

**Höchstspannungsleitung Wilster – Grafenrheinfeld
BBPIG Vorhaben Nr. 4**

**Abschnitt C
(von Bad Gandersheim / Seesen bis Gerstungen)**

Unterlagen nach § 8 NABEG

**IV.4 IMMISSIONSSCHUTZRECHTLICHE
ERSTEINSCHÄTZUNG**

**ANHANG A2: MAGNETISCHE FLUSSDICHTEN AN
VERSCHIEDENEN KABEL-GRABENPROFILIEN IM
PROJEKT SUEDLINK**

0	08.03.2019	Unterlagen nach § 8 NABEG	VHT	HorG	PehM
Vers.	Datum	Ausgabe, Art der Änderung	Erstellt	Geprüft	Freigegeben

MAGNETISCHE FLUSSDICHTEN AN VERSCHIEDENEN KABEL-GRABENPROFILIEN IM PROJEKT SÜEDLINK

23.06.2018 / Version 2.2

Entwurf zur Vollständigkeitprüfung

Entwurf zur Vollständigkeitsprüfung

1.0 VORGABEN

Geplant sind zwei parallellaufende Verbindungen: BBPIG-Vorhaben 3 (V3) Brunsbüttel - Großgartach und Vorhaben 4 (V4) Wilster - Grafenrheinfeld

1.1 PLANFÄLLE

Geplant sind zwei Varianten der Auslegung für die gesamte SuedLink-Anlage:

- a. Planfall 320 kV
Auslegung auf 320 kV Nennspannung.
Der Strom einer Verbindung wird auf zwei Stromkreise (Kabelsysteme) mit je 1.800 A Stromtragfähigkeit aufgeteilt.
- b. Planfall 525 kV
Auslegung auf 525 kV Nennspannung.
Der Strom einer Verbindung wird in einem Stromkreis (Kabelsystem) mit 2.100 A Stromtragfähigkeit geführt.

Ein Stromkreis (Kabelsystem) besteht aus einem Plus- und einem Minus-Pol. In beiden Planfällen ist der Strom in beiden Polen eines Stromkreises gleich groß. Ein asymmetrischer Betrieb (z. B. über einen weiteren Rückleiter) ist nicht vorgesehen.

1.2 BETRIEBSFÄLLE

Betrachtet werden zwei Betriebsfälle:

- a. Im „Normalbetrieb der Stammstrecke“ sind beide Verbindungen der Stammstrecke, V3 und V4, in Betrieb.
- b. Im „Betrieb nur einer Anlage der Stammstrecke“ ist nur eine der Verbindungen in Betrieb. Dieser Betriebsfall entspricht für die meisten Grabenprofile dem „Betrieb der Einzelstrecke“

2.0 BERECHNUNG DER FLUSSDICHTEN

Berechnet wurde die magnetischen Flussdichten für die verschiedenen Grabenprofile, Plan- und Betriebsfälle.

Für die Berechnung wurde WinField (FGEU Berlin, V. 2016) verwendet.

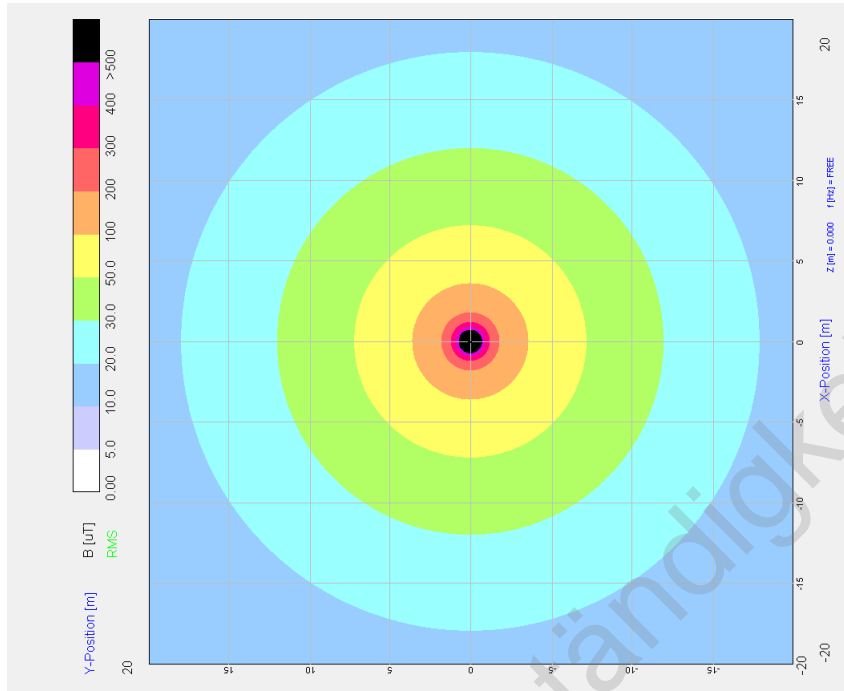
Die elektrischen Felder werden vom Kabelschirm vollständig abgeschirmt und werden daher nicht berechnet.

Nicht berücksichtigt ist das Erdmagnetfeld mit ca. 50 μT , das sich dem Magnetfeld der Leitung überlagert. Abhängig von der geografischen Ausrichtung der Leitung und der Lastflussrichtung in der Leitung kann das resultierende Magnetfeld gegenüber dem Erdmagnetfeld durch das Magnetfeld der Leitung erhöht, in der Richtung verändert oder abgeschwächt werden.

2.1 IMMISSIONSORT ÜBER/AN EINEM EINZELLEITER

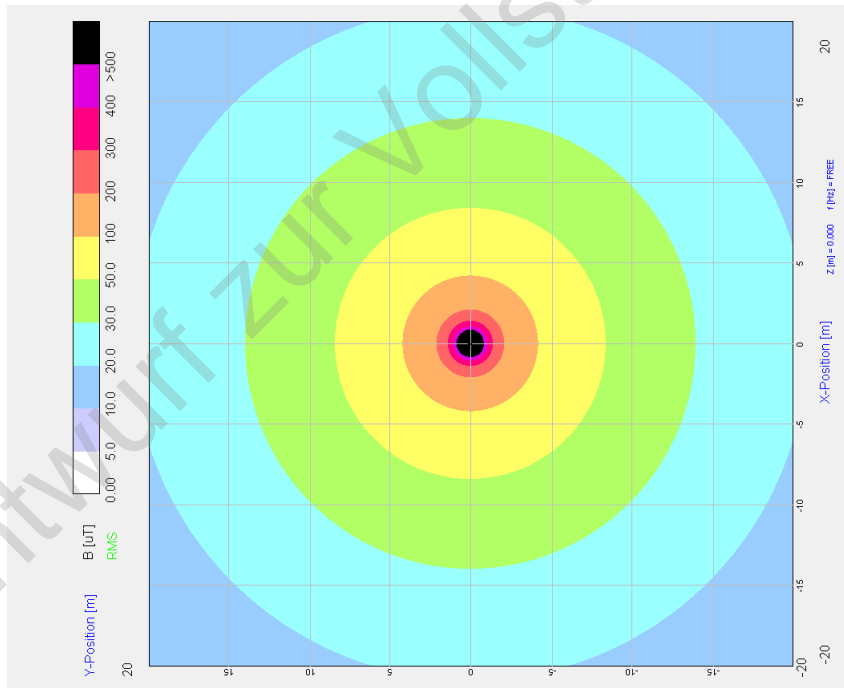
Bei Kabelsystemen mit weit voneinander entfernten Leitern der beiden Pole ist die Kompensation der entstehenden magnetischen Flussdichten am schlechtesten, die entstehenden Flussdichten in nicht unmittelbarer Nähe zum Kabel sind dann am größten.

