Netzanbindung Südharz (BBPlG Nr. 44): „Höchstspannungsleitung Schraplau/Obhausen – Wolkramshausen – Vieselbach; Drehstrom Nennspannung 380 kV“

ABSCHNITT SÜD (WOLKRAMSHAUSEN – VIESELBACH)

Unterlagen zur Planfeststellung gemäß § 21 NABEG

1. Deckblattänderung

Unterlage 9.2: Minimierungsprüfung nach 26.BImSchV



Berlin, 30.08.2024

Netzanbindung Südharz (BBPlG Nr. 44): „Höchstspannungsleitung Schraplau/Obhausen – Wolkramshausen – Vieselbach; Drehstrom Nennspannung 380 kV“

ABSCHNITT SÜD (WOLKRAMSHAUSEN – VIESELBACH)

Unterlagen zur Planfeststellung gemäß § 21 NABEG

Unterlage 9.2: Minimierungsprüfung nach 26. BImSchVVwV



Berlin, 31.12.2023

Allgemeine Informationen

Vorhabenträgerin:
50Hertz Transmission GmbH
Heidestraße 2
10557 Berlin
Deutschland
T +49 (0)30 5150-0
F +49 (0)30 5150-4477

info@50hertz.com
www.50hertz.com

Ansprechpartner/in:
Projektleiter/in
Inga von Mensenkampff

T +49 (0)30 5150-3845
F +49 (0)30 5150-4477

Inga.vonmensenkampff@50hertz.com

Erstellt durch/unter Mitwirkung von:

LTB Leitungsbau GmbH
Friedrich-List-Str. 27
01445 Radebeul

Genehmigungsbehörde:
Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
~~Abteilung 8 – Netzausbau Strom,~~
~~Genehmigungsreferat 806~~
~~Heinrich-Hertz-Straße 6~~ Tulpenfeld 4
~~03044 Cottbus~~ 53113 Bonn

Minimierung der Feldstärken gemäß 26. BImSchVVwV der 380-kV-Freileitung Wolkramshausen - Vieselbach der 50Hertz Transmission GmbH

Gutachterliche Bewertung

Im Auftrag von LTB Leitungsbau GmbH, Friedrich-List-Str. 27, 01445 Radebeul

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

Anzahl der Seiten einschließlich Titelseite: 32

A-00478a / 2023

Anfertigung und Prüfung

Dr. rer. nat. Olaf Plotzke
unabhängiger Sachverständiger für „Elektromagnetische Umweltverträglichkeit - EMVU"

Berlin - ~~27.10.2023~~ 26.08.2024

Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH

Berlin ~~2023~~ 2024, (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 16

5. Minimierung der Feldstärken 17

6. Literatur 32

1. Einleitung / Vorbemerkungen

Untersuchungsgegenstand ist die Minimierung der Feldstärken der 380-kV-Freileitung Wolkramshausen - Vieselbach der 50Hertz Transmission GmbH. Die Analyse erfolgte im Auftrag der LTB Leitungsbau GmbH, Friedrich-List-Str. 27, 01445 Radebeul.

Die Untersuchung wurde für die Vorzugstrasse des Alternativenvergleichs (vgl. Erläuterungsbericht (Unterlage 1 nach § 21 NABEG)) durchgeführt.

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.

