

SuedLink

BBPIG-Vorhaben 4, HGÜ-Verbindung Wilster - Bergrheinfeld/West
380 kV-Leitung Bergrheinfeld/West Konverter Eins – Bergrheinfeld/West
Leitung-Nr.: LH-07-B190

Vorhabenträger:



Ersteller:

Baader Konzept GmbH
N7, 5-6
68161 Mannheim
www.baaderkonzept.de



DokumentenzahlNr.: A100-BAK-000007

Planfeststellung

**Planfeststellungsabschnitt D3
von km 0+000 bis 0+622**

Unterlagen nach § 21 NABEG

**Teil E01
Elektrische und magnetische Felder**

00	27.09.2022	Unterlage nach § 21 NABEG	L. Müller-Schmitt	M. Jakoby	M. Gonser
Vers.	Datum	Ausgabe	Erstellt	Geprüft	Freigegeben

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Tabellenverzeichnis.....	3
Abbildungsverzeichnis.....	3
Abkürzungsverzeichnis.....	4
1 Einleitung	5
1.1 SuedLink	5
1.2 Einordnung der Unterlage	5
1.3 Inhalt und Zweck des Dokuments.....	5
2 Grundlagen der Untersuchung	6
2.1 Grundlagenverzeichnis.....	6
2.2 Planungsgrundlagen	6
2.3 Sonstige Grundlagen.....	7
3 Rechtlicher und fachlicher Rahmen.....	8
3.1 Grundsätzliche Regelungen und Grundlagen.....	8
3.1.1 Allgemeines.....	8
3.1.2 Technisch-physikalische Grundlagen	8
3.1.3 Trassenkonstellationen.....	10
3.1.4 Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden	10
3.1.5 Anwendungsbereich	10
3.2 Nachweismethodik Einhaltung der Grenzwerte	10
3.2.1 Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte	11
3.3 Nachweismethodik Erfüllung Minimierungsgebot	11
3.3.1 Einführung	11
3.3.2 Vorprüfung.....	12
3.3.3 Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen	12
3.3.4 Bewertung und Festlegung der Maßnahmen zur Minimierung	13
3.3.5 Ermittlung der maßgeblichen Minimierungsorte	13
3.4 Technische Daten und Angaben zur Feldberechnung	13
3.4.1 Technische Daten.....	13
4 Lage und Beschreibung des Abschnitts von SuedLink	17
4.1 Örtliche Beschreibung	17
4.2 Prüfung der Einhaltung der Grenzwerte nach 26.BImSchV	17
4.3 Berechnung der Immissionswerte	18
4.4 Umsetzung des Minimierungsgebotes nach 26. BImSchVVwV	24

4.4.1	Vorprüfung.....	24
5	Zusammenfassung.....	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Technische Daten.....	13
------------	-----------------------	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Mastkopfgeometrien der einzelnen Masten der Leitung B190, geplante Phasenlage $3^2_1 3^2_1$	15
Abbildung 2:	Forts. Mastkopfgeometrien der einzelnen Masten der Leitung B190, geplante Phasenlage $3^2_1 3^2_1$, rot markiert breiter Querträger der gesamten Trasse (Breite 24,1 m gerundet).....	16
Abbildung 3:	links: Trasse mit einem Bereich von 20 m um den ruhenden äußeren Leiter der Freileitung;.....	17
Abbildung 4:	3D-Ansicht der Modellierung.....	19
Abbildung 5:	Luftbild aus dem BayernAtlas mit Flurstücksgrenzen und Trassenachse (rot gestrichelt).....	20
Abbildung 6:	Kartenansicht des Trassenverlauf.....	21
Abbildung 7:	Isolinien der magnetischen Flussdichte in 1 m Höhe mit Maximalwert im Berechnungsgebiet.....	22
Abbildung 8:	Isolinien der elektrischen Feldstärke in 1 m Höhe mit Maximalwert im Berechnungsgebiet.....	23
Abbildung 9:	Oben: Einwirkungsbereich (hell lila) und Bewertungsabstand (dunkel lila), nördlicher Trassenabschnitt Unten: Luftbild mit Flurstückskarte	25
Abbildung 10:	Oben: Einwirkungsbereich (hell lila) und Bewertungsabstand (dunkel lila), südlicher Trassenabschnitt Unten: Luftbild mit Flurstückskarte	26

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
321 321	Kurzbezeichnung der Phasenreihenfolge für eine Leitung mit zwei Stromsystemen für folgende Phasenordnung: Drehstromsystem 1: L3-L2-L1; Drehstromsystem 2: L3-L2-L1
Abs.	Absatz
AC	Abkürzung für engl. „alternating current“ in Deutsch Drehstrom oder Wechselstrom
AL	Aluminium
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz
ST	Stahl

1 Einleitung

1.1 SuedLink

SuedLink ist ein Ausbauprojekt des Höchstspannungsnetzes mit einer Nennspannung von 525 kV, das als Gleichstromverbindung geplant wird. SuedLink besteht aus je einer erdverlegten zweipoligen Höchstspannungsleitung (Erdkabel) zwischen Brunsbüttel in Schleswig-Holstein und Großgartach in Baden-Württemberg (diese Verbindung wird in der Anlage zum Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) als „Vorhaben Nr. 3“ geführt) sowie zwischen Wilster in Schleswig-Holstein und Bergrheinfeld/West in Bayern (diese Verbindung wird in der Anlage zum BBPlG als „Vorhaben Nr. 4“ geführt). Rechtlich handelt es sich um zwei eigenständige Vorhaben, für die jeweils eigene Anträge auf Planfeststellungsbeschluss gestellt wurden. Die Planfeststellungsverfahren werden für die beiden genannten Vorhaben im Bereich der Stammstrecke verfahrensrechtlich verbunden. SuedLink ist in 15 Planfeststellungsabschnitte unterteilt. Die gegenständliche Unterlage ist Bestandteil der Unterlagen gem. § 21 NABEG zum Planfeststellungsabschnitt D3. Der Planfeststellungsabschnitt D3 umfasst allein Anlagen und Maßnahmen des Vorhabens 4.

Der Abschnitt D3 besteht aus einer 380-kV-AC-Freileitung mit zwei Systemen, die die Anbindung des Konverters Bergrheinfeld/West (Konverter Eins) mit dem Netzverknüpfungspunkt Bergrheinfeld/West (UW Bergrheinfeld/West) bildet.

Für weitergehende Informationen zu SuedLink und zum Planfeststellungsverfahren wird auf die Kapitel 0 ff im Teil A01 der Antragsunterlagen gem. § 21 NABEG verwiesen.

1.2 Einordnung der Unterlage

Das vorliegende Dokument „Teil E01 –Elektrische und magnetische Felder“ ist Bestandteil der Unterlagen für die Einreichung des Plans und der Unterlagen gem. § 21 NABEG für Sued-Link im Planfeststellungsabschnitt D3.

1.3 Inhalt und Zweck des Dokuments

Gegenstand des vorliegenden Teils E01 - Elektrische und magnetische Felder ist die Prüfung der Vereinbarkeit von SuedLink im o.a. Planfeststellungsabschnitt mit den gesetzlichen Anforderungen in Bezug auf elektrische und magnetische Felder. Hierzu werden bei Bedarf Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen benannt.