Beispielhaft sind die Flussdichten um einen Einzelleiter berechnet, jeweils mit den für 320-kV- und für 525-kV-Betrieb vorgesehenen Leiterströme von 1.800 A bzw. 2.100 A.



Magnetische Flussdichte um einen Einzelleiter mit 1.800 A

500 μT im Abstand von 0,75 m zur Kabelachse
Im Abstand von 1,5 m (Legetiefe) 240 μT



Magnetische Flussdichte um einen Einzelleiter mit 2.100 A

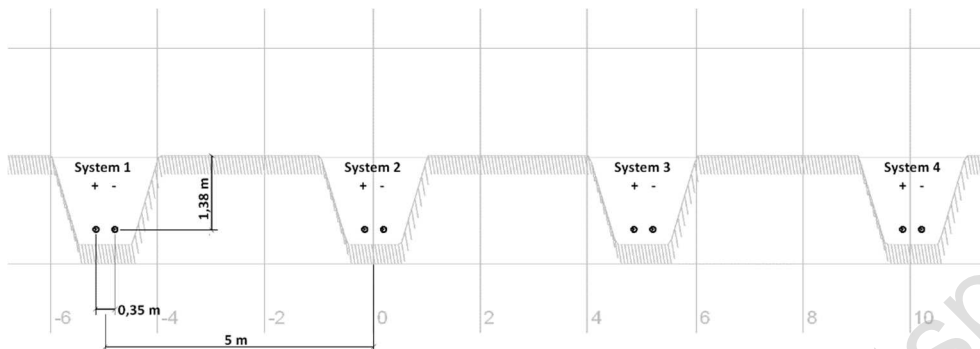
500 μT im Abstand von 0,85 m zur Kabelachse
Im Abstand von 1,5 m (Legetiefe) 280 μT

2.2 IMMISSIONSORT AM REGEL-GRABENPROFIL

2.2.1 LAGE

Maße und Anordnung der Stromkreise (Kabelsysteme) im Regel-Grabenprofil

- Abstand Kabel-Kabel (Achsen) eines Stromkreises: $d = 0,35 \text{ m}$
- Abstand Graben-Graben: ca. 5 - 8 m, für die Berechnung werden 5 m verwendet.
- Legetiefe (Kabelachse): 1,38 m (1,3 m Überdeckung)



Für den 525-kV-Planfall werden auf der Stammstrecke die Stromkreise 1 und 2 realisiert, für den 320-kV-Planfall sind alle vier Stromkreise vorgesehen.

2.2.2 PLAN- BZW. BETRIEBS-FÄLLE

Planfall 320 kV: Strom je Kabel 1.800 A
Polarität gem. Grabenprofil

Vorhaben 3 (V3) benutzt Stromkreis 1 und 2,
Vorhaben 4 (V4) benutzt Stromkreis 3 und 4

Normalbetrieb: alle Stromkreise mit 100 % Strom

Betrieb einer Anlage: V3: 100 % Strom, V4: 0 % Strom

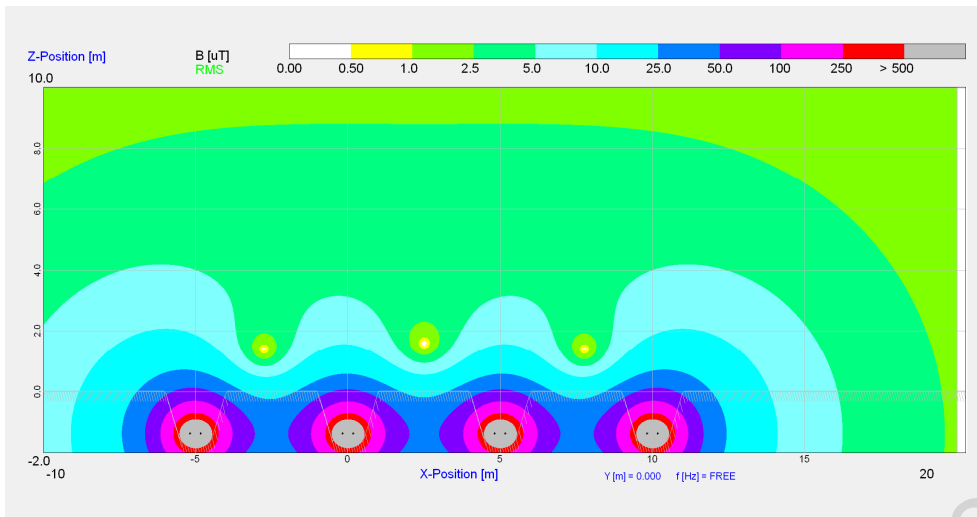
Planfall 525kV: Strom je Kabel 2.100 A
Polarität gem. Grabenprofil

Vorhaben 3 (V3) benutzt Stromkreis 1,
Vorhaben 4 (V4) benutzt Stromkreis 2
Stromkreise 3 und 4 werden nicht realisiert.

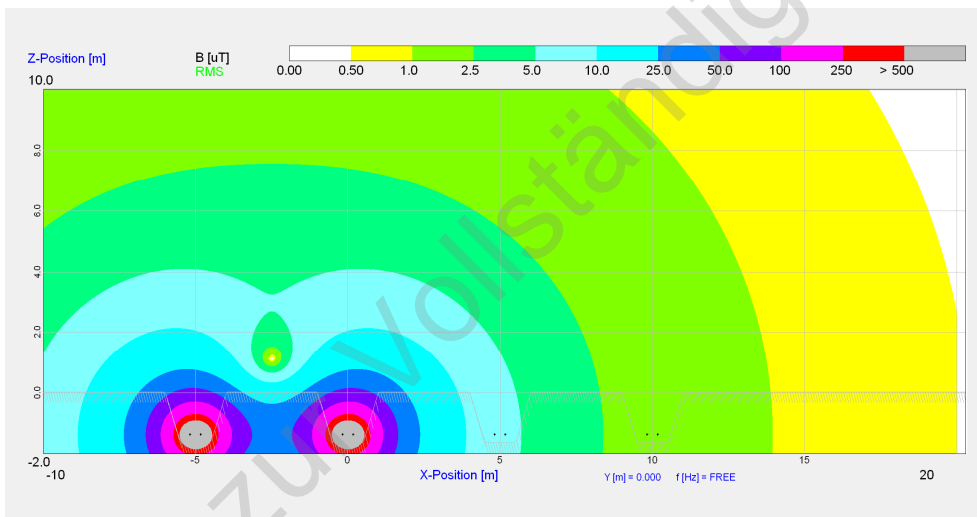
Normalbetrieb: beide Stromkreise mit 100 % Strom

