



**Mehr Wert.  
Mehr Vertrauen.**

## Gutachten elektromagnetische Felder

**Immissionsgutachten für magnetische und elektrische Felder gemäß  
26. BImSchV und 26. BImSchVVwV im Rahmen der Erstellung der  
Genehmigungsunterlagen für das Planfeststellungsverfahren des  
Vorhabens:  
P420 Netzverstärkung Reicheneck - Rommelsbach**

**Planungsstand: 02/2025**

Auftraggeber TransnetBW GmbH  
Pariser Platz  
Osloer Str. 15-17  
70173 Stuttgart

Ziel der  
Untersuchung: Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte der  
26. BImSchV sowie Minimierung gemäß  
26. BImSchVVwV für das Vorhaben  
P420 Netzverstärkung Reicheneck - Rommelsbach

Bestellnummer: 4500004094 vom 10.04.2025

Bericht-Nr.: 4167214 EMF v3

Sachverständige Dr. Andrea Thiemann

Telefon-Durchwahl: (0 89) 57 91 - 37 56

E-Mail: andrea.thiemann@tuvsud.com

Berichtsumfang: 43 Seiten

Datum: 10. Juni 2026

Unsere Zeichen:  
IS-USG-MUC/tim

Dokument:  
2606 BF PFV TransnetBW P420  
REIECK-ROMM v3.docx

Das Dokument besteht aus  
43 Seiten.  
Seite 1 von 43

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

Die Prüfergebnisse beziehen  
sich ausschließlich auf die  
untersuchten Prüfgegenstände.

Abteilung Umwelt Service  
Elektromagnetische Umweltverträglichkeit

Stempel

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

**Sitz: München**  
Amtsgericht München HRB 96869  
USt-IdNr. DE129484218  
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV  
unter [tuvsud.com/impressum](http://tuvsud.com/impressum)

**Aufsichtsrat:**  
Walter Reithmaier (Vors.)  
**Geschäftsführung:**  
Simon Kellerer (Sprecher)  
Paula Pias Peleteiro  
Markus Starflinger

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

[tuvsud.com/de-is](http://tuvsud.com/de-is)  
Tel. Zentrale: 089 5190-4001

**TÜV®**



## Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung.....	3
2	Technische Parameter der geplanten 380-kV-Freileitungstrasse und des 110-kV-Erdkabels .....	5
2.1	380-kV-Freileitungstrasse .....	5
2.2	110-kV-Erdkabel .....	8
3	Rechtliche und normative Grundlage – 26. BImSchV .....	10
3.1	Anwendungsbereich und maßgebliche Immissionsorte.....	10
3.2	Höchste betriebliche Anlagenauslastung .....	11
3.3	Berücksichtigung der Vorbelastung durch andere Niederfrequenzanlagen und ortsfeste Hochfrequenzanlagen.....	11
3.4	Überspannungsverbot.....	12
3.5	Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden.....	12
4	Maßgebliche Immissionsorte .....	13
5	Anwendung des Minimierungsgebots von §4 Abs. (2) der 26. BImSchV .....	15
5.1	Vorprüfung nach 26. BImSchVVwV .....	15
5.1.1	Maßgebliche Minimierungsorte 380-kV-Freileitung.....	16
5.1.2	Maßgebliche Minimierungsorte 110-kV-Erdkabel .....	18
5.1.3	Zusammenfassung Ergebnis Vorprüfung .....	19
5.2	Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen 380-kV-Freileitung.....	19
5.2.1	Abstandsoptimierung.....	20
5.2.2	Elektrische Schirmung.....	20
5.2.3	Minimieren der Seilabstände .....	21
5.2.4	Optimieren der Mastkopfgeometrie .....	22
5.2.5	Optimieren der Leiteranordnung.....	22
5.2.6	Maßnahmenbewertung .....	23
5.3	Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen 110-kV-Erdkabel .....	24
5.3.1	Minimieren der Kabelabstände.....	24
5.3.2	Optimieren der Leiteranordnung.....	25
5.3.3	Optimieren der Verlegegeometrie.....	25
5.3.4	Optimieren der Verlegetiefe.....	26
5.3.5	Maßnahmenbewertung Erdkabel.....	26
6	Zusammenfassung und Bewertung .....	27
7	Anhang.....	28
7.1	Maßgebliche Minimierungsorte .....	29
7.1.1	380-kV-Freileitung .....	29
7.1.2	110-kV- Erdkabel.....	32
7.2	Höchste Immissionswerte unterhalb der Freileitungstrasse.....	34
7.3	Höchste Immissionswerte oberhalb der Erdkabeltrasse.....	39
7.4	Prüfgrundlagen .....	40
7.5	Berechnung der Unsicherheit nach DIN EN 50413 .....	41
7.6	Glossar .....	42



## 1 Aufgabenstellung

Die TransnetBW plant eine Netzverstärkungsmaßnahme an einer bestehenden 380-kV-Höchstspannungsfreileitung zwischen den Reutlinger Stadtteilen Reicheneck und Rommelsbach. Die Netzverstärkungsmaßnahme ermöglicht dem NOVA-Prinzip folgend eine Erhöhung der Übertragungskapazität auf einem bestehenden Freileitungsgestänge. Seit dem Bau der Bestandsleitung „Reicheneck – Rommelsbach“ im Jahr 2008 liegen zwei Stromkreise auf: Zum einen ein 380-kV-Stromkreis, zum anderen ein 110-kV-Stromkreis der Netze BW.

Der Gestängeplatz des 110-kV-Stromkreises wird zukünftig durch einen neuen 380-kV-Stromkreis belegt. Zur Umsetzung dieser Netzverstärkung ist ein Ersatz für den bestehenden Stromkreis erforderlich. Dieser wird überwiegend entlang von bestehenden Wegeinfrastrukturen als Erdkabel verlegt.

Im Rahmen des Vorhabens werden darüber hinaus die bestehenden Leiterseile des 380-kV-Stromkreises gegen leistungsstärkere Leiterseile ausgetauscht.

Die Maßnahme dient der überregionalen Steigerung der überregionalen Übertragungskapazität im Übertragungsnetz. Rund um die Metropolregion Stuttgart verläuft ein ringförmiges Übertragungsnetz, welches zwischen Reicheneck und Rommelsbach bislang lediglich durch einen Stromkreis geschlossen ist. Der zweite Stromkreis ermöglicht einen Lückenschluss.

Teil des Planfeststellungsantrages sind zwei Maßnahmen des bestätigten Netzentwicklungsplans 2037/2045.

Zwischen den Punkten **Reicheneck und Rommelsbach** wird **ein weiterer 380-kV-Stromkreis** auf die **bestehende Leitungsanlage 0344** aufgelegt, im Netzentwicklungsplan ist die Maßnahme als **P420** bestätigt.

Darüber hinaus werden die **Leiterseile des bestehenden 380-kV-Stromkreises** gegen **neue Leiterseile ausgetauscht**, um die Übertragungskapazität zu erhöhen. Letztere Maßnahme ist als **M859** (Pkt. Rommelsbach – Metzingen) ein Teil des Vorhabens P676 (Netzverstärkung Stuttgart West-/Ostumfahrung) und wird zwischen den Punkten Rommelsbach und Reicheneck umgesetzt. Dadurch ergeben sich sowohl im Genehmigungsverfahren als auch in der Flächeninanspruchnahme der Bautätigkeiten Synergieeffekte. Die Kombination beider Maßnahmen in einem Genehmigungs- und Baubestand ist offensichtlich und wird im Netzentwicklungsplan folgendermaßen dargestellt:

„Die Maßnahmen M858 und M859 setzen auf der Umsetzung der Ad-hoc-Maßnahme M630 des Projektes P420 auf und verstärken gemeinsam die West-/Ostumfahrung um den Großraum Stuttgart.“ (Netzentwicklungsplan 2023 - 2037/2045, S. 406).

„Die Ad-hoc-Maßnahme M630 bildet die Vorstufe für das Projekt P676, da mit der M630 ein 2 km langer 380 kV-Stromkreis zubeseilt wird, welcher später für die P676 genutzt wird. Das Projekt P676 wird ebenfalls bestätigt, sodass die Ad-hoc-Maßnahme M630 als Teil der P676 angesehen werden kann.“ (Netzentwicklungsplan 2023 - 2037/2045, S. 248)

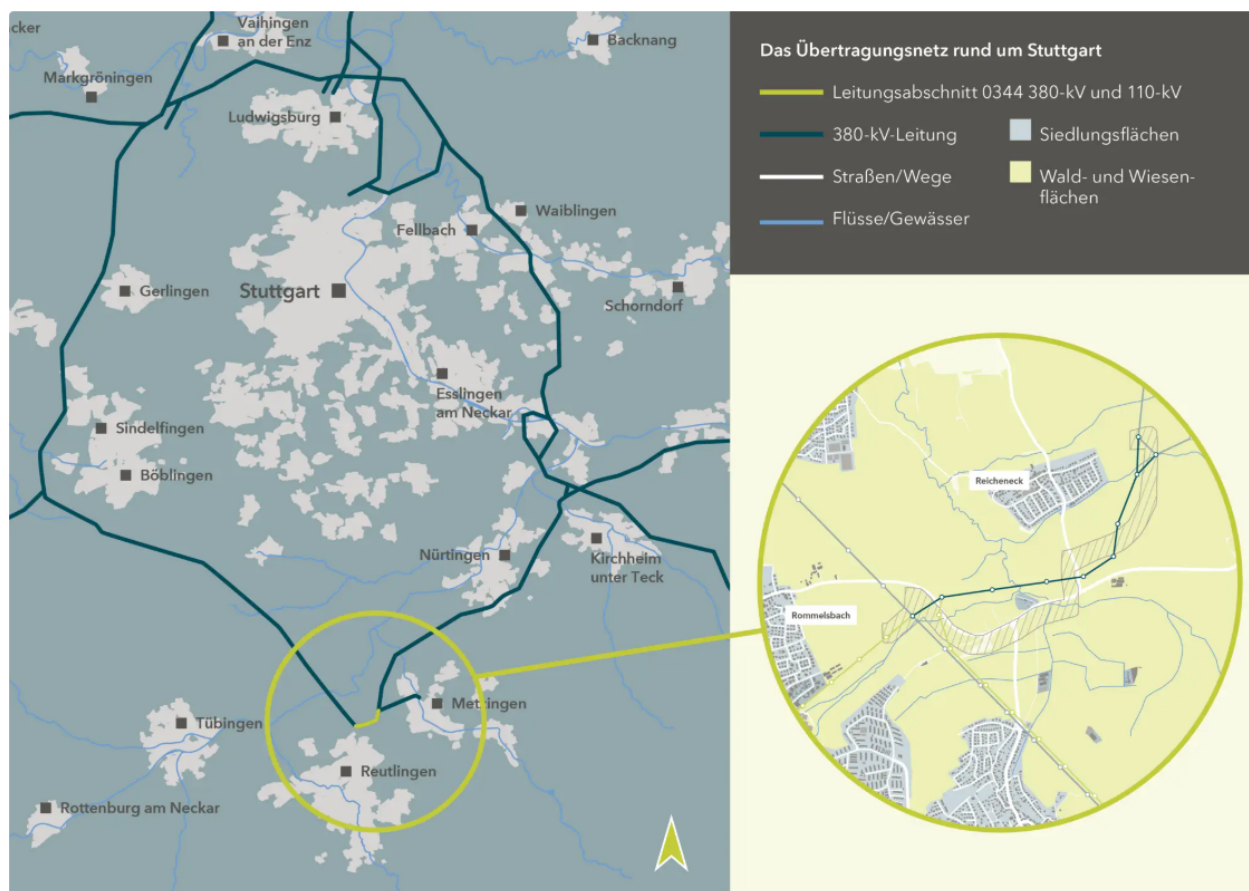


Abb. 1: Übersicht der Vorhabens

In diesem Gutachten sollen die elektrischen und magnetischen Felder an den maßgeblichen Immissionsorten für die Nennströme und Nennspannungen für die Maßnahmen P420 und M859 berechnet und mit den Grenzwerten der 26. BImSchV verglichen werden. Dabei werden jeweils die Phasenlagen aller Systeme so gewählt, dass sie zu den höchsten Immissionen der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke an den maßgeblichen Immissionsorten führen. Zusätzlich erfolgt eine Beurteilung bzw. Bewertung gemäß 26. BImSchVVwV an den maßgeblichen Minimierungsorten. Die weiteren Vorgaben der 26. BImSchV sollen ebenfalls auf Einhaltung hin geprüft werden.



