abstand Gebäude [m]	Adresse	Gemarkung, Flur, Flurstück
01	M001 - M002	129	165	Dobbenweg, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 48, 96/6
02	M001 - M002	203	204	Dobbenweg 2A, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 48, 95/23
03	M002 - M003	0 ^{*)}	138	Dobbenweg, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 45, 64/3
04	M002 - M003	81	179	Dorfstraße 9, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 45, 64/3
05	M002 - M003	33	48	Feriengebiet, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 44, 107/12
06	M002 - M003	152	180	Dorfstraße 8A, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 45, 85/3
07	M003 - M004	0	185	Dorfstraße, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 44, 97
08	M003 - M004	183	314	Dorfstraße 8D, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 44, 88/14
09	M003 - M004	325	327	Dorfstraße, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 45, 85/4
10	M004 - M005	37	105	Dorfstraße, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 44, 88/11

Nr.	Spannfeld	Abstand Grund- stück [m]	Abstand Gebäude [m]	Adresse	Gemarkung, Flur, Flurstück
11	M006 - M007	141	173	Hullenhauser Str., 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 44, 170/1
12	M006 - M007	56	91	Hullenhauser Str. 8, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 50, 1/6
13	M007 - M008	86	113	Hullenhauser Str. 3, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 49, 8/2
14	M007 - M008	262	285	Wapeldorfer Straße 7, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 49, 15/2
15	M008 - M009	328	362	Hullenhauser Str. 20, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 50, 7/3
16	M009 - M010	49	103	Wapeldorfer Straße 5, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 49, 26/4
17	M009 - M010	80	95	Wapeldorfer Straße 8, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 49, 43/7
18	M011 - M012	259	350	Wapeldorfer Straße 2, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 49, 80/5
19	M012 - M013	311	347	Spohler Straße 317, 26180 Rastede	Rastede, 1, 199/60
20	M014 - M015	27	29	Dringenburger Straße 268, 26180 Rastede	Rastede, 1, 50/2
21	M014 - M015	27	81	Dringenburger Straße 268, 26180 Rastede	Rastede, 1, 50/2
22	M014 - M015	108	146	Bekhauser Straße 19, 26215 Wiefelstede	Wiefelstede, 1, 59/1
23	M014 - M015	106	112	Consensweg 13, 26180 Rastede	Rastede, 1, 34/3
24	M014 - M015	0	51	Dringenburger Straße 250, 26180 Rastede	Rastede, 1, 200/46
25	M015 - M016	1	52	Dringenburger Straße 277A, 26180 Rastede	Rastede, 1, 40/25
26	M015 - M016	203	257	Dringenburger Straße 217, 26180 Rastede	Rastede, 1, 44/1
27	M017 - M018	141	184	Meyers Weg 30, 26180 Rastede	Rastede, 8, 2/1
28	M019 - M020	375	383	Dringenburger Straße 160, 26180 Rastede	Rastede, 2, 146/5
29	M019 - M020	280	316	Vorderweg 92, 26180 Rastede	Rastede, 8, 12/12
30	M021 - M022	2 ^{*)}	86	Dringenburger Straße 73, 26180 Rastede	Rastede, 6, 2/3
31	M021 - M022	139	154	Dringenburger Straße 73, 26180 Rastede	Rastede, 6, 2/3
32	M021 - M022	133	175	Dringenburger Straße 71, 26180 Rastede	Rastede, 6, 15/1
33	M021 - M022	113	165	Auf dem Knollen 40, 26180 Rastede	Rastede, 6, 16/1
34	M022 - M023	24	69	Auf dem Knollen 20, 26180 Rastede	Rastede, 6, 516/21

Nr.	Spannfeld	Abstand Grund- stück [m]	Abstand Gebäude [m]	Adresse	Gemarkung, Flur, Flurstück
35	M023 - M024	30	47	Wilhelmshavener Straße 465, 26180 Rastede	Rastede, 6, 422/33
36	M023 - M024	58	70	Wilhelmshavener Straße 467, 26180 Rastede	Rastede, 6, 471/33
37	M023 - M024	41	49	Wilhelmshavener Straße 450, 26180 Rastede	Rastede, 6, 77/2
38	M024 - M025	54	66	Schanzer Weg 65, 26180 Rastede	Rastede, 6, 84/1
39	M024 - M025	3 ^{**})	5	Poppenburg 5, 26180 Rastede	Rastede, 6, 654/128
40	M025 - M026	3 ^{**})	31	Poppenburg 5, 26180 Rastede	Rastede, 6, 654/128
41	M025 - M026	66	119	Schanzer Weg 94, 26180 Rastede	Rastede, 6, 110/4
42	M025 - M026	6	20	Poppenburg 9, 26180 Rastede	Rastede, 6, 131/2
43	M025 - M026	162	181	Poppenburg 17, 26180 Rastede	Rastede, 6, 141/21
44	M026 - M027	329	377	Ackerweg 23, 26180 Rastede	Rastede, 5, 121/4
45	M026 - M027	223	258	Zur Heideblume 30, 26180 Rastede	Rastede, 14, 258/62
46	M027 - M028	59	75	Wullgrasweg 7, 26180 Rastede	Rastede, 14, 219/68
47	M027 - M028	114	122	Wullgrasweg 13, 26180 Rastede	Rastede, 14, 68/1
48	M028 - M029	175	203	Hahnermoorweg 137, 26180 Rastede	Rastede, 14, 250/74
49	M030 - M031	41	68	Hahnermoorweg 221, 26180 Rastede	Rastede, 14, 301/105
50	M031 - M032	84	97	Alter Lehmder Weg 51, 26180 Rastede	Rastede, 14, 114/1
51	M031 - M032	212	246	Alter Lehmder Weg 48A, 26180 Rastede	Rastede, 16, 487/43
52	M032 - M033	138	177	Bäkenweg 11, 26180 Rastede	Rastede, 14, 303/125
53	M033 - M034	328	351	Lehmder Straße 326, 26180 Rastede	Rastede, 16, 486/117
54	M033 - M034	277	321	Bäkenweg 21, 26180 Rastede	Rastede, 14, 136/2
55	M033 - M034	172	225	Lehmder Straße 349, 26180 Rastede	Rastede, 16, 445/176
56	M034 - M035	398	400	Lehmdenmoorweg 2, 26349 Jade	Rastede, 11, 204/27
57	M035 - M036	57	75	Lehmder Straße 423, 26180 Rastede	Rastede, 616/199
58	M035 - M036	120	164	Lehmder Straße 392, 26180 Rastede	Rastede, 16, 620/163