2 Grundlagen der Untersuchung

2.1 Grundlagenverzeichnis

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1362) geändert worden ist
- [2] Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. März 2021 (BGBl. I S. 540), das durch Artikel 14 des Gesetzes vom 10. September 2021 (BGBl. I S. 4147) geändert worden ist
- [3] Untersuchungsrahmen für die Planfeststellung Vorhaben Nr. 4 BBPIG (Höchstspannungsleitung Wilster – Bergrheinfeld/West) Abschnitt D3 Konverterstation Bergrheinfeld/West (BY) – Netzverknüpfungspunkt Bergrheinfeld/West (BY), Bundesnetzagentur Az: 6.07.01.02/4-2-16/9.0 vom 11.06.2021
- [4] 26. BImSchV: Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3266)
- [5] 26. BImSchVVwV: Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder vom 26. Februar 2016
- [6] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI), 128. Sitzung, September 2014
- [7] NABEG: Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1690), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1325) geändert worden ist
- [8] DIN EN 50413 (VDE 0848-1); Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Menschen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz): Oktober 2020
- [9] Handbuch Bauen und Errichten, TenneT TSO GmbH, TenneT Offshore GmbH, April 2021.

2.2 Planungsgrundlagen

Der Untersuchung liegen folgende Planungsgrundlagen zugrunde:

- Längenprofil 380-kV Hochspannungsfreileitung Konverter Eins – UW Bergrheinfeld_West B190, Abschnitt: von Portal Portal bis Mast 1, Vorzugstrasse, Maßstab der Längen 1:2000, Maßstab der Höhen 1:200, TenneT TSO GmbH, Spie, Stand: 11.05.2022.
- Längenprofil 380-kV Hochspannungsfreileitung Konverter Eins – UW Bergrheinfeld_West B190, Abschnitt: von Mast 1 bis Mast 2, Vorzugstrasse, Maßstab der Längen 1:2000, Maßstab der Höhen 1:200, TenneT TSO GmbH, Spie, Stand: 11.05.2022.
- Längenprofil 380-kV Hochspannungsfreileitung Konverter Eins – UW Bergrheinfeld_West B190, Abschnitt: von Mast 2 bis Mast 3, Vorzugstrasse, Maßstab der Längen 1:2000, Maßstab der Höhen 1:200, TenneT TSO GmbH, Spie, Stand: 11.05.2022.

- Längenprofil 380-kV Hochspannungsfreileitung Konverter Eins – UW Bergrheinfeld_West B190, Abschnitt: von Mast 3 bis Portal Portal, Vorzugstrasse, Maßstab der Längen 1:2000, Maßstab der Höhen 1:200, TenneT TSO GmbH, Spie, Stand: 11.05.2022.
- Kurzbericht Variantenuntersuchung, 380-kV-Ltg. Bergrheinfeld West Konverter Eins – Bergrheinfeld West Ltg. Nr. B190, TenneT TSO GmbH, Spie SAG GmbH, Stand: 28.01.2022

2.3 Sonstige Grundlagen

Der Untersuchung liegen sonstige Grundlagen zugrunde:

- Trassenverlauf als shape-Dateien vom 23.05.2022
- Übersichtskarte Anlage 1.2 Übersichtskarte Planfeststellungsabschnitt
- Basis DLM vom 15.10.2019

3 Rechtlicher und fachlicher Rahmen

3.1 Grundsätzliche Regelungen und Grundlagen

3.1.1 Allgemeines

Für SuedLink ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** durchzuführen. Gegenstand sind die Auswirkungen aus dem SuedLink auf die verschiedenen Schutzgüter, u.a. das Schutzgut Mensch, einschließlich möglicher Wechselwirkungen. Maßnahmen, mit denen erhebliche Beeinträchtigungen vermieden, vermindert oder soweit möglich ausgeglichen werden, sind darzulegen.

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** verfolgt den Zweck, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen. In § 3 Abs. 3 des BImSchG sind unter anderem auch „Strahlen“ als mögliche Emissionen von Anlagen genannt, die zu schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des § 3 Abs. 1 des BImSchG führen können.

Die 26. BImSchV [4] regelt hierbei die „Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder“ (§ 1 Abs. 1 Satz 2 der 26. BImSchV). Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf die Anwendung der 26. BImSchV und den darauf aufbauenden Vorschriften und Regelungen (z.B. 26. BImSchVVvV, [5], LAI-Hinweise [6]).

Für die beschriebene Maßnahme sind, weil es sich dabei um eine Neuerrichtung im Sinne der 26. BImSchV handelt, die von ihr ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder zu ermitteln, deren Verteilung darzustellen und hinsichtlich der Einhaltung vorgeschriebener Grenzwerte zu beurteilen.

Gemäß § 3 Abs. 2 Satz 1 i.V.m. Anhang 1a der 26. BImSchV sind für das vorliegende Vorhaben an Orten zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen im Wirkungsbereich der Anlage bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung folgende Grenzwerte einzuhalten:

- Elektrische Feldstärke: 5 kV/m
- Magnetische Flussdichte: 100 µT

3.1.2 Technisch-physikalische Grundlagen

Bei der Nutzung elektrischer Energie treten Felder auf.

Man unterscheidet dabei zwei prinzipielle Feldarten:

- Elektrische Felder
- Magnetische Felder.

Ursache für elektrische Felder ist das Vorhandensein einer **Spannung** zwischen zwei Elektroden, z.B. eines Leiterseils gegenüber Erde. Die Feldlinien (Linien gleicher

Feldstärke) verlaufen dabei zwischen beiden Elektroden, sie haben einen Anfang und ein Ende.

Die elektrische Feldstärke ergibt sich zu

$$E = \frac{U}{d}$$

Dabei ist E die elektrische Feldstärke, U die Spannung zwischen den Elektroden und d der Abstand der Elektroden.

Wesentlicher Parameter für die Stärke des elektrischen Feldes ist demnach die Betriebsspannung. Darüber hinaus spielt für die bodennahe Feldstärke in der Umgebung einer Freileitung die Anzahl, Abstände und Anordnung der Systeme zueinander (Mastkopfgeometrie), der Abstand der Leiter zum Boden sowie die Anordnung der Phasen eine wichtige Rolle. Zudem hat auch der Leitertyp und Bündelkonfiguration sowie die Anzahl und Anordnung der Erdseile einen geringen Einfluss. Durch diese Parameter wird insbesondere der Verlauf der Feldstärke in unmittelbarer Nähe der Freileitung bestimmt. Mit zunehmendem Abstand von der Freileitung nimmt die elektrische Feldstärke rasch ab und auch der Einfluss dieser Parameter wird geringer. Elektrische Felder können mithilfe elektrisch leitfähiger Materialien, z.B. durch Bewuchs oder Bebauung gut abgeschirmt werden.

Die Stärke eines elektrischen Feldes wird als elektrische Feldstärke in Kilovolt pro Meter (kV/m) angegeben.