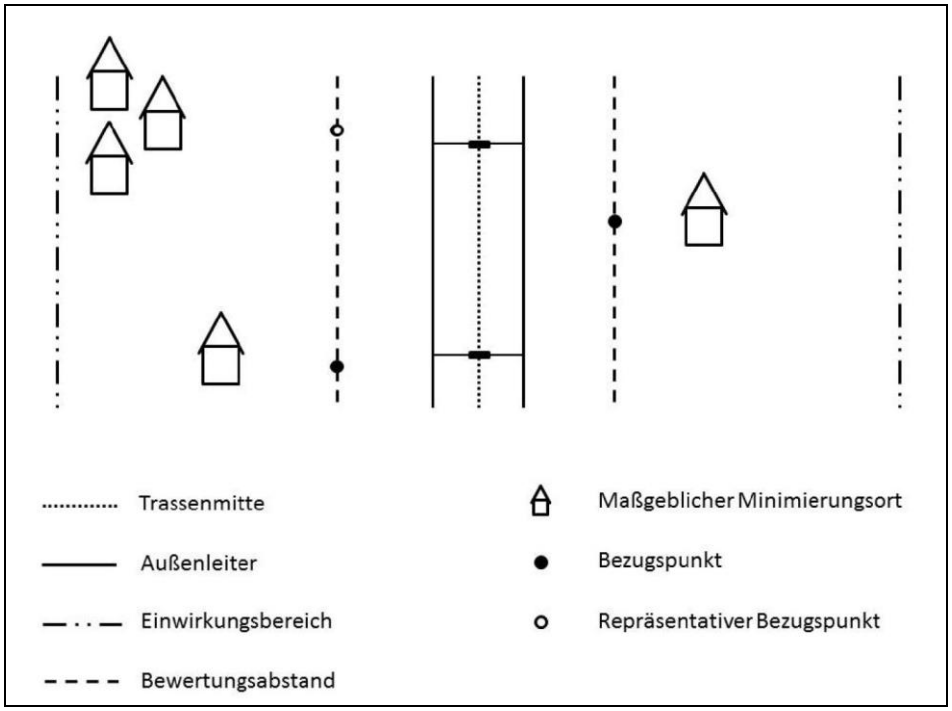


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung von Einwirkungsbereich und Bewertungsabstand einer Freileitung. Alle maßgeblichen Minimierungsorte liegen außerhalb des Bewertungsabstandes, weshalb Bezugspunkte festgelegt werden. Drei der maßgeblichen Minimierungsorte liegen nah zusammen, sodass hier ein (gemeinsamer) 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 51 Stellen maßgebliche Minimierungsorte (MMO) vor. Zwei liegen innerhalb, die restlichen 49 außerhalb des Bewertungsabstandes der Freileitung. Daher werden 49 Bezugspunkte (BP) für die Bewertung festgelegt. An 26 der betrachteten Stellen liegen mehrere maßgebliche Minimierungsorte dicht beieinander. Es werden daher 26 der Bezugspunkte als repräsentative Bezugspunkte (rBP) festgelegt. Nachfolgend sind alle 51 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.	Mastfeld	Abstand Grund-stück [m]	Abstand Gebäude [m]	Bezugs-punkt	Gemarkung, Flur, Flurstück
01	WP1 - WP2	**206**	**208**	BP	Wollersleben, 2, 453/132
02	WP2 - 2_1	**6**	**84**	-	Wollersleben, 2, 200/24
03	3_2 -3_3	262	**273**	rBP	Wolkramshausen, 2, 53/5
04	3_2 -3_3	**175**	**185**	rBP	Wolkramshausen, 3, 250/31
05	3_6 - WP4	144	**157**	BP	Wernrode, 6, 44
06	WP4 - WP5	0*)	**15**	-	Wernrode, 5, 15
07	WP4 - WP5	**217**	**235**	rBP	Wernrode, 3, 169/2
08	WP6 - WP7	0**)	**25**	rBP	Wernrode, 3, 162/1
09	WP6 - WP7	**320**	**320**	BP	Wernrode, 3, 143/30
10	7_1 - 7_2	**285**	**296**	rBP	Wernrode, 11, 119/97
11	~~WP9 - 9_1~~ WP9_3 - 9_1_3	~~**57**~~ **145**	~~**79**~~ **168**	BP	Immenrode, 2, 283/1
12	~~WP9 - 9_1~~ WP9_3 - 9_1_3	~~**142**~~ **230**	~~**149**~~ **236**	BP	Immenrode, 2, 270/1

