



**Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.**

Gutachten elektromagnetische Felder

Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung (ISE) im Rahmen der strategischen Umweltprüfung (SUP) für die Erdkabeltrasse des Vorhabens SüdOstLink+

Stand 03/2024

Vorhaben: Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragung –
SüdOstLink+ - Vorhaben 5a, Klein Rogahn /
Stralendorf / Warsaw / Holthusen / Schossin –
Landkreis Börde (Nördlicher Bestandteil)

Verfahrensführende
Behörde Bundesnetzagentur, Netzausbau
Postfach 8001,
53105 Bonn

Antragssteller /
Betreiber: 50Hertz Transmission GmbH
Heidestraße 2
10557 Berlin

Auftraggeber des
Gutachtens: Giftge Consult GmbH
Stephanstraße 12
31135 Hildesheim

Ziel der
Untersuchung: Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung (ISE)
der Immissionen der magnetischen Gleichfelder aus-
gehend von der **HGÜ-Erdkabeltrasse** des Vorha-
bens SüdOstLink+

Bestellnummer: Herr Panner vom 03.11.2023

Bericht-Nr.: 3896674 EMF v3

Sachverständige: Dr. Andrea Thiemann
Telefon: 089/5791-3756
E-Mail: andrea.thiemann@tuvsud.com

Berichtsumfang: 18 Seiten

Abteilung Umwelt Service
Elektromagnetische Umweltverträglichkeit



Dr. Andrea Thiemann
Öffentlich bestellt und vereidigte Sachverständige für die
Bestimmung der Exposition durch elektromagnetische Felder

Datum: 27.03.2024

Unsere Zeichen:
IS-USG-MUC/tim

Dokument:
2403 BF ISE EMF HGÜ Erdkabel
SOL+ v3.docx

Das Dokument besteht aus
18 Seiten.
Seite 1 von 18

Die auszugsweise Wiedergabe des
Dokumentes und die Verwendung
zu Werbezwecken bedürfen der
schriftlichen Genehmigung der
TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen
sich ausschließlich auf die
untersuchten Prüfgegenstände.

Sitz: München
Amtsgericht München HRB 96 869
USt-IdNr. DE129484218
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV
unter tuvsud.com/impressum

Aufsichtsrat:
Reiner Block (Vors.)
Geschäftsführer:
Ferdinand Neuwieser (Sprecher)
Thomas Kainz
Simon Kellerer

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Niederlassung München
Umwelt Service
Genehmigungsmanagement
Westendstraße 199
80686 München
Deutschland
Telefon: +49 89 5791-1044

tuvsud.com/de-is
Tel. Zentrale: 089 5190-4001

TÜV®



Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
2	Prüfgrundlagen.....	4
3	Ausgangssituation	4
3.1	Örtliche Verhältnisse	4
3.2	Technische Parameter der Erdkabeltrasse.....	8
4	Ermittlungsverfahren	8
5	Rechtliche und normative Grundlage – 26. BImSchV.....	9
5.1	Anwendungsbereich und maßgebliche Immissionsorte.....	9
5.2	Höchste betriebliche Anlagenauslastung	9
5.3	Berücksichtigung aller relevanten Immissionen	10
6	Berechnung der Immissionswerte des magnetischen Gleichfelds B	10
7	Anwendung des Minimierungsgebots von §4 Abs. (2) der 26. BImSchV.....	12
7.1	Vorprüfung nach 26. BImSchVVwV	13
7.2	Minimierungsmaßnahmen für die HGÜ-Erdkabeltrasse	13
8	Zusammenfassung und Bewertung	15
9	Identifizierung möglicher Konfliktbereiche.....	15
10	Anhang	16
10.1	Berechnung der Unsicherheit nach DIN EN 50413.....	16
10.2	Literatur.....	17
10.3	Glossar.....	18

Dieses Gutachten darf ohne schriftliche Genehmigung der TÜV SÜD Industrie Service GmbH auch auszugsweise nicht vervielfältigt oder veröffentlicht werden. Kopien für behörden- und/oder betriebsinterne Zwecke sowie Kopien, die zur Durchführung des Genehmigungsverfahrens erforderlich sind, bedürfen keiner Genehmigung.

Die in diesem Gutachten enthaltenen gutachtlichen Aussagen sind nicht auf andere Anlagen bzw. Anlagenstandorte übertragbar.



1 Aufgabenstellung

Als Projekt SuedOstLink+ wird der nördliche Teil der geplanten Gleichstromverbindung zwischen dem Netzverknüpfungspunkt (NVP) Klein Rogahn/Stralendorf/Warsow/Holthusen/Schossin (kurz: NVP Klein Rogahn u.a.) in Mecklenburg-Vorpommern und dem NVP Isar in Bayern bezeichnet. Gesetzliche Grundlage der Planungen ist eine Nennung im Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG, zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 8. Oktober 2022). Im Bundesbedarfsplan (Anlage 1 zum BBPlG) findet sich das Vorhaben als Nr. 5a, wobei das Vorhaben in die beiden Bestandteile Klein Rogahn/Stralendorf/Warsow/Holthusen/Schossin bis Landkreis Börde (nördlicher Bestandteil) und Landkreis Börde bis Isar (südlicher Bestandteil) gegliedert wird. Das vorliegende Gutachten befasst sich ausschließlich mit dem als SuedOstLink+ bezeichneten nördlichen Bestandteil. Der südliche Bestandteil des Vorhabens Nr. 5a soll in räumlicher Nähe zum Vorhaben Nr. 5 (SuedOstLink) erfolgen; für diesen Bestandteil ist kein Bundesfachplanungsverfahren mehr notwendig. Die Inbetriebnahme für das Vorhaben Nr. 5a ist für 2030 vorgesehen.