## 2 Technische Parameter der geplanten 380-kV-Freileitungstrasse und des 110-kV-Erdkabels

### 2.1 380-kV-Freileitungstrasse

Von der TransnetBW wurden folgende technische Parameter genannt, die Grundlage für die Begutachtung der 380-kV-Freileitungstrasse waren:

	<b>LA 0344 Reicheneck - Rommelsbach</b>	<b>LA 0343 Wendlingen - Metzingen</b>
Beseilung je Stromkreis	2 x 264-AT1-34-A20SA	AL/ST 265/35 (110-kV) AL/ST 560/50 (380-kV)
Anzahl der Bündelleiter	4	1 (110-kV) 3 (380-kV)
Anzahl der Stromkreise	2	2
Erdseil bzw. Luftkabel	2 x AY /AW 226/49	AY /AW 121/49 AY /AW 120/70
Frequenz	50 Hz	50 Hz
Masttyp	Tonne	Donau – Einebene
Nennspannung <sup>1</sup>	420 kV	123 kV 420 kV
Nennstrom <sup>2</sup>	4000 A	380 A 4000 A
Anzahl der Ebenen	3	3 (Mast 053) 4 (Mast 054)
Mastnummern im Projekt	0343-053 sowie 0343-053 bis 0344-001, 001 bis 007, 0344-007 bis 4508-224A	053-054

Tab. 1: Technische Parameter der 380-kV-Freileitungstrasse

Im Folgenden sind beispielhafte Mastkopfgeometrien der LA 0344 dargestellt.

<sup>1</sup> Als Nennspannung im Sinne der 26. BImSchV wird die höchste Betriebsspannung verwendet

<sup>2</sup> thermisch maximal zulässiger Dauerstrom

0344/003  
WAD 3 27,00  
D 31-02 o. SSB  
DA (6.20m, 228.7kg)

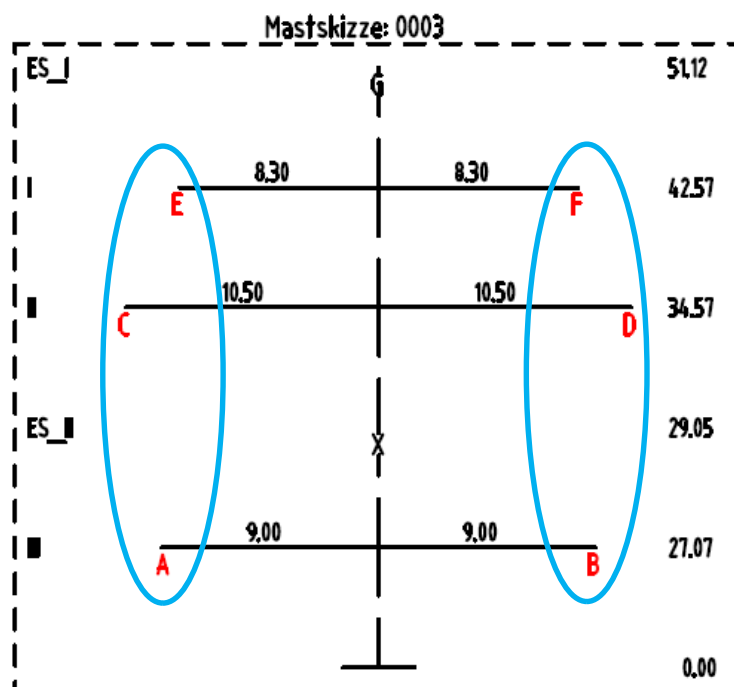


Abb. 2: Beispielhafte Mastkopfgeometrie eines Abspannmasten der **LA 0344** für die Tonnenanordnung. Je Seite des Mastes befindet sich ein Stromkreis (blau eingekreist). Die geplanten Phasenlagen der beiden 380-kV-Stromkreise lautet A-C-E  $\triangleq$  L3-L1-L2 sowie B-D-F  $\triangleq$  L1-L3-L2

Vom Mast 001 der MA 0344 verläuft je ein 380 kV-Stromkreis zu Mast 053 und 054 der LA 0343. Zwischen den Masten 053 und 054 der LA 0344 verlaufen ein 110-kV-Stromkreis und ein 380-kV-Stromkreis. Die beiden Mastköpfe sind in der folgenden Abbildung für die Stromkreise der LA 0343 gezeigt.

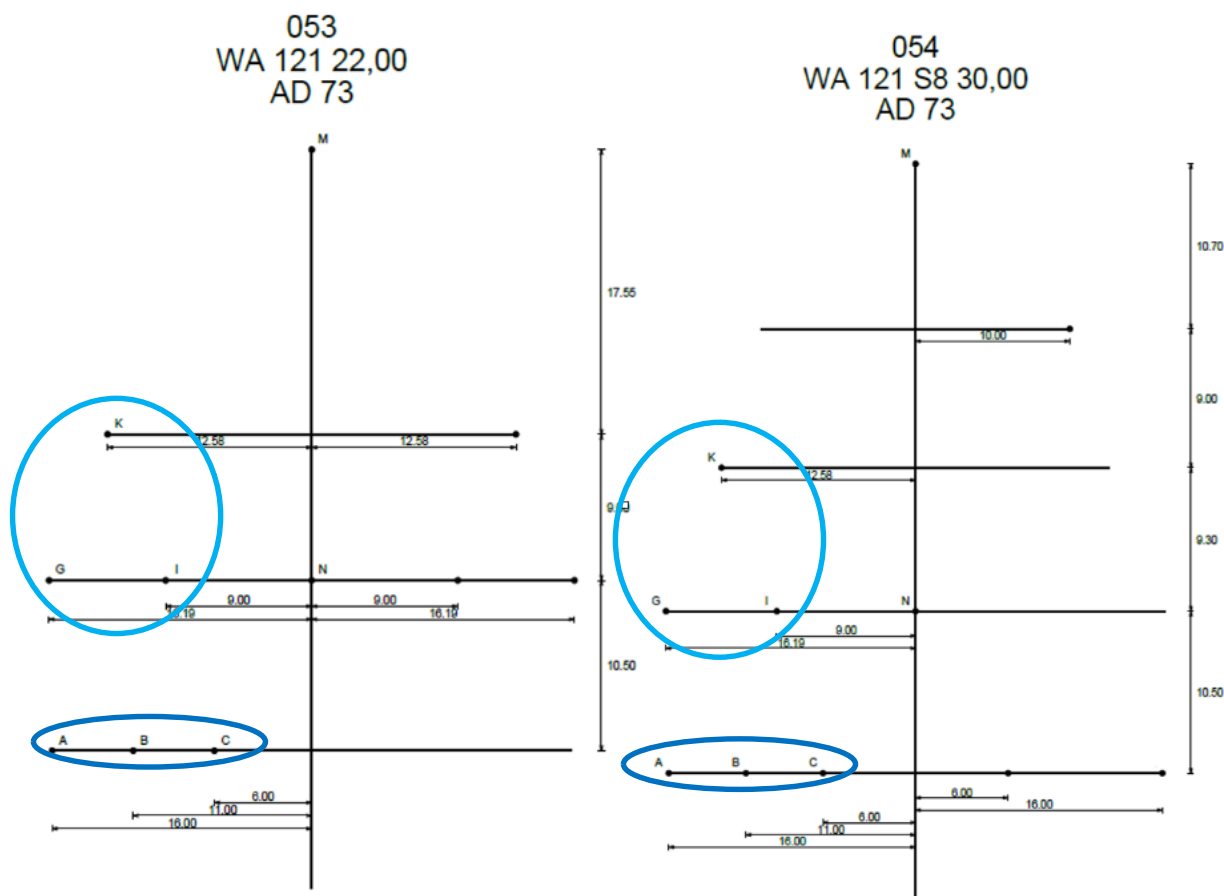


Abb. 3: Mastkopfgeometrien der beiden Abspannmasten der **LA 0343** für die Donau-Einebenenordnung. Die jeweiligen Stromkreise sind dunkelblau (110-kV) und hellblau (380-kV) markiert. Die geplanten Phasenlagen der Stromkreise lauten:  
 A-B-C  $\triangleq$  L1-L2-L3 (110-kV-Stromkreis)  
 sowie G-I-K  $\triangleq$  L3-L2-L1 (380-kV-Stromkreis)



## 2.2 110-kV-Erdkabel

Von der TransnetBW wurden folgende technische Parameter genannt, die Grundlage für die Begutachtung der 110-kV-Erdkabeltrasse der Netze BW waren:

	<b>9521 Reicheneck – Rommelsbach</b>
Betreiber	Netze BW
Beseilung je Stromkreis	N2XS(FL)2Y 1x2500 RMS/50
Anzahl der Stromkreise	1
Frequenz	50 Hz
Nennspannung	123 kV
Nennstrom <sup>3</sup>	1360 A
Kabelverlauf von	Mast 0309/097A bis 0343/053

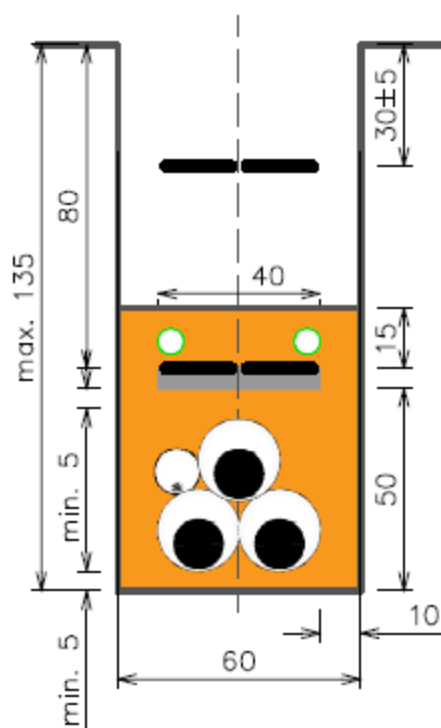
Tab. 2: Technische Parameter des geplanten 110-kV-Erdkabels der Netze BW

Im Folgenden sind ein Standard-Grabenprofil für offene Bauweise sowie für HDD-Bauweise gezeigt. Die Ausführung erfolgt bis auf drei kurze Teilbereiche in offener Bauweise. Ausnahme bilden nur zwei Straßenquerungen sowie eine Bachquerung.

---

<sup>3</sup> thermisch maximal zulässiger Dauerstrom

Grabenprofil (Angaben in cm):



Grabenausführung  
und -sicherung  
gemäß DIN 4124

Profil geschlossene Verlegung mittels HDD  
mit PE-HD-Kabelschutzrohr 250 x 25,0 mm

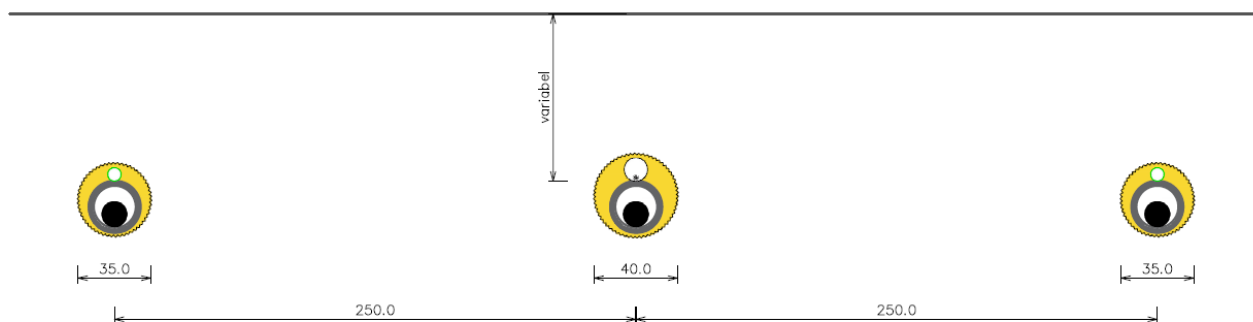


Abb. 4: oben: Standard-Grabenprofil in offener Bauweise  
unten: Standard-Grabenprofil für HDD-Verlegung

Die minimale Überdeckung der Erdkabel beträgt für den gesamten Trassenabschnitt 90 cm.



