

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Grundlagen.....	4
3	Grenz- und Richtwerte der Immission	5
4	Methodik	6
5	Berechnungsparameter	7
6	Ergebnisse.....	9
6.1	Standardmastfelder	9
6.2	Maßgebliche Immissionsorte	10
7	Minimierungsgebot	10
8	Immissionen anderer Anlagen	13
8.1	Funkanlagenstandorte mit Frequenzen zwischen 9 Kilohertz und 10 Megahertz	13
8.2	Andere Niederfrequenzanlagen.....	13
9	Zusammenfassung und Fazit.....	14
	Literatur	15
	Anhänge.....	16

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Leistungsparameter	8
Tabelle 2	Parameter zur Berechnung des Koronaschalls	8
Tabelle 3	Absorptionskoeffizienten der Atmosphäre zur Schallberechnung	9
Tabelle 4	Immissionshöchstwerte für Standardmastfelder der untersuchten Bereiche	10

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

1 Einleitung

Die Avacon Netz GmbH ist ein Energieversorgungsunternehmen und betreibt ein 110-kV-Leitungsnetz in den Bundesländern Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Teilen Nordrhein-Westfalens. Die geplante und zu erwartende Zunahme von Netzeinspeisungen aus erneuerbaren Energien machen ein Ausbau des bestehenden 110-kV-Netzes erforderlich. Das Unternehmen plant daher den Ersatzneubau der 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn, um vorhandene und geplante Wind- und Solareinspeisung abzuführen.

Die Leitung verläuft durch die Bundesländer Hessen und Nordrhein-Westfalen und kreuzt die Landesgrenze dabei mehrfach. Die Leitung ist daher in drei Abschnitte für die Regierungsbezirke Kassel, Arnsberg und Detmold eingeteilt.

Dieser Bericht beschreibt die Immissionen elektrischer und magnetischer Felder, sowie akustische Immissionen aufgrund von Koronaentladungen für den Leitungsabschnitt innerhalb des Regierungsbezirks Kassel. Dazu werden die Mastabschnitte 1 bis 32 und 38 bis 40 betrachtet.

2 Grundlagen

Freileitungen erzeugen aufgrund der unter Spannung stehenden und Strom führenden Leiterseile elektrische und magnetische Felder mit einer Frequenz, die zur Betriebsfrequenz identisch ist. Die betrachtete Leitung weist eine Betriebsfrequenz von 50 Hz auf und ist damit als Niederfrequenzanlage im Sinne der 26. BImSchV einzuordnen.

Ursache des elektrischen Feldes ist die Spannung. Der Betrag des elektrischen Feldes hängt von der Höhe der Spannung sowie von der Konfiguration der Leiterseile am Mast, den Abständen zum Boden, dem Vorhandensein von Erdseilen und der Phasenfolge ab. Da Netze mit annähernd konstanter Spannung betrieben werden, ergibt sich kaum eine Variation der Feldstärke. Die Feldstärke verändert sich lediglich durch die mit der Leiterseiltemperatur variierenden Bodenabstände.

Ursache für das magnetische Feld ist der elektrische Strom. Bei niederfrequenten Feldern wird als zu bewertende Größe die magnetische Flussdichte herangezogen. Je größer die Stromstärke, desto höher ist auch die magnetische Feldstärke (lineare Abhängigkeit). Da die Stromstärke stark von der Netzbelastung abhängt, ergeben sich tages- und jahreszeitliche Schwankungen der magnetischen Flussdichte. Die höchsten Werte treten beim Betrieb der Leitung mit dem maximal zulässigen Dauerstrom auf. Normalerweise wird die Leitung mit einer geringeren Stromstärke betrieben, wodurch auch geringere Magnetfeldstärken auftreten. Wie auch beim elektrischen Feld, hängt die räumliche Ausdehnung und Größe von der Konfiguration der Leiterseile am Mast, den Mastabständen, dem Vorhandensein von Erdseilen und der Phasenfolge ab. Die Feldstärke bzw. Flussdichte

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

verändert sich zusätzlich durch die mit der Leiterseiltemperatur variierenden Bodenabstände.