Das Vorhaben ist nach BBPlG als Leitung zur Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) und als Erdverkabelung auszuführen. Dies bedeutet, dass die elektrische Energie mit möglichst hoher Spannung und somit einem möglichst geringem Stromfluss übertragen wird, um die Übertragungsverluste zu minimieren. Außerdem wird die Leitung unterirdisch verlegt, um das Landschaftsbild zu schonen. Als Spannungsebene für die Kabelanlagen sind ± 525 Kilovolt (kV) Gleichstrom (englisch auch „direct current“, kurz DC) vorgesehen.

Für das Vorhaben werden durch die zuständige Genehmigungsbehörde, die Bundesnetzagentur (BNetzA) in Bonn, eine Bundesfachplanung (anstelle eines Raumordnungsverfahren) und ein Planfeststellungsverfahren durchgeführt.

Ziel des Antrags nach § 6 NABEG ist es, das Bundesfachplanungsverfahren für den SuedOstLink+ zu eröffnen. Gegenstand des genannten Verfahrens ist die verbindliche Festlegung eines Trassenkorridors für das nachfolgende Planfeststellungsverfahren. Trassenkorridore sind hierbei i.d.R. 1.000 m breite Gebietsstreifen, innerhalb derer die konkrete Trasse der Stromleitung verlaufen muss.

Der Antrag markiert die erste Stufe des Bundesfachplanungsverfahrens. Diese wird mit der Durchführung einer Antragskonferenz und der Festlegung des Untersuchungsumfangs (Untersuchungsrahmen) für die Bundesfachplanung durch die BNetzA beendet. In einem zweiten Schritt werden die Bundesfachplanungsunterlagen erarbeitet und eingereicht. Anschließend erfolgt eine Öffentlichkeits- und Behördenbeteiligung und die BNetzA trifft eine Auswahl-Entscheidung. Dazu bewertet sie alle öffentlichen und privaten Belange zum Beispiel von Mensch, Natur und Umwelt. Sie wägt gegeneinander ab und legt einen Trassenkorridor fest. Im vorliegenden Gutachten wird ausschließlich die Immissionsauswirkung für das magnetische

Gleichfeld ausgehend von den Erdkabeln auf Basis der Anforderungen der 26. BImSchV ermittelt und beurteilt. Die lärmtechnische Beurteilung des Erdkabels und der Bautätigkeit erfolgt in einem gesonderten Bericht.

2 Prüfgrundlagen

Grundlage der Beurteilung sind folgende Gesetze, Technische Regelwerke, Pläne und sonstige Unterlagen:

- [1] Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV) vom 16.12.1996 (BGBl. I S. 1966), zuletzt geändert am 14. August 2013 durch Artikel 1 der Verordnung zur Änderung der Vorschriften über elektromagnetische Felder und das telekommunikationsrechtliche Nachweisverfahren (BGBl. I vom 21.08.2013 Nr. 50 S. 3266).
- [2] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. Bundes-Immissionsschutzverordnung) des Länderausschusses für Immissionsschutz; 128. Sitzung, September 2014.
- [3] DIN EN 50413 (VDE 0848-1); Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz): Oktober 2020.
- [4] Technische Daten der Erdkabeltrasse (E-Mail Hr. Dietrich-Tom Panner vom 03. November 2023).
- [5] Technische Daten der Erdkabeltrasse (E-Mail Hr. Wolf-Dietrich Schmidt vom 03. März 2024).

3 Ausgangssituation

3.1 Örtliche Verhältnisse

Derzeitiger Planungsstand ist eine Erdverkabelung mit einer Spannung von ± 525 kV bestehend aus zwei Polen (Plus/Minus). Die Übertragungsleistung soll insgesamt 2 GW betragen, was einem Nennstrom von 1904 A je Pol entspricht. Um die zusätzlichen Leitungs- und Konverterverluste zu berücksichtigen wird ein Strom von 2071,1 A je Pol angenommen. In der folgenden Abbildung ist ein Musterquerschnitt der Kabeltrasse gezeigt.

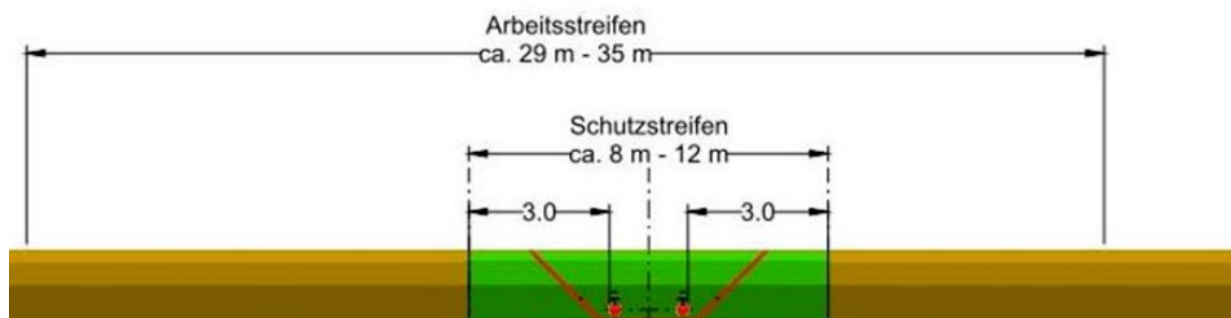


Abb. 1: Musterquerschnitt Arbeits- und Schutzstreifenbreite, zwei Pole/Schutzrohre in einem Graben, die Verlegetiefe beträgt 1,5 m Meter, der Polabstand 2 m

Über der Trasse wird ein Schutzstreifen mit 8 m bis 12 m Breite ausgewiesen, der vollständig frei von Bebauung sein soll. Zusätzlich sind beidseitig 5 m Puffer für die Durchführung der Bodenarbeiten in der Bauphase erforderlich, so dass die nächste Wohnbebauung - ortsunabhängig - nicht näher als 9 m zur Trassenmitte liegen wird. Die ISE wurde auf Grundlage dieses Worst-Case-Ansatzes erstellt.