### 3 Rechtliche und normative Grundlage – 26. BImSchV

Aufgrund § 3, Abs. 2 der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) vom 16.12.96 [1] in der Fassung vom 14. August 2013 sind zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen Niederfrequenzanlagen, die nach dem 22. August 2013 errichtet werden, so zu betreiben, dass sie in ihrem Einwirkungsbereich an Orten, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung die im Anhang der 26. BImSchV genannten Grenzwerte nicht überschreiten.

Als Niederfrequenzanlagen werden dabei alle ortsfesten Anlagen bezeichnet, die zur Umleitung und Fortleitung von Elektrizität mit einer Nennspannung von 1000 V oder mehr betrieben werden und eine Frequenz zwischen 1 Hz und 9 kHz aufweisen.

Der Einwirkungsbereich einer Niederfrequenzanlage beschreibt den Bereich, in dem die Anlage einen signifikanten von der Hintergrundbelastung abhebenden Immissionsbeitrag verursacht, unabhängig davon, ob die Immissionen tatsächlich schädliche Umwelteinwirkungen auslösen.

Frequenz	Elektrische Feldstärke $E$	Magnetische Flussdichte $B$
50 Hz	5 kV/m	100 $\mu\text{T}^4$

Tab. 3: Grenzwerte für die Frequenz 50 Hz nach Anhang 1a der 26. BImSchV<sup>5</sup>

#### 3.1 Anwendungsbereich und maßgebliche Immissionsorte

Maßgebliche Immissionsorte sind Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind und sich laut Ziff. II.3.1 der LAI Hinweise [2] für die vorliegenden 380-kV-Freileitungen jeweils in einem Streifen von 20 m Breite angrenzend an den ruhenden äußeren Leiter befinden. Für das 110-kV-Erdkabel ist ein Bereich von 1 m radial um das Erdkabel zu betrachten. Die Mindestüberdeckung beträgt 0,9 m, wodurch hier nur der Bereich direkt oberhalb des Erdkabels betrachtet werden muss.

Dem nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen dienen Gebäude und Grundstücke, in oder auf denen nach der bestimmungsgemäßen Nutzung Menschen regelmäßig länger – mehrere Stunden – verweilen können. Als Anhaltspunkt ist dabei die üblicherweise anzunehmende durchschnittliche Aufenthaltsdauer einer einzelnen Person heranzuziehen. Das schutzwürdige Gebäude oder Grundstück muss nicht notwendigerweise einem dauernden Aufenthalt, z. B. dem Wohnen, dienen.

<sup>4</sup> Gemäß §3 der 26.BImSchV müssen Niederfrequenzanlagen mit einer Frequenz von 50 Hz die Hälfte des im Anhang 1a genannten Grenzwertes von 200  $\mu\text{T}$  für die magnetische Flussdichte einhalten.

<sup>5</sup> An Orten, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind.



### 3.2 Höchste betriebliche Anlagenauslastung

Für die Immissionsauswirkung der Anlage ist die elektrische und magnetische Feldstärke bei „höchster betrieblicher Auslastung“ zu ermitteln. Diese ist laut 26. BImSchV nicht durch die tatsächliche zu erwartende maximale Auslastung der Anlage, sondern durch eine technische Grenze charakterisiert, bei Umspannanlagen beispielsweise durch die Nennleistung von Transformatoren, bei Freileitungen und Sammelschienen durch den thermisch maximal zulässigen Dauerstrom des verwendeten Leiterquerschnitts sowie die Nennspannung.

### 3.3 Berücksichtigung der Vorbelastung durch andere Niederfrequenzanlagen und ortsfeste Hochfrequenzanlagen

Laut § 3 Abs. 3 der 26. BImSchV sind bei der Ermittlung der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte alle Immissionen zu berücksichtigen, die durch andere Niederfrequenzanlagen sowie durch ortsfeste Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 Kilohertz und 10 Megahertz, die einer Standortbescheinigung nach §§ 4 und 5 der Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder bedürfen, gemäß Anhang 2a entstehen. Dies betrifft vor allem Langwellen-, Mittelwellen- und Kurzwellenrundfunksender, die eine Reichweite bis zu 1000 km haben.

Gemäß Abs. II.3.4 LAI 2014 [2] ist die Vorbelastung von anderen **Niederfrequenzanlagen** im Einwirkungsbereich zu berücksichtigen, wenn sie relevant zur Immission beitragen. Da es für die Freileitungs- und Erdkabeltrasse keine maßgeblichen Immissionsorte gibt (siehe auch Kapitel 4), muss auch keine Vorbelastung berücksichtigt werden.

Gemäß Abs. II.3.4 der LAI Hinweise zur Durchführung der 26. BImSchV tragen Immissionen durch **Hochfrequenzanlagen** im oben genannten Frequenzbereich ab einem Abstand von 300 m nicht relevant zur Vorbelastung bei und machen daher eine gezielte Vorbelastungsermittlung entbehrlich, sofern keine gegenteiligen Anhaltspunkte bestehen.

Die nächstgelegene, diesbezüglich relevante Hochfrequenzanlage befindet sich nordwestlich in Tübingen (Abstand größer 12 km; emf-Datenbank der BNetzA, Stand: 22.05.2025) und muss daher nicht berücksichtigt werden.

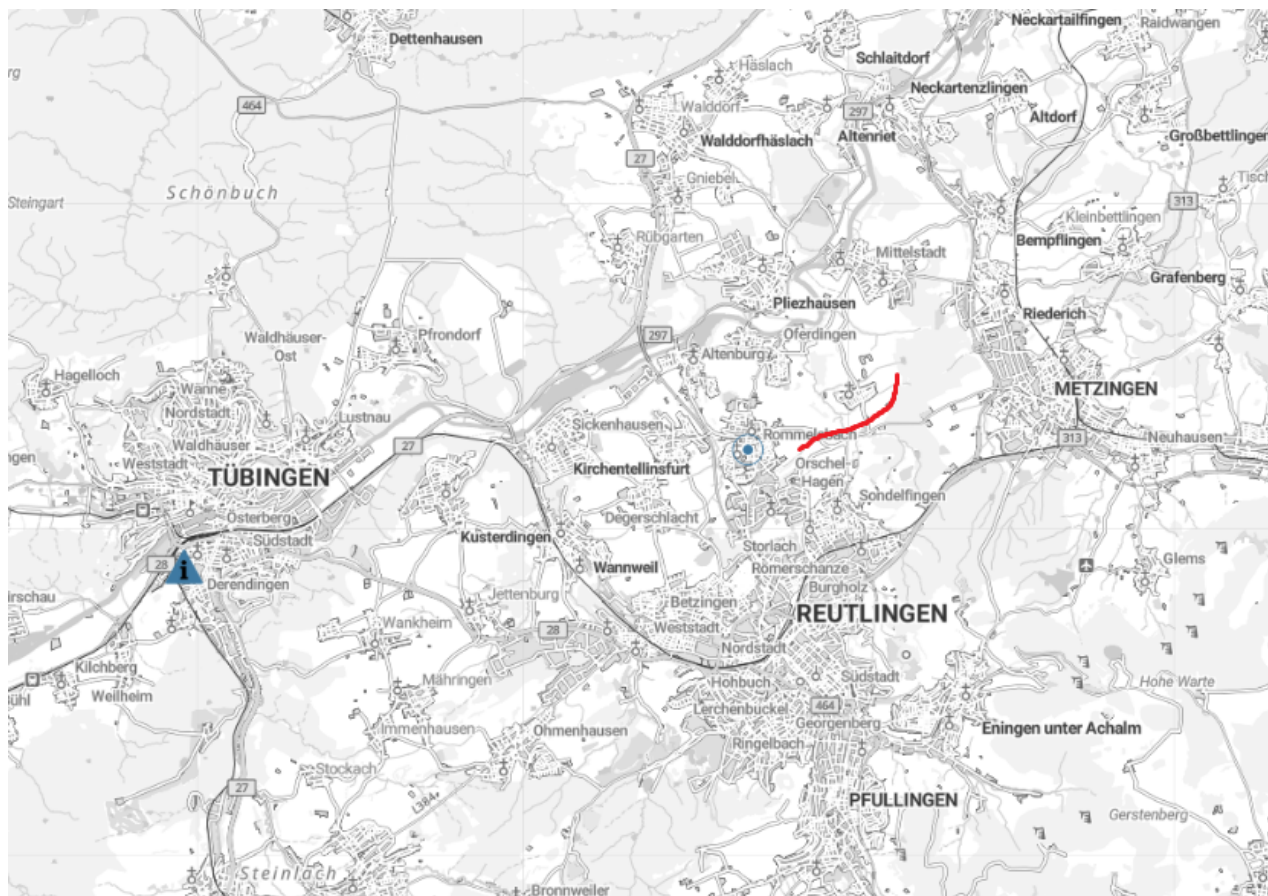


Abb. 5: Karte aus der EMF-Datenbank der BNetzA mit relevanten Hochfrequenzanlagen (blaues Dreieck) und ungefähre Lage des Vorhabens (rote Linie), Stand: 22.05.2025

### 3.4 Überspannungsverbot

Für in neuer Trasse errichtete Niederfrequenzleitungen mit einer Frequenz von 50 Hz und einer Nennspannung von 220 kV oder mehr gilt ein Überspannungsverbot von Gebäuden oder Gebäudeteilen, die zum dauerhaften Aufenthalt von Personen bestimmt sind (§ 4 Abs. 3 der 26. BImSchV).

In dem Vorhaben befinden sich keine maßgeblichen Immissionsorte (siehe Kapitel 4). Es werden demnach auch keine Gebäude oder Gebäudeteile überspannt, die zum dauerhaften Aufenthalt von Personen bestimmt sind. Es befinden sich in dem Vorhaben generell keine Gebäude, die überspannt werden.

### 3.5 Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden

Wirkungen wie Funkenentladungen auch zwischen Personen und leitfähigen Objekten, die zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können (§3 Abs. 4 26. BImSchV), sollen vermieden werden. Da es im Bereich der Freileitung keine maßgeblichen Immissionsorte gibt, gibt es gemäß 26. BImSchV auch keine Bereiche, in denen die Wirkungen wie Funkenentladung auch zwischen Personen, die zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können, überprüft



werden müssen.

In Einzelfällen kann jedoch die zuständige Behörde anordnen, dass die Grenzwerte auch an einem Ort, der nur dem vorübergehenden Aufenthalt dient, einzuhalten sind, wenn es konkrete Anhaltspunkte für nicht zumutbare Belästigungen gibt und Maßnahmen zur Grenzwerteinhaltung verhältnismäßig sind.

#### **4 Maßgebliche Immissionsorte**

Gemäß Abs. II.3.1 der LAI-Hinweisen muss bei 380-kV-Freileitungen ein Bereich von 20 m um den ruhenden äußeren Leiter der Freileitung auf das Vorhandensein von Orten zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt überprüft werden. Für 110-kV-Erdkabel ist ein Bereich von 1 m radial um das Kabel zu prüfen.

Eine Übersicht der 380-kV-Freileitungstrasse sowie der 110-kV-Erdkabeltrasse und der nach LAI-Hinweisen zu prüfenden Bereiche ist in den folgenden Abbildungen dargestellt. Das Erdkabel ist in mindestens 90 cm Tiefe verlegt, somit ist nur direkt oberhalb des Erdkabels zu prüfen, ob sich dort maßgebliche Immissionsorte befinden.