Die stärksten elektrischen und magnetischen Felder treten direkt unterhalb der Freileitung zwischen den Masten am Ort des größten Durchhanges der Leiterseile auf. Die Stärke der Felder nimmt mit zunehmender seitlicher Entfernung von der Leitung relativ schnell ab. Elektrische Felder können durch elektrisch leitfähige Materialien, z. B. durch bauliche Strukturen oder Bewuchs, gut abgeschirmt werden. Magnetfelder können anorganische und organische Stoffe nahezu ungestört durchdringen.

Neben elektromagnetischen Immissionen kann es an Freileitungsseilen bei bestimmten Witterungsbedingungen (z.B. hoher Feuchte durch Regen oder Nebel) zu sogenannten Koronaentladungen an der Leiteroberfläche kommen. Dabei treten zeitlich begrenzte akustische Immissionen in Form von Geräuschen auf. Die hohen Randfeldstärken an den Leiterseilen können eine Ionisierung von Atomen oder Molekülen der Luft verursachen, die bei einer anschließenden Entladung Geräusche entstehen lässt. Deren Schallpegel hängt dabei maßgeblich von der Randfeldstärke ab, die durch die Leiterspannung, die Bündelzahl, den Leiterseildurchmesser, sowie der geometrischen Anordnung der Seile untereinander und zum Boden beeinflusst wird.

3 Grenz- und Richtwerte der Immission

Zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen definiert die 26. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetz (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) [1] an Orten, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, Grenzwerte für die Immission von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern im Einwirkungsbereich von Anlagen. Für niederfrequente Anlagen mit einer Frequenz von 50 Hz und Nennspannungen größer als 1 kV dürfen folgende Grenzwerte nicht überschritten werden:

- elektrische Feldstärke 5 kV/m
- magnetische Flussdichte 100 µT

Die LAI-Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder [2] definieren in Ziffer II.3.1 (Einwirkungsbereich von Niederfrequenzanlagen und maßgebliche Immissionsorte) für Wechselstromanlagen mit einer Nennspannung von 110 kV die Orte als maßgebliche Immissionsorte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind und sich in einem Streifen mit der Entfernung von 10 m, gemessen ab dem äußeren ruhenden Leiter, befinden. Für größere Entfernungen kann die Einhaltung der Grenzwerte angenommen werden.

Unabhängig von der Einhaltung der Grenzwerte sind gemäß § 4 (2) 26. BImSchV die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen,

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

magnetischen und elektromagnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren.

Dazu definiert die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV (26. BImSchVVwV) [3] für Wechselstromanlagen mit Nennspannungen von 110 kV einen Einwirkungsbereich von 200 m, gemessen ab der Bodenprojektion des äußeren ruhenden Leiterseils. Maßgebliche Minimierungsorte sind alle im Einwirkungsbereich liegenden Gebäude oder Grundstücke im Sinne von § 4 (2) 26. BImSchV, sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist.

Zur Einhaltung der Grenzwerte elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder sind auch die Immissionsbeiträge anderer Anlagen mit Frequenzen zwischen 1 Hz und 10 MHz zu betrachten. Dabei dürfen die prozentualen Anteile jedes Frequenzbeitrags am Grenzwert ihres jeweiligen Frequenzbandes zusammengenommen 100% nicht überschreiten.

Für die akustischen Immissionen durch Koronageräusche definiert die sechste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (TA Lärm) [4] zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche, sowie der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche, nächtliche Richtwerte für folgende Gebiete:

- 70 dB(A) in Industriegebieten
- 50 dB(A) in Gewerbegebieten
- 45 dB(A) in Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten
- 40 dB(A) in allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten
- 35 dB(A) in reinen Wohngebieten, Kurgebieten und für Krankenhäuser und Pflegeanstalten

Aufgrund des durchgehenden Betriebs der Leitung sind die, im Vergleich zum Tag, niedrigeren oder ebenso hohen nächtlichen Richtwerte maßgeblich.

Für die Berechnung und Bewertung der Immissionen muss die höchste betriebliche Anlagenauslastung zugrunde gelegt werden. Während des Normalbetriebs treten typischerweise geringere Stromstärken und damit geringere Immissionen, besonders der magnetischen Flussdichte, auf.

