

# Minimierung der Feldstärken gemäß 26. BImSchVVwV der 380-kV-Freileitung Perleberg - Stendal West (bis Mast 10) 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: 28

A-10607a / 2024

Anfertigung und Prüfung



Forschungsgesellschaft  
für Energie  
und Umwelttechnologie GmbH  
FGEU mbH  
D-10965 Berlin, Tel: 786 97 99, Fax: 786 63 89

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

Berlin - 05.08.2024

Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH

Berlin 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) .....	11
4. Berechnung der Feldstärken.....	14
5. Minimierung der Feldstärken .....	15
6. Literatur .....	28

## 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.

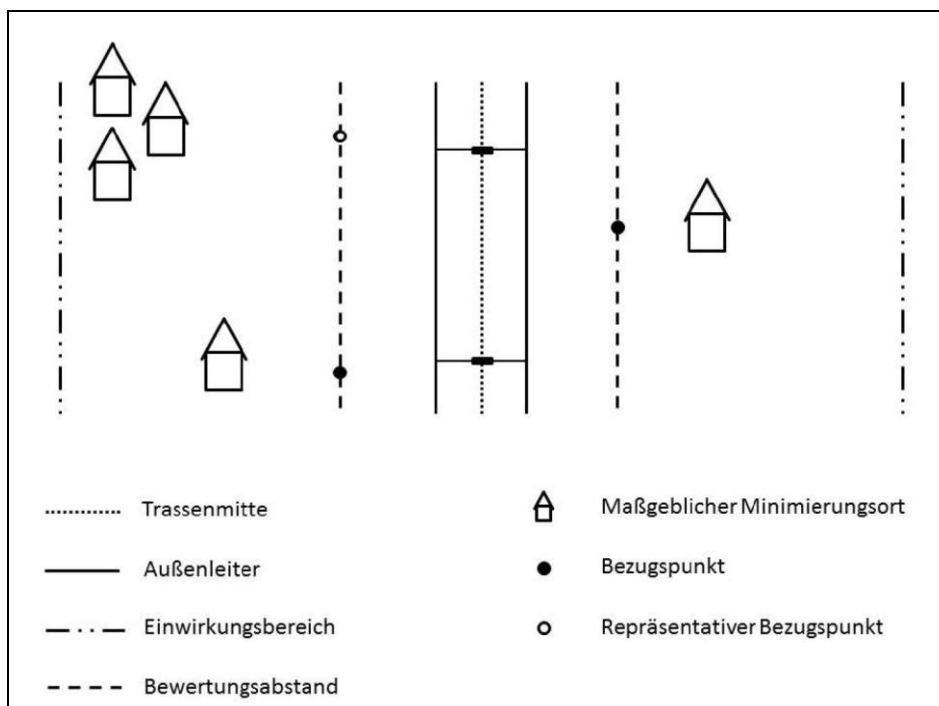


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung von Einwirkungsbereich und Bewertungsabstand einer Freileitung. Alle maßgeblichen Minimierungsorte liegen außerhalb des Bewertungsabstandes, weshalb Bezugspunkte festgelegt werden. Drei der maßgeblichen Minimierungsorte liegen nah zusammen, sodass hier ein (gemeinsamer)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

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 23 Stellen maßgebliche Minimierungsorte (MMO) vor. Einer liegt innerhalb, die restlichen 22 außerhalb des Bewertungsabstandes der Freileitung. Daher werden 22 Bezugspunkte (BP) für die Bewertung festgelegt. An 16 der betrachteten Stellen liegen mehrere maßgebliche Minimierungsorte dicht beieinander. Es werden daher 16 der Bezugspunkte als repräsentative Bezugspunkte (rBP) festgelegt. Nachfolgend sind alle 23 Stellen mit maßgeblichen Minimierungsorten tabellarisch dargestellt.

