

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 1 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren

Immissionsbericht zu elektrischen und magnetischen Feldern mit Minimierungsbetrachtung nach 26.BImSchV

Änderungshistorie				
Version		Name/Unterschrift		Datum
1.0	Aufgestellt			

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 2 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	4
1.1	Der Vorhabenträger	4
1.2	Beschreibung der zu untersuchenden Leitungsführung	4
2	Aufgabenstellung	6
2.1	Ermittlung der Immissionswerte für die 380-kV-Leitung	6
2.2	Ermittlung der Immissionswerte für Provisorien	6
3	Grenz- und Richtwerte der Immissionen	7
3.1	Allgemein	7
3.2	Elektrische und magnetische Felder	7
3.3	Korona-Geräusche	10
4	Ermittlung der Immissionswerte	12
4.1	Allgemein	12
4.2	Berechnungsparameter	12
4.3	Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte und der maßgeblichen Minimierungsorte	13
4.4	Berechnungsergebnisse der zu erwartenden Immissionen	16
4.4.1	Elektrische und magnetische Felder	16
4.4.2	Koronageräusche	18
4.5	Prüfung des Minimierungsgebotes	20
4.5.1	Abstandsoptimierung	20
4.5.2	Elektrische Schirmung	21
4.5.3	Minimieren der Seilabstände	21
4.5.4	Optimierung der Mastkopfgeometrie	22
4.5.5	Optimieren der Leiteranordnung	22
5	Gleichzeitige Immissionen von elektromagnetischen Feldern der geplanten 380-kV-Leitung und Feldern von Hochfrequenzsendeeinrichtungen	23
6	Zusammenfassung und Fazit	24
	Literatur	27

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 3 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

Tabelle 1: Berechnungsparameter der LH-10-3039 zur Ermittlung der Immissionen	12
Tabelle 2: Berechnungsparameter der LH-10-3009 zur Ermittlung der Immissionen	12
Tabelle 3: Berechnungsparameter der Provisorien zur Ermittlung der Immissionen	13
Tabelle 4: Repräsentative Minimierungsorte für den Trassenverlauf	15
Tabelle 5: Berechnungsergebnisse der maximalen Feldstärken unterhalb der Leitung und am Bezugspunkt für den Trassenverlauf	16
Tabelle 6: Berechnungsergebnisse der maximalen Feldstärken an repräsentativen Immissionsorten für den Trassenverlauf zwischen Steyerberg und Landesbergen	17
Tabelle 7: Berechnungsergebnisse der maximalen Feldstärken bei Provisorien	18
Tabelle 8: Berechnungsergebnisse der Schallpegel am Bezugspunkt für den Trassenverlauf	18
Tabelle 9: Schallpegel am Wohngebäude im Bereich der Parallelführung	19

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 4 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

1 Allgemeines

1.1 Der Vorhabenträger

TenneT TSO GmbH ist der erste grenzüberschreitende Übertragungsnetzbetreiber für Strom in Europa mit Sitz in Bayreuth. TenneT TSO GmbH ist einer der vier deutschen Übertragungsnetzbetreiber. Gemäß § 12 Abs. 3 des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) hat die TenneT TSO GmbH als Betreiber eines Übertragungsnetzes dauerhaft die Fähigkeit des Netzes sicherzustellen, die Nachfrage nach Übertragung von Elektrizität zu befriedigen und insbesondere durch entsprechende Übertragungskapazität und Zuverlässigkeit des Netzes zur Versorgungssicherheit beizutragen. Gemäß § 11 Abs. 1 EnWG sind Betreiber von Energieversorgungsnetzen verpflichtet, ein sicheres, zuverlässiges und leistungsfähiges Energieversorgungsnetz diskriminierungsfrei zu betreiben, zu warten und bedarfsgerecht zu optimieren, zu verstärken und auszubauen, soweit es wirtschaftlich zumutbar ist.

Die Aufgaben der TenneT TSO GmbH umfassen somit den Betrieb, die Instandhaltung und die weitere Entwicklung des Stromübertragungsnetzes der Spannungsebenen 220 kV und 380 kV in großen Teilen Deutschlands.

1.2 Beschreibung der zu untersuchenden Leitungsführung

Die hier beantragte 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen, LH-10-3039 stellt einen Abschnitt der Höchstspannungsleitung Stade – Landesbergen dar. Diese Höchstspannungsleitung bildet das Vorhaben Nr.7 des Bundesbedarfsplans (Bundesbedarfsplangesetz – BBPIG) vom 23.Juli 2013. Entwickelt wurde der Bundesbedarfsplan im Rahmen des Verfahrens der Netzausbaubedarfsplanung gemäß §§ 12a bis 12 e EnWG aus dem Netzentwicklungsplan (NEP). Im NEP wird das Vorhaben als Projekt P24, Maßnahme 73 geführt. Mit der Aufnahme des Vorhabens in den gesetzlichen Bedarfsplan des BBPIG bestätigt der Gesetzgeber den Bedarf des beantragten Vorhabens. Die Maßnahme 73, Grafschaft Hoya - Landesbergen beschreibt den Ersatz der vorhandene 220-kV-Leitung zwischen Wechold und Landesbergen durch eine neue 380-kV-Leitung. Aufgrund der erhöhten Spannung muss die bestehende 380-kV-Schaltanlage in Landesbergen erweitert werden. Die bestehende 220-kV-Schaltanlage in Wechold muss durch eine in der Samtgemeinde Grafschaft Hoya vollständig neu zu errichtende 380-kV-Schaltanlage (unabhängig durchgeführtes, noch nicht eingeleitetes Verfahren nach Bundesimmissionsschutzgesetz) ersetzt werden. Der Leitungsverlauf der geplanten 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7 Steyerberg – Landesbergen, LH-10-3039 beginnt im Norden am Mast 3201 östlich des Ortsteils Düdinghausen im Flecken Steyerberg. Von hier verläuft die Leitung in südlicher Richtung und knickt nach ca. 2 km Leitungslänge nach Osten Richtung UW Landesbergen ab. Um dem Wohnumfeldschutz der Wohnbebauung westlich von Sarninghausen Rechnung zu

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 5 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

tragen und eine doppelte Leitungskreuzung mit der 380-kV-Leitung Landesbergen – Sottrum, LH-10-3003 zu vermeiden, wird diese Leitung umgebaut und weiter nach Westen verlegt. Im Bereich der Masten 3201 bis 3205 der 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen, LH-10-3039, verläuft der geplante Umbau der 380-kV-Leitung Landesbergen – Sottrum, LH-10-3003 in Parallellage mit den Masten 30N bis 27N. Im Bereich des Kiesabbaugebietes östlich des Ortsteils Anemolter der Gemeinde Stolzenau verschwenkt die Leitung wieder nach Süden bis zum Mast 3231. Hier knickt die Leitung im rechten Winkel nach Osten ab und verläuft dann in bestehender Trasse der 380-kV-Rückbauleitung, LH-10-3003 bis zum UW Landesbergen.

Gemäß dem netzplanerischen Konzept werden auf der Leitung höhere Übertragungsströme benötigt. Die Stromkreise sollen dafür mit TAL Leitern für eine maximale Betriebstemperatur von 150°C ausgerüstet werden.