4 Methodik

Zur Bestimmung der Immissionswerte werden in einem ersten Schritt maßgebliche Immissionsorte als Orte identifiziert, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt bestimmt sind und sich in einem Abstand von bis zu 10 m von den äußeren ruhenden Leiterseilen befinden. In Abschnitten mit maßgeblichen Immissionsorten erfolgt eine

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

Modellierung der zu betrachtenden Leitung und gegebenenfalls kreuzender und parallel verlaufender Fremdleitungen mit Hilfe des Programms WinField [5] auf Grundlage der Daten aus dem Programm FM Profil [6].

Da die elektrischen und magnetischen Immissionswerte in einer Höhe von 1 m über Erdoberkante (EOK) zu bestimmen sind, wird ein digitales Geländemodell verwendet. Es werden jeweils die höchsten Immissionswerte auf einem zu betrachtenden Flurstück und bei mehrgeschossigen Gebäuden zusätzlich die Immissionswerte im obersten Geschoss bestimmt. Gebäude bzw. Flurstücke werden betrachtet, wenn es sich um Orte handelt, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt bestimmt sind und sich zumindest Teile des Gebäudes bzw. des Flurstücks in einem Abstand von höchstens 10 m zu den äußeren Leiterseilen befinden. Im Fall von Flurstücken, die offensichtlich mit Wohngebäuden bebaut werden sollen, aber die genaue Position der Gebäude unbekannt ist, wird der Höchstwert auf dem Flurstück in einer typischen Gebäudehöhe bestimmt.

Zur Einhaltung der Richtwerte für akustische Immissionen kann kein Einwirkungsbereich mit festen Abständen zu den Leiterseilen angegeben werden. Mit Hilfe von Standartmastfeldern ist eine Abschätzung des Einwirkungsbereichs möglich. Da für die betrachtete Leitung festgestellt wird, dass keine akustischen Immissionen über dem niedrigsten Richtwert zu erwarten sind, kann auf eine Bestimmung des Einwirkungsbereichs verzichtet werden.

Zur Prüfung des Minimierungsgebots werden Minimierungsmaßnahmen betrachtet und anhand ihrer Verhältnismäßigkeit beurteilt.

5 Berechnungsparameter

Die Leitung beginnt am UW Twistetal und verläuft von dort in Richtung Norden. Dabei wird die Leitung ohne Veränderung des Mastkopfbildes oder der Phasenordnung im betrachteten Bereich geführt. Vom Mast 1 bis Mast 9 wird eine doppelte Erdseilspitze genutzt. Ein Phasenfolgeplan kann Anhang 2 entnommen werden.

Der Ersatzneubau soll eine höchste Betriebsspannung von 123 kV und eine maximal zulässige Stromstärke von 2100 A aufweisen. Die für den betroffenen Bereich berechneten Immissionswerte bilden daher Höchstwerte. Alle weiteren Leitungsparameter sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Für die Berechnung des Schallpegels der Koronageräusche werden neben den Leitungsdaten die Parameter aus Tabelle 2, Tabelle 3 und Abbildung 1 genutzt.

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

Tabelle 1 Leitungsparmeter

	LH-11-1205
Höchste Betriebsspannung	123 kV
Höchster Betriebsstrom je Phase	2100 A
Leiterseil	2x3x2 AL/ST 565/72
Erdseile	AL3/A20SA 265/25
Bereich 1 Mast 1 - 9	<ul style="list-style-type: none"> • 123 kV ○ geerdet
Bereich 1 Mast 9 - 52	

Tabelle 2 Parameter zur Berechnung des Koronaschalls

	Parameter	
Methode	DIN-ISO 9613-2 (Oktober 1999)	
Regenintensität	3,5 mm/h	
Quellenspektrum	gemäß Abb. 1	
Berechnungsmethode	Gemäß „Electric Power Research Institute: Transmission Line Reference Book – 345 kV and above“	
Atmosphäre	Temperatur [°C]	10
	rel. Feuchte [%]	90
	Luftdruck [mbar]	1013
	Windbedingungen	Fallwinde
	Absorptionskoeffizienten	gemäß Tab. 3
Bodeneinfluss gemäß DIN ISO 9613-2	Alternative Methode	
Zusätzliche Einflüsse	Keine	
Quellentyp	Reihe unendlicher Punktquellen („Row of InFinit Point Sources“)	