Es wurden sowohl für die Freileitung als auch für das Erdkabel **keine maßgeblichen Immissionsorte** im Einwirkungsbereich der Trassen ermittelt.





## 5 Anwendung des Minimierungsgebots gemäß § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV

Laut § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV sind bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Die nähere Vorgehensweise regelt die 26. BImSchVVwV.

Als erster Schritt des Verfahrens ist eine Vorprüfung durchzuführen.

### 5.1 Vorprüfung nach 26. BImSchVVwV

Der Seiltausch und der Ersatz des 110-kV-Systems durch ein 380-kV-System sowie die zusätzliche Verlegung eines 110-kV-Erdkabels sind als wesentliche Änderung anzusehen. Der Einwirkungsbereich und Bewertungsabstand ist laut Abs. 3.2.1.2 und 3.2.2 der 26. BImSchVVwV folgendermaßen festgelegt:

Anlage	Einwirkungsbereich	Bewertungsabstand
Drehstromfreileitung $\geq 380$ kV	400 m	20 m
Erdkabel $\geq 110$ kV < 280 kV	35 m	1 m

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

Zunächst muss bestimmt werden, ob sich im Einwirkungsbereich der Anlage mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort (MMO) befindet. Erst wenn dies der Fall ist, ist eine Untersuchung des Minimierungspotentials durchzuführen.

Ein maßgeblicher Minimierungsort ist laut Abs. 2.11 der 26. BImSchVVwV ein im Einwirkungsbereich der jeweiligen Anlage liegendes Gebäude oder Grundstück im Sinne des §4 Abs. 1 26. BImSchV, sowie jedes Grundstück oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist. §4 Abs. 1 26. BImSchV bezieht sich, wie die maßgeblichen Immissionsorte, auf Wohnungen, Krankenhäuser, Kleingärten, Schulen, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze oder ähnliche Einrichtungen und den zugehörigen Grundstücken. Keine maßgeblichen Minimierungsorte sind damit landwirtschaftlich genutzte Flächen, Wege und Straßen.

Wie den Abbildungen im Anhang Kapitel 7.1 und den folgenden Tabellen Tab. 5 und Tab. 6 zu entnehmen ist, liegen mehrere maßgebliche Minimierungsorte im Sinne von Abs. 2.11 der 26. BImSchVVwV im Einwirkungsbereich der Freileitung sowie der Erdkabeltrasse. Die entsprechenden maßgeblichen Minimierungsorte wurden ermittelt und die zugehörigen (repräsentativen) Bezugspunkte angegeben. Die Art der Nutzung der maßgeblichen Minimierungsorte ist in den Tabellen in den nächsten beiden Unterkapitel beschrieben.



### 5.1.1 Maßgebliche Minimierungsorte 380-kV-Freileitung

Mast- nummer	Gebäudenutzung, Flurstücksnummer, Gemarkung	Kleinster Abstand zum ruhenden äußeren Leiter	MMO	Bezugspunkt R: repräsentativer Bezugspunkt
LA 0344				
001-002	Östlicher Gemeindeteil Reicheneck Flurstücke mit Wohnhäusern 546; 546/1-2; 547, 547/1-3; 548; 548/1; 549; 549/1; 550; 552; 552/1; 542; 542/1-2; 543; 543/1; 544/1; 524; 524/1-2; 525; 525/1, 3-6; 526; 526/1-2; 527; 527/1-3; 540; 540/1-3; 541; 541/2-3; 537; 537/1-4; 538; 538/1-2; 534; 534/1-4; 535; 535/2-3; 523; 523/1-5; 531/1-4; 529; 529/1-2 Gemarkung Reicheneck	155 m	F1	RF1
001-002	Tierarzt und Flurstück mit Wohnhaus 878; 880; 880/1-2; 881 Gemarkung Reicheneck	45 m	F2	F2
003-004	Gärtnerei und Flurstück mit Wohnhaus 696 Gemarkung Reicheneck	110 m	F3	RF3
	Schützenverein Reicheneck 713/1; 813 Gemarkung Reicheneck	105 m		
004-005	Tennisplatz Reicheneck 833 Gemarkung Reicheneck	24 m	F4	RF4
005-006	Südlicher Gemeindeteil Reicheneck Flurstücke mit Wohnhäusern 145/2-4; 164/10-13, 15, 17 Gemarkung Reicheneck	340 m	F5	RF5
005-006	Feuerwehr Übungsgelände 1925 Gemarkung Reutlingen	28 m	F6	RF6



Mast- nummer  LA 0344	Gebäudenutzung, Flurstücksnummer, Gemarkung	Kleinster Abstand zum ruhenden äußeren Leiter	MMO	Bezugspunkt R: repräsentativer Bezugspunkt
	Kleingarten 1923 Gemarkung Reutlingen	103 m		
006	Kleingarten 1918 Gemarkung Reutlingen	173 m	F7	RF7
	Kleingarten 1893 Gemarkung Reutlingen	237 m		
006-007	Kleingarten 1887; 1887/1; 1889/1 Gemarkung Reutlingen	188 m	F8	RF8
	Kleingarten 1573 Gemarkung Reutlingen	307 m		
	Kleingarten 1577 Gemarkung Reutlingen	350 m		
	Kleingarten 1578 Gemarkung Reutlingen	387 m		
224A	Kleingärten 1614; 1616-1617; 1619-1625 1833-1834 1814 1808-1809; 1811 Gemarkung Reutlingen 1806; 1923-1925; 1932-1934 Gemarkung Rommelsbach	188 m	F9	RF9



Mast- nummer  LA 0344	Gebäudenutzung, Flurstücksnummer, Gemarkung	Kleinster Abstand zum ruhenden äußeren Leiter	MMO	Bezugspunkt R: repräsentativer Bezugspunkt
224A	Spielplatz 1586/2 Gemarkung Rommelsbach	217 m	F10	RF10
	Flurstück mit Wohnhaus und Hof 1586/2, 3-5 Gemarkung Rommelsbach	250 m		

Tab. 5: Mastabschnitte und Art und Nutzung der Gebäude mit Nummerierung der MMOs und zugehörigen Bezugspunkten für die 380-kV-Freileitung, Lage markiert im Anhang, Unterkapitel 7.1.1.

### 5.1.2 Maßgebliche Minimierungsorte 110-kV-Erdkabel

Angabe zur unge- fähren Trassen- länge des Erdkabels am MMO von Rich- tung Mast 0343-053	Gebäudenutzung, Flurstücksnummer, Gemarkung	Kleinster Abstand zum ru- henden äußeren Leiter	MMO	Bezugspunkt R: repräsentativer Bezugspunkt
650 m	Tierarzt und Flurstück mit Wohnhaus 878; 880; 880/1-2; 881 Gemarkung Reicheneck	2 m	E1	E1
1830 m	Feuerwehr Übungsgelände 1925 Gemarkung Reutlingen	18 m	E2	R E2
	Kleingarten 1923 Gemarkung Reutlingen	20 m		



Angabe zur ungefähren Trassenlänge des Erdkabels am MMO von Richtung Mast 0343-053	Gebäudenutzung, Flurstücksnummer, Gemarkung	Kleinster Abstand zum ruhenden äußeren Leiter	MMO	Bezugspunkt R: repräsentativer Bezugspunkt
2150 m	Kleingarten 1893 Gemarkung Reutlingen	14 m	E3	E3
2240 m	Kleingarten 1573 Gemarkung Reutlingen	7 m	E4	E4
2300 m	Kleingarten 1577 Gemarkung Reutlingen	23 m	E5	E5

Tab. 6: Angabe zur ungefähren Lage entlang der Erdkabeltrasse bezogen auf Start an Mast 0343-053 und Art sowie Nutzung der Flurstücke bzw. Gebäude mit Nummerierung der MMOs und zugehörigen Bezugspunkten für **die 110-kV-Erdkabelleitung**, Lage markiert im Anhang, Unterkapitel 7.1.2.

### 5.1.3 Zusammenfassung Ergebnis Vorprüfung

Eine Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen ist somit sowohl für die 380-kV-Freileitung als auch für das 110-kV-Erdkabel erforderlich.

## 5.2 Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen 380-kV-Freileitung

Es befinden sich im Einwirkungsbereich der Freileitung mehrere maßgebliche Minimierungsorte ausschließlich außerhalb des Bewertungsabstandes.

Für die Ermittlung der Lage der Bezugspunkte für MMO, die sich außerhalb des Bewertungsabstandes befinden, ist der Nachweis in der Mitte des MMO zu führen. Dazu wurde für den MMO bzw. das Gebiet von MMOs (bei repräsentativen Bezugspunkten) zwei Geraden durch die am weitesten auseinander liegenden Punkte des Gebäudes oder Flurstücks gebildet. Von dem Schnittpunkt der beiden Geraden wurde das Lot auf die Trassenachse gefällt und an dem Schnittpunkt des Lots mit dem Bewertungsabstand der Bezugspunkt gesetzt.



Für eine 380-kV-Drehstromfreileitung sind laut Abs. 5.3.1 26. BImSchVVwV fünf Minimierungsmaßnahmen zu prüfen.

### 5.2.1 Abstandsoptimierung

Maßnahme:	Die Leiterseile sollen einen größtmöglichen Abstand zu maßgeblichen Minimierungsorten haben. Dies kann durch Erhöhung der Masten oder Verringerung der Spannfeldlänge erfolgen. Wenn ein Stromkreis auf einer von einem maßgeblichen Minimierungsort abgewandten Seite der Traverse geführt wird, können die Immissionen verringert werden
Voraussetzungen:	Die Bodenbeschaffenheit muss geeignete Mastfundamente ermöglichen, wenn die Masten erhöht werden. Der Bodenabstand der Leiterseile kann bei Neubau planerisch festgelegt werden.
Bewertung:	Da es sich um einen Seiltausch ohne Änderung der Bestandsmasten handelt, ist diese Maßnahme nicht anwendbar.

### 5.2.2 Elektrische Schirmung

Maßnahme:	Es werden elektrisch leitfähige Schirmflächen oder -leiter vorzugsweise zwischen den spannungsführenden Leitungsteilen und einem MMO als Bestandteil der Anlage eingeführt. Dies kann durch das Mitführen von Erdseilen geschehen oder bei monopolen Systemen durch das Mitführen eines Erdseils.
Voraussetzungen:	Die baulichen Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit die zusätzlichen Leitungs- und Zubehörteile angebracht werden können. Mindestisolierluftstrecken zwischen den Schirmen und den spannungsführenden Leiterseilen und der Mindestbodenabstand müssen eingehalten werden.
Bewertung:	Für die Freileitungstrasse werden bereits 2 Erdseile mitgeführt.



Ein zusätzliches Einbringen von weiteren Leitern oder Schirmflächen ist nur für MMOs verhältnismäßig, die direkt überspannt werden. Da sich im Leitungsabschnitt alle MMOs außerhalb des Bewertungsabstandes befinden, entfällt diese Minimierungsmaßnahme.

### 5.2.3 Minimieren der Seilabstände

Maßnahme:

Die Abstände zwischen den Seilen, insbesondere zwischen spannungs- und stromführenden Leiterseilen werden minimiert; hierzu gehört auch die Minimierung der Seilabstände innerhalb eines Stromkreises und die Minimierung der Abstände zu anderen Stromkreisen.

Voraussetzungen:

Die Maßnahme ist bei allen Leitungen möglich und kann bei Neubau realisiert werden. Immer wenn die Mastkopfbilder geändert werden sollen, ist die Maßnahme auch bei einer wesentlichen Änderung möglich. Mindestluftisolierstrecken zwischen den Seilen, zwischen Leiterseilen und dem Mast sowie anderen geerdeten Anlagenteilen oder zum Boden müssen eingehalten werden. Durch besondere Ausführung kann eine deutliche Verringerung des Abstandes zwischen Leiterseilen und Stromkreisen erreicht werden.