In den folgenden Abbildungen sind die geplanten Trassenkorridore zu sehen.



Abb. 2: Übersicht der Trassenkorridore (lila) oberer Teil¹

¹ Map data copyrighted OpenStreetMap contributors and available from <https://www.openstreetmap.org>



Abb. 3: Übersicht der Trassenkorridore (lila) mittlerer Teil²

² Map data copyrighted OpenStreetMap contributors and available from <https://www.openstreetmap.org>

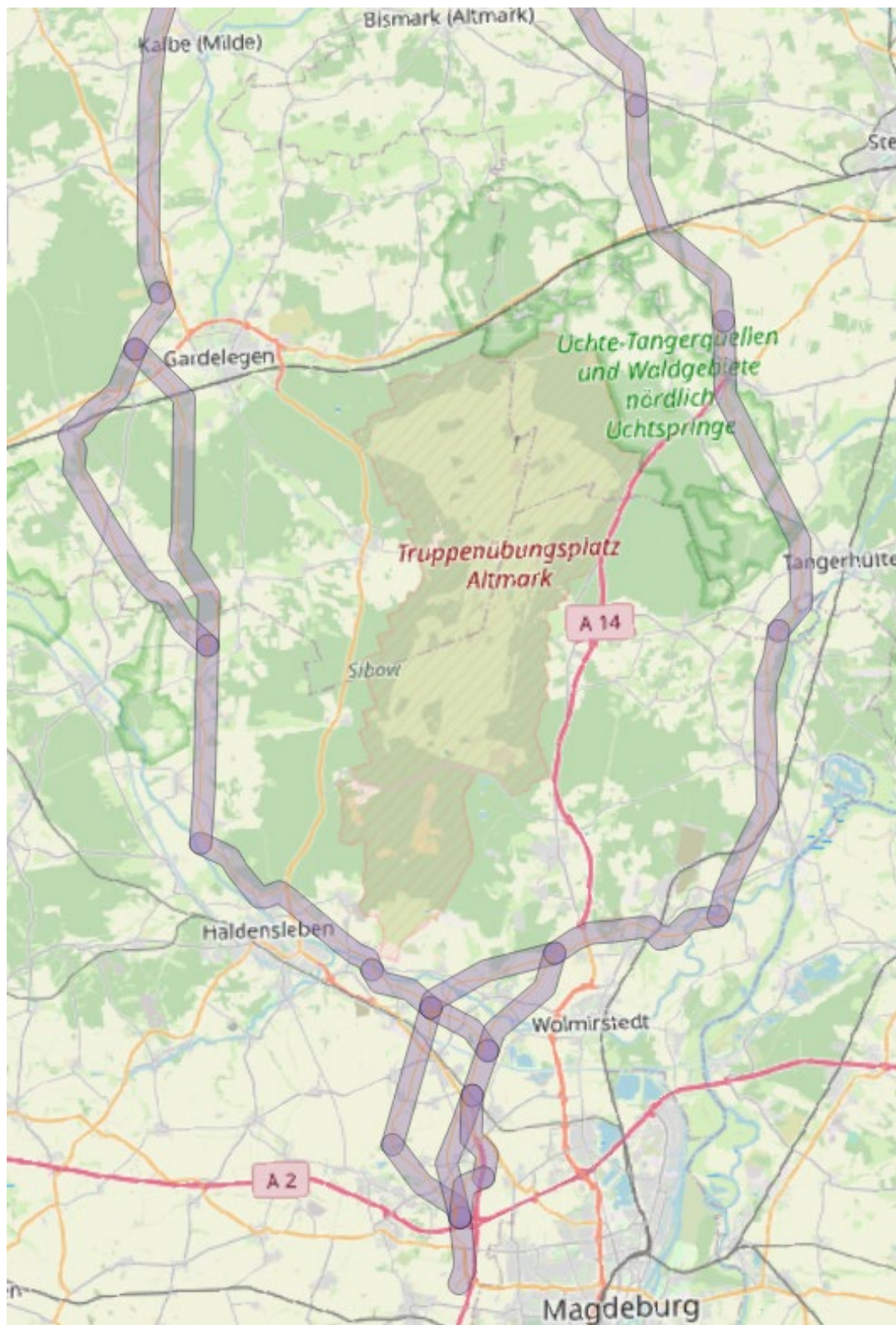


Abb. 4: Übersicht der Trassenkorridore (lila) unterer Teil.³

³ Map data copyrighted OpenStreetMap contributors and available from <https://www.openstreetmap.org>

3.2 Technische Parameter der Erdkabeltrasse

Von der 50 Hertz Transmission GmbH wurden uns am 07.03.24 folgende technischen Parameter genannt, die Grundlage für die Begutachtung waren:

	Geplante Parameter
Kabeltyp:	Vernetztes Polyethylen (XLPE) Kabel
Anzahl Pole, gesamt:	2
Frequenz:	0 Hz
Nennspannung:	± 525 kV DC
Nennstrom je Pol:	2074,1 A
Leitermaterial:	Kupfer
Kabelaußendurchmesser:	155 mm
Abstand der Pole (Kabel) :	2 m im Einzelnen bedeutet dies: -1 m +1 m
geplante Überdeckung bezogen auf die Kabelmitten:	1,5 m

Tab. 1: Technische Parameter der Erdkabeltrasse

Ein System besteht jeweils aus einem Hin- und Rückleiter bezeichnet mit Plus und Minus, welche mit einer Spannung von + 525 kV DC bzw. -525 kV DC betrieben werden. Die jeweiligen Ströme von Hin- und Rückleiter wurden als gleich hoch angenommen. Die Berechnung wurde mit dem Nennstrom und der Nennspannung durchgeführt.