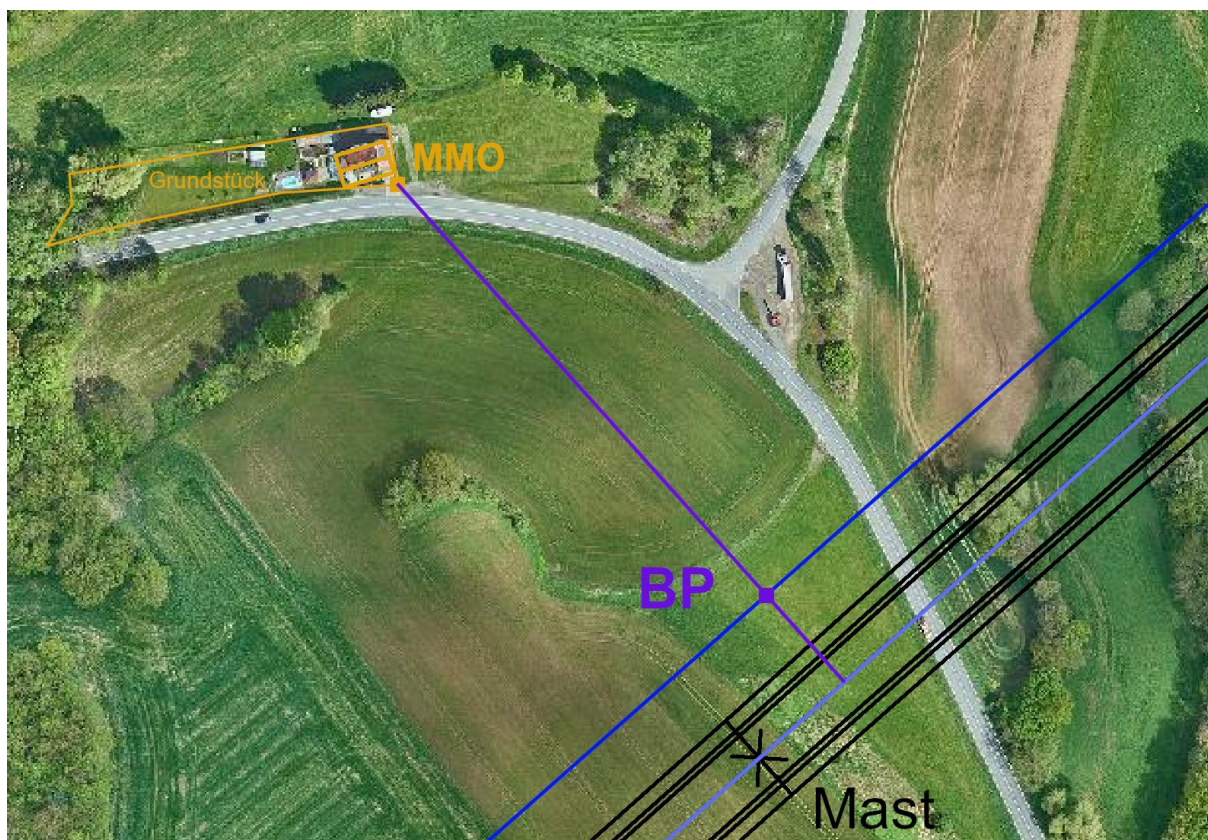
Die Abstandswerte beziehen sich auf den horizontalen Abstand zwischen dem ruhenden äußeren Leiterseil und dem Grundstück bzw. dem Gebäude. Befinden sich auf einem Grundstück mehrere Gebäude, bezieht sich die Abstandsangabe immer auf jenes Gebäude, welches dem ruhenden äußeren Leiterseil am nächsten liegt 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	Portal UW Perleberg - M1	246	<b>270</b>	rBP	Ackerstraße 12, 19348 Perleberg	Perleberg, 22, 842
02	Portal UW Perleberg - M1	<b>230</b>	<b>232</b>	rBP	Hamburger Straße 30 a, 19348 Perleberg	Perleberg, 22, 44/9
03	Portal UW Perleberg - M1	117	<b>134</b>	rBP	Hamburger Straße 30 c, 19348 Perleberg	Perleberg, 22, 44/6
04	Portal UW Perleberg - M1	<b>121</b>	<b>129</b>	rBP	Hamburger Straße 38, 19348 Perleberg	Perleberg, 22, 325/1
05	Portal UW Perleberg - M1	109	<b>155</b>	rBP	Hamburger Straße 32, 19348 Perleberg	Perleberg, 22, 328
06	M1 - M2	109	<b>162</b>	BP	Hamburger Straße 32, 19348 Perleberg	Perleberg, 22, 328
07	M2 - M3	119	<b>147</b>	rBP	Hamburger Straße, 19348 Perleberg	Perleberg, 22, 21/2