Magnetische Felder entstehen, wenn ein elektrischer Leiter von einem **Strom** durchflossen wird. Die Feldstärke ist dabei abhängig von der Höhe des Stromes und dem Abstand des betrachteten Punktes zum Leiter. Die Feldlinien bilden konzentrische Kreise um den stromdurchflossenen Leiter herum. In der Nähe des Leiters ist die Feldstärke am größten, mit wachsendem Abstand nimmt die Feldstärke ab.

Bei einem genügend langen Leiter berechnet sich die magnetische Feldstärke zu

$$H = \frac{I}{2 * \pi * r}$$

Dabei ist H die magnetische Feldstärke, I die Stromstärke im Leiter und r der Abstand zum Leiter. In einem konkreten Raumpunkt können sich magnetische Felder unterschiedlicher Quellen überlagern, wobei die Richtung der Feldlinien maßgeblich ist (geometrische Addition).

Die Magnetfeldstärke kann nicht direkt gemessen werden. Vielmehr wird die Wirkung des Magnetfeldes gemessen, die magnetische Flussdichte B (Induktion). Diese hängt wie folgt von der Feldstärke ab:

$$B = \mu_r * \mu_0 * H$$

Die magnetische Feldkonstante μ_0 ist eine physikalische Konstante, die Permeabilitätszahl (relative Permeabilität) μ_r ist ein Materialbeiwert.

Wesentlicher Parameter für die Stärke des magnetischen Feldes in der Nähe einer Freileitung ist demnach die Stromstärke, welche in Abhängigkeit der Belastungssituation zeitlichen Schwankungen unterliegt. Darüber hinaus spielt für die bodennahe Feldstärke in der Umgebung einer Freileitung die Anzahl, Abstände und Anordnung der Systeme zueinander (Mastkopfgeometrie), der Abstand der Leiter zum Boden sowie die Anordnung der Phasen eine wichtige Rolle. Die magnetische Feldstärke nimmt mit zunehmendem Abstand zur Anlage ab.

Im Gegensatz zu den elektrischen Feldern durchdringen magnetische Felder organische und anorganische Materialien nahezu ungestört.

Bei niederfrequenten Feldern wird als zu bewertende Größe die magnetische Flussdichte B angegeben. Die ermittelten Werte werden in Mikrotesla (μT) angegeben.

3.1.3 Trassenkonstellationen

Weil einzelne der zuvor genannten Parameter, wie z. B. die Mastkopfgeometrie entlang des Trassenverlaufs variieren, wird im Kapitel 3.4 für die gesamte Trasse beschrieben, welche Trassenkonstellation und welche Parameter für die Berechnung vorliegen.

3.1.4 Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden

Wirkungen wie Funkenentladungen auch zwischen Personen und leitfähigen Objekten, die zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können (§3 Abs. 4 26. BImSchV), sollen vermieden werden. Wie die folgenden Kapitel zeigen, sind im Untersuchungsgebiet keine Wirkungen wie Funkenentladung auch zwischen Personen und leitfähigen Objekten, die zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können, zu erwarten, da ein Wert von 7 kV/m für die elektrische Feldstärke, ab dem mit erheblichen Belästigungen oder Schäden zu rechnen ist (Ziff. II.3.6 LAI-Hinweise), im Untersuchungsgebiet nicht erreicht wird.

3.1.5 Anwendungsbereich

Die 26. BImSchV gilt für die Errichtung und den Betrieb von Hochfrequenzanlagen, Niederfrequenzanlagen und Gleichstromanlagen. Sie enthält Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder.

Unter Niederfrequenzanlagen sind in dem Zusammenhang ortsfeste Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität mit einer Nennspannung von 1 000 Volt oder mehr, einschließlich Bahnstromfern- und Bahnstromoberleitungen und sonstiger vergleichbarer Anlagen im Frequenzbereich von 1 Hertz bis 9 Kilohertz, zu verstehen.

Die Grenzwerte der 26. BImSchV müssen nur an den sogenannten maßgeblichen Immissionsorten im Einwirkungsbereich der Anlage eingehalten werden. Als maßgebliche Immissionsorte zählen dabei Gebäude, Gebäudeteile oder Grundstücke im Sinne des § 4 Absatz 1 der 26. BImSchV sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist.

3.2 Nachweismethodik Einhaltung der Grenzwerte

Gemäß § 5 Satz 4 der 26. BImSchV [4] sind für die Ermittlung der Feldstärke- und Flussdichtewerte an den maßgeblichen Einwirkungsorten keine Messungen erforderlich, wenn die Einhaltung der Grenzwerte durch Berechnungsverfahren festgestellt werden kann. Dementsprechend wird das Berechnungsverfahren mit der zertifizierten Software WinField 2022 durchgeführt, die den Anforderungen an Mess- und Berechnungsverfahren nach DIN EN 50413 [8] entspricht. Hierzu werden in dem Berechnungsprogramm die Leitungsabschnitte als Feldquelle modelliert.

Für die Betriebsparameter ist die höchste betriebliche Anlagenauslastung zu Grunde zu legen. Dies bedeutet, dass folgende Betriebsspannungen in die Berechnung einfließen:

- für 380-kV-Systeme 420 kV,
- für 220-kV-Systeme 245 kV,
- für 110-kV-Systeme 123 kV.

Für die Strombelastbarkeit wird der maximale betriebliche Dauerstrom eines Systems herangezogen.

Im Bereich von Abschnitt D3 sind keine weiteren Niederfrequenzanlagen als Vorbelastung zu berücksichtigen.

Nach 26. BImSchV [4] sind auch Immissionen ortsfester Hochfrequenzanlagen im Frequenzbereich zwischen 9 kHz bis 10 MHz zu berücksichtigen, die einer Standortbescheinigung nach §§ 4 und 5 der Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder bedürfen. Diese tragen gemäß den Ausführungen in den LAI-Durchführungshinweisen [6] ab einem Abstand von 300 Metern nicht relevant zur Vorbelastung bei und machen daher eine gezielte Vorbelastungsermittlung entbehrlich, sofern keine gegenteiligen Anhaltspunkte bestehen. Für den Trassenverlauf sind laut EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur, welche am 27.05.2022 aufgerufen wurde (<https://emf3.bundesnetzagentur.de/karte/>), keine entsprechenden Hochfrequenzanlagen in diesem Abstand vorhanden, sodass dieser Aspekt hier nicht weiter zu betrachten ist.

In den Berechnungen werden die Immissionen der Grundfrequenz (50 Hz) ermittelt. In Hoch- und Höchstspannungsnetzen sind Oberwellenanteile (z.B. 100 Hz, 150 Hz) sehr gering. Deren zusätzliche Immissionsbeiträge sind gegenüber den Immissionen der Grundfrequenz zu vernachlässigen und werden daher im Weiteren nicht betrachtet.

3.2.1 Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte

Bei der Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte sind die Anforderungen der 26. BImSchV [4] und die zugehörigen Ausführungen in den LAI-Durchführungshinweisen [6] zu beachten.

Maßgebliche Immissionsorte sind Orte zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Personen, die sich in einem Abstand bis zu 20 m vom äußersten ruhenden Leiterseil einer 380-kV-Freileitung befinden. Die äußeren ruhenden Leiterseile befinden sich je nach Masttyp in einem Abstand von 14,8 bis 24,1 Metern zur Trassenachse.