Betrieb einer Anlage: V3: 100 % Strom, V4: 0 % Strom

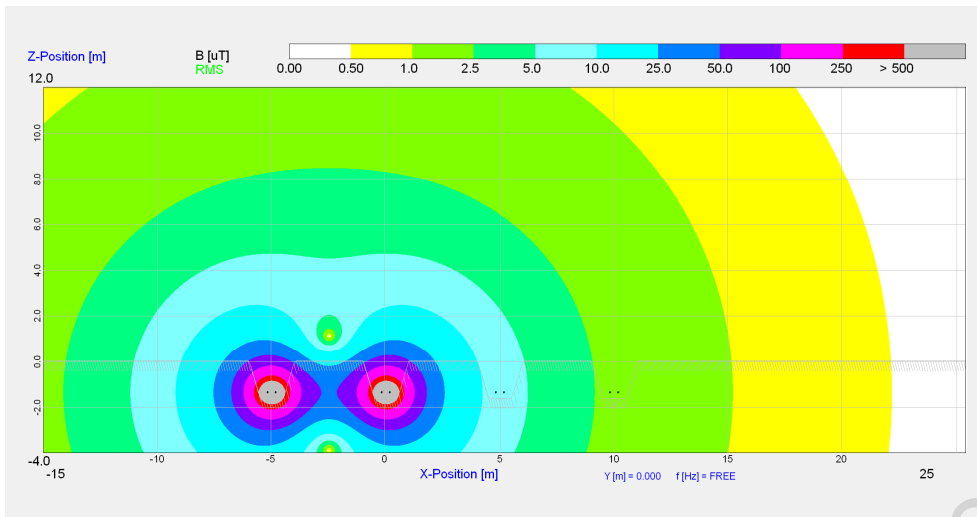
320-kV, Normalbetrieb auf Stammstrecke



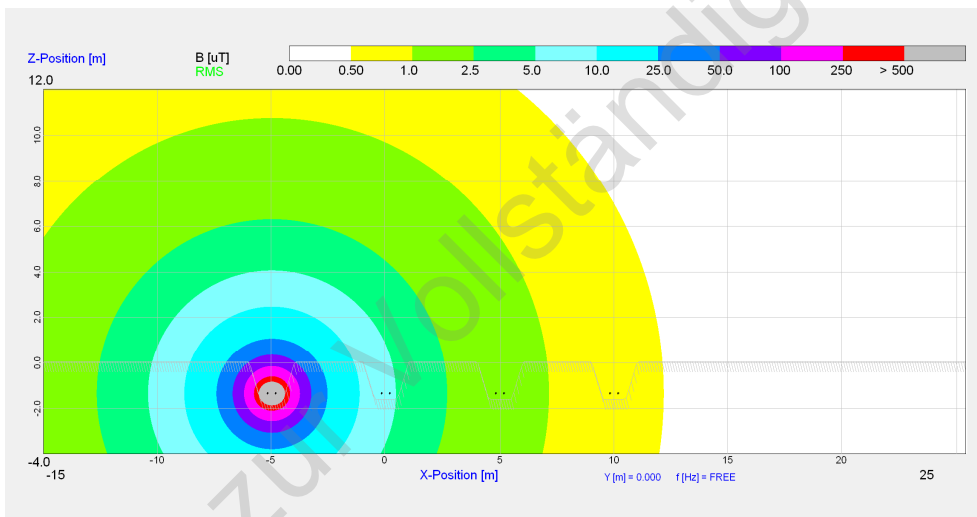
320-kV, Betrieb einer Verbindung



525-kV, Normalbetrieb auf Stammstrecke



525-kV, Betrieb einer Verbindung

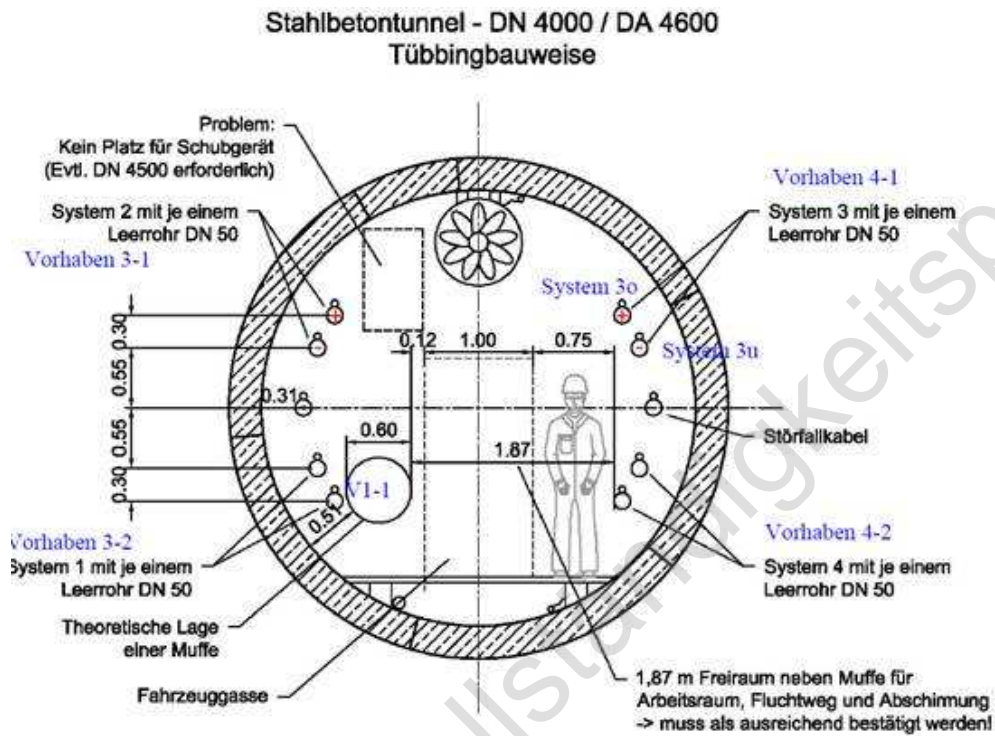


2.3 IMMISSIONSORT ELBX

2.3.1 LAGE:

Bezogen auf Oberfläche Elbe sind die Höhen:

- Oberfläche Elbe: 0 m
- Oberfläche Elbe (bei Ebbe): -2m
- Tiefe Elbe: -17,68m
- Oberkante Tunnel: -26,7m, Achse Tunnel: -29 m
- Größe Tunnel und Position der Kabel gemäß Abbildung:



Leiteranordnung:

System 2o	+	-	System 3o
System 2u	-	+	System 3u
Störfalleiter	0	0	Störfalleiter
System 1o	+	-	System 4o
System 1u	-	+	System 4u

Abbildung 1: Anordnung der Systeme und Pole im Tunnel

Für den 525-kV-Planfall werden die Stromkreise (Kabelsysteme) 2 und 3 realisiert, für den 320-kV-Planfall sind alle vier Stromkreise vorgesehen.

Der Störfall-Leiter steht als Reserve (Ersatz) für den Fall eines Ausfalls eines Kabels zur Verfügung und führt daher keinen Strom.

2.3.2 PLAN- BZW. BETRIEBS-FÄLLE

Planfall 320 kV: Strom je Kabel 1.800 A
Polarität gem. Abbildung 1

Vorhaben 3 (V3) benutzt Systeme 1 und 2,
Vorhaben 4 (V4) benutzt Systeme 3 und 4

Normalbetrieb: alle Stromkreise mit 100 % Strom

System 2o	+		-	System 3o
System 2u	-		+	System 3u
Störfalleiter	0		0	Störfalleiter
System 1o	+		-	System 4o
System 1u	-		+	System 4u

Betrieb einer Anlage: V3: 100 % Strom, V4: 0 % Strom

System 2o	+		0	System 3o
System 2u	-		0	System 3u
Störfalleiter	0		0	Störfalleiter
System 1o	+		0	System 4o
System 1u	-		0	System 4u