Bewertung:

Die Maßnahme ist nicht anwendbar. Die Abstände der Seile haben unter Einhaltung der technischen und geometrisch gegebenen Sicherheitsabstände bereits einen möglichst kleinen Abstand zueinander.



#### 5.2.4 Optimieren der Mastkopfgeometrie

Maßnahme:	Zwischen möglichen Masttypen wird derjenige ausgewählt, dessen Mastkopfbild eine für die Kompensation von entstehenden elektrischen und magnetischen Feldern geometrisch günstige Aufhängung der Leiterseile ermöglicht. Für die Kompensation von elektrischen und magnetischen Feldern ist grundsätzlich eine vertikale Anordnung der Außenleiterseile günstiger als eine horizontale.
Voraussetzungen:	Bei Neubau können der Masttyp und damit die Mastkopfgeometrie festgelegt werden. Bei Neubau und insbesondere wesentlicher Änderung können technische Randbedingungen wie die Mitführung mehrerer Systeme die Wahlmöglichkeiten einschränken.
Bewertung:	Da es sich um einen Seiltausch ohne Änderung der Bestandsmasten handelt, ist diese Maßnahme nicht anwendbar.

#### 5.2.5 Optimieren der Leiteranordnung

Maßnahme:	Bei einer vorgegebenen geometrischen Seilanordnung wird die Anschlussreihenfolge der Drehstromleiter an die Seile so gewählt, dass sich die von den einzelnen Leiterseilen ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.
Voraussetzungen:	Es muss mehr als ein Stromkreis auf dem Mast installiert sein. Bei Neubau kann die Maßnahme durchgeführt werden; bei wesentlicher Änderung ist sie möglich, wenn ein längerer Leitungsabschnitt oder die gesamte Leitung betroffen ist.
Bewertung:	Im vorliegenden Fall wird nur ein relativ kurzer Abschnitt der Leitung geändert, in dem sich kein Verdrillermast befindet. Die Phasenlage ist somit durch die Bestandsphasenlagen am Anfang und Ende des geänderten Abschnitts vorgegeben. Ein anderer Anschluss an den Bestand ist nicht möglich. Die Maßnahme kann daher nicht angewendet werden.



### **5.2.6 Maßnahmenbewertung**

Für den Seiltausch im Rahmen des Projektes P420 Reicheneck - Rommelsbach wurden die möglichen Minimierungsmaßnahmen für die Freileitung geprüft.

- Die Maßnahmen „Abstandsoptimierung“, „Elektrische Schirmung“ und „Optimieren der Seilabstände“, Optimieren der Mastkopfgeometrie“ und „Optimieren der Leiteranordnung“ sind in diesem Projekt nicht anwendbar.

Es besteht kein weiteres Minimierungspotential.



### 5.3 Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen 110-kV-Erdkabel

Es befinden sich im Einwirkungsbereich des Erdkabels mehrere maßgebliche Minimierungsorte ausschließlich außerhalb des Bewertungsabstandes.

Für die Ermittlung der Lage der Bezugspunkte für MMO, die sich außerhalb des Bewertungsabstandes befinden, ist der Nachweis in der Mitte des MMO zu führen. Dazu wurden für den MMO bzw. das Gebiet von MMOs (bei repräsentativen Bezugspunkten) zwei Geraden durch die am weitesten auseinander liegenden Punkte des Gebäudes oder Flurstücks gebildet. Von dem Schnittpunkt der beiden Geraden wurde das Lot auf die Trassenachse gefällt und an dem Schnittpunkt des Lots mit dem Bewertungsabstand der Bezugspunkt gesetzt.

Für ein 110-kV-Drehstromerdkabel sind laut Abs. 5.3.2 26. BImSchVVv vier Minimierungsmaßnahmen zu prüfen.

#### 5.3.1 Minimieren der Kabelabstände

Maßnahme:	Die Kabel werden mit möglichst geringem Abstand zueinander verlegt, hierzu gehört auch die Minimierung der Kabelabstände innerhalb eines Stromkreises und zu anderen Stromkreisen.
Voraussetzungen:	Die Maßnahme ist bei allen Erdkabelsystemen möglich. Wird ein Stromkreis in einem einzigen Kabel geführt kann der Abstand zu anderen Stromkreisen minimiert werden. Die Maßnahme kann bei Neubau grundsätzlich realisiert werden. Mindestkabelabstände können erforderlich sein, um thermische Belastungen der Kabel zu begrenzen.
Bewertung:	<p>Im vorliegenden Fall handelt es sich um nur einen einzigen Erdkabelstromkreis.</p> <p>In offener Bauweise sind die Kabel bereits in Dreiecksform mit einem möglichst geringen Abstand (teilweise sogar direkt, ohne Schutzrohr) angeordnet.</p> <p>In HDD Bauweise liegen die einzelnen Kabel in einer horizontalen Ebene. Eine nähere Verlegung ist auf Grund von Beeinflussung der Phasen untereinander sowie aus verfahrenstechnischen Gründen (Spülbohrung) nicht möglich.</p>



### 5.3.2 Optimieren der Leiteranordnung

- Maßnahme:** Bei einer vorgegebenen geometrischen Anordnung der einzelnen Kabel wird die Anschlussreihenfolge der Drehstromleiter an die Erdkabel so gewählt, dass sich die von den Kabeln ausgehenden magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.
- Voraussetzungen:** Die Maßnahme kann durchgeführt werden, wenn mehr als ein Stromkreis in einer Trasse verlegt ist und die geometrische Anordnung der einzelnen Kabel gleichbleibt, wie bei der Verlegung von Einleiterkabeln. Bei einem Neubau kann die Maßnahme durchgeführt werden; bei wesentlicher Änderung ist sie möglich, wenn ein längerer Leitungsabschnitt oder die gesamte Leitung betroffen ist.
- Bewertung:** Da es sich im vorliegenden Fall um nur einen Stromkreis in Dreiecksanordnung bzw. in einer Ebene handelt, kann die Maßnahme nicht angewendet werden.

### 5.3.3 Optimieren der Verlegegeometrie

- Maßnahme:** Kabel werden so verlegt, dass die relative Position der einzelnen Kabel eine bestmögliche Kompensation der entstehenden magnetischen Felder ermöglicht. Sie können in einer Ebene – horizontal oder vertikal – oder im Dreieck verlegt werden. Für die Kompensation ist eine Anordnung im Dreieck günstig. Zusätzlich können Kabel mit kleinerem Kabelquerschnitt verdreht werden.
- Voraussetzungen:** Die Optimierung der Kabel ist vor allem bei Einleiterkabeln möglich. Bei einem Neubau kann die optimale Verlegegeometrie festgelegt werden. Die Anforderungen an die Wärmeableitung können eine Flachverlegung der Kabel erfordern.
- Bewertung:** Die Verlegung erfolgt größtenteils als Dreiecksanordnung, was zu den geringsten Immissionen führt. Nur bei den kurzen Stücken der HDD-Verlegung wird auf eine Anordnung in einer Ebene zurückgegriffen, was technisch bedingt nicht anders möglich ist.



Die Maßnahme wurde somit in der Planung bereits berücksichtigt.

#### 5.3.4 Optimieren der Verlegetiefe

Maßnahme:	Die Erdkabel werden tief im Boden verlegt.
Voraussetzungen:	Die Bodenbeschaffenheit und die vor Ort vorhandene Infrastruktur müssen für eine tiefere Verlegung geeignet sein. Die Maßnahme ist bei allen Drehstromerdkabeln möglich und kann bei Neubau realisiert werden.
Bewertung:	<p>Die Kabel liegen in der Regel in einer Tiefe von 1,4 m. In einigen Bereichen sind sie auch in 0,9 m Tiefe verlegt, da dort auf Grund der Topologie keine größere Überdeckung möglich ist. Bei der HDD-Bauweise sind teilweise deutlich größere Verlegetiefen geplant.</p> <p>Eine tiefere Verlegung der einzelnen Phasen hätte auf Grund von thermischen Einflussfaktoren negative Auswirkungen auf den maximalen Übertragungsstrom, weshalb diese Maßnahme nicht anwendbar ist.</p>

#### 5.3.5 Maßnahmenbewertung Erdkabel

Im Rahmen des Projektes P420 Reicheneck - Rommelsbach wurden die möglichen Minimierungsmaßnahmen für das Erdkabel geprüft.

- Die Maßnahmen „Minimieren der Kabelabstände“, „Optimieren der Verlegegeometrie“ und „Optimieren der Verlegetiefe“ sind bei den örtlichen Gegebenheiten bereits ausgeschöpft. Die Maßnahme „Optimieren der Leiteranordnung“ ist nicht anwendbar. Es besteht kein weiteres Minimierungspotential.



## 6 Zusammenfassung und Bewertung

Im vorliegenden Gutachten sollte im Rahmen der Erstellung der Genehmigungsunterlagen für das Planfeststellungsverfahren des Vorhaben P420 Reicheneck - Rommelsbach geprüft werden, ob die relevanten Anforderungen der 26. BImSchV eingehalten werden können.

Die Untersuchung der Auswirkung der vom Seiltausch für die Netzverstärkung ausgehenden magnetischen und elektrischen Felder erbrachte folgende Ergebnisse:

- Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass es im zu prüfenden Bereich der 380-kV-Freileitung sowie des 110-kV Erdkabels keine maßgeblichen Immissionsorte gibt.  
Auch wenn es keine maßgeblichen Immissionsorte im Umfeld der Anlagen gibt, werden die Grenzwerte der 26. BImSchV für die magnetische Flussdichte dennoch oberhalb des Erdkabels in 0 m Höhe und unterhalb der Freileitung in 1 m Höhe durchgängig eingehalten.  
Für die elektrische Feldstärke wird in vier Spannungsfeldern der Wert von 5 kV/m überschritten. Der Wert von 7 kV/m wird in zwei Spannungsfeldern überschritten. Abbildungen hierzu befinden sich in Anhang 7.2. Da sich in diesen Bereichen jedoch keine maßgeblichen Immissionsorte befinden, sind diese Werte zulässig, wenn es keine konkreten Anhaltspunkte für nicht zumutbare Belästigungen gibt.
- Das Minimierungsgebot nach §4 Abs (2) 26. BImSchV wurde in diesem Gutachten geprüft. Es besteht über die bereits getroffenen Maßnahmen hinaus kein weiteres Minimierungspotential. Eine Beschreibung dazu findet sich in Kapitel 5.
- Die Einhaltung des Überspannungsgebots wurde überprüft. Es wurden keine unzulässigen Überspannungen festgestellt.
- Die Anforderungen der 26. BImSchV und 26. BImSchVVwV werden daher vollumfänglich erfüllt.

## 7 Anhang

In den folgenden Abbildungen sind für die beiden Leitungsanlagen die Einwirkungsbereiche in blau dargestellt, die maßgeblichen Minimierungsorte sind in orange hinterlegt. Der Bewertungsabstand ist in lila hinterlegt. Die maßgeblichen Minimierungsorte sind durchnummeriert und mit zugehörigem Bezugspunkte (BP) versehen. Die folgende Tabelle gilt für alle Abbildungen:



Einwirkungsbereich nach 26. BImSchVVwV  
für die 380-kV-Freileitung bzw. das 110-kV-Erdkabel



Bewertungsabstand nach 26. BImSchVVwV



Fläche der maßgeblichen Minimierungsorte im Einwirkungsbereich



Maßgeblicher Minimierungsort (mit Nummer)  
für 380-kV-Freileitungstrasse



Maßgeblicher Minimierungsort (mit Nummer)  
für 110-kV-Erdkabel



Bezugspunkt (mit Nummer), jeweils bezogen auf „F“ für Freileitung  
und „E“ für Erdkabel

## 7.1 Maßgebliche Minimierungsorte

### 7.1.1 380-kV-Freileitung



Abb. 7: Übersicht MMO F1 bis F2.



Abb. 8: Übersicht MMO F3 bis F4.



Abb. 9: Übersicht MMO F5 bis F8.