Nr.	Spannfeld	Abstand Grund- stück [m]	Abstand Gebäude [m]	Adresse	Gemarkung, Flur, Flurstück
59	M035 - M036	134	173	Lehmder Straße 436, 26180 Rastede	Rastede, 15, 265/32
60	M037 - M038	178	200	Alter Lehmdermoorweg 43A, 26180 Rastede	Rastede, 15, 90/2
61	M037 - M038	314	400	Alter Lehmdermoorweg 9, 26180 Rastede	Rastede, 16, 222/1
62	M038 - M039	191	230	Alter Lehmdermoorweg 50, 26180 Rastede	Rastede, 15, 151/96
63	M038 - M039	217	239	Delfshauser Straße 45, 26180 Rastede	Rastede, 26, 384/35
64	M040 - M041	137	155	Dörpstraat 143, 26180 Rastede	Rastede, 27, 353/155
65	M040 - M041	103	166	Dörpstraat 137, 26180 Rastede	Rastede, 27, 354/145
66	M040 - M041	94	135	Delfshauser Straße 82, 26180 Rastede	Rastede, 26, 362/52
67	M041 - M042	107	149	Dörpstraat 111, 26180 Rastede	Rastede, 28, 699/257
68	M041 - M042	138	151	Delfshauser Straße 106, 26180 Rastede	Rastede, 26, 58/5
69	M044 - M045	153	181	Tabkeweg 37, 26180 Rastede	Rastede, 26, 58/24
70	M044 - M045	82	183	Helmsweg 67, 26180 Rastede	Rastede, 26, 205/58
71	M046 - M047	162	177	Kleibroker Straße 395, 26180 Rastede	Rastede, 28, 711/191
72	M046 - M047	118	164	Kleibroker Straße 359, 26180 Rastede	Rastede, 26, 402/75
73	M047 - M048	284	292	Eggerkingsweg 15, 26180 Rastede	Rastede, 29, 359/98
74	M051 - M052	141	173	Moorseiter Straße 65, 26939 Ovelgönne	Großenmeer, 7, 343/134
75	M052 - M053	72	97	Eggerkingsweg 3, 26939 Ovelgönne	Großenmeer, 7, 345/183
76	M052 - M053	15	36	Moorseiter Straße 61, 26939 Ovelgönne	Großenmeer, 7, 334/169
77	M053 - M054	75	155	Moorseiter Straße 63, 26939 Ovelgönne	Großenmeer, 7, 342/145
78	M059 - M060	249	276	Oberströmische Straße 29, 26939 Ovelgönne	Großenmeer, 6, 255/64
78a	M059 - M060	227	287	Oberströmische Straße 19, 26939 Ovelgönne	Großenmeer, 6, 232/95
78b	M061 - M062	264	311	Barghorner Straße 11, 26939 Ovelgönne	Großenmeer, 5, 70/1
79	M063 - M064	360	365	Meerkircher Straße 45, 26939 Ovelgönne	Großenmeer, 5, 80/6
80	M063 - M064	394	400	Meerkircher Straße 47, 26939 Ovelgönne	Großenmeer, 5, 80/14

Nr.	Spannfeld	Abstand Grundstück [m]	Abstand Gebäude [m]	Adresse	Gemarkung, Flur, Flurstück
81	M063 - M064	139	140	Meerkircher Straße 42, 26939 Ovelgönne	Großenmeer, 5, 25/7
82	M064 - M065	315	323	Grantchaussee 4, 26939 Ovelgönne	Großenmeer, 11, 5/1
83	M075 - M076	227	241	Mitteldeich 3, 26931 Elsfleth	Moorriem, 38, 10/4
84	M076 - M077	175	179	Mitteldeich 2, 26931 Elsfleth	Moorriem, 38, 42/1
85	M074 - M075	102	202	Mitteldeich 1, 26931 Elsfleth	Moorriem, 38, 43

*) Die jeweils südlichen Teile der Grundstücke von MMO 03 und 30 sind Lagerflächen, sodass es sich um Orte handelt, die nur zum vorübergehenden Aufenthalt bestimmt sind. Diese Teile der Grundstücke werden daher nachfolgend nicht als maßgebliche Minimierungsorte betrachtet.

**) Das Grundstück wird aufgrund des Wohngebäudes (MMO 40) vorsorglich als Ort zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt behandelt.

Nachfolgend ist exemplarisch die Festlegung der Bezugspunkte in Abhängigkeit der Lage der Minimierungsorte und des Bewertungsabstandes dargestellt. Die Trassenachse ist in hellblau eingetragen, der Bewertungsabstand in dunkelblau. Der MMO liegt außerhalb des Bewertungsabstandes, weshalb die kürzeste Gerade zwischen dem MMO und der Trassenachse in lila eingezeichnet ist. Der Schnittpunkt dieser Geraden mit dem Bewertungsabstand markiert den Bezugspunkt BP. Alle Bezugspunkte wurden auf diese Art ermittelt.

