

Minimierung der Feldstärken gemäß 26. BImSchVVwV der 380-kV-Freileitung Perleberg - Stendal West der 50Hertz Transmission GmbH

Gutachterliche Bewertung

Im Auftrag von 50Hertz Transmission GmbH, Heidestraße 2, 10557 Berlin

Vorhabenträgerin ist die 50Hertz Transmission GmbH, Heidestraße 2, 10557 Berlin

Anzahl der Seiten
einschließlich
Titelseite: 34

A-10619a / 2021

Anfertigung und Prüfung


Forschungsgesellschaft
für Energie
und Umwelttechnologie GmbH

Dr. rer. nat. Olaf Plötzke
60 11 10965 Berlin, Tel 786 97 99, Fax 786 63 89

unabhängiger Sachverständiger für „Elektromagnetische
Umweltverträglichkeit - EMVU“

Berlin - 21.02.2022

Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH

Berlin 2022, (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).....	12
4.	Berechnung der Feldstärken.....	18
5.	Minimierung der Feldstärken	19
6.	Literatur.....	34

1. Einleitung / Vorbemerkungen

Untersuchungsgegenstand ist die Minimierung der Feldstärken der 380-kV-Freileitung Perleberg - Stendal West der 50Hertz Transmission GmbH. Die Analyse erfolgte im Auftrag der 50Hertz Transmission GmbH, Heidestraße 2, 10557 Berlin.

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.

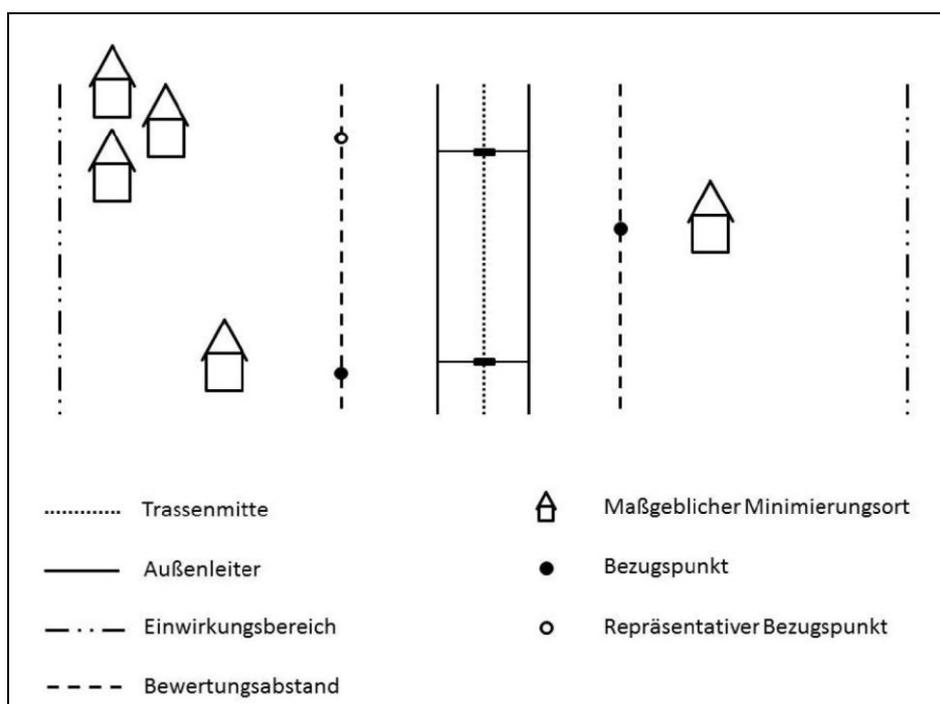


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung von Einwirkungsbereich und Bewertungsabstand einer Freileitung. Alle maßgeblichen Minimierungsorte liegen außerhalb des Bewertungsabstandes, weshalb Bezugspunkte festgelegt werden. Drei der maßgeblichen Minimierungsorte liegen nah zusammen, sodass hier ein (gemeinsamer) 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 ruhendes 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 44 Stellen maßgebliche Minimierungsorte (MMO) vor. Einer liegt innerhalb, die restlichen 43 außerhalb des Bewertungsabstandes der Freileitung. Daher werden 43 Bezugspunkte (BP) für die Bewertung festgelegt. An 29 der betrachteten Stellen liegen mehrere maßgebliche Minimierungsorte dicht beieinander. Es werden daher 29 der Bezugspunkte als repräsentative Bezugspunkte (rBP) festgelegt. Nachfolgend sind alle 44 Stellen mit maßgeblichen Minimierungsorten tabellarisch dargestellt.

