

	<p align="center"><b>SuedOstLink</b> - BBPIG Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a –</p>	<p align="center"><b>SOL-iG</b></p>    
	<p align="center"><b>Abschnitt D2</b> Nittenau bis Pfatter</p> <p align="center"><b>Unterlagen</b> gemäß § 21 NABEG</p>	<p>Das Vorhaben Nr. 5 im SuedOstLink ist von der Europäischen Union gefördert; sie haftet nicht für die Inhalte.</p>  <p>Kofinanziert von der Fazilität „Connecting Europe“ der Europäischen Union</p>
<p align="center"><b>Teil E1.1 Nachweis über die Einhaltung der Grenzwerte gemäß §26 BImSchV, des Gebotes der Vermeidung erheblicher Belästigungen und Schäden sowie der Vorsorgeanforderungen - DC</b></p>		

00	29.06.2023	Unterlage gemäß § 21 NABEG	Dr. Gralla	M. Jurek	TenneT M. Schafhirt
<b>Rev.</b>	<b>Datum</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Erstellt</b>	<b>Geprüft</b>	<b>Freigegeben</b>

Festgestellt nach §24 NABEG  
Bonn, den

## INHALTSVERZEICHNIS

TABELLENVERZEICHNIS	3	
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4	
ZUSAMMENFASSUNG	5	
1	EINFÜHRENDER TEIL	7
1.1	Angaben zur Anlage, Antragsteller, Gutachter	7
1.2	Aufgabenstellung	8
2	AUSGANGSSITUATION	9
2.1	Übersicht	9
2.2	Technische Parameter	9
3	ANGABEN ZUR BERECHNUNG UND ZUR ERGEBNISDARSTELLUNG	11
4	RECHTLICHE GRUNDLAGE	12
4.1	26. BImSchV	12
4.2	26. BImSchVVwV	12
4.3	Berücksichtigung von Immissionsbeiträgen anderer Anlagen	12
5	ERGEBNISSE	13
5.1	Immissionswerte der magnetischen Flussdichte	13
5.1.1	Belegungsfall 2 GW (1 Kabelsystem), Variation des Kabelabstands (Vorhaben Nr. 5)	13
5.1.2	Belegungsfall 4 GW (2 Kabelsysteme), Variation des Systemabstands	14
5.1.3	Belegungsfall 4 GW (2 Kabelsysteme), Variation der Polanordnung	16
5.2	Beurteilung	18
5.3	Immissionsbeiträge anderer Anlagen	18
5.4	Worst-Case-Betrachtung Einzelkabel	18
6	LITERATURVERZEICHNIS	19
7	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	20

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Maximalwerte der magnetischen Flussdichte für die Kabelabstände 1,5 m und 1,9 m in 0,2 m Höhe über dem Erdboden.	14
Tabelle 2:	Maximalwerte der magnetischen Flussdichte für die Systemabstände 8 m, 12,75 m und 20 m in 0,2 m Höhe über dem Erdboden.	15
Tabelle 3:	Maximalwerte der magnetischen Flussdichte für die Polanordnungen + -, +- und. - +, + - in 0,2 m Höhe über dem Erdboden.	16

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Regelquerschnitt RQ 1, Standardarbeitsstreifen (aus SuedOstLink – BBPIG Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a – C.2.2.1.1 Regelquerschnitte/Schutzstreifen [4]).	9
Abbildung 2:	Berechnete magnetische Flussdichte eines Kabelsystems für verschiedene Kabelabstände in 0,2 m Höhe über dem Erdboden.	13
Abbildung 3:	Berechnete magnetische Flussdichte einer Kabeltrasse mit zwei Kabelsystemen für verschiedene Systemabstände in 0,2 m Höhe über dem Erdboden bei einem Kabelabstand von 1,5 m.	14
Abbildung 4:	Berechnete magnetische Flussdichte einer Kabeltrasse mit zwei Kabelsystemen für verschiedene Systemabstände in 0,2 m Höhe über dem Erdboden bei einem Kabelabstand von 1,9 m.	15
Abbildung 5:	Berechnete magnetische Flussdichte einer Kabeltrasse mit zwei Kabelsystemen in 0,2 m Höhe über dem Erdboden.	16
Abbildung 6:	Isolinien-Darstellung (Einheit $\mu\text{T}$ ) einer Kabeltrasse mit zwei Kabelsystemen und der Polanordnung + -, + -. Der Erdboden ist mit der gestrichelten Linie angezeigt.	17
Abbildung 7:	Isolinien-Darstellung (Einheit $\mu\text{T}$ ) einer Kabeltrasse mit zwei Kabelsystemen und der Polanordnung - +, + -. Der Erdboden ist mit der gestrichelten Linie angezeigt.	17

## Zusammenfassung

Für die Beurteilung der magnetischen Flussdichte der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungskabel (HGÜ-Kabel) in ihrer Umgebung wurden folgende Parameter mittels numerischer Berechnungen variiert:

- der Kabelabstand innerhalb eines Kabelsystems zwischen 1,5 m und 1,9 m
- der Systemabstand einer Anlage mit zwei Kabelsystemen zwischen 8 m und 20 m
- die Polanordnung einer Anlage mit zwei Kabelsystemen

