

# Immissionsprognose

## Elektrische und magnetische Niederfrequenzfelder

der 110-kV-Freileitungen

Leitungsanlagen 0408, 0409 und 0410

im Rahmen des Antrags auf Planfeststellung zum Vorhaben  
„Ersatzneubau und Leistungserhöhung, Zubeseilung zweiter Stromkreis“

Antragsteller/Betreiber: Netze BW GmbH  
Schelmenwasenstraße 15  
70567 Stuttgart

Bearbeiter: Bereich NETZ-TAK,  
Immissionsschutz EM-Felder  
B.Eng. Florian Fischer

Berichtsdatum: 01.03.2022

Version: TAK-2022-03-01

Gezeichnet:



Florian Fischer  
Ingenieur EM-Felder



Thomas Schlüter  
Konzernexperte EMVU

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Veranlassung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Technische Daten LA 0408, 0409 und 0410.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Physikalische Grundlagen.....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Gesetzliche Grundlagen und Anforderungen .....</b>	<b>3</b>
4.1	Grenzwerte.....	4
4.2	Vorbelastung durch andere Niederfrequenzanlagen oder Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 Kilohertz und 10 Megahertz.....	5
4.3	Minimierungsgebot .....	5
<b>5</b>	<b>Nachweis der Grenzwerteinhaltung.....</b>	<b>6</b>
5.1	Überprüfung auf Vorbelastung durch Niederfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 1 Hertz und 9 Kilohertz .....	6
5.2	Überprüfung auf Vorbelastung durch Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 Kilohertz und 10 Megahertz.....	7
5.3	Darstellung der Berechnungsergebnisse an maßgeblichen Immissionsorten .....	9
<b>6</b>	<b>Minimierungsoptionen und Bewertung.....</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Fazit der Immissionsprognose .....</b>	<b>17</b>

## 1 Veranlassung

Die Leitungsanlagen (LA) 0409 Crailsheim – Jagstheim und 0410 Crailsheim – Jagstheim werden zur Erhöhung der Übertragungsfähigkeit ersatzneugebaut. Auf der LA 0408 wird ein zweiter Stromkreis zubeseilt.

## 2 Technische Daten LA 0408, 0409 und 0410

Die Masten der LA 0409 und 0410 werden weitestgehend standortgleich im Typ „Donau“ ersatzneugebaut. Auf beiden Leitungsanlagen wird ein Zweierbündel 264-AL1/34-ST1A mit einer Dauerstrombelastbarkeit von 1360 A verwendet.

Auf der LA 0408 wird auf den freien Gestängeplatz ein zweiter Stromkreis aufgelegt. Als Seil wird 184-AL1/30-ST1A verwendet. Die Dauerstrombelastbarkeit beträgt 535 A.

Die Nennspannung auf allen drei Leitungsanlagen beträgt 110 kV. Weitere Informationen sind den Anlagen des Planfeststellungsantrags zu entnehmen.

## 3 Physikalische Grundlagen

Beim Betrieb einer Freileitung, eines Erdkabels, eines Umspannwerkes, oder einer Umspannstation entstehen aufgrund physikalischer Gesetze schwache elektrische und magnetische Felder mit einer Frequenz von 50 Hertz (Hz). Die Stärke dieser Felder ist unmittelbar am Leiter am größten und nimmt mit wachsender Entfernung rasch ab. Das elektrische Feld wird durch praktisch alle Baumaterialien abgeschirmt und dringt daher aus eingehausten Anlagen, wie z. B. Ortsnetzumspannstationen, nicht aus und bei Gebäuden unter Freileitungen in diese nicht ein. Im Gegensatz hierzu ist die Schirmwirkung dieser Materialien gegen das Magnetfeld vernachlässigbar gering.

Elektrische Feldstärken und magnetische Flussdichten einzelner Leitungen und Stromkreise überlagern sich nicht skalar, sondern vektoriell und können sich gegenseitig verstärken oder kompensieren bzw. reduzieren.

Die elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten können sowohl mittels Messungen als auch mit geeigneten Kalkulationstools bestimmt werden. Im Frequenzbereich 50 Hz (Niederfrequenz) sind elektrische und magnetische Felder physikalisch bedingt voneinander unabhängig und müssen deshalb getrennt betrachtet und bewertet werden.

