




Projekt					
SuedLink					
Dokumententitel					
Unterlagen nach § 21 NABEG Teil E01 – Elektrische und magnetische Felder					
Dokumentenkenzeichen (Referenzkenzeichen & DCC - Auftraggeber Dok.-ID)					
~V0.D2&AAB010-SLPS-TSL-000692-MA-DEU					
Auftraggeber			Dokumentenersteller		
					
Auftraggeber Dok.-ID			Ersteller Dok.-ID		
SLPS-TSL-000692-MA-DEU			SLPS-TSL-000692-MA-DEU		
WBS Knoten			Seitenanzahl gesamt (inkl. Deckblatt)		
SL.PS.TS.RP.P7.GP.D2.PU.TE			38		
Informationsklasse			Final / Wie gebaut		
C2-Intern			Nein		
Revision	Revisions- datum	Bearbeitet von (Name)	Geprüft von (Name)	Freigegeben von (Name)	Freigegeben von (Signatur)
02	13.08.2025	Sven Hennig	Alexander Kravchik	Olaf Plotzke	
01	13.10.2023	Sven Hennig	Alexander Kravchik	Olaf Plotzke	
00	15.09.2023	Sven Hennig	Alexander Kravchik	Olaf Plotzke	

TransnetBW ist bei SuedLink für das Gesamtprojekt Süd und den Konverter in Baden-Württemberg zuständig.

Revisionshistorie

Revision	Beschreibung der Änderungen gegenüber der vorherigen Revision
00	Ersteinreichung
01	Ergänzung Kapitel 1.2
02	Tausch Lage LWL und HGÜ (Cluster 1)

Relevante Referenzkennzeichen (nach SLPS-TSL-100020-MA-DEU)

RKZ	Erläuterung
~V0.D2	Gesamtvorhaben SuedLink PFA D2

Mitgeltende Dokumente

Dokumentenkenzeichen	Titel

Ausgedruckt oder als lokal gespeicherte Datei unterliegt das Dokument nicht dem Änderungsdienst. Die aktuell gültige Fassung ist im Dokumentenmanagementsystem des SuedLink Projekts hinterlegt.

SuedLink

BBPIG-Vorhaben 3, HGÜ-Verbindung Brunsbüttel - Großgartach
BBPIG-Vorhaben 4, HGÜ-Verbindung Wilster - Bergrheinfeld/West
Leitung-Nr.: LH-16-10001 / LH-16-10002

Vorhabenträger:

TRANSNET BW

Ersteller:



Forschungsgesellschaft für Energie
und Umwelttechnologie GmbH
Yorckstr. 60
D-10965 Berlin

DokumentenzahlNr.: SLPS-TSL-000692-MA-DEU

Planfeststellung

**Planfeststellungsabschnitt D2
von km 0+000 bis 45+215 (V3) / 62+501 (V4)**

Unterlagen nach § 21 NABEG

PLANÄNDERUNG II

**Teil E01
Elektrische und magnetische Felder**

00	04.12.2023	Unterlage gem. § 21 NABEG	S. Hennig	A. Kravchik	O. Plotzke
01	30.10.2025	PLANÄNDERUNG II	S. Hennig	A. Kravchik	O. Plotzke
Vers.	Datum	Ausgabe	Erstellt	Geprüft	Freigegeben

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Tabellenverzeichnis.....	3
Abbildungsverzeichnis.....	3
Abkürzungsverzeichnis.....	4
1 Einleitung	5
1.1 SuedLink	5
1.2 Ende der gemeinsamen Trassierung der Vorhaben Nr. 3 und Nr. 4	5
1.3 Einordnung der Unterlage	6
1.4 Inhalt und Zweck des Dokuments.....	6
2 Grundlagen der Untersuchung	8
2.1 Grundlagenverzeichnis.....	8
2.2 Planungsgrundlagen	8
3 Rechtlicher und fachlicher Rahmen.....	9
3.1 Grundsätzliche Regelungen und Grundlagen.....	9
3.1.1 Allgemeines.....	9
3.1.2 Technisch-physikalische Grundlagen	9
3.1.3 Anwendungsbereich	10
3.2 Grenzwerte der elektrischen und magnetischen Felder nach 26. BImSchV.....	10
3.2.1 Magnetisches Feld	10
3.2.2 Elektrisches Feld	11
3.3 Verfahrensmethodik zur Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen.....	11
3.3.1 Einführung / Begriffe.....	11
3.3.2 Methodik.....	14
3.4 Technische Daten und Angaben zur Feldberechnung	18
3.4.1 Technische Daten.....	18
3.4.2 Feldberechnung.....	19
4 Lage und Beschreibung des Planfeststellungsabschnitts D2.....	21
4.1 Örtliche Beschreibung	21
4.2 Prüfung der Einhaltung der Grenzwerte nach 26. BImSchV	23
4.2.1 Ermittlung maßgeblicher Immissionsorte	23
4.2.2 Offene Bauweise	24
4.2.3 Geschlossene Bauweise	31
4.3 Umsetzung des Minimierungsgebotes nach 26. BImSchVVwV	31
4.3.1 Maßgebliche Minimierungsorte.....	31
4.3.2 Vorprüfung.....	32

4.3.3	Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen	32
4.3.4	Festlegung der Minimierungsmaßnahmen	33
5	Situation im Untersuchungsraum.....	34
5.1	Status der Anlagen.....	34
5.2	Beiträge weiterer Anlagen	34
5.3	Gesamteinschätzung.....	34
6	Zusammenfassung.....	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Gliederung der SuedLink-Trasse im PFA D2	6
Tabelle 2:	Minimierungsmaßnahmen für HGÜ-Erdkabel und Stromrichteranlagen gemäß 26. BImSchVVwV, ergänzt um Hinweise	17
Tabelle 3:	Wesentliche technische Daten.....	19
Tabelle 4:	Annäherungen an Siedlungsgebiete	22
Tabelle 5:	maßgebliche Minimierungsorte	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Beispielhafte Darstellung von Einwirkungsbereich und Bewertungsabstand eines Erdkabels. Darstellung entnommen aus Anhang III zu Nummer 3.2.2.2 der 26. BImSchVVwV [6] und angepasst auf Erdkabel	13
Abbildung 2:	Beispielhafte Darstellung von Einwirkungsbereich und Bewertungsabstand einer Kabelabschnittsstation. Darstellung entnommen aus Anhang III zu Nummer 3.2.2.2 der 26. BImSchVVwV [6] und angepasst auf Kabelabschnittsstationen	13
Abbildung 3:	Flussdiagramm zum Ablauf der Minimierungsprüfung, entnommen aus Anhang I zu Nummer 3.2 der 26. BImSchVVwV [6], für den Planfeststellungsabschnitt zutreffender Pfad in blau markiert.	15
Abbildung 4:	Magnetische Flussdichte bei offener Bauweise im Querschnitt, Normalstrecke	25
Abbildung 5:	Magnetische Flussdichte bei offener Bauweise in 0,2 m Höhe über dem Erdboden, Normalstrecke	27
Abbildung 6:	Magnetische Flussdichte bei offener Bauweise im Querschnitt, Stammstrecke.....	28
Abbildung 7:	Magnetische Flussdichte bei offener Bauweise in 0,2 m Höhe über dem Erdboden, Stammstrecke	30

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchVVwV	Verwaltungsvorschrift zur Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
EOK	Erdoberkante
HDD	Horizontal Directional Drilling = Horizontalspülbohrverfahren
HGÜ	Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragung
KAS	Kabelabschnittsstation
LWL	Lichtwellenleiter
MMO	maßgeblicher Minimierungsort
PFA	Planfeststellungsabschnitt
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung

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 (BBPIG) als „Vorhaben Nr. 3“ geführt) sowie zwischen Wilster in Schleswig-Holstein und Berggrheinfeld/West in Bayern (diese Verbindung wird in der Anlage zum BBPIG 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 verfahrensrechtlich verbunden. Dies gilt auch für den Planfeststellungsabschnitt D2, da hier beide Vorhaben bis km 44+759 als Stammstrecke vereint sind.

SuedLink ist in 15 Planfeststellungsabschnitte unterteilt. Die gegenständliche Unterlage ist Bestandteil der Unterlagen gem. § 21 NABEG zum Planfeststellungsabschnitt D2.

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 Ende der gemeinsamen Trassierung der Vorhaben Nr. 3 und Nr. 4

Eine Besonderheit im Planfeststellungsabschnitt D2 ist das Ende der gemeinsamen Trassierung der Vorhaben Nr. 3 und Nr. 4 östlich von Oerlenbach. Die genaue Verortung dieser Stelle liegt auf dem Gemeindegebiet Poppenhausen (Ortsteil Pfersdorf).

Diese führt zu folgender, in der Tabelle 1 dargestellten Gliederung der SuedLink-Trasse im PFA D2:

- Vom Beginn des PFA D2 im Norden werden beide Vorhaben Nr. 3 und Nr. 4 i.d.R. spiegelsymmetrisch entlang einer gemeinsamen Systemachse trassiert - Sogenannte Stammstrecke ab km 0+000 (V3/V4)
- Das Vorhaben Nr. 3 wird ab km 44+759 (V3/V4) bis zur PFA-Grenze D2/E1 bei km 45+215 (V3) selbstständig trassiert
- Das Vorhaben Nr. 4 wird ab km 44+759 (V3/V4) bis zur südlichen Grenze des PFA D2 bei km 62+501 (V4) ebenfalls selbstständig trassiert

Tabelle 1: Gliederung der SuedLink-Trasse im PFA D2

Streckenategorie	Anfang/ Ende	Kilometrierung in PFA D2	
Stammstrecke Vorhaben Nr. 3 und Nr. 4	PFA-Grenze D1/ D2	km 0+000 (V3/ V4)	
	Verzweigungspunkt östlich von Oerlen- bach	km 44+759 (V3/ V4)	
Normalstrecke Vorhaben Nr. 3	PFA-Grenze D2/ E1	km 45+215 (V3)	
Normalstrecke Vorhaben Nr. 4	Südliche PFA-Grenze D2		km 62+501 (V4)

In den textlichen und tabellarischen Darstellungen der vorliegenden Unterlage werden die Kilometerangaben relevanter Sachverhalte für die Normalstrecke des Vorhabens Nr. 3 mit dem Zusatz (V3) und für die Normalstrecke des Vorhabens Nr. 4 mit dem Zusatz (V4) versehen (Bsp.: km 45+100 (V3)). Dadurch ist die eindeutige Nachvollziehbarkeit gegeben (vgl. auch Tabelle 1).

Bei der Stammstrecke der Vorhaben Nr. 3 und Nr. 4 (km 0+000 bis 44+759) wird zur Verbesserung der Lesbarkeit und Übersichtlichkeit auf einen weiteren Zusatz verzichtet.