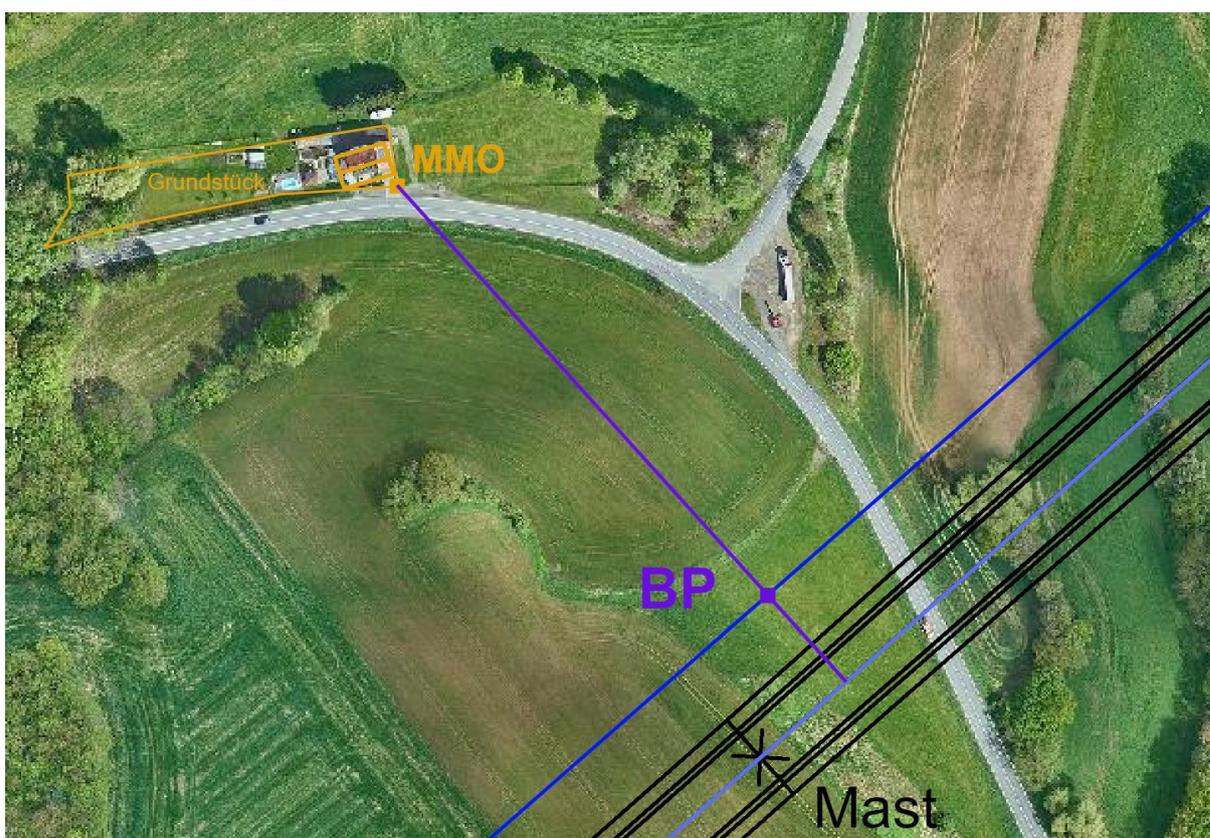
Die Abstandswerte beziehen sich auf den horizontalen Abstand zwischen dem ruhenden äußeren Leiterseil und dem Grundstück bzw. dem Gebäude. Befinden sich auf einem Grundstück mehrere Gebäude, bezieht sich die Abstandsangabe immer auf jenes Gebäude, welches dem ruhenden äußeren Leiterseil am nächsten liegt 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.

Nr.	Mastfeld	Abstand Grundstück [m]	Abstand Gebäude [m]	Bezugspunkt	Adresse	Gemarkung, Flur, Flurstück
01	M10 - M11	162	187	rBP	19348 Perleberg	Perleberg, 25, 41
02	M10 - M11	351	422	rBP	Am 52er Weg, 19348 Perleberg	Perleberg, 26, 10/8
03	M12 - M13	98	108	rBP	Berliner Straße 34, 19348 Perleberg	Perleberg, 28, 4/7
04	M13 - M14	158	198	rBP	Berliner Straße 33b, 19348 Perleberg	Perleberg, 9, 22/6
05	M13 - M14	42	57	BP	Berliner Straße, 19348 Perleberg	Perleberg, 9, 80
06	M13 - M14	31	67	BP	Berliner Straße 33, 19348 Perleberg	Perleberg, 9, 24
07	M14 - M15	379	341	BP	Heinrich-Heine-Straße 35, 19348 Perleberg	Perleberg, 10, 121
08	M15 - M16	254	287	rBP	Am alten Postweg 5, 19348 Perleberg	Düpow, 1, 39/5
09	M41 - M42	68	82	rBP	Groß Breeser Allee 29, 19322 Breese	Groß Breese, 2, 108
10	M45 - M46	64	86	BP	KAP Straße 1, 19322 Breese	Groß Breese, 300, 67