Planfall 525kV: Strom je Kabel 2.100 A
Polarität gem. Abbildung 1

Vorhaben 3 (V3) benutzt System 2,
Vorhaben 4 (V4) benutzt System 3

Normalbetrieb: alle Stromkreise mit 100 % Strom

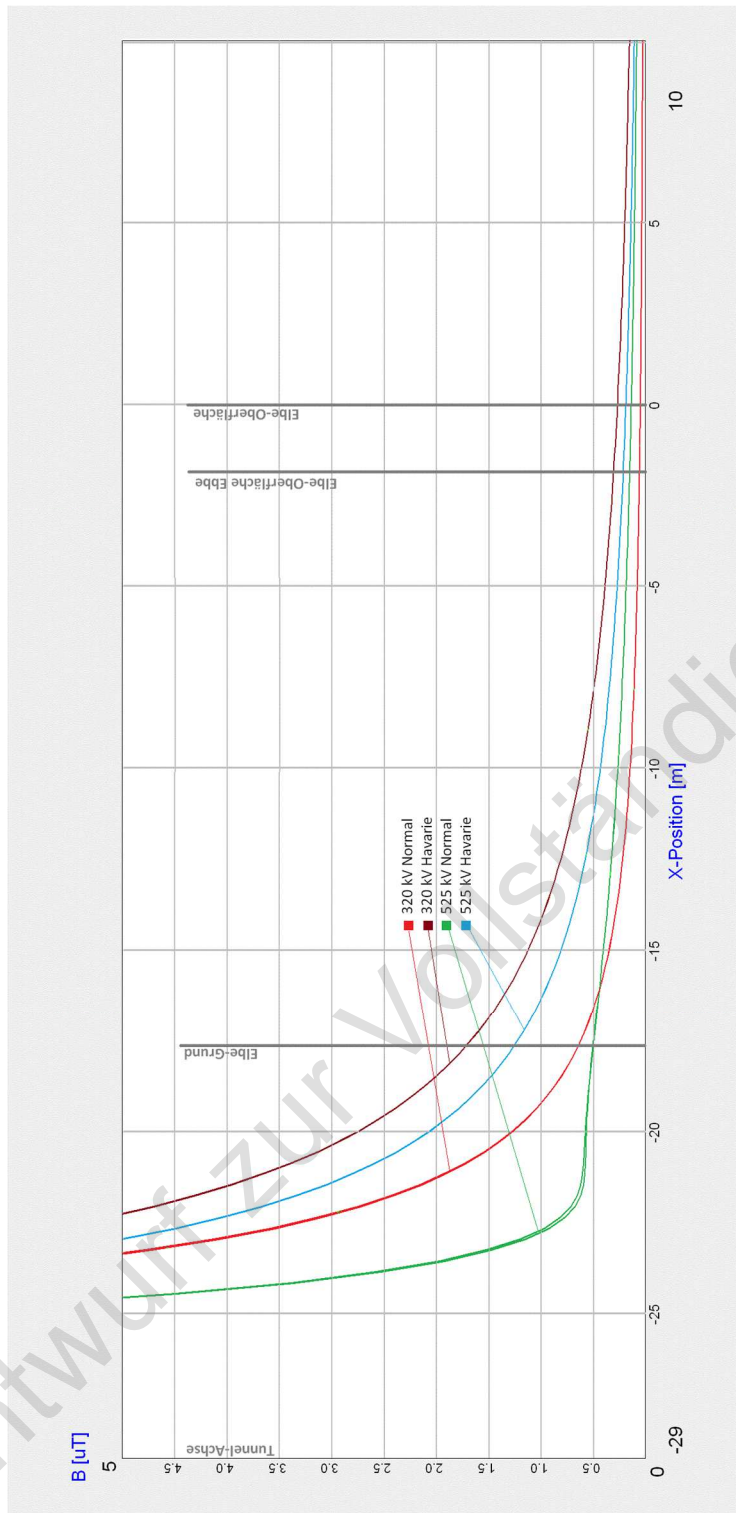
System 2o	+		-	System 3o
System 2u	-		+	System 3u
Störfalleiter	0		0	Störfalleiter

Betrieb einer Anlage: V3: 100 % Strom, V4: 0 % Strom

System 2o	+		0	System 3o
System 2u	-		0	System 3u
Störfalleiter	0		0	Störfalleiter

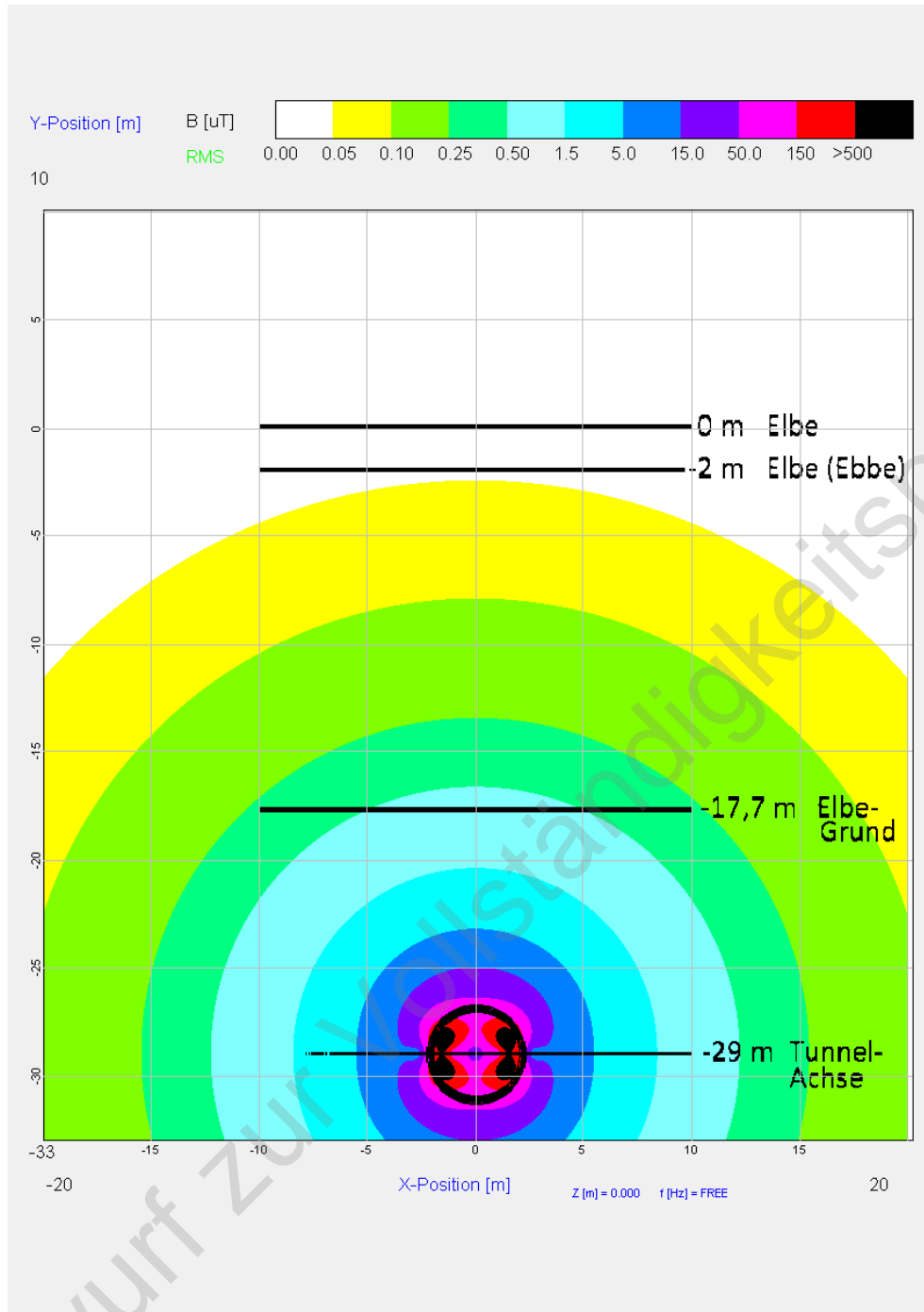
Vergleich der Plan- und Betriebsfälle

Magnetische Flussdichte in Abhängigkeit von der Höhe im Bereich über dem Tunnel für die Plan- und Betriebsfälle:

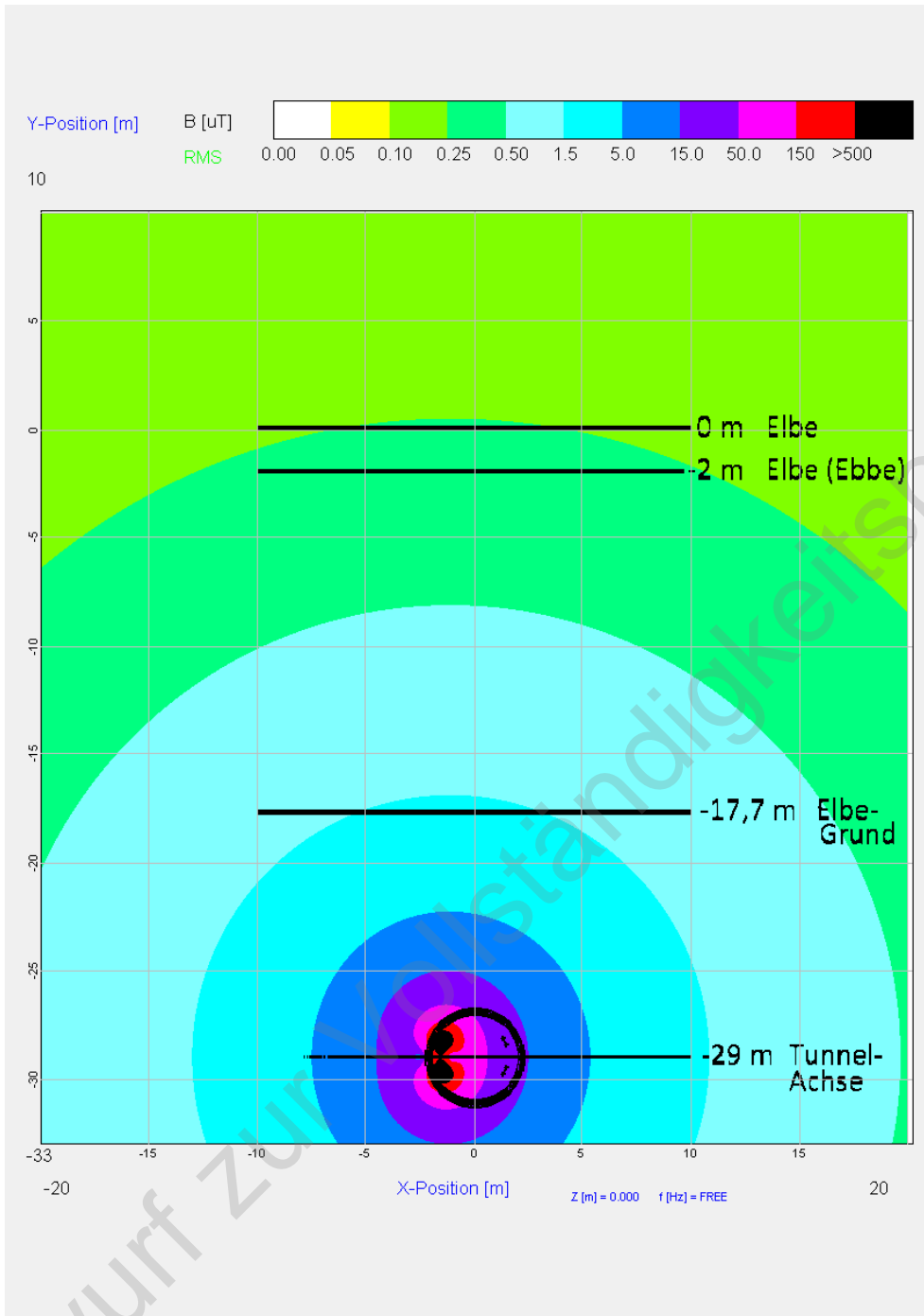


Magnetische Flussdichte über der Höhe;
Tunnel-Achse bei $x=-29$, Elbe-Oberfläche bei $x=0$

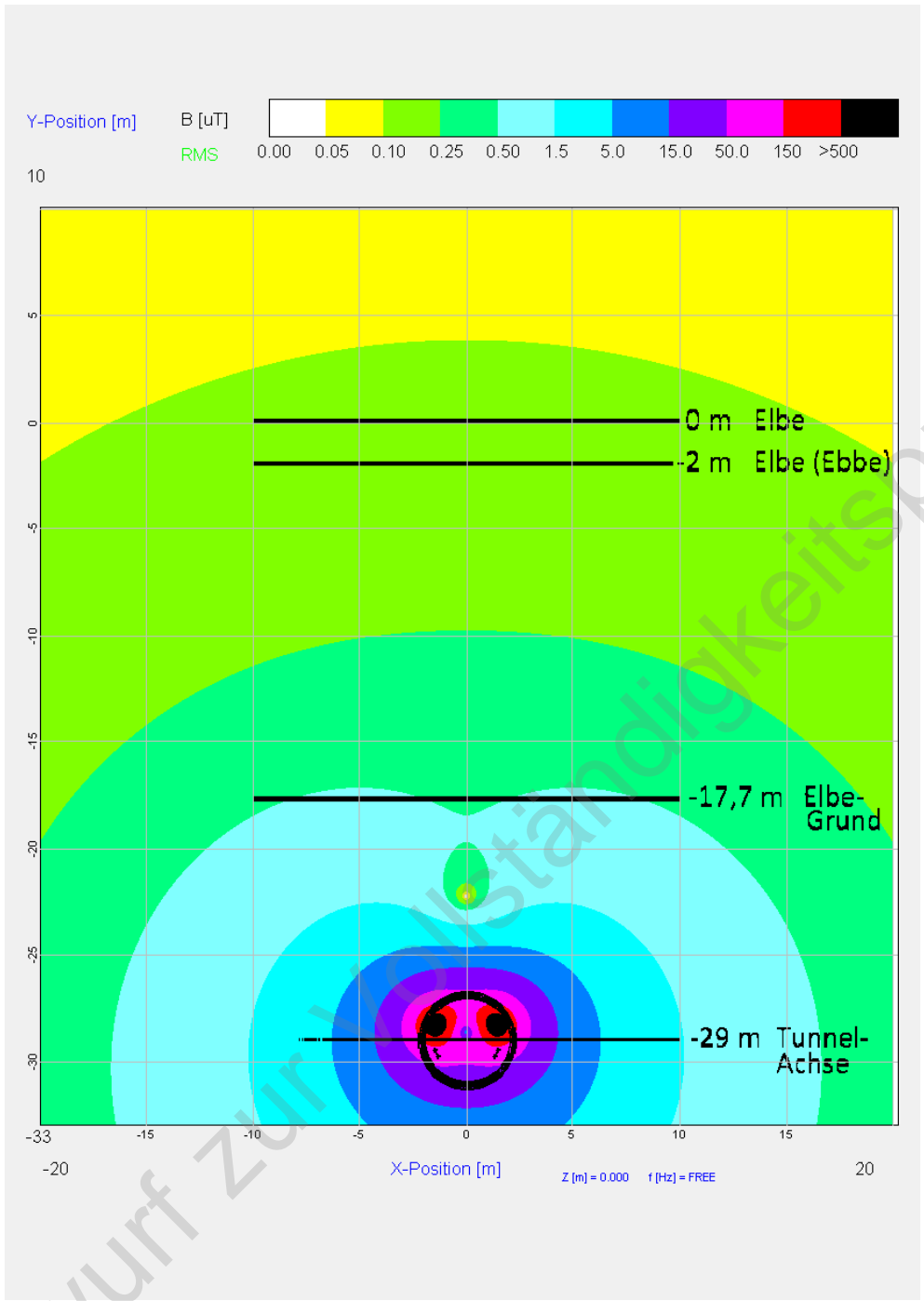
320 kV, Normalbetrieb (Stammstrecke)