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 6 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

2 Aufgabenstellung

2.1 Ermittlung der Immissionswerte für die 380-kV-Leitung

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für die 380-kV-Leitung Stade–Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg–Landesbergen, LH-10-3039 sind die von dem Vorhaben ausgehenden Immissionen darzustellen und hinsichtlich der Einhaltung vorgeschriebener Grenz- und Richtwerte zu beurteilen. Hierbei handelt es sich im Einzelnen um:

- elektrische Feldstärken,
- magnetische Flussdichten,
- Koronageräusche (Schallpegel).

Mit Hilfe des zertifizierten Rechenprogramms WinField werden die zu erwartenden elektrischen Feldstärken, magnetischen Flussdichten und Koronageräusche zu relevanten Immissionsorten im Bereich der 380-kV-Freileitung ermittelt.

2.2 Ermittlung der Immissionswerte für Provisorien

Im Verlauf der geplanten 380-kV-Leitung Stade-Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg-Landesbergen, LH-10-3039 gibt es Bereiche, in denen die 220-kV-Leitung Landesbergen-Sottrum, LH-10-2010 gekreuzt und die 380-kV-Leitung Landesbergen-Sottrum, LH-10-3003 umgebaut wird. Diese wären im Zuge der Baumaßnahmen abzuschalten. Da die betroffenen Leitungen während der Bauphase aber aus versorgungstechnischen Gründen grundsätzlich in Betrieb bleiben müssen, sind zusätzliche technische Einrichtungen (Provisorien) zur Aufrechterhaltung des Leitungsbetriebes erforderlich.

Eine mögliche Maßnahme ist die Errichtung von Freileitungsprovisorien. Diese werden i. d. R. auf Hilfgestängen errichtet und können Abschnitte einer bestehenden Leitung durch eine provisorische Leitung ersetzen, sodass der im Arbeitsbereich der neuen Leitung befindliche Abschnitt abgeschaltet werden kann.

Es handelt sich bei Provisorien um zeitlich begrenzte (temporäre) Einrichtungen.

Die Lage der Provisorien wird durch einen Korridor eingegrenzt, welcher in der Anlage 7 (Lage- und Grunderwerbspläne) dargestellt wird. Innerhalb dieses Korridors werden dann im Zuge der Ausführungsplanung die Freileitungsprovisorien geplant.

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 7 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

3 Grenz- und Richtwerte der Immissionen

3.1 Allgemein

Für das Genehmigungsverfahren sind die mit der Maßnahme verbundenen Immissionen darzustellen und hinsichtlich der Einhaltung vorgeschriebener Grenz- und Richtwerte zu beurteilen. Hierbei handelt es sich um elektrische und magnetische Felder sowie um Koronageräusche, die von der geplanten 380-kV-Leitung erzeugt werden können.

3.2 Elektrische und magnetische Felder

Im Bereich von Freileitungen treten auf Grund der unter Spannung stehenden und Strom führenden Leiterseile elektrische und magnetische Felder auf. Es handelt sich um Wechselfelder mit einer Frequenz von 50 Hertz (Hz). Diese Frequenz gehört zum so genannten Niederfrequenzbereich.

Ursache des elektrischen Feldes ist die Spannung. Die elektrische Feldstärke wird in V/m (Volt pro Meter) oder kV/m (Kilovolt pro Meter) angegeben. Der Betrag hängt ab von der Höhe der Spannung, Anzahl und Abmessung sowie der geometrischen Anordnung und den Abständen der Phasen- und Erdseile am Mast, zum Boden und zu geerdeten Bauteile. Da Netze mit annähernd konstanter Spannung betrieben werden, ergibt sich hierdurch kaum eine Variation der Feldstärke. Die Feldstärke verändert sich lediglich geringfügig durch die mit der vom Leiterstrom abhängenden Leiterseiltemperatur und dem daraus resultierenden variierenden Seildurchhang und Bodenabstand.

Ursache für das magnetische Feld ist der elektrische Strom. Die magnetische Feldstärke wird in A/m (Ampere pro Meter) angegeben. Bei niederfrequenten Feldern wird als zu bewertende Größe die magnetische Flussdichte herangezogen. Die magnetische Feldstärke ist mit der Konstante μ_0 und der materialspezifischen Konstante μ_r , über den Faktor $\mu_0 \cdot \mu_r$ mit der magnetischen Flussdichte (bei Luft ist die $\mu_r = 1$) verknüpft. Die Maßeinheit der magnetischen Flussdichte ist Tesla (T). Sie wird zweckmäßig in Bruchteilen als Mikrottesla (μT) angegeben. Je größer die Stromstärke desto höher ist auch die magnetische Flussdichte. Da die Stromstärke stark von der Netzbelastung abhängt, ergeben sich tages- und jahreszeitliche Schwankungen der magnetischen Flussdichte. Die Berechnungen wurden mit dem maximalen Dauerstrom des Nennlastbetriebes durchgeführt. Die Anforderungen des thermisch zulässigen Grenzstroms für den betroffenen Leiter nach DIN EN 50182 werden erfüllt. Wie auch beim elektrischen Feld ist die magnetische Flussdichte abhängig von der Ausführung und der räumlichen Anordnung der Leiterseile und Erdseile am Mast, den Abständen zum Boden sowie der Anzahl der Erdseile. Die Flussdichte verändert sich ferner durch die vom Leiterstrom abhängigen Leiterseiltemperaturen und dem daraus resultierenden variierenden Leiterseildurchhang und Bodenabstand.

Die stärksten elektrischen und magnetischen Felder treten im Nahbereich der Leitung zwischen den Masten am Ort des geringsten Bodenabstandes der Leiterseile auf. Die Stärke der Felder nimmt mit zunehmender seitlicher Entfernung von der Leitung schnell ab.

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 8 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

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.

Für elektrische Anlagen mit Nennspannungen größer 1 kV gilt die 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetz (26. BImSchV). Dort sind zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen auf Personen, die sich in Gebäuden oder auf Grundstücken nicht nur vorübergehend aufhalten, folgende Immissionsgrenzwerte für Freileitungen mit einer Frequenz von 50 Hz festgelegt:

- Elektrisches Feld 5 kV/m
- Magnetische Flussdichte 100 μ T

Nach § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV sind bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Dieser Forderung wurde durch die Festlegung der Bodenabstände nachgekommen. Weitere Parameter, die die elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder beeinflussen, sind die Wahl der Mastgeometrie, des Leiterseilquerschnittes, der Anzahl der Teilleiter sowie die Anordnung der einzelnen Phasen. Bereits zu Projektbeginn wurden diese Parameter unter Beachtung des Minimierungsgebotes im Rahmen der technischen Machbarkeit festgelegt.

Die in der Verordnung genannten Grenzwerte basieren auf den von der Internationalen Strahlenschutzkommission für nichtionisierende Strahlung (ICNIRP) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO) vorgeschlagenen Grenzwerten und sollen dem Schutz und der Vorsorge der Allgemeinheit vor den Auswirkungen von elektrischen und magnetischen Feldern dienen. Die Werte werden ebenfalls vom Rat der Europäischen Gemeinschaft empfohlen.

