



Industrie Service

**Mehr Wert.  
Mehr Vertrauen.**

## Gutachten elektrische und magnetische 50-Hz-Felder

### Erstellung eines Immissionsgutachtens für magnetische und elektrische Felder für die Baufeldfreimachung des Umspannwerks Mannheim

**Planungsstand: 29.04.2022**

Verfahren: Baufeldfreimachung des  
Umspannwerks Mannheim

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 die  
Baufeldfreimachung des Umspannwerks  
Mannheim

Bestellnummer: 5500040977 vom 23.06.2022

Berichts-Nr.: 3662683 EMF v2.2

Sachverständige Dr. Andrea Thiemann

Telefon-Durchwahl: (0 89) 57 91 - 3756

E-Mail andrea.thiemann@tuvsud.com

Berichtsumfang: 30 Seiten  
Abteilung Umwelt Service  
Elektromagnetische Umweltverträglichkeit

Datum: 03. Mai 2023

Unsere Zeichen:  
IS-USG-MUC/tim

Dokument:  
2305 BF TransnetBW  
Mannheimer Haken v2.2.docx

Das Dokument besteht aus  
30 Seiten.  
Seite 1 von 30

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.

Stempel

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

Sitz: München  
Amtsgericht München HRB 96 869  
USt-IdNr. DE129484218  
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV  
unter [www.tuvsud.com/impressum](http://www.tuvsud.com/impressum)

Aufsichtsrat:  
Reiner Block (Vors.)  
Geschäftsführer:  
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),  
Thomas Kainz, Simon Kellerer

Telefon: +49 89 5791-1040  
Telefax: +49 89 5791-1174  
[www.tuvsud.com/de-is](http://www.tuvsud.com/de-is)

**TÜV®**

TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Niederlassung München  
Umwelt Service  
Genehmigungsmanagement  
Westendstraße 199  
80686 München  
Deutschland

## Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung .....	3
2	Prüfgrundlagen.....	5
3	Ausgangssituation .....	6
3.1	Technische Parameter der Freileitungen .....	6
4	Rechtliche und normative Grundlage – 26. BImSchV .....	11
4.1	Anwendungsbereich und maßgebliche Immissionsorte .....	11
4.2	Höchste betriebliche Anlagenauslastung .....	12
4.3	Berücksichtigung aller relevanten Immissionen .....	12
4.4	Überspannungsverbot.....	12
4.5	Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden.....	13
5	Berechnung der Immissionswerte .....	13
5.1	Maßgebliche Immissionsorte .....	14
5.2	Berechnungsergebnisse .....	15
6	Anwendung des Minimierungsgebots von § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV .....	16
6.1	Vorprüfung nach 26. BImSchVVwV .....	16
6.2	Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen .....	17
6.2.1	Abstandsoptimierung .....	17
6.2.2	Elektrische Schirmung .....	17
6.2.3	Minimieren der Seilabstände .....	18
6.2.4	Optimieren der Mastkopfgeometrie.....	19
6.2.5	Optimieren der Leiteranordnung .....	19
6.3	Maßnahmenbewertung und Festlegung der Minimierungsmaßnahmen.....	20
6.4	Anforderungs- und Maßnahmenkatalog.....	20
7	Zusammenfassung und Bewertung .....	21
8	Anhang.....	22
8.1	Berechnung der Unsicherheit nach DIN EN 50413.....	22
8.2	Glossar .....	23
8.3	Lage der maßgeblichen Immissionsorte .....	25
8.4	Berechnungsergebnisse magnetische Flussdichte.....	26
8.5	Berechnungsergebnisse elektrische Feldstärke .....	28
8.6	Maßgebliche Minimierungsorte gemäß 26. BImSchVVwV .....	30

## 1 Aufgabenstellung

Die TransnetBW plant den Bau eines Umspannwerkes (UW) im direkten Umfeld des Großkraftwerkes Mannheim (GKM). Über die dafür vorgesehene Fläche verläuft zum jetzigen Zeitpunkt eine 110-kV-Leitung. Als vorbereitende Maßnahme für die Errichtung des neuen UW ist es deshalb erforderlich, den Verlauf dieser Leitung zu ändern, um das Baufeld für das UW freizumachen. Durch die Verlegung der 110-kV-Leitung wird sich die Überspannung der Grundstücke ändern.

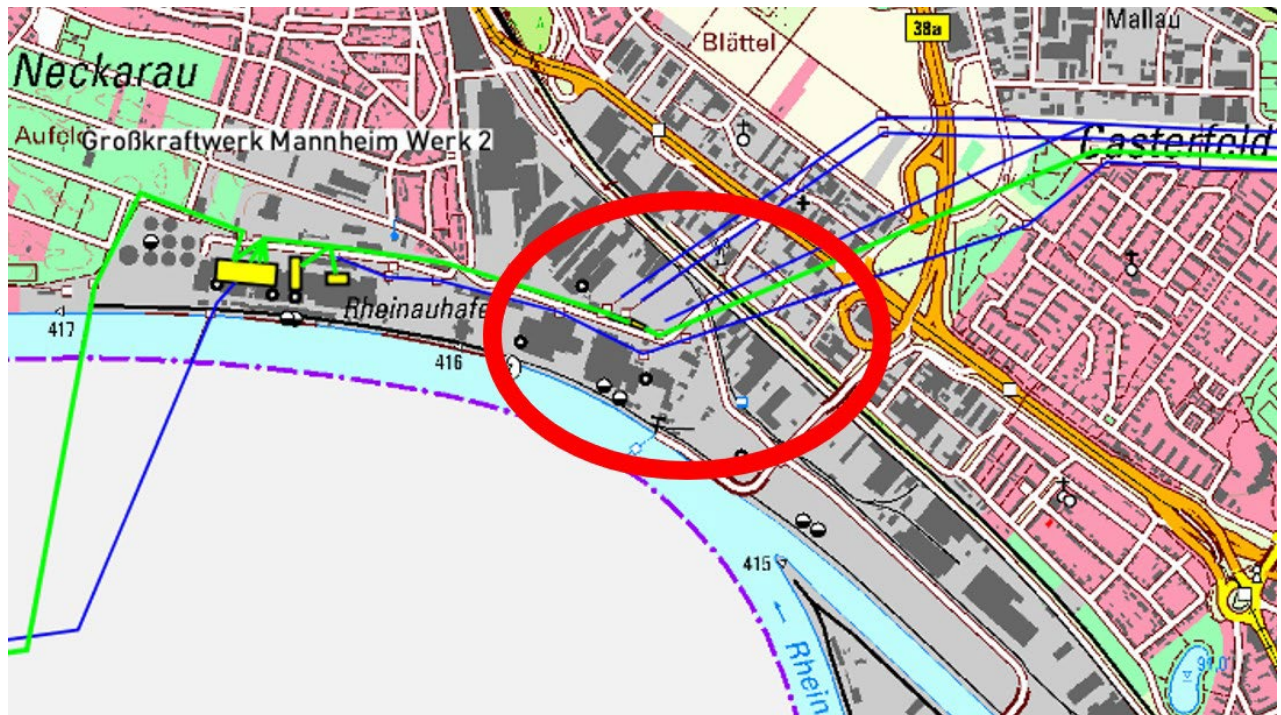


Abb. 1: Übersichtsplan Großkraftwerk Mannheim

Die hierzu vorgesehene Fläche befindet sich nördlich vom GKM, umgeben von der Plinaustraße, der Altripper Straße sowie vom Block 9 des GKM.



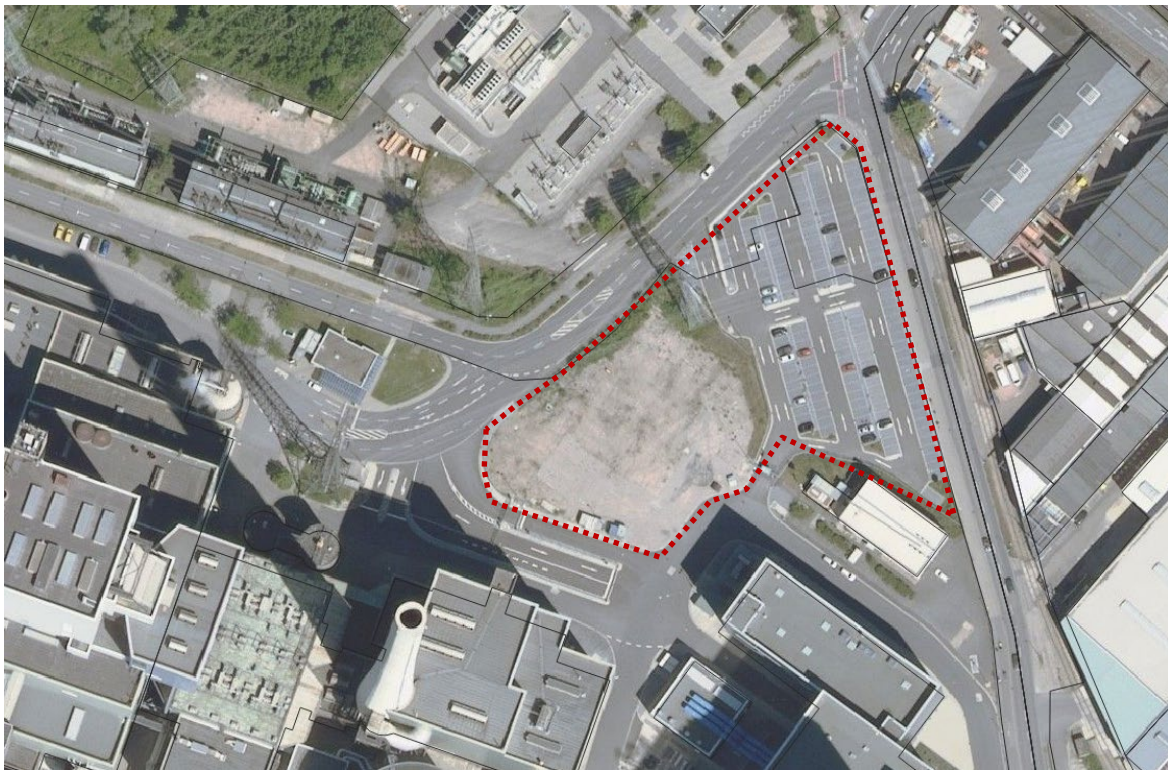


Abb. 2: Fläche für den Bau des Umspannwerks

Über diese Fläche verläuft im Bestand eine 110-kV-Gemeinschaftsleitung der Deutschen Bahn (DB) Energie und der Mannheimer Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH (MVV). Ferner befindet sich ein Maststandort dieser Bestandsleitung direkt auf der Fläche des künftigen UWs. Folglich ist es erforderlich, den Verlauf der Gemeinschaftsleitung zu ändern, um das Baufeld für die Errichtung des UW Mannheim freizumachen.