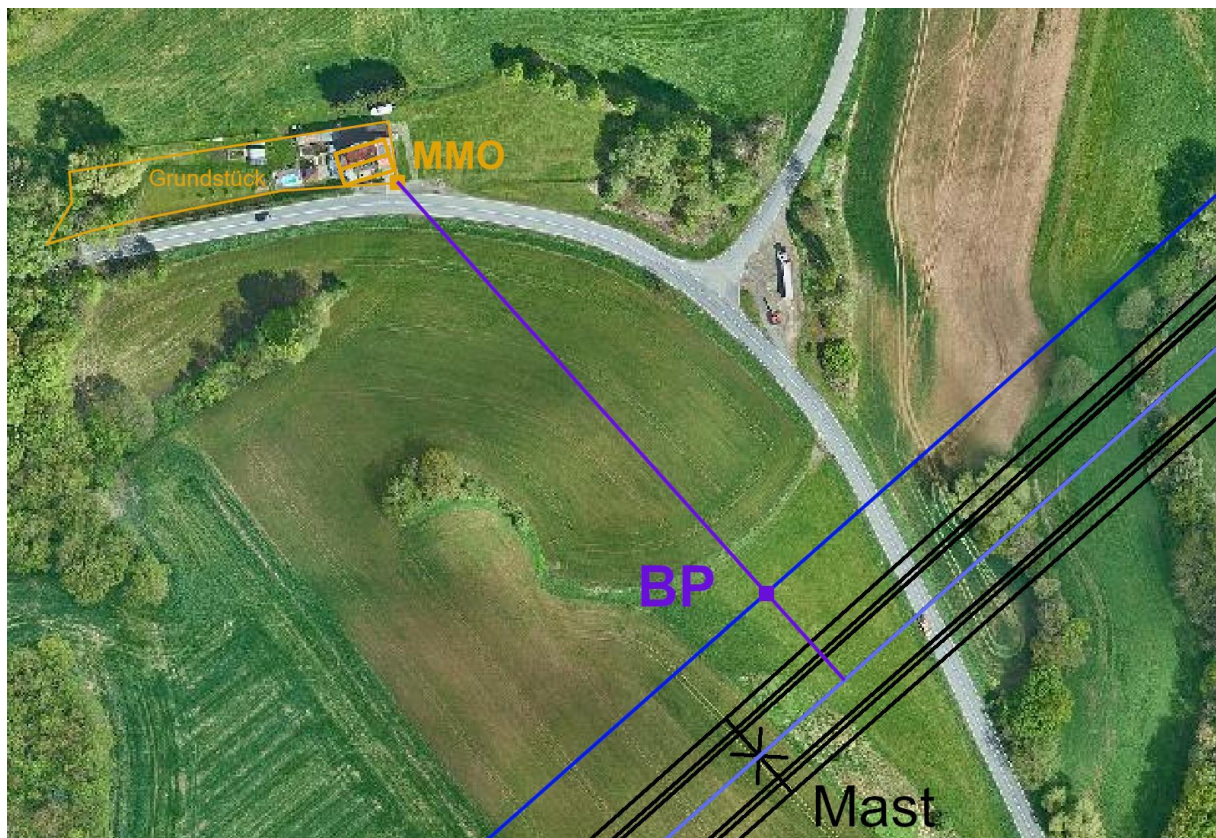


Abbildung 2: Exemplarische Darstellung der Festlegung der Bezugspunkte

Nachfolgend ist exemplarisch die Festlegung eines repräsentativen Bezugspunktes in Abhängigkeit der Lage der Minimierungsorte und des Bewertungsabstandes dargestellt. Ein repräsentativer Bezugspunkt wird dann festgelegt, wenn eine dichte Bebauung vorliegt. Die Trassenachse ist in hellblau eingetragen, der Bewertungsabstand in dunkelblau, die Begrenzung des Einwirkungsbereiches in grün. Die kürzeste Gerade zwischen den maßgeblichen Minimierungsorten und der Trassenachse ist in lila eingezeichnet. Der Schnittpunkt dieser Geraden mit dem Bewertungsabstand markiert den repräsentativen Bezugspunkt rBP. Alle repräsentativen Bezugspunkte wurden auf diese Art ermittelt.

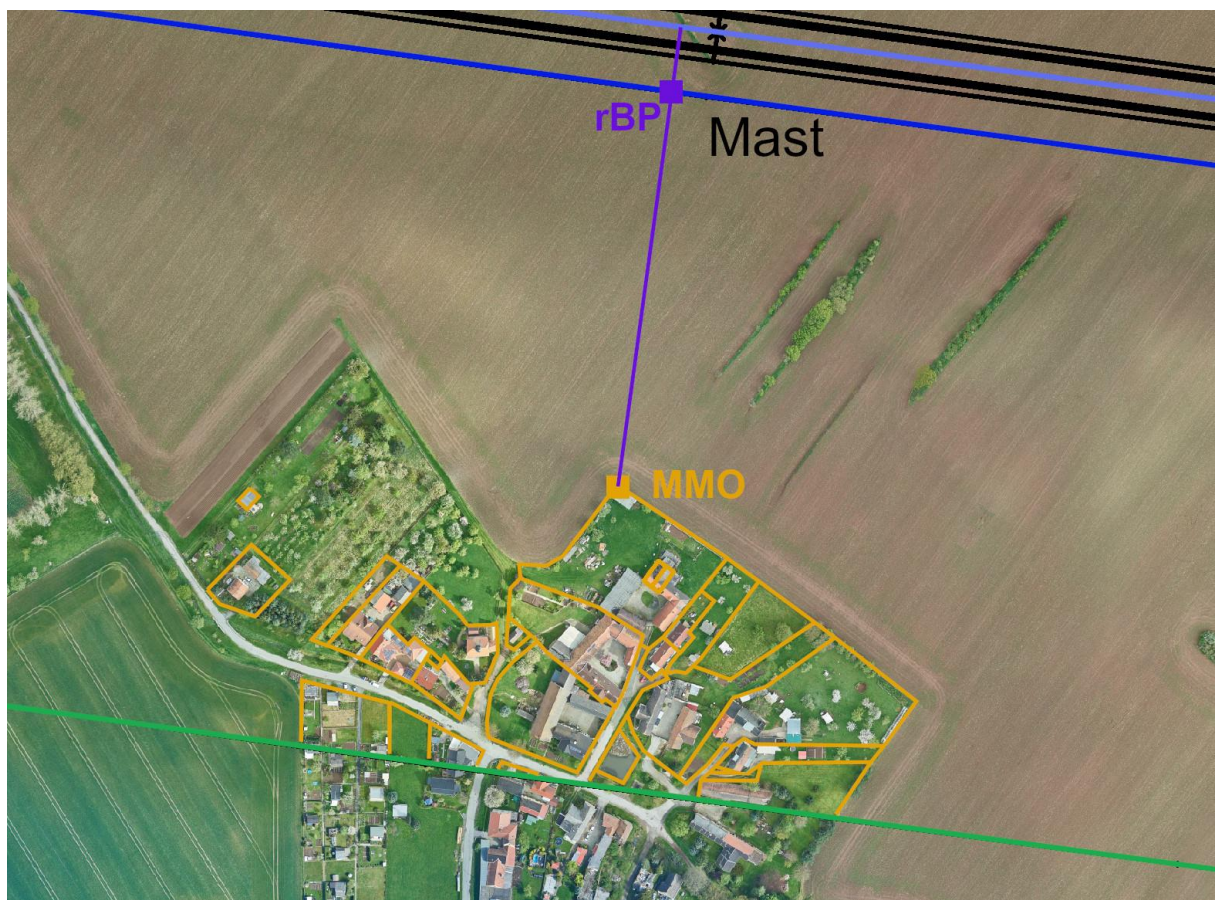


Abbildung 3: Exemplarische Darstellung der Festlegung der repräsentativen Bezugspunkte

3. Parameter der Freileitung (Referenzzustand)

Die Parameter der Freileitung wurden aus den Unterlagen der TenneT TSO GmbH und der Powerlines Energy Germany GmbH (Trassenplan, Mastbild etc.) entnommen:

Die TenneT TSO GmbH plant, die vorhandene 220-kV-Freileitung zwischen dem Umspannwerk Conneforde und der Schaltanlage Elsfleth/West durch eine leistungsfähigere 380-kV-Freileitung mit 4000 Ampere Stromtragfähigkeit zu ersetzen. Die Bestandsleitung wird daher nicht weiter betrachtet.