Die Ergebnisse wurden mit dem Grenzwert der 26. BImSchV von 500  $\mu$ T verglichen. Dieser Wert wurde für keine der verwendeten Parameterkombinationen erreicht oder überschritten. Selbst für ein einzelnes Kabel mit dem angegebenen Nennstrom von 2074 A und einer minimalen Verlegetiefe von 1,3 m (Worst-Case-Szenario für ein Kabelsystem) beträgt der Maximalwert der magnetischen Flussdichte in 0,2 m über dem Erdboden nur 276,5  $\mu$ T und liegt somit deutlich unter dem Grenzwert von 500  $\mu$ T (vgl. Berechnung Kap. 5.4). Dieses Szenario stellt den Fall dar, dass die Kabel eines Systems so weit auseinander liegen, dass es zu keiner gegenseitigen Kompensation des Magnetfeldes kommt. Dies bedeutet, dass bei allen Variationen von Kabelabständen und Kabelsystemabständen, auch wenn sie hier nicht explizit untersucht wurden, der Grenzwert von 500  $\mu$ T stets eingehalten und wesentlich unterschritten wird. Eine gesonderte Betrachtung von Situationen, in denen größere Kabelabstände realisiert werden müssen, beispielsweise bei Kabelmuffen oder auch bei Querungen von Straßen oder Gewässern, ist somit nicht erforderlich. Aufgrund der grundsätzlichen Einhaltung des Grenzwertes der magnetischen Flussdichte gemäß der 26. BImSchV ist eine Nutzungsbestimmung von Flächen oder Gebäudeteilen nicht erforderlich.

Anmerkungen:

Eine Berücksichtigung von Immissionsbeiträgen anderer Anlagen ist nicht erforderlich, da dabei gemäß Nummer II.3a.5 der LAI-Hinweise lediglich andere Gleichstromanlagen im Einwirkungsbereich der Kabel im Sinne von §3a 26. BImSchV (1 m) zu berücksichtigen wären und solche Anlagen (gemäß einer Abfrage der Träger öffentlicher Belange) nicht vorhanden sind.

Eine Beurteilung von Funkenentladungen zwischen Personen und leitfähigen Objekten (gemäß § 3a Satz 1 Nr. 2 der 26. BImSchV) ist hier nicht zu betrachten, da elektrische Felder im Umfeld von Erdkabeln nicht auftreten.





## 1.2                      **Aufgabenstellung**

Ziel des vorliegenden Gutachtens ist es, festzustellen, ob alle maßgeblichen immissionsschutzrechtlichen Vorgaben für elektrische und magnetische Felder durch die Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a eingehalten werden. Die rechtlichen, fachlichen und technischen Grundlagen hierfür basieren auf den im Quellen- und Literaturverzeichnis aufgeführten Unterlagen.

Das vorliegende Gutachten bezieht sich auf alle Abschnitte, in denen Gleichstrom-Erdkabel verlegt werden. Es gilt somit für folgende Abschnitte:

- A1 zwischen Wolmirstedt und Höhe Könnern
- A2 zwischen Höhe Könnern und nördlich von Eisenberg
- B nördlich von Eisenberg bis Landesgrenze Thüringen – Bayern
- C1 zwischen Münchenreuth und Marktredwitz
- C2 zwischen Marktredwitz und Pfreimd
- D1 zwischen Pfreimd und Nittenau
- D2 zwischen Nittenau und Pfatter
- D3a zwischen Pfatter und A92 ISAR
- D3b Konverterbereich ISAR

Lediglich die Erfassung der maßgeblichen Minimierungsorte und die Festlegung und Bewertung der möglichen Minimierungsmaßnahmen nach 26. BImSchVVwV erfolgt abschnittsbezogen in eigenen Dokumenten, sofern maßgebliche Minimierungsorte im jeweiligen Abschnitt vorliegen. Minimierungsorte sind dabei gemäß §26 BImSchVVwV im Einwirkungsbereich der Kabel liegende Gebäude oder Grundstücke im Sinne des §4 Absatz 1 26. BImSchV sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, der zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist. Der Einwirkungsbereich im Sinne der 26. BImSchVVwV beträgt bei den hier zu beurteilenden Gleichstromkabeln gemäß 3.2.1.2 26. BImSchVVwV 20 m.

## 2                      Ausgangssituation

### 2.1                      Übersicht

Das Vorhaben Nr. 5 beinhaltet die Herstellung einer Kabelanlage mit einem Kabelsystem, bestehend aus zwei Erdkabeln mit einer Leistung von 2 Gigawatt (GW) und Nebenbauwerken sowie einer zusätzlichen für den Betrieb notwendigen Anlage, der Konverterstation. Nebenbauwerke sind die Kabelabschnittsstationen (KAS), Lichtwellenleiterzwischenstationen (LWL-ZS) sowie Oberflurschränke. Die Verlegung der Gleichspannungskabel erfolgt in Kabelschutzrohren (KSR).

Im Rahmen des Vorhabens Nr. 5a erfolgt zur Erweiterung der Übertragungsleistung um weitere 2 GW (insgesamt 4 GW) die Verlegung einer zusätzlichen Kabelanlage mit einem Kabelsystem. Sie besteht ebenfalls aus zwei Erdkabeln, verlegt in Kabelschutzrohren, sowie der erforderlichen Konverterstation und den bereits beschriebenen Nebenbauwerken. Im gesamten Verlauf vom Landkreis Börde in Sachsen-Anhalt bis zum Umspannwerk Isar in Bayern, in dem in räumlicher Nähe verlegt wird, erfolgt ein zeitnaher Tiefbau und Kabelzug.