Ziel ist die Erstellung eines Gutachtens über elektrische und magnetische Felder, die von den Niederfrequenz-Anlagen ausgehen und auf die Umwelt einwirken. Das Gutachten soll zur Erstellung der Genehmigungsunterlagen verwendet werden.

In diesem Gutachten soll nachgewiesen werden, dass die von der 110-kV-Freileitungen zum Zeitpunkt der Baufeldfreimachung emittierten elektrischen und magnetischen Felder die Grenzwerte der 26. BImSchV an den maßgeblichen Immissionsorten einhalten und dies auch im ungünstigsten Fall - dem Betrieb der Leitungen bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung. Zusätzlich erfolgt eine Beurteilung bzw. Bewertung gemäß 26. BImSchVVwV an den maßgeblichen Minimierungsorten, ob dort das Minimierungspotential vollständig ausgeschöpft ist.

## 2 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, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI)
- [6] NABEG Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1690), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 298) geändert worden ist.
- [7] Längenprofilplan Baufeldfreimachung UW Mannheim, 110-kV-Gemeinschaftsleitung, GKM – UW 4 (MVV Netze GmbH)/ BL512 (DB Energie GmbH), vom Mast 404 (512/3420) bis Mast 406A (512/3418A), Maßstab der Längen: 1:2500, Maßstab der Höhen: 1:500, LTB Leitungsbau GmbH, TransnetBW, Stand: 29.04.2022.
- [8] Längenprofilplan Baufeldfreimachung UW Mannheim, 110-kV-Gemeinschaftsleitung, GKM – UW 4 (MVV Netze GmbH)/ BL512 (DB Energie GmbH), vom Mast 406A (512/3418A) bis Mast 408 (512/3416), Maßstab der Längen: 1:2500, Maßstab der Höhen: 1:500, LTB Leitungsbau GmbH, TransnetBW, Stand: 29.04.2022.
- [9] Höhenprofilplan 110-kV-Leitung GKM-UW 5, Portal – Mast 405, Maßstab der Längen: 1:2500, Maßstab der Höhen: 1:500, LTB Leitungsbau GmbH, MVV Netze, Stand: 16.02.2014.
- [10] Längenprofil 220-kV-Leitung GKM 1 – Heidelberg Neurott, von Mast 005 bis Mast 009, Maßstab der Längen: 1:2500, Maßstab der Höhen: 1:500, TransnetBW, Stand: 20.06.2018.
- [11] Lageplan 110-kV-Bahnstromleitung Nr. 512, Uw – KW Mannheim 3-4, von Mast Nr. 3417 bis Mast 3420, LTB Leitungsbau GmbH, DB Energie, Maßstab: 1:1000, Stand: 26.11.2021.

### 3 Ausgangssituation

#### 3.1 Technische Parameter der Freileitungen

Um das Baufeld für das Umspannwerk Mannheim freizumachen, muss der Mast 405 (512/3419) der 110-kV-Gemeinschaftsleitung der DB Energie GmbH und der MVV Netze GmbH versetzt werden. Es handelt sich dabei um eine wesentliche Änderung.

Die technischen Daten der 110 kV-Freileitung sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

	110-kV Gemeinschaftsleitung	
	BL512 (DB Energie GmbH)	GKM-UW4 (MVV Netze GmbH)
Beseilung	2 x 2 x 2 <sup>1</sup> 304-AL1/49-ST1A	2 x 3 x 2 <sup>2</sup> 243-AL1/39-ST1A
Erdseil	1 x 106-AL1/76-ST1A	
Frequenz	16,7 Hz	50 Hz
Anordnungstyp	Einebene (untere Ebene)	Donau (oberen beiden Ebenen)
Nennspannung	110 kV	
Nennstrom	1480 A je Stromkreis	1290 A je Stromkreis
Phasenbelegung	R T   R T	3   3 1 2   1 2
Durchhang in Spannfeldmitte:		
GKM1 – Mast 3420A/404 (nur linker 50 Hz Stromkreis)	4,08 m	
Mast 403 – Mast 3420A/404 (rechter 50 Hz Stromkreis und 16,7 Hz Stromkreise)	6,45 m	
Mast 3420A/404 – Mast 3419A/405A	4,8 m	
Mast 3419A/405A – Mast 3418A/406A	7,18 m	
Mast 3418A/406A – Mast 3417/407	9,37 m	

Tab. 1: Technische Parameter der 110-kV-Freileitungstrasse der Gemeinschaftsleitung der MVV Netze GmbH (GKM – UW4) und der DB Energie GmbH (BL512)

<sup>1</sup> Stromkreise x Phasen x Teilleiter

<sup>2</sup> Stromkreise x Phasen x Teilleiter

Die zugehörigen Mastköpfe sind in den folgenden Abbildungen gezeigt.

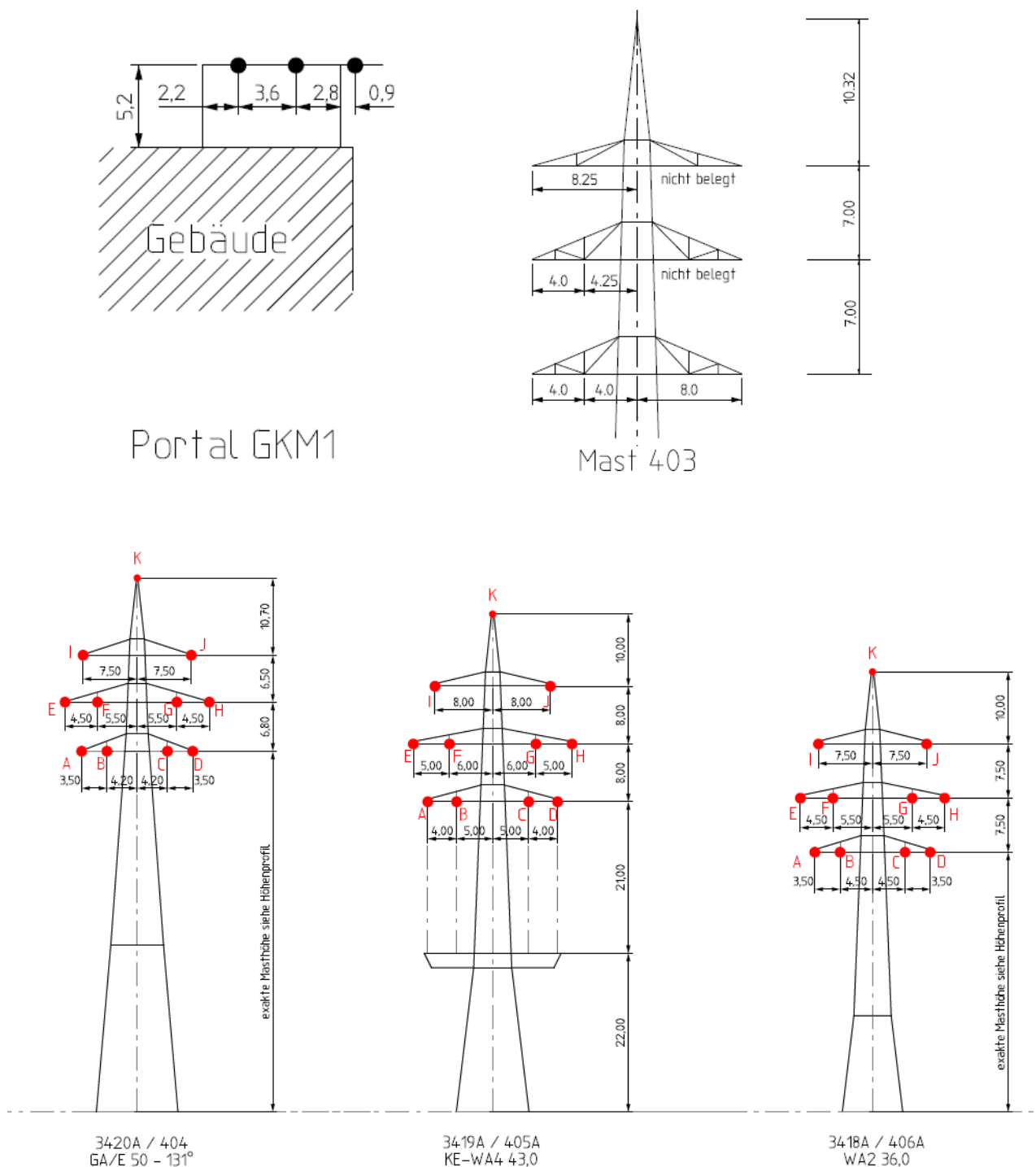


Abb. 3: Mastkopfgeometrien der 110-kV Gemeinschaftsleitung der MVV Netze GmbH (GKM – UW4) und der DB Energie GmbH (BL512)