Im Bereich der Masten 23 bis 36 ist dabei die Mitnahme der 110-kV-Freileitung Berne - Conneforde geplant und berücksichtigt.

Die Phasenbelegung ist aktuell noch nicht bekannt. Um die Immissionen dennoch zur sicheren Seite hin berechnen zu können, wurde der jeweilige worst-case der Phasenlage ermittelt und zu Grunde gelegt.

380-kV-Freileitung Conneforde - Elsfleth/West:

max. Stromfluss	2 x 4000 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	380-kV (gerechnet mit 420-kV)
Spannfelder	alle Spannfelder zwischen UW Conneforde und SA Elsfleth/West
Phasenbelegung	UW Conneforde bis SA Elsfleth/West: 123 123 bzw. 123 312 (worst-case magnetische Flussdichte)
Leiterseil	2 x 3 x 4 x 565-AL1/72-ST1A

380-kV-Freileitung Unterweser - Conneforde:

max. Stromfluss	2 x 3900 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	380-kV (gerechnet mit 420-kV)
Spannfelder	6 Spannfelder Mast 77N und UW Conneforde/Ost

Phasenbelegung	M77N bis M82A:	123 123
	M82A bis UW Conneforde:	321 321
Leiterseil	2 x 3 x 4 x 565-AL1/72-ST1A	

110-kV-Freileitung Berne - Conneforde (als Mitnahme zwischen Mast 36 und Mast 23 der 380-kV-Freileitung Conneforde - Elsfleth/West):

max. Stromfluss	2 x 2100 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)	
Nennspannung	110-kV (gerechnet mit 123-kV)	
Phasenbelegung	321 123	
Spannfelder	17 Spannfelder zwischen Mast 36 und Mast 99	
Leiterseil	2 x 3 x 2 x 565-AL1/72-ST1A	

110-kV-Freileitung Abzweig Oldenburg/N:

max. Stromfluss	2 x 2100 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)	
Nennspannung	110-kV (gerechnet mit 123-kV)	
Phasenbelegung	123 321	
Spannfelder	3 Spannfelder zwischen Mast 52 und Mast 36	
Leiterseil	2 x 3 x 2 x 565-AL1/72-ST1A	

Die Positionen und Abmessungen sowie der Verlauf der Freileitung über den Grundstücken stammen aus den Unterlagen der TenneT TSO GmbH und der Powerlines Energy Germany GmbH.

Die technischen Details sind den Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren der TenneT TSO GmbH zu entnehmen bzw. können diese bei der Vorhabenträgerin angefragt werden.

Die digitalen Orthophotos, die Gebäudedaten (LoD2) sowie die Datengrundlage zur Erstellung des digitalen Geländemodells sind ein Auszug aus den Geodaten des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (©LGLN, 2023, [dl-de/by-2-0](#)).

4. Berechnung der Feldstärken

Die Berechnung der Feldstärken erfolgte auf der Grundlage der Trassenpläne der TenneT TSO GmbH und der Powerlines Energy Germany GmbH mittels der Software "WinField Release 2025" der FGEU mbH entsprechend DIN EN 50413. Als Stromfluss wurde eine maximale Auslastung aller Freileitungen und eine Betriebsspannung in Höhe von 420 kV (bei 380 kV Nennspannung) bzw. 123 kV (bei 110 kV Nennspannung) angesetzt. Die möglichen Fehler betragen:

Position: +/- 1 m

Feldstärke: 5% (gültig für die ungestörten Feldstärken; bei der Berücksichtigung von Gebäuden kann der Fehler der elektrischen Feldstärke wesentlich größer sein. Die Feldstärken im Aufenthaltsbereich von Personen werden jedoch über- und nicht unterschätzt.)

5. Minimierung der Feldstärken

Gemäß 26. BImSchV sind bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Die näheren Anforderungen sind in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV [26. BImSchVVwV] geregelt.

Vorprüfung

Zunächst ist eine Vorprüfung vorgesehen, bei der ermittelt wird, ob eine Prüfung von Minimierungsmaßnahmen erforderlich ist. Hier ist dies der Fall, da es sich bei der Baumaßnahme um einen Neubau handelt und mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort im Einwirkungsbereich der Anlage (400 m für 380-kV-Freileitungen) liegt. Die maßgeblichen Minimierungsorte sind Kapitel 2 zu entnehmen.

Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen

Innerhalb des Bewertungsabstandes (20 m um die Bodenprojektion des ruhenden äußersten Leiters) befinden sich die maßgeblichen Minimierungsorte 07, 24, 25, 39, 40, 42 und 76, alle anderen maßgeblichen Minimierungsorte liegen außerhalb des Bewertungsabstandes.

Alle maßgeblichen Minimierungsorte liegen innerhalb des Einwirkungsbereiches, aber nur MMO 07, 24, 25, 39, 40, 42 und 76 innerhalb des Bewertungsabstandes. Somit ist für MMO 07, 24, 25, 39, 40, 42 und 76 eine individuelle Minimierungsprüfung gemäß Abschnitt 3.2.2.2 der 26. BImSchVVwV am maßgeblichen Minimierungsort durchzuführen. Für alle anderen Minimierungsorte ist eine Minimierungsprüfung gemäß Abschnitt 3.2.2.1 der 26. BImSchVVwV an den Bezugspunkten durchzuführen.

Alle möglichen Minimierungsmaßnahmen werden gleichzeitig für alle 87 MMO / Bezugspunkte geprüft, sofern sie gleichzeitig mehrere MMO / Bezugspunkte betreffen. Eine Maßnahme die zu einer Erhöhung der Immissionen (magnetische Flussdichte oder elektrische Feldstärke) an einem

der Bezugspunkte bzw. an einem der maßgeblichen Minimierungsorte führen würde, kommt gemäß Abschnitt 3.1 der 26. BImSchVVwV nicht in Betracht.