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

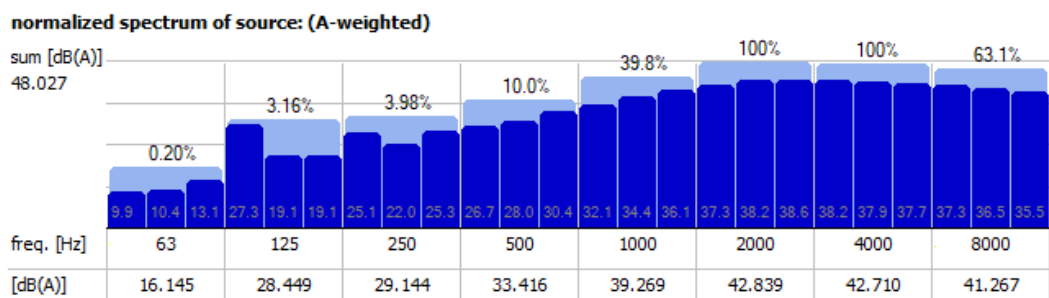


Abbildung 1 Quellenspektrum zur Schallberechnung

Tabelle 3 Absorptionskoeffizienten der Atmosphäre zur Schallberechnung

Absorption Coefficients:

freq. [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
alpha	0.098	0.348	0.996	2.000	3.540	8.140	25.700	92.400

6 Ergebnisse

6.1 Standardmastfelder

Zur Darstellung der Immissionen werden die in Tabelle 1 aufgeführten Bereiche zur Definition von Standardmastfeldern genutzt. Dazu wird quer zur Leitungsachse jeweils ein Immissionsdiagramm in Feldmitte für den minimalen Bodenabstand von 8,5 m erstellt.

Be- reich	Magnetische Flussdichte			Elektrische Feldstärke			Koronageräusche	
	Höchst- wert [μ T]	Aus- lastung Grenz- wert [%]	Abstand Leitungs- achse [m]	Höchst- wert [kV/m]	Aus- lastung Grenz- wert [%]	Abstand Leitungs- achse [m]	Höchst- wert [dB(A)]	Abstand Leitungs- achse [m]
1	28,8	28,8	9	1,61	32,2	8	0,0	-
2	28,6	28,6	9	1,60	31,9	9	0,0	-

Tabelle 4 zeigt die Höchstwerte der magnetischen Flussdichte, des elektrischen Feldes und des Koronaschallpegels für die Bereiche zusammen mit dem Abstand des Höchstwerts zur Leitungsachse. Eine grafische Darstellung der Immissionsdiagramme wird in Anhang 3 gezeigt.

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

Die Berechnung des Koronaschalls hat ergeben, dass unter den zugrunde gelegten Berechnungsparametern im Leitungsverlauf keine akustischen Immissionen durch die betrachtete Leitung zu erwarten sind. Aufgrund der Spannungsebene, der Anordnung der Leiterseile und der Verwendung von Zweierbündeln überschreitet die elektrische Feldstärke an der Leiterseiloberfläche (Randfeldstärke) nicht den Grenzwert, ab dem Koronageräusche auftreten.

Die berechneten Immissionswerte unterschreiten die Grenz- und Richtwerte gemäß 26. BImSchV und TA Lärm an jedem Ort deutlich.

Tabelle 4 Immissionshöchstwerte für Standardmastfelder der untersuchten Bereiche

Be- reich	Magnetische Flussdichte			Elektrische Feldstärke			Koronageräusche	
	Höchst- wert [μ T]	Aus- lastung Grenz- wert [%]	Abstand Leitungs- achse [m]	Höchst- wert [kV/m]	Aus- lastung Grenz- wert [%]	Abstand Leitungs- achse [m]	Höchst- wert [dB(A)]	Abstand Leitungs- achse [m]
1	28,8	28,8	9	1,61	32,2	8	0,0	-
2	28,6	28,6	9	1,60	31,9	9	0,0	-

6.2 Maßgebliche Immissionsorte

Neben den Immissionen, die am Punkt des geringsten Bodenstands auftreten werden die Immissionen des elektrischen und magnetischen Feldes in 1 m Höhe über der Erdoberkante (EOK) an Orten ermittelt, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind und sich in einem Abstand von 10 m, gemessen ab der Bodenprojektion der äußeren ruhenden Leiterseile, befinden.