Es wurde jeweils sowohl links als auch rechts der Trassenachse ein Streifen mit einer Breite von 44,1 m markiert und auf das Vorhandensein von möglicherweise maßgeblichen Immissionsorten überprüft. Die Streifenbreite ergibt sich aus den maximalen Abständen der Leiterseile am Querträger (maximal 24,1 m + 20 m = 44,1 m, Worst-Case Annahme von allen vorkommenden Mastkopfgeometrien der gesamten Trasse, siehe Portal aus Abbildung 2).

Um für den Trassenverlauf die maßgeblichen Immissionsorte zu ermitteln, wird der gesamte Verlauf auf entsprechende Orte mit Hilfe von Luftbildern abgesucht.

3.3 Nachweismethodik Erfüllung Minimierungsgebot

3.3.1 Einführung

In § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV [4] wird die Vorsorge zur Minimierung gefordert, deren Durchführung in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchVVwV [5]) geregelt ist.

Es wird ein **Einwirkungsbereich** definiert, in dem sich die durch die Anlage erzeugten Immissionen signifikant von den natürlich vorkommenden Feldern abhebt. Dieser Einwirkungsbereich wird für verschiedene Anlagenteile, Spannungsebenen etc. unterschiedlich festgelegt, für Freileitungen ≥ 380 kV beträgt dieser 400 m (nach [5], Punkt 3.2.1.2).

Des Weiteren wird der **Bewertungsabstand** definiert. Dieser ist dadurch gekennzeichnet, dass ab dieser Entfernung vom äußeren stromführenden Anlagenteil die magnetische Flussdichte kontinuierlich abnimmt. Für Freileitungen beträgt der Bewertungsabstand 20 m (nach [5], Punkt 3.2.2, gemessen vom jeweils äußeren Leiter).

Für die Ermittlung der erforderlichen Maßnahmen ist ein dreistufiges Verfahren vorgesehen. In der ersten Stufe (3.2.1 26. BImSchVVwV) erfolgt eine Vorprüfung, ob für die jeweilige Anlage überhaupt eine Minimierung durchzuführen ist. In der zweiten Stufe (3.2.2 26. BImSchVVwV) werden Minimierungsmaßnahmen ermittelt und in der dritten Stufe (3.2.3. 26. BImSchVVwV) werden die Maßnahmen bewertet und Minimierungsmaßnahmen festgelegt. Für den Prozessablauf ist ein Flussdiagramm in der Anlage 1 zur 26. BImSchVVwV [5] dargestellt.

3.3.2 Vorprüfung

Die Vorprüfung dient der Feststellung, ob für die jeweilige Anlage überhaupt eine Minimierung durchzuführen ist und damit eine Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen erforderlich macht. Dabei sind folgende Punkte zu prüfen:

Status der jeweiligen Anlage:

Bei den betrachteten Anlagen handelt es sich um Neubaumaßnahmen, daher ist eine Prüfung notwendig.

Prüfung, ob ein maßgeblicher Minimierungsort im Einwirkungsbereich der Anlage liegt:

Diese Prüfung erfolgt abschnittsbezogen an Hand der Trassierungs- und Lagepläne.

Ein maßgeblicher Minimierungsort ist dabei ein im Einwirkungsbereich der Anlage liegendes Gebäude oder Grundstück im Sinne des §4 Absatz 1 der 26. BImSchV sowie jedes Gebäude oder Grundstück, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist.

3.3.3 Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen

Für die Betrachtungstiefe bei der Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen sind zwei Fälle zu unterscheiden:

- Befinden sich Minimierungsorte innerhalb des Bewertungsabstandes, müssen die Minimierungsmaßnahmen individuell für jeden dieser Orte untersucht werden.
- Für Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstandes, aber innerhalb des Einwirkungsbereichs, wird die Minimierungsprüfung nur an Bezugspunkten erforderlich. Diese liegen im Bewertungsabstand auf der kürzesten Geraden zwischen Trassenachse und dem jeweiligen Minimierungsort. Da per Definition des Bewertungsabstandes die magnetische Flussdichte umgekehrt proportional zum Abstand kontinuierlich abnimmt, wird damit sichergestellt,

dass eine auf den Bezugspunkt bezogene Minimierungsmaßnahme auch zu Minimierungen der Felder in größeren Abständen führt.

3.3.4 Bewertung und Festlegung der Maßnahmen zur Minimierung

Für 380-kV-Drehstromfreileitungen sind gemäß [5] folgende Minimierungsmaßnahmen zu prüfen:

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

Ausgehend von der Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen in Stufe 2 werden die zur Verfügung stehenden Maßnahmen in technischer und wirtschaftlicher Sicht hinsichtlich der Verhältnismäßigkeit bewertet und eine Minimierungsmaßnahme festgelegt.

3.3.5 Ermittlung der maßgeblichen Minimierungsorte

Bei der Ermittlung der maßgeblichen Minimierungsorte wurden die in der 26. BImSch-VVwV [5] genannten konservativen Pauschalwerte für den Einwirkungsbereich von 400 m bei einer 380-kV-Freileitung herangezogen.

Analog zum Kapitel 3.2.1 wird jeweils sowohl links als auch rechts der Trassenachse ein Streifen mit einer Breite von 424,1 m (maximal 24,1 m + 400 m = 424,1 m, Worst-Case Annahme von allen vorkommenden Mastkopfgeometrien der gesamten Trasse, siehe Portal aus Abbildung 2) markiert und der gesamte Verlauf der Leitung mit Hilfe von Luftbildern abgesucht.

3.4 Technische Daten und Angaben zur Feldberechnung

3.4.1 Technische Daten

Der Abschnitt D3 des SuedLinks beinhaltet die Anbindung des Konverters Bergrheinfeld/West an den Netzverknüpfungspunkt Bergrheinfeld/West über eine etwa 800 m lange 380-kV-AC-Freileitung mit zwei Systemen.

Die wesentlichen technischen Daten sind der nachfolgenden Tabelle und den nachfolgenden Abbildungen zu entnehmen.

Tabelle 1: Technische Daten

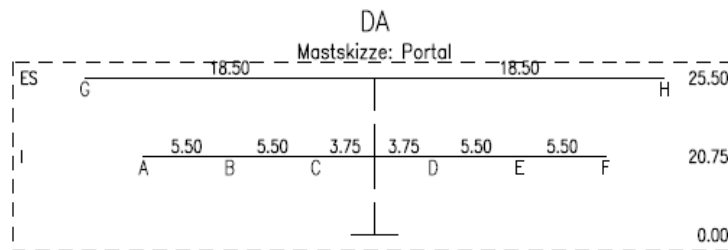
Nennspannung	420 kV
Nennleistung je System	2.900 MW
Max. Betriebsstrom (höchste Anlagenauslastung)	4.000 A ¹
Beseilung	565-AL1/72-ST1A (4er Bündel)
Erdseil	2 x AL/ST 265/35

¹ Maximal betrieblicher Dauerstrom der Freileitung gemäß [9]

Masttyp	Donau
Durchhang in Spannungsfeldmitte:	
Portal – Mast 1	3,91 m
Mast 1 – Mast 2	6,5 m
Mast 2 – Mast 3	7,51 m
Mast 3 - Portal	4,21 m

Die zugehörigen Mastköpfe sind in den folgenden Abbildungen gezeigt.