In Deutschland sind den Berechnungen und Beurteilungen die höchste betriebliche Anlagenauslastung zugrunde zu legen (Nennlast). In einigen EU-Ländern werden andere Rahmenbedingungen zur Berechnung der Grenzwerte, wie z. B. der durchschnittliche Betriebsstrom, vorgeschrieben. Die genannten Werte sind daher international nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar.

Von der Bundesregierung wurde nach § 4 Absatz 2 Satz 2 der Verordnung über elektromagnetische Felder in Verbindung mit § 48 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes die allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV (26. BImSchVVwV) erlassen. Hier werden der Betrachtungsraum (Immissionsorte), mögliche Vorsorgemaßnahmen (Minimierungsmaßnahmen) für die Immissionsorte sowie die Durchführung der Überprüfung geregelt.

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 9 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

Der Betrachtungsraum für die Immissionsorte bezieht sich grundsätzlich auf das äußere ruhende Leiterseil. Zum einen werden der Bewertungsabstand und zum anderen der Einwirkbereich der Freileitung dargestellt.

Der Bewertungsabstand definiert den Bereich ab dem die Feldstärken mit zunehmender Entfernung durchgehend abnehmen. Er ist für Niederfrequenzanlagen definiert mit einem Abstand von:

- 20 m bei 380-kV-Freileitungen
- 15 m bei 220-kV-Freileitungen
- 10 m bei 110-kV-Freileitungen
- 5 m bei Freileitungen mit Spannung kleiner 110 kV

vom äußeren ruhenden Leiterseil.

Orte, an denen sich Personen nicht nur vorübergehend aufhalten, die sich innerhalb des Bewertungsabstandes befinden, werden als maßgebliche Immissionsorte bezeichnet.

Der Einwirkbereich definiert den Bereich, in dem die Anlage sich signifikant von den natürlichen und mittleren anthropogen bedingten Immissionen abhebende elektrische oder magnetische Felder verursacht, unabhängig davon, ob die Immissionen tatsächlich schädliche Umwelteinwirkungen auslösen. Er ist für Niederfrequenzanlagen definiert mit:

- 400 m bei 380-kV-Freileitungen
- 300 m bei 220-kV-Freileitungen
- 200 m bei 110-kV-Freileitungen

ausgehend vom äußeren ruhenden Leiterseil.

Die Werte der ermittelten elektrischen und magnetischen Felder sowie die Koronageräusche beziehen sich auf eine Höhe von 1 m über EOK (Erdoberkante).

Zur Ermittlung der zu prüfenden Minimierungsmaßnahmen ist zwischen einer individuellen Minimierungsprüfung und einer Prüfung nur an den Bezugspunkten zu unterscheiden. Eine individuelle Minimierungsprüfung ist für alle maßgeblichen Minimierungsorte durchzuführen, die sich im unmittelbaren Nahbereich der Leitung, also innerhalb des Bewertungsabstandes befinden. Für alle anderen Minimierungsorte, die sich zwischen dem Bewertungsabstand und der Grenze des Einwirkungsbereichs befinden, wird das Minimierungspotential nur an den Bezugspunkten ermittelt. Die Prüfung möglicher Minimierungsmaßnahmen erfolgt spezifisch für die geplante Anlage einschließlich ihrer geplanten Leistung und für die festgelegte Trasse. Das Minimierungsgebot verlangt gemäß Kapitel 3.1 der 26. BImSchVV keine Prüfung nach dem im

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 10 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

Energiewirtschaftsrecht verankerten sogenannten NOVA-Prinzip – Netzoptimierung vor Netzverstärkung vor Netzausbau - und keine Alternativenprüfung, wie zum Beispiel Erdkabel statt Freileitung, alternative Trassenführung oder Standortalternativen. Die für eine Drehstrom-Freileitung zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten zur Minimierung sind in der 26. BImSchVVV vielmehr in Kapitel 5.3 betriebsmittelspezifisch definiert:

- Abstandsoptimierung
- Elektrische Schirmung
- Minimieren der Seilabstände
- Optimieren der Mastkopfgeometrie
- Optimieren der Leiteranordnung

Im letzten Teilschritt der Maßnahmenbewertung ist die Verhältnismäßigkeit der ermittelten technischen Möglichkeiten zur Minimierung zu bewerten. In die Bewertung mit einzubeziehen sind zum Beispiel die Wirksamkeit der Maßnahmen, die Auswirkung auf die Gesamtimmission an den maßgeblichen Minimierungsorten, die zu erreichende Immissionsreduzierung an den maßgeblichen Minimierungsorten, die Investitions- und Betriebskosten der Maßnahmen sowie die Auswirkungen auf die Wartung und Verfügbarkeit der Anlagen.

Dabei kommen nur Maßnahmen in Betracht, die mit generell vertretbarem wirtschaftlichen Aufwand und Nutzen umgesetzt werden können. Dieser Aufwand kann erheblich davon abhängen, ob eine Minimierungsmaßnahme auf die gesamte Anlage oder nur auf einen Teil, zum Beispiel einen Leitungsabschnitt, angewendet wird.

Bei der Auswahl der in Betracht kommenden Minimierungsmaßnahmen sind zudem mögliche nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter zu berücksichtigen. Hierbei sind zum einen sämtliche fachrechtlichen Vorgaben, zum Beispiel die Regelungen des Naturschutzes, insbesondere des Gebiets- und Artenschutzes, die Regelungen der TA Lärm oder des Arbeitsschutzes, zu beachten.

3.3 Korona-Geräusche

Während des Betriebes von Freileitungen kann es bei ungünstigen Wetterbedingungen wie z.B. sehr feuchter Witterung (Regen oder hohe Luftfeuchte durch Nebel) zu Korona-Entladungen an der Oberfläche der Leiterseile kommen. Dabei können, zeitlich begrenzt, Geräusche verursacht werden. Der Schallpegel hängt neben den Witterungsbedingungen im Wesentlichen von der elektrischen Feldstärke auf der Oberfläche (=Randfeldstärke) der Leiterseile ab. Die Randfeldstärke wird beeinflusst durch die Höhe der Spannung, Anzahl der Leiterseile je Phasen, Leiterseildurchmesser sowie durch die geometrischen Abstände der Leiterseile und Erdseile untereinander sowie zu geerdeten Bauteilen und zum Boden.

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 11 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

Gemäß TA Lärm, Punkt 6.1 betragen die Immissionsrichtwerte außerhalb von Gebäuden nachts:

- Industriegebiete 70 dB(A)
- Gewerbegebiet 50 dB(A)
- Kern-, Dorf- und Mischgebiete 45 dB(A)
- Allgemeine Wohngebiete 40 dB(A)
- Reine Wohn- und Kurgebiete 35 dB(A)

Für Wohngebäude im Außenbereich gelten die Werte für Mischgebiete von 45 dB(A).