## 4 Gesetzliche Grundlagen und Anforderungen

Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge aufgrund elektrischer und magnetischer Felder sind in der 26. BImSchV („Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder“) verbindlich festgeschrieben. Die Verordnung wird durch die „Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (LAI-Hinweise zur 26. BImSchV)“ der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI) erläutert und ergänzt.

Der Gesetzgeber hat in der 26. BImSchV bereits Vorsorgeaspekte integriert. Dazu gehören die Halbierung der internationalen Grenzwertempfehlung von 200  $\mu\text{T}$  auf 100  $\mu\text{T}$  und die Überlagerung bestimmter hochfrequenter Felder mit niederfrequenten Feldern der öffentlichen Stromversorgung.

Als dritten Baustein der Vorsorge hat der Gesetzgeber die „Verwaltungsvorschrift zur Minimierung elektrischer und magnetischer Felder nach dem Stand der Technik (26. BImSchVVwV)“ geschaffen.

Die o. g. Vorschriften gelten für die Errichtung von Anlagen sowie bei wesentlicher Änderung.

Immissionsprognosen dürfen ausschließlich von Fachkundigen erstellt werden. Der auf dem Deckblatt angegebene Bearbeiter ist im Bereich NETZ-TAK als Elektroingenieur tätig. NETZ-TAK ist die Fachabteilung der Netze BW GmbH, die vom Konzernexperten für elektrische und magnetische Verträglichkeit Umwelt/Mensch (EMVU) geführt wird. Dieser ist Mitglied in nationalen und internationalen EMVU-Gremien und schult im Einklang mit den behördlichen und ministeriellen Anforderungen im Auftrag von bzw. über diverse Institutionen das Thema der elektrischen und magnetischen Felder für viele Fachkreise und Betroffene. Der Bearbeiter der vorliegenden Immissionsprognose ist somit immer auf dem neuesten Stand bezüglich der Kalkulation und Messung elektrischer und magnetischer Felder sowie deren Bewertung, inkl. den Ausführungen der neuesten Rechtsprechung und ist daher Fachkundiger nach 26. BImSchV.

## 4.1 Grenzwerte

Niederfrequenzanlagen zur Verteilung und Umspannung elektrischer Energie mit einer Frequenz von 50 Hz, sind gemäß 26. BImSchV 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 Grenzwerte von 5 kV/m für das elektrische Feld und 100  $\mu\text{T}$  für die magnetische Flussdichte nicht überschreiten.

Nach Ziffer II.3.1 (Einwirkungsbereich von Niederfrequenzanlagen und maßgebliche Immissionsorte) der LAI-Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder sind maßgebliche Immissionsorte Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind und sich im folgenden Bereich einer 110-kV-Freileitung befinden:

- direkt unterhalb der Freileitung;
- in einer Breite bzw. einem angrenzenden Streifen von 10 m Abstand, ausgehend vom jeweils äußeren ruhenden Leiterseil.

Anhand dieser konkreten Berechnungen werden die maximal zu erwartende elektrische Feldstärke  $E$  in kV/m und die maximal zu erwartende magnetische Flussdichte  $B$  in  $\mu\text{T}$  am höchst exponierten Immissionsort dargestellt. Der so dargestellte Nachweis zur Einhaltung der Anforderungen der 26. BImSchV für den Ort der höchsten Exposition kann auf die übrigen identifizierten maßgeblichen Immissionsorte durch Erst-Recht-Schluss übertragen werden.

Als Berechnungsgrundlage wurden die Profilpläne des gegenständlichen Planfeststellungsantrags (Unterlagen 4.1 und 4.2), die darin enthaltenen Maststandortdaten, die Dauerstrombelastbarkeit der aufgelegten Leiterseile und die Nennspannung der Systeme – also die höchste betriebliche Anlagenauslastung (Worst-Case) – zugrunde gelegt.

Die Berechnungen wurden mit der Software WinField der Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie (FGEU mbH) durchgeführt. Die Software ist laut Hersteller-Zertifikat konform zur

DIN VDE 0848-1 [DIN EN 50413] sowie von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI) zur Kalkulation elektrischer und magnetischer Felder freigegeben.

Derzeit wird bei der Netze BW GmbH die Version 2018 des Programms eingesetzt.