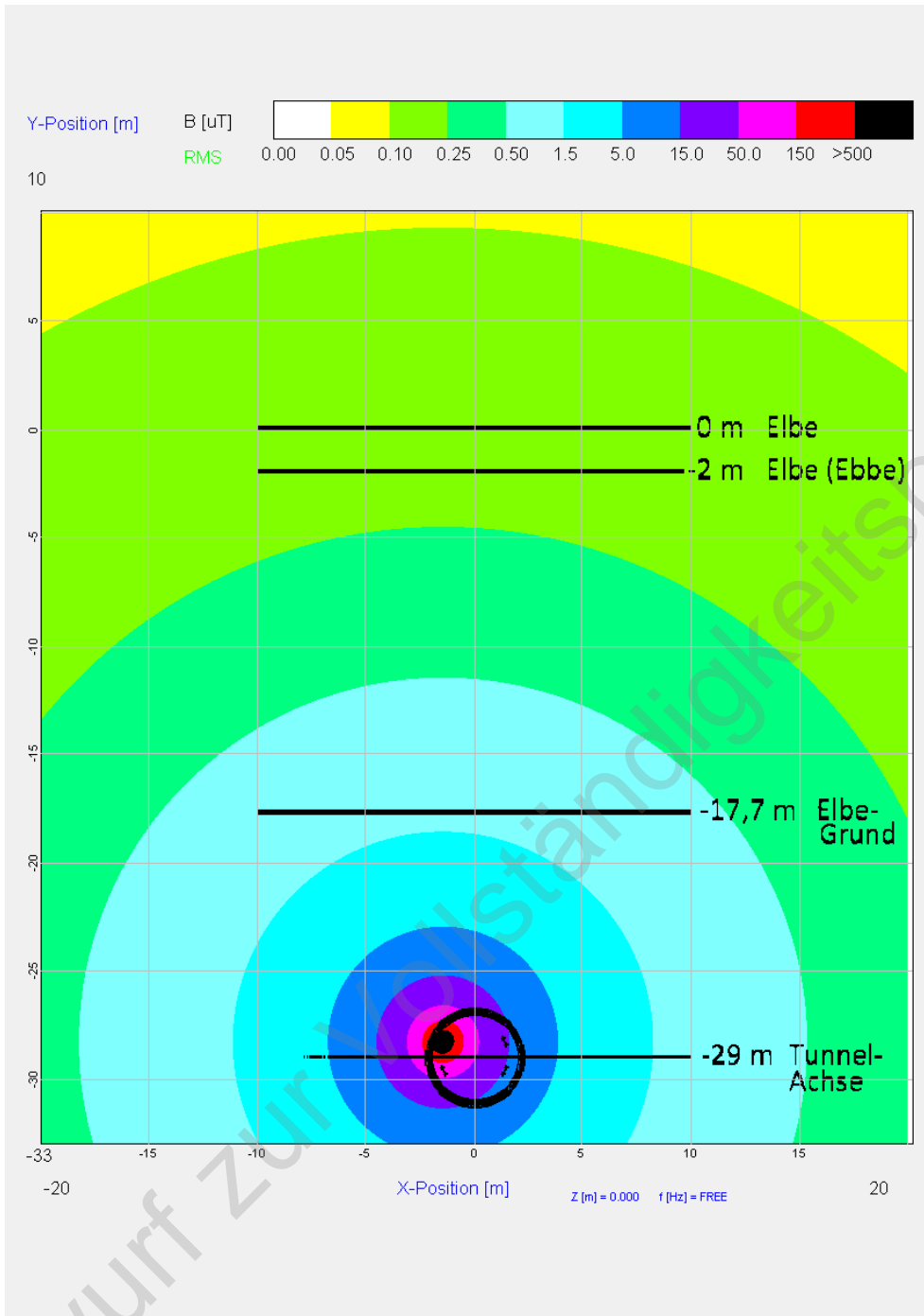
320 kV, Betrieb nur einer Anlage (Stammstrecke)



525 kV, Normalbetrieb (Stammstrecke)



525 kV, Betrieb nur einer Anlage (Stammstrecke)



2.4 IMMISSIONSORT HDD-QUERUNG

Für Gewässerquerungen sollen die im Gewässer zu erwartenden Flussdichten betrachtet werden. Gemäß verfügbaren Untersuchungen wird die Fauna nicht gestört, wenn an der Gewässersohle die von der Leitung ausgehende Flussdichte höchstens 45 μT ist.

2.4.1 LAGE

Aus technischen Gründen (Wärmeableitung, HDD-Bohrungsgenauigkeit) sind die Leiterabstände größer für eine zunehmende Legetiefe. Abweichend von der Abbildung 14 im folgenden Zitat sind keine „Metallic Return“ mehr geplant, es sind also nur Bipole zu betrachten.

Entsprechend DCA Richtlinie ist es erforderlich, mit 10facher Höhe des Durchmessers des Schutzrohrs zu queren.

Das bedeutet bei DN 250 (Außendurchmesser von ca. 280 mm) etwa 2,8 m unter Gewässersohle; bei zulässiger 10%iger Bohrtoleranz [ergeben sich dann etwas] mehr als 3 m Unterquerungstiefe.

Auszug aus Kapitel 2:

Die Schutzstreifen werden in den HDD-Bereichen aufgeweitet, da die Bohrungen Mindestabstände zueinander einhalten müssen, die sich einerseits aus der Steuergenauigkeit des Verfahrens, andererseits aus den erforderlichen Abständen zur Wärmeableitung im Untergrund ergeben. Die erforderliche Schutzstreifenbreite wird daher unterschiedlich ausfallen.