Da die maximal erwarteten Lasten unabhängig von der Tageszeit sind, werden für den Schallpegel die ungünstigsten Richtwerte der TA Lärm als Sollwert betrachtet. Diese liegen nach der TA Lärm nachts (22 Uhr – 6 Uhr).

Die Überprüfung des Geräuschpegels erfolgt unter Einbeziehung der Vorbelastung (TA Lärm, Punkt 3.2) – kumulierte Betrachtung – der Immissionsorte. Werden die Immissionsrichtwerte der TA Lärm, Punkt 6.1 nicht eingehalten, so erfolgt eine weitere Überprüfung der beantragten Leitung ohne Berücksichtigung der Vorbelastung. Die Maximalwerte am Immissionsort müssen in diesem Fall gemäß TA Lärm, Punkt 3.2.1, Absatz 2 die Immissionsrichtwerte um mindestens 6 dB(A) unterschreiten.

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 12 von 27 Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250
	Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039	

4 Ermittlung der Immissionswerte

4.1 Allgemein

Mittels des Rechenprogramms WinField [1] der Firma Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie (FGEU), Berlin, wurden die zu erwartenden

- elektrischen Felder
- magnetischen Felder
 - Koronageräusche

ermittelt.

Die Berechnungen der elektrischen Feldstärken, magnetischen Flussdichten und Koronageräusche basieren auf den in Kapitel 4.2 aufgeführten Berechnungsparametern.

4.2 Berechnungsparameter

In Tabelle 1 werden die zur Ermittlung der elektrischen Feldstärken, magnetischen Flussdichten und Koronageräusche verwendeten Berechnungsparameter aufgelistet. Diese entsprechen den Vorgaben der 26. BImSchV, die für Berechnungen und deren Beurteilung die höchste betriebliche Anlagenauslastung zugrunde zu legen.

Tabelle 1: Berechnungsparameter der LH-10-3039 zur Ermittlung der Immissionen

Leitung	2-systemige 380-kV-Freileitung als Stahlgitterkonstruktion
Leiterseil	2x3x4x 565-AL1/72-ST1A
Erdseil	--
LES – Lichtwellenleiter	261-AL3/25-A20SA (oder geringer bei 2 LES)
Höchste max. mögl. Anlagenauslastung (n-1-Fall)	4000 A je Stromkreis

Tabelle 2: Berechnungsparameter der LH-10-3003 zur Ermittlung der Immissionen

Leitung	2-systemige 380-kV-Freileitung als Stahlgitterkonstruktion
Leiterseil	2x3x2x 565-AL1/72-ST1A (Finch)

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 13 von 27 Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250
	Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039	

Erdseil	--
LES – Lichtwellenleiter	261-AL3/25-A20SA (oder geringer bei 2 LES)
Höchste max. mögl. Anlagenauslastung (n-1-Fall)	2000 A je Stromkreis

Tabelle 3: Berechnungsparameter der Provisorien zur Ermittlung der Immissionen

Leitung	1-systemige 380-kV-Freileitung als Stahlgitterkonstruktion
Leiterseil	1x3x2x 382-AL1/49-ST1A
Erdseil	--
LES – Lichtwellenleiter	--
Höchste max. mögl. Anlagenauslastung (n-1-Fall)	1680 A je Stromkreis

Die Geometrie der Maste, die Spannfeldlängen, die Seildurchhänge sowie die Lage der tangierten Flurstücke und unterbauten Gebäude sind den Anlagen der Planfeststellungsunterlagen Lage-/Grunderwerbspläne, Längenprofile, Mastprinzipzeichnungen, Mastlisten und Bauwerksverzeichnis zu entnehmen.

4.3 Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte und der maßgeblichen Minimierungsorte

Bei der Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte zum Schutz und der maßgeblichen Minimierungsorte zur Vorsorge sind die Anforderungen der 26. BImSchV und die zugehörigen Ausführungen in den LAI-Durchführungshinweisen sowie der Verwaltungsvorschrift zu beachten.

Wie in Kapitel 3.2 ausführlich dargestellt, befinden sich maßgebliche Immissionsorte bei einer 380-kV-Freileitung in einem Bereich bis zu 20 m Abstand vom äußersten ruhenden Leiter. Bei den hier verwendeten Mastkopfgeometrien sind die entsprechenden Abstände von der Trassenachse also maximal 38,5 m für die „Donau“-Maste und 46,1 m für die „Einebenen“-Maste.

Für die Ermittlung der maßgeblichen Minimierungsorte ist ein weiterer Bereich zu erfassen, dieser erstreckt sich wie in Kapitel 3.2 dargestellt bis zu einem Abstand von 400 m zum äußersten ruhenden Leiter. Bei den vorliegenden Mastkopfgeometrien sind dies 418,5 m Abstand zur Trassenachse im Falle der „Donau“-Maste und 426,1 m im Falle der „Einebenen“-Maste.

Um für den Trassenverlauf die maßgeblichen Immissionsorte und Minimierungsorte zu ermitteln, wurde der gesamte Verlauf auf entsprechende Orte abgesucht. Dabei zeigt sich, dass durch den

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 14 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

gewählten Trassenverlauf, bei dessen Festlegung ein möglichst großer Abstand zur Wohnbebauung bereits als wichtiges Kriterium eingeflossen ist, keine maßgeblichen Immissionsorte im Sinne der 26. BImSchV zu finden sind. Dagegen sind in einigen Bereichen maßgebliche Minimierungsorte vorhanden, was sich durch die Großräumigkeit des Bereichs und die regionale Bebauungsstruktur nicht verhindern lässt. Zur Übersichtlichkeit und Darstellbarkeit der entsprechenden Orte wurde der Immissionsort mit dem geringsten Abstand zur Trassenachse im jeweiligen Spannungsfeld ermittelt. Dieser Ort ist dann repräsentativ für alle anderen Orte, d. h. an allen anderen Orten sind die Immissionen durch elektrische und magnetische Felder der Freileitung gleich oder geringer als am repräsentativen Ort. Eine Auflistung der repräsentativen Orte ist in Tabelle 4 enthalten.

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 15 von 27 Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250
	Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039	

Tabelle 4: Repräsentative Minimierungsorte für den Trassenverlauf

Spannfeld	Immissionsort	Art der Gebäude-nutzung	Abstand Gebäude zur Trassenachse	Abstand Grundstück zur Trassenachse
3203-3204	Im Dickel 24, 31595 Steyerberg	Wohnhaus	212 m	152 m
3206-3207	Bruchhagen 16, 31595 Steyerberg	Wohnhaus	241 m	140 m
3207-3208	Bruchhagen 15, 31595 Steyerberg	Wohnhaus	295 m	249 m
3208-3209	Bruchhagen 12, 31595 Steyerberg	Wohnhaus	161 m	110 m
3212-3213	Hägeringen 2, 31595 Steyerberg	Gewerbe	195 m	187 m
3213-3214	Hägeringen 3, 31595 Steyerberg	Wohnhaus	202 m	154 m
3214-3215	Heemsche 62, 31595 Steyerberg	Wohnhaus	194 m	70 m
3215-3216	Sehnser Str. 1, 31595 Steyerberg	Wohnhaus	146 m	137 m
3216-3217	An der Kälberweide 2, 31595 Steyerberg	Wohnhaus	284 m	183 m
3217-3218	Wilhelmshof 17, 31595 Steyerberg	Wohnhaus	244 m	74 m
3235-3236	Süllhof 2, 31628 Landesbergen	Wohnhaus	332 m	214 m

	Anlage 11	Org.einheit: LPG-NH
	Immissionsbericht	Name: M. Redslob
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Datum: 02.03.2020
		Seite: 16 von 27
		Telefon: 0921-50740-4491
		Telefax: 0921-50740-4059
		Projekt-Nr.: A250

Bei den in Tabelle 4 aufgelisteten repräsentativen Immissionsorten handelt es sich zum Teil um gemischt genutzte Grundstücke, so dass nicht das Flurstück im Ganzen in die Betrachtung einbezogen wurde, sondern nur der dem dauerhaften Aufenthalt dienliche Teil des Grundstückes.