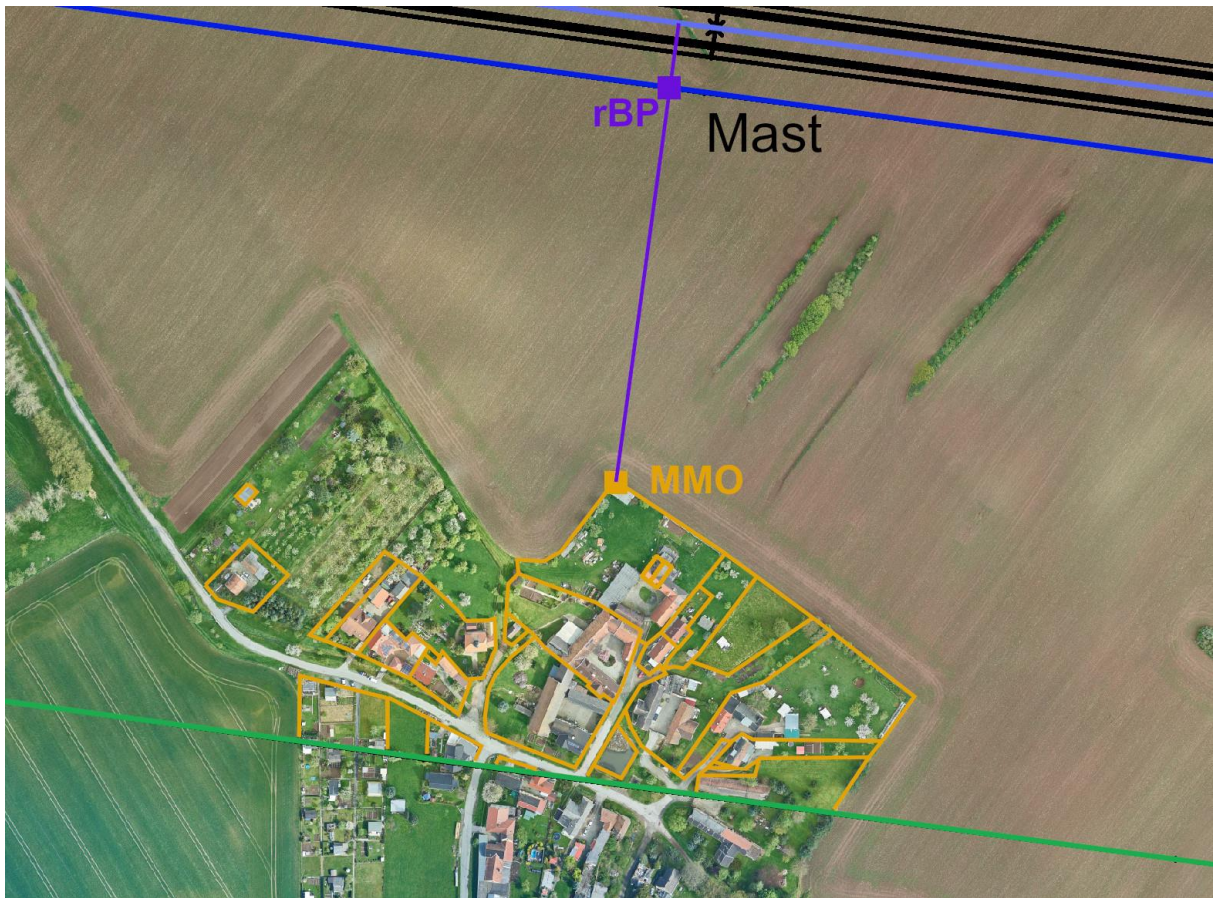
<b>Nr.</b>	<b>Mastfeld</b>	<b>Abstand Grundstück [m]</b>	<b>Abstand Gebäude [m]</b>	<b>Bezugspunkt</b>	<b>Adresse</b>	<b>Gemarkung, Flur, Flurstück</b>
<b>08</b>	M2 - M3	<b>275</b>	<b>275</b>	BP	Hamburger Straße 31, 19348 Perleberg	Perleberg, 22, 10/2
<b>09</b>	M2 - M3	394	<b>397</b>	BP	Hamburger Chaussee 2 a, 19348 Perleberg	Perleberg, 22, 723
<b>10</b>	M2 - M3	168	<b>204</b>	rBP	Ackerstraße 29, 19348 Perleberg	Perleberg, 22, 38/8
<b>11</b>	M4 - M5	<b>256</b>	<b>280</b>	rBP	Perlhof 1, 19348 Perleberg	Perleberg, 23, 84/1
<b>12</b>	M4 - M5	<b>143</b>	<b>154</b>	BP	An der Nordbahn 1, 19348 Perleberg	Perleberg, 22, 1115
<b>13</b>	M5 - M6	<b>55</b>	<b>66</b>	BP	Reetzer Straße, 19348 Perleberg	Perleberg, 23, 99
<b>14</b>	M5 - M6	<b>101</b>	-	BP	Reetzer Straße 30, 19348 Perleberg	Perleberg, 23, 286
<b>15</b>	M5 - M6	173	<b>176</b>	rBP	Reetzer Straße 30, 19348 Perleberg	Perleberg, 23, 83
<b>16</b>	M5 - M6	<b>5</b>	-	-	Reetzer Straße, 19348 Perleberg	Perleberg, 23, 277
<b>17</b>	M5 - M6	<b>70</b>	<b>70</b>	rBP	Reetzer Straße 44, 19348 Perleberg	Perleberg, 22, 102
<b>18</b>	M6 - M7	<b>100</b>	<b>100</b>	rBP	Mühlenhölzer, 19348 Perleberg	Perleberg, 23, 219
<b>19</b>	M6 - M7	<b>64</b>	<b>65</b>	rBP	Mühlenhölzer, 19348 Perleberg	Perleberg, 23, 218/5
<b>20</b>	M7 - M8	<b>303</b>	<b>354</b>	rBP	Lübzower Weg, 19348 Perleberg	Spiegelhagen, 4, 51
<b>21</b>	M7 - M8	317	<b>321</b>	rBP	Lübzower Weg 1, 19348 Perleberg	Spiegelhagen, 4, 111
<b>22</b>	M8 - M9	151	<b>197</b>	rBP	Pritzwalker Chaussee, 19348 Perleberg	Spiegelhagen, 4, 22/2
<b>23</b>	M9 - M10	<b>226</b>	<b>244</b>	rBP	Fliederweg, 19348 Perleberg	Spiegelhagen, 4, 35/1