1.3 Einordnung der Unterlage

Das vorliegende Dokument „Teil E01 – Elektrische und magnetische Felder“ ist Bestandteil der Planfeststellungsunterlagen und der Unterlagen gem. § 21 NABEG für SuedLink im Planfeststellungsabschnitt D2.

1.4 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.

In Kapitel 2 werden die zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung gültigen Gesetze, Richtlinien, Durchführungsbestimmungen und sonstige relevante Dokumente aufgezeigt.

In Kapitel 3 werden die allgemeinen technisch-physikalischen Grundlagen des Entstehens elektrischer und magnetischer Felder, die anzuwendenden Grenzwerte, die Methodik und die technischen Daten des Bauvorhabens erläutert. Das Kapitel ist allgemeingültig für alle Planfeststellungsabschnitte des Suedlink. Es werden daher auch bauliche Anlagen aufgeführt, die im konkreten Planfeststellungsabschnitt ggf. nicht vorhanden sind, z. B. Kabelabschnittsstationen (KAS).

Das Kapitel 4 beschreibt den betrachteten Planfeststellungsabschnitt vorhabenspezifisch und enthält die Ergebnisse der Prüfung der Einhaltung der immissionsschutzrechtlichen Vorgaben.

Die Kapitel 5 und 6 fassen die Ergebnisse für den Planfeststellungsabschnitt zusammen.

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 11 Absatz 3 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 202) geändert worden ist
- [2] Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. März 2021 (BGBl. I S. 540), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88) geändert worden ist
- [3] Untersuchungsrahmen für die Planfeststellung Vorhaben Nr. 3 BBPIG (Höchstspannungsleitung Brunsbüttel – Großgartach) Abschnitt D2 Südlich Bundeslandgrenze Thüringen/ Bayern – Landkreisgrenze Schweinfurt/ Bad Kissingen (BY), Bundesnetzagentur Az: 6.07.01.02/3-2-12/9.0 vom 28.05.2021
- [4] Untersuchungsrahmen für die Planfeststellung Vorhaben Nr. 4 BBPIG (Höchstspannungsleitung Wilster – Bergheinfeld/West) Abschnitt D2 Südlich Bundeslandgrenze Thüringen/ Bayern – Konverterstation Bergheinfeld/West (BY), Bundesnetzagentur Az: 6.07.01.02/4-2-12/9.0 vom 28.05.2021
- [5] 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)
- [6] 26. BImSchVVwV: Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder vom 26. Februar 2016
- [7] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), 128. Sitzung, September 2014
- [8] NABEG: Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1690), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88) geändert worden ist

2.2 Planungsgrundlagen

Der Untersuchung liegen folgende Planungsgrundlagen zugrunde:

- Zusammenfassung übergeordnete Trassierungsparameter
- ALKIS-Daten aus 2023
- Digitale Orthophotos (DOP20, Echtfarben-Luftbild) aus 2019 bzw. 2021

3 Rechtlicher und fachlicher Rahmen

3.1 Grundsätzliche Regelungen und Grundlagen

3.1.1 Allgemeines

Für das Vorhaben ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) [2] durchzuführen. Gegenstand sind die Auswirkungen aus dem geplanten Vorhaben auf die verschiedenen Schutzgüter, u.a. das Schutzgut Menschen, einschließlich möglicher Wechselwirkungen. Maßnahmen, mit denen erhebliche Beeinträchtigungen vermieden, vermindert oder soweit möglich ausgeglichen werden, sind darzulegen.

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) [1] verfolgt den Zweck, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen.

Die 26. BImSchV [5] 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. BImSchVVwV [6], LAI-Hinweise [7]).

3.1.2 Technisch-physikalische Grundlagen

Bei der Nutzung elektrischer Energie treten elektrische und magnetische Felder auf, deren Zusammenspiel abhängig von der Frequenz ist. Dabei gilt gemäß der 26. BImSchV [5] folgende Aufteilung:

- 0 Hz - Gleichstromanlage
- 1 Hz - 9 kHz - Niederfrequenzanlage
- 9 kHz - 300 GHz - Hochfrequenzanlage

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 unter Spannung stehenden Leiterseils gegenüber der Erde. Die Feldlinien (Linien gleicher Feldstärke) verlaufen dabei zwischen beiden Elektroden, sie haben einen Anfang und ein Ende.

Die elektrische Feldstärke E ergibt sich zu

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

Dabei ist U die Spannung zwischen den Elektroden und l der Abstand der Elektroden.

Die Stärke eines elektrischen Feldes wird üblicherweise 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 daher die Feldstärke am größten, mit wachsendem Abstand nimmt die Feldstärke ab.

Bei einem genügend langen Leiter berechnet sich die magnetische Feldstärke H zu

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

Dabei ist I die Stromstärke im Leiter und r der Radius der kreisförmigen Feldlinie.

In einem konkreten Raumpunkt können sich magnetische Felder unterschiedlicher Quellen überlagern, wobei die Richtung der Feldlinien maßgeblich ist (geometrische Addition).

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

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H$$

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

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

Die ermittelten Werte werden üblicherweise in Mikrottesla (μT) angegeben.

3.1.3 Anwendungsbereich

Nach §1 26. BImSchV [5] ist diese auf ortsfeste Gleichstromanlagen zur Fortleitung, Umspannung und Umrichtung, einschließlich der Schaltfelder, von Gleichstrom mit einer Nennspannung von 2.000 Volt oder mehr anzuwenden. Die Anforderungen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch elektrische und magnetische Felder sind bei jeder Neuerrichtung oder wesentlichen Änderung im Sinne der 26. BImSchV zu prüfen bzw. zu erfüllen.

3.2 Grenzwerte der elektrischen und magnetischen Felder nach 26. BImSchV

3.2.1 Magnetisches Feld

Für Gleichstromanlagen wird in der 26. BImSchV ein Grenzwert der magnetischen Flussdichte von 500 μT bei der höchsten betrieblichen Anlagenauslastung definiert.

Die Einhaltung der Grenzwerte nach § 3a Nr. 1 26. BImSchV beziehen sich dabei auf Orte im Einwirkungsbereich der Anlage, die zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind.

Nummer II.3a.2 der Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder [7] gibt den auf maßgebliche Einwirkungsorte zu untersuchenden Bereich bei einem Gleichstromerkabel mit etwa einem Meter an. Nur in diesem Bereich wäre eine Grenzwertüberschreitung durch die zu beurteilende Anlage selbst oder den Einfluss fremder Anlagen zu erwarten. Aus Transparenzgründen werden in dieser Unterlage dennoch die voraussichtlich zu erwartenden magnetischen Flussdichten auch für Orte, die weiter entfernt als ein Meter von dem/den Kabelsystem/en liegen, aufgezeigt. Dort liegen die

magnetischen Flussdichten erwartungsgemäß sicher unterhalb des Grenzwerts von 500 μT .

Gemäß § 3a Satz 2 26. BImSchV sowie Nummer II.3a.5 der „LAI-Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder“ [7] sind die magnetischen Flussdichten anderer Gleichstromanlagen im Einwirkungsbereich zu berücksichtigen, wenn sie relevant zur Immission beitragen können. Anlagen mit Nieder- und Hochfrequenz sind hier nicht zu berücksichtigen, da Gleich- und Wechselfelder sehr unterschiedliche Wirkungen auf Menschen haben und daher getrennt zu betrachten sind.

Linkboxen dienen als Erdungsstelle. Hier werden die Kabelschirme und Erdungen eingeführt und trennbar gestaltet. Hier fließen keine nennenswerten Ströme. Da dadurch keine relevanten Felder auftreten, sind sie im Sinne der 26. BImSchV nicht zu betrachten.

Entlang der Kabelstrecke werden oberirdische Lichtwellenleiter (LWL)-Stationen aufgestellt. Diese fallen nicht unter den Anwendungsbereich der 26. BImSchV.

3.2.2 Elektrisches Feld

Gemäß § 3a Nr. 2 26 BImSchV sind Gleichstromanlagen so zu errichten und zu betreiben, dass im Einwirkungsbereich der Anlage an Orten, die zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, Wirkungen, die zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können, vermieden werden. Solche Wirkungen können prinzipiell durch ein elektrisches Feld hervorgerufen werden.

Bauartbedingt wird das elektrische Feld bei Gleichstromkabeln allerdings durch die Kabelschirme abgeschirmt, so dass elektrische Felder durch die Gleichstromkabel im Weiteren nicht erläutert und folglich auch nicht betrachtet werden müssen. Das Auftreten von Wirkungen, die zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können, sind ausgeschlossen.

In Kabelabschnittsstationen (KAS) treten elektrische Felder zwischen den Polen innerhalb der Freiluft-Schaltanlage auf. Dort können sich jedoch im eingeschalteten Zustand aus Sicherheitsgründen keine Personen aufhalten. Deshalb werden auch in KAS die elektrischen Felder nicht weiter betrachtet. Weiterhin sind direkte Effekte durch die Abschirmwirkung des Körpers nicht zu erwarten [7].

3.3 Verfahrensmethodik zur Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen

3.3.1 Einführung / Begriffe

Mit der Fassung der 26. BImSchV [5] und der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchVVwV [6]) ist die Umsetzung des Minimierungsgebots geregelt.

In der 26. BImSchVVwV [6] sind verschiedene Anlagen mitsamt entsprechend zu betrachtenden Minimierungsmaßnahmen aufgeführt. Dies sind für Gleichstromanlagen Erdkabel, Freileitungen und Stromrichteranlagen, wobei beim SuedLink lediglich in den Planfeststellungsabschnitten A1 und D3 eine Freileitung geplant wird.

Die Ausführung erfolgt in dem hier zu betrachtenden Planfeststellungsabschnitt als Erdkabelanlage, so dass die unter Nr. 5.1.2 der 26. BImSchVVwV aufgeführten Minimierungsmaßnahmen zu prüfen und zu bewerten sind.

Weiterhin werden beim SuedLink Kabelabschnittsstationen (KAS) geplant. KAS stellen Gleichstrom-Schaltanlagen dar, in denen im Störfall oder für Wartungs- und Instandhaltungszwecke einzelne Kabelsysteme getrennt werden können. Im Unterschied zu den Kabelanlagen sind die KAS oberirdische Anlagen.