Programmname, Version: WinField 2018 (EFC-400)

Hersteller: FGEU mbH

Berechnungsfehler: maximal 1,4 %

In den unter Kapitel 5.3 ausgewiesenen Feldwerten ist ein maximaler Berechnungsfehler von 3 % enthalten. Darin sind die o. g. 1,4 % aus dem Kalkulationstool bereits berücksichtigt. Die Berechnung orientiert sich an der DIN EN 50413.

#### **4.2 Vorbelastung durch andere Niederfrequenzanlagen oder Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 Kilohertz und 10 Megahertz**

Gemäß §3(3) der 26. BImSchV sind bei der Ermittlung der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte auch alle Immissionen, die durch andere ortsfeste 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, zu berücksichtigen.

Entsprechende Vorbelastungen werden in Kapitel 5 erläutert.

#### **4.3 Minimierungsgebot**

Bei wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen sind die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik und unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Näheres regelt die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV“ (26. BImSchVV). Diese Anforderungen werden von der Netze BW GmbH bei Planung, Errichtung und Betrieb der Anlage berücksichtigt.

Die Minimierungsoptionen werden in Kapitel 6 geprüft und bewertet.

## 5 Nachweis der Grenzwerteinhaltung

Der Ersatzneubau mit Leistungserhöhung und die Zubeseilung eines neuen Stromkreises stellt eine wesentliche Änderung gemäß der 26. BImSchV dar (Ziffer II.7.8 LAI-Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder).

Die Überprüfung der Leitungstrasse ergab, dass im zu betrachtenden Bereich nach Ziffer II.3.1 der LAI-Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder maßgebliche Immissionsorte vorhanden sind. Insofern wird unter Kapitel 5.3 eine Immissionsprognose (Kalkulation) für die identifizierten maßgeblichen Immissionsorte dargestellt sowie die Konformität zu den in Kapitel 4 genannten gesetzlichen Vorgaben nachgewiesen.

### 5.1 Überprüfung auf Vorbelastung durch Niederfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 1 Hertz und 9 Kilohertz

Nach II.3.4 der LAI-Durchführungshinweise tragen Immissionen durch andere Niederfrequenzanlagen nur an den maßgeblichen Immissionsorten zur Vorbelastung bei, die in den in Abschnitt II.3.1 der LAI-Durchführungshinweise definierten, sich überlagernden Bereichen, der zu betrachtenden Anlage und der anderen Niederfrequenzanlage liegen.

#### **Weitere 50 Hz-Anlagen**

Im Betrachtungsbereich der LA 0408 verläuft zeitweise eine Mittelspannungsleitung als Kabel und Freileitung parallel. Sie fließt als Vorbelastung in die Berechnung mit ein.

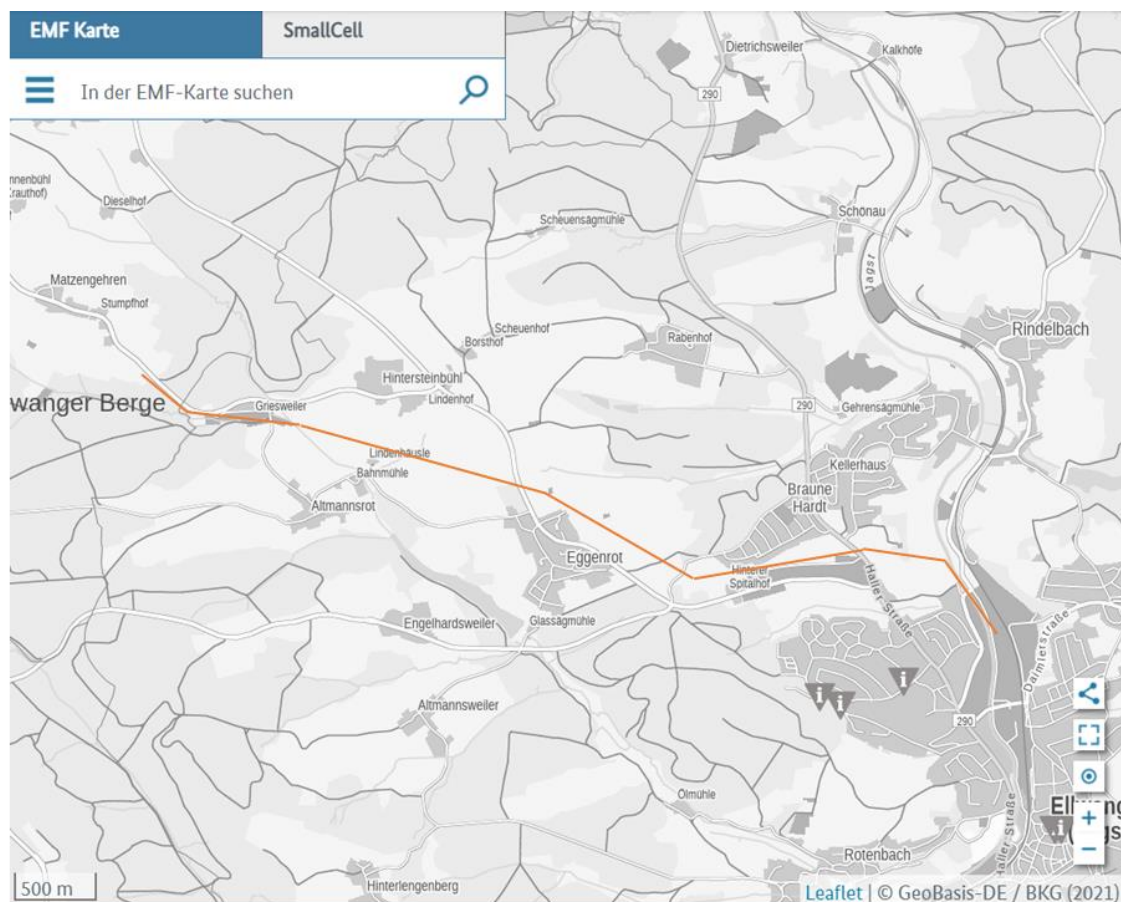
#### **Andere Anlagen mit Frequenzen zwischen 1 Hz und 9 kHz**