Es werden alle Maßnahmen, welche für Drehstromfreileitungen mit 50 Hertz Frequenz vorgesehen sind, geprüft. Diese sind in Abschnitt 5.3.1 der 26. BImSchVVwV zusammengefasst. Da mehrere Maßnahmen einander beeinflussen und auch kombinierte Maßnahmen zu berücksichtigen sind, wird folgende Reihenfolge festgelegt:

- a) „Masttyp“: Optimierung der Mastkopfgeometrie (5.3.1.4)
- b) Minimierung der Seilabstände (5.3.1.3)
- c) Elektrische Schirmung (5.3.1.2)
- d) „Phasenoptimierung“: Optimieren der Leiteranordnung (5.3.1.5)
- e) Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes (5.3.1.1)
- f) Abstandsoptimierung - Verringerung der Spannfeldlänge (5.3.1.1)
- g) Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems (5.3.1.1)

Diese Reihenfolge ist notwendig, da eine Phasenoptimierung (d)) erst möglich ist, wenn die Positionen aller Leiterseile bekannt sind (die Positionen der Leiterseile werden durch die Maßnahmen a), b) und c) festgelegt). Die Abstandsoptimierung findet am Schluss statt, da diese relativ unabhängig von den anderen Maßnahmen bewertet werden kann.

Für alle Maßnahmen ist folgendes Prüfschema durchzuführen:

- I. Machbarkeit: Ist die Maßnahme technisch möglich?
- II. Zulässigkeit: Führt die Maßnahme an keinem maßgeblichen Minimierungsort zu einer Erhöhung der Immissionen?
- III. Verhältnismäßigkeit: Ist die Maßnahme verhältnismäßig? Dafür sind Aufwand und Nutzen der Maßnahme miteinander zu vergleichen. Zudem sind nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter (wie Boden oder Landschaftsbild) zu berücksichtigen.

Ist die Antwort auf eine der drei Fragen „nein“, wird die Maßnahme verworfen. Ist die Antwort auf alle drei Fragen „ja“, ist die Maßnahme umzusetzen.

Grundsätzlich ist von einem bestimmten Planungsstand (Referenz) auszugehen, siehe Kapitel 3 „Paramater der Freileitung (Referenzzustand)“. Aufwand und Nutzen der Minimierungsmaßnahmen werden gegenüber diesem Referenzzustand bewertet. Es ist möglich, dass eine oder mehrere der Maßnahme bereits in der Planungsphase Berücksichtigung gefunden haben. In diesem Fall kann durch die entsprechende Minimierungsmaßnahme kein Nutzen mehr gegenüber dem Referenzzustand erzielt werden.

In der nachfolgenden Tabelle werden die möglichen Maßnahmen mit ergänzenden Hinweisen zur Bewertung und Wirksamkeit zusammengefasst. Die Auswirkungen von einigen der Maßnahmen sind örtlich begrenzt, wenn nur einzelne Masten angepasst werden. Andere Maßnahmen hingegen betreffen immer die gesamte Trasse:

Tabelle 2: Zusammenstellung möglicher Minimierungsmaßnahmen

Maßnahme	Auswirkung	Hinweise
a) „Masttyp“: Optimierung der Mastkopfgeometrie (5.3.1.4)	<i>einzelne Masten:</i> örtlich begrenzt <i>Komplettanpassung:</i> trassenweit	Wechselwirkung mit „d“. Beeinflusst Landschaftsbild (unterschiedlich große Masten je nach Mastkopfgeometrie) und Schallemission.
b) Minimierung der Seilabstände (5.3.1.3)	trassenweit	Zwischen den Leiterseilen müssen Mindestisolationsabstände eingehalten werden. Dabei muss auch das Ausschwingverhalten berücksichtigt werden. Bei Optimierung auf mindestnotwendige Phasenabstände verringert sich auch die zulässige Spannfeldlänge (Hinweis auch zu Maßnahme „f“). Beeinflusst Schallemission und u.U. Wartbarkeit.

Maßnahme	Auswirkung	Hinweise
c) Elektrische Schirmung (5.3.1.2)	trassenweit	Auf das Magnetfeld nur sehr geringer Einfluss. Das elektrische Feld wird hauptsächlich dann reduziert, wenn ein Erdseil oder ein Lichtwellenleiter (LWL) unterhalb der Leitungssysteme angebracht wird.
d) „Phasenoptimierung“: Optimieren der Leiteranordnung (5.3.1.5)	trassenweit	<p>Wirksamkeit abhängig von den Seilabständen „b)“ und der Mastkopfgeometrie „a)“.</p> <p>Wirksamkeit abhängig von der Lage der maßgeblichen Minimierungsorte. Kann stellenweise gegenteilig wirken und die Feldstärken erhöhen. Nicht zulässig, falls Maßnahme zur Erhöhung an einzelnen MMO führt.</p> <p>Optimale Phasenlage kann sich für magnetische Flussdichte und elektrische Feldstärke unterscheiden.</p> <p>Beeinflusst ebenfalls Schallemission und u.U. Landschaftsbild (stärkere Wahrnehmung von Verdrillungsmasten).</p> <p>Verdrillung der Leiterseile entlang der Freileitungstrasse ist notwendig, um gleiche Kapazitätsbeläge auf allen drei Leiterbündeln eines Systems zu erhalten. Die Verdrillungsabschnitte haben diesbezüglich Vorgaben im Gesamtlängenverhältnis. Das kann die Umsetzbarkeit der Optimierungsmaßnahme einschränken.</p>

Maßnahme	Auswirkung	Hinweise
e) Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes (5.3.1.1)	<p><i>einzelne Masten:</i> örtlich begrenzt</p> <p><i>Komplettanpassung:</i> trassenweit</p>	<p>Die Wirksamkeit der Maßnahme ist in Trassennähe größer als in weiterer Entfernung.</p> <p>Beeinflusst Landschaftsbild (Sichtbarkeit in größerer Entfernung), u.U. Tiere (höhere Barrierewirkung für Vogelarten), Boden (größere Mastfundamente), Sachgüter (höhere Kosten).</p> <p>Mit zunehmender Erhöhung der Masten steigt der Gesamtaufwand für die Errichtung der Freileitung stark an.</p>
f) Abstandsoptimierung - Verringerung der Spannfeldlänge (5.3.1.1)	<p><i>einzelne Masten:</i> örtlich begrenzt</p> <p><i>Komplettanpassung:</i> trassenweit</p>	<p>Zielt wie „e)“ auf eine Erhöhung des Bodenabstandes der Leiterseile ab. Hier soll die Erhöhung der Leiterseile durch zusätzliche Maststandorte erreicht werden. Beide Maßnahmen können sich daher gegenseitig ergänzen bzw. ersetzen.</p> <p>Die Wirksamkeit ist in Trassennähe größer als in weiterer Entfernung.</p> <p>Beeinflusst Landschaftsbild (erhöhte Sichtbarkeit / Wahrnehmbarkeit durch mehr Masten), Boden (mehr Mastfundamente), Sachgüter (höhere Kosten).</p>