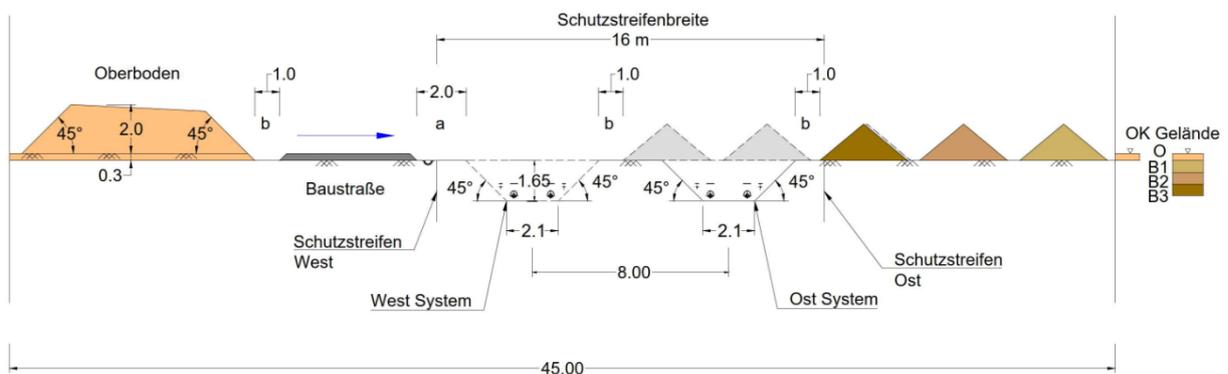


Abbildung 1: Regelquerschnitt RQ 1, Standardarbeitsstreifen (aus SuedOstLink – BBPIG Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a – C.2.2.1.1 Regelquerschnitte/Schutzstreifen [4]).

### 2.2                      Technische Parameter

Die technischen Parameter (Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a) lauten:

Kabeltyp *)	kunststoffisolierte Kabel (XLPE-Technik)
Kabelanzahl	4
Leistung	2 x 2 GW
Nennspannung	525 kV
Maximaler betrieblicher Dauerstrom je Kabel	2074 A
Frequenz	0 Hz, Gleichstrom
Leiter- bzw. Polanordnung	zwei Kabelsysteme: - +, + - oder + -, + -
Leitermaterial *)	Kupfer
Leiterquerschnitt *)	3000 mm <sup>2</sup>

Kabelabstand innerhalb eines Kabelsystems	1,5 m (Regelabstand) bis 1,9 m <sup>1</sup>
Systemabstand	8 m (Regelabstand) bis 20 m
Mindestüberdeckung	1,3 m

\*) Kabeltyp, Leitermaterial und Leiterquerschnitt haben keinen Einfluss auf das Ergebnis der Berechnung der magnetischen Flussdichte.

Anmerkungen:

- Die Mindestüberdeckung bezieht sich auf die Überdeckung der Schutzrohre, in denen die Kabel verlegt sind. Die in den Rohren befindlichen Kabel liegen also in jedem Fall tiefer als diese Mindestüberdeckung. Im Sinne einer Worst-Case-Abschätzung wird im Weiteren die Mindestüberdeckung der Rohre gleichgesetzt mit der Mindestverlegetiefe der Kabel. Diese wird somit ebenfalls zu 1,3 m angenommen (Worst Case im Sinne des Immissionsschutzes).
- Der Systemabstand ist der Abstand der Mittelachsen der beiden Kabelsysteme.
- Die hier angegebenen Kabel- und Systemabstände gelten für eine offene Grabenbauweise und können bei einem geschlossenen Verlegeverfahren (Mikrotunnelbauweise, Spülbohrverfahren (engl. Horizontal Directional Drilling, HDD), Pressbohrverfahren) auch größer sein.

---

<sup>1</sup> Im Bereich der Muffen kann der Kabelabstand größer sein.

### 3                      **Angaben zur Berechnung und zur Ergebnisdarstellung**

Die magnetische Flussdichte  $B$  wird hier stets in einer Ebene senkrecht zu den Kabeln berechnet. Die Berechnung erfolgt unter Anwendung des Biot-Savartschen Gesetzes. Für einen unendlich langen und geraden Leiter gilt

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2 \pi r} \vec{e} \quad (1),$$

wobei  $\mu_0$  die magnetische Feldkonstante ist,  $I$  der Leiterstrom,  $r$  der Abstand des Berechnungspunktes vom Leiter und  $\vec{e}$  ein Einheitsvektor senkrecht zum Abstandsvektor. Bei mehreren Leitern (hier stets mindestens zwei) wird zunächst der Gesamtvektor der magnetischen Flussdichte am Berechnungspunkt durch eine vektorielle Addition der Beiträge der Einzelleiter bestimmt und anschließend der Betrag des Gesamtvektors berechnet und angegeben.

Die Berechnungshöhe von 0,2 m über der Geländeoberkante (GOK) wurde in Anlehnung an Nummer III.2.4 der LAI-Hinweise [2] gewählt.