Nr.	Mastfeld	Abstand Grund-stück [m]	Abstand Gebäude [m]	Bezugs-punkt	Gemarkung, Flur, Flurstück
13	~~WP9 - 9_1~~ WP9_3 - 9_1_3	~~**172**~~ **262**	~~**196**~~ **286**	rBP	Immenrode, 1, 175
14	~~9_1 - 9_2~~ 9_2_3 - 9_3_3	~~**224**~~ **335**	~~**265**~~ **373**	rBP	Immenrode, 7, 1023
15	11_5 - 11_6	**50**	**68**	BP	Schernberg, 4, 37/1
16	11_6 - 11_7	**280**	**308**	BP	Schernberg, 12, 491/45
17	11_7 - 11_8	243	**272**	rBP	Schernberg, 12, 491/49
18	11_7 - 11_8	**218**	**264**	rBP	Schernberg, 9, 277/2
19	11_8 - 11_9	**75**	**97**	BP	Schernberg, 9, 761
20	11_8 - 11_9	**77**	**156**	rBP	Schernberg, 10, 378/1
21	11_9 - 11_10	**356**	**401**	rBP	Schernberg, 10, 429
22	WP13 - 13_1	**166**	**188**	BP	Schernberg, 16, 658/4
23	13_2 - WP14	77	**113**	BP	Gundersleben, 5, 167/6
24	WP14 - 14_1	48	**96**	BP	Gundersleben, 5, 200/7
25	WP14 - 14_1	**123**	**141**	rBP	Gundersleben, 2, 95
26	14_7 - 14_8	**255**	**267**	rBP	Bellstadt, 5, 354/121
27	14_7 - 14_8	**237**	**243**	rBP	Bellstadt, 5, 138
28	14_10 - 14_11	324	**349**	BP	Abtsbessingen, 7, 1027/411
29	15_1 - 15_2	**115**	**150**	BP	Wenigenehrich, 5, 109/3
30	15_3 - WP16	**389**	**418**	rBP	Wenigenehrich, 2, 92
31	20_4 - WP21	307	**322**	rBP	Clingen, 10, 780/710
32	WP22 - 22_1	374	**391**	BP	Greußen, 8, 853/30
33	22_1 - WP23	100	**119**	rBP	Greußen, 8, 851/13
34	27_5 - 27_6	48	**68**	rBP	Weißensee, 15, 57
35	WP31 - 31_1	**387**	**397**	BP	~~Tunzenhausen, 1, 432~~ Tunzenhausen, 1, 549/16
36	WP31 - 31_1	96	**106**	BP	~~Tunzenhausen, 1, 549/16~~ Tunzenhausen, 1, 432
37	32_2 - WP32A	310	**319**	rBP	Sömmerda, 43, 6/19
38	WP33 - 33_1	228	**235**	rBP	Sömmerda, 41, 9/242
39	WP33 - 33_1	16***)	**30**	rBP	Wenigensömmern, 2, 444/11
40	33_1 - WP34	232	**239**	rBP	Sömmerda, 7, 128/1
41	WP34 - 34_1	**87**	**88**	rBP	Wenigensömmern, 2, 80/2
42	35_4 - 35_5	256	**291**	BP	Frohndorf, 7, 30/1

Nr.	Mastfeld	Abstand Grund-stück [m]	Abstand Gebäude [m]	Bezugs-punkt	Gemarkung, Flur, Flurstück
43	37_3 - WP38	**71**	-	rBP	Rohrborn, 3, 111/1
44	38_2 - WP39	318	**354**	BP	Schloßvippach, 14, 1887/5
45	WP43 - 43_1	**81**	**131**	BP	Udestedt, 8, 722
46	46_3 - 46_4	286	**335**	BP	Töttleben, 2, 261/1
47	46_4 - 46_5	**147**	**148**	rBP	Töttleben, 1, 101
48	46_5 - WP47	**113**	-	BP	Töttleben, 2, 289
49	46_5 - WP47	**111**	**129**	rBP	Töttleben, 2, 552
50	WP47 - WP48	**58**	**65**	BP	Kerspleben, 2, 293/1
51	WP48 - 48_1	**131**	**137**	BP	Kerspleben, 2, 360

*) Auf dem westlichen Teil des Grundstücks befindet eine Streuobstwiese, sodass es sich um einen Ort handelt, der nur zum vorübergehenden Aufenthalt bestimmt ist. Dieser Teil des Grundstücks wird daher nachfolgend nicht als maßgeblicher Immissionsort betrachtet.

**) Auf dem nördlichen Teil des Grundstücks befindet sich ein Parkplatz, sodass es sich um einen Ort handelt, der nur zum vorübergehenden Aufenthalt bestimmt ist. Dieser Teil des Grundstücks wird daher nachfolgend nicht als maßgeblicher Immissionsort betrachtet.

***) Auf dem nördlichen Teil des Flurstücks der Abwasserbehandlungsanlage befindet sich Brachland und auch der Außenbereich der Anlage ist nur zum vorübergehenden Aufenthalt bestimmt, weshalb das Grundstück nachfolgend nicht als maßgeblicher Immissionsort betrachtet wird.