In der 26. BImSchVVwV sind für Gleichstromanlagen Freileitungen, Erdkabel und Stromrichteranlagen aufgeführt, jedoch keine Schaltanlagen. Hinsichtlich ihrer Funktion und der Wirkung in Hinblick auf die elektrischen und magnetischen Felder stimmen die KAS weitgehend mit Stromrichteranlagen überein. Ebenso gilt dies für die Anwendbarkeit der in der 26. BImSchVVwV genannten Minimierungsmaßnahmen. KAS sind außerdem ebenso wie Stromrichteranlagen stets auf einem abgegrenzten Betriebsgelände angeordnet und nicht öffentlich zugänglich. Sie werden daher als Stromrichteranlage eingeordnet, so dass die unter Nr. 5.1.3 der 26. BImSchVVwV aufgeführten Minimierungsmaßnahmen zu prüfen und zu bewerten sind. Im PFA D2 liegt allerdings keine KAS vor.

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 Anlagen und Spannungsebenen unterschiedlich festgelegt (siehe Nr. 2.5 in Verbindung mit Nr. 3.2.1.2 der 26. BImSchVVwV [6]). Für Gleichstrom-Erdkabel mit 525 kV beträgt er 20 m ausgehend von der Bodenprojektion des jeweils äußeren Kabels, für Freileitungen mit 525 kV 400 m um die Bodenprojektion des ruhenden äußeren Leiters und für Stromrichteranlagen 100 m von der Eingrenzung oder, sofern Letztere nicht vorhanden ist, der Einhausung der Anlage.

Des Weiteren wird der **Bewertungsabstand** definiert. Dieser ist dadurch gekennzeichnet, dass ab dieser Entfernung die magnetische Flussdichte und die elektrische Feldstärke kontinuierlich abnehmen (vgl. Nr. 2.3 der 26. BImSchVVwV [6]). Für Gleichstrom-Erdkabel mit 525 kV beträgt er 5 m ausgehend von der Bodenprojektion des jeweils äußeren Kabels, für Freileitungen mit 525 kV 35 m um die Bodenprojektion des ruhenden äußeren Leiters und für Stromrichteranlagen 5 m von der Eingrenzung oder, sofern Letztere nicht vorhanden ist, der Einhausung der Anlage (siehe Nr. 3.2.2 der 26. BImSchVVwV [6]).

Ein **maßgeblicher Minimierungsort** ist gemäß [6] ein im Einwirkungsbereich der Anlage liegendes Gebäude oder Grundstück im Sinne des § 4 Absatz 1 26. BImSchV (Wohnungen, Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze oder ähnliche Einrichtungen) sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist.

Der **Bezugspunkt** ist ein Punkt, der für maßgebliche Minimierungsorte, die außerhalb des Bewertungsabstandes liegen, ermittelt wird. Er liegt im Bewertungsabstand auf der kürzesten Geraden zwischen dem jeweiligen maßgeblichen Minimierungsort und der jeweiligen Trassenachse. Bei dichter Bebauung und damit einer Vielzahl von Bezugspunkten können stattdessen ein oder mehrere **repräsentative Bezugspunkte** gewählt werden. In Abbildung 1 und Abbildung 2 sind beispielhafte Darstellung für die Festlegung von Bezugspunkten gegeben.

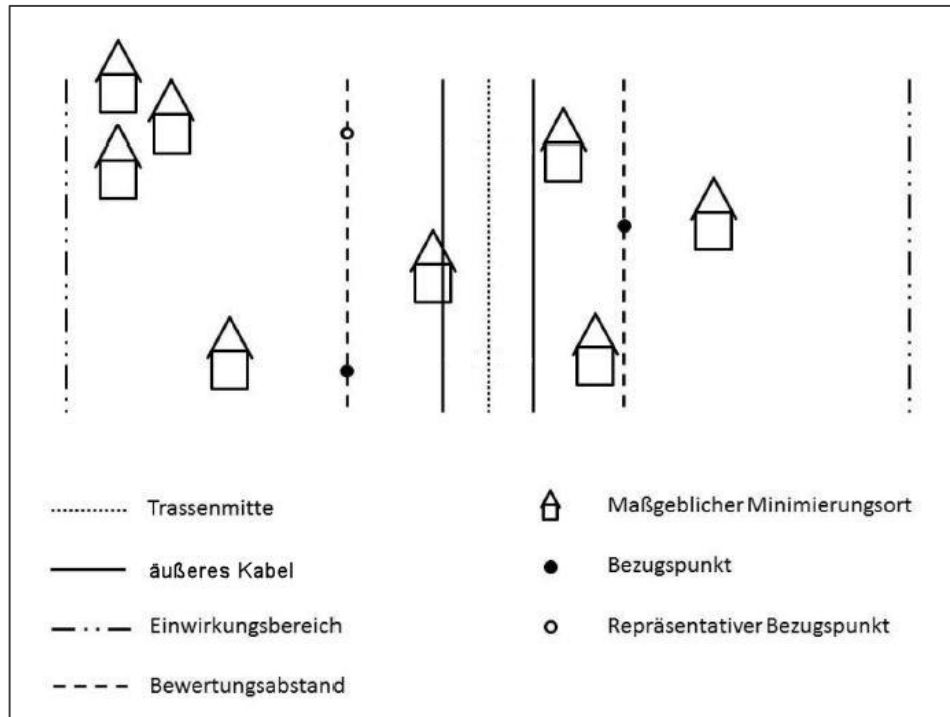


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung von Einwirkungsbereich und Bewertungsabstand eines Erdkabels. Darstellung entnommen aus Anhang III zu Nummer 3.2.2.2 der 26. BImSchVVwV [6] und angepasst auf Erdkabel

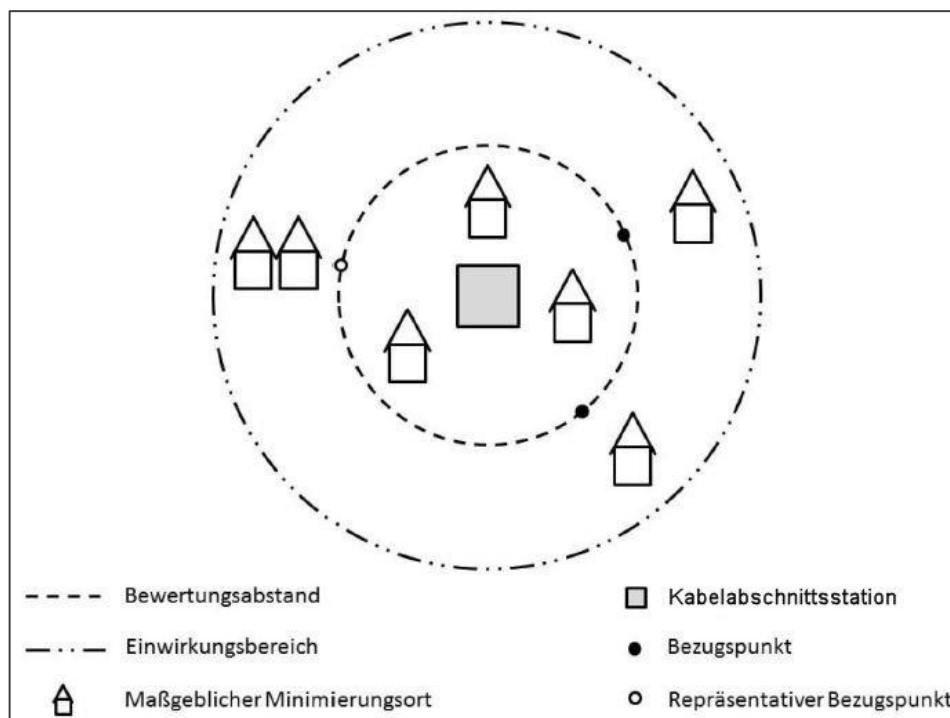


Abbildung 2: Beispielhafte Darstellung von Einwirkungsbereich und Bewertungsabstand einer Kabelabschnittsstation. Darstellung entnommen aus Anhang III zu Nummer 3.2.2.2 der 26. BImSchVVwV [6] und angepasst auf Kabelabschnittsstationen

Befindet sich mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort im Einwirkungsbereich der Anlage sind Minimierungsmaßnahmen zu prüfen. Liegen mehrere maßgebliche Minimierungsorte innerhalb des Einwirkungsbereiches, werden bei der Minimierung alle maßgeblichen Minimierungsorte gleichrangig betrachtet, vgl. Nr. 3.1 in [6].

Eine Maßnahme kommt als Minimierungsmaßnahme nicht in Betracht, wenn sie zu einer Erhöhung der Immissionen an einem maßgeblichen Minimierungsort führen würde.

Das Minimierungsgebot verlangt keine Alternativenprüfung (z.B. Freileitung statt Erdkabel) und keine Prüfung einer alternativen Trassenführung.

Die Bewertungshöhe liegt entsprechend Nr. 4 der 26. BImSchVVwV bei einem Meter über dem Boden.

3.3.2 Methodik

Gemäß 26. BImSchV sind bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Gleichstromanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Die näheren Anforderungen sind in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV [6] geregelt.

Für die Ermittlung der erforderlichen Maßnahmen ist ein Verfahren in drei Teilschritten vorgesehen. Im ersten Schritt (Nr. 3.2.1 26. BImSchVVwV, siehe Kapitel 3.3.2.2) erfolgt eine Vorprüfung, ob für die jeweilige Anlage eine Minimierung erforderlich ist. Im zweiten Schritt (Nr. 3.2.2 26. BImSchVVwV, siehe Kapitel 3.3.2.3) werden Minimierungsmaßnahmen ermittelt und im dritten Schritt (Nr. 3.2.3. 26. BImSchVVwV, siehe Kapitel 3.3.2.4) werden die Maßnahmen bewertet und Minimierungsmaßnahmen festgelegt. Der Ablauf der Minimierungsprüfung ist auch in einem Flussdiagramm dargestellt, vgl. Abbildung 3.