Portal Standardportal

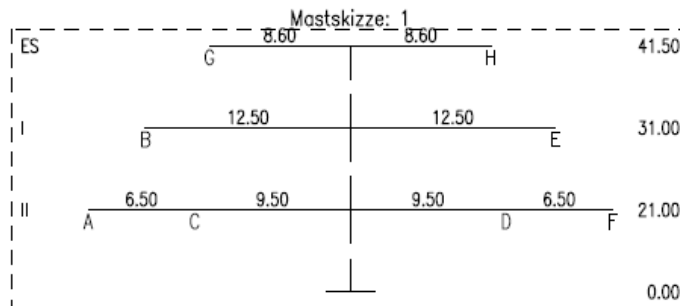


1

WE/WAdiff140-21.00

D-2-D-2018.3

DA



2

WA140-21.00

D-2-D-2018.3

DA

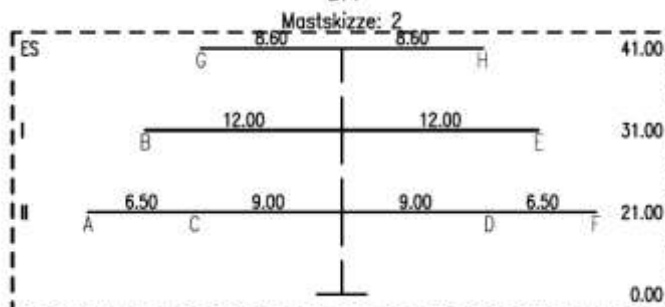
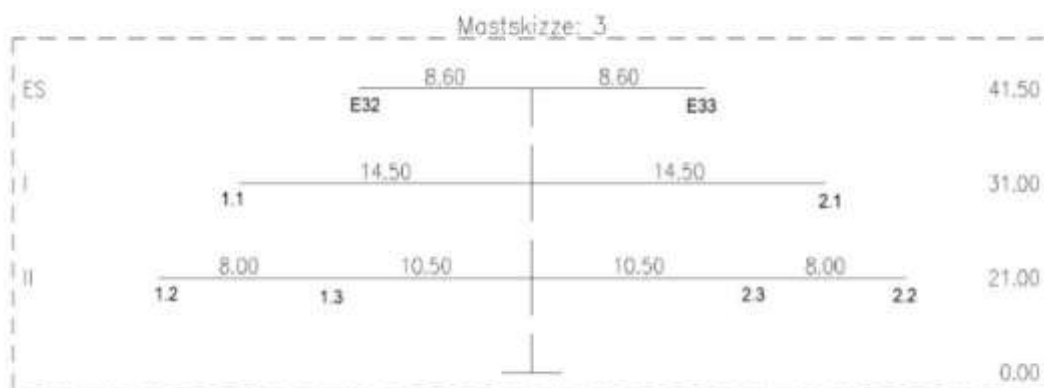


Abbildung 1: Mastkopfgeometrien der einzelnen Masten der Leitung B190, geplante Phasenlage $3^2_1 3^2_1$



Portal

Standardportal

DA

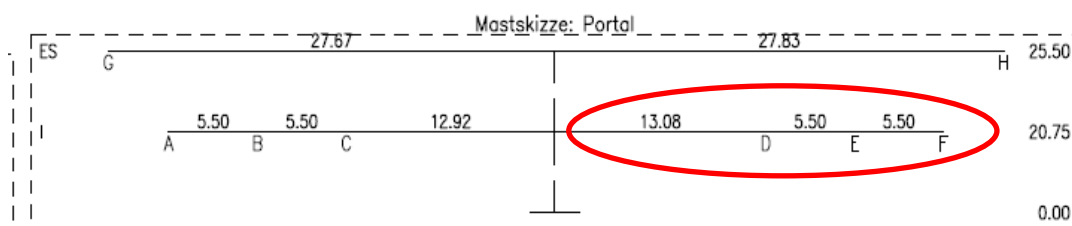


Abbildung 2: Forts. Mastkopfgeometrien der einzelnen Masten der Leitung B190, geplante Phasenlage $3^2_1 \ 3^2_1$, rot markiert breitester Querträger der gesamten Trasse (Breite 24,1 m gerundet)

4 Lage und Beschreibung des Abschnitts von SuedLink

4.1 Örtliche Beschreibung

Der Abschnitt D3 besteht aus einer 380-kV-AC-Freileitung mit zwei Systemen, die die Anbindung des Konverters Bergrheinfeld/West (Konverter Eins) mit dem Netzverknüpfungspunkt Bergrheinfeld/West (UW Bergrheinfeld/West) bildet.

Die vorliegenden Unterlagen beziehen sich nur auf die Freileitungen außerhalb des UW Bergrheinfeld/West und des Konverters, da diese bereits gesondert genehmigt wurden.

4.2 Prüfung der Einhaltung der Grenzwerte nach 26.BImSchV

Die Trasse wurde gemäß Kapitel 3.2.1 auf das Vorhandensein von maßgeblichen Immissionsorten überprüft (Abbildung 3).



Abbildung 3: links: Trasse mit einem Bereich von 20 m um den ruhenden äußeren Leiter der Freileitung;
rechts: Luftbild mit Flurstückskarte²

Innerhalb des untersuchten Bereichs befinden sich ausschließlich Ackerflächen, Straßen, Wald und das Umspannwerk Bergrheinfeld/West der TenneT bzw. die

² © Daten: Bayerische Vermessungsverwaltung, EuroGeographics

Konverterstation. Im Umfeld der geplanten Freileitungstrasse gibt es daher keine maßgeblichen Immissionsorte.

4.3 Berechnung der Immissionswerte

Die Berechnung erfolgt mit dem Programm Winfield (Version 2022). Der Hersteller des Berechnungsprogramms, die Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie – FGEU mbH, Berlin, gibt im Herstellerzertifikat einen maximalen Berechnungsfehler von 0,00001 % für die magnetische Flussdichte und 0,0001 % für die elektrische Feldstärke an. Die erweiterte Standardunsicherheit der gesamten Berechnung gemäß DIN EN 50413, ist dann mit 3,0 % für die magnetische Flussdichte und mit 3,0 % für die elektrische Feldstärke anzugeben. Als Kartengrundlage wurde das digitale Basis-Landschaftsmodell (Basis DLM, AAA)³ und das geographische Bezugssystem ETRS 89 UTM Zone32/33 verwendet.

Die Mastkopfgeometrien und Phasenlagen sind in Kapitel 3.4.1 dargestellt (Abbildung 2). Die Berechnung erfolgte für eine Höhe von 1 m mit einem Berechnungsraster von 1 m x 1 m. Der Berechnung liegt ein digitales Höhenmodell zu Grunde mit einer Auflösung von ebenfalls 1 m x 1 m.