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.

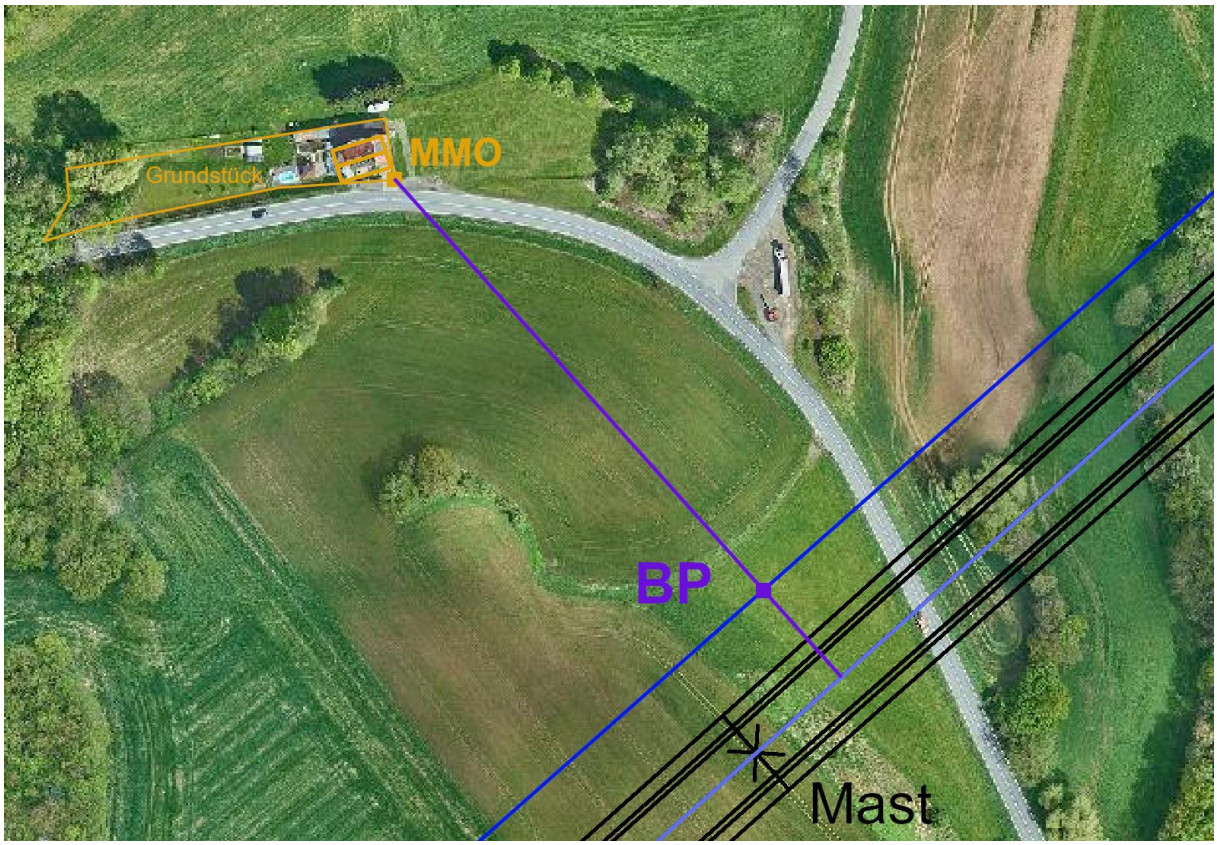


Abbildung 2: Exemplarische Darstellung der Festlegung der Bezugspunkte

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.