Es wurde in dieser Phase des Verfahrens keine Oberwellenanteile bei der Bewertung in Betracht gezogen, da hierüber noch keine verlässlichen Angaben vorlagen. Die Konverter werden so ausgelegt, dass auch mit voraussichtlich auftretenden Oberwellen, die durch das System emittiert werden, die Grenzwerte der 26. BImSchV sicher eingehalten werden. Die Konverter sind jedoch nicht Bestandteil des vorliegenden Gutachtens.

4 Ermittlungsverfahren

Zur Ermittlung der magnetischen Flussdichte wurden Querprofile durch die Kabeltrasse auf Grundlage der höchsten Anlagenauslastung berechnet.

Die Berechnung wurde mit dem Programm WinField 2024 berechnet. Der Hersteller, die Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie – FGEU mbH, Berlin, gibt im Herstellerzertifikat einen maximalen Berechnungsfehler von 0,00001 % für die magnetische



Flussdichte an. Die erweiterte Standardunsicherheit der gesamten Berechnung gemäß DIN EN 50413, wie im Anhang dargestellt, ist dann mit 3,0 % anzugeben.

Die in den Tabellen angegebenen Werte wurden jeweils **um die Berechnungsunsicherheit erhöht**.

5 Rechtliche und normative Grundlage – 26. BImSchV

Aufgrund § 3a, Abs. (1) der 26. Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV) vom 16.12.96 (BGBl I 66 S. 1966ff) in der Fassung vom 14. August 2013 sind zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen Gleichstromanlagen so zu errichten und zu betreiben, dass in ihrem Einwirkungsbereich an Orten, die zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung der in Anhang 1a der 26. BImSchV genannte Grenzwert für die magnetische Flussdichte von 500 μ T nicht überschritten wird. Der Grenzwert ist laut LAI 2014 [2] so gewählt, dass Störbeeinflussungen von Herzschrittmachern durch statische Felder ausgeschlossen werden können.

Für die hier vorliegende HGÜ-Erdkabel reicht die Ermittlung und Bewertung der magnetischen Flussdichte aus. Die elektrischen Felder werden vom Kabelschirm vollständig abgeschirmt und spielen damit für den Immissionsschutz keine Rolle. Hiermit entfällt auch die Betrachtung von erheblichen Belästigungen oder Schäden durch Funkentladungen zwischen leitfähigen Objekten.

5.1 Anwendungsbereich und maßgebliche Immissionsorte

Die Anforderungen für Gleichstromanlagen sind an allen Orten einzuhalten, die zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind. Ein vorübergehender Aufenthalt setzt eine gewisse Verweildauer einer einzelnen Person voraus.

Maßgebliche Immissionsorte sind Orte, die sich im Einwirkungsbereich einer ortsfesten elektrotechnischen Anlage befinden, die mit Gleichstrom mit einer Nennspannung von mehr als 2.000 Volt betrieben wird. Gemäß Abs. II.3a.2 der Hinweise des LAI zur Durchführung der 26. BImSchV [2] ist dazu der Bereich im Radius von 1 m um die einzelnen Kabel zu betrachten. Bei einer minimalen Überdeckung von 1,5 m befindet sich der zu prüfende Bereich daher im Erdreich. Für die Erdkabeltrasse existieren daher keine maßgeblichen Immissionsorte.

Die Betrachtungen bzw. Berechnungen basieren auf dem aktuellen Planungs- und Kenntnisstand zur Trasse.

5.2 Höchste betriebliche Anlagenauslastung

Für die Immissionsauswirkung der Anlage ist die magnetische Feldstärke bei „höchster betrieblicher Auslastung“ zu ermitteln. Diese ist laut 26. BImSchV nicht durch die tatsächliche zu erwartende maximale Auslastung der Anlage, sondern durch eine technische Grenze charakterisiert, wie den thermischen maximal zulässigen Dauerstrom in den Erdkabeln des verwendeten Leiterquerschnitts.

5.3 Berücksichtigung aller relevanten Immissionen

Gemäß Abs. II.3a.5 LAI 2014 [2] ist die Vorbelastung von anderen Gleichstromanlagen im Einwirkungsbereich zu berücksichtigen, wenn sie relevant zur Immission beitragen. Die Immissionen von Gleichstrom und Niederfrequenzanlagen sind dabei getrennt zu betrachten. Mögliche Feldquellen und deren typische Immissionen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Quellen magnetischer Gleichfelder	magnetisches Gleichfeld B
Straßen- oder U-Bahn Fahrgastraum 1 m von der Bahnsteigkante	150 μT bis 350 μT 50 μT bis 110 μT
Dauermagnet (z.B. Anstecker, Magnetwand)	500 μT bis 4.000 μT
Lautsprecher (Telefonhörer, Headset)	80 μT bis 1000 μT
Variation des magnetische Gleichfelds in einem typischen Büroraum mit Möbeln	20 μT bis 110 μT
Kernspintomograph Personal Patienten in der Röhre	- 100.000 μT - 7.000.000 μT
Erdmagnetfeld im Bereich zwischen Schwerin und Magdeburg	$\sim 50 \mu\text{T}$

Tab. 2: Typische Wert für magnetische Gleichfelder (Quelle [6], Homepage des GFZ Research Centre for Geoscience, Hermlholtz Centre Potsdam und eigene Messungen)

6 Berechnung der Immissionswerte des magnetischen Gleichfelds B

Anhand der in Abschnitt 3.2 dargestellten technischen Daten der Erdkabeltrasse wurde ein Querprofil des magnetischen Gleichfeldes für die Erdkabeltrasse berechnet.