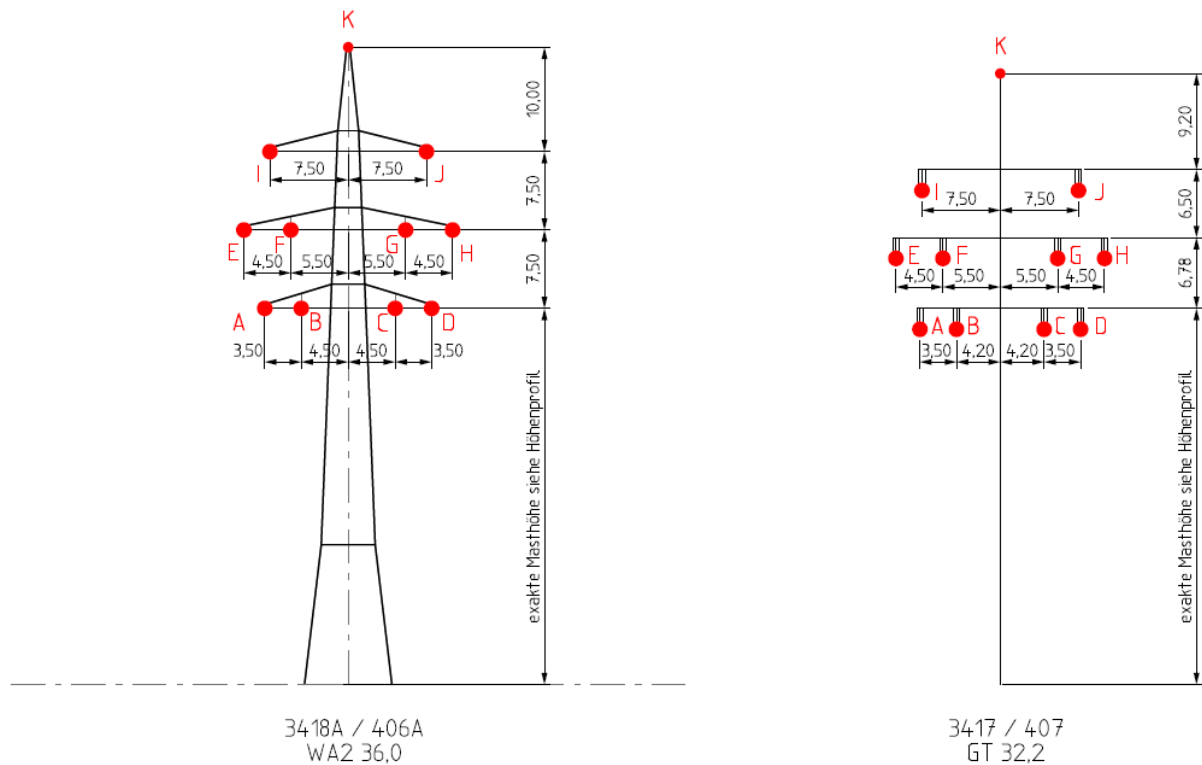


Abb. 4: Mastkopfgeometrien der 110-kV Gemeinschaftsleitung der MVV Netze GmbH (GKM – UW4) und der DB Energie GmbH (BL512)

Nördlich der 110-kV-Gemeinschaftsleitung verläuft die 220-kV-Freileitung GKM 1 – Heidelberg Neurott der TransnetBW. Der nach Kapitel II.3.1 der LAI-Hinweisen auf maßgebliche Immissionsorte hin zu überprüfende Bereich der beiden Freileitungen schneidet sich im Bereich von Mast 3418A/406A (siehe Abb. 5). Im Überschneidungsbereich befindet sich ein maßgeblicher Immissionsort. Die 220-kV-Freileitungstrasse muss daher als Vorbelastung (zumindest im Bereich dieses Mastes) berücksichtigt werden.





Abb. 5: Nach Kapitel II.3.1 der LAI-Hinweisen auf maßgebliche Immissionsorte hin zu überprüfender Bereich der 110-kV- und der 220-kV-Freileitungen, der Überschneidungsbereich ist mit hellblauen Pfeilen markiert

Die technischen Daten der 220 kV-Freileitung (zum Zeitpunkt der Baufeldfreimachung) sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

	<b>220-kV Leitung TransnetBW Nr. 5220 GKM 1 – Heidelberg Neurott</b>
Beseilung	4 x 3 x 2 <sup>3</sup> AL/ST 240/40
Erdseil	2 x AL/ST 95/55
LWL	1 x AY/AW 129/41
Frequenz	50 Hz
Masttyp	Tonne
Nennspannung	220 kV
Nennstrom	2580 A je Stromkreis
Phasenlage	3   2 1   3 2   1
Durchhang in Spannfeldmitte:	11,02 m

<sup>3</sup> Stromkreise x Phasen x Teilleiter

	220-kV Leitung TransnetBW Nr. 5220 GKM 1 – Heidelberg Neurott
Mast 5 – Mast 6	7,25 m
Mast 6 – Mast 7	8,91 m
Mast 7 – Mast 8	

Tab. 2: Technische Parameter der 220-kV-Freileitungstrasse Nr. 5220 GKM 1 – Heidelberg Neurott der TransnetBW

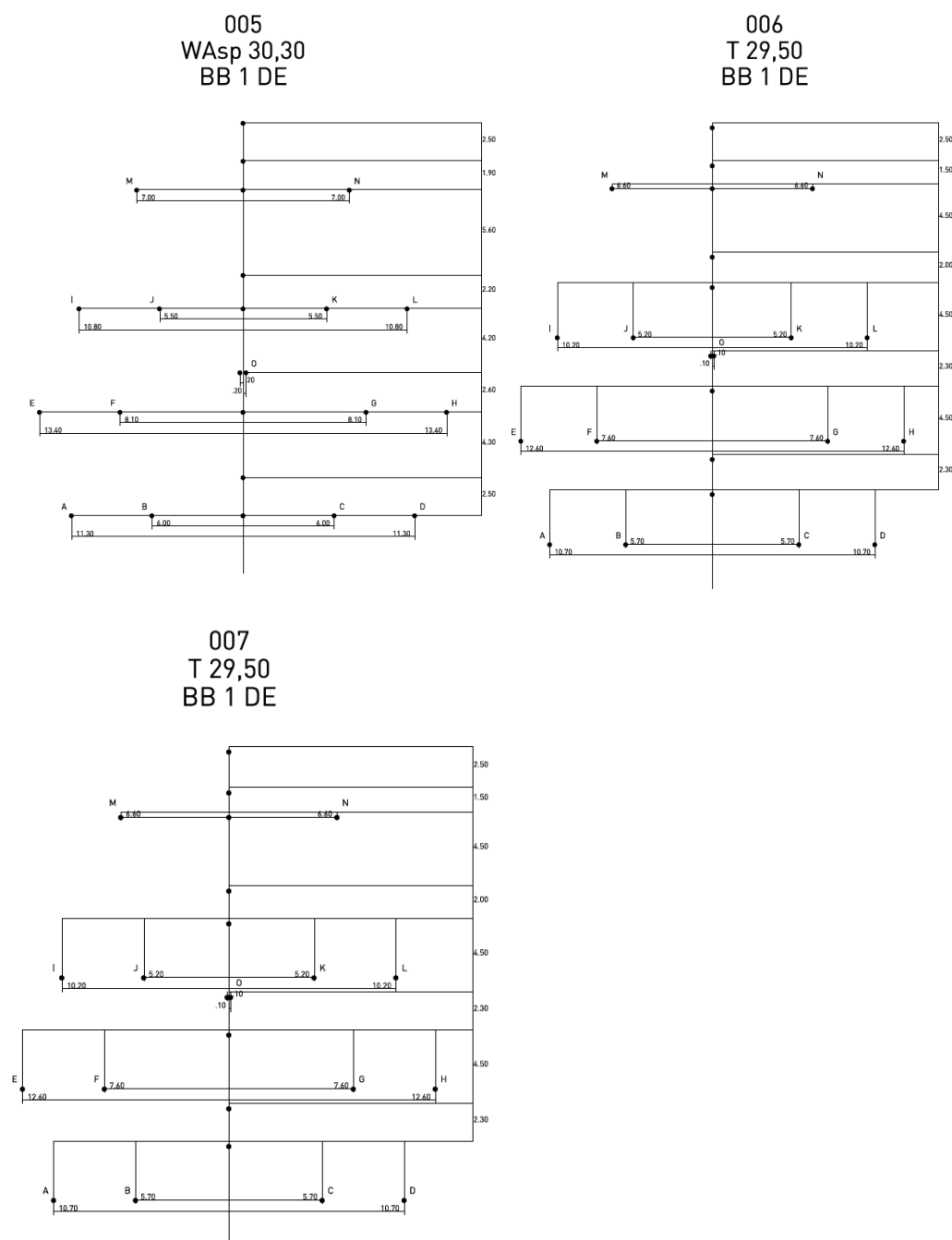


Abb. 6: Mastkopfgeometrien der 220-kV Leitung TransnetBW GKM 1 – Heidelberg Neurott

## 4 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 (BGBl I 66 S. 1966ff) in der Fassung vom 14. August 2013 sind zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen Niederfrequenzanlagen, die nach dem 22. August 2013 errichtet worden sind oder wesentlich verändert 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 in Tab. 3 genannten Grenzwerte nicht überschreiten.