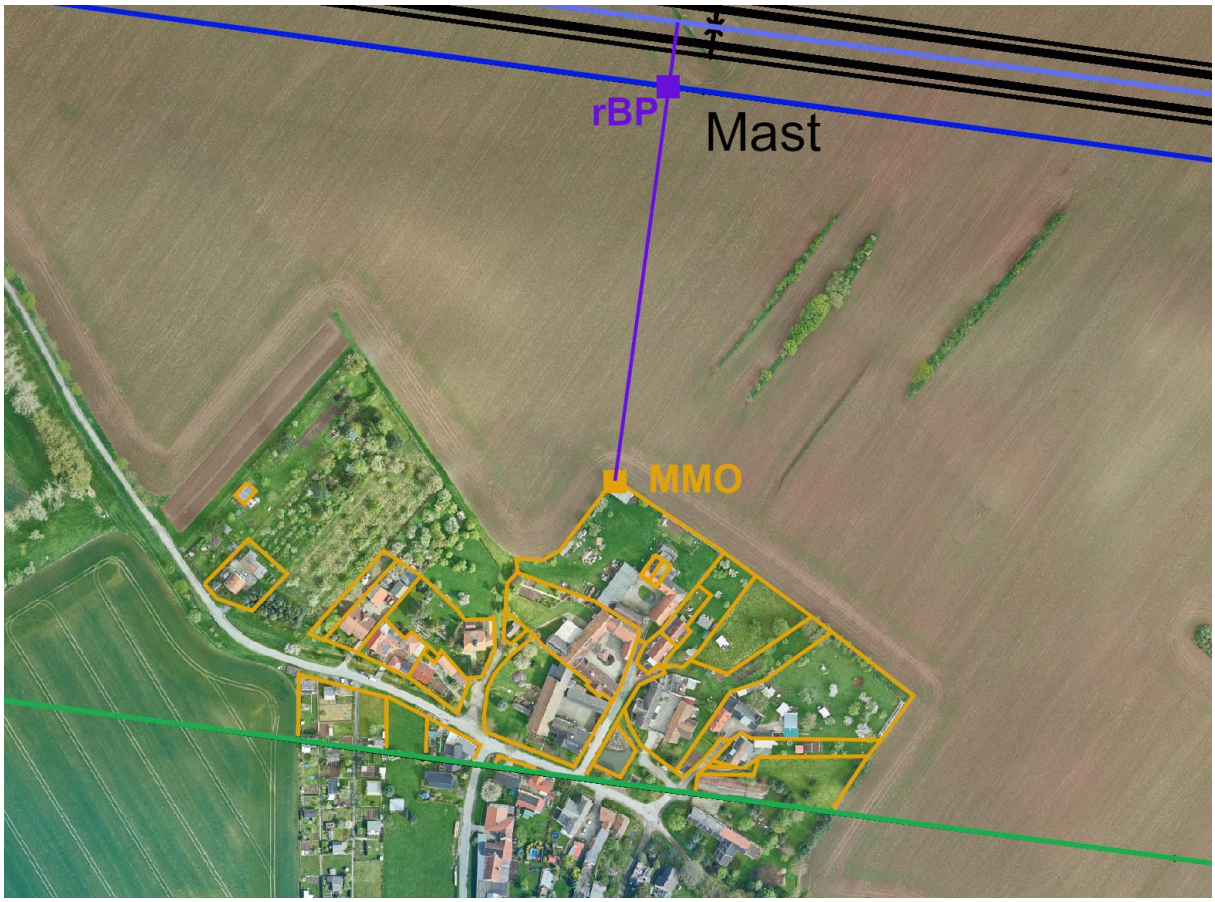


Abbildung 3: Exemplarische Darstellung der Festlegung der repräsentativen Bezugspunkte

3. Parameter der Freileitung (Referenzzustand)

Die Parameter der Freileitung wurden aus den Unterlagen der 50Hertz Transmission GmbH und der LTB Leitungsbau GmbH (Trassenplan, Mastbild etc.) entnommen:

Die 50Hertz Transmission GmbH plant, die vorhandene 220-kV-Freileitung zwischen den Umspannwerken Wolkramshausen und Vieselbach durch eine leistungsfähigere 380-kV-Freileitung mit 4000 Ampere Stromtragfähigkeit zu ersetzen. Die Bestandsleitung wird daher nicht weiter betrachtet.

Die Untersuchung wurde für die Vorzugstrasse des Alternativenvergleichs (vgl. Erläuterungsbericht (Unterlage 1 nach § 21 NABEG)) durchgeführt.