Dargestellt ist einerseits die flächige Verteilung der magnetischen Flussdichte sowie der Verlauf der magnetischen Flussdichte in 0 m Höhe über dem Erdboden als ungünstigster Fall.

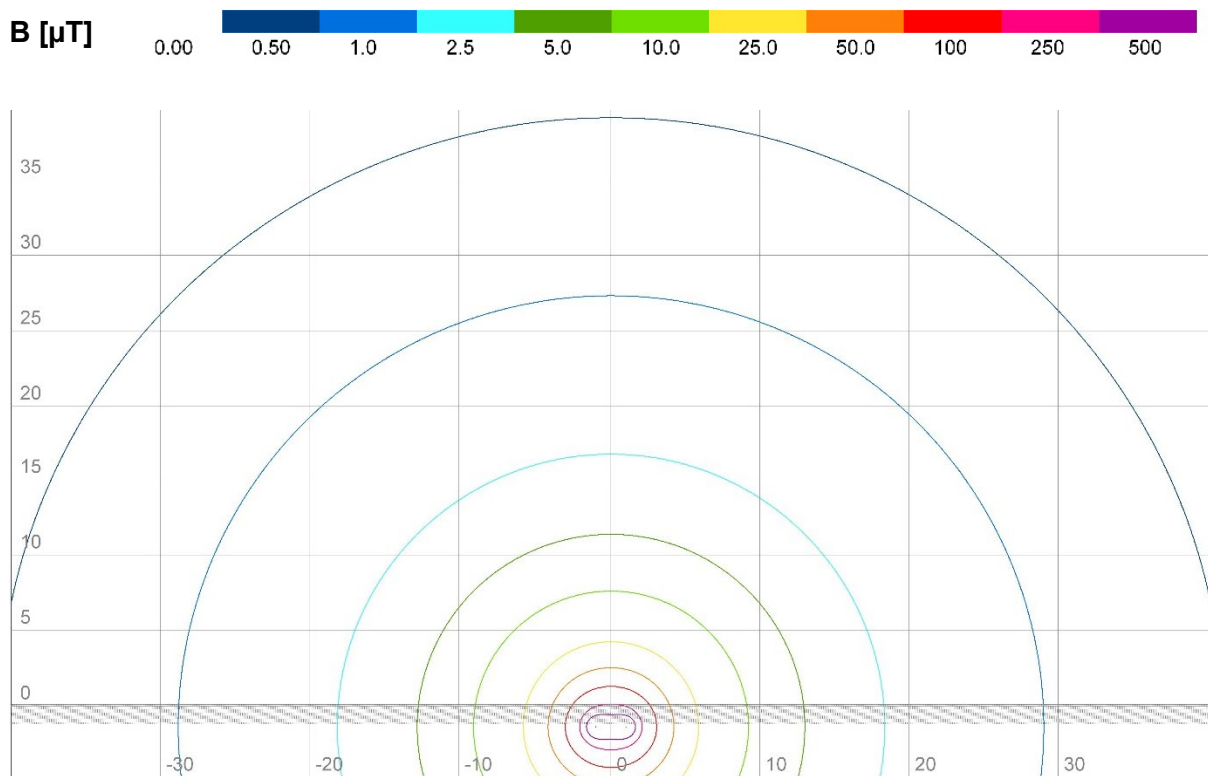


Abb. 5: Verteilung der magnetischen Flussdichte rund um die Erdkabeltrasse

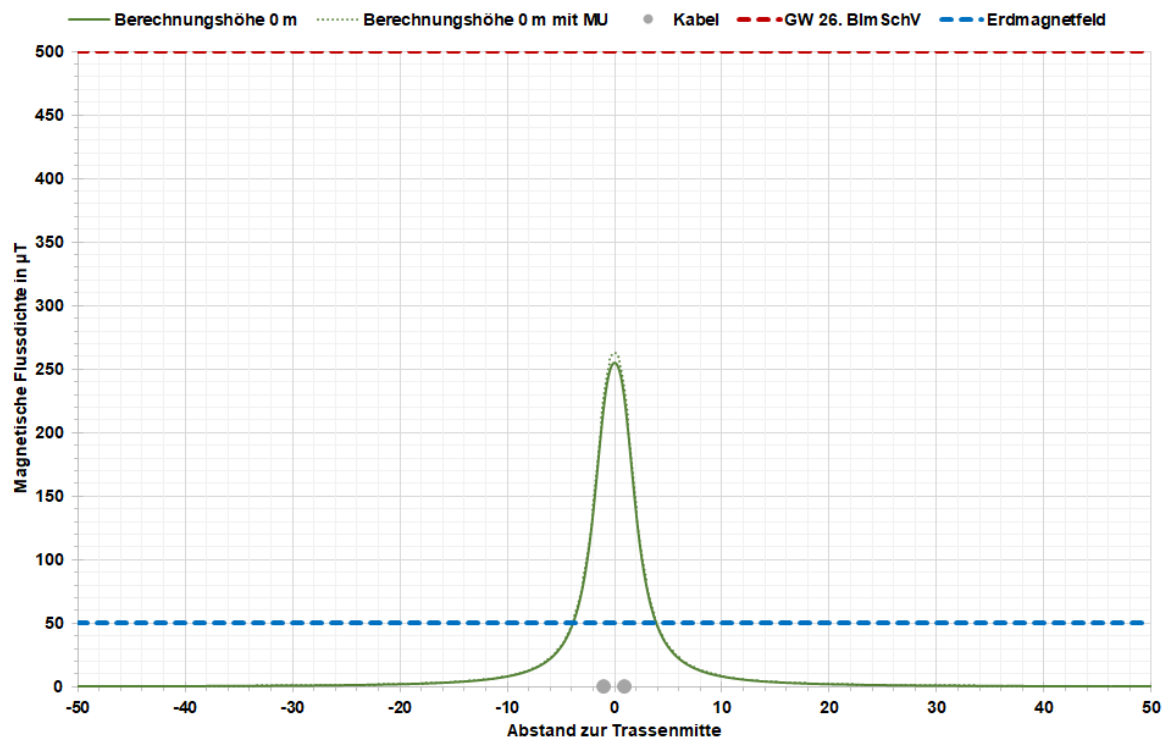


Abb. 6: Verlauf der magnetischen Flussdichte B in 0 m Höhe quer zur Trasse mit und ohne Berechnungsunsicherheit, der Grenzwert der 26. BImSchV von 500 μT ist ebenfalls dargestellt



Immissionsort	magn. Flussdichte B (inkl. Berechnungsunsicherheit)	Auslastung des Grenzwerts der 26. BImSchV von 500 μT
Maximalwert Trassenmitte	263 μT	53 %
Rand des Schutzstreifens 4 m zur Trassenmitte	49 μT	10 %
Rand des Bewertungsabstands nach 26. BImSchVVwV 6 m zur Trassenmitte	23 μT	5 %
Nächste Bebauung 9 m zur Trassenmitte	10 μT	2 %
Rand des Einwirkungsbereichs nach 26. BImSchVVwV 21 m zur Trassenmitte	1,9 μT	0,4 %

Tab. 3: Immissionswerte in 0 m Höhe bei **höchster betrieblicher Anlagenauslastung** mit Berücksichtigung der Berechnungsunsicherheit

Direkt über der Trasse wird nach derzeitiger Planung (1,5 m Überdeckung, 2 m Abstand der Kabelpole + / -, 2074,1 A Nennstrom) der Grenzwert der 26. BImSchV für die magnetische Flussdichte sicher eingehalten. Maximal werden direkt über den Polen in 0 m Höhe 263 μT oder 53 % vom Grenzwert erreicht (Werte inklusive Berechnungsunsicherheit).

7 Anwendung des Minimierungsgebots von §4 Abs. (2) der 26. BImSchV

Laut §4 Abs. (2) der 26. BImSchV sind bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen sowie Gleichstromanlagen 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. Die nähere Vorgehensweise regelt die 26. BImSchVVwV.