## **4                      Rechtliche Grundlage**

### **4.1                      26. BImSchV**

Die 26. BImSchV enthält Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch elektromagnetische Felder. Gemäß § 3a Satz 1 Nr. 1 der 26. BImSchV i. V. m. Anhang 1a (zu §§ 2, 3, 3a, 10 der 26. BImSchV) sind 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 die magnetische Flussdichte einen Grenzwert von 500 µT nicht überschreitet.

Für die Beurteilung sind grundsätzlich die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte zu betrachten. Da die elektrischen Felder bei Erdkabeln durch deren (elektrisch geerdeten) Kabelschirm vollständig abgeschirmt werden, genügt es hier, die magnetische Flussdichte zu betrachten. Die Betrachtung hat bei „höchster betrieblicher Auslastung“ zu erfolgen. Diese „höchste betriebliche Auslastung“ ist dabei gemäß II.3a.4 der LAI-Hinweise [2] nicht durch die tatsächlich zu erwartende maximale Auslastung definiert, sondern durch die maximalen betrieblichen Dauerlastwerte für Strom, Spannung und die Leistung der Konverterstationen.

Die Wirkungen von Funkenentladungen zwischen Personen und leitfähigen Objekten (gemäß § 3a Satz 1 Nr. 2. der 26. BImSchV) ist nicht zu betrachten, da, wie oben bereits erwähnt, elektrische Felder im Umfeld von Erdkabeln nicht auftreten.

### **4.2                      26. BImSchVVwV**

Die allgemeine Verwaltungsvorschrift [3] konkretisiert den § 4 Absatz 2 der 26. BImSchV [1]. Sie beschreibt die Anforderungen an Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen bei der Errichtung und wesentlichen Änderung, um die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren.

### **4.3                      Berücksichtigung von Immissionsbeiträgen anderer Anlagen**

Die Magnetfelder anderer Gleichstromanlagen sind zu berücksichtigen, sofern sie sich im Einwirkungsbereich der Kabel befinden und relevant zur Immission beitragen können (vgl. Nummer II.3a.5 der LAI-Hinweise [2] sowie § 3a Satz 2 der 26. BImSchV [1]). Als Einwirkungsbereich kann dabei bei Erdkabeln ein Bereich von etwa 1 m angenommen werden (vgl. Nummer II.3a 2 der LAI-Hinweise [2]).

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Immissionswerte der magnetischen Flussdichte

Im Folgenden sind verschiedene Szenarien der Anordnung der HGÜ-Kabel dargestellt, wobei alle Immissionswerte für eine Verlegetiefe von 1,3 m (Mindestverlegetiefe) ermittelt wurden.

#### 5.1.1 Belegungsfall 2 GW (1 Kabelsystem), Variation des Kabelabstands (Vorhaben Nr. 5)

In Abbildung 2 ist die magnetische Flussdichte **eines** Kabelsystems bei einer Verlegetiefe von 1,3 m bei Kabelabständen 1,5 m und 1,9 m dargestellt. Die Berechnung erfolgt in 0,2 m Höhe über dem Erdboden. Die Betrachtung eines Kabelsystems entspricht dabei der Bewertung des Vorhabens Nr. 5 für den Zeitraum bis zur zeitnahen Verlegung des Vorhabens Nr. 5a.

In Tabelle 1 sind die Maximalwerte der magnetischen Flussdichte für verschiedene Kabelabstände angegeben.

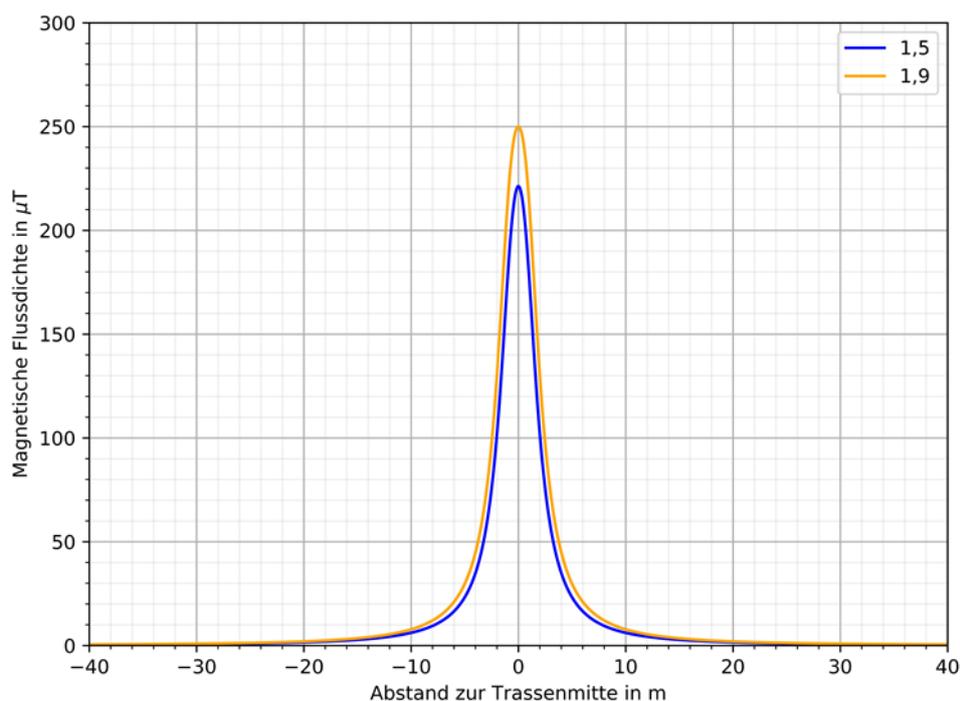


Abbildung 2: Berechnete magnetische Flussdichte eines Kabelsystems für verschiedene Kabelabstände in 0,2 m Höhe über dem Erdboden.