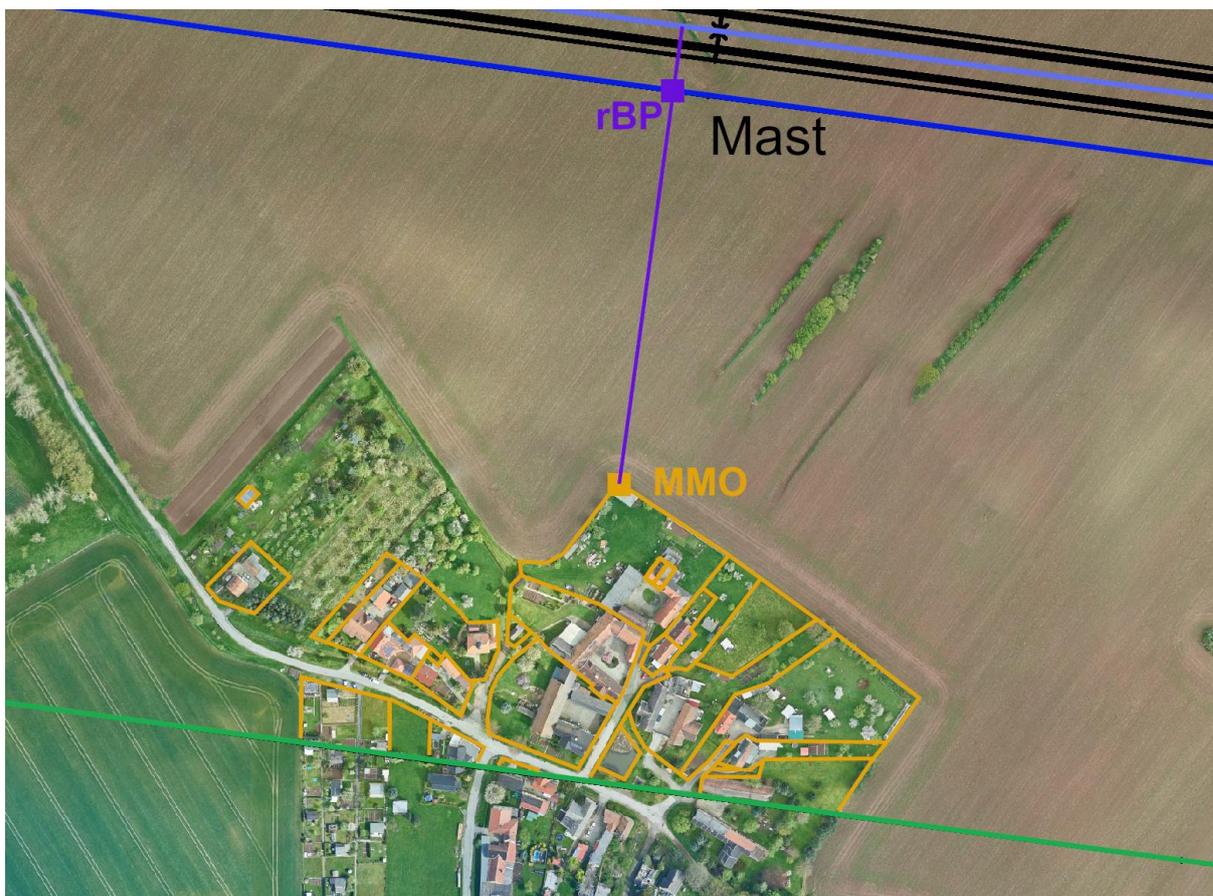
Nr.	Mastfeld	Abstand Grundstück [m]	Abstand Gebäude [m]	Bezugspunkt	Adresse	Gemarkung, Flur, Flurstück
11	M46 - M47	231	242	BP	KAP Straße 1, 19322 Breese	Groß Breese, 300, 57
12	M52 - M53	348	382	BP	Am Wall, 19322 Wittenberge	Garsedow, 1, 38/7
13	M52 - M53	337	346	rBP	Lütjenheide 1, 19322 Wittenberge	Lütjenheide, 1, 17
14	M53 - M54	330	416	rBP	Am Wall 9, 19322 Wittenberge	Garsedow, 1, 38/5
15	M57 - M58	337	355	BP	Dorfstraße 31, 39615 Seehausen (Altmark)	Losenrade, 3, 138
16	M58 - M59	58	98	BP	Dorfstraße 48, 39615 Seehausen (Altmark)	Losenrade, 3, 123
17	M59 - M60	201	204	rBP	Dorfstraße 51, 39615 Losenrade	Losenrade, 3, 100
18	M60 - M61	166	195	rBP	Dorfstraße 49, 39615 Seehausen (Altmark)	Losenrade, 3, 103
19	M63 - M64	98	106	rBP	Hohe Geist 26, 39615 Seehausen (Altmark)	Geestgottberg, 4, 733/593
20	M68 - M69	346	403	rBP	Dorfstraße 23, 39615 Seehausen (Altmark)	Beuster, 10, 103/4
21	M69 - M70	218	271	rBP	Dorfstraße, 39615 Seehausen (Altmark)	Beuster, 8, 6/30
22	M71 - M72	345	359	BP	Seehäuser Str. 4, 39615 Seehausen (Altmark)	Beuster, 9, 37/1
23	M71 - M72	278	306	rBP	Seehäuser Str., 39615 Seehausen (Altmark)	Beuster, 9, 30/1
24	M77 - M78	111	128	rBP	Nienfelde 2, 39615 Seehausen (Altmark)	Seehausen, 4, 271/3
25	M78 - M79	319	327	rBP	39615 Seehausen (Altmark)	Seehausen, 3, 320/1
26	M79 - M80	37	42	rBP	Vor dem Beustertor 12, 39615 Seehausen (Altmark)	Schönberg, 6, 111/1
27	M79 - M80	13	53	-	Vor dem Beustertor 9, 39615 Seehausen (Altmark)	Seehausen, 5, 368/23
28	M80 - M81	145	162	rBP	39615 Seehausen (Altmark)	Seehausen, 5, 407
29	M80 - M81	86	90	rBP	Vor dem Steintor 5, 39615 Seehausen (Altmark)	Seehausen, 5, 447
30	M81 - M82	73	78	rBP	Vor dem Steintor, 39615 Seehausen (Altmark)	Seehausen, 5, 446
31	M81 - M82	156	165	rBP	Vor dem Steintor 7, 39615 Seehausen (Altmark)	Seehausen, 5, 382/132
32	M81 - M82	47	68	rBP	Vor dem Steintor, 39615 Seehausen (Altmark)	Seehausen, 5, 392/137
33	M81 - M82	212	239	rBP	Vor dem Steintor, 39615 Seehausen (Altmark)	Seehausen, 5, 423