Für das BBPIG⁴-Vorhaben SOL+ gibt es auf der aktuellen Ebene der Bundesfachplanung zwar einen Vorschlags-Trassenkorridor (aus § 6 NABEG) und alternative Trassenkorridore, in denen auch eine potentielle Trassenachse als mögliche und technisch nach aktuellem Kenntnisstand machbare Trassenführung skizziert ist, aber noch keine konkrete, belastbare Trassierung. Die 26. BImSchVVwV bezieht sich aber immer auf eine spezifische Immissionssituation, bei der die Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu berücksichtigen sind. Die konkrete Anwendung der 26. BImSchVVwV ist auf Ebene der Bundesfachplanung demnach weder möglich noch notwendig. Die 26. BImSchVVwV ist im Zuge der nachfolgenden Planungsebene, der Planfeststellung, anzuwenden.

⁴ Bundesbedarfsplangesetz-BBPIG

Im Rahmen einer Vorprüfung kann jedoch bereits bei diesem Verfahrensstand geprüft werden, ob bzw. in welchem Umfang die Anforderungen der 26. BImSchVVwV überhaupt auf das Vorhaben anzuwenden sind.

7.1 Vorprüfung nach 26. BImSchVVwV

Die Neuerrichtung der HGÜ-Erdkabeltrasse ist als Neubau anzusehen. Der Einwirkungsbereich einer Gleichstrom-Erdkabeltrasse mit einer Nennspannung über 500 kV beträgt laut Abs. 3.2.1.2 der 26. BImSchVVwV 20 m, jeweils bezogen auf die Bodenprojektion des äußeren Kabels des Erdkabels. Der Bewertungsabstand beträgt unabhängig von der Spannung durchgängig 5 m.

Bezogen auf die Trassenmitte betragen diese Abstände:

Variante	Einwirkungsbereich	Bewertungsabstand
Erdkabel $\geq$ 500 kV	21 m	6 m

Tab. 4: Einwirkungs- und Bewertungsabstände laut 26. BImSchVVwV

Die Bewertung hat laut Abs. 4 der 26. BImSchVVwV in 1 m Höhe über dem Boden zu erfolgen. Zunächst muss bestimmt werden, ob es sich um einen maßgeblichen Minimierungsort (MMO) handelt. Anschließend ist eine Untersuchung des Minimierungspotential für die Mitte des MMO durchzuführen. Im derzeitigen Verfahrensstadium ist die Trassierung noch nicht festgelegt, insofern können auch noch keine konkreten Minimierungsorte bestimmt werden.