Maßnahme	Auswirkung	Hinweise
g) Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems (5.3.1.1)	<p><i>einzelne Masten:</i> örtlich begrenzt</p> <p><i>Komplettanpassung:</i> trassenweit</p>	<p>Starke Wechselwirkung mit den Maßnahmen „b)“ und „d)“, wenn mehrere Systeme vorhanden sind.</p> <p>Nur möglich, wenn alle maßgeblichen Minimierungsorte auf derselben Seite der Trasse liegen, da sonst Immissionen an anderen MMO unzulässigerweise erhöht würden.</p> <p>Beeinflusst Landschaftsbild (Asymmetrisches und statisch sehr verstärktes Mastbild) und es gelten, falls der Mast erhöht werden muss um mehrere Systeme auf einer Traversenseite aufzunehmen, die gleichen Hinweise wie für Maßnahme „e)“.</p>

Prüfung des Minimierungspotentials und der Verhältnismäßigkeit

a) „Masttyp“: Optimierung der Mastkopfgeometrie (5.3.1.4)

Die 380-kV-Freileitung ist vollständig mit Donaumasten geplant. Durch die Anordnung der Phasenleiter im Dreieck bei Donaumasten ist grundsätzlich von einer relativ guten Kompensation der magnetischen Flussdichte und der elektrischen Feldstärke innerhalb der einzelnen Systeme auszugehen.

I) Machbarkeit: Es gibt unterschiedliche Masttypen (z.B. Donaumast, Tonnenmast, Einebenenmast), welche bei 380-kV-Freileitungen zum Einsatz kommen können. Grundsätzlich ist somit eine technische Machbarkeit gegeben.

II) Zulässigkeit: Je nach Lage der Minimierungsorte und der Kompensation innerhalb der Systeme der Freileitung

(abhängig von der Leiteranordnung), verursachen unterschiedliche Masttypen eine Verringerung oder eine Erhöhung der Immissionen an den Minimierungsorten. Im Bereich zwischen den Masten M011 und M020 liegen die maßgeblichen Minimierungsorte 18 bis 29 in unterschiedlichen Abständen zu den äußeren Leiterseilen (zwischen 0 m Abstand (MMO 24) und 375 m Abstand (MMO 28)). In diesem Bereich wurde daher exemplarisch der Einsatz von Einebenen- und von Tonnenmasten geprüft. In beiden Varianten ergaben sich höhere magnetische Flussdichten an nahezu allen maßgeblichen Minimierungsorten.

Ergebnis: Die Maßnahme kommt nicht in Betracht, weil sie an mindestens einem maßgeblichen Minimierungsort zu einer Erhöhung der magnetischen Flussdichte führen würde.

b) Minimierung der Seilabstände (5.3.1.3)

Durch die Minimierung der Seilabstände innerhalb eines Stromkreises und zu anderen Stromkreisen können die magnetische Flussdichte und die elektrische Feldstärke unter bestimmten Umständen verringert werden.

- l) **Machbarkeit:** Die Maßnahme ist nicht anwendbar, da die Abstände schon so klein gewählt sind wie es die technischen Erfordernisse entsprechend Freileitungsnorm DIN EN 50341 bezüglich Betriebssicherheit und Wartbarkeit erlauben.

Ergebnis: Die Maßnahme kommt nicht in Betracht, weil die technische Machbarkeit nicht gegeben ist.

c) Elektrische Schirmung (5.3.1.2)

Durch das Mitführen von zusätzlichen Erdleiterseilen kann die elektrische Feldstärke in bestimmten Fällen minimiert werden.

- I) Machbarkeit: Grundsätzlich wäre das Mitführen eines weiteren elektrisch leitfähigen Erdseils zwischen den Systemen möglich.
- II) Zulässigkeit: Je nach Lage der Minimierungsorte und der Kompensation innerhalb der Systeme der Freileitung (abhängig von der Leiteranordnung), kann das Mitführen eines zusätzlichen Erdseils eine Verringerung oder eine Erhöhung der Immissionen an den Minimierungsorten bewirken. Im Bereich zwischen den Masten 11 und 20 liegen die maßgeblichen Minimierungsorte 18 bis 29 in unterschiedlichen Abständen zu den äußeren Leiterseilen (zwischen 0 m Abstand (MMO 24) und 375 m Abstand (MMO 28)). In diesem Bereich wurde daher exemplarisch das Mitführen eines zusätzlichen Erdseils zwischen den Systemen geprüft. Im Ergebnis ergaben sich an mehreren maßgeblichen Minimierungsorten höhere magnetische Flussdichten und / oder elektrische Feldstärken.

Ergebnis: Die Maßnahme kommt nicht in Betracht, weil sie an mindestens einem maßgeblichen Minimierungsort zu einer Erhöhung der magnetischen Flussdichte und / oder der elektrischen Feldstärke führen würde.

d) „Phasenoptimierung“: Optimieren der Leiteranordnung (5.3.1.5)

Die Leiteranordnung ist aktuell noch nicht festgelegt. Zur Sicherstellung der Einhaltung der Grenzwerte wird von der worst-case-Phasenordnung ausgegangen. Nachfolgend wird geprüft, welches Minimierungspotential sich durch eine Optimierung der Leiteranordnung ergibt.

- I) Machbarkeit: Die Verdrillung der Leiterseile entlang der Freileitungstrasse ist notwendig, um gleiche Kapazitätsbeläge auf allen drei Leiterbündeln eines Systems zu erhalten und die Übertragungsverluste zu minimieren. Die Verdrillungsabschnitte haben diesbezüglich Vorgaben im Gesamtlängenverhältnis. Zusätzlich sind die Phasenlagen im Bereich der Umspannwerke fest vorgegeben. Dies sorgt dafür, dass

diese Optimierungsmaßnahme trassenweit angewendet und geprüft werden muss. Gleichzeitig bedeutet dies, dass eine mögliche best-case-Phasenordnung nicht über die gesamte Trasse hinweg umgesetzt werden kann.

Prinzipiell ist es möglich, nur in einem kurzen Leitungsabschnitt von der eigentlichen Phasenlage abzuweichen. Hierzu müssen dann allerdings zusätzliche Verdrillungsmasten eingefügt und gegebenenfalls auch Abspannabschnitte verkürzt werden, indem ein Tragmast statt eines Abspannmastes verwendet wird, um das Symmetrierungsziel wieder herzustellen.