Tabelle 1:      Maximalwerte der magnetischen Flussdichte für die Kabelabstände 1,5 m und 1,9 m in 0,2 m Höhe über dem Erdboden.

Kabelabstand	Maximalwert der magnetischen Flussdichte in 0,2 m Höhe (in Klammern die jeweilige Grenzwertausschöpfung)
1,5 m	221,2 $\mu\text{T}$ (44,2 %)
1,9 m	250,0 $\mu\text{T}$ (50,0 %)

### 5.1.2      Belegungsfall 4 GW (2 Kabelsysteme), Variation des Systemabstands

In Abbildung 3 und Abbildung 4 ist die magnetische Flussdichte einer Kabeltrasse mit **zwei** Kabelsystemen (Polanordnung: + -, + -) bei einem festen Kabelabstand von 1,5 m (Standardfall) bzw. 1,9 m (Worst-Case-Fall) für verschiedene Systemabstände in 0,2 m Höhe über dem Erdboden dargestellt. Dieser Belegungsfall entspricht der kumulativen Bewertung der Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a.

In Tabelle 2 sind die Maximalwerte der magnetischen Flussdichte für die verschiedenen Systemabstände angegeben.

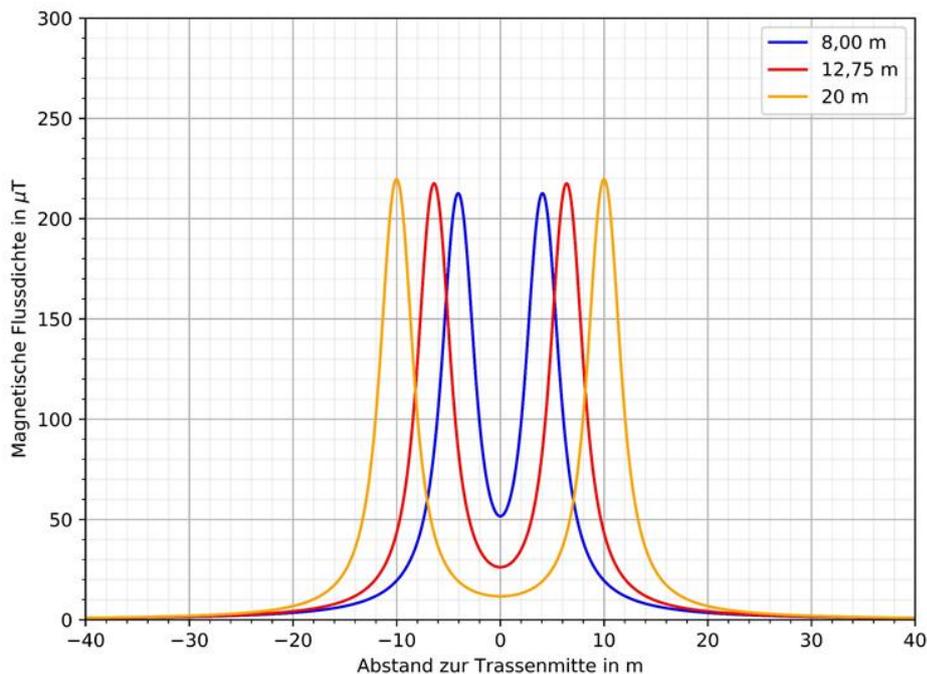


Abbildung 3:      Berechnete magnetische Flussdichte einer Kabeltrasse mit zwei Kabelsystemen für verschiedene Systemabstände in 0,2 m Höhe über dem Erdboden bei einem Kabelabstand von 1,5 m.