4.4 Berechnungsergebnisse der zu erwartenden Immissionen

4.4.1 Elektrische und magnetische Felder

Wie in Kapitel 4.3 dargelegt, sind eigentlich keine rechnerischen Nachweise zur Einhaltung der Grenzwerte zu erbringen, da sich keine maßgeblichen Immissionsorte im Einwirkungsbereich der Anlage befinden. Um dennoch die Immissionsauswirkungen der 380-kV-Leitung Stade-Landesberg, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen auch quantitativ darzustellen, wurden für die ermittelten Minimierungsorte entsprechende Analysen durchgeführt. Die entsprechenden Ergebnisse für jedes betroffene Spannungsfeld sind in Anhang 1 grafisch dargestellt. Zudem wurden die maximal zu erwartenden Stärken des elektrischen Feldes und der magnetischen Flussdichte direkt unterhalb der Leitung ausgewertet und angegeben. Die Werte belegen, dass auch im unmittelbaren Nahbereich der Leitung die Grenzwerte für elektrische und magnetische Felder unterschritten werden. Über die Anforderungen der 26. BImSchVVwV hinausgehend werden auch die an den Bezugspunkten einer möglichen Minimierung berechneten Feldstärken explizit angegeben. Alle diese Werte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 5: Berechnungsergebnisse der maximalen Feldstärken unterhalb der Leitung und am Bezugspunkt für den Trassenverlauf

Spannungsfeld	Maximalwert unterhalb der Leitung		Werte am Bezugspunkt	
	Elektrische Feldstärke	Magnetische Flussdichte	Elektrische Feldstärke	Magnetische Flussdichte
3203-3204	3,7 kV/m	30,4 µT	1,0 kV/m	14,4 µT
3206-3207	3,5 kV/m	29,1 µT	0,9 kV/m	12,9 µT
3207-3208	4,3 kV/m	37,0 µT	1,0 kV/m	14,4 µT
3208-3209	3,1 kV/m	28,1 µT	1,0 kV/m	12,8 µT
3212-3213	3,5 kV/m	34,7 µT	1,0 kV/m	12,4 µT
3213-3214	4,0 kV/m	38,8 µT	1,0 kV/m	11,7 µT

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 17 von 27 Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250
	Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039	

3214-3215	2,4 kV/m	20,7 µT	0,8 kV/m	10,3 µT
3215-3216	2,7 kV/m	24,3 µT	0,9 kV/m	11,2 µT
3216-3217	4,4 kV/m	38,4 µT	0,9 kV/m	10,8 µT
3217-3218	4,3 kV/m	37,5 µT	1,0 kV/m	14,5 µT
3235-3236	3,0 kV/m	26,8 µT	0,6 kV/m	8,0 µT

Zur Erhöhung der Transparenz und als weiterführende Information wurde für die Orte mit den geringsten Abständen zur 380-kV-Leitung Steyerberg-Landesbergen die entsprechenden maximalen Feldstärken ermittelt. Diese Werte zeigen auf, dass an den Immissionsorten nur sehr geringe Feldstärken vorliegen.

Tabelle 6: Berechnungsergebnisse der maximalen Feldstärken an repräsentativen Immissionsorten für den Trassenverlauf zwischen Steyerberg und Landesbergen

Spannfeld	Immissionsort	Maximalwert an Gebäudeecke		Maximalwert auf Grundstück	
		Elektrische Feldstärke	Magnetische Flussdichte	Elektrische Feldstärke	Magnetische Flussdichte
3214-3215	Heemsche 62, 31595 Steyerberg	0,0 kV/m	0,4 µT	0,2 kV/m	2,9 µT
3215-3216	Sehnser Str. 1, 31595 Steyerberg	0,0 kV/m	0,7 µT	0,0 kV/m	0,8 µT

Wie im Kapitel 2.2 erläutert, ist die Lage der Freileitungsprovisorien nur durch einen Korridor eingegrenzt, so dass eine genaue Berechnung der Immissionen für die im Einwirkungsbereich liegenden Minimierungsorte nicht möglich ist. Aus diesem Grund wurde eine allgemeine Betrachtung der elektrischen und magnetischen Felder sowie der Koronageräusche vorgenommen. Angenommen wurden dabei mögliche Kombinationen der Winkelabspannmasten (WA) - und Tragmasten (T), so dass der Berechnung folgendes Szenario zugrunde liegt.

WA – WA – T – T – T – WA – WA

Die maximalen Immissionen wurden in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt:

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 18 von 27 Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250
	Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039	

Tabelle 7: Berechnungsergebnisse der maximalen Feldstärken bei Provisorien

	elektrische Feldstärke	magnetische Flussdichte
unter der Leitung	3,9 kV/m	23,8 μ T
am Bewertungspunkt (20 m vom äußeren Leiterseil	1,2 kV/m	5,1 μ T
50 m vom äußeren Leiterseil	0,2 kV/m	1,3 μ T

Wie ersichtlich ist, werden bereits unter der Leitung die Grenzwerte der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte eingehalten. Im Abstand von 50 m zum äußeren Leiterseil sind die Grenzwerte bereits mehr als 90% unterschritten. Die graphischen Darstellung der Immissionen für die 220kV- und die 380kV-Leitung sind in Anhang 2 beigefügt.

4.4.2 Koronageräusche

Wie im Kapitel 3.3 erläutert kann es unter ungünstigen Wetterbedingungen wie z.B. sehr feuchter Witterung (Regen oder hohe Luftfeuchte durch Nebel) zu Korona-Entladungen an der Oberfläche der Leiterseile kommen, welche Geräusche verursachen können. Ursächlich für diese Koronageräusche ist die Randfeldstärke. Die Schallausbreitungsrechnung erfolgt dabei nach DIN ISO 9613-2 mit einem Tonhaltigkeitszuschlag von +3 dB(A). Weiterhin ist eine Niederschlagsrate von 3,5mm/h zu berücksichtigen.

Geräuschimmissionen für Wohngebäude sind für die lauteste Nachtstunde zu ermitteln.

Obwohl die Geräuschimmissionen für Wohngebäude am Objekt zu ermitteln sind, wurden aufgrund des großen Abstandes zu den Wohngebäuden die Koronageräusche ebenfalls am Bewertungspunkt ermittelt.