In den betrachteten Leitungsabschnitten von Mast 1 bis Mast 32 und Mast 38 bis Mast 40 liegen keine Orte zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt in einem Abstand von 10 m, gemessen ab der Bodenprojektion der äußeren ruhenden Leiterseile, und damit keine maßgeblichen Immissionsorte vor.

7 Minimierungsgebot

In § 4 Abs. 2 26. BImSchV werden Anforderungen zur Vorsorge geregelt. Im speziellen geht es dabei um die Möglichkeiten elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder nach dem Stand der Technik zu minimieren. Näheres regelt die 26. BImSchVVwV.

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

Die 26. BImSchVVwV sieht für die Umsetzung des Minimierungsgebotes drei Teilschritte vor: eine Vorprüfung, eine Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen und Bewertung der Maßnahmen.

Vorprüfung

Im Zuge der Vorprüfung wird der Einwirkungsbereich der Niederfrequenzanlage auf maßgebliche Minimierungsorte überprüft. Der Einwirkungsbereich, im Sinne der 26. BImSchVVwV, beträgt für Freileitungen mit einer Nennspannung von 110 kV, gemessen ab der Bodenprojektion des äußeren ruhenden Leiterseils, 200 m.

Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen

Die Minimierungsprüfung ist abhängig von der Lage der maßgeblichen Minimierungsorte in Bezug auf den Bewertungsabstand. Für Freileitungen mit einer Spannung von 110 kV beträgt der Bewertungsabstand 10 m, gemessen ab der Bodenprojektion des äußeren ruhenden Leiterseils. Liegt mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort innerhalb dieses Bewertungsabstandes ist eine individuelle Minimierungsprüfung durchzuführen. Für maßgebliche Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstandes erfolgt die Minimierungsprüfung an Bezugspunkten. Die Bezugspunkte liegen dabei im Bewertungsabstand auf der kürzesten Geraden zwischen Trassenachse und maßgeblichen Minimierungsort. Bei dichter Bebauung können mehrere Bezugspunkte zu repräsentativen Bezugspunkten zusammengefasst werden.

Da sich die Immissionseigenschaften der Leitung in ihrem Verlauf nur geringfügig ändern, sollen im Folgenden die technischen Möglichkeiten zur Minimierung allgemein auf ihre Anwendbarkeit untersucht werden. Die technischen Möglichkeiten umfassen folgende Punkte:

- **Abstandsoptimierung:** Das Ziel besteht darin die Distanz zwischen den Leiterseilen und der maßgeblichen Minimierungsorte zu vergrößern. Dies geschieht durch Masterhöhung, Verringerung der Spannfeldlänge oder Verlegung von Leiterseilen auf die dem Minimierungsort abgewandte Seite.

Die Masthöhe ist bereits so gewählt, dass alle einzuhaltenden Mindestabstände gemäß DIN EN 50341-1 um mindestens 2,50 m überschritten werden. Im Bereich von Gebäuden wird dieser Abstand auch zur Gebäudeoberkante eingehalten, wodurch der Bodenabstand weiter vergrößert wird. Eine weitere Erhöhung der Masten erscheint daher nicht zielführend.

Die Spannfeldlänge orientiert sich an den topografischen Gegebenheiten in der Leitungstrasse und ist daher als Minimierungsmöglichkeit angesichts des Trassenprofils nicht geeignet. Zudem beeinträchtigt eine höhere Anzahl von Masten

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

das Landschaftsbild stärker als erforderlich. Zusätzlich ist die Standortauswahl von Masten in bebauten Gebieten stark beschränkt.

Die Verlegung der Leiterseile auf die einem Minimierungsort abgewandte Seite ist grundsätzlich nicht möglich, da die Leitung über jeweils ein System auf beiden Seiten verfügt. Beide Systeme auf einer Seite zu führen ist statisch nicht sinnvoll.