Nr.	Mastfeld	Abstand Grundstück [m]	Abstand Gebäude [m]	Bezugspunkt	Adresse	Gemarkung, Flur, Flurstück
34	M90 - M91	54	71	rBP	Behrend 18, 39615 Seehausen (Altmark)	Behrend, 2, 14/1
35	M96 - M97	72	152	rBP	39606 Osterburg (Altmark)	Dobbrun, 4, 3/2
36	M110 - M111	377	426	BP	Alter Düsedauer Weg 86, 39606 Osterburg (Altmark)	Osterburg, 5, 559/80
37	M110 - M111	375	433	BP	Düsedauer Straße 26, 39606 Osterburg (Altmark)	Osterburg, 5, 51/5
38	M111 - M112	374	394	BP	Düsedauer Straße, 39606 Osterburg (Altmark)	Osterburg, 16, 54/2
39	M112 - M113	324	356	BP	Hauptstraße 2, 39606 Osterburg (Altmark)	Düsedau, 3, 946/79
40	M116 - M117	159	178	rBP	Möllendorfer Str., 39606 Osterburg (Altmark)	Erleben, 3, 81/50
41	M122 - M123	71	72	rBP	Weidenweg 7, 39579 Rochau	Häsewig, 5, 18/1
42	M154 - M155	386	399	BP	39599 Steinfeld (Altmark)	Steinfeld, 3, 854
43	M160 - M161	242	247	rBP	Dorfstraße 51, 39599 Stendal	Möringen, 10, 609/216
44	M167 - M168	331	331	rBP	Nahrstedter Dorfstraße 62, 39599 Stendal	Nahrstedt, 4, 393

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 14 Bezugspunkte wurden auf diese Art ermittelt.



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 29 repräsentativen Bezugspunkte wurden auf diese Art ermittelt.



3. Parameter der Freileitung (Referenzzustand)

Die Parameter der Freileitungen wurden aus den Unterlagen der 50Hertz Transmission GmbH, der E.DIS Netz GmbH und der DB Energie GmbH (Trassenplan, Mastbild etc.) entnommen:

Die 50Hertz Transmission GmbH plant, die vorhandene 220-kV-Freileitung zwischen dem Umspannwerk Perleberg und dem Umspannwerk Stendal West durch eine leistungsfähigere 380-kV-Freileitung mit 3600 Ampere Stromtragfähigkeit zu ersetzen. Abgesehen von kleinräumigen Trassenoptimierungen und einer Anpassung in der Umgebung der Ortschaft Schinne, verläuft die neue 380-kV-Freileitung in der Trasse der vorhandenen 220-kV-Freileitung.

Die Bestandsleitung wird hierfür im Rahmen der vorbereitenden Baufeldfreimachung im engen zeitlichen Zusammenhang kurz vorher bzw. zeitgleich zur Neuerrichtung der 380-kV-Freileitung demontiert und wird daher nicht weiter betrachtet.

380-kV-Freileitung Perleberg - Stendal West:

max. Stromfluss	2 x 3600 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	380-kV (gerechnet mit 420-kV)
Mastfelder	Mast 10 bis Mast 18, Mast 39 bis Mast Mast 99, Mast 108 bis Mast 126 Mast 143 bis Mast 170
Phasenbelegung	M10 bis M18: 321 321 M39 bis M87: 213 213 M87 bis M146: 132 132 M146 bis M170: 321 321
Leiterseil	2 x 3 x 4 x 434-AL1/56-ST1A

Als Vorbelastungen wurden folgende Freileitungen berücksichtigt:

380-kV-Freileitung Putlitz - Stendal West (von Mast 113N bis Mast 117N sowie von Mast 186N bis Mast 197N als Mitnahme auf der 380-kV-Freileitung Perleberg - Stendal West):

max. Stromfluss	2 x 2520 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	380-kV (gerechnet mit 420-kV)
Phasenbelegung	M111 bis M113N: 132 231 M113N bis M169: 213 312 M172 bis M197N: 321 123
Leiterseil	M113N bis M117N sowie M186N bis M197N: 2 x 3 x 4 x 434-AL1/56-ST1A, ansonsten: 2 x 3 x 3 x 380/50 Al/St
Mastfelder	111 - 112N - 112AN - 113N - 114N - 115N - 116N - 117N - 117AN - 118 - 119 - 120 - 121 - 122 - 123 - 124 - 125 - 126 - 127 - 128 - 129 sowie 138 - 139 - 140 - 141 - 142 - 143 - 144 - 145 - 146 - 147 - 148 - 149 - 150 - 151 - 152 - 153 - 154 - 155 - 156 - 157 sowie 172 - 173 - 174 - 175 - 176 - 177 - 178 - 179 - 180 - 181 - 182 - 183 - 184 - 185N - 186N - 187N - 188N - 189N - 190N - 191N - 192N - 193N - 194N - 195N - 196N - 197N
Masttyp	T1+8, WE2+5, T1+15, WE3+0, WA1+2.5, T2+10, WA1+10, WE3+0, WE2+20, T1+8, T1+0, T1+4, T1+4, T1+0, T1+4, T1+0, T1+0, T1+4, T1+0, T1-4, T1+0 sowie