Tabelle 8: Berechnungsergebnisse der Schallpegel am Bezugspunkt für den Trassenverlauf

Spannfeld	Immissionsort	Schallpegel
3203-3204	Im Dickel 24, 31595 Steyerberg	52,8 dB(A)
3206-3207	Bruchhagen 16, 31595 Steyerberg	51,9 dB(A)
3207-3208	Bruchhagen 15, 31595 Steyerberg	45,9 dB(A)
3208-3209	Bruchhagen 12, 31595 Steyerberg	36,5 dB(A)

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 19 von 27 Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250
	Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039	

3212-3213	Hägeringen 2, 31595 Steyerberg	37,7 dB(A)
3213-3214	Hägeringen 3, 31595 Steyerberg	36,9 dB(A)
3214-3215	Heemsche 62, 31595 Steyerberg	37,6 dB(A)
3215-3216	Sehnser Str. 1, 31595 Steyerberg	37,4 dB(A)
3216-3217	An der Kälberweide 2, 31595 Steyerberg	35,5 dB(A)
3217-3218	Wilhelmshof 17, 31595 Steyerberg	37,4 dB(A)
3235-3236	Süllhof 2, 31628 Landesbergen	34,1 dB(A)

Die aufgeführten Immissionsorte werden nach TA Lärm dem Außenbereich zugeordnet. Somit gelten die Richtwerte für Kern-, Dorf- und Mischgebiete.

Wie in Tabelle 8 ersichtlich werden bereits ab dem Mast 3208 am Bezugspunkt die Richtwerte gemäß TA-Lärm für den Außenbereich von 45 dB(A) als auch für allgemeine Wohngebiete von 40 dB(A) eingehalten. Für den Bereich vom Mast 3203 bis Mast 3208 kommt es durch die Parallelführung der LH-10-3003 zu einer Erhöhung des Schallpegels, da die Emissionen der LH-10-3003 in die Berechnung als Vorbelastung mit eingebunden wurden. Weitere Vorbelastungen liegen nicht vor.

Die Richtwerte für den Außenbereich von 45 dB(A) werden aber an der Wohnbebauung eingehalten wie in nachfolgender Tabelle 9 und in der graphischen Darstellung im Anhang 1 ersichtlich ist. Weiterhin wurden im Anhang ebenfalls die graphischen Darstellungen der Schallemissionen der einzelnen Leitungen dargestellt.

Tabelle 9: Schallpegel am Wohngebäude im Bereich der Parallelführung

Spannfeld	Immissionsort	Schallpegel
3203-3204	Im Dickel 24, 31595 Steyerberg	44,0 dB(A)
3206-3207	Bruchhagen 16, 31595 Steyerberg	43,0 dB(A)
3207-3208	Bruchhagen 15, 31595 Steyerberg	40,1 dB(A)

Als Anhang 2 ist die graphische Darstellung der Koronageräusche der Freileitungsprovisorien beigelegt. Bedingt durch die Verwendung von 2-er-Bündeln kann es unter bestimmten

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 20 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

Wetterbedingungen zu erhöhten Koronageräuschen kommen. Die Darstellung zeigt, dass trotz der erhöhten Koronageräusche durch die Verwendung von 2-er-Bündeln bei diesen temporären Errichtungen die Richtwerte bereits unter 200 m eingehalten werden.

4.5 Prüfung des Minimierungsgebotes

Durch den Nachweis der strikten Einhaltung der Grenzwerte nach Kapitel 4.4 ist auch die Anforderung zur Vorsorge nach 26. BImSchV § 4 Abs. 1 miterfüllt. Auch das Überspannungsverbot nach 26. BImSchV § 4 Abs. 3 ist durch den Nachweis, dass sich kein maßgeblicher Immissionsort im Nahbereich der Anlage befindet, bereits abgehandelt. Somit verbleibt noch der Nachweis zur Minimierung nach 26. BImSchV § 4 Abs. 2.

Als erster Schritt ist dabei zu prüfen, ob und in welcher Entfernung sich maßgebliche Minimierungsorte im Einwirkungsbereich der Freileitung befinden. Dies ist in Kapitel 4.3 bereits erfolgt. Wie sich dabei zeigt befinden sich keine maßgeblichen Minimierungsorte im Nahbereich der Anlage, d.h. zwischen der Trassenachse und dem Bewertungsabstand. Daher sind an keinem Ort individuelle Minimierungsprüfungen durchzuführen. Allerdings befinden sich in einigen Spannungsfeldern maßgebliche Minimierungsorte im weiteren Einwirkungsbereich (400 m bei 380-kV-Systemen) der Freileitung. Daher sind die nach 26. BImSchVVwV Kapitel 3.2 zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten zur Minimierung zu prüfen und zu bewerten.

Entsprechend den in Kapitel 3.2 vorgegebenen Randbedingungen zur Prüfung erfolgt diese für die festgelegte Trasse, d. h. eine alternative Trassenführung oder Standortalternativen der Maste sind ausdrücklich nicht Bestandteil der Minimierungsprüfung. Dennoch sei an dieser Stelle angemerkt, dass durch die Wahl der Trassenführung, insbesondere durch die im Vergleich zur Bestandstrasse zum Teil deutlich erhöhten Abstände zur Wohnbebauung, nur sehr geringe Feldstärkewerte an den maßgeblichen Minimierungsorten vorhanden sind (vgl. Tabelle 5). So konnte unter anderem erreicht werden, dass bei der geplanten Trassenführung der minimale Abstand zur Wohnbebauung auf 146 m erhöht werden konnte, im bisherigen Trassenverlauf waren dies nur etwas mehr als 21 m.

4.5.1 Abstandsoptimierung

Ziel dieser Maßnahme ist es, die Distanz der Leiterseile zu maßgeblichen Minimierungsorten zu vergrößern. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme ist grundsätzlich im Nahbereich der Trasse hoch und nimmt mit zunehmendem Abstand zur Trasse ab. Da sich keine maßgeblichen Minimierungsorte sehr nahe der Trasse der 380-kV-Leitung Stade-Landesbergen, Abschnitt 7 Steyerberg – Landesbergen befinden, bietet diese Maßnahme kein nennenswertes Minimierungspotential. Dennoch kann durch eine entsprechende Trassenplanung (Erhöhung der Maste, Beschränkung der Spannungsfeldlängen) mit Beschränkung des minimalen Bodenabstands der Leiterseile erreicht werden, dass bereits im unmittelbaren Nahbereich der Anlage (in 1 m Höhe über Erdoberkante direkt unter den Leiterseilen) die Grenzwerte für elektrische und magnetische Feldstärken eingehalten werden. Für die 380-kV-Leitung Stade-Landesbergen wird daher die Trassierung nicht mit den nach Norm DIN EN 50341 geforderten Mindestbodenabständen von 7,8 m für 380-kV-Systeme bzw. 6,0 m für

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 21 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

110-kV-Systeme durchgeführt, sondern die Mindestbodenabstände werden sowohl bei einem 380-kV-System auf 12,0 m beim Gestängetyp „Donau“ als auch beim Gestängetyp „Einebene“ erhöht.