- **Elektrische Schirmung:** Elektrisch leitfähige Schirmflächen oder -leiter werden zwischen spannungsführenden Leitungsteilen und einem maßgeblichen Minimierungsort als Bestandteil der Leitung eingefügt oder zusätzliche Erdleiter mitgeführt.
- Das Einbringen zusätzlicher Schirmflächen ist aufgrund der Maststatik nicht möglich. Zusätzliche Erdleiter zeigen nur eine Minderungswirkung, wenn sie mit einem signifikanten Abstand unterhalb der Leiterseile geführt werden. Diese Wirkung ist in ihrem Umfang gering, auf das elektrische Feld beschränkt und entfaltet sich nur direkt unterhalb des Erdleiters. Zur Einhaltung vorgeschriebener Abstände des Erdleiters zum Boden oder zu Objekten wäre daher eine weitere Erhöhung der Masten notwendig.
- **Minimieren der Seilabstände:** Der Abstand zwischen den Traversen und damit zwischen den Leitern eines Systems und der Abstand zwischen den Systemen sind konstruktionsbedingt optimiert worden. Eine weitere Abstandsverringern ist wegen der nach DIN EN 50341 erforderlichen inneren Abstände nicht möglich. Des Weiteren werden standardisierte Masten verwendet, um die Baukosten zu optimieren. Eine statische Berechnung und Anfertigung von Einzelmasten ist sehr aufwändig und angesichts der bereits erfolgten Optimierung nicht vertretbar.
- **Optimieren der Mastkopfgeometrie:** Durch die Wahl der Mastkopfgeometrie soll eine bestmögliche Kompensation der Felder der einzelnen Leiterseile erreicht werden. Für die Leitung wird das Mastkopfbild „Donau“ verwendet. Dieses Mastkopfbild bietet aufgrund der Dreiecksanordnung günstige Eigenschaften, um das elektrische und magnetische Feld zu reduzieren.
- **Optimieren der Leiteranordnung:** Die Phasen sollen den Leiterseilen so zugeordnet werden, dass eine bestmögliche Kompensation der Felder erreicht wird. Eine allgemeingültige optimale Leiteranordnung zur Optimierung der elektrischen und magnetischen Felder gibt es nicht. Abhängig vom Beurteilungsort können unterschiedliche Leiteranordnungen zu wählen sein. Im Allgemeinen werden Leiteranordnungen in einem Netz so koordiniert und festgelegt, dass sich für dieses Netzgebilde geringstmögliche Unterschiede zwischen den Spannungen des Drehstromsystems ergeben. Insofern hat der Vorhabenträger für die Änderung auf einem kurzen Leitungsabschnitt nur geringe Freiheitsgrade, die feldoptimierte Leiteranordnung zu wählen. Eine Optimierung der Leiteranordnung kann unter

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

Umständen zur Folge haben, dass es im gesamten Netz zu Anpassungen der Leiteranordnungen kommen kann. Umfangreiche Umbaumaßnahmen auf anderen Leitungen und in Umspannwerken könnte die Folge sein. Für dieses Projekt wurden die netztechnisch notwendigen Leiteranordnungen vorausgesetzt.

Maßnahmenbewertung

Folgende Minimierungsmaßnahmen sind in der Planung im Rahmen der Verhältnismäßigkeit bereits umgesetzt:

- Die höheren als in der DIN EN 50341-1 vorgeschriebenen Bodenabstände können als Minimierung im Sinne der Abstandsoptimierung angesehen werden. Eine weitere Erhöhung würde zu erheblichen Mehrkosten führen.
- Die Seilabstände sind durch die Mastkonstruktion im Sinne der DIN EN 50341 bereits technisch optimiert.
- Es wurde das Mastkopfbild „Donau“ gewählt, welches günstige Eigenschaften zur Feldreduktion aufweist.

Das Anbringen weiterer Erdleiter ist nur in Verbindung mit einer signifikanten Masterhöhung möglich. Einer geringen und räumlich eingeschränkten Wirkung stehen hohe Kosten entgegen. Die Phasenordnung unterliegt starken technischen Einschränkungen. Lokal beschränkte Anpassungen sind nur mit erheblichem Mehraufwand möglich.