380-kV-Freileitung Wolkramshausen - Vieselbach:

max. Stromfluss	2 x 4000 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)	
Nennspannung	380-kV (gerechnet mit 420-kV)	
Mastfelder	alle Mastfelder zwischen UW Wolkramshausen und UW Vieselbach	
Phasenbelegung	UW Wolkramshausen bis WP17:	123 | 123
	WP17 bis M33_1:	231 | 231
	M33_1 bis WP49:	312 | 312
	WP49 bis UW Vieselbach:	123 | 123
Leiterseil	2 x 3 x 4 x 550-AL1/71-ST1A	

Als Vorbelastungen wurden folgende Freileitungen berücksichtigt:

110-kV-Freileitung Wolkramshausen - Menteroda:

max. Stromfluss	2 x 1070 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	110-kV (gerechnet mit 123-kV)
Phasenbelegung	123 | 123
Mastfelder	15 Mastfelder zwischen Mast 4 und Mast 19
Leiterseil	2 x 3 x 2 x 185/32 Al/St

110-kV-Freileitung Menteroda - Greußen:

max. Stromfluss	2 x 630 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)	
Nennspannung	110-kV (gerechnet mit 123-kV)	
Phasenbelegung	M57G bis M61G:	312 | 312
	M61G bis M65G:	321 | 123
	M65G bis M66G:	321
	M66G bis M113G:	321 | 321
Mastfelder	56 Mastfelder zwischen Mast 57G und Mast 113G	
Leiterseil	2 x 3 x 1 x 231-AL1/30-ST1A	

110-kV-Einschleifung UW Ebeleben:

max. Stromfluss	2 x 630 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)	
Nennspannung	110-kV (gerechnet mit 123-kV)	
Phasenbelegung	123 | 123	
Mastfelder	5 Mastfelder zwischen Mast 55G/56G und Mast 4E	
Leiterseil	2 x 3 x 1 x 231-AL1/30-ST1A	

110-kV-Freileitung Sömmerda - Greußen (einschließlich Abzweig UW Schilfa und Mitnahme der 110-kV-Freileitung Vieselbach - Sömmerda zwischen M4S und M1S):

max. Stromfluss	2 x 630 A (4 x 630 A im Bereich der Mitnahme) (höchste betriebliche Anlagenauslastung)	
Nennspannung	110-kV (gerechnet mit 123-kV)	
Phasenbelegung	M6S bis M1S:	231 | 312
	(Mitnahme M4S bis M1S:	213 | 132)
	M1S bis M105:	231 | 312
	M105 bis UW Greußen:	123 | 123
	M94 bis UW Schilfa:	321 | 123

Mastfelder	46 Mastfelder zwischen Mast 6S und UW Greußen (einschließlich Abzweig UW Schilfa)
Leiterseil	M6S bis M4S sowie M1S bis M68: 2 x 3 x 1 x 231-AL1/30-ST1A Im Bereich der Mitnahme M4S bis M1S: 4 x 3 x 1 x 231-AL1/30-ST1A M68 bis UW Greußen sowie Abzweig UW Schilfa: 2 x 3 x 1 x Al/St 230/30

110-kV-Freileitung Sömmerda - Kölleda:

max. Stromfluss	2 x 630 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	110-kV (gerechnet mit 123-kV)
Phasenbelegung	231 | 132
Mastfelder	8 Mastfelder zwischen Mast 1 und Mast 9
Leiterseil	2 x 3 x 1 x Al/St 230/30

110-kV-Freileitung Vieselbach - Sömmerda/West:

max. Stromfluss	2 x 1700 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	110-kV (gerechnet mit 123-kV)
Phasenbelegung	UW Vieselbach bis M22: 321 | 123 M22 bis M46: 213 | 312
Mastfelder	47 Mastfelder zwischen UW Vieselbach und Mast 46
Leiterseil	2 x 3 x 2 x 386-AL1/34-ST1A

110-kV-Freileitung Vieselbach - Langensalza:

max. Stromfluss	2 x 630 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	110-kV (gerechnet mit 123-kV)
Phasenbelegung	UW Vieselbach bis M1: 321 | 321 M1 bis M11V: 312 | 213

Mastfelder	11 Mastfelder zwischen UW Vieselbach und Mast 11V
Leiterseil	2 x 3 x 1 x 386-AL1/34-ST1A

110-kV-Freileitung Vieselbach - Erfurt/Ost:

max. Stromfluss	2 x 630 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	110-kV (gerechnet mit 123-kV)
Phasenbelegung	UW Vieselbach bis M2V: 321 | 321 M2V bis M11V: 213 | 312
Mastfelder	11 Mastfelder zwischen UW Vieselbach und Mast 11V
Leiterseil	UW Vieselbach bis M2V: 2 x 3 x 2 x 184-AL1/30-ST1A M2V bis M9V: 2 x 3 x 2 x 243-AL1/39-ST1A M9V bis M11V: 2 x 3 x 1 x 386-AL1/34-ST1A

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

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

Die digitalen Orthophotos, die Gebäudeumrisse sowie die Datengrundlage zur Erstellung des digitalen Geländemodells stammen vom Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation des Freistaats Thüringen (© GDI-Th, dl-de/by-2-0).