Auf der LA 0408, 0409 und 0410 trägt keine weitere Anlage mit Frequenzen zwischen 1 Hz und 9 kHz zur oben definierten Vorbelastung bei.

## 5.2 Überprüfung auf Vorbelastung durch Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 Kiloherzt und 10 Megahertz

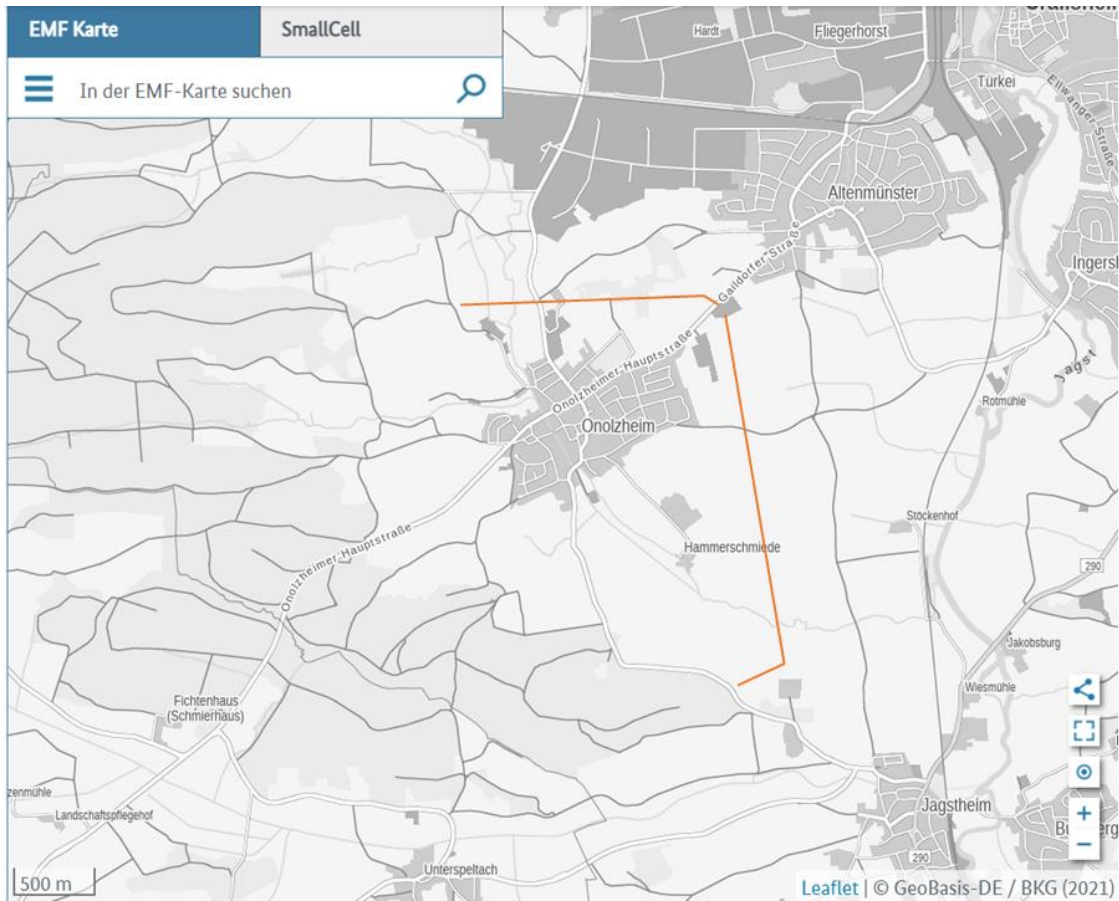
Nach II.3.4 der LAI-Durchführungshinweise tragen Immissionen durch andere Hochfrequenzanlagen ab einem Abstand von 300 Metern nicht relevant zur Vorbelastung bei und machen daher eine gezielte Vorbelastungsermittlung entbehrlich, sofern keine gegenteiligen Anhaltspunkte bestehen.