Frequenz	Elektrische Feldstärke $E$	Magnetische Flussdichte $B$
16,7 Hz	5 kV/m	300 $\mu$ T
50 Hz	5 kV/m	100 $\mu$ T <sup>4</sup>

Tab. 3: Grenzwerte für ausgewählte Frequenzen nach Anhang 1a der 26. BImSchV<sup>5</sup>

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.

### 4.1 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 vorliegende 110-kV-Freileitung jeweils in einem Streifen von 10 m Breite angrenzend an den ruhenden äußeren Leiter befinden.

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.

Das Gutachten wurde in Anlehnung an die LAI-Handlungsempfehlungen erstellt [5]. Die Immissionsorte wurden auf Grundlage der ATKIS Basis-DLM Daten ermittelt und um weitere Daten (automatisiertes Raumordnungskataster, Luftbildauswertung) ergänzt. Die Trasse wurde in einem Bereich von 10 m um den ruhenden äußeren Leiter der 110-kV-Systeme gepuffert. Dafür wurde jeweils sowohl links als auch rechts der Trassenachse ein Streifen mit einer Breite von

<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  $\mu$ T für die magnetische Flussdichte einhalten

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



21 m markiert und auf das Vorhandensein von möglicherweise maßgeblichen Immissionsorten überprüft. Die Streifenbreite ergibt sich aus den maximalen Abständen der Leiterseile am Querträger (maximal 11 m + 10 m = 21 m, Worst-Case Annahme von allen vorkommenden Mastkopfgeometrien der gesamten Trasse siehe Portal aus Abb. 3).

#### **4.2 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 thermischen maximal zulässigen Dauerstrom des verwendeten Leiterquerschnitts sowie die Nennspannung.

#### **4.3 Berücksichtigung aller relevanten Immissionen**

Laut § 3 Abs. 3 der 26. BImSchV sind bei der Ermittlung der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte alle Immissionen gemäß Anhang 2a der 26. BImSchV zu berücksichtigen, die durch andere Niederfrequenzanlagen sowie durch ortsfeste Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 Kilohertz und 10 Megahertz<sup>6</sup> entstehen.

Eine Vorbelastung durch ortsfeste Hochfrequenzanlagen muss nicht berücksichtigt werden. Die nächste diesbezüglich relevante Hochfrequenzanlage (Stand: 13.07.2022, EMF-Datenbank der BNetzA) befindet sich südöstlich von Heidelberg bei Ochsenbach in über 55 km Entfernung zur geänderten Trasse. Gemäß Ziff. 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, da im vorliegenden Fall auch keine gegenteiligen Anhaltspunkte bestehen.

Für die Vorbelastung durch weitere Niederfrequenzanlagen wird die 220-kV-Freileitung Nr. 5220 der TransnetBW berücksichtigt. Weitere ortsfeste Niederfrequenzanlagen müssen nicht berücksichtigt werden.

#### **4.4 Überspannungsverbot**

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

---

<sup>6</sup> die einer Standortbescheinigung nach §§ 4 und 5 der Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder bedürfen

Die Nennspannung der Trasse liegt mit 110 kV unterhalb von 220 kV, weshalb das Überspannungsverbot für die Trasse nicht anzuwenden ist.

#### **4.5 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. Wie die folgenden Kapitel zeigen, sind im Bereich der maßgeblichen Immissionsorte keine Wirkungen wie Funkenentladung auch zwischen Personen und leitfähigen Objekten, die zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können, zu erwarten, da die Schwelle von 7 kV/m für die elektrische Feldstärke, ab der mit erheblichen Belästigungen oder Schäden zu rechnen ist (Ziff. II.3.6 LAI-Hinweise), im Untersuchungsgebiet nicht erreicht wird.

### **5 Berechnung der Immissionswerte**

Die Berechnung erfolgt mit dem Programm Winfield (Version 2022). Der Hersteller des Berechnungsprogramms, die Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie – FGEU mbH, Berlin, gibt im Herstellerzertifikat einen maximalen Berechnungsfehler von 0,00001 % für die magnetische Flussdichte und 0,0001 % für die elektrische Feldstärke an. Die erweiterte Standardsicherheit der gesamten Berechnung gemäß DIN EN 50413, wie im Anhang dargestellt, ist dann mit 3,0 % für die magnetische Flussdichte und mit 3,0 % für die elektrische Feldstärke anzugeben.

Als Kartengrundlage wurde das digitale Basis-Landschaftsmodell (Basis DLM, AAA)<sup>7</sup> und das geographische Bezugssystem ETRS 89 UTM Zone32/33 verwendet.

Die Mastkopfgeometrien und Phasenlagen sind in Kapitel 3.1 dargestellt. Die Berechnung erfolgte für eine Höhe von 1 m über EOK (für die magnetische Flussdichte im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung und zur vereinheitlichten Darstellung auch über den Gebäuden in 1 m Höhe) mit einem Berechnungsraster von 1 m x 1 m. Der Berechnung liegt ein digitales Höhenmodell zu Grunde mit einer Auflösung von ebenfalls 1 m x 1 m.

Für magnetische Flussdichte und elektrische Feldstärke sind jeweils die 16,7 Hz und die 50 Hz Felder einzeln dargestellt. Im Berechnungsmodell wurde dabei das jeweils nicht aktive System auf Spannung 0 kV und Strom 0 A gesetzt (entspricht einer Freischaltung des Systems). Dies stellt den Worst-Case gegenüber einer Berechnung ohne die jeweils inaktiven Systeme dar und wird daher verwendet. An den Immissionsorten wurde dann je Frequenz der Maximalwert betrachtet und für die beiden Frequenzen jeweils gewichtet mit dem Grenzwert die Summe gebildet. Die Orte der Maximalwerte sind nicht immer an der gleichen Position, im Sinne einer Worst-Case-Abschätzung wurden die Maximalwerte der Immissionswerte dennoch addiert.

---

<sup>7</sup> Beschreibung der topographischen Objekte der Landschaft im Vektorformat auf der Grundlage des AFIS-ALKIS-ATKIS-Datenmodells und der Festlegungen des ATKIS-Objektartenkatalogs Basis-DLM



## 5.1 Maßgebliche Immissionsorte

Der zu prüfende Bereich und die Lage der maßgeblichen Immissionsorte sind im Anhang in Kapitel 8.3 gezeigt. In der folgenden Tabelle sind die maßgeblichen Immissionsorte aufgelistet.

Nummer maßgeblicher Immissionsort (MIO)	Bezeichnung, Flurstücksnummer der Gemarkung Mannheim	Lage relativ zur Trasse	Art der Nutzung	Kleinster Abstand zum äußeren Leiter der Freileitung (Ü: Überspannung)
1	Schaltanlagegebäude 12674, 12657/1	südlich	Arbeitsstätte	Ü
2	Bauleitungscontainer 12661, 12657/1, 12674	nördlich	Arbeitsstätte	Ü
3	Stahlbau Kürschner, 12740	nördlich	Arbeitsstätte	Ü
4	Green Buzz Liquids 12741	südlich	Arbeitsstätte	Ü
5	Weidner & Lahr GmbH Maschinenbau Stahlbau 12741/2	südlich	Arbeitsstätte	2 m
6	Hochdorfer Str. 2 13002/2	südlich	Wohnhaus	Ü
7	Mundenheimer Str. 15 13004/1	nördlich	Wohnhaus	Ü (Grundstück) 3 m (Gebäude)
8	Hochdorfer Str. 3 13004/3	nördlich	Wohnhaus	4,5 m (Grundstück) 9 m (Gebäude)
9	Hochdorfer Str. 5 13005	nördlich	Wohnhaus	7 m (Grundstück)

Tab. 4: Liste der maßgeblichen Immissionsorte im Umfeld der Freileitung

Im Umfeld der geplanten Trasse gibt es somit neun maßgeblichen Immissionsorte.

## 5.2 Berechnungsergebnisse

Die Ergebnisse der Berechnung sind im Anhang grafisch dargestellt. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse zusammengefasst.