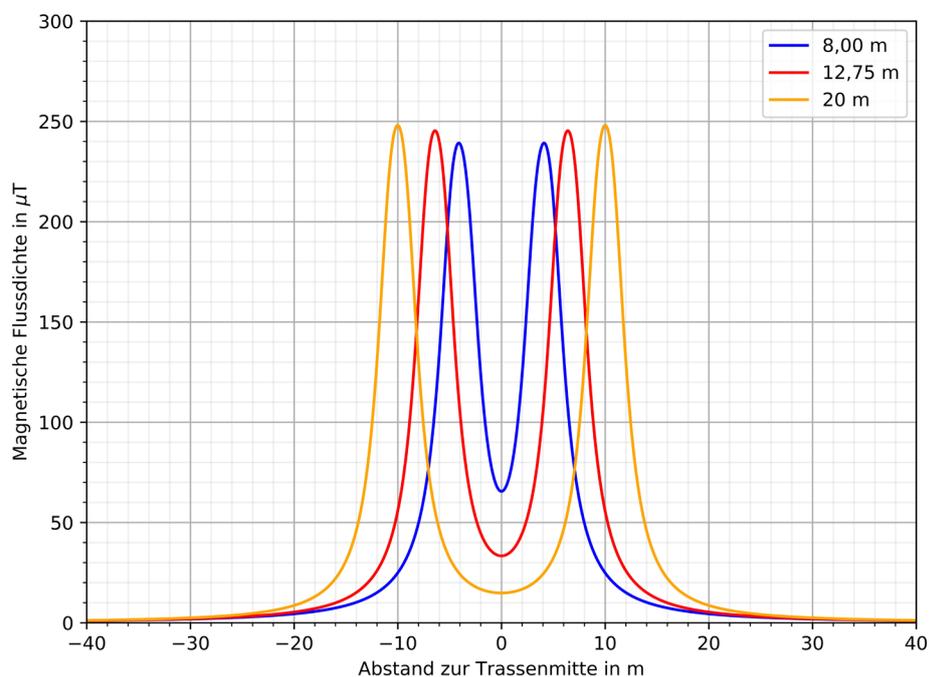


Abbildung 4: Berechnete magnetische Flussdichte einer Kabeltrasse mit zwei Kabelsystemen für verschiedene Systemabstände in 0,2 m Höhe über dem Erdboden bei einem Kabelabstand von 1,9 m.

Tabelle 2: Maximalwerte der magnetischen Flussdichte für die Systemabstände 8 m, 12,75 m und 20 m in 0,2 m Höhe über dem Erdboden.

Systemabstand	Kabelabstand	Maximalwert der magnetischen Flussdichte in 0,2 m Höhe (in Klammern die jeweilige Grenzwertausschöpfung)
8 m	1,5 m	212,6 µT (42,5 %)
12,75 m		217,6 µT (43,5 %)
20 m		219,7 µT (43,9 %)
8 m	1,9 m	239,2 µT (47,8 %)
12,75 m		245,4 µT (49,1 %)
20 m		248,1 µT (49,6 %)

### 5.1.3 Belegungsfall 4 GW (2 Kabelsysteme), Variation der Polanordnung

Abbildung 5 zeigt die magnetische Flussdichte einer Kabeltrasse mit **zwei** Kabelsystemen für die Polanordnungen + -, + - bzw. - +, + - in 0,2 m Höhe über dem Erdboden (bei einem festen Kabelabstand von 1,9 m und einem ebenfalls festen Systemabstand von 12,75 m). Anmerkung: Die anderen möglichen Polanordnungen - +, - + und + -, - + führen zu identischen Ergebnissen.

In Tabelle 3 sind die Maximalwerte der magnetischen Flussdichte für beide Polanordnungen in 0,2 m Höhe über dem Erdboden angegeben.

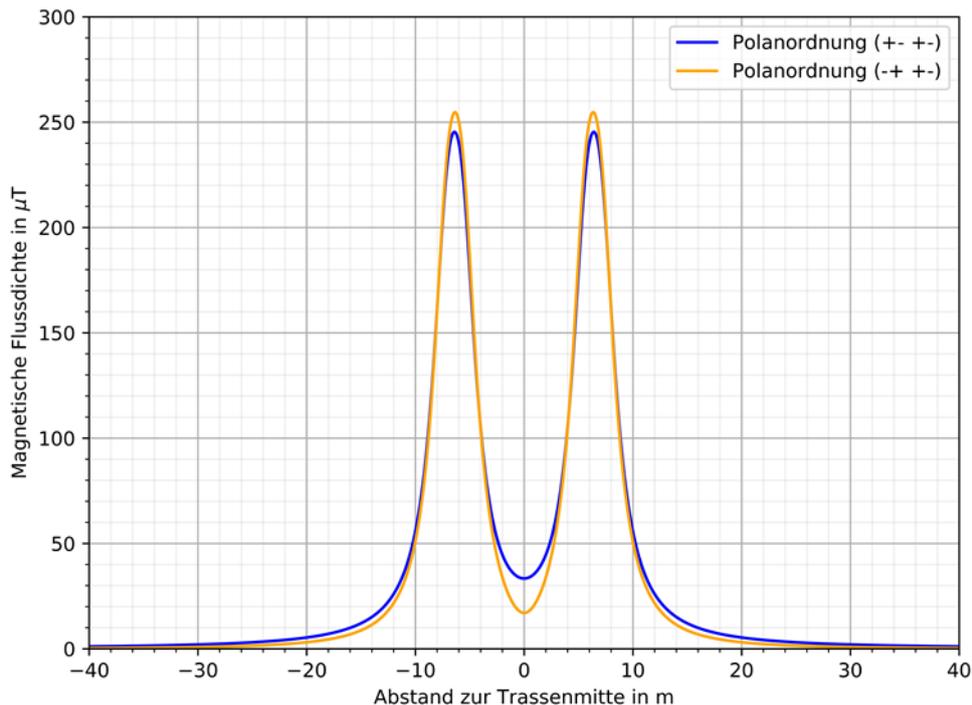


Abbildung 5: Berechnete magnetische Flussdichte einer Kabeltrasse mit zwei Kabelsystemen in 0,2 m Höhe über dem Erdboden.

Tabelle 3. Maximalwerte der magnetischen Flussdichte für die Polanordnungen + -, + - und. - +, + - in 0,2 m Höhe über dem Erdboden.

Systemabstand	Maximalwert der magnetischen Flussdichte in 0,2 m Höhe (in Klammern die jeweilige Grenzwertausschöpfung)
+ -, + -	245,4 µT (49,1 %)
- +, + -	254,7 µT (50,9 %)

Anmerkung:

Obwohl der Maximalwert bei der Polanordnung - +, + - etwas höher ist, ist diese Polanordnung in größeren Abständen von der Kabeltrasse vorteilhaft und führt zu geringeren magnetischen Flussdichten. Dies kann im Rahmen einer gegebenenfalls erforderlichen Minimierung verwendet werden.