	T1+4,	T1+0,	T1-4,	T1+4,	T1+4,
	T1+0,	T1+4,	T1+0,	T1+4,	T1+4,
	T1+0,	T1+4,	T1+4,	T1+0,	T1+4,
	T1+0,	T1-4,	T1+4,	T1-4,	T1+0
	sowie				
	T1+0,	T1+4,	T1-4,	WT1+0,	T1-4,
	T1+0,	T1-4,	WT1+0,	T1+0,	T1+0,
	T1+0,	T1+8,	T2+12,	WE2+20,	WE3+0,
	WA1+2.5,	T1+2.5,	T1+10,	T1+5,	T1+2.5,
	T1+15,	T1+10,	T1+7.5,	T1+2.5,	T1+7.5,
	WA2+0				
min. Leiterseilabhängung	34.8 m,	32.2 m,	42.0 m,	39.5 m,	36.5 m,
	44.2 m,	44.0 m,	39.5 m,	47.2 m,	34.6 m,
	26.7 m,	30.7 m,	30.8 m,	26.6 m,	30.6 m,
	26.7 m,	26.9 m,	30.6 m,	26.7 m,	22.7 m,
	26.6 m sowie				
	30.8 m,	26.7 m,	22.7 m,	30.7 m,	30.7 m,
	26.6 m,	30.7 m,	26.6 m,	30.7 m,	30.7 m,
	26.6 m,	30.6 m,	30.7 m,	26.7 m,	30.7 m,
	26.6 m,	22.7 m,	30.8 m,	22.8 m,	26.7 m
	sowie				
	26.9 m,	30.9 m,	22.7 m,	27.3 m,	22.6 m,
	26.7 m,	22.7 m,	27.1 m,	26.6 m,	26.8 m,
	26.9 m,	36.7 m,	38.6 m,	47.2 m,	39.5 m,
	36.5 m,	36.7 m,	44.2 m,	39.2 m,	36.7 m,
	49.2 m,	44.2 m,	41.7 m,	36.7 m,	41.7 m,
	34.0 m über EOK				

110-kV-Freileitung Neuruppin - Perleberg:

max. Stromfluss	2 x 645 A
	(höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	110-kV (gerechnet mit 123-kV)
Phasenbelegung	123 321
Leiterseil	2 x 3 x 1 x AL/ST 240/40
Mastfelder	307 - 308 - 309 - 310 - 311 -
	312 - 313 - 314 - 315 - 316 -

	317 - 318 - 319 - 320 - 321 - 322 - 323 - 324
Masttyp	T15, T15, T15, T15, WA2 13, T15, T15, T19, WA1 13, T15, T15, T15, T17, T15, T15, T15, WA3 13
min. Leiterseilabhängung	13.2 m, 13.3 m, 13.2 m, 13.1 m, 13.1 m, 13.2 m, 13.2 m, 17.1 m, 13.2 m, 13.2 m, 13.2 m, 13.1 m, 15.2 m, 13.1 m, 13.1 m, 13.1 m, 13.1 m, 13.0 m über EOK

110-kV-Bahnstromfreileitung Insel - Wittenberge (von Mast 195 bis Mast 198 als Mitnahme auf der 380-kV-Freileitung Perleberg - Stendal West):

max. Stromfluss	2 x 740 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	110-kV (gerechnet mit 123-kV)
Phasenbelegung	Annahme: RT RT
Leiterseil	2 x 2 x 1 x 304-AL1/49-ST1A
Mastfelder	76 - 77 - 78 - 79 - 80 - 81 - 82 - 83 - 84 - 85 - 86 - 87 - 88 - 89 - 90 - 91 - 92 - 93 - 94 - 95 - 96 - 97 - 98 - 99 - 100 - 101 - 102 - 103 - 104 - 105 - 106 - 107 - 108 - 109 - 110 sowie 155 - 156 - 157 - 158 - 159 - 160 - 161 - 162 - 163 - 164 - 165 - 166 - 167 - 168 - 169 - 170 - 171 - 172 - 173 - 174 - 175 - 176 - 177 - 178 - 179 - 180 - 181 - 182 - 183 - 184 - 185 - 186 - 187 - 188 - 189 - 190 - 191 - 192 - 193 - 194 - 195 - 196 - 197 - 198 -