Obwohl es im Umfeld der geplanten Trasse keine maßgeblichen Immissionsorte gibt (siehe Abschnitt 4.2), wurden die Werte für die magnetische Flussdichte und die elektrische Feldstärke dennoch für die gesamte Trasse in 1 m Höhe berechnet und dargestellt, u. a. um eine Aussage zu möglichen absehbaren Wirkungen wie Funkenentladungen zwischen Personen und leitfähigen Objekten treffen zu können. Dargestellt in den folgenden Abbildungen, ist jeweils etwa im gleichen Ausschnitt eine 3D-Ansicht der Modellierung, ein Luftbild mit Flurstücksgrenzen, eine schematische Karte sowie die Berechnungsergebnisse für die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte (Abbildung 4 bis Abbildung 8).

³ Beschreibung der topographischen Objekte der Landschaft im Vektorformat auf der Grundlage des AFIS-ALKIS-ATKIS-Datenmodells und der Festlegungen des ATKIS-Objektartenkatalogs Basis-DLM



Abbildung 4: 3D-Ansicht der Modellierung



Abbildung 5: Luftbild aus dem BayernAtlas⁴ mit Flurstücksgrenzen und Trassenachse (rot gestrichelt)

⁴ © Daten: Bayerische Vermessungsverwaltung, EuroGeographics

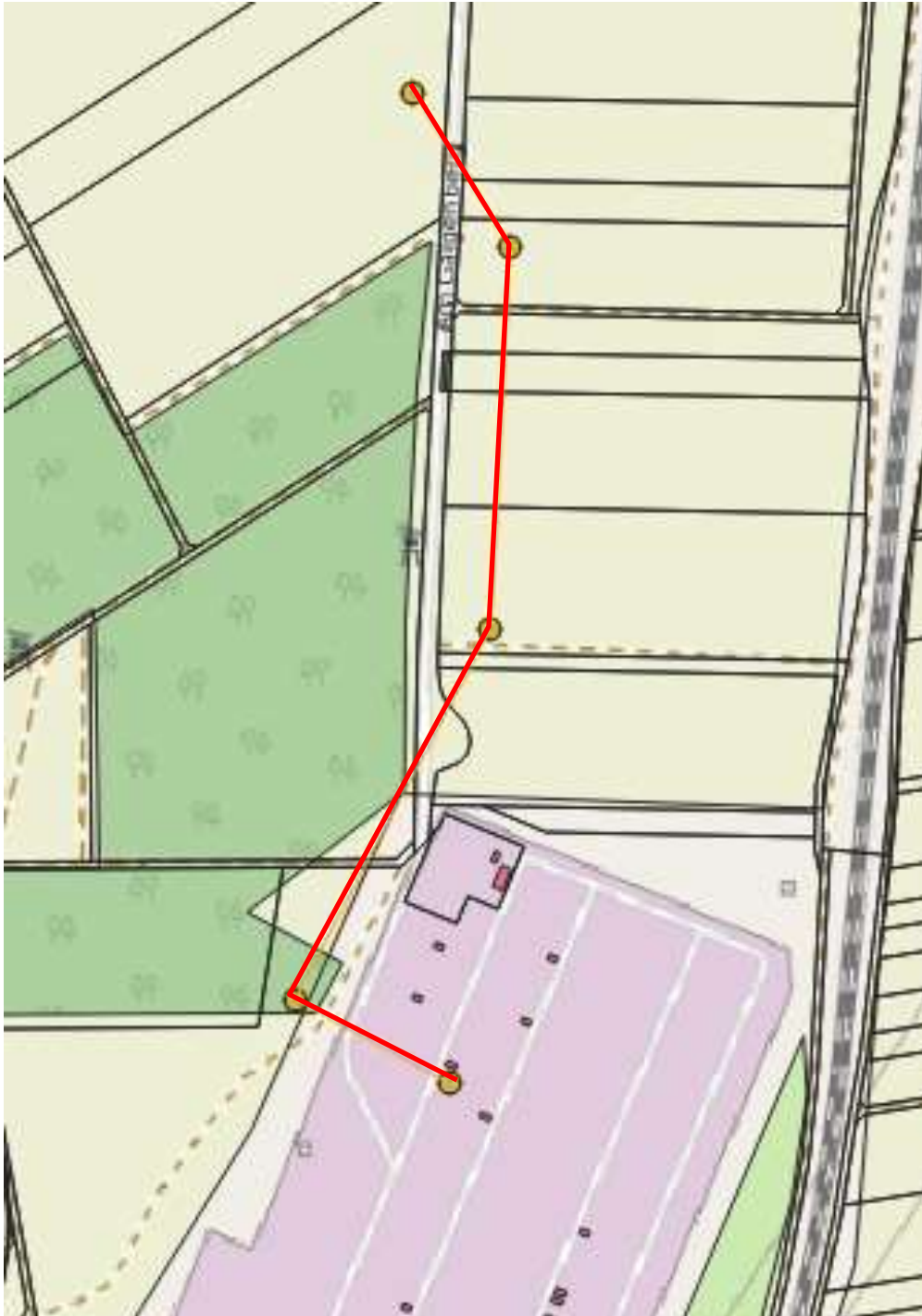