IO-Nr.	Art der Nutzung	Magnetische Flussdichte $B$		Proz. Anteil vom Grenzwert <sup>8</sup>	Elektrische Feldstärke $E$		Proz. Anteil vom Grenzwert
		16,7 Hz	50 Hz		16,7 Hz	50 Hz	
1	Arbeitsstätte Gebäude	12 $\mu$ T	7,2 $\mu$ T	11%	0,03 kV/m	0,17 kV/m	4,0%
2	Arbeitsstätte Gebäude	1,9 $\mu$ T	2,5 $\mu$ T	3,1%	0,05 kV/m	0,17 kV/m	4,5%
3	Arbeitsstätte Gebäude	3,2 $\mu$ T	3,4 $\mu$ T	4,5%	0,05 kV/m	0,21 kV/m	5,3%
4	Arbeitsstätte Gebäude	3,2 $\mu$ T	3,6 $\mu$ T	4,7%	0,05 kV/m	0,21 kV/m	5,3%
5	Arbeitsstätte Gebäude	2,8 $\mu$ T	3,5 $\mu$ T	4,4%	0,05 kV/m	0,21 kV/m	5,3%
6	Wohnhaus	2,1 $\mu$ T	4,0 $\mu$ T	4,7%	0,06 kV/m	0,22 kV/m	5,6%
7	Wohnhaus	2,8 $\mu$ T	5,6 $\mu$ T	6,5%	0,08 kV/m	0,23 kV/m	6,2%
8	Wohnhaus	2,2 $\mu$ T	13 $\mu$ T	14%	0,06 kV/m	0,69 kV/m	15%
9	Wohnhaus	<b>1,8 <math>\mu</math>T</b>	<b>21 <math>\mu</math>T</b>	<b>21%</b>	<b>0,08 kV/m</b>	<b>1,0 kV/m</b>	<b>22%</b>

Tab. 5: Berechnungsergebnisse der magnetischen Flussdichte und der elektrischen Feldstärke sowie für höchste betriebliche Anlagenauslastung für 16,7 Hz- sowie 50 Hz-Felder sowie für den summarischen Ausschöpfungsgrad der Grenzwerte der 26. BImSchV

An den maßgeblichen Immissionsorten wird der Grenzwert der 26. BImSchV für die magnetische Flussdichte maximal zu 21 % und die elektrische Feldstärke maximal zu 22 % ausgeschöpft (Summe der 16,7 Hz und der 50 Hz-Felder).

<sup>8</sup> Rechnerisch ermittelten aus den jeweiligen maximalen Werten an den Immissionsorten je Frequenz gewichtet mit dem jeweiligen Grenzwert. Zur Berechnung der Werte bei einer Frequenz wurde das inaktive System auf Strom 0 A und Spannung 0 kV gesetzt. Dies stellt den Worst-Case gegenüber einer Betrachtung ganz ohne das jeweils inaktive System dar.

## 6 Anwendung des Minimierungsgebots von § 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.

### 6.1 Vorprüfung nach 26. BImSchVVwV

Bei der Errichtung der Leitung B190 handelt es sich um einen Neubau. Der Einwirkungsbereich und der Bewertungsabstand sind laut Nummer 3.2.1.2 der 26. BImSchVVwV folgendermaßen festgelegt:

Anlage	Einwirkungsbereich	Bewertungsabstand
Freileitung $\geq 110$ kV (einschließlich Bahnstrom- fernleitungen)	200 m	10 m

Tab. 6: 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 Nummer 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, Schulen, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze oder ähnliche Einrichtungen und den zugehörigen Grundstücken. Keine maßgeblichen Minimierungsorte sind damit landwirtschaftlich genutzte Flächen, Wege und Straßen.

Wie Kapitel 8.6 im Anhang zu entnehmen ist befinden sich in allen Richtungen von der Trasse maßgebliche Minimierungsorte. Die MMOs befinden sich teilweise innerhalb, teilweise außerhalb des Bewertungsabstands<sup>9</sup>.

Eine Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen ist somit erforderlich.

---

<sup>9</sup> Auf eine detaillierte Betrachtung der einzelnen MMOs wird zur Vereinfachung verzichtet, da, wie sich im folgenden Abschnitt zeigen wird, im Vorliegenden Fall das Minimierungspotential bereits vollständig ausgeschöpft ist.

## 6.2 Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen

Es befinden sich mehrere maßgebliche Minimierungsorte sowohl innerhalb als auch außerhalb des Bewertungsabstandes.

Für eine 110-kV-Drehstromfreileitung sind laut Nummer 5.3.1 26. BImSchVVwV bzw. für 110-kV-Bahnstromfreileitungen nach Nummer 5.2.1 fünf Minimierungsmaßnahmen zu prüfen.

### 6.2.1 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:

Beide Seiten der Masten sind mit Systemen belegt, eine mögliche Seitenwahl entfällt daher.  
Die Masten 404 und 406A binden an den Bestand an, ihre Höhe ist daher vorgegeben. Damit bleibt eine mögliche Erhöhung von Mast 405A. Dies hätte eine Erhöhung der Bodenaustrittsmaße zur Folge, sowie eine Erhöhung der Zugkraft (Hochzug) auf Mast 406A, wodurch dieser ebenfalls erhöht werden müsste, was aber nicht geplant ist.

### 6.2.2 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 monopolaren Systemen durch das Mitführen eines Erdseils.



Industrie Service

**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:**

Es wird bereits ein Erdseil an der Mastspitze mitgeführt. Ein weiteres Erdseil müsste auf der gesamten Trasse angebracht werden. Eine Änderung ist jedoch nur für die beiden Spannungsfelder geplant. Die Maßnahme ist daher nicht anwendbar.

### **6.2.3 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.



## 6.2.4 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:	Die Mastkopfgeometrie orientiert sich am Bestand, für die Drehstromleitungen wird eine Donauform verwendet, die Bahnstromfreileitungen sind auf einer Ebene darunter angeordnet. Die Maßnahme ist daher nicht anwendbar.

## 6.2.5 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:	Die Anschlussreihenfolge der Drehstromleiter ist bereits durch den Bestand festgelegt. Die Maßnahme ist nicht anwendbar.



### **6.3 Maßnahmenbewertung und Festlegung der Minimierungsmaßnahmen**

Für die Baufeldfreimachung für das Umspannwerk Mannheim wurde eine Minimierungsprüfung durchgeführt. Die Maßnahmen „Abstandsoptimierung“, „Elektrische Schirmung“, „Minimieren der Seilabstände“, „Optimieren der Mastkopfgeometrie“ und „Optimieren der Leiteranordnung“ können allesamt nicht angewendet werden, da sich die Änderung nur auf ein kurzes Stück innerhalb einer weiterhin bestehenden und nicht zu ändernden Trasse befindet und dadurch die wesentlichen technischen Randbedingungen bereits festgelegt sind.

Das Minimierungspotential ist somit vollständig ausgeschöpft.

### **6.4 Anforderungs- und Maßnahmenkatalog**

Die Anforderungen gemäß 26. BImSchV und 26. BImSchVVwV werden, für die Maßnahme „Baufeldfreimachung Umspannwerk Mannheim“ für die geänderten Spannungsfelder der Trasse eingehalten.

Es müssen aus immissionsschutzrechtlicher Sicht hinsichtlich elektromagnetischer Felder keine Maßnahmen durchgeführt werden.

## 7 Zusammenfassung und Bewertung

Im vorliegenden Gutachten sollte im Rahmen der Erstellung der Genehmigungsunterlagen für die Baufeldfreimachung des Umspannwerks Mannheim geprüft werden, ob die relevanten Anforderungen der 26. BImSchV eingehalten werden können.

Die Untersuchung der Auswirkung der Änderung zweier Spannungsfelder der von der 110-kV-Gemeinschaftsfreileitung der Deutschen Bahn (DB) Energie und der Mannheimer Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH (MVV) ausgehenden magnetischen und elektrischen Felder erbrachte folgende Ergebnisse:

- Im Umfeld der Freileitungstrasse sind neun maßgebliche Immissionsorte vorhanden.
- Die Grenzwerte der 26. BImSchV werden an den maßgeblichen Immissionsorten sicher eingehalten. Der höchste Grad der Ausschöpfung des Grenzwerts für magnetische Felder beträgt 21 % vom Grenzwert, der höchste Wert für elektrische Felder 22 %.
- Die Schwelle von 7 kV/m für die elektrischen Feldstärke, ab der mit erheblichen Belästigungen oder Schäden zu rechnen ist (Ziff. II.3.6 LAI-Hinweise) wird im Untersuchungsgebiet nicht erreicht. Im Bereich der Trasse sind daher keine Wirkungen wie Funkenentladungen, auch zwischen Personen und leitfähigen Objekten, die zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können zu erwarten.
- Die Anforderungen gemäß §4 Abs. 3 der 26. BImSchV an das Überspannungsverbot werden für die neue Trasse durchgehend eingehalten.
- Es befindet sich eine Vielzahl an maßgeblichen Minimierungsorte im Einwirkungsbereich der Freileitung. Eine Prüfung der Minimierungsmaßnahmen wurde daher durchgeführt. Auf Grund der technischen Randbedingungen besteht kein weiteres Minimierungspotential.

## 8 Anhang

### 8.1 Berechnung der Unsicherheit nach DIN EN 50413

Programm: <b>Winfield Version 2022</b> Parameter: <b>magnetische Flussdichte</b>						
Komponente	Einflussfaktor	Quelle	festgelegte Unsicherheit	Verteilung	Divisionsfaktor	Standardunsicherheit
Software	Rundung, Softwarefehler, Segmentierung etc.	Herstellerzertifikat	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>10</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 2022</b> Parameter: <b>Elektrische Feldstärke</b>						
Komponente	Einflussfaktor	Quelle	festgelegte Unsicherheit	Verteilung	Divisionsfaktor	Standardunsicherheit
Software	Rundung, Softwarefehler, Segmentierung etc.	Herstellerzertifikat	0,0001%	Normal	2	0,00005%
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>10</sup> elektrische Betriebsdaten per Definition ohne Unsicherheit, da es sich hierbei um normative Nennwerte handelt.