	199	-	200	-	201	-	202	-	
	203	-	204	-	205	-	206	-	207 - 208
Masttyp	EZ 9.45/25, A28...140°, T22, Tw28, Tw28, T28, T34, Tw34, A28...140°, A22...140°, T19, A/E16...100°, A/E16...100°, T16, A22...140°, A22...140°, T31, A34...140°, A34...140°, T22, T22, T19, T19, T19, T19, T19, A19...140°, A22...140°, Tw28, T22, Tw31, A25...140°, Tw34, Tw31, Tw31, Tw28 sowie A25...140°, Tw28, Tw25, Tw34, A28...140°, Tw31, Tw31, Tw31, Tw40, SEH 13/27.5...100°, SEH 13.5/22s..100°, Tw34, Tw34, A16..140°, T16, Tw28, Tw31, Tw25, T19, T19, Tw25, A28...140°, Tw28, Tw22, Tw25, T22, Tw25, Tw34, A28...140°, Tw31, Tw31, Tw28, Tw28, Tw28, A22...140°, Tw28, Tw25, Tw22, T22, A13...140°, WA1+5, T1+2.5, T1+2.5, WA1+7.5, SEH 19/29.55...120°, A34...140°, Tw40, Tw28, Tw25, Tw28, Tw28, A22...140°, Tw37, EZ 9.45/16								
min. Leiterseilaufhängung	25.0 m,	28.0 m,	20.0 m,	26.0 m,	26.0 m,	26.0 m,	32.0 m,	32.0 m,	28.0 m, 22.0 m,
	17.0 m,	16.0 m,	16.0 m,	14.0 m,	22.0 m,	22.0 m,	29.0 m,	34.0 m,	34.0 m, 20.0 m,
	20.0 m,	17.0 m,	17.0 m,	17.0 m,	17.0 m,	19.0 m,	22.0 m,	26.0 m,	20.0 m, 29.0 m,
	25.0 m,	32.0m,	29.0 m,	29.0 m,	27.0 m	sowie			
	26.5 m,	26.0 m,	26.5 m,	33.5 m,	29.5 m,	30.5 m,	30.5 m,	30.5 m,	41.5 m, 14.5 m,
	15.0 m,	33.5 m,	33.5 m,	17.5 m,	15.5 m,	27.5 m,	30.5 m,	24.5 m,	18.5 m, 18.5 m,
	24.5 m,	29.5 m,	27.5 m,	21.5 m,	24.5 m,	21.5 m,	24.5 m,	33.5 m,	29.5 m, 30.5 m,
	30.5 m,	27.5 m,	27.5 m,	27.5 m,	23.5 m,	29.5 m,	26.5 m,	23.5 m,	23.5 m, 16.5 m,

29.0 m, 24.0 m, 24.0 m, 31.5 m,
23.0 m, 38.0 m, 41.5 m, 29.0 m,
26.0m, 29.0 m, 29.0 m, 25.0 m, 38.0 m, 19.0 m
über EOK

Die Positionen und Abmessungen sowie der Verlauf der Freileitung über den Grundstücken stammen aus den Unterlagen der 50Hertz Transmission GmbH.

Die technischen Details sind den Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren der 50Hertz Transmission GmbH zu entnehmen bzw. können diese bei der Vorhabenträgerin angefragt werden.

Die Gebäudeumrisse sowie die Datengrundlage zur Erstellung des digitalen Geländemodells stammen von der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (© GeoBasis-DE/LGB, [dl-de/by-2-0](#)) bzw. vom Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt (© GeoBasis-DE/ LVermGeo LSA, [dl-de/by-2-0](#)).

4. Berechnung der Feldstärken

Die Berechnung der Feldstärken erfolgte auf der Grundlage der Trassenpläne der 50Hertz Transmission GmbH, der E.DIS Netz GmbH und der DB Energie GmbH mittels der Software "WinField Release 2022" 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 x, y:	+/- 1 m
Position z:	+/- 2 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) befindet sich der maßgebliche Minimierungsort 27, alle anderen maßgeblichen Minimierungsorte liegen außerhalb des Bewertungsabstandes.

Alle maßgeblichen Minimierungsorte liegen innerhalb des Einwirkungsbereiches, aber nur MMO 27 innerhalb des Bewertungsabstandes. Somit ist für MMO 27 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 44 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 „Parameter 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:

Maßnahme	Auswirkung	Hinweise
a) „Masttyp“: Optimierung der Mastkopfgeometrie (5.3.1.4)	<i>einzelne Masten:</i> örtlich begrenzt <i>Kompletthanpassung:</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 Mindestisoliationsabstände 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.
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.

Maßnahme	Auswirkung	Hinweise
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>Kompletthanpassung:</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>Kompletthanpassung:</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)

Abgesehen von den Mitnahme-Abschnitten ist die 380-kV-Freileitung durchgehend 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 79 und 80 liegt das Grundstück des maßgeblichen Minimierungsortes 27 in einem Abstand von 13 m zu dem äußeren Leiterseil. An diesem MMO treten die höchsten Immissionen auf (15.5 μT und 1.6 kV/m), vgl. Unterlage 13.1.1 Gutachten 26. BImSchV. Das Grundstück von MMO 26 liegt im selben Mastfeld in einem Abstand von 37 m. In diesem Bereich wurde daher exemplarisch der Einsatz von Einebenen- und von Tonnenmasten geprüft. In beiden Varianten ergaben sich höhere magnetische Flussdichten an beiden maßgeblichen Minimierungsorten. Beim Einsatz von Einebenenmasten wäre zusätzlich die elektrische Feldstärke an beiden MMO erhöht.