Abbildung 6: Kartenansicht des Trassenverlauf

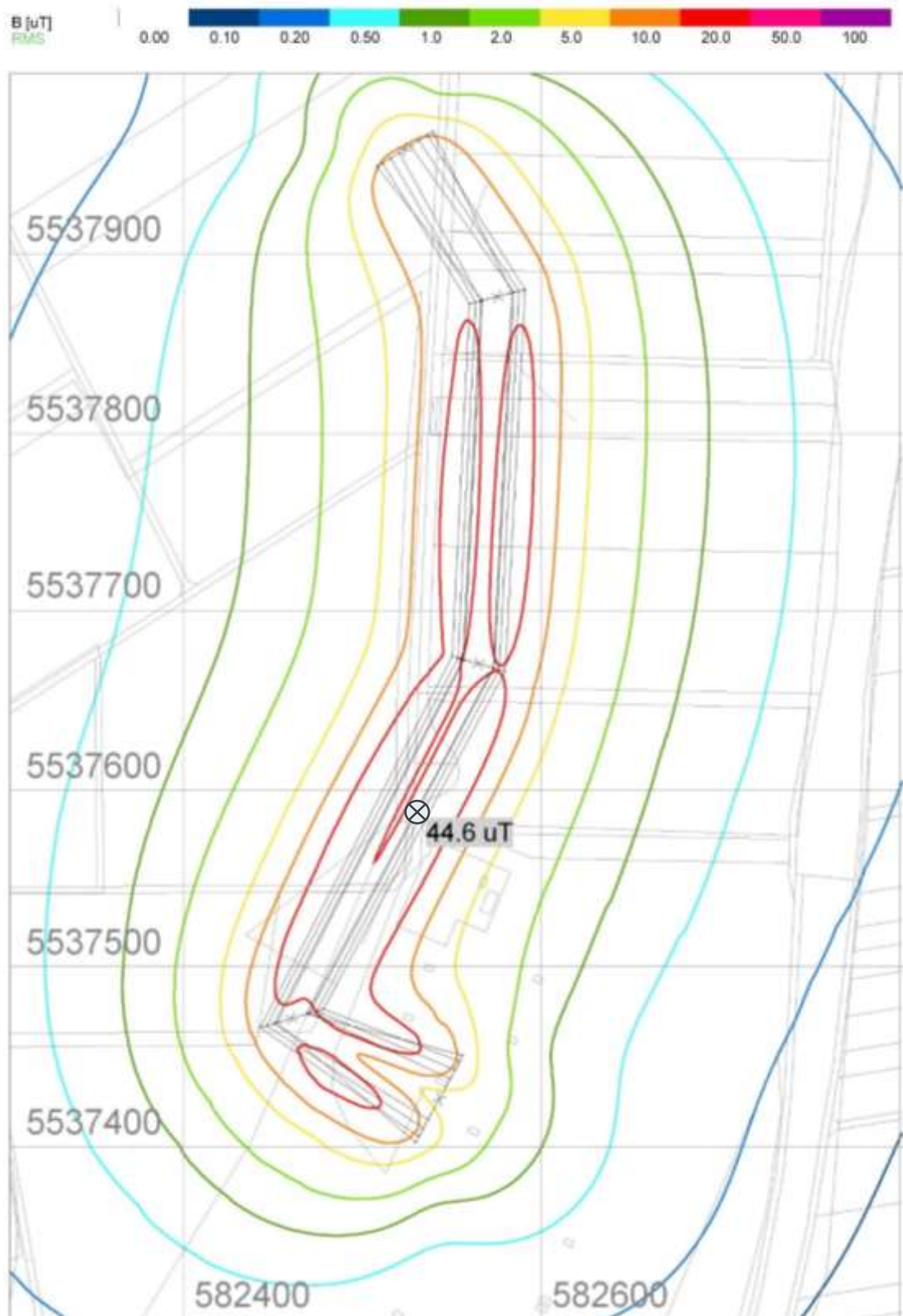


Abbildung 7: Isolinien der magnetischen Flussdichte in 1 m Höhe mit Maximalwert im Berechnungsgebiet

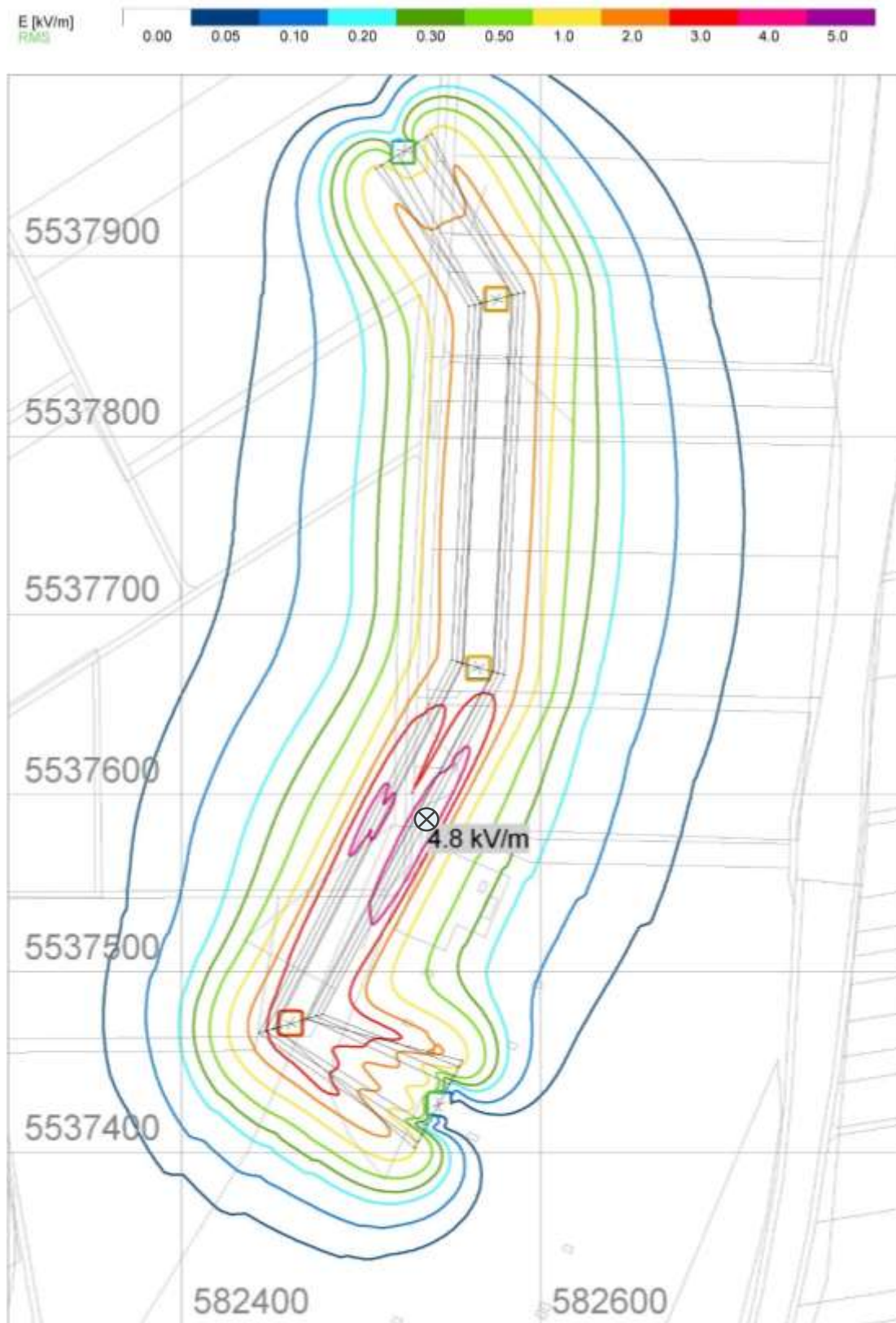


Abbildung 8: Isolinen der elektrischen Feldstärke in 1 m Höhe mit Maximalwert im Berechnungsgebiet

Sowohl der Maximalwert der magnetischen Flussdichte als auch der Maximalwert der elektrischen Feldstärke treten auf 1 m Höhe im Spannungsfeld zwischen Mast 2 und Mast 3 auf. Der Maximalwert der magnetischen Flussdichte beträgt dort 44,6 μT bzw. 44,6 % vom Grenzwert der 26. BImSchV. Der Maximalwert der elektrischen Feldstärke beträgt in 1 m Höhe 4,8 kV/m bzw. 96 % vom Grenzwert der 26. BImSchV.

Im Bereich der Trasse sind keine Wirkungen wie Funkenentladung auch zwischen Personen und leitfähigen Objekten, die zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können, zu erwarten, da ein Wert von 7 kV/m für die elektrische Feldstärke, ab dem mit erheblichen Belästigungen oder Schäden zu rechnen ist (Ziff. II.3.6 LAI-Hinweise) im Untersuchungsgebiet nicht erreicht wird.