Wie in Kapitel 4.4 ausführlich dargestellt werden mit dieser Maßnahme auch im direkten Nahbereich der Freileitung die Grenzwerte der 26. BImSchV mit 5 kV/m für elektrische und 100 µT für magnetische Felder unterschritten.

Eine darüber hinausgehende Erhöhung der Bodenabstände durch Masterhöhungen hätte, insbesondere aufgrund der großen Entfernung zu den maßgeblichen Minimierungsorten, keine nennenswerte Immissionsreduzierung zur Folge und ist aufgrund des damit verbundenen Aufwandes und den negativen Auswirkungen auf andere Schutzgüter (Landschaftsbild, Eingriff in den Boden) unverhältnismäßig.

4.5.2 Elektrische Schirmung

Die Maßnahme der elektrischen Schirmung umfasst das zusätzliche Anbringen von Schirmflächen- oder Leitern unterhalb oder seitlich der spannungsführenden Leiter. Eine Schirmung beeinflusst ausschließlich das elektrische Feld und hat eine eher geringe Wirksamkeit. Die Umsetzung der Maßnahme würde in der Regel eine zusätzliche Traverse erfordern, was durch die Notwendigkeit einer damit verbundenen Masterhöhung auch auf das Landschaftsbild und den Eingriff in den Boden (Fundamentverstärkung) auswirken würde. Aufgrund der geringen Wirksamkeit, dem äußerst geringen Minimierungspotential und in Anbetracht der sehr geringen Immissionswerte für die elektrischen Felder wird die Maßnahme als unverhältnismäßig im Sinne von Kapitel 3.1 der 26. BImSchVV bewertet. Eine elektrische Schirmung wird daher nicht vorgesehen.

4.5.3 Minimieren der Seilabstände

Bei dieser Maßnahme sollen die Abstände zwischen den Leiterseilen minimiert werden, hierzu gehört auch die Minimierung der Seilabstände innerhalb eines Stromkreises und zu anderen Stromkreisen. Dabei sind aber Mindestisolierluftstrecken zwischen den Seilen, zwischen Leiterseilen und dem Mast sowie anderen geerdeten Anlagenteilen oder zum Boden entsprechend DIN EN 50341 einzuhalten. Zudem ist zu beachten, dass verringerte Abstände zwischen elektrischen Bauteilen die Geräuschemission durch Koronaeffekte fördern und besondere Maßnahmen bei der Wartung, zum Beispiel bei der Besteigbarkeit der Maste nach sich ziehen. Die Wirksamkeit der Maßnahme ist im Nahbereich der Anlage hoch, wird aber auch durch andere Parameter (Mastkopfgeometrie, Phasenanordnung) stark beeinflusst und nimmt mit zunehmendem Abstand zur Anlage ab.

Die bei der 380-kV-Leitung Stade-Landesbergen verwendeten Gestängetypen („Donau“ und „Einebene“) wurden in ihrer Entwicklung bereits in Hinblick auf diese Abstände optimiert, d. h. die dort verwendeten geometrischen Abmessungen orientieren sich an den normativen Mindestabständen und wurden nur dort um das notwendige Maß vergrößert, wo betriebliche Anforderungen (Besteigbarkeit bei Wartung) und Anforderungen der Arbeitssicherheit dies erforderlich machen. Darüber hinaus wurden bei der Trassierung extrem weite Spannungsfelder

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 22 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

weitestgehend vermieden; auch dadurch können die gegenseitigen Abstände der Phasen gering gehalten werden, da das Ausschwingverhalten der Leiter hierdurch begrenzt wird.

Weitergehende Maßnahmen zur Minimierung der Seilabstände hätten aufgrund der großen Abstände zwischen der Freileitung und den maßgeblichen Minimierungsorten und den ohnehin sehr geringen Immissionswerten nur eine äußerst geringe zusätzliche Reduktion der Feldstärken an den Minimierungsorten zur Folge und sind daher nicht mehr verhältnismäßig im Sinne von Kapitel 3.1 der 26. BImSchVVwV.

4.5.4 Optimierung der Mastkopfgeometrie

Die wesentlichen Unterschiede der verschiedenen Mastkopfgeometrien bestehen in der geometrischen Anordnung der Phasen eines Stromkreises, die horizontal, vertikal oder dreieckförmig sein kann. Dabei ist laut 26. BImSchVVwV Kapitel 5.3.1.4 für die Kompensation von elektrischen und magnetischen Feldern grundsätzlich eine vertikale Anordnung vorteilhaft, was aber streng genommen nur im Bereich des Bewertungsabstands und für einzelne Phasenanordnungen gilt. Direkt unter der Leitung weisen vertikale Anordnung in der Regel sogar höhere Maximalwerte der elektrischen Feldstärke als andere Anordnungen auf. Bei weiterer Entfernung von der Anlage, typischerweise ab Abständen von 100 m und mehr von der Trassenachse, sind nur noch marginale Unterschiede zwischen den Mastkopfgeometrien nachweisbar. Bei Mitführung mehrerer Systeme sind die Wahlmöglichkeiten hinsichtlich der Mastkopfgeometrie ohnehin stark eingeschränkt.

Daher ist bei der 380-kV-Leitung Stade-Landesbergen, LH-10-3039 die Donauanordnung die Vorzugbauweise, da diese deutliche Vorteile hinsichtlich der elektrischen Symmetrie, dem Verhältnis aus Masthöhe und Trassenbreite, dem Landschaftsbild sowie der Anforderungen an das Gestänge und die Gründung bietet. Der Gestängentyp „Einebene“ wird ebenfalls eingesetzt aufgrund des von der Raumordnung vorgegebenen Leitungsverlaufs mit einem Leitungswinkel von ca. 90° bei der 380-kV-Leitung Stade-Landesbergen, LH-10-3039 sowie der Unterkreuzung der 380-kV-Leitung Landesbergen-Ovenstädt, LH-10-3017 mit der 380-kV-Leitung Landesbergen – Sottrum, LH-10-3003.

Weitergehende Optimierungen hinsichtlich der Auswahl der Mastkopfgeometrie sind nicht vorgesehen, da sie aufgrund der großen Abstände zwischen der Freileitung und den maßgeblichen Minimierungsorten und den ohnehin schon sehr niedrigen Immissionswerten nur noch ein äußerst geringes Minimierungspotential bieten. In Hinblick auf andere Schutzgüter werden sie daher als nicht mehr verhältnismäßig im Sinne von Kapitel 3.1 der 26. BImSchVVwV erachtet.

4.5.5 Optimieren der Leiteranordnung

Bei einer vorgegebenen geometrischen Anordnung der Systeme (horizontal, vertikal oder dreieckförmig) entscheidet die Anschlussreihenfolge (Auflageplatz am Gestänge) der Phasen des Drehstromsystems inwieweit sich die von den einzelnen Leiterseilen ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder gegenseitig kompensieren oder verstärken. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 23 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

ist im Nahbereich der Anlage hoch, wird aber auch von anderen Anlagenparametern, wie dem Mastkopfbild oder dem Leiterseilabstand beeinflusst. Ihre relative Wirksamkeit ist abhängig vom Abstand zu den Leiterseilen und lässt außerhalb des Bemessungsabstands rasch nach. Sie ist vor allem im Nahbereich der Anlage örtlich sehr unterschiedlich und kann punktuell deutlich schwanken. Die optimale Leiteranordnung ist daher stark vom betrachteten Immissionsort abhängig und kann für das elektrische und magnetische Feld und für den Nah- und den Fernbereich unterschiedlich sein.