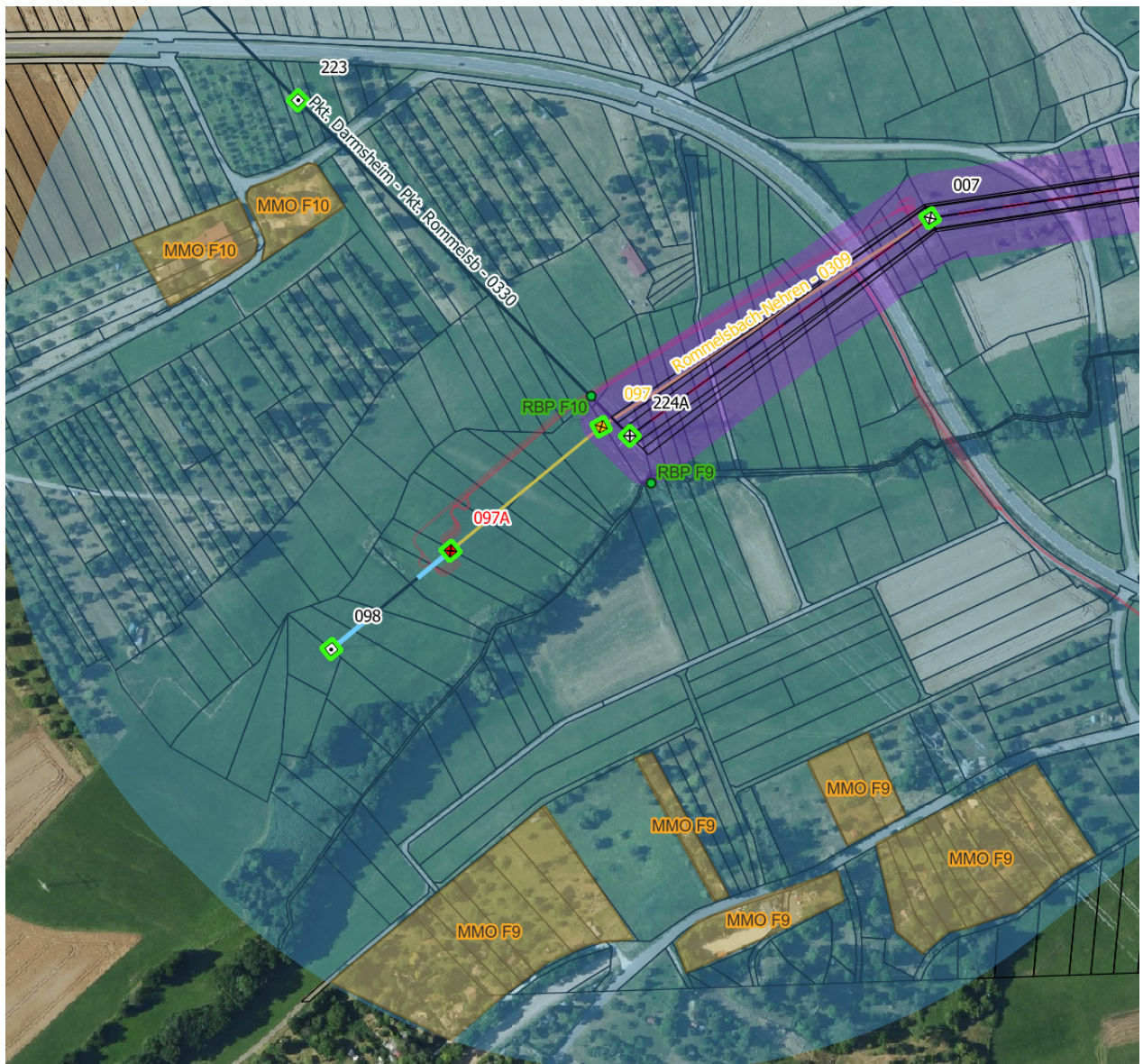


Abb. 10: Übersicht MMO F9 bis F10.

### 7.1.2 110-kV- Erdkabel



Abb. 11: Übersicht MMO E1.

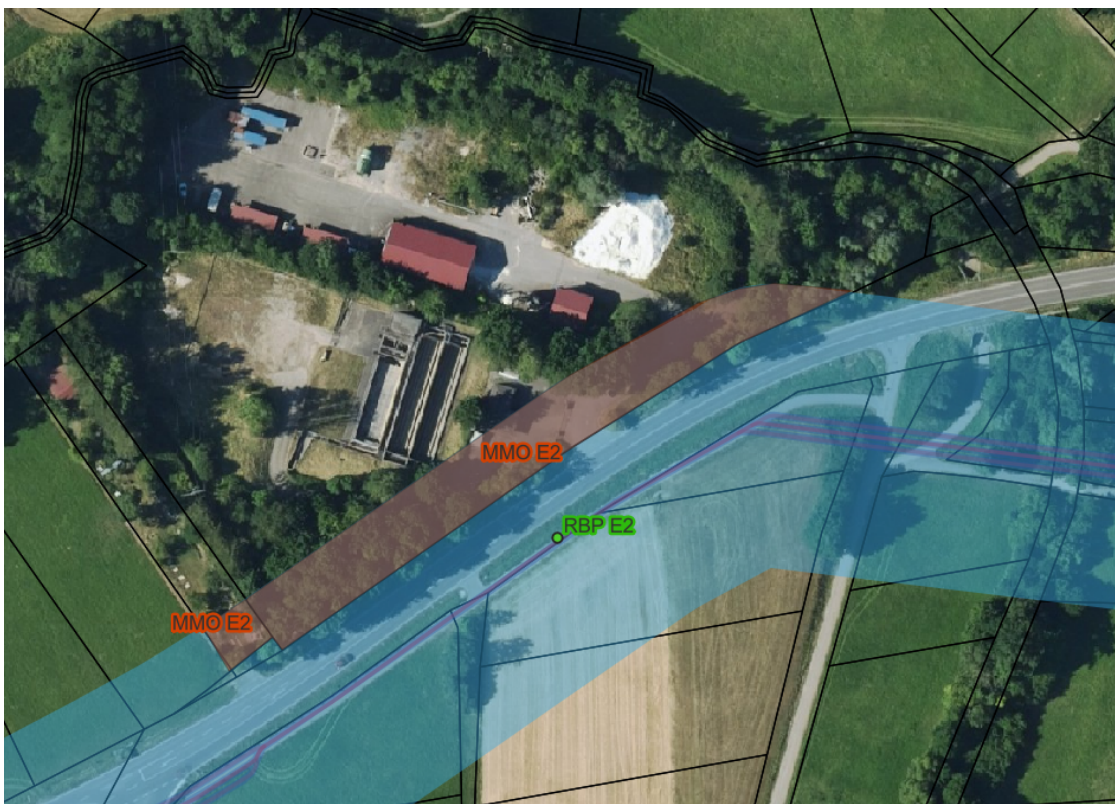


Abb. 12: Übersicht MMO E2.



Abb. 13: Übersicht MMO E3 bis E5.

## 7.2 Höchste Immissionswerte unterhalb der Freileitungstrasse

Der Maximalwert der magnetischen Flussdichte in 1 m Höhe unterhalb der 380-kV-Freileitungstrasse beträgt  $70,3 \mu\text{T}$  in Spannungsfeld Mast 001 – Mast 002. Der Grenzwert der magnetischen Flussdichte wird somit unter der gesamten Trasse an allen Orten durchgehend eingehalten. Der Maximalwert der elektrischen Feldstärke entsteht ebenfalls in Spannungsfeld Mast 001 bis Mast 002 und beträgt dort  $9,8 \text{ kV/m}$ . Der Wert von  $7 \text{ kV/m}$ , ab dem es zu erheblichen Belästigungen oder Schäden kommen kann, wird in 2 Spannungsfeldern überschritten. Im Bereich der Überschreitung befinden sich keine maßgeblichen Immissionsorte, die ermittelten elektrischen Feldstärken sind somit zulässig, wenn es keine konkreten Anhaltspunkte für nicht zumutbare Belästigungen gibt. Sollte dies doch der Fall sein, so müssen die Maßnahmen zur Reduzierung der Werte der elektrischen Feldstärke für diese Orte verhältnismäßig sein.

Im Folgenden ist das Berechnungsergebnis für die magnetische Flussdichte und die elektrische Feldstärke für das Spannungsfeld von Mast 001-002 in 1 m Höhe gezeigt.

Weiterhin ist für die elektrische Feldstärke für die beiden Spannungsfelder, in denen die elektrische Feldstärke über  $7 \text{ kV/m}$  liegt, Luftbilder mit Isolinien überlagert, um die Bereiche zu zeigen, in denen die  $5 \text{ kV/m}$  sowie die  $7 \text{ kV/m}$  überschritten werden. Die Mastkopfgeometrien sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

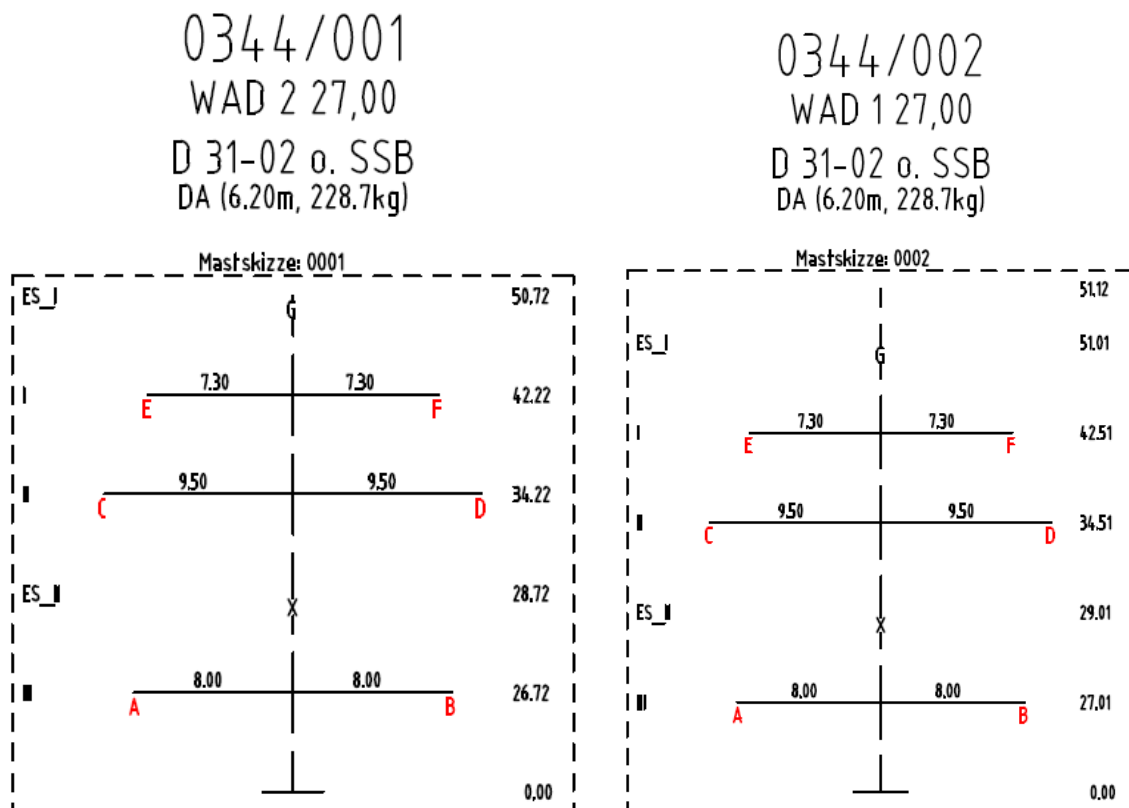


Abb. 14: Mastkopfgeometrien der Masten 001 und 002. Die Phasenlagen lauten A-C-E  $\triangleq$  L3-L1-L2 sowie B-D-F  $\triangleq$  L1-L3-L2.