## 8.2 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.
BBPlG	Bundesbedarfsplangesetz
BP	Bezugspunkt nach 26. BImSchVVwV
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG)
BImSchVVwV	Verwaltungsvorschrift zur Bundesimmissionsschutzverordnung
BGBI.	Bundesgesetzblatt
Bündelleiter	Leiter, der aus mehreren Teilleitern 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.
Drehstromsystem	ein aus drei gleich großen um 120° verschobenen Spannungen und Ströme gebildetes Wechselstromsystem
DLM	Digitales Landschaftsmodell
EMF	Abk. für <u>E</u> lektro <u>m</u> agnetische <u>F</u> elder
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
FIST	Abk. für <u>F</u> lur <u>s</u> tück
Frequenz	Schwingungszahl von Wellen je Sekunde, gemessen in Herz
Hertz (Hz)	Technische Einheit für 1 Schwingung pro Sekunde
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.
MIO	Maßgeblicher Immissionsort nach LAI-Hinweisen der 26. BImSchV



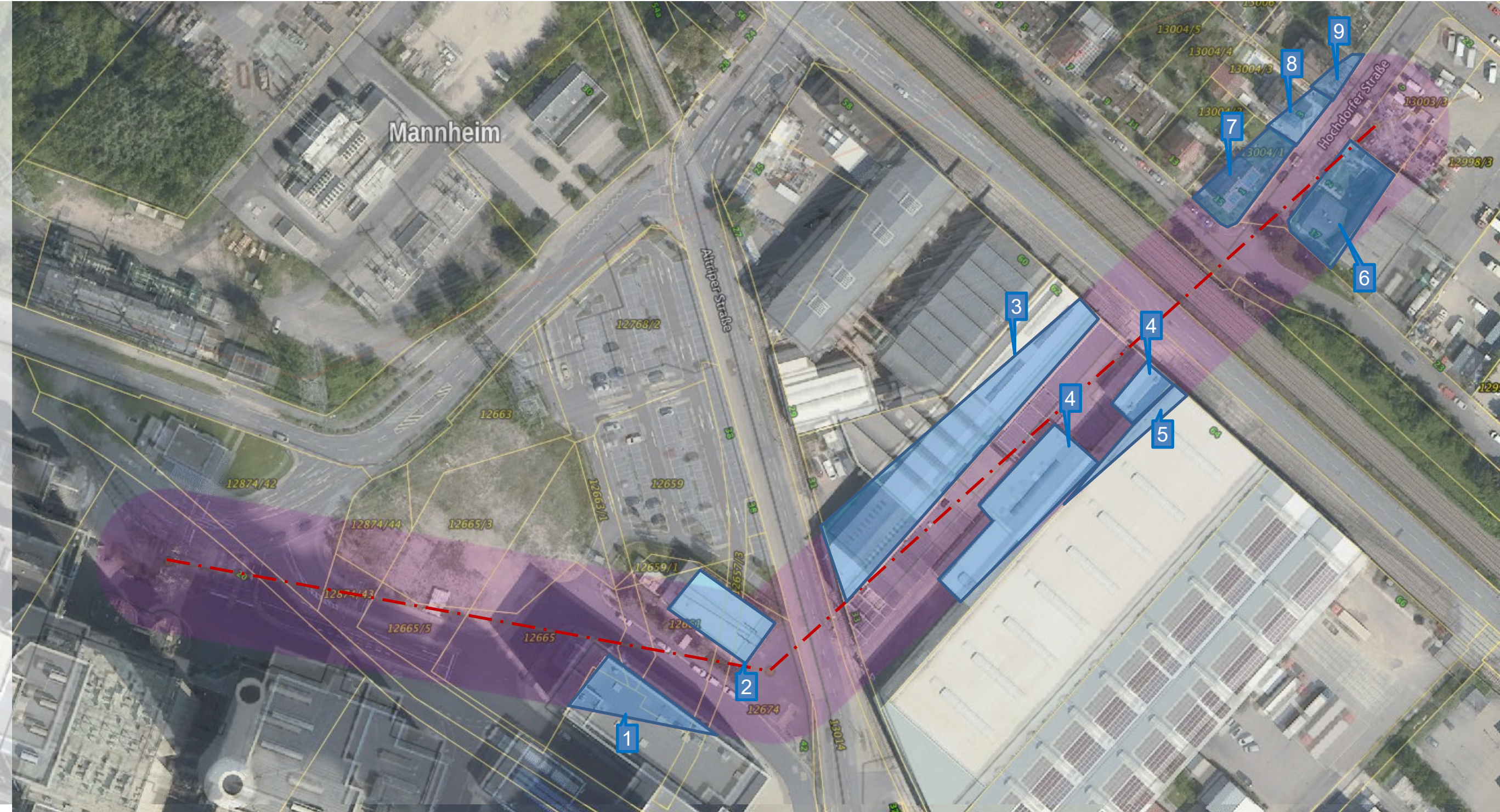


Industrie Service


MMO	Maßgeblicher Minimierungsort nach 26. BImSchVVwV
Querträger	seitliche Ausleger (Traverse) an einem Mast zur Befestigung der Leiter
Spannung Mittelspannung Hochspannung Höchstspannung (kV)	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.
ST	Stahl
Stromsystem, Stromkreis	Ein Stromsystem / Stromkreis besteht in der Drehstromtechnik bei einer Frequenz von 50 Hz jeweils aus drei Phasen. Jede der Phasen kann aus einem oder mehreren Leitern bestehen. Der Phasenversatz beträgt jeweils 120°. Die Leiter haben die Aufgabe 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, Mikrotesla ( $\mu$ T)	Technische Maßeinheit für die magnetische Flussdichte in Tesla oder mehr gebräuchlich Mikrotesla, 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 $\mu$ 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



8.3 Lage der maßgeblichen Immissionsorte

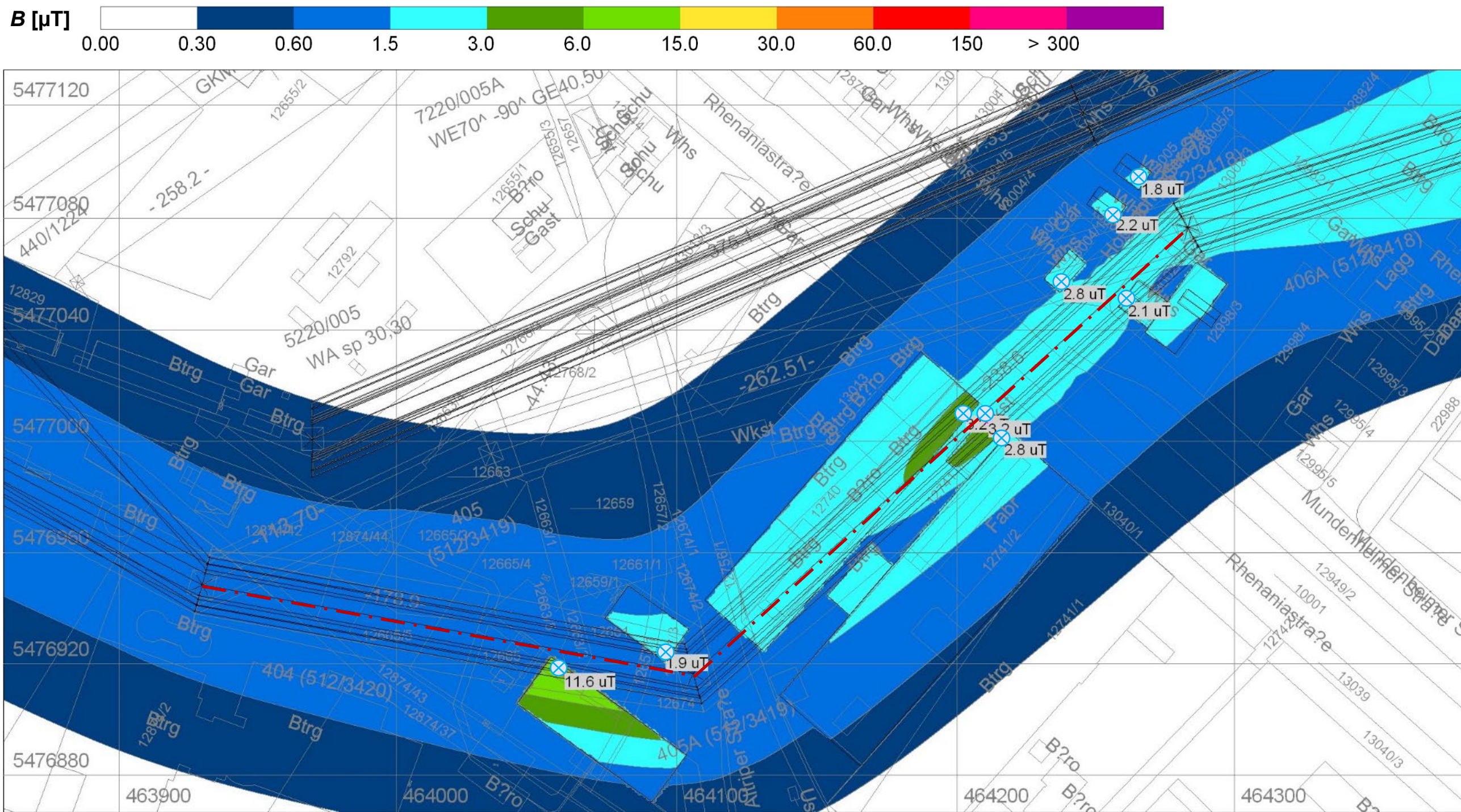


Legende			
— · — · —	Achse Freileitung		Nummer des maßgeblichen Immissionsorts (MIO)
	Zu prüfender Bereich nach LAI-Hinweisen		
	Maßgebliche Immissionsorte		