In der technischen Auslegung der 380-kV-Leitung Steyerberg-Landesbergen wurden einige Phasenanordnungen ausgeschlossen, um die in der Umgebung der Anlage auftretenden maximalen Feldstärken zu begrenzen. Außerhalb des Bewertungsabstandes sind die Unterschiede zwischen den verschiedenen Phasenanordnungen sehr gering. Daher bietet eine weitere Optimierung, insbesondere mit Hinblick auf die großen Abstände zwischen der Freileitung und den maßgeblichen Minimierungsorten und den ohnehin schon niedrigen Immissionswerten kein nennenswertes Minimierungspotential. Eine weitere Optimierung hinsichtlich der maßgeblichen Minimierungsorte ist daher aus genannten Gründen nicht mehr verhältnismäßig im Sinne von Kapitel 3.1 der 26. BImSchVVwV.

5 Gleichzeitige Immissionen von elektromagnetischen Feldern der geplanten 380-kV-Leitung und Feldern von Hochfrequenzsendeeinrichtungen

Die 26. BImSchV schreibt gemäß § 3 Abs. 3 vor, dass bei der Ermittlung der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte der zu errichtenden Niederfrequenzanlage alle Immissionen zu berücksichtigen sind, die durch andere Niederfrequenzanlagen sowie durch ortsfeste Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 kHz und 10 MHz entstehen.

Im Betrachtungsraum der Freileitung ist durch die Bundesnetzagentur (EMF-Monitoring [9]) kein Sendemast im angegebenen Frequenzbereich ausgewiesen.

Die LH-10-3003 wurden in den Berechnungen berücksichtigt.

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 24 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

6 Zusammenfassung und Fazit

Elektrische Freileitungen erzeugen aufgrund der unter Spannung stehenden und Strom führenden Leiter elektrische und magnetische Felder. Daher sind in der Planfeststellung die Vorschriften des BImSchG [1] zu beachten bzw. die Einhaltung der konkreten Anforderungen der 26. BImSchV [2] für Niederfrequenzanlagen dazulegen. Diese Verordnung enthält Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder.

Im vorliegenden Bericht wird die Errichtung der 380-kV-Freileitung Stade-Landesbergen, Abschnitt 7 Steyerberg – Landesbergen, LH-10-3039 auf alle Anforderungen hin geprüft. Dabei wird durch Berechnungen nachgewiesen, dass die Feldstärken der elektrischen und magnetischen Felder der Leitung unterhalb der zulässigen Grenzwerte liegen und damit alle Schutzanforderungen erfüllt sind. An allen maßgeblichen Immissionsorten werden die Grenzwerte weit unterschritten. Auch die Anforderungen zur Vorsorge und das darin enthaltene Minimierungsgebot der 26. BImSchVVwV [4] werden umfassend erfüllt. Somit ist festzuhalten, dass die 380-kV-Leitung Stade-Landesbergen allen gesetzlichen Vorschriften hinsichtlich der Immission von elektrischen und magnetischen Feldern gerecht wird. Weiterhin wurde durch Berechnungen nachgewiesen, dass die Richtwerte der TA Lärm für den Außenbereich an allen Immissionsorten eingehalten werden.

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 25 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

Abkürzungen / Einheiten

A	Ampere (Einheit für elektrischen Strom)
A/m	Ampere pro Meter (Einheit für magnetische Feldstärke)
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BlmSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BlmSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BlmSchVVwV	Bundes-Immissionsschutzverordnungsverwaltungsvorschrift
ES	Erdseil
FfE	Forschungsstelle für Elektropathologie
Hz	Hertz (Einheit für die Frequenz, d.h. Schwingungen pro Sekunde)
IARC	International Agency for Research on Cancer
ICNIRP	Internationale Strahlenschutzkommission für nichtionisierende Strahlung
kV	Kilovolt (1.000 V)
kV/m	Kilovolt pro Meter (1.000 V/m, Einheit für elektrische Feldstärke)
LAI	Länderarbeitsgemeinschaft Immissionsschutz
MMO	maßgeblicher Minimierungsort
MVA	Megavoltampere (1.000.000 VA, Blind- oder Scheinleistung)
MW	Megawatt (1.000.000 W, Wirkleistung)
T	Tragmast
TAL	Temperaturbeständiges Aluminium (Hochtemperaturseile)
UW	Umspannwerk
V	Volt (elektrische Spannung)
WA	Winkelabspannmast
WE	Winkelendmast
WHO	Weltgesundheitsorganisation
μT (Microtesla)	(0,000001 T, Einheit für magnetische Flussdichte)

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 26 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

Anhänge

- Anhang 1 Graphische Darstellung der Berechnungsergebnisse der Immissionsorte
- Anhang 2 Graphische Darstellung der Berechnungsergebnisse der Provisorien
- Anhang 3 Zertifizierungsbestätigung des Programms Winfield

	Anlage 11 Immissionsbericht	Org.einheit: LPG-NH Name: M. Redslob Datum: 02.03.2020 Seite: 27 von 27
Projekt/Vorhaben 380-kV-Leitung Stade – Landesbergen, Abschnitt 7: Steyerberg – Landesbergen LH-10-3039		Telefon: 0921-50740-4491 Telefax: 0921-50740-4059 Projekt-Nr.: A250

Literatur

- [1] Rechenprogramms WinField, EFC-400, Version 2018, der Firma
Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie (FGEU), Berlin,
- [2] 26. BImSchV - Verordnung über elektromagnetische Felder v. 16. Dezember 1996
- [3] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder
(26. Bundes-Immissionsschutzverordnung) in der überarbeiteten Fassung gemäß
Beschluss des Länderausschusses für Immissionsschutz, 107. Sitzung, 15. bis
17. März 2004
- [4] Technische Anweisung zum Schutz gegen Lärm; Sechste Allgemeine
Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (TA Lärm) v. 26.
August 1998
- [5] DIN EN 50341-1, Januar 2001: Freileitungen über AC 45 kV, Teil 1: Allgemeine
Anforderungen – Gemeinsame Festlegungen
- [6] DIN EN 50341-3-4, Januar 2011 Freileitungen über AC 45 kV, Teil 3: nationale
Normative Festlegungen (NNA)
- [7] DIN EN 50392, August 2004: "Fachgrundnorm zur Demonstration der Konformität
elektronischer und elektrischer Geräte mit den Basiswerten für die Exposition von
Personen gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz);
Deutsche Fassung EN 50392:2004"
- [8] 26. BImSchVVwV – Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der
Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV v. 26.02.2016
- [9] EMF-Monitoring Bundesnetzagentur:
<https://emf3.bundesnetzagentur.de/karte/Default.aspx> (abgerufen am 16.10.2019)