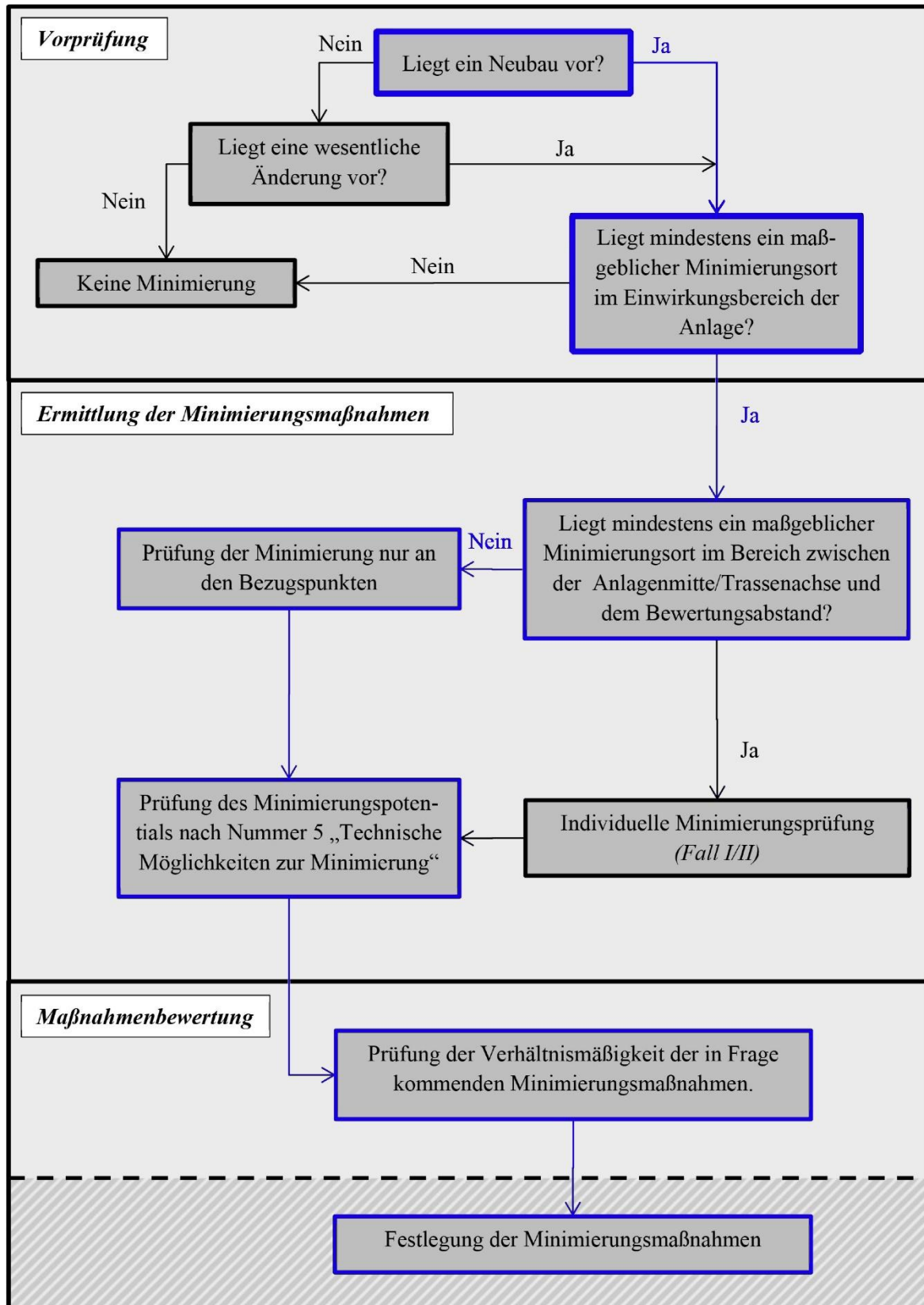


Abbildung 3: Flussdiagramm zum Ablauf der Minimierungsprüfung, entnommen aus Anhang I zu Nummer 3.2 der 26. BlmSchVVwV [6], für den Planfeststellungsabschnitt zutreffender Pfad in blau markiert.

3.3.2.1 Maßgebliche Minimierungsorte

Vor Beginn der eigentlichen Minimierungsprüfung werden alle maßgeblichen Minimierungsorte (MMO) ermittelt. Bei 525-kV-Gleichstrom-Erdkabel und KAS sind dies alle im Einwirkungsbereich des Erdkabels bzw. der KAS liegenden Gebäude oder Grundstücke im Sinne des § 4 Absatz 1 26. BImSchV (Wohnungen, Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze oder ähnliche Einrichtungen) sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist. Der Einwirkungsbereich beträgt 20 m um die Bodenprojektion des jeweils äußeren Kabels bzw. 100 m um die Eingrenzung der KAS.

Diese Ermittlung erfolgt abschnittsbezogen anhand der Trassierungspläne, der ALKIS-Daten und der digitalen Orthophotos (siehe Kapitel 2.2).

3.3.2.2 Vorprüfung

Zunächst ist eine Vorprüfung vorgesehen, bei der ermittelt wird, ob eine Prüfung von Minimierungsmaßnahmen erforderlich ist. Da es sich bei der Baumaßnahme um einen Neubau handelt, ist dies dann der Fall, wenn mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort im Einwirkungsbereich der Anlage (20 m für 525-kV-Erdkabel oder, falls vorhanden, 100 m um die Eingrenzung der KAS) liegt.

3.3.2.3 Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen

Es wird geprüft, ob sich maßgebliche Minimierungsorte im Bewertungsabstand (5 m um die Bodenprojektion des äußersten Kabels) des Erdkabels und, falls vorhanden, der KAS (5 m um die Eingrenzung der KAS) befinden.

Falls ja, wird für diese Minimierungsorte eine individuelle Minimierungsprüfung gemäß Nr. 3.2.2.2 der 26. BImSchVVwV durchgeführt.

Falls nein, werden für diese maßgeblichen Minimierungsorte Bezugspunkte festgelegt und eine Minimierungsprüfung gemäß Nr. 3.2.2.1 der 26. BImSchVVwV an den Bezugspunkten durchgeführt. Bei dichter Bebauung können auch repräsentative Bezugspunkte festgelegt werden.

Alle möglichen Minimierungsmaßnahmen werden gleichzeitig für alle MMO bzw. Bezugspunkte geprüft, sofern sie gleichzeitig mehrere MMO bzw. Bezugspunkte betreffen. Eine Maßnahme, die zu einer Erhöhung der Immissionen (magnetische Flussdichte oder elektrische Feldstärke) an einem der Bezugspunkte bzw. an einem der MMO führen würde, kommt gemäß Nr. 3.1 der 26. BImSchVVwV nicht in Betracht.

Es werden alle Maßnahmen, welche für Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ)-Erdkabel bzw. Stromrichteranlagen vorgesehen sind, geprüft. Diese sind in Nr. 5.1.2 bzw. 5.1.3 der 26. BImSchVVwV zusammengefasst. Da mehrere Maßnahmen einander beeinflussen können, sind diese auch kombiniert zu prüfen. Nachfolgend werden die in der 26. BImSchVVwV genannten Minimierungsmaßnahmen aufgelistet und um Hinweise ergänzt. Da auch immer die Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu berücksichtigen sind, sind die Hinweise in der Tabelle nicht abschließend.

Tabelle 2: Minimierungsmaßnahmen für HGÜ-Erdkabel und Stromrichteranlagen gemäß 26. BImSchVVwV, ergänzt um Hinweise

Minimierungsmaßnahme	Hinweise zur Wirksamkeit und der Bewertung der Maßnahme
HGÜ-Erdkabel: Minimierung der Kabelabstände (gemäß Nr. 5.1.2.1 der 26. BImSchVVwV)	Durch bessere Kompensation der magnetischen Felder von Hin- und Rückleiter können die resultierenden magnetischen Flussdichten in der Umgebung stark reduziert werden. Es sind Mindestkabelabstände zu beachten, um die thermischen Belastungen der Kabel und die Erwärmung des Erdbodens zu begrenzen.
HGÜ-Erdkabel: Optimierung der Polanordnung (gemäß Nr. 5.1.2.2 der 26. BImSchVVwV)	Eine Umsetzung ist nur möglich bei mehreren Kabelsystemen, die zusammen in einer Trasse verlaufen (Stammstrecke). Die Wirksamkeit ist abhängig von den Kabelabständen innerhalb eines Systems und von den Abständen zwischen den Systemen.
HGÜ-Erdkabel: Optimierung der Verlegetiefe (gemäß Nr. 5.1.2.3 der 26. BImSchVVwV)	Bei größerer Verlegetiefe muss i.d.R. der Abstand zwischen Hin- und Rückleiter aufgrund der Wärmeableitung vergrößert werden, was die Kompensation der Magnetfelder verschlechtert (Wechselwirkung mit "Minimierung der Kabelabstände"). Die Wirksamkeit hängt von der Verlegetiefe ab. Sie ist in Trassennähe hoch und nimmt mit zunehmendem Abstand zur Trasse ab.
KAS: Abstandsoptimierung (gemäß Nr. 5.1.3.1 der 26. BImSchVVwV)	Die Wirksamkeit der Maßnahme ist in Anlagennähe größer als in weiterer Entfernung. Die Maßnahme ist nur möglich, wenn alle maßgeblichen Minimierungsorte auf derselben Seite der Anlage liegen, da sonst Immissionen an anderen MMO unzulässigerweise erhöht würden.

Minimierungsmaßnahme	Hinweise zur Wirksamkeit und der Bewertung der Maßnahme
KAS: Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Polarität (gemäß Nr. 5.1.3.2 der 26. BImSchVVwV)	Durch bessere Kompensation der magnetischen Felder von Leitern mit unterschiedlicher Polarität können die resultierenden magnetischen Flussdichten in der Umgebung stark reduziert werden. Es sind Mindestisolierabstände zu beachten.

Für alle Maßnahmen ist folgendes Prüfschema durchzuführen:

- I. Machbarkeit: Ist die Maßnahme technisch möglich?
- II. Zulässigkeit: Führt die Maßnahme an keinem maßgeblichen Minimierungsort zu einer Erhöhung der Immissionen?
- III. Verhältnismäßigkeit: Ist die Maßnahme verhältnismäßig? Dafür sind Aufwand und Nutzen der Maßnahme miteinander zu vergleichen. Zudem sind nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter (wie Boden oder Landschaft) zu berücksichtigen.

Ist die Antwort auf eine der drei Fragen „nein“, wird die Maßnahme verworfen. Ist die Antwort auf alle drei Fragen „ja“, ist die Maßnahme umzusetzen.

Grundsätzlich ist von einem bestimmten Planungsstand (Referenz) auszugehen. Aufwand und Nutzen der Minimierungsmaßnahmen werden gegenüber diesem Referenzzustand bewertet. Es ist möglich, dass eine oder mehrere der Maßnahmen bereits in der Planungsphase Berücksichtigung gefunden haben. In diesem Fall kann durch die entsprechende Minimierungsmaßnahme kein Nutzen mehr gegenüber dem Referenzzustand erzielt werden.

3.3.2.4 Festlegung der Minimierungsmaßnahmen

Nach Prüfung der potenziellen Minimierungsmaßnahmen werden alle Maßnahmen, welche technisch machbar, zulässig und verhältnismäßig erscheinen, zusammengefasst. Die Planung ist unter Anwendung dieser Maßnahmen anzupassen.