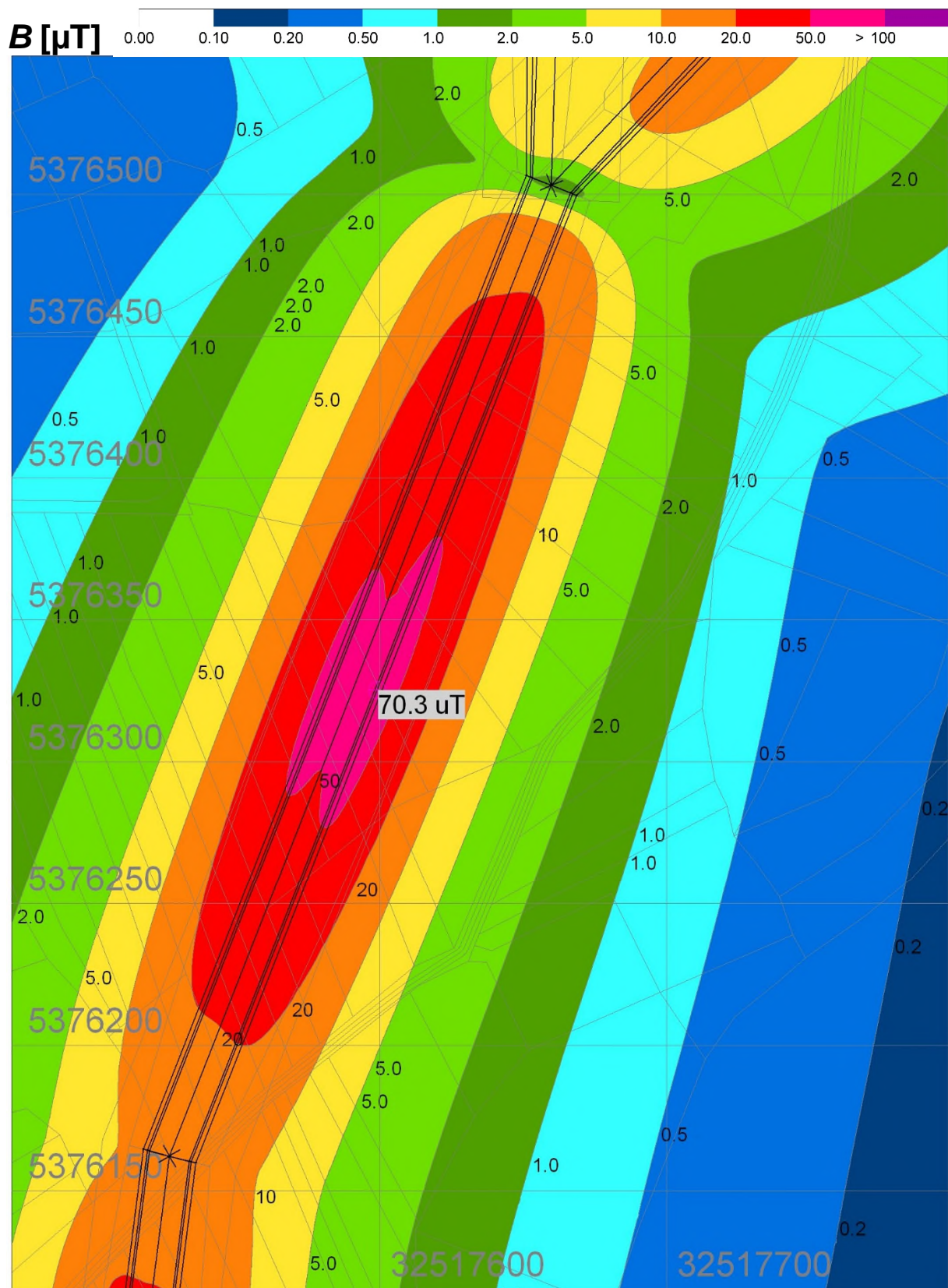


Abb. 15: Ergebnis der Berechnung der magnetischen Flussdichte für das Spannfeld Mast 001 – Mast 002 in 1 m Höhe für die höchste betriebliche Anlagenauslastung. Der Maximalwert im Spannfeld ist separat ausgewiesen.

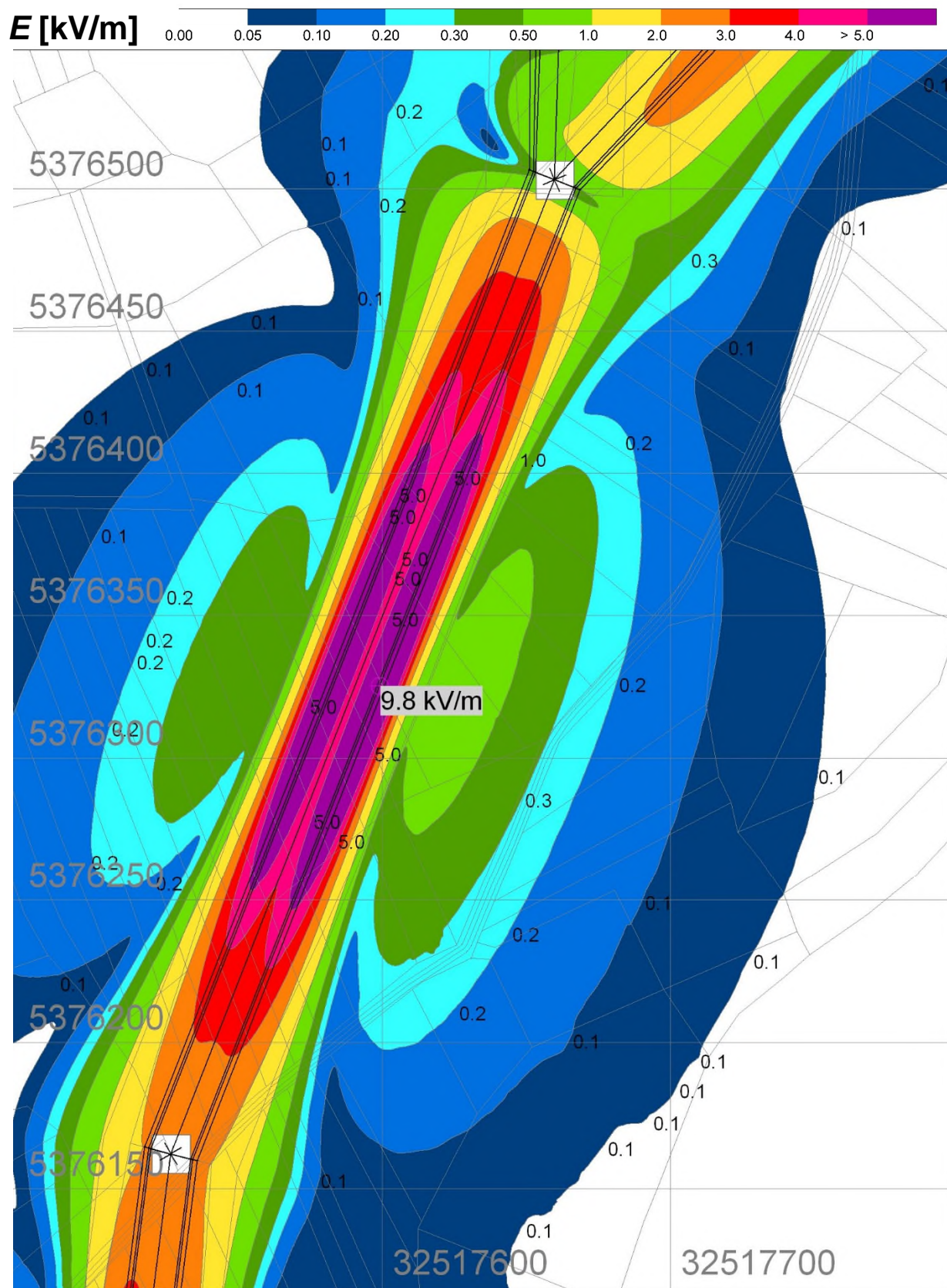


Abb. 16: Ergebnis der Berechnung der elektrischen Feldstärke für das Spannfeld Mast 001 – Mast 002 in 1 m Höhe für die höchste betriebliche Anlagenauslastung. Der Maximalwert im Spannfeld ist separat ausgewiesen.



Abb. 17: Spannfeld Mast 001- Mast 002, mit Isolinien für 5 kV/m (lila Linie) und 7 kV/m (rosa Linie), der Maximalwert im Spannfeld beträgt 9,8 kV/m

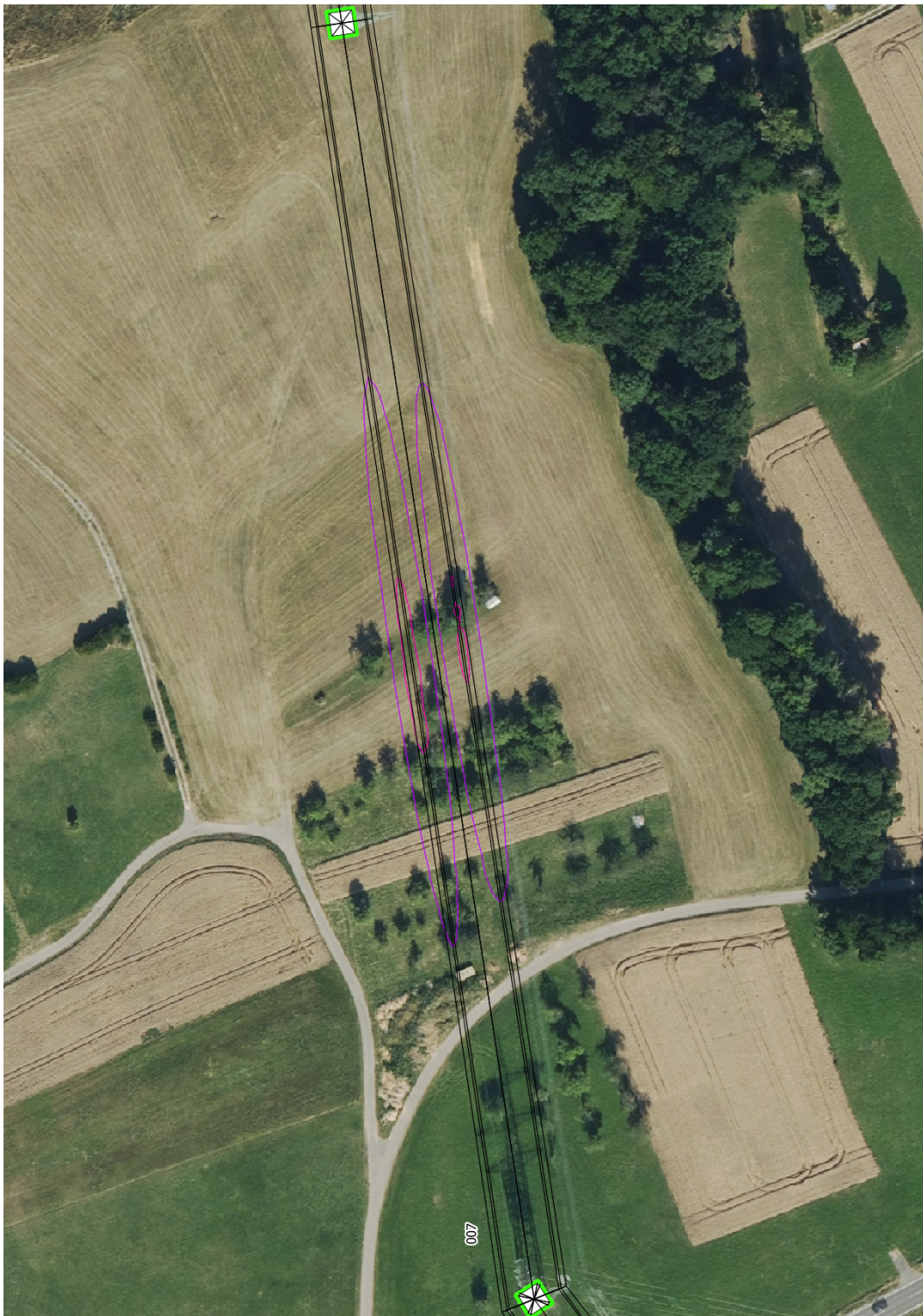


Abb. 18: Spannfeld Mast 006- Mast 007, mit Isolinen für 5 kV/m (lila Linie) und 7 kV/m (rosa Linie), der Maximalwert im Spannfeld beträgt 7,6 kV/m (Ansicht um 90° nach links gedreht)<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Bei den hier berechneten und dargestellten Werten handelt es sich um ungestörte Feldwerte. In diesem Spannfeld befinden sich derzeit Bäume, die im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung nicht modelliert wurden. Die tatsächlichen Werte des elektrischen Feldes werden im Bereich der Bäume durch deren Abschirmwirkung in 1 m Höhe geringer sein.