4. Berechnung der Feldstärken

Die Berechnung der Feldstärken erfolgte auf der Grundlage der Trassenpläne der 50Hertz Transmission GmbH und der LTB Leitungsbau GmbH mittels der Software "WinField Release 2024" 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 02 und 06, alle anderen maßgeblichen Minimierungsorte liegen außerhalb des Bewertungsabstandes.

Alle maßgeblichen Minimierungsorte liegen innerhalb des Einwirkungsbereiches, aber nur MMO 02 und 06 innerhalb des Bewertungsabstandes. Somit ist für MMO 02 und 06 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 51 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)	*einzelne Masten*: örtlich begrenzt *Komplettanpassung*: 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	Wirksamkeit abhängig von den Seilabständen „b)“ und der Mastkopfgeometrie „a)“. 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. Optimale Phasenlage kann sich für magnetische Flussdichte und elektrische Feldstärke unterscheiden. Beeinflusst ebenfalls Schallemission und u.U. Landschaftsbild (stärkere Wahrnehmung von Verdrillungsmasten). 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.

Maßnahme	**Auswirkung**	**Hinweise**
e) Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes (5.3.1.1)	*einzelne Masten*: örtlich begrenzt *Komplettanpassung*: trassenweit	Die Wirksamkeit der Maßnahme ist in Trassennähe größer als in weiterer Entfernung. Beeinflusst Landschaftsbild (Sichtbarkeit in größerer Entfernung), u.U. Tiere (höhere Barrierewirkung für Vogelarten), Boden (größere Mastfundamente), Sachgüter (höhere Kosten). Mit zunehmender Erhöhung der Masten steigt der Gesamtaufwand für die Errichtung der Freileitung stark an.
f) Abstandsoptimierung - Verringerung der Spannfeldlänge (5.3.1.1)	*einzelne Masten*: örtlich begrenzt *Komplettanpassung*: trassenweit	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. Die Wirksamkeit ist in Trassennähe größer als in weiterer Entfernung. Beeinflusst Landschaftsbild (erhöhte Sichtbarkeit / Wahrnehmbarkeit durch mehr Masten), Boden (mehr Mastfundamente), Sachgüter (höhere Kosten).

Maßnahme	Auswirkung	Hinweise
g) Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems (5.3.1.1)	*einzelne Masten*: örtlich begrenzt *Komplettanpassung*: trassenweit	Starke Wechselwirkung mit den Maßnahmen „b)“ und „d)“, wenn mehrere Systeme vorhanden sind. Nur möglich, wenn alle maßgeblichen Minimierungsorte auf derselben Seite der Trasse liegen, da sonst Immissionen an anderen MMO unzulässigerweise erhöht würden. 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)“.

Prüfung des Minimierungspotentials und der Verhältnismäßigkeit

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

Die 380-kV-Freileitung ist weitgehend mit Donaumasten geplant. In den Bereichen der Masten 18_1 bis 20_4 und WP32B bis 35_6 ist der Einsatz von Einebenenmasten geplant.

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 11_5 und 11_10 liegen die maßgeblichen Minimierungsorte 15 bis 21 in unterschiedlichen Abständen zu den äußeren Leiterseilen (zwischen 50 m Abstand (MMO 15) und 356 m Abstand (MMO 21)). 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.

III) Verhältnismäßigkeit: In den Bereichen der Masten 18_1 bis 20_4 und WP32B bis 35_6 ist der Einsatz von Einebenenmasten geplant. Im Bereich zwischen den Masten 18_1 und 20_4 liegen keine maßgeblichen Minimierungsorte vor. Im Bereich der Masten WP32B bis 35_6 liegen die maßgeblichen Minimierungsorte 38 bis 42 vor. Die maximale magnetische Flussdichte an diesen MMO beträgt 4.1 µT. Im Ergebnis der Bundesfachplanung wurde festgestellt, dass artenschutzrechtliche Verbotstatbestände und somit erhebliche Umweltauswirkungen hier nur durch den Einsatz von Einebenenmasten sicher ausgeschlossen werden können. Da die maximale magnetische Flussdichte mit 4.1 µT bereits im Referenzzustand sehr deutlich unterhalb des Grenzwertes von 100 µT liegt, erscheint der Einsatz eines anderen Masttyps nicht verhältnismäßig.