3.4 Technische Daten und Angaben zur Feldberechnung

3.4.1 Technische Daten

SuedLink beinhaltet zwei Erdkabelleitungen, die mit Gleichstrom betrieben werden. Jede Leitung (System) besteht aus je einem Minus- und einem Pluspol (zweipolige Verbindung). Im Trassenverlauf gibt es Bereiche der Alleinführung eines Systems (Normalstrecke) und Bereiche der Parallelführung beider Leitungen (Stammstrecke). In Bereichen der Alleinführung der Systeme sind die Betrachtungen für beide Systeme getrennt zu führen, da eine gegenseitige Beeinflussung nicht berücksichtigt werden muss.

Die wesentlichen technischen Daten sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 3: Wesentliche technische Daten

Technische Parameter	Festsetzung im Planfeststellungsabschnitt
Nennspannung	$\pm 525 \text{ kV}$
Nennleistung je System	2.000 MW
Max. Betriebsstrom (höchste Anlagenauslastung)	2.100 A
Polfolge	Plus - Minus / Plus - Minus
Leiterquerschnitt	2.500 – 3.000 mm ²
Mindestüberdeckung der Leiter	1,30 m

3.4.2 Feldberechnung

Die Berechnungen werden mit der Software WinField 2023 der FGEU mbH durchgeführt. Die Berechnung basiert dabei auf der in Kapitel 3.1.2 dargestellten Formel, wobei die Teilfelder der Kabel geometrisch addiert werden (Superposition).

Für die Berechnung wird die relative Permeabilität der Luft angesetzt. Eine ggf. vorhandene Schirmwirkung des Erdbodens wird damit vernachlässigt.

Die 26. BImSchV [5] definiert den Grenzwert der magnetischen Flussdichte unabhängig von Höhenangaben. In Abschnitt III.2.4 der LAI-Hinweise [7] wird für die Messung homogener Felder eine Höhe von 0,2 m über Erdoberkante (EOK) bei Erdkabeln vorgesehen, welche entsprechend auch für die Berechnung zu Grunde gelegt wird.

Im Planfeststellungsabschnitt kommen zwei Arten von Bauweisen zum Einsatz, (siehe Kapitel 2.2, Zusammenfassung der übergeordneten Trassierungsparameter):

- offene Bauweise im Kabelgraben und
- geschlossene Bauweise (z.B. mit Hilfe von HDD-Bohrungen).

Nachfolgend werden in den Kapiteln 3.4.2.1 und 3.4.2.2 für diese zwei Bauweisen die Vorgehensweisen für die Feldberechnungen beschrieben.

3.4.2.1 Offene Bauweise

Für die offene Bauweise existiert ein Regelgrabenprofil.

Bis km 44+759 werden die beiden Vorhaben als sogenannte Stammstrecke geführt. Jedes Kabelsystem wird in einem eigenen Graben verlegt. Der Systemabstand in der Stammstrecke beträgt hierbei 10 m, der Kabelachsabstand innerhalb jedes Systems 1,9 m. Daraus ergibt sich ein Abstand des jeweils äußersten Kabels von 5,95 m zur Trassenachse. Die Überdeckung beträgt mindestens 1,3 m.

Ab km 44+759 des PFA D2 ist jeweils nur ein Kabelsystem verlegt (sogenannte Normalstrecke). Der Kabelachsabstand innerhalb des Systems beträgt 1,9 m. Daraus ergibt sich ein Abstand des jeweils äußersten Kabels von 0,95 m zur Trassenachse. Die Überdeckung beträgt mindestens 1,3 m.

Durch die Kabeldurchmesser und etwaige Kabelschutzrohre liegen die Kabelachsen stets tiefer als 1,3 m, weil die Überdeckung von der Oberkante des Kabels bzw. des Kabelschutzrohrs gemessen wird. Da nicht durchgehend Kabelschutzrohre zum

Einsatz kommen, wird dies in den Berechnungen nicht berücksichtigt und bei der offenen Bauweise stets von einer Tiefe der Kabelachsen von 1,3 m ausgegangen. Dadurch werden die magnetischen Flussdichten an den Immissionsorten leicht überschätzt (sogenannter worst-case-Ansatz).

Für das Regelgrabenprofil kann somit eine konkrete Berechnung der magnetischen Flussdichte durchgeführt werden.

3.4.2.2 Geschlossene Bauweise

Die Teilfelder von Hin- und Rückleiter kompensieren sich teilweise gegenseitig. Die Intensität der Kompensation ist stark abhängig vom Abstand zwischen Hin- und Rückleiter. Je geringer der Abstand zwischen den Leitern ist, desto besser ist die Kompensation und desto geringer ist die magnetische Flussdichte im Bereich der Immissionsorte.

Im Bereich einer geschlossenen Bauweise werden die Leiter i.d.R. in deutlich größerer Tiefe verlegt als bei der offenen Bauweise. Dadurch vergrößert sich der Abstand zu den Immissionsorten. Grundsätzlich sorgt ein größerer Abstand für eine geringere magnetische Flussdichte.

Da es aber Begrenzungen bezüglich der maximalen Erwärmung der Kabel und des umgebenden Bodens gibt, hängen die Abstände zwischen Hin- und Rückleiter sowie die Verlegetiefe von der Wärmeleitfähigkeit des Bodens ab. Die Verlegetiefe hängt zusätzlich von den zu unterquerenden Objekten ab und der Abstand zwischen Hin- und Rückleiter wiederum von der Verlegetiefe, vgl. Kapitel 2.2, Zusammenfassung der übergeordneten Trassierungsparameter. Dadurch ergeben sich eine Vielzahl an Variationen von geschlossenen Bauweisen, welche unterschiedliche Immissionen im Bereich der Immissionsorte hervorrufen.

Um all diese Variationen zur sicheren Seite hin abzuschätzen zu können, wird stattdessen ein Einzelkabel ohne Rückleiter (und somit ohne Kompensation) für die Berechnung zu Grunde gelegt. Dieses Einzelkabel wird mit der Mindestüberdeckung von 1,3 m angenommen. Es handelt sich somit um eine konservative Abschätzung, die zu einer Überschätzung der tatsächlichen Immissionen führen wird.

4 Lage und Beschreibung des Planfeststellungsabschnitts D2

4.1 Örtliche Beschreibung

Bis km 44+759 sind die Vorhaben vereint und als Stammstrecke geführt. Ab km 44+759 werden die beiden Vorhaben jeweils einzeln als Normalstrecke weitergeführt.

Der PFA D2 von Vorhaben 3 beginnt im Norden im Landkreis Rhön-Grabfeld (Bayern) bei km 0+000, verläuft in Nord-Süd-Richtung und endet im Süden an der Grenze zwischen den Landkreisen Schweinfurt und Bad Kissingen (Bayern) bei km 45+215 (V3).

Der PFA D2 von Vorhaben 4 beginnt im Norden im Landkreis Rhön-Grabfeld (Bayern) bei km 0+000, verläuft in Nord-Süd-Richtung und endet im Süden im Landkreis Schweinfurt (Bayern) bei km 62+501 (V4).

Die Trasse durchquert das Gebiet folgender Gemeinden:

Stammstrecke:

- Mellrichstadt
- Oberstreu
- Hollstadt
- Wülfershausen an der Saale
- Rödelmaier
- Strahlungen
- Münnerstadt
- Maßbach
- Rannungen
- Oerlenbach
- Poppenhausen

Normalstrecke Vorhaben 3:

- Poppenhausen

Normalstrecke Vorhaben 4:

- Poppenhausen
- Niederwerrn
- Geldersheim
- Bergrheinfeld

Die Trasse verläuft weit überwiegend über landwirtschaftliche Flächen im großen Abstand zu Siedlungsgebieten. In nachfolgender Tabelle 4 werden im Verlauf von Norden nach Süden die Bereiche benannt, in denen die Trasse sich weniger als ca. 100 Meter Siedlungsgebieten und anderen Gebäuden annähert.

Tabelle 4: Annäherungen an Siedlungsgebiete

Vorhaben	Gemeinde	Ortsteil / Adresse	Nutzung	Lage zur Trasse	min. Abstand von der Trassenachse (ca.)
V3+V4	Oberstreu	Östlich von Oberstreu	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	östlich	70 m
	Hollstadt	Südwestlich von Bahra	Gebäude für öffentliche Zwecke (Mobilfunk-Sendeanlage)	östlich	32 m
	Strahlungen	Nördlich von Fridritt	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	östlich	50 m
		Nordwestlich von Fridritt	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	nördlich	65 m
	Maßbach	Am Steinhaag 9	u.a. Wohnnutzung	östlich	100 m
	Rannungen	Ebenhäuserweg 12a	u.a. Wohnnutzung	östlich	50 m
	Poppenhausen	Östlich von Oerlenbach	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	östlich	45 m
V4	Poppenhausen	Raiffeisenstraße 26	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	östlich	65 m
		Raiffeisenstraße 23	u.a. Wohnnutzung	östlich	80 m
		Nordwestlich von Maibach	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	östlich	11 m
		Parkplatz Maibacher Höhe Ost (A 71)	Autobahn-Parkplatz mit WC ohne Bewirtschaftung	westlich	75 m
		östlich von Kronungen	Kleingartenanlage	westlich	75 m
		V.-Erthal-Straße 17	u.a. Wohnnutzung	westlich	75 m

Vorhaben	Gemeinde	Ortsteil / Adresse	Nutzung	Lage zur Trasse	min. Abstand von der Trassenachse (ca.)
	Geldersheim	Nordwestlich von Geldersheim	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	westlich	25 m
		Westlich von Geldersheim	Umspannwerk	östlich	45 m
		Westlich von Geldersheim	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe (Mobilfunk-Sendeanlage)	östlich	31 m
	Berggrheinfeld	Östlich von Schnackenwerth	Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	westlich	45 m

Das Gelände um die Trasse kann aus Sicht des Immissionsschutzes als weitgehend eben angesehen werden.

4.2 Prüfung der Einhaltung der Grenzwerte nach 26. BImSchV

Im Rahmen dieses Kapitels erfolgen die Magnetflussberechnungen für die gemäß technischer Planung auftretenden Konfigurationen zur Prüfung auf Einhaltung der Grenzwerte nach 26. BImSchV.

4.2.1 Ermittlung maßgeblicher Immissionsorte

Wie in Kapitel 3.3.1 beschrieben wird, liegen maßgebliche Immissionsorte vor, wenn sich Orte, die zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, in einem Abstand von bis zu einem Meter zum äußeren Kabel befinden. In Abschnitt II.3a.2 der LAI-Hinweise [7] wird nicht genauer definiert, ob damit der Abstand von der Bodenprojektion oder der radiale Abstand gemeint ist. Analog zu den Definitionen von Einwirkungsbereich und Bewertungsabstand gemäß 26. BImSchVVwV (vgl. Kapitel 3.3.1) wird hier konservativ angenommen, dass sich die Angabe auf die Bodenprojektion des Kabels bezieht und nicht der radiale Abstand gemeint ist.