Abweichend von den maßgeblichen Immissionsorten beziehen sich maßgebliche Minimierungsorte laut Abs. 2.11 der 26. BImSchVVwV auf im Einwirkungsbereich der jeweiligen Anlage liegende Gebäude oder Grundstücke im Sinne des §4 Abs. 1 26. BImSchV, sowie jedes Grundstück oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist. §4 Abs. 1 26. BImSchV bezieht sich auf Wohnungen, Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze oder ähnliche Einrichtungen und den zugehörigen Grundstücken. Keine maßgeblichen Minimierungsorte sind damit landwirtschaftliche Flächen, nur landwirtschaftlich genutzte Gebäude wie Scheunen etc. und Wege und Straßen.

7.2 Minimierungsmaßnahmen für die HGÜ-Erdkabeltrasse

Gemäß 26. BImSchVVwV Abs. 5.1.2 sind folgende Minimierungsmaßnahmen für HGÜ-Erdkabel zu prüfen:

Minimierungsmaßnahme	Beschreibung
1. Minimierung der Kabelabstände:	Die Kabel werden mit möglichst geringen Abständen zueinander verlegt; hierzu gehört auch die Minimierung der Kabelabstände innerhalb eines Stromkreises und zu anderen Stromkreisen. Mindestabstände können erforderlich sein, um die thermischen Auswirkungen zu begrenzen.

Minimierungsmaßnahme	Beschreibung
----------------------	--------------

	Bewertung: Im vorliegenden Fall gibt es nur ein Erdkabelsystem, die Abstände der Pole untereinander sind durch thermisch erforderliche Mindestabstände vorgegeben.
--	--

2. Optimierung der Polanordnung	
---------------------------------	--

	Bei einer vorgegebenen geometrischen Leiteranordnung wird die Anschlussreihenfolge der positiven und negativen Pole an die Erdkabel so gewählt, dass sich die von den Kabeln ausgehenden magnetischen Felder bestmöglich kompensieren. Die Maßnahme kann jedoch nur durchgeführt werden, wenn mehr als ein bipolarer Stromkreis in einer Trasse verlegt wird.
--	--

	Bewertung: Im vorliegenden Fall gibt es nur ein einziges Erdkabelsystem wodurch keine Variation der Polanordnungen möglich ist.
--	---

3. Optimierung der Verlegetiefe	
---------------------------------	--

	Die Erdkabel werden tief im Boden verlegt. Diesbezüglich ist die Bodenbeschaffenheit und die vor Ort vorhandene Infrastruktur zu berücksichtigen. Diese müssen für eine tiefere Verlegung geeignet sein. Die Wirksamkeit hängt von der Verlegetiefe ab. Sie ist in Trassennähe hoch und nimmt mit zunehmenden Abstand zur Trasse ab.
--	---

	Bewertung: Dies ist die einzige Maßnahme, die unter Berücksichtigung der Bodenbeschaffenheit, der vorhandenen Infrastruktur sowie der zusätzlichen thermischen Belastungen bei einer tieferen Verlegung angewendet werden kann.
--	---

Tab. 5: Zu prüfende Minimierungsmaßnahmen nach 26. BImSchVVwV

8 Zusammenfassung und Bewertung

In diesem Gutachten wurden die zu erwartenden zusätzlichen Immissionen durch magnetische Gleichfelder für die Immissionsschutzrechtlichen Ersteinschätzung (ISE) im Rahmen der strategischen Umweltprüfung (SUP) für die HGÜ-Erdkabeltrasse SüdOstLink+ (Vorhaben 5a von Klein Rogahn / Stralendorf / Warsaw / Holthusen / Schossin – Landkreis Börde ;Nördlicher Bestandteil) ermittelt. Bei HGÜ handelt es sich um eine Technologie zur verlustarmen Übertragung von elektrischer Energie mit Gleichstrom.

Die Untersuchung der Auswirkung der von der geplanten HGÜ – Erdkabeltrasse verursachten magnetischen Felder erbrachte folgende Ergebnisse:

- Für den Vergleich der Immissionswerte mit den Grenzwerten der 26. BImSchV ist der ungünstigste Fall - die **höchste betriebliche Anlagenauslastung** - zu betrachten. Dabei ergab sich, dass für die Zusatzbelastung der statischen magnetischen Flussdichte der Grenzwert der 26. BImSchV auch direkt über der Trasse sicher eingehalten wird. Im ungünstigsten Fall werden in Erdbodenhöhe maximal 263 μT bzw. 53 % vom Grenzwert der 26. BImSchV erreicht.
- Am Rand des Schutzstreifens werden noch 49 μT bzw. 10 % vom Grenzwert erreicht. Der Wert liegt hier etwa in Höhe des Erdmagnetfelds (Erdmagnetfeld ca. bei 50 μT). Am Rand des Einwirkungsbereichs nach 26. BImSchVVwV werden noch 1,9 μT bzw. 0,4 % vom Grenzwert erreicht.
- Da die Grenzwerte der 26. BImSchV selbst im ungünstigsten Fall bereits direkt über der Erdkabeltrasse eingehalten werden, gilt dies erst recht für weiter entfernt liegende Immissionsorte und damit für den gesamten Trassenkorridor (Erst-Recht-Schluss).
- Das Minimierungsgebot nach §4 Abs (2) 26. BImSchV ist für das Vorhaben SüdOstLink+ erfüllbar, wie in Abschnitt 7 gezeigt werden konnte.
- Da die Grenzwerte der 26. BImSchV bereits oberhalb der Trasse eingehalten werden, ist damit auch eine Gefährdung von Trägern aktiver Implantate im HGÜ-Trassenbereich ausgeschlossen.