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 22 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 16 repräsentativen Bezugspunkte wurden auf diese Art ermittelt.



### 3. Parameter der Freileitung (Referenzzustand)

Die Parameter der Freileitung wurden aus den Unterlagen der 50Hertz Transmission GmbH und der E.DIS Netz 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. Nachfolgend wird der Bereich zwischen dem UW Perleberg und Mast 10 untersucht.

Zwischen dem Portal UW Perleberg bis zum Mast 4 wird zunächst nur ein System der 380-kV-Freileitung Perleberg - Stendal West geführt. Ab Mast 4 bis Mast 10 werden dann zwei Systeme der 380-kV-Freileitung Perleberg - Stendal West geführt. Im Bereich von Mast 4 bis Mast 9 gibt es außerdem eine Mitnahme der zwei Systeme der 380-kV-Freileitung Punkt Krampfer - Perleberg. Die Masten 4 bis 9 sind dabei doppelt nummeriert (M4 = M30P, M5 = M29P, M6 = M28P, M7 = M27P, M8 = M26P, M9 = M25P).

380-kV-Freileitung Perleberg - Stendal West:

max. Stromfluss	1 x 3600 A bzw. 2 x 3600 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	380-kV (gerechnet mit 420-kV)
Mastfelder	10 Mastfelder von Portal UW Perleberg bis Mast 10
Phasenbelegung	Portal UW Perleberg bis M1: 123 M1 bis M4: 321 M4 bis M10: 321   321
Leiterseil	Portal UW Perleberg bis M4: 1 x 3 x 4 x 434-AL1/56-ST1A M4 bis M10: 2 x 3 x 4 x 434-AL1/56-ST1A

Als Vorbelastungen wurden folgende Freileitungen berücksichtigt:

380-kV-Freileitung Punkt Krampfer - Perleberg (zwischen Mast 30P und Mast 25P als Mitnahme):

max. Stromfluss	2 x 3600 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	380-kV (gerechnet mit 420-kV)
Mastfelder	8 Mastfelder von Portal UW Perleberg bis Mast 25P
Phasenbelegung	123   123
Leiterseil	Portal UW Perleberg bis M30P: 2 x 3 x 4 x 264-AL1/34-ST1A M30P bis M25P: 2 x 3 x 4 x 434-AL1/56-ST1A

380-kV-Freileitung Güstrow - Perleberg:

max. Stromfluss	1 x 3600 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	380-kV (gerechnet mit 420-kV)
Mastfelder	4 Mastfelder von Mast 4 bis Portal UW Perleberg
Phasenbelegung	321
Leiterseil	2 x 3 x 4 x 434-AL1/56-ST1A

380-kV-Freileitung Güstrow - Stendal West:

max. Stromfluss	1 x 3600 A (höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	380-kV (gerechnet mit 420-kV)
Mastfelder	1 Mastfeld von Mast 4 bis Mast 30P
Phasenbelegung	321
Leiterseil	1 x 3 x 4 x 434-AL1/56-ST1A

110-kV-Freileitung Neuruppin - Perleberg:

max. Stromfluss	2 x 645 A
-----------------	-----------

	(höchste betriebliche Anlagenauslastung)
Nennspannung	110-kV (gerechnet mit 123-kV)
Mastfelder	13 Mastfelder von Mast 324 bis Portal UW Perleberg
Phasenbelegung	M324 bis M336: 123   321 M336 bis Portal UW Perleberg: 321   321
Leiterseil	2 x 3 x 1 x AL/ST 240/40

Die Positionen und Abmessungen sowie der Verlauf der Freileitungen über den Grundstücken stammen aus den Unterlagen der 50Hertz Transmission GmbH und der E.DIS Netz GmbH.