TransnetBW, Baufeldfreimachung Umspannwerk Mannheim				 Industrie Service
Nach LAI-Hinweisen zu prüfender Bereich und Lage der maßgeblichen Immissionsorte				
3662683 EMF v2.2 Bericht	IS-USG-MUC/tim Sachbearbeiter	- Maßstab	03. Mai 2023 Datum	Seite 25 von 30 Plan



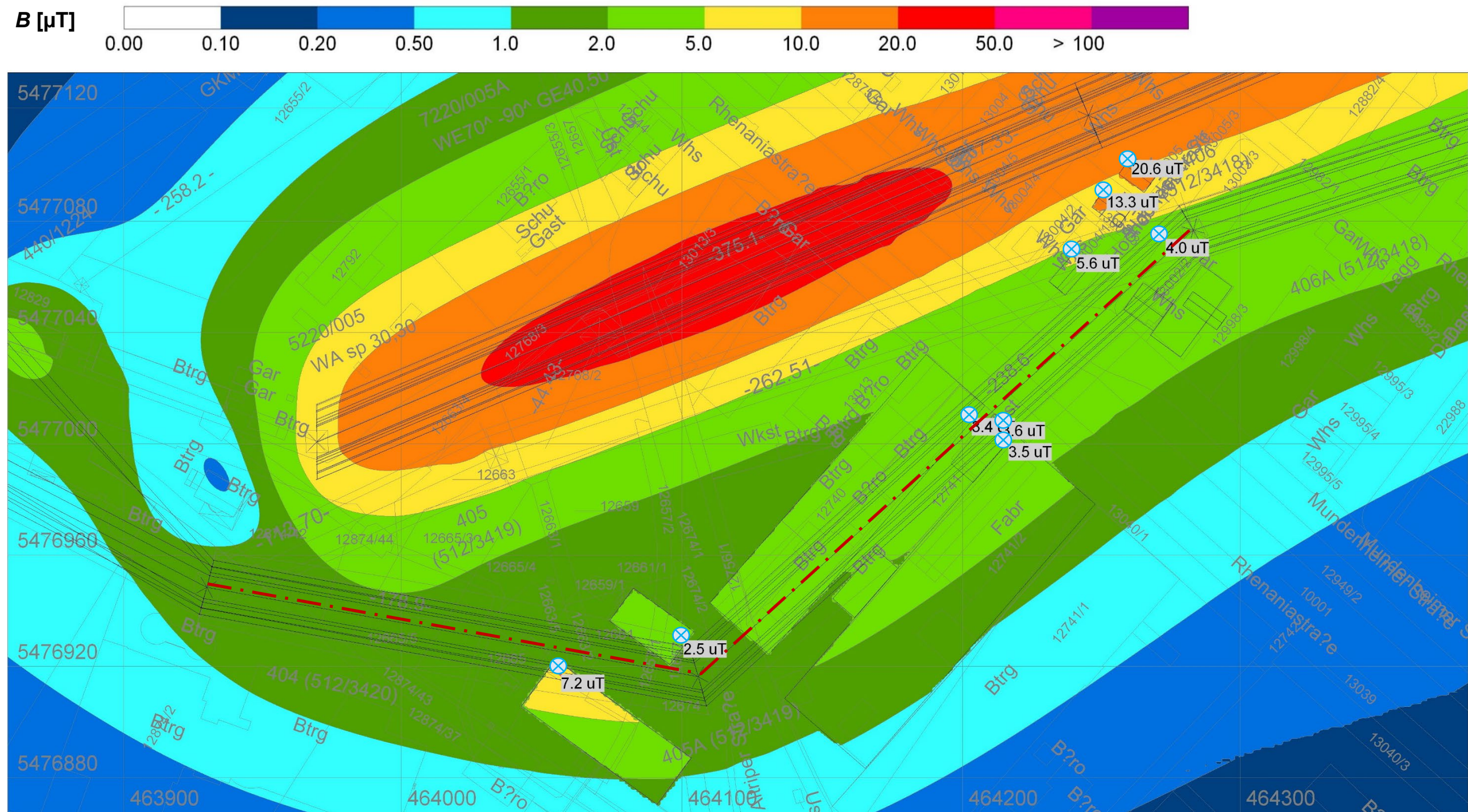
8.4 Berechnungsergebnisse magnetische Flussdichte




Legende	
— · — · —	Achse Freileitung
⊗	Maximalwert an den jeweiligen maßgeblichen Immissionsorten

TransnetBW, Baufeldfreimachung Umspannwerk Mannheim				 Industrie Service
Magnetische Flussdichte in 1 m Höhe über EOK bzw. Gebäuden für die Frequenz 16,7 Hz				
3662683 EMF v2.2 Bericht	IS-USG-MUC/tim Sachbearbeiter	- Maßstab	03. Mai 2023 Datum	Seite 26 von 30 Plan



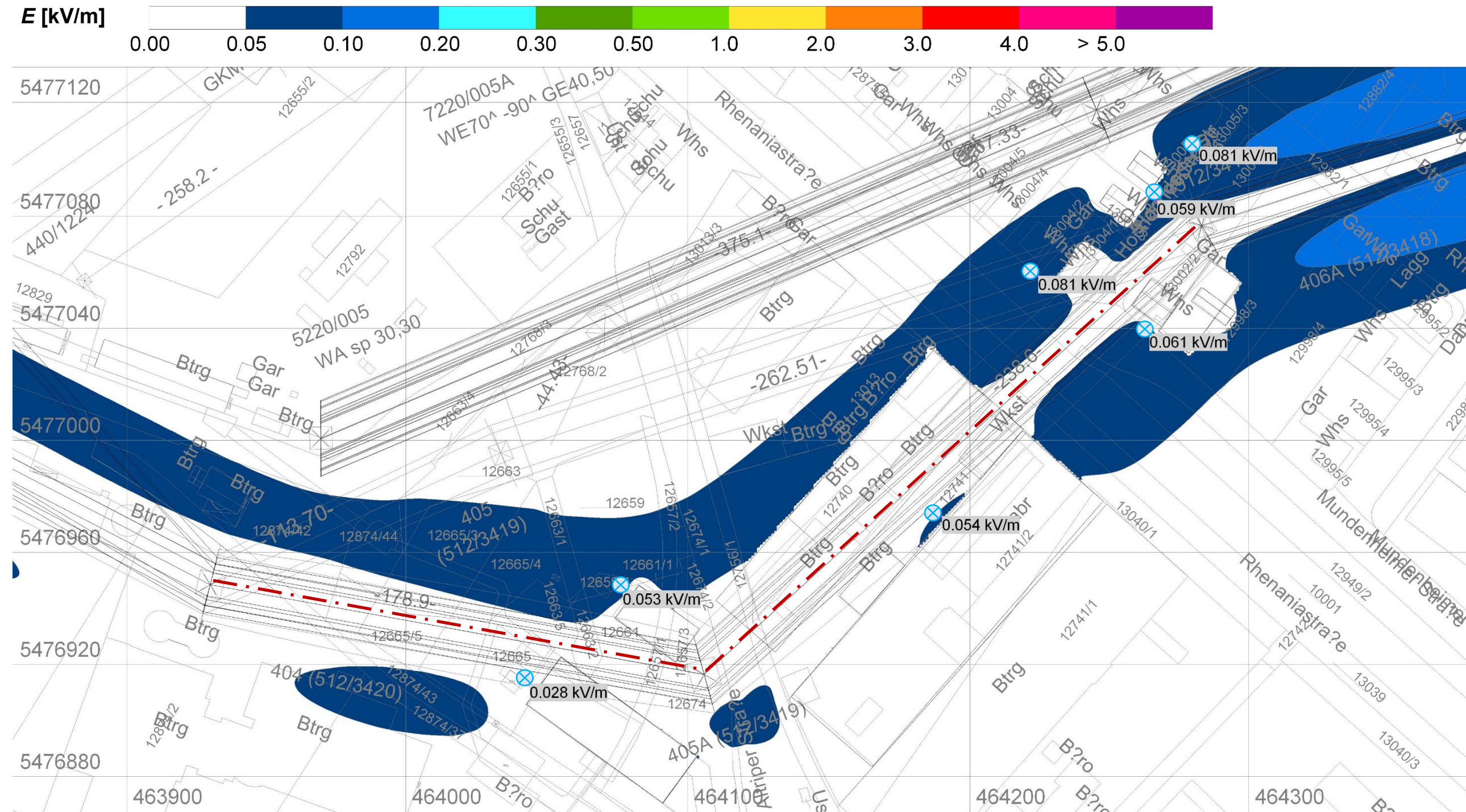




Legende	
	Achse Freileitung
	Maximalwert an den jeweiligen maßgeblichen Immissionsorten


TransnetBW, Baufeldfreimachung Umspannwerk Mannheim				 Industrie Service
Magnetische Flussdichte in 1 m Höhe über EOK bzw. Gebäuden für die Frequenz 50 Hz				
3662683 EMF v2.2 Bericht	IS-USG-MUC/tim Sachbearbeiter	- Maßstab	03. Mai 2023 Datum	Seite 27 von 30 Plan