II) Zulässigkeit: Insgesamt sind sechs Phasenordnungen möglich, welche bezüglich der resultierenden Immissionswerte an allen 87 Bezugspunkten bzw. maßgeblichen Minimierungsorten geprüft wurden. Im Ergebnis stellte sich dabei die Phasenlage 123 | 231 als best-case heraus, durch den die Immissionen an den MMO minimiert werden können.

III) Verhältnismäßigkeit: Die ermittelte Phasenordnung kann nicht auf der gesamten Trasse umgesetzt werden, da es aus technischen Gründen notwendig ist, gleiche Kapazitätsbeläge auf allen drei Leiterbündeln eines Systems zu erhalten. Diese könnte nur auf einem Abschnitt angewendet werden und würde somit nur für einen Teil der maßgeblichen Minimierungsorten zu einer Verringerung der Immissionen führen.

Um die Phasenlage in diesem Abschnitt zu verändern, müssten unter Umständen außerdem zusätzliche Verdrillungsmasten eingefügt werden. Gleichzeitig würde dies im Falle einer Abweichung von der Standard-Verdrillung zu höheren Leitungsverlusten führen. Am MMO 07 ließe sich die magnetische Flussdichte um etwa 19.4 μT (ca. 48 % Reduktion) verringern, am MMO 24 um etwa 17.2 μT (ca. 48 % Reduktion) und am MMO 25 um

etwa 11.4 μT (ca. 40 % Reduktion). Die möglichen Verringerungen an allen anderen MMO wären deutlich geringer, am MMO 28 beispielsweise etwa 0.05 μT (ca. 53 % Reduktion).

Nach Ermittlung der technisch optimalen Phasenordnung ist zu prüfen, ob die aus immissionsschutzrechtlicher Sicht optimale Phasenlage 123 | 231 (bzw. im Bezug auf den Effektivwert der magnetischen Flussdichte gleichwertige Alternativen wie beispielsweise 231 | 312) mit verhältnismäßigem Aufwand umsetzbar sind. Besondere Relevanz hätte dies im Bereich der MMO 07, 24 und 25, da hier das größte Minimierungspotential besteht.

Ergebnis: Die Maßnahme kommt für die Gesamttrasse nicht in Betracht, da es aus technischen Gründen notwendig ist, gleiche Kapazitätsbeläge auf allen drei Leiterbündeln eines Systems zu erhalten.

Die Anwendung der Maßnahme in einem Abschnitt ist nach Ermittlung der technisch optimalen Phasenordnung zu prüfen.

e) Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes (5.3.1.1)

Für die 380-kV-Freileitung wurde für alle Spannungsfelder ein minimaler Bodenabstand von 12 m, statt der in DIN EN 50341 geforderten 7.8 m, bereits in der Planung vorgesehen. Die maßgeblichen Minimierungsorte 07, 24, 25, 39, 40, 42 und 76 befinden sich innerhalb des Bewertungsabstandes. Die minimalen Bodenabstände betragen hier im Bereich der MMO bereits etwa 15 m, 15.5 m, 16 m, 20 m, 20 m, 13 m bzw. 38 m. Da sich alle anderen maßgeblichen Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstandes befinden, ist bei diesen auch der horizontale Abstand zu den Leiterseilen relativ groß.

l) **Machbarkeit:** Grundsätzlich ist eine Erhöhung einzelner Masten technisch möglich.

- II) Zulässigkeit: Bei speziellen Anordnungen der Spannfelder kann es bei Minimierungsorten in größerer Entfernung zur Freileitung zu einer (geringfügigen) Erhöhung der Immissionswerte kommen, wenn die Freileitung erhöht wird. Dies ist auf die Erdseilströme zurückzuführen, welche ebenfalls einen Feldbeitrag verursachen, welcher besonders in größerer Entfernung zur Freileitung gegenüber den Feldanteilen der Leiterseile relevant werden kann. Im vorliegenden Fall tritt dies an den maßgeblichen Minimierungsorten 01, 02, 08, 09, 13 bis 15, 17 bis 19, 22, 23, 26, 27, 29, 31 bis 33, 43, 45, 47, 48, 51, 52, 55, 58 bis 60, 62 bis 72, 74 sowie 80 bis 86 auf. Eine Erhöhung der Masten in der Umgebung dieser Minimierungsorte ist daher weder zielführend noch zulässig.
- III) Verhältnismäßigkeit: Durch die Erhöhung der Masten um 5 m verringert sich die magnetische Flussdichte an den meisten maßgeblichen Minimierungsorten nur sehr geringfügig (weniger als $0.1 \mu\text{T}$ Reduktion (die anthropogene Hintergrundexposition in Deutschland beträgt gemäß Absatz 2.5 der 26. BImSchVVwV im Mittel bereits $0.1 \mu\text{T}$)). Die höheren Masten würden das Landschaftsbild stärker beeinflussen, eine höhere Barrierewirkung für Vögel erzeugen, durch größere Mastfundamente mehr Boden in Anspruch nehmen und höhere Kosten verursachen. Die Maßnahme ist deshalb in diesem Fall nicht verhältnismäßig.

An den maßgeblichen Minimierungsorten 05, 07, 16, 20, 21, 24, 25, 34, 35, 37 bis 40, 42, 49 und 76 verringern sich die magnetische Flussdichten um mehr als $0.1 \mu\text{T}$. Die Erhöhung der Masten in der Umgebung des MMO 05, 07, 16, 20, 21, 24, 25, 34, 40 und 42 ist allerdings nicht zulässig, weil sich dadurch die Immissionen an den MMO 08, 09, 17, 22, 23, 26, 33 bzw. 43 erhöhen würden.

An den MMO 35, 37, 38, 39, 49 und 76 verringern sich die magnetische Flussdichten um etwa $0.51 \mu\text{T}$ (ca. 9.9 %

Reduktion), 0.27 μT (ca. 5.7 % Reduktion), 0.10 μT (ca. 3.4 % Reduktion), 0.93 μT (ca. 14 % Reduktion), 0.27 μT (ca. 6.5 % Reduktion) bzw. 0.78 μT (ca. 11 % Reduktion). An den MMO 35, 37, 38, 39, 49 und 76 betragen die magnetischen Flussdichten etwa 5.2 μT , 4.6 μT , 3.1 μT , 7.1 μT , 4.2 μT bzw. 6.9 μT und liegen somit bereits im Referenzzustand deutlich unterhalb des Grenzwertes von 100 μT , sodass der zusätzliche Aufwand und die Auswirkungen auf andere Schutzgüter in diesen Fällen nicht verhältnismäßig erscheinen.