In Abschnitt II.3a.3 der LAI-Hinweise wird ausgeführt, dass ein vorübergehender Aufenthalt eine gewisse Verweildauer einer einzelnen Person voraussetzt. Nichtsdestotrotz ist die Definition maßgeblicher Immissionsorte damit sehr weit gefasst. Eine vollständige Auflistung aller maßgeblichen Immissionsorte wäre daher nicht praktikabel. Konservativ wird daher stattdessen davon ausgegangen, dass es sich bei allen Orten innerhalb der Trasse und bis zu einem Abstand von 1 m um die Bodenprojektion des äußeren Kabels um maßgebliche Immissionsorte handelt. Die Einhaltung der Grenzwerte wird daher überall geprüft, sodass eine explizite Auflistung der maßgeblichen Immissionsorte zum Nachweis der Grenzwerteinhaltung nicht notwendig ist.

4.2.2 Offene Bauweise

Beide Vorhaben werden zunächst gemeinsam als Stammstrecke und ab km 44+759 getrennt als Normalstrecke geführt. Die Regelgrabenprofile werden daher sowohl als Normalstrecke als auch als Stammstrecke nachfolgend ausgewertet.

Ausgehend vom Regelgrabenprofil (siehe Abschnitt 3.4.2.1) der Normalstrecke wird die magnetische Flussdichte in einer Höhe von 0,2 m über dem Erdboden berechnet. Das Maximum der magnetischen Flussdichte beträgt 253 μT und tritt in 0 m Abstand zur Trassenachse auf (siehe Abbildung 4).

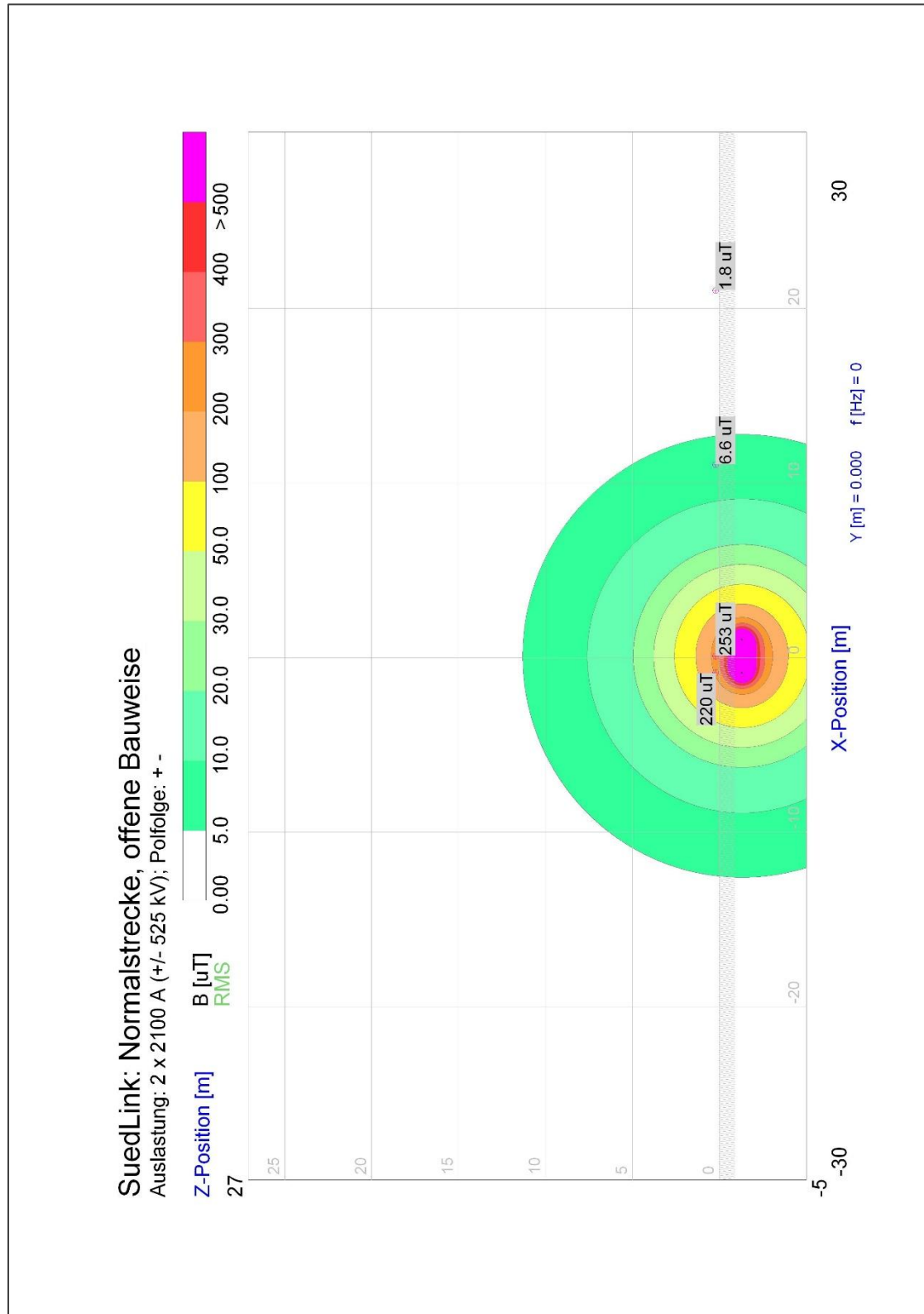


Abbildung 4: Magnetische Flussdichte bei offener Bauweise im Querschnitt, Normalstrecke

Es ist zu erkennen, dass die magnetische Flussdichte mit zunehmendem Abstand zur Trassenachse schnell abnimmt. In 0,95 m Abstand zur Trassenachse (also di-

rekt oberhalb des äußeren Kabels) beträgt sie 220 μT , in 10,95 m Abstand nur noch 6,6 μT . In 20 m Abstand zur Bodenprojektion des äußeren Kabels, also in 20,95 m Abstand zur Trassenachse, beträgt die magnetische Flussdichte nur noch 1,8 μT .

Abbildung 5 ist zu entnehmen, dass die magnetische Flussdichte, welche durch das Kabel hervorgerufen wird, in einem Abstand von 10 m zur Trassenachse bereits deutlich unterhalb der Intensität des Erdmagnetfeldes (in Deutschland knapp 50 μT) gesunken ist.

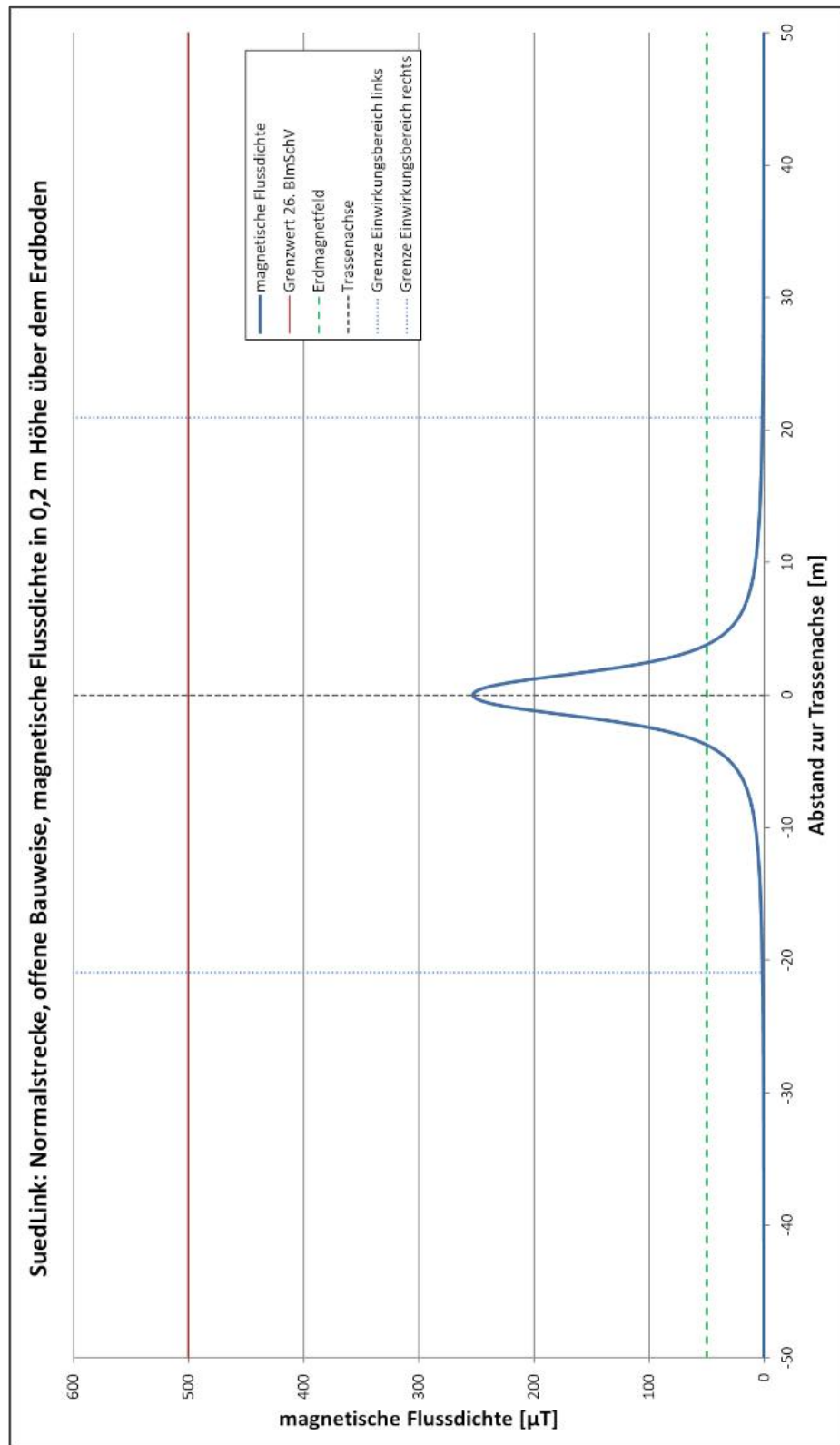


Abbildung 5: Magnetische Flussdichte bei offener Bauweise in 0,2 m Höhe über dem Erdboden, Normalstrecke

Ausgehend vom Regelgrabenprofil (siehe Kapitel 3.4.2.1) der Stammstrecke wird die magnetische Flussdichte in einer Höhe von 0,2 m über dem Erdboden

berechnet. Das Maximum der magnetischen Flussdichte beträgt 246 μT und tritt in 5,05 m Abstand zur Trassenachse auf (siehe Abbildung 6).