Ergebnis: Die Maßnahme kommt nicht in Betracht, weil sie an mindestens einem maßgeblichen Minimierungsort zu einer Erhöhung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke 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. Zusätzlich zum Erdseil an der Spitze der

Masten wird bereits ein weiterer elektrisch leitfähiger Leiter (Lichtwellenleiter) zwischen den zwei Systemen im unteren Bereich der Masten mitgeführt.

- l) Machbarkeit: Grundsätzlich wäre das Mitführen eines weiteren elektrisch leitfähigen Erdseils zwischen den Systemen möglich. Dies würde allerdings nahezu keinen schirmenden Effekt haben, weil dort bereits der Lichtwellenleiter mitgeführt wird. Seitlich oder unterhalb der Phasenleiter kann kein elektrisch leitfähiger Leiter angebracht werden, weil sonst die Mindestisolierluftstrecken zu den Phasenleitern nicht eingehalten würden.

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

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

- l) 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. Dabei gibt es bestimmte Standard-Verdrillungsarten, welche in Frage kommen, da sie eine ausreichende Symmetrierung für die verwendeten Masttypen gewährleisten.

Eine Anpassung der Phasenlage in einem kurzen Leitungsabschnitt in Abweichung zur eigentlichen Verdrillungsart ist möglich. Hierzu müssen dann allerdings zusätzliche Verdrillungsmasten eingefügt und gegebenenfalls auch Abspannabschnitte verkürzt werden, indem ein Abspannmast statt eines Tragmastes verwendet wird, um das Symmetrierungsziel wieder herzustellen.

- II) Zulässigkeit: Insgesamt sind sechs Phasenordnungen möglich, welche bezüglich der resultierenden Immissionswerte an allen 44 Bezugspunkten bzw. maßgeblichen Minimierungsorten geprüft wurden. Bei Änderung der Phasenordnung für die Gesamttrasse führt jede Variation an mindestens einem maßgeblichen Minimierungsort zu einer Erhöhung der magnetischen Flussdichte oder der elektrischen Feldstärke.

Es wurde darüber hinaus geprüft, ob es, abweichend von der Standard-Verdrillungsart, eine Phasenordnung in einem kurzen Abschnitt gibt, welche an den maßgeblichen Minimierungsorten für eine Verringerung der Immissionen sorgt. An einigen maßgeblichen Minimierungsorten würden andere Phasenordnungen zu geringeren magnetischen Flussdichten und elektrischen Feldstärken führen.

An den MMO 05 und 06 im Mastfeld 13 - 14 treten, abgesehen vom MMO 27, die höchsten Immissionswerte auf (8.0 μT und 7.2 μT sowie 0.46 kV/m und 0.53 kV/m). Jede andere Phasenlage würde hier zu höheren magnetischen Flussdichten oder elektrischen Feldstärken führen.

- III) Verhältnismäßigkeit: Die ermittelten Phasenordnungen können 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 kurzen Abschnitt angewendet werden und würde somit nur für eine kleine Auswahl an maßgeblichen Minimierungsorten zu einer Verringerung der Immissionen führen. Um die Phasenlage in diesem kurzen Abschnitt zu verändern, müssten außerdem zusätzliche Verdrillungsmasten eingefügt werden. Gleichzeitig würde dies aufgrund der Abweichung von der Standard-Verdrillung zu höheren Leitungsverlusten führen. Am MMO 27 ließe sich die magnetische Flussdichte um etwa 5.4 μT (ca. 35% Reduktion)^{*)} verringern, am MMO 26 um etwa 2.4 μT (ca. 45% Reduktion)^{*)}. Die möglichen Verringerungen an allen anderen MMO wären deutlich geringer. Da die maximale magnetische

Flussdichte allerdings bereits im Referenzzustand sehr deutlich unterhalb des Grenzwertes von 100 μT liegt (etwa 15.5 μT am MMO 27 und etwa 5.3 μT am MMO 26), erscheint dieser zusätzliche Aufwand nicht verhältnismäßig, zumal die Immissionen an den meisten anderen MMO dadurch nicht verringert würden.

^{*)} Die in der Nähe verlaufende 110-kV-Bahnstrom-Freileitung wurde bei der Auswertung berücksichtigt. Die Reduktion bezieht sich jeweils auf die Grenzwertausschöpfung gemäß Summationsvorschrift in Anhang 2a der 26. BImSchV (für die Bahnstromfreileitung mit einer Frequenz von 16.7 Hz gilt ein Grenzwert von 300 μT). Der Beitrag zur Gesamtmission am maßgeblichen Minimierungsort ist daher unabhängig von Minimierungsmaßnahmen an der 380-kV-Freileitung. Die magnetischen Flussdichten am MMO 26 und 27, welche durch die Bahnstromfreileitung hervorgerufen wird ist allerdings gering (< 0.1 μT (< 0.03% Grenzwertausschöpfung) bzw. 0.14 μT (0.05% Grenzwertausschöpfung)).