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.

Im Bereich des geplanten Einsatzes von Einebenenmasten ist der Einsatz eines anderen Masttyps nicht verhältnismäßig, weil nur durch die Einebenenmasten die Anforderungen des Artenschutzes sicher eingehalten werden können.

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.

I) 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 bzw. den zwei Erdseilen an der Erdseiltraverse der Masten wird bereits ein weiterer elektrisch leitfähiger Leiter (Lichtwellenleiter) zwischen den zwei Systemen im unteren Bereich des Masten mitgeführt.

I) 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)

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. 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 Phasenanordnungen möglich, welche bezüglich der resultierenden Immissionswerte an allen 51 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 Phasenanordnung in einem kurzen Abschnitt gibt, welche an den maßgeblichen Minimierungsorten für eine Verringerung der

Immissionen sorgt. An einigen maßgeblichen Minimierungsorten würden andere Phasenanordnungen zu geringeren magnetischen Flussdichten und elektrischen Feldstärken führen.

Am MMO 02 im Mastfeld WP2 - 2_1 treten die höchsten Immissionswerte auf (13.1 µT und 1.4 kV/m). Jede andere Phasenlage würde am daneben liegenden MMO 01 zu höheren magnetischen Flussdichten führen.

III) Verhältnismäßigkeit: Die ermittelten Phasenanordnungen 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 06 ließe sich die magnetische Flussdichte um etwa 4.2 µT (ca. 39 % Reduktion) verringern. 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 10.7 µT am MMO 06), erscheint dieser zusätzliche Aufwand nicht verhältnismäßig, zumal die Immissionen an den meisten anderen MMO dadurch nicht verringert würden.

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 12 m, statt der in DIN EN 50341 geforderten 7.8 m, bereits in der Planung vorgesehen. Die maßgeblichen Minimierungsorte 02 und 06 befinden sich innerhalb des Bewertungsabstandes. Der minimale Bodenabstand beträgt hier bereits jeweils mehr als 22 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, 05, 14, 26, 38, 46 und 48 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 µT Reduktion (die anthropogene Hintergrundexposition in Deutschland

beträgt gemäß Absatz 2.5 der 26. BImSchVVwV im Mittel bereits 0.1 µT)). 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 02, 06, 08, 11, 15 und 39 verringern sich die magnetische Flussdichten um etwa 2.7 µT (ca. 21 % Reduktion), 1.5 µT (ca. 17 % Reduktion), 0.28 µT (ca. 9.3 % Reduktion), 0.13 µT (ca. 4.5 % Reduktion), 0.21 µT (ca. 5.4 % Reduktion) bzw. 0.56 µT (ca. 14 % Reduktion).~~ Nur an den maßgeblichen Minimierungsorten 02, 06, 08, 15 und 39 verringern sich die magnetische Flussdichten um etwa 2.7 µT (ca. 21 % Reduktion), 1.5 µT (ca. 17 % Reduktion), 0.28 µT (ca. 9.3 % Reduktion), 0.21 µT (ca. 5.4 % Reduktion) bzw. 0.56 µT (ca. 14 % Reduktion). Die Erhöhung der Masten in der Umgebung des MMO 02, 06 und 39 ist allerdings nicht zulässig, weil sich dadurch die Immissionen an den MMO 01, 05 bzw. 38 erhöhen würden. ~~An den MMO 08, 11 und 15 betragen die magnetischen Flussdichten etwa 3.0 µT, 3.0 µT bzw. 3.9 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.~~ An den MMO 08 und 15 betragen die magnetischen Flussdichten etwa 3.0 µT bzw. 3.9 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 Mastfelder ein minimaler Bodenabstand von 12 m, statt der in DIN EN 50341 geforderten 7.8 m, bereits in der Planung vorgesehen. Der minimale Bodenabstand beträgt hier bereits jeweils mehr als 22 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) 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 12 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) 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 Phasenanordnung 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 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