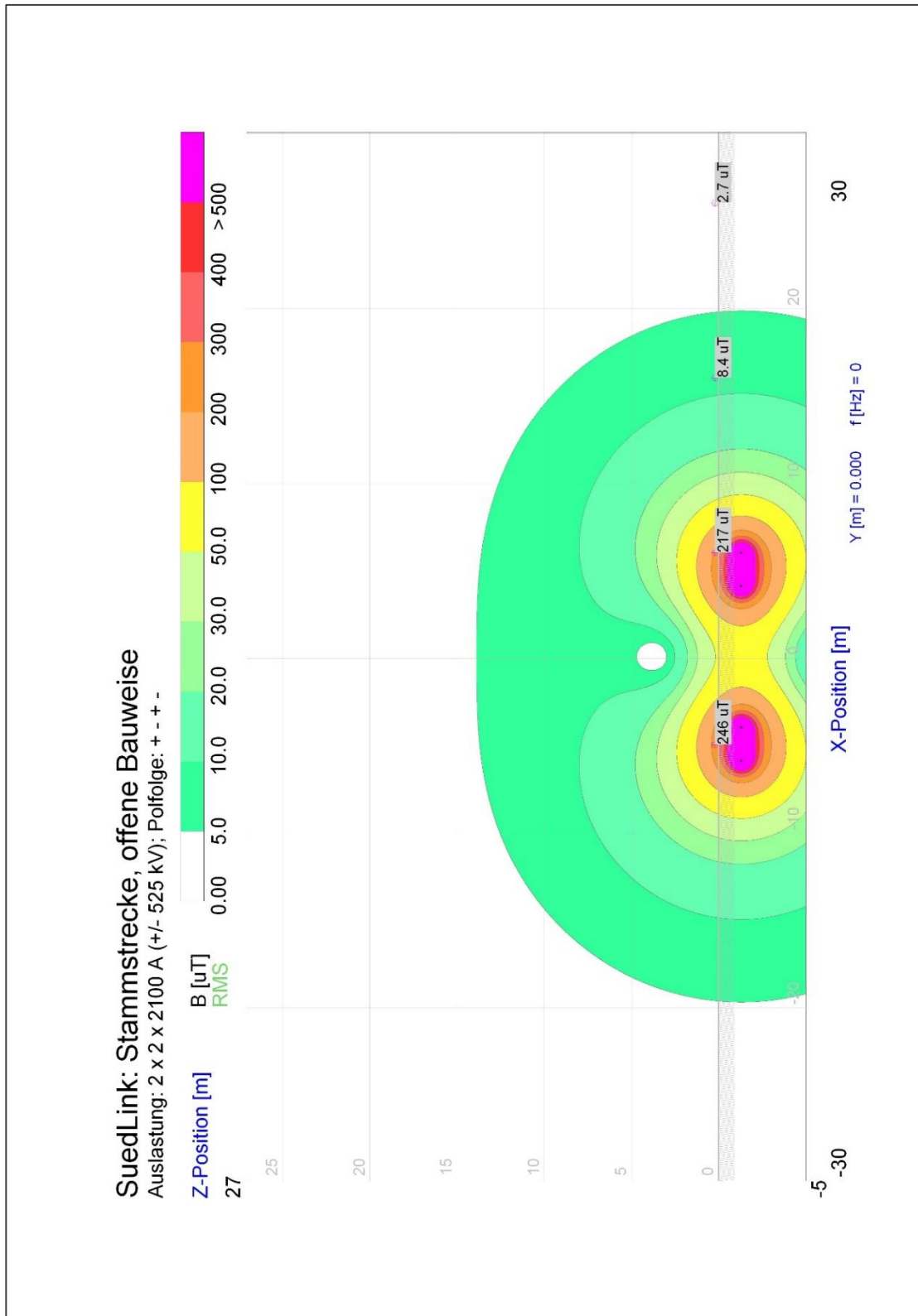


Abbildung 6: Magnetische Flussdichte bei offener Bauweise im Querschnitt, Stammstrecke

Es ist zu erkennen, dass die magnetische Flussdichte mit zunehmendem Abstand zur Trassenachse schnell abnimmt. In 5,95 m Abstand zur Trassenachse (also direkt oberhalb des äußeren Kabels) beträgt sie 217 μT , in 15,95 m Abstand nur noch 8,4 μT . In 20 m Abstand zur Bodenprojektion des äußeren Kabels, also in 25,95 m Abstand zur Trassenachse, beträgt die magnetische Flussdichte nur noch 2,7 μT .

Abbildung 7 ist zu entnehmen, dass die magnetische Flussdichte, welche durch das Kabel hervorgerufen wird, in einem Abstand von 10 m zur Trassenachse bereits unterhalb der Intensität des Erdmagnetfeldes (in Deutschland knapp 50 μT) gesunken ist.

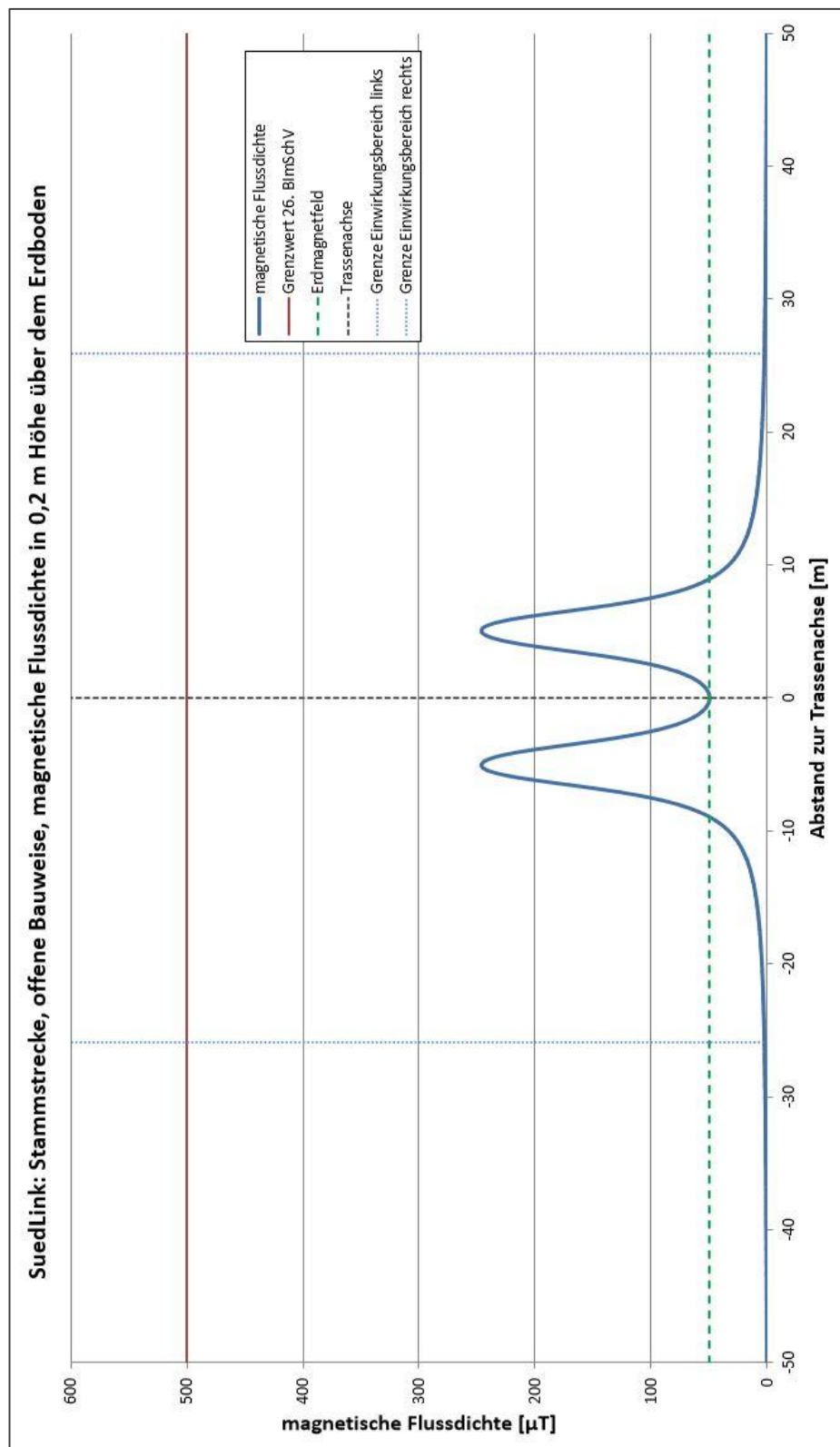


Abbildung 7: Magnetische Flussdichte bei offener Bauweise in 0,2 m Höhe über dem Erdboden, Stammstrecke

4.2.3 Geschlossene Bauweise

Ausgehend vom Einzelleiter mit einer Mindestüberdeckung von 1,3 m (siehe Kapitel 3.4.2.2) wird die magnetische Flussdichte in einer Höhe von 0,2 m über dem Erdboden berechnet. Das Maximum der magnetischen Flussdichte beträgt 280 μ T (vgl. auch Formeln in Kapitel 3.1.2). Besonders in größerer Entfernung zur Trassenachse wird die magnetische Flussdichte damit deutlich überschätzt (sogenannter worst-case-Ansatz).

4.3 Umsetzung des Minimierungsgebotes nach 26. BImSchVVwV

4.3.1 Maßgebliche Minimierungsorte

Für den gesamten Trassenverlauf wird geprüft, ob sich ein maßgeblicher Minimierungsort in einem Abstand von bis zu 20 m zur Bodenprojektion des jeweils äußeren Kabels (Einwirkungsbereich) befindet. Dabei wird berücksichtigt, dass sich das jeweils äußere Kabel bei geschlossener Bauweise weiter von der Trassenachse entfernt befinden kann als bei der offenen Bauweise.

Durch die Prüfung wurde festgestellt, dass insgesamt zwei maßgebliche Minimierungsorte (MMO) vorliegen. Diese sind nachfolgend in Tabelle 5 aufgeführt.

In Zweifelsfällen wurden Grundstücke und Gebäude vorsorglich als zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen eingestuft. Befinden sich auf einem Grundstück mehrere Gebäude, bezieht sich die Abstandsangabe immer auf jenes Gebäude, welches dem äußeren Kabel am nächsten liegt und gleichzeitig zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist. In der Tabelle sind Abstandswerte dann nicht fettgedruckt, wenn es sich bei dem entsprechenden Grundstück / Gebäude um einen Ort handelt, der nur zum vorübergehenden Aufenthalt bestimmt ist.