In Abbildung 6 und Abbildung 7 sind die Isolinien der magnetischen Flussdichte für die Polanordnungen + -, + - und - +, + - dargestellt (Kabelabstand: 1,9 m, Systemabstand: 12,75 m).

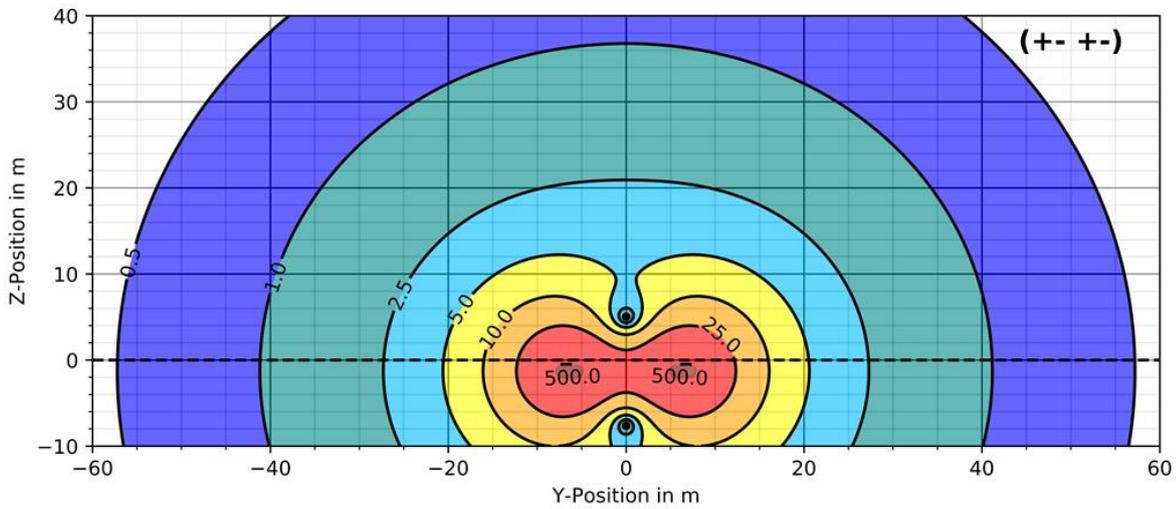


Abbildung 6: Isolinien-Darstellung (Einheit  $\mu\text{T}$ ) einer Kabeltrasse mit zwei Kabelsystemen und der Polanordnung + -, + -. Der Erdboden ist mit der gestrichelten Linie angezeigt.

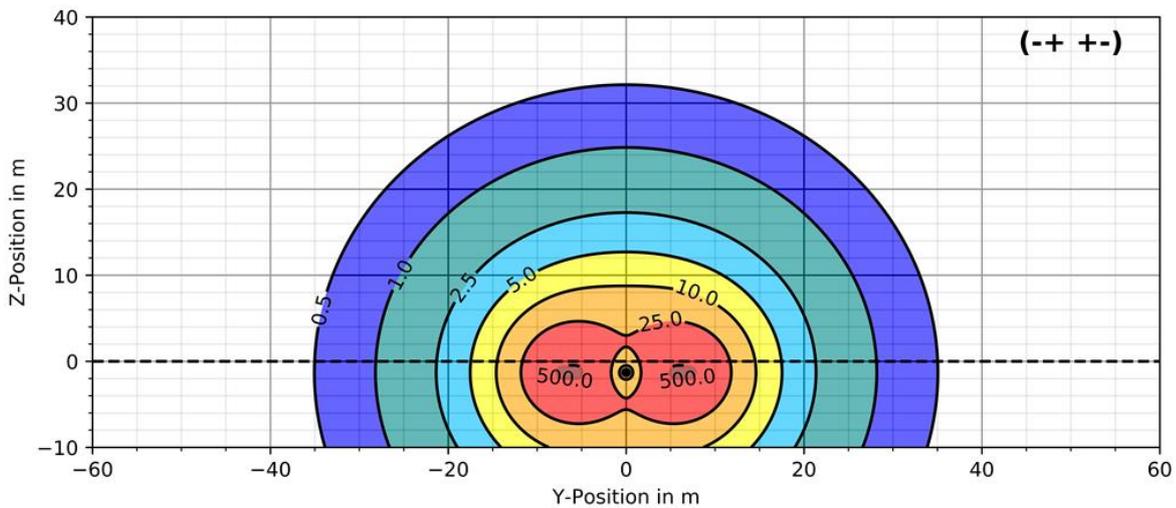


Abbildung 7: Isolinien-Darstellung (Einheit  $\mu\text{T}$ ) einer Kabeltrasse mit zwei Kabelsystemen und der Polanordnung - +, + -. Der Erdboden ist mit der gestrichelten Linie angezeigt.