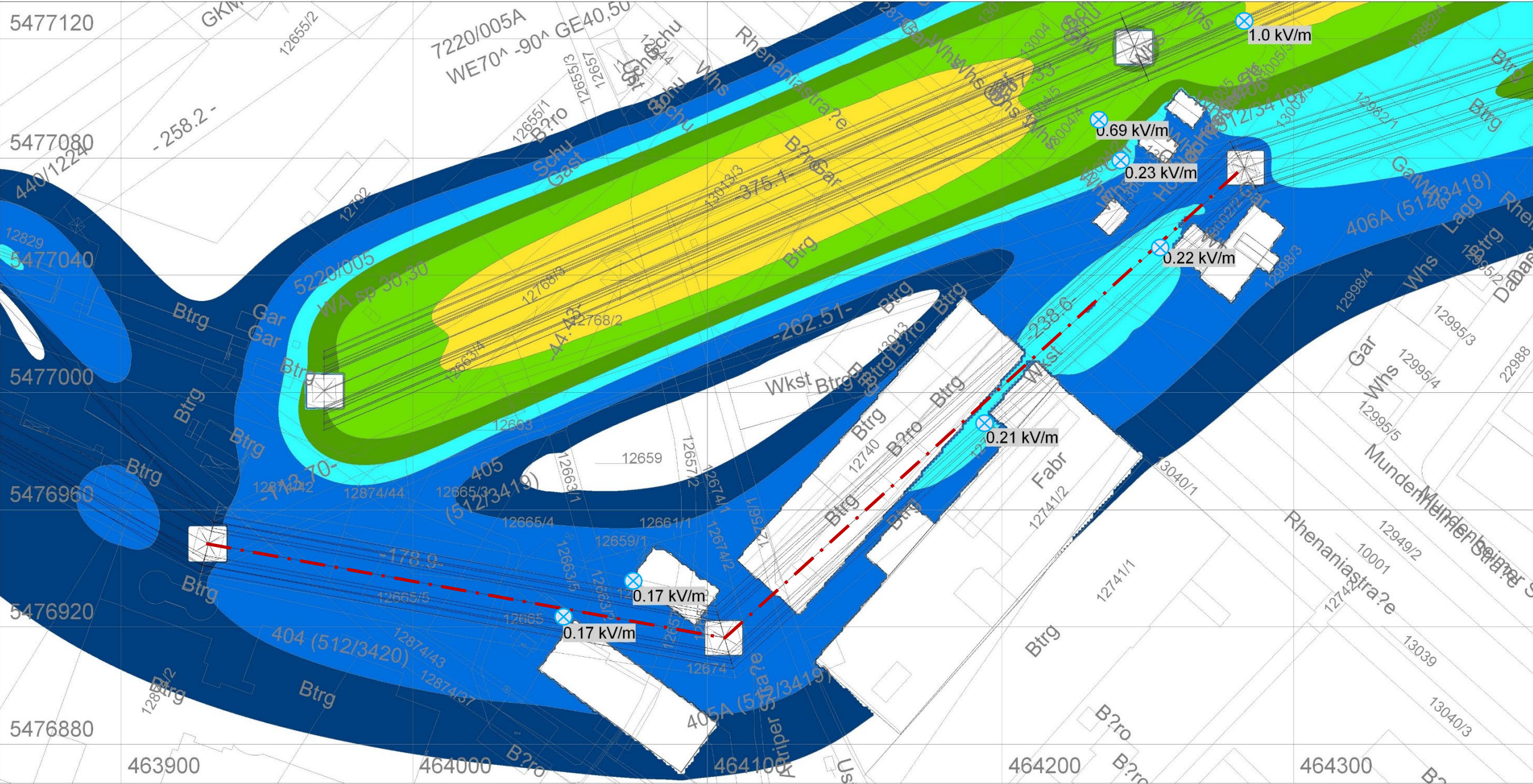
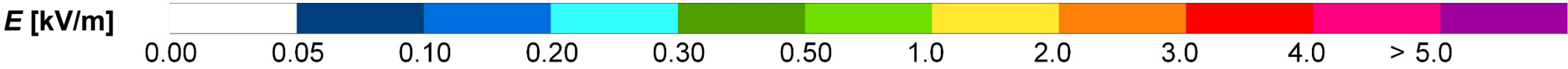
## 8.5 Berechnungsergebnisse elektrische Feldstärke




<b>Legende</b>	
	Achse Freileitung
	Maximalwert an den jeweiligen maßgeblichen Immissionsorten

TransnetBW, Baufeldfreimachung Umspannwerk Mannheim				 Industrie Service
Elektrische Feldstärke in 1 m Höhe über EOK für die Frequenz 16,7 Hz				
3662683 EMF v2.2 Bericht	IS-USG-MUC/tim Sachbearbeiter	- Maßstab	03. Mai 2023 Datum	Seite 28 von 30 Plan



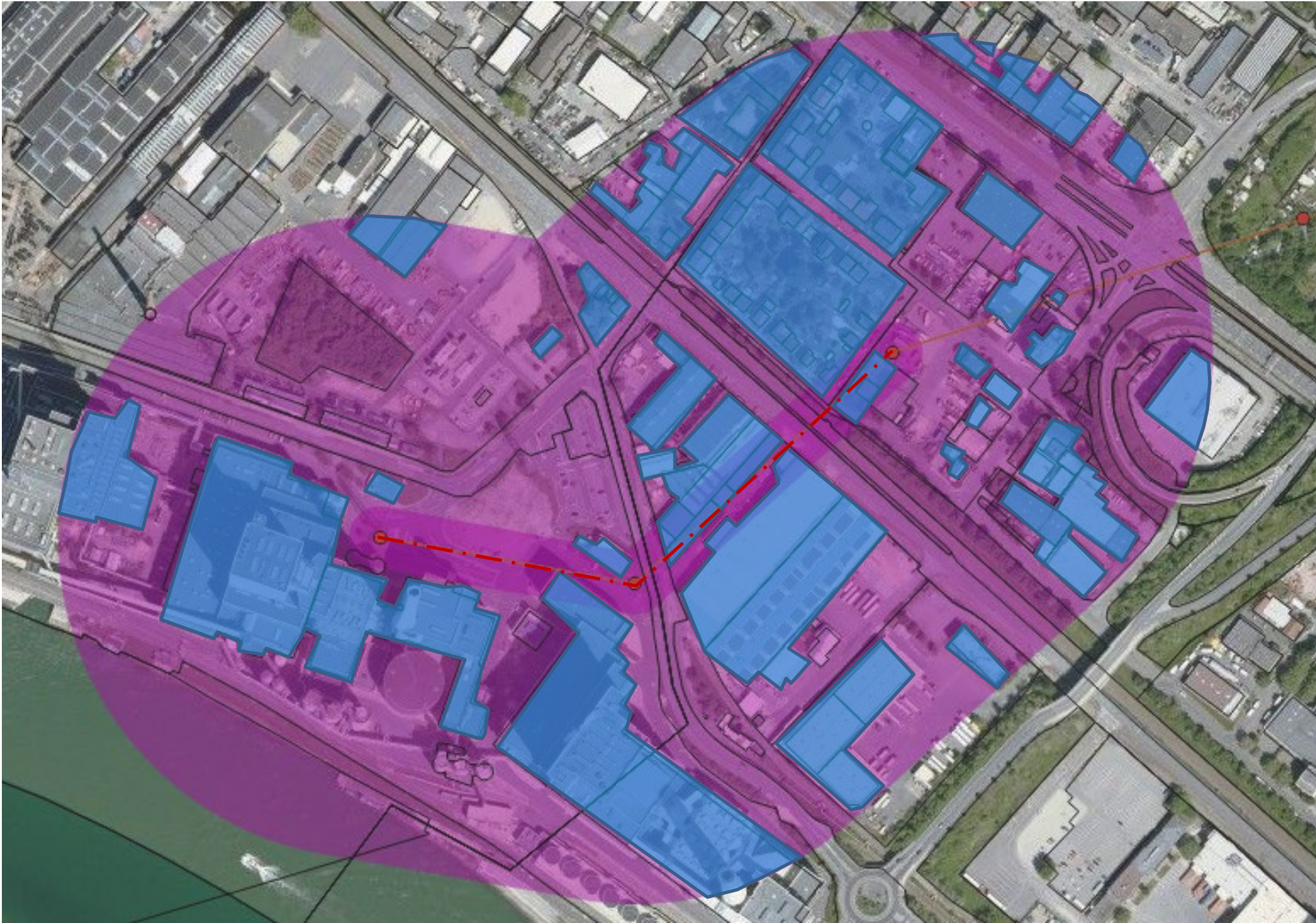


Legende	
	Achse Freileitung
	Maximalwert an den jeweiligen maßgeblichen Immissionsorten

TransnetBW, Baufeldfreimachung Umspannwerk Mannheim				 Industrie Service
Elektrische Feldstärke in 1 m Höhe über EOK für die Frequenz 50 Hz				
3662683 EMF v2.2 Bericht	IS-USG-MUC/tim Sachbearbeiter	- Maßstab	03. Mai 2023 Datum	Seite 29 von 30 Plan




8.6 Maßgebliche Minimierungsorte gemäß 26. BImSchVVwV



© Geoportal Baden-Württemberg

Legende	
<div><div></div></div>	Achse Freileitung, geänderter Teil
<div><div></div></div>	Innerhalb Bewertungsabstand nach 26.BImSchVVwV
<div><div></div></div>	Innerhalb Einwirkungsbereich nach 26.BImSchVVwV
<div><div></div></div>	Maßgebliche Minimierungsorte nach 26.BImSchVVwV

TransnetBW, Baufeldfreimachung Umspannwerk Mannheim				 Industrie Service
Bewertungsabstand, Einwirkungsbereich und maßgebliche Minimierungsorte gemäß 26. BImSchVVwV				
3662683 EMF v2.2 Bericht	IS-USG-MUC/tim Sachbearbeiter	- Maßstab	03. Mai 2023 Datum	Seite 30 von 30 Plan