4.4 Umsetzung des Minimierungsgebotes nach 26. BImSchVVwV

4.4.1 Vorprüfung

Die Trasse wurde gemäß Kapitel 3.3.5 auf das Vorhandensein von maßgeblichen Minimierungsorten überprüft.

Dabei wurden zwei Bereiche ermittelt, bei denen es sich um mögliche maßgebliche Minimierungsorte handeln könnte (Abbildung 9 und Abbildung 10).

Dies ist zum einen der Felsenhof (Flurstücke 2662 und 2670), der jedoch mittlerweile von TenneT aufgekauft wurde und seitdem nicht mehr als Hof betrieben wird. Dieser Ort ist daher nicht als maßgeblicher Minimierungsort zu werten.

Ein weiterer Bereich, der sich innerhalb des Einwirkungsbereichs befindet, ist die südwestliche Ecke (ca. 35 m von der Ecke des Flurstücks) des Grundstücks der Veolia Umweltservice Süd GmbH & Co. KG. (Flurstück 1458/12). In diesem Bereich befinden sich ausschließlich Lagerplätze für Container und unterschiedliche Abfälle. Auch dieser Ort ist daher nicht als maßgeblicher Minimierungsort zu werten.



Abbildung 9: Oben: Einwirkungsbereich (hell lila) und Bewertungsabstand (dunkel lila), nördlicher Trassenabschnitt
Unten: Luftbild mit Flurstückskarte⁵

⁵ © Daten: [Bayerische Vermessungsverwaltung](#), [EuroGeographics](#)

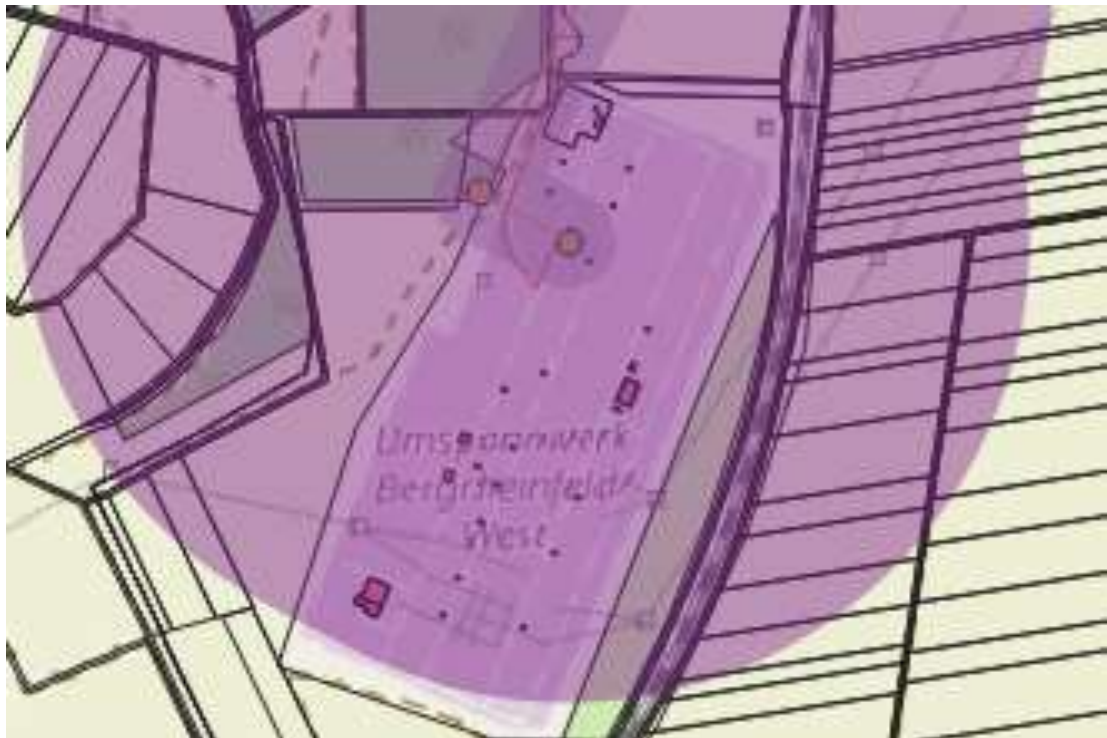


Abbildung 10: Oben: Einwirkungsbereich (hell lila) und Bewertungsabstand (dunkel lila), südlicher Trassenabschnitt
Unten: Luftbild mit Flurstückskarte⁶

⁶ © Daten: Bayerische Vermessungsverwaltung, EuroGeographics

In der Anlage 1 ist das Flussdiagramm (entsprechend Anhang I zu Nummer 3.2 der 26. BIm-SchVVwV) gemäß der hier zu führenden Vorprüfung dargestellt. Daraus ergeben sich folgende Schritte:

- Es liegt ein Neubau vor.
- Es liegt kein maßgeblicher Minimierungsort im Einwirkungsbereich der Anlage
- Eine Prüfung der Minimierungsmaßnahmen muss daher nicht durchgeführt werden.

5 Zusammenfassung

Die Untersuchung der Auswirkung der von dem Neubau einer 380-kV-Freileitung mit zwei Systemen ausgehenden magnetischen und elektrischen Felder erbrachte folgende Ergebnisse:

- Im Umfeld der Freileitungstrasse zwischen dem Konverter Bergrheinfeld/West und dem Netzverknüpfungspunkt Bergrheinfeld/West sind keine maßgeblichen Immissionsorte vorhanden.
- Der Maximalwert der magnetischen Flussdichte beträgt im Umfeld der Trasse in 1 m Höhe 44,6 μT im Spannfeld.
- Der Maximalwert der elektrischen Feldstärke beträgt im Umfeld der Trasse in 1 m Höhe 4,8 kV/m im Spannfeld zwischen Mast 2 und 3. Dieser Wert wird nicht an einem maßgeblichen Immissionsort erreicht, da keine im Umfeld der Freileitungstrasse vorhanden sind.
- Der Wert von 7 kV/m für die elektrischen Feldstärke, ab dem mit erheblichen Belästigungen oder Schäden zu rechnen ist (Ziff. II.3.6 LAI-Hinweise) wird im Untersuchungsgebiet nicht erreicht. Im Bereich der Trasse sind daher keine Wirkungen wie Funkenentladungen, auch zwischen Personen und leitfähigen Objekten, die zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können zu erwarten.
- Die neue Trasse verstößt nicht gegen das Überspannungsverbot (vgl. §4 Abs. 3, 26. BImSchV).
- Die Vorprüfung des Minimierungsgebots nach § 4 Abs (2) 26. BImSchV wurde in diesem Gutachten durchgeführt. Es befinden sich keine maßgeblichen Minimierungsorte im Einwirkungsbereich der Freileitung. Eine Prüfung der Minimierungsmaßnahmen ist daher nicht erforderlich.

TÜV Süd Industrie Service GmbH
Abteilung Umwelt Service
Elektromagnetische Umweltverträglichkeit

Dr. Thomas Gritsch
Öffentlich bestellt und beeidigter Sachverständiger
für Elektromagnetische Umweltverträglichkeit (EMVU)

Dr. Andrea Thiemann

München, den 05.08.2022