### 7.3 Höchste Immissionswerte oberhalb der Erdkabeltrasse

Der höchste Wert der magnetischen Flussdichte oberhalb der Erdkabeltrasse entsteht in den Bereichen, in denen die HDD-Bauweise verwendet werden muss und die minimale Überdeckung nur 0,9 m beträgt. Auch für dieses Szenario werden die Grenzwerte der magnetischen Flussdichte direkt über dem Kabel in 0 m Höhe sicher eingehalten.



Abb. 19: Berechnung der magnetischen Flussdichte oberhalb des Erdkabels für die HDD-Bauweise mit einer Überdeckung von 0,9 m. Die Immissionswerte sind direkt über dem Erdkabel in 0 m 1 m und 2 m sowie in einem Abstand von 1 m, 5 m und 10 m jeweils in 1 m Höhe separat ausgewiesen. Der Erdboden ist durch eine braune Linie markiert.



## 7.4 Prüfgrundlagen

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

- [1] Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV) vom 16.12.1996 (BGBl. I S. 1966), zuletzt geändert am 14. August 2013 durch Artikel 1 der Verordnung zur Änderung der Vorschriften über elektromagnetische Felder und das telekommunikationsrechtliche Nachweisverfahren (BGBl. I vom 21.08.2013 Nr. 50 S. 3266)
- [2] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. Bundes-Immissionsschutzverordnung) des Länderausschusses für Immissionsschutz; 128. Sitzung, September 2014
- [3] 26. BImSchVVwV, Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV vom 26. Februar 2016 (BAnz AT 03.03.2016 B5).
- [4] DIN EN 50413 (VDE 0848-1); Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Menschen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz): Oktober 2020.
- [5] LAI-Handlungsempfehlung für EMF- und Schallgutachten zu Hoch- und Höchstspannungstrassen in Bundesfachplanungs-, Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren sowie Hinweise zur schalltechnischen Beurteilung bei der Umstellung von Übertragungsnetzen auf das Betriebskonzept des witterungsabhängigen Freileitungsbetriebs (WAFB), Stand 27. Januar 2022, LAI.
- [6] NABEG Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1690), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 8. Mai 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 151) geändert worden ist.
- [7] Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG) vom 07.07.2005, Stand: zuletzt geändert durch Art. 1 G v. 21.2.2025 I Nr. 51.
- [8] Drucksache 20/7310 vom 19.06.2023, Gesetzentwurf der Bundesregierung, Entwurf eines Gesetzes zur Anpassung des Energiewirtschaftsrechts an unionsrechtliche Vorgaben und zur Änderung weiterer energierechtlicher Vorschriften. Deutscher Bundestag, 20. Wahlperiode.
- [9] Längenprofilplan, Seiltausch 380-kV-Hochspannungsfreileitung Reicheneck – Rommelsbach von Mast 0343/053 bzw. 0343/054 nach 0344/001 bzw. bis 0344/007 und 4508/224A, Maßstab der Längen 1:2500, Maßstab der Höhen 1:500, TransnetBW GmbH, cteam, Stand: 27.02.2025.
- [10] Längenprofil 380-kV-Leitung Wendlingen – Metzingen, von Mast 053 bis Mast 054, Maßstab der Längen 1:2500, Maßstab der Höhen 1:500, TransnetBW GmbH, Stand: 28.11.2027.
- [11] Kabellängenprofil, Entwurf Trassenverlauf Erdkabel, 110-kV Netze BW 9521 Reicheneck – Rommelsbach Kabelverlauf von Mast 0309/097A nach 0343/053, Maßstab 1:500, TransnetBW GmbH, cteam, Stand: 21.02.2025.



## 7.5 Berechnung der Unsicherheit nach DIN EN 50413

Programm: <b>Winfield Version 2025</b> Parameter: <b>magnetische Flussdichte</b>						
Komponente	Einflussfaktor	Quelle	festgelegte Unsicherheit	Verteilung	Divisionsfaktor	Standardunsicherheit
Software	Rundung, Softwarefehler, Segmentierung etc.	Herstellertifikat	0,00001%	Normal	2	0,000005%
Systemdaten	Abweichung tatsächlicher Lage der Leiter vom Plan	Schätzung	1,4%	Normal	2	0,7%
elektrische Betriebsdaten	kurzzeitige Stromschwankungen	Schätzung	0,0% <sup>7</sup>	Normal	2	0,0%
Geodaten	Geländemodell, Gebäudedaten, ferromagnetische Materialien	Schätzung	2,6%	Normal	2	1,3%
Kombinierte Standardunsicherheit:						1,5%
Erweiterungsfaktor:						2
<b>erweiterte Standardunsicherheit:</b>						<b>3%</b>

Tab. 7: Erweiterte Standardunsicherheit des Berechnungsverfahrens für die magn. Flussdichte

Programm: <b>Winfield Version 2025</b> Parameter: <b>Elektrische Feldstärke</b>						
Komponente	Einflussfaktor	Quelle	festgelegte Unsicherheit	Verteilung	Divisionsfaktor	Standardunsicherheit
Software	Rundung, Softwarefehler, Segmentierung etc.	Herstellertifikat	0,00001%	Normal	2	0,000005%
Systemdaten	Abweichung tatsächlicher Lage der Leiter vom Plan	Schätzung	1,4%	Normal	2	0,7%
elektrische Betriebsdaten	Spannungsschwankungen	Schätzung	0,0% <sup>27</sup>	Normal	2	0,0%
Geodaten	abweichende Leitfähigkeit vom Erdboden, Geländemodell, Gebäudedaten und Bewuchs	Schätzung	2,6%	Normal	2	1,3%
Kombinierte Standardunsicherheit:						1,5%
Erweiterungsfaktor:						2
<b>erweiterte Standardunsicherheit:</b>						<b>3%</b>

Tab. 8: Erweiterte Standardunsicherheit des Berechnungsverfahrens für die el. Feldstärke

<sup>7</sup> elektrische Betriebsdaten per Definition ohne Unsicherheit, da es sich hierbei um normative Nennwerte handelt.



## 7.6 Glossar

123 321	Kurzbezeichnung der Phasenreihenfolge für eine Leitung mit zwei Stromsystemen für folgende Phasenordnung: Drehstromsystem 1: L1-L2-L3; Drehstromsystem 2: L3-L2-L1
A	Ampere (Maßeinheit elektrischer Strom)
AC	Abkürzung für engl. „alternating current“ in Deutsch Drehstrom oder Wechselstrom
AL	Aluminium
B	Symbol für magnetische Flussdichte.
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)
BBPlG	Bundesbedarfsplangesetz
BGBI.	Bundesgesetzblatt
Bündelleiter	Leiter, der aus mehreren Teileleitern besteht
E	Symbol für Elektrische Feldstärke.
EOK	Erdoberkante
elektrische Feldstärke	Diese wird durch den elektrischen Spannungsabfall zwischen zwei Punkten erzeugt. (siehe „Volt pro Meter). Sie hängt daher einerseits von der verwendeten Spannung am Leiter ab und der Entfernung hierzu.
DC	Abkürzung von „direct current“ in Deutsch Gleichstrom
Drehstromsystem	ein aus drei gleich großen um 120° verschobenen Spannungen und Ströme gebildetes Wechselstromsystem
EMF	Abk. für <u>E</u> lektro <u>m</u> agnetische <u>F</u> elder
Frequenz	Schwingungszahl von Wellen je Sekunde, gemessen in Herz
Hertz (Hz)	Technische Einheit für 1 Schwingung pro Sekunde
Hybridleitung	Gemeinsame Führung von Drehstrom- und Gleichstromsystemen auf einer Leitungstrasse
Leiterseil	seilförmiger Leiter
IO	Immissionsort
L1, L2, L3	Bezeichnung der jeweils um 120° Phase verdrehten Leiter eines Drehstromsystems, L1 wird dabei der Phase 0° zugeordnet, L2 der Phase 120° und L3 der Phase 240°
Magnetfeld, magnetische Flussdichte	Dies ist ein Maß für das von einem Strom oder Permanentmagneten erzeugte Magnetfeld.
M IO	Maßgeblicher Immissionsort nach LAI-Hinweisen der 26. BImSchV
Max IO	Höchster Wert auf dem Grundstück des Immissionsorts
Max B IO	Höchster Wert auf dem Grundstück des Immissionsorts für die magnetische Flussdichte B



Max E IO	Höchster Wert auf dem Grundstück des Immissionsorts für die elektrische Feldstärke E
Querträger	seitliche Ausleger (Traverse) an einem Mast zur Befestigung der Leiter
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz
Querträger	seitlicher Ausleger (Traverse) an einem Mast zur Befestigung der Leiter
Spannung	Eine elektrische Spannung über 1.000 Volt (1 kV) wird laut VDE allgemein als Hochspannung bezeichnet. Beispielsweise arbeitet die Bahn typischerweise mit 15 kV, Hochspannungsfreileitungen werden mit den Spannungsebenen 20 kV, 30 kV, 110 kV, 220 kV oder 380 kV betrieben. In der Energietechnik wird die Spannungsebenen von 3 kV bis 30 kV als Mittelspannung bezeichnet, der Spannungsbereich von 60 kV bis 110 kV als Hochspannung, ab 220 kV spricht man von Höchstspannung.
Mittelspannung	
Hochspannung	
Höchstspannung (kV)	
ST	Stahl
System, Stromsystem, Stromkreis	Ein Stromsystem besteht in der Drehstromtechnik bei einer Frequenz von 50 Hz jeweils aus drei elektrischen Leitern, die auch als Phasen bezeichnet werden. Diese haben die Aufgabe die elektrischen Betriebsströme zu führen. In der im vorliegenden Projekt verwendeten Gleichstromtechnik besteht ein Stromsystem hingegen aus zwei elektrischen Leitern, die auch als Pole bezeichnet werden und die ebenfalls die Aufgabe haben, die elektrischen Betriebsströme zu führen.
Tragmast (T)	Tragmast, Freileitungsmast zur vertikalen Fixierung von Leitern (hängende Isolatoren)
Traverse	Querträger eines Masts für eine Hochspannungsleitung
Umspannwerk	Schaltanlage mit Transformatoren zum Verbinden von Netzen verschiedener Spannungen
Tesla, Mikrottesla ( $\mu\text{T}$ )	Technische Maßeinheit für die magnetische Flussdichte in Tesla oder mehr gebräuchlich Mikrottesla, was einem Millionstel Tesla entspricht. In dieser Einheit sind die Grenzwerte der 26. BImSchV im Niederfrequenzbereich angegeben. Früher war hierfür auch die Einheit Gauß gebräuchlich. 1 Gauß entspricht 100 $\mu\text{T}$ .
Volt pro Meter (V/m)	Technische Maßeinheit für die elektrische Feldstärke. Diese ist ein Maß für den Spannungsabfall zwischen zwei Punkten. Die Feldstärke von 1 V/m entspricht daher einer Spannungsverminderung von 1 Volt in 1 m Abstand. In dieser Einheit sind die Grenzwerte der 26. BImSchV angegeben.
Winkelabspannmast (WA)	Abspannmast bei Richtungsänderungen der Freileitung, nimmt Leiterzugkräfte in Richtung der Gesamtmittelkraft auf, zusätzlicher Festpunkt in der Leitung