## 5.2 Beurteilung

Der Grenzwert gemäß §26 BImSchV für die magnetische Flussdichte beträgt 500  $\mu\text{T}$ . Dieser Wert wurde bei einer (hier stets konstant gehaltenen) Verlegetiefe von 1,3 m in 0,2 m Höhe über dem Erdboden für keine der oben durchgeführten Parameterkombinationen erreicht oder überschritten. Die Werte lagen zwischen 221,2  $\mu\text{T}$  (ein Kabelsystem, Kabelabstand 1,5 m) und 254,7  $\mu\text{T}$  (zwei Kabelsysteme, Kabelabstand 1,9 m, Systemabstand 12,75 m, Polanordnung - +, + -).

## 5.3 Immissionsbeiträge anderer Anlagen

Wie bereits in Kap. 4.3 dargelegt, sind die Magnetfelder anderer Gleichstromanlagen zu berücksichtigen, sofern sie sich im Einwirkungsbereich der Kabel befinden und relevant zur Immission beitragen können (vgl. Nummer II.3a.5 der LAI-Hinweise [2] sowie § 3a Satz 2 der 26. BImSchV [1]). Als Einwirkungsbereich kann dabei bei Erdkabeln ein Bereich von etwa 1 m angenommen werden (vgl. Nummer II.3a 2 der LAI-Hinweise [2]). Andere Gleichstromanlagen sind im gesamten Verlauf der Kabelstrecke nicht vorhanden, wie eine Abfrage bei den Trägern öffentlicher Belange (TöB) ergab.

## 5.4 Worst-Case-Betrachtung Einzelkabel

Bei einem Gleichstromübertragungssystem überlagern sich die Magnetfelder des hin- und rückführenden Stromes am Immissionsort und können sich dadurch teilweise aufheben. Bei einem unterirdisch verlegten Kabelsystem und einer Verlegetiefe von  $a$  ist das Maximum der magnetischen Flussdichte an der Erdoberfläche stets kleiner oder gleich dem Wert, den ein Einzelleiter im Abstand  $a$  hervorrufen würde, und zwar unabhängig vom Kabelabstand. Damit kann bei gegebenem Strom eine Mindestverlegetiefe berechnet werden, die benötigt wird, um den Grenzwert von 500  $\mu\text{T}$  einzuhalten. Mit

$$B_{\text{Einzelleiter}} = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad (2)$$

und

$$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}^2 \text{ und } I = 2074 \text{ A, } B_{\text{Einzelleiter}} = 500 \mu\text{T} \quad (3)$$

ergibt sich eine Mindestverlegetiefe von 0,83 m.

Bei der hier anzunehmenden Verlegetiefe von mindestens 1,3 m ist somit der Grenzwert stets eingehalten, unabhängig vom Kabelabstand. Die magnetische Flussdichte beträgt dabei an der Erdoberfläche 319,1  $\mu\text{T}$  und in 0,2 m über dem Erdboden 276,5  $\mu\text{T}$ .

Dies bedeutet auch, dass bei allen Variationen von Kabelabständen und Kabelsystemabständen stets geringere magnetische Flussdichten als 319,1  $\mu\text{T}$  an der Erdoberfläche bzw. 276,5  $\mu\text{T}$  in 0,2 m Höhe über dem Erdboden auftreten werden. Dies gilt somit beispielsweise für Kabelmuffen oder bei Querungen von Straßen oder Gewässern, bei denen größere Abstände realisiert werden. Die Einhaltung des Grenzwertes der 26. BImSchV kann somit für alle diese Fälle als nachgewiesen gelten, ohne dass dies im Detail untersucht werden müsste oder dass es einer Nutzungsbestimmung von Flächen oder Gebäudeteilen bedarf.

## **6                      Literaturverzeichnis**

1. Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl I S. 3266) – 26. BImSchV.
2. LAI-Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV), Stand 22.10.2014.
3. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV (26. BImSchVVwV) vom 26. Februar 2016.
4. SuedOstLink – BBPIG Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a – C.2.2.1.1 Regelquerschnitte/Schutzstreifen.

## 7                      **Abkürzungsverzeichnis**

Die Begriffe werden bei der ersten Verwendung ausgeschreiben (mit der Abkürzung in Klammern). Bei einer erneuten Verwendung des Begriffes ist die Abkürzung zu benutzen.

<b>Abkürzung</b>	<b>Beschreibung</b>
μT	Microtesla
A	Ampere, Einheit für die Stromstärke
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
BBPIG	Bundesbedarfsplangesetz
BGBI	Bundesgesetzblatt
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
26. BImSchVVwV	Allg. Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV
bzw.	Beziehungsweise
D2	Abschnitt D2
DAkKS	Deutsche Akkreditierungsstelle
DC	Direct Current, Gleichstrom
d. h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
Dok.	Dokument
EMF	Elektromagnetische Felder
EN	Europäische Norm
ggf.	gegebenenfalls
GOK	Geländeoberkante
GW	Gigawatt (1.000.000.000 W), Einheit der elektrischen Leistung
HDD	Horizontal Directional Drilling, Horizontal-Spülbohrverfahren
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
Hz	Hertz, Einheit für die Frequenz
i. V. m.	in Verbindung mit
KAS	Kabelabschnittsstation
KSR	Kabelschutzrohr
kV	Kilovolt (1.000 V)
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz
LWL-ZS	Lichtwellenleiterzwischenstationen
m	Meter
MHz	Megahertz
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz

<b>Abkürzung</b>	<b>Beschreibung</b>
Nr.	Nummer
RQ	Regelquerschnitt
SOL	SuedOstLink
TöB	Träger öffentlicher Belange
V	Volt
z. B.	zum Beispiel