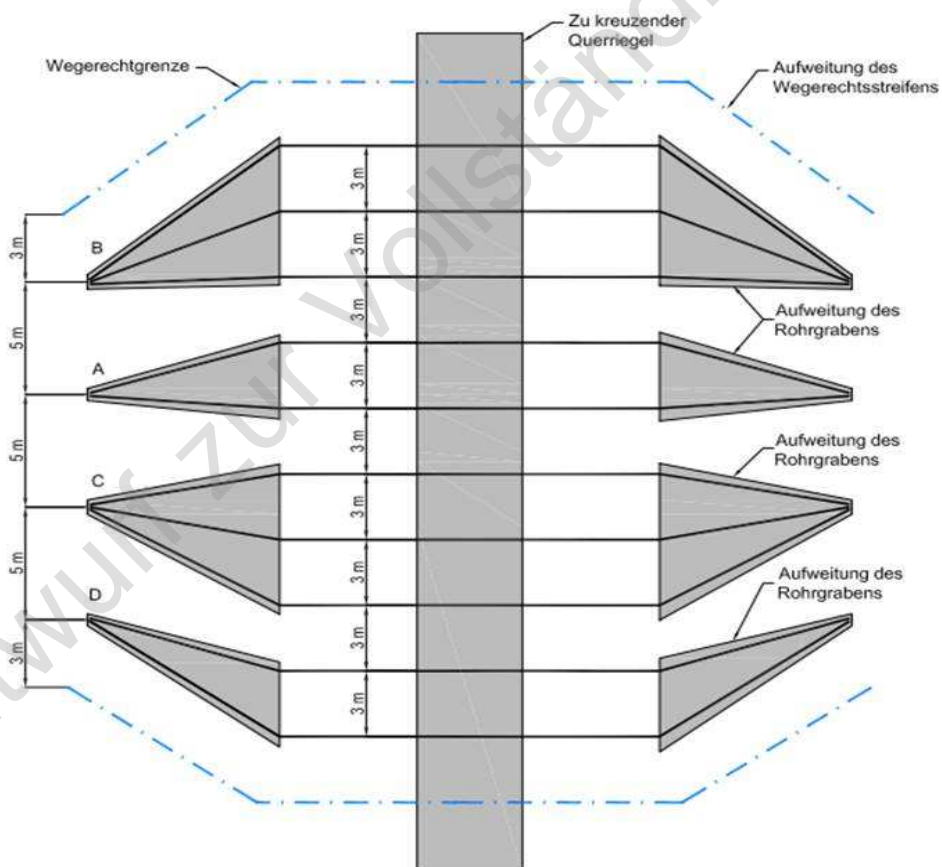


Abbildung 14: Typische Aufweitung des Stammstrecken-Wegerechtsstreifens bei geschlossenen Querungen mittels einzelner HDD

Hierbei ist zu beachten, dass sich der Achsabstand der einzelnen HDD bei zunehmender Verlegetiefe vergrößern muss, um die Wärmeableitung hinreichend zu gewährleisten. Eine vorläufige technische Festlegung dieser Maße lautet:

Überdeckung unter GOK	Achsabstand der Erdkabel
2,00 m	0,40 m
5,00 m	3,00 m
7,50 m	5,70 m
10,00 m	7,70 m

Maße und Anordnung der Leiter in der HDD-Querung:

- Maßgebend für die Leiterabstände ist die Legetiefe unter Geländeoberkante (GOK) gemäß Tabelle.
- Als Tiefe der Gewässersohle wird 2 m unter GOK angenommen.

Für den 525-kV-Planfall werden die Stromkreise 1 und 2 realisiert, für den 320-kV-Planfall sind alle vier Stromkreise vorgesehen.

2.4.2 PLAN- BZW. BETRIEBS-FÄLLE

Planfall 320 kV: Strom je Kabel 1.800 A
Polarität gem. Grabenprofil
Vorhaben 3 (V3) benutzt Stromkreise 1 und 2,
Vorhaben 4 (V4) benutzt Stromkreise 3 und 4

Normalbetrieb: alle Stromkreise mit 100 % Strom

Betrieb einer Anlage: V3: 100 % Strom, V4: 0 % Strom

Planfall 525kV: Strom je Kabel 2.100 A
Polarität gem. Grabenprofil
Vorhaben 3 (V3) benutzt Stromkreis 1,
Vorhaben 4 (V4) benutzt Stromkreis 2
Stromkreise 3 und 4 werden nicht realisiert.

Normalbetrieb: beide Stromkreise mit 100 % Strom

Betrieb einer Anlage: V3: 100 % Strom, V4: 0 %Strom

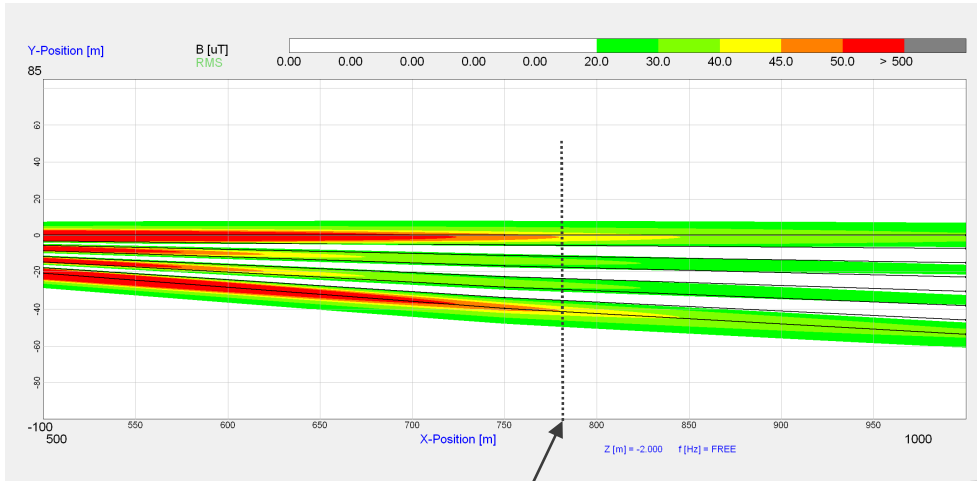
Berechnet sind die an der Gewässersohle, 2 m unter Geländeoberkante, auftretenden Flussdichten in Abhängigkeit von der Legetiefe. Die Legende ist angepasst an die Fragestellung, mit welcher Legetiefe die Flussdichte an der Gewässersohle 45 μ T nicht überschreitet.

Die Draufsichten zeigen einen Trassenausschnitt mit zunehmender Legetiefe und einer Aufweitung der Leiterabstände gemäß Vorgabe.

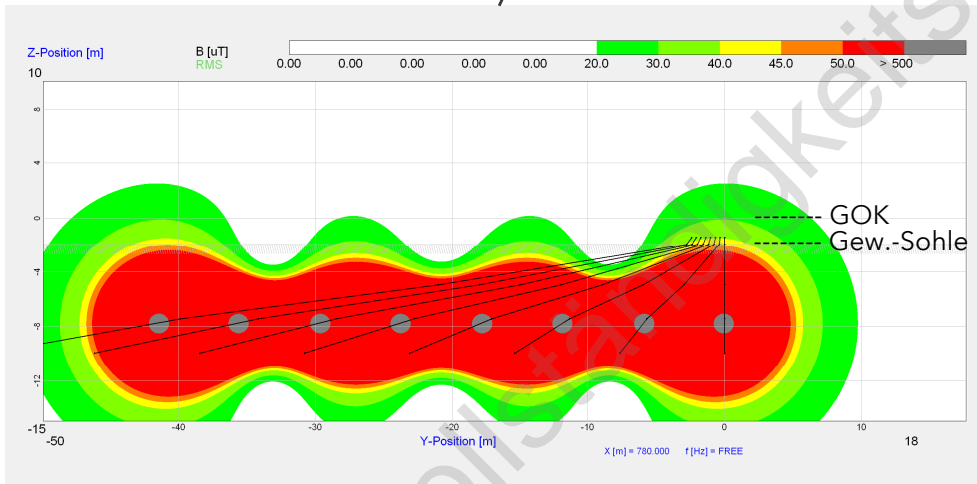
Die Legetiefe ist in den Grafiken proportional zur X-Position:

X = 100 m entspricht Legetiefe = 1 m unter GOK

320 kV, Normalbetrieb auf Stammstrecke

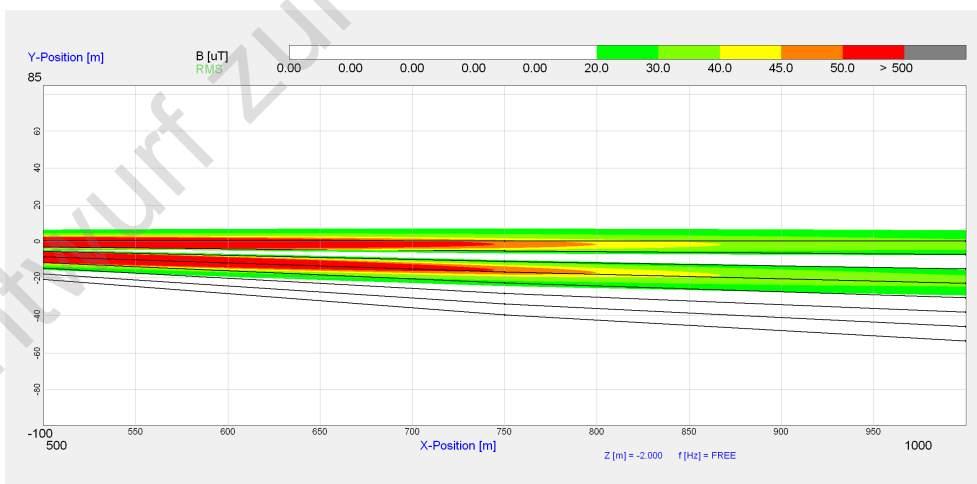


$B \leq 45 \mu\text{T}$ für Legetiefe $\geq 7,8 \text{ m}$



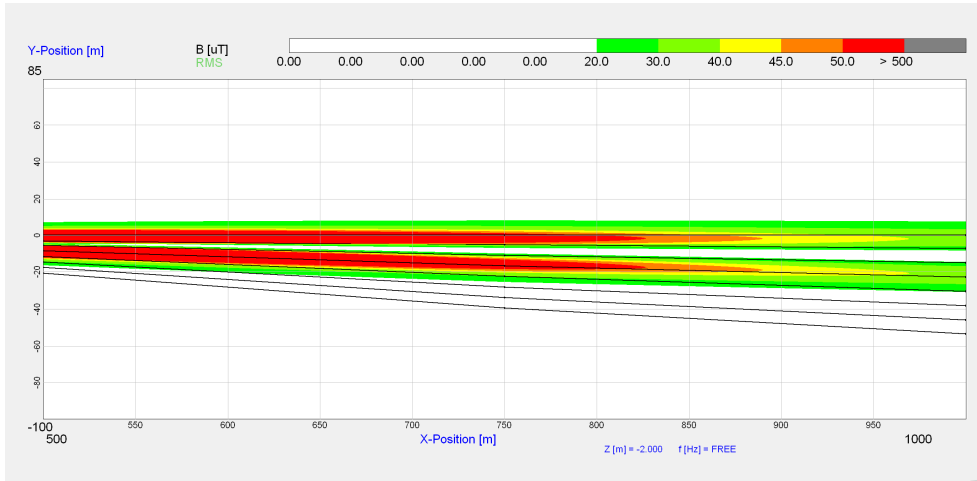
Querschnitt zur Kabeltrasse bei Legetiefe 7,8 m

320 kV, Betrieb einer Verbindung

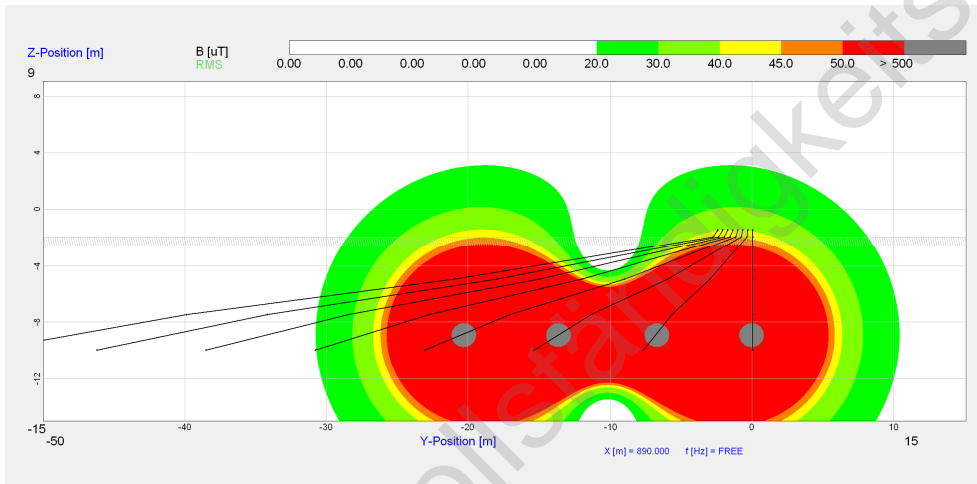


$B \leq 45 \mu\text{T}$ für Legetiefe $\geq 8,00 \text{ m}$

525 kV, Normalbetrieb auf Stammstrecke

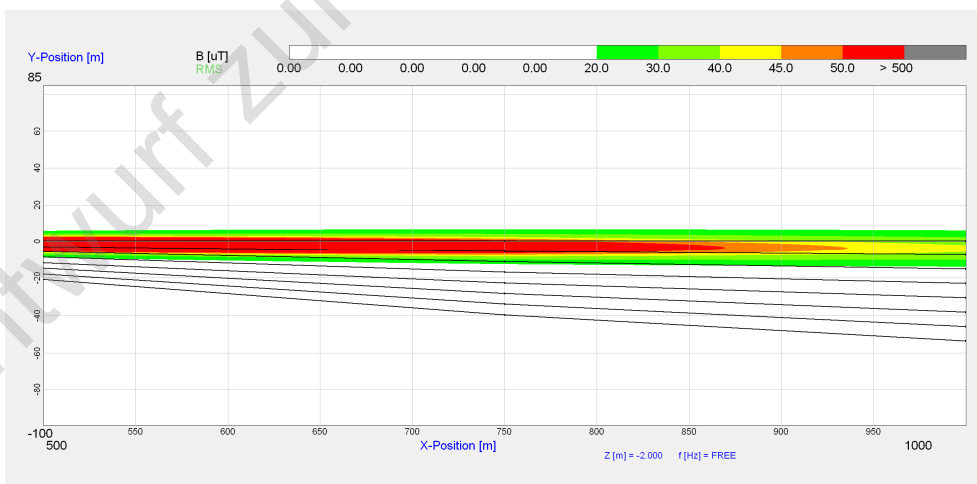


$B \leq 45 \mu\text{T}$ für Legetiefe $\geq 8,9 \text{ m}$



Querschnitt zur Kabeltrasse bei Legetiefe 8,9 m

525 kV, Betrieb einer Verbindung



$B \leq 45 \mu\text{T}$ für Legetiefe $\geq 9,4 \text{ m}$

Vergleich erforderlicher Legetiefen bei 45 μT an der Gewässersohle

Tabellarisch dargestellt sind für verschiedene Betriebs- und Auslastungsfälle die erforderlichen Legetiefen, bei denen die maximale Flussdichte an der Gewässersohle 45 μT nicht übersteigt.

Berechnet sind auch Fälle unter der Annahme realistischer/reduzierter Ströme, 1700 A im 320-kV-Betrieb bzw. 2000 A im 525-kV-Betrieb.

Hervorgehoben sind die Standard-Plan- und -Betriebsfälle.

Strom je Leiter in A	Legetiefe in m (Leiterabstand in m) für $B_{\max} = 45 \mu\text{T}$ an Gewässersohle		
	1 System	2 Systeme	4 Systeme
1700 A	8,1 (6,2)	7,7 (5,9)	7,5 (5,7)
1800 A	8,4 (6,4)	8,0 (6,1)	7,8 (5,9)
2000 A	9,1 (7,0)	8,6 (6,6)	8,4 (6,4)
2100 A	9,4 (7,2)	8,9 (6,8)	8,7 (6,7)

Entwurf zur Vollständigkeitsprüfung

i. A. Christian Eberhardt
Netzbau Technik

TransnetBW GmbH
Vorderbergstr. 6 /
Heilbronner Str. 35
70191 Stuttgart

T +49 711 21858-3094
F +49 711 21858-4451
c.eberhardt@transnetbw.de
www.transnetbw.de