8 Immissionen anderer Anlagen

8.1 Funkanlagenstandorte mit Frequenzen zwischen 9 Kilohertz und 10 Megahertz

Gemäß §3 (3) 26. BImSchV sind bei der Ermittlung der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte auch alle Immissionen, die durch ortsfeste Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 Kilohertz und 10 Megahertz, die einer Standortbescheinigung nach §§ 4 und 5 der Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder bedürfen, zu berücksichtigen.

Nach II.3.4 der LAI-Durchführungshinweise [2] tragen Immissionen durch andere Hochfrequenzanlagen ab einem Abstand von 300 Metern nicht relevant zur Vorbelastung bei und machen daher eine gezielte Vorbelastungsermittlung entbehrlich, sofern keine gegenteiligen Anhaltspunkte bestehen.

Auf Grundlage der EMF Datenbank der Bundesnetzagentur können im Abstand von 300 Metern um die Leitung keine entsprechenden Funkanlagen identifiziert werden. Eine weitere Betrachtung ist daher entbehrlich.

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

8.2 Andere Niederfrequenzanlagen

Die betrachtete Leitung verläuft abschnittsweise parallel zu anderen Freileitungen oder wird von diesen gekreuzt. Allerdings befinden sich in diesen Bereichen keine maßgeblichen Immissionsorte. Eine Betrachtung der Fremdleitungen ist daher nicht notwendig.

9 Zusammenfassung und Fazit

Entsprechend den Anforderungen der 26. BImSchV wurden die elektrischen Feldstärken, die magnetischen Flussdichten und der Schalldruckpegel des Koronaschalls bestimmt. Die ermittelten Werte wurden auf die Einhaltung der Grenzwerte gemäß 26. BImSchV und der Richtwerte gemäß TA Lärm untersucht.

Die vom Verordnungsgeber in der 26. BImSchV festgelegten Grenzwerte und in der TA Lärm aufgeführten Richtwerte für Orte, die nicht nur zum vorübergehenden Aufenthalt bestimmt sind bzw. für schutzbedürftige Räume, betragen:

Elektrisches Feld:	5 kV/m
Magnetische Flussdichte:	100 μ T
Koronageräusche:	35 dB(A) oder höher

Aus der Betrachtung der Standardmastfelder ergeben sich folgende Maximalwerte im betrachteten Leitungsabschnitt:

Magnetische Flussdichte:	28,8 μ T	Grenzwertauslastung:	28,8%
Elektrisches Feld:	1,61 kV/m	Grenzwertauslastung:	32,2%
Koronageräusche:	0 dB(A)		

In allen Fällen werden die Grenz- und Richtwerte deutlich unterschritten.

Für die akustischen Immissionen aufgrund von Koronaentladungen ergeben sich Werte von Null, da durch den technischen Aufbau der Leitung die Randfeldstärke nicht hoch genug ist, um Geräuschemissionen zu verursachen.

Zur Minimierung elektrischer und magnetischer Felder wurden in den Planungen drei Maßnahmen in Form von Abstandsoptimierung, Minimierung der Seilabstände und

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

Optimierung der Mastkopfgeometrie im Rahmen der Verhältnismäßigkeit umgesetzt.
Weiteren Minimierungsmaßnahmen steht ein erheblicher Mehraufwand entgegen.

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

Literatur

- [1] 26. BImSchV zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verordnung über elektromagnetische Felder in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3266)
- [2] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. Bundes-Immissionsschutzverordnung) in der Fassung des Beschlusses der 128. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 17. und 18. September 2014
- [3] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV (26. BImSchVVwV) vom 26. Februar 2016
- [4] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503)
- [5] Rechenprogramm WinField, EFC-400, Version 2021, Firma Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie (FGEU), Berlin
- [6] Grafik- und Berechnungsprogramm FM-Profil, Version 8.10.15, Firma Spie SAG GmbH

avacon	Ersatzneubau 110-kV-Leitung Twistetal – Paderborn/Süd Abschnitt A – Hessen, RP Kassel (LH-11-1205)
Anlage 9	Immissionsbericht

Anhänge

- Anhang 1 Zertifizierungsbestätigung des Programms Winfield
- Anhang 2 Phasenlageplan
- Anhang 3 Immissionsdiagramme der Standardmastfelder