Das digitale Orthophoto, die Gebäudeumrisse sowie die Datengrundlage zur Erstellung des digitalen Geländemodells stammen von der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (© LGB, [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 E.DIS Netz 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 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 bzw. eine wesentliche Änderung 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 16, alle anderen maßgeblichen Minimierungsorte liegen außerhalb des Bewertungsabstandes.

Alle maßgeblichen Minimierungsorte liegen innerhalb des Einwirkungsbereiches, aber nur MMO 16 innerhalb des Bewertungsabstandes. Somit ist für MMO 16 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 23 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:

Maßnahme	Auswirkung	Hinweise
a) „Masttyp“: Optimierung der Mastkopfgeometrie (5.3.1.4)	<i>einzelne Masten:</i> örtlich begrenzt  <i>Komplettanpassun</i> <i>g:</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	<p>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.</p>
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
<p>e) Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes (5.3.1.1)</p>	<p><i>einzelne Masten:</i> örtlich begrenzt</p> <p><i>Kompletthanpassung:</i> g: 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>
<p>f) Abstandsoptimierung - Verringerung der Spannfeldlänge (5.3.1.1)</p>	<p><i>einzelne Masten:</i> örtlich begrenzt</p> <p><i>Kompletthanpassung:</i> g: 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> g: 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.

l) Machbarkeit: Es gibt unterschiedliche Masttypen (z.B. Donaumast, Tonnenmast, Einebenenmast), welche bei 380-kV-Freileitungen zum Einsatz kommen können. Im Bereich der Mitnahme zwischen den Masten 4 und 9 werden vier 380-kV-Systeme auf den Masten geführt. Die bei zwei Systeme üblichen Variationsmöglichkeiten bezüglich des Masttyps sind daher nicht gegeben. Durch

die Notwendigkeit, die Systeme der verschiedenen 380-kV-Freileitungen ein- und wieder auszuschleifen, sind die technischen Möglichkeiten begrenzt.

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

#### **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 zu den Erdseilen an den Erdseiltraversen der Masten werden bereits weitere elektrisch leitfähige Leiter (Lichtwellenleiter) zwischen den 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)**

- 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 Phasenordnungen möglich, welche bezüglich der resultierenden Immissionswerte an allen 23 Bezugspunkten bzw. maßgeblichen Minimierungsorten geprüft wurden. Bei Änderung der Phasenordnung für den gesamten Trassenabschnitt bis Mast 10 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.

Am MMO 16 treten die höchsten Immissionswerte auf (11.4  $\mu$ T sowie 1.4 kV/m). Jede andere Phasenlage würde hier oder an den umliegenden MMO 11 bis 15 bzw. MMO 17 zu höheren magnetischen Flussdichten oder elektrischen Feldstärken führen.

**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.

Auch eine Anwendung in einem kurzen Abschnitt ist nicht zulässig, weil an mindestens einem MMO höhere magnetische Flussdichten oder elektrische Feldstärken resultieren würden.

#### **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. Der minimale Bodenabstand beträgt bei MMO 16 mehr als 20 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 07, 10, 12, 13, 17 und 23 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 16 und 19 verringern sich die magnetischen Flussdichten um etwa  $2.0 \mu\text{T}$  bzw.  $0.08 \mu\text{T}$  (ca. 17.7% bzw. 1.4% Reduktion). Die Erhöhung der Masten in der Umgebung des MMO 16 ist allerdings nicht zulässig, weil sich dadurch die Immissionen an den MMO 13 und 17 erhöhen würden. Der Maximalwert der magnetischen Flussdichte am MMO 17 von  $5.6 \mu\text{T}$  wird hauptsächlich durch die Vorbelastung durch die 110-kV-Freileitung Neuruppin - Perleberg hervorgerufen, weshalb die Erhöhung der 380-kV-Freileitung Perleberg - Stendal West nahezu keinen Einfluss auf Gesamtmission hat. Eine Erhöhung der 380-kV-Freileitung wäre daher 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 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. Der minimale Bodenabstand beträgt bei MMO 16 mehr als 20 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) 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 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) 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“).

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

### **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