Ergebnis: Die Maßnahme kommt für die Gesamttrasse nicht in Betracht, weil sie an mindestens einem maßgeblichen Minimierungsort zu einer Erhöhung der magnetischen Flussdichte oder der elektrischen Feldstärke führt.

Die Anwendung der Maßnahme in einem kurzen Abschnitt würde nur für wenige maßgebliche Minimierungsorte eine Verringerung der Immissionen bedeuten und die Immissionen liegen bereits im Referenzzustand sehr deutlich unterhalb der Grenzwerte. Der Aufwand für zusätzliche Verdrillungsmasten und die zusätzlichen Übertragungsverluste erscheinen daher nicht verhältnismäßig.

e) Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes (5.3.1.1)

Für die 380-kV-Freileitung wurde für alle Mastfelder ein minimaler Bodenabstand von 9.5 m, statt der in DIN EN 50341 geforderten 7.8 m, bereits in der Planung vorgesehen. Bis auf MMO 27 befinden sich alle maßgeblichen Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstandes, sodass auch der horizontale Abstand zu den Leiterseilen relativ groß ist. Der minimale Bodenabstand beträgt bei MMO 27 mehr als 14.5 m. Da sich alle anderen maßgeblichen Minimierungsorte außerhalb des

Bewertungsabstandes befinden, ist bei diesen auch der horizontale Abstand zu den Leiterseilen relativ groß.

- I) Machbarkeit: Grundsätzlich ist eine Erhöhung einzelner Masten technisch möglich.
- II) Zulässigkeit: Bei speziellen Anordnungen der Mastfelder 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 bis 04, 07, 08, 20, 22, 24, 31, 35, 39 und 40 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 $0.05 \mu\text{T}$ 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.

Nur an den maßgeblichen Minimierungsorten 05, 06, 16, 26 und 27 verringern sich die magnetische Flussdichten um etwa $0.34 \mu\text{T}$, $0.64 \mu\text{T}$, $0.09 \mu\text{T}$, $0.43 \mu\text{T}$ bzw. $3.3 \mu\text{T}$ (ca. 4.2%, 8.9%, 3.4%, 8.1% bzw. 21.5% Reduktion)*). Die Erhöhung der Masten in der Umgebung der MMO 05 und 06 ist allerdings nicht zulässig, weil sich dadurch die Immissionen an den MMO 04 erhöhen würden. Bei den MMO 16, 26 und 27

bezieht sich der angegebene Wert auf die jeweilige Ecke des Grundstücks, welche der Freileitung zugewandt ist. In den jeweils nächstliegenden Ecken der Wohngebäude beträgt die Reduktion nur noch $0.02 \mu\text{T}$, $0.31 \mu\text{T}$ bzw. $0.14 \mu\text{T}$ (ca. 1.7%, 7.2% bzw. 4.0% Reduktion)^{*)}. Da die magnetischen Flussdichten bereits im Referenzzustand deutlich unterhalb des Grenzwertes von $100 \mu\text{T}$ liegen, erscheinen der zusätzliche Aufwand und die Auswirkungen auf andere Schutzgüter auch in diesem Fall nicht verhältnismäßig.

^{*)} Die in der Nähe verlaufende 110-kV-Bahnstrom-Freileitung wurde bei der Auswertung berücksichtigt. Die Reduktion bezieht sich jeweils auf die Grenzwertausschöpfung gemäß Summationsvorschrift in Anhang 2a der 26. BImSchV (für die Bahnstromfreileitung mit einer Frequenz von 16.7 Hz gilt ein Grenzwert von $300 \mu\text{T}$). Der Beitrag zur Gesamtimmission am maßgeblichen Minimierungsort ist daher unabhängig von Minimierungsmaßnahmen an der 380-kV-Freileitung. Die magnetischen Flussdichten, welche durch die Bahnstromfreileitung hervorgerufen werden sind allerdings gering ($\leq 0.21 \mu\text{T}$ ($\leq 0.07\%$ Grenzwertausschöpfung)).

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 Mastfelder ein minimaler Bodenabstand von 9.5 m, statt der in DIN EN 50341 geforderten 7.8 m, bereits in der Planung vorgesehen. Durch eine Verringerung der Spannfeldlänge kann der Bodenabstand der Leiterseile erhöht werden. Bis auf MMO 27 befinden sich alle maßgeblichen Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstandes, sodass auch der horizontale Abstand zu den Leiterseilen relativ groß ist. Der minimale Bodenabstand beträgt bei

MMO 27 mehr als 14.5 m. Da sich alle anderen maßgeblichen Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstandes befinden, ist bei diesen auch der horizontale Abstand zu den Leiterseilen relativ groß.

- I) Machbarkeit: Grundsätzlich ist es technisch möglich, zusätzliche Maststandorte vorzusehen, um die Spannfeldlänge zu verringern.
- II) Zulässigkeit: Es gelten hier dieselben wie unter „e) Abstandoptimierung - 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 9.5 m für alle Mastfelder und die relativ große Entfernung der maßgeblichen Minimierungsorte zur Freileitung kann durch eine verringerte Spannfeldlänge 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) Abstandoptimierung - 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 9.5 m für alle Mastfelder 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 ergeben sich gegenüber dem Planungsstand keine Maßnahmen zur Minimierung der Feldstärken, welche technisch machbar, zulässig und verhältnismäßig erscheinen. Alle 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