9 Identifizierung möglicher Konfliktbereiche

Im Trassenverlauf ist die Vorbelastung von anderen Gleichstromanlagen im Einwirkungsbereich der HGÜ-Erdkabeltrasse zu beachten. Relevant können hier folgende Anlagen sein:

- Mit Gleichstrom betriebene Straßenbahnen, U- bzw. S-Bahnen, die die Trasse kreuzen oder parallel laufen.
- Ladestationen für Elektrofahrzeuge
- Magnetisierte Bauwerke aus / mit Stahlkomponenten wie Brücken
- Gewerbe- und Industriebetriebe, die mit starken Gleichströmen arbeiten (Schweißanlagen, Elektrolyseanlagen, Sinteranlagen, Galvanikanlagen)
- Photovoltaikanlagen



10 Anhang

10.1 Berechnung der Unsicherheit nach DIN EN 50413

Programm: Winfield Version 2024 Parameter: magnetische Flussdichte						
Komponente	Einflussfaktor	Quelle	festgelegte Unsicherheit	Verteilung	Divisionsfaktor	Standardunsicherheit
Software	Rundung, Softwarefehler, Segmentierung etc.	Herstellerzertifikat	0,00001%	Normal	2	0,000005%
Geodaten	Abweichung tatsächlicher Lage der Leiter vom Plan	Schätzung	1,4%	Normal	2	0,7%
elektrische Betriebsdaten	kurzzeitige Stromschwankungen	Schätzung	0,0% ⁵	Normal	2	0,0%
Kabelgraben	ferromagnetische Materialien im Kabelgraben, Geländemodell, Abweichung Überdeckung und Kabelabstände	Schätzung	2,6%	Normal	2	1,3%
Kombinierte Standardunsicherheit:						1,5%
Erweiterungsfaktor:						2
erweiterte Standardunsicherheit:						3%

Tab. 6: Erweiterte Standardunsicherheit des Berechnungsverfahrens für die magn. Flussdichte

⁵ elektrische Betriebsdaten per Definition ohne Unsicherheit, da es sich hierbei um normative Nennwerte handelt.



10.2 Literatur

- [6] Elektromagnetische Felder im Alltag - Aktuelle Informationen über Quellen, Einsatz und Wirkungen; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe und Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, Bezug über www.lfu.bayern.de/strahlung/index.htm
- [7] Rehm W., Edelman K., Gritsch Th., Darstellung der technischen Möglichkeiten zur Minimierung elektrischer und magnetischer Felder von Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen nach dem Stand der Technik, FE-Vorhaben des Bundesamts für Strahlenschutz BfS AG-F3-08313/3614S80020, 2014-11-18
- [8] Rehm W., Gritsch Th., Minimierung elektrischer und magnetischer Felder von Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen nach dem Stand der Technik; Strahlenschutzpraxis 4/2015 S5ff.
- [9] Forschungsbericht 451: Elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz; Sicherheit von Beschäftigten mit aktiven und passiven Körperhilfsmitteln bei Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Januar 2015
- [10] SSK - Biologische Effekte der Emissionen von Hochspannungs- Gleichstromübertragungsleitungen (HGÜ), Empfehlungen der Strahlenschutzkommission mit wissenschaftlicher Begründung, verabschiedet in der 263. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 12. September 2013



10.3 Glossar

<i>B</i>	Symbol für magnetische Flussdichte.
BlmSchV	Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (BlmSchG)
<i>E</i>	Symbol für Elektrische Feldstärke.
elektrische Feldstärke	Diese wird durch den elektrischen Spannungsabfall zwischen zwei Punkten erzeugt. (siehe „Volt pro Meter). Sie hängt daher einerseits von der verwendeten Spannung am Leiter ab und der Entfernung hierzu.
EMF	Abk. für <u>E</u> lektro <u>m</u> agnetische <u>F</u> elder
Frequenz	Schwingungszahl von Wellen je Sekunde, gemessen in Herz
Hertz (Hz)	Technische Einheit für 1 Schwingung pro Sekunde
Magnetfeld, magnetische Flussdichte	Dies ist ein Maß für das von einem Strom oder Permanentmagneten erzeugte Magnetfeld.
Spannung Hochspannung (kV)	Eine elektrische Spannung über 1.000 Volt (1 kV) wird im Allgemeinen als Hochspannung bezeichnet. Beispielsweise arbeitet die Bahn typischerweise mit 15 kV, Hochspannungsfreileitungen werden mit den Spannungsebenen 20 kV, 30 kV, 110 kV, 220 kV oder 20 kV betrieben. Ab 220 kV spricht man von Höchstspannung.
Tesla, Mikrottesla (μT)	Technische Maßeinheit für die magnetische Flussdichte in Tesla oder mehr gebräuchlich Mikrottesla, was einem Millionstel Tesla entspricht. In dieser Einheit sind die Grenzwerte der 26. BlmSchV im Niederfrequenzbereich angegeben. Früher war hierfür auch die Einheit Gauß gebräuchlich. 1 Gauß entspricht 100 μ T.
Volt pro Meter (V/m)	Technische Maßeinheit für die elektrische Feldstärke. Diese ist ein Maß für den Spannungsabfall zwischen zwei Punkten. Die Feldstärke von 1 V/m entspricht daher einer Spannungsverminderung von 1 Volt in 1 m Abstand. In dieser Einheit sind die Grenzwerte der 26. BlmSchV angegeben.