Ergebnis: Die Maßnahme kommt für einen Teil der Minimierungsorte nicht in Betracht, weil sie an mindestens einem maßgeblichen Minimierungsort zu einer Erhöhung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke führt. Für die anderen Minimierungsorte ist die Reduktion der magnetischen Flussdichte so geringfügig, dass der Aufwand zur Umsetzung der Maßnahme unverhältnismäßig wäre.

f) Abstandsoptimierung - Verringerung der Spannfeldlänge (5.3.1.1)

Für die 380-kV-Freileitung wurde für alle Spannfelder ein minimaler Bodenabstand von 12 m, statt der in DIN EN 50341 geforderten 7.8 m, bereits in der Planung vorgesehen. Die maßgeblichen Minimierungsorte 07, 24, 25, 39, 40, 42 und 76 befinden sich innerhalb des Bewertungsabstandes. Die minimalen Bodenabstände betragen hier im Bereich der MMO bereits etwa 15 m, 15.5 m, 16 m, 20 m, 20 m, 13 m bzw. 38 m. Da sich alle anderen maßgeblichen Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstandes befinden, ist bei diesen auch der horizontale Abstand zu den Leiterseilen relativ groß. Durch eine Verringerung der Spannfeldlänge kann der Bodenabstand der Leiterseile erhöht werden.

- I) **Machbarkeit:** Grundsätzlich ist es technisch möglich, zusätzliche Maststandorte vorzusehen, um die Spannfeldlänge zu verringern.
- II) **Zulässigkeit:** Es gelten hier dieselben wie unter „e) Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes“

genannten Einschränkungen, da auch hier die Wirkung durch einen höheren Bodenabstand erzielt wird.

- III) Verhältnismäßigkeit: Durch den bereits in der Planung vorgesehenen minimalen Bodenabstand von 12 m für alle Spannungsfelder und die relativ große Entfernung der meisten maßgeblichen Minimierungsorte zur Freileitung kann durch eine verringerte Spannungsfeldlänge und dadurch verringerten Leiterdurchhang nur noch eine geringfügige Verringerung der Immissionen erzielt werden. Andererseits sind zusätzliche Maststandorte notwendig, was eine zusätzliche Flächeninanspruchnahme, zusätzlichen Eingriff in das Landschaftsbild und erhöhte Kosten bedeutet. Die Maßnahme ist daher nicht verhältnismäßig, vgl. auch Ausführung unter „e) Abstandoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes“.

Ergebnis: Die Reduktion der magnetischen Flussdichte so geringfügig, dass der Aufwand zur Umsetzung der Maßnahme unverhältnismäßig wäre.

g) Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems (5.3.1.1)

Normalerweise wird angestrebt, die Masten symmetrisch mit Systemen zu belegen. Dies hat zum einen statische Gründe, zum anderen ist auch die Auswirkung auf das Landschaftsbild geringer, wenn die Masten symmetrisch aufgebaut und möglichst niedrig sind. Bei Führung von zwei Systemen auf einer Seite müssten die Freileitungsmasten aus statischen Gründen deutlich verstärkt werden. Die Masten müssten gleichzeitig auch erhöht werden, um die notwendigen Mindestisolierluftstrecken zwischen den Leiterseilen einhalten zu können.

- I) Machbarkeit: Grundsätzlich ist es technisch möglich, Systeme nur auf einer Mastseite zu führen.
- II) Zulässigkeit: Wenn beide Systeme auf derselben Mastseite geführt werden, erhöht sich dadurch der Abstand der Leiterseile zu Minimierungsorten auf der anderen Seite. Liegen auf beiden Seiten der Freileitung Minimierungsorte, ist es

sehr wahrscheinlich, dass die Maßnahme auf mindestens einer Seite höhere Immissionen verursacht. Die Maßnahme wäre damit nicht zulässig. Bei der untersuchten Freileitung liegen beidseitig der Trassenachse maßgebliche Minimierungsorte. Auch wenn nur auf einer Seite Minimierungsorte liegen ist eine Erhöhung der Immissionen möglich, weil durch die geänderte Phasenordnung die Kompensation innerhalb der Systeme voraussichtlich schlechter wirkt (vgl. „a) „Masttyp“: Optimierung der Mastkopfgeometrie“ sowie „d) „Phasenoptimierung“: Optimierung der Leiteranordnung“).

- III) Verhältnismäßigkeit: Durch den bereits in der Planung vorgesehenen minimalen Bodenabstand von 12 m für alle Spannungsfelder und die relativ große Entfernung der maßgeblichen Minimierungsorte zur Freileitung kann durch Versetzen eines Systems nur noch eine geringfügige Verringerung der Immissionen erzielt werden. Der Aufwand für die Maßnahme ist relativ groß, weil die Masten erhöht und statisch verstärkt werden müssten. Dadurch steigt die Flächeninanspruchnahme (Schutzgut Boden) und auch die Auswirkung auf das Landschaftsbild nimmt zu (asymmetrische, größere Masten, die zusätzlich verstärkt sind). Die Maßnahme ist daher in diesem Fall nicht verhältnismäßig.

Ergebnis: Die Maßnahme kommt für einen Teil der Minimierungsorte nicht in Betracht, weil sie an mindestens einem maßgeblichen Minimierungsort zu einer Erhöhung der magnetischen Flussdichte führt (bei beidseitig der Trassenachse gelegenen maßgeblichen Minimierungsorten).

Grundsätzlich ist die Reduktion der magnetischen Flussdichte für maßgebliche Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstandes relativ gering, sodass der hohe Aufwand zur Umsetzung der Maßnahme unverhältnismäßig wäre.

Festlegung der Minimierungsmaßnahmen

Nach Prüfung der potentiellen Minimierungsmaßnahmen ergibt sich die Optimierung der Phasenordnung als Maßnahme zur Minimierung der Feldstärken, welche bei der weiteren Planung zu berücksichtigen ist (siehe Abschnitt „Phasenoptimierung“: Optimieren der Leiteranordnung (5.3.1.5)).

Daneben ergeben sich gegenüber dem Planungsstand keine Maßnahmen zur Minimierung der Feldstärken, welche technisch machbar, zulässig und verhältnismäßig erscheinen. Alle weiteren Maßnahmen, die alle drei Kriterien erfüllen, wurden vom Betreiber bereits in der Planungsphase berücksichtigt und haben Eingang in die Planung gefunden.

6. Literatur

- [26. BImSchV] **Verordnung über elektromagnetische Felder** in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3266).
- [26. BImSchVVwV] **Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV** vom 26. Februar 2016