Tabelle 5: maßgebliche Minimierungsorte

Nr. (Vorhaben)	Gemeinde/ Gemarkung	Flur	Flurstück	Abstand Fläche	Abstand Gebäude	Nutzung	Bauweise
01 (V4)	Poppenhausen / Poppenhausen	-	6495	0 m	10 m	Gewerbe	offen
02 (V4)	Geldersheim / Geldersheim	-	5053	15 m 6 m	20 m 11 m	Gewerbe	geschlossen

In Tabelle 4 sind zwei weitere Annäherungen an Gebäude eingetragen, welche einen geringen Abstand von 40 m oder weniger zur Trassenachse aufweisen oder bei denen durch eine geschlossene Bauweise ein geringer Abstand zur Bodenprojektion des äußeren Kabels vorliegt.

Das Gebäude für öffentliche Zwecke (Mobilfunk-Sendeanlage) südwestlich von Bahra liegt in einem Abstand von 26 m zur Bodenprojektion des äußeren Kabels. Das Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe (Mobilfunk-Sendeanlage) westlich von Geldersheim liegt in einem Abstand von ~~30 m~~ 29 m zum äußeren Kabel.

Die weiteren Annäherungen stellen somit keine maßgeblichen Minimierungsorte dar.

4.3.2 Vorprüfung

Beim SuedLink handelt es sich um den Neubau einer Gleichstromanlage.

Es liegt mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort im Einwirkungsbereich der Erdkabelanlage. Damit sind Minimierungsmaßnahmen für die Erdkabelanlage zu betrachten.

4.3.3 Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen

Alle maßgeblichen Minimierungsorte (siehe Tabelle 5) liegen innerhalb des Einwirkungsbereiches, aber keiner innerhalb des Bewertungsabstandes (bis zu 5 m von der Bodenprojektion des äußeren Kabels entfernt). Somit ist für alle Minimierungsorte eine Minimierungsprüfung gemäß Abschnitt 3.2.2.1 der 26. BImSchVVwV an den Bezugspunkten durchzuführen.

Nachfolgend werden für das HGÜ-Erdkabel, die in Nr. 5.1.2 der 26. BImSchVVwV definierten, möglichen Minimierungsmaßnahmen geprüft (vgl. Kapitel 3.3.2.3 sowie besonders Tabelle 2).

Minimierung der Kabelabstände (gemäß Nr. 5.1.2.1 der 26. BImSchVVwV)

I. Machbarkeit:

Es sind Mindestkabelabstände zu beachten, um die thermischen Belastungen der Kabel und die Erwärmung des Erdbodens zu begrenzen. Die geplanten Kabelabstände berücksichtigen diese Mindestkabelabstände (unter Beachtung der Bodenverhältnisse) bereits. Eine weitere Verringerung der Kabelabstände ist daher nicht möglich. Dies gilt sowohl für die offene Bauweise als auch für die geschlossenen Bauweisen.

Optimierung der Polanordnung (gemäß Nr. 5.1.2.2 der 26. BImSchVVwV)

I. Machbarkeit:

An den maßgeblichen Minimierungsorten verläuft jeweils die Normalstrecke, sodass es hier nur ein Kabelsystem gibt. Eine Umsetzung der Maßnahme ist daher technisch nicht möglich.

Optimierung der Verlegetiefe (gemäß Nr. 5.1.2.3 der 26. BImSchVVwV)

I. Machbarkeit:

Bei größerer Verlegetiefe muss in der Regel der Abstand zwischen Hin- und Rückleiter aufgrund der Wärmeableitung vergrößert werden, was die Kompensation der Magnetfelder verschlechtert. Die Verlegetiefe und der Abstand zwischen den Leitern hängen daher miteinander zusammen.

Eine Verringerung der Verlegetiefe gegenüber der Planung ist im Regelfall nicht möglich, da diese gewählt wird, um bestimmte Hindernisse (wie Straßen oder Flüsse) zu unterqueren. Eine Vergrößerung der Verlegetiefe ist in den meisten Fällen technisch grundsätzlich möglich, bedingt dann allerdings eine Vergrößerung des Abstandes zwischen den Leitern und damit eine Vergrößerung der Trassenbreite.

II. Zulässigkeit:

Die maximalen magnetischen Flussdichten treten, je nach konkreter Verlegetiefe, entweder direkt oberhalb der Kabel oder zwischen Hin- und Rückleiterkabel auf. In jedem Fall sorgt eine größere Verlegetiefe dafür, dass das äußere Kabel näher an den jeweiligen MMO heranrückt. Der positive Effekt durch die Erhöhung des vertikalen Abstandes wird in der Regel durch die Verringerung des horizontalen Abstandes und die schlechtere Kompensation zwischen Hin- und Rückleiter überkompensiert. Gleichzeitig sorgt die vergrößerte Trassenbreite für einen weiter reichenden Einwirkungsbereich und dadurch unter Umständen für weitere maßgebliche Minimierungsorte.

Bei den MMO 01 und 02 liegen in der Umgebung keine weiteren potenziellen maßgeblichen Minimierungsorte vor, weshalb eine Vergrößerung der Trassenbreite prinzipiell zulässig wäre.

III. Verhältnismäßigkeit:

Da die magnetische Flussdichte an den maßgeblichen Minimierungsorten bereits im Referenzzustand mit maximal ~~6,4 μ T~~ 17,8 μ T deutlich unterhalb des Grenzwertes von 500 μ T und auch deutlich unterhalb des Erdmagnetfeldes von knapp 50 μ T liegt, erscheint die Maßnahme nicht verhältnismäßig.

4.3.4 Festlegung der Minimierungsmaßnahmen

Nach Prüfung der potenziellen Minimierungsmaßnahmen ergeben sich gegenüber dem Planungsstand keine Maßnahmen zur Minimierung der Feldstärken, welche technisch machbar, zulässig und verhältnismäßig erscheinen. Alle Maßnahmen, die alle drei Kriterien erfüllen, wurden bereits in der Planungsphase berücksichtigt und haben Eingang in die Planung gefunden.

5 Situation im Untersuchungsraum

5.1 Status der Anlagen

Gleichstrom-Erdkabel

Es handelt sich um eine Erdkabelanlage mit Gleichspannung von ± 525 kV, welche neu errichtet werden soll. Dafür gilt folgender Grenzwert nach 26. BImSchV:

- Magnetisches Feld: 500 μ T.

Kabelabschnittsstation

In diesem Planfeststellungsabschnitt ist keine Kabelabschnittsstation (KAS) geplant.

LWL-Stationen

Bei den LWL-Zwischenstationen handelt es sich um Anlagen der reinen Nachrichtentechnik. Die enthaltenen Technikbausteine (Koppelbaugruppen, Verstärker etc.) sind geschirmt ausgeführt. Auf Grund dessen sowie auf Grund der insgesamt geringen umgesetzten elektrischen Leistung ist nicht mit relevanten Immissionen zu rechnen.

Link-Boxen

Link-Boxen sind unterirdisch in Unterflurschächten angeordnet. In ihnen werden die Kabelschirme und LWL-Kabel zu Prüf- und Messzwecken herausgeführt. Dabei fließen keine Ströme, die relevante Immissionen hervorrufen können.

5.2 Beiträge weiterer Anlagen

Darüber hinaus befinden sich im Untersuchungsraum keine weiteren, relevanten Gleichstromanlagen gemäß Kapitel 3.2.1, sodass keine Beiträge anderer Anlagen zu berücksichtigen sind.

5.3 Gesamteinschätzung

Sowohl bei der offenen Bauweise als auch bei geschlossener Bauweise wird der Grenzwert der magnetischen Flussdichte von 500 μ T deutlich unterschritten.

Bei der offenen Bauweise beträgt die maximale magnetische Flussdichte 253 μ T (50,6 % Grenzwertausschöpfung) bei der Normalstrecke bzw. 246 μ T (49,2 % Grenzwertausschöpfung) bei der Stammstrecke und nimmt mit zunehmendem Abstand zur Trassenachse schnell ab.

Zur worst-case-Abschätzung aller Variationen von geschlossenen Bauweisen, welche technisch möglich sind, wird ein Einzelkabel ohne Kompensation durch einen Rückleiter bei minimaler Überdeckung herangezogen. Die maximale magnetische Flussdichte beträgt dabei 280 μ T (56,0 % Grenzwertausschöpfung). Besonders in größerer Entfernung wird dabei die magnetische Flussdichte durch die fehlende Kompensation gegenüber den tatsächlichen auftretenden magnetischen Flussdichten überschätzt.

Da in der Vorprüfung für Vorhaben 3 keine Minimierungsorte ermittelt wurden, ist eine Prüfung und Bewertung der möglichen Minimierungsmaßnahmen für Vorhaben 3 nicht erforderlich.

In der Vorprüfung wurden für Vorhaben 4 maßgebliche Minimierungsorte ermittelt. Nach Prüfung der potenziellen Minimierungsmaßnahmen ergeben sich gegenüber dem Planungsstand keine Maßnahmen zur Minimierung der Feldstärken, welche

technisch machbar, zulässig und verhältnismäßig erscheinen. Alle Maßnahmen, die alle drei Kriterien erfüllen, wurden bereits in der Planungsphase berücksichtigt und haben Eingang in die Planung gefunden.

6 Zusammenfassung

Es wurde nachgewiesen, dass bei der offenen Bauweise im Regelgrabenprofil der Grenzwert nach 26. BImSchV deutlich unterschritten wird (siehe Kapitel 4.2.2).

Für die Bereiche mit geschlossener Bauweise wurde über den worst-case-Ansatz des Einzelkabels mit minimaler Überdeckung die Einhaltung des Grenzwertes der 26. BImSchV ebenfalls nachgewiesen (siehe Kapitel 4.2.3).

Da sich im Einwirkungsbereich von Vorhaben 3 keine maßgeblichen Minimierungsorte befinden, sind für Vorhaben 3 keine Minimierungsmaßnahmen erforderlich (siehe Kapitel 4.3).

In der Vorprüfung wurden für Vorhaben 4 maßgebliche Minimierungsorte ermittelt. Nach Prüfung der potenziellen Minimierungsmaßnahmen ergeben sich gegenüber dem Planungsstand keine Maßnahmen zur Minimierung der Feldstärken, welche technisch machbar, zulässig und verhältnismäßig erscheinen. Alle Maßnahmen, die alle drei Kriterien erfüllen, wurden bereits in der Planungsphase berücksichtigt und haben Eingang in die Planung gefunden (siehe Kapitel 4.3).

Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie GmbH

Berlin, den ~~13.10.2023~~ 17.10.2025