In folgenden Screenshots der Kartenansicht der EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur (Stand: 19.10.2021) ist keine Hochfrequenzanlage entsprechend den o. g. Vorgaben vorhanden. Somit ist die Ermittlung einer Vorbelastung durch eine Hochfrequenzanlage entbehrlich.



**Abbildung 1: Screenshot der EMF-Datenbank der BNetzA mit skizziertem Trassenverlauf (orange) der Leitungsanlage 0408(Stand: 19.10.2021).**

**Legende:**  Funkanlagenstandort ≤10MHz



**Abbildung 2: Screenshot der EMF-Datenbank der BNetzA mit skizziertem Trassenverlauf (orange) der Leitungsanlage 0409 und 0410 (Stand: 19.10.2021).**



### 5.3 Darstellung der Berechnungsergebnisse an maßgeblichen Immissionsorten

Im Betrachtungsbereich entlang der LA 0408, LA 0409 und LA 0410 befinden sich auf mehrere Spannungsfelder verteilt maßgebliche Immissionsorte. Der grafische Nachweis der Grenzwerteinhaltung wird im Spannungsfeld von Mast 206 – Mast 207 (LA 0408), von Mast 006A – Mast 007A (LA 0409) und von Mast 002A – Mast 003A (LA 0410) dargestellt, da sich hier der am höchsten maßgeblichen Immissionsort entlang der Leitungsanlagen befindet. Gemäß III.2.4 der LAI-Hinweise zur 26. BImSchV wird der Nachweis bei Immissionsorten im Freien in einer Berechnungshöhe von 1 m über Standfläche erbracht.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die zu erwartenden Immissionen am höchst exponierten Immissionsort im jeweiligen Spannungsfeld, in dessen Betrachtungsbereich maßgebliche Immissionsorte identifiziert wurden. Die Berechnungshöhe ist als senkrechtetes Maß ab Boden zu verstehen.

Maßgeblicher Immissionsort Spannungsfeld	Magn. Flussdichte in $\mu\text{T}$ bei Berechnungshöhe $z$ in m	Grenzwertauslastung der magn. Flussdichte in %	Elektr. Feldstärke in $\text{kV/m}$ bei Berechnungshöhe $z$ in m	Grenzwertauslastung der elektr. Feldstärke in %
M202-M203	3 (z=1)	3	0,4 (z=1)	8
<b>M206-M207</b>	<b>6,3 (z=1)</b>	<b>6,3</b>	<b>0,9 (z=1)</b>	<b>18</b>
M208-M209	4,4 (z=1)	4,4	0,6 (z=1)	12
M213-M214*	4,4 (z=1)	4,4	0,6 (z=1)	12

**Tabelle 1: zu erwartende Immissionen an maßgeblichen Immissionsorten der LA 0408. Die maximalen Werte bei  $z = 1$  m sind hervorgehoben.**

\*Vorbelastung durch Mittelspannungsfreileitung/-kabel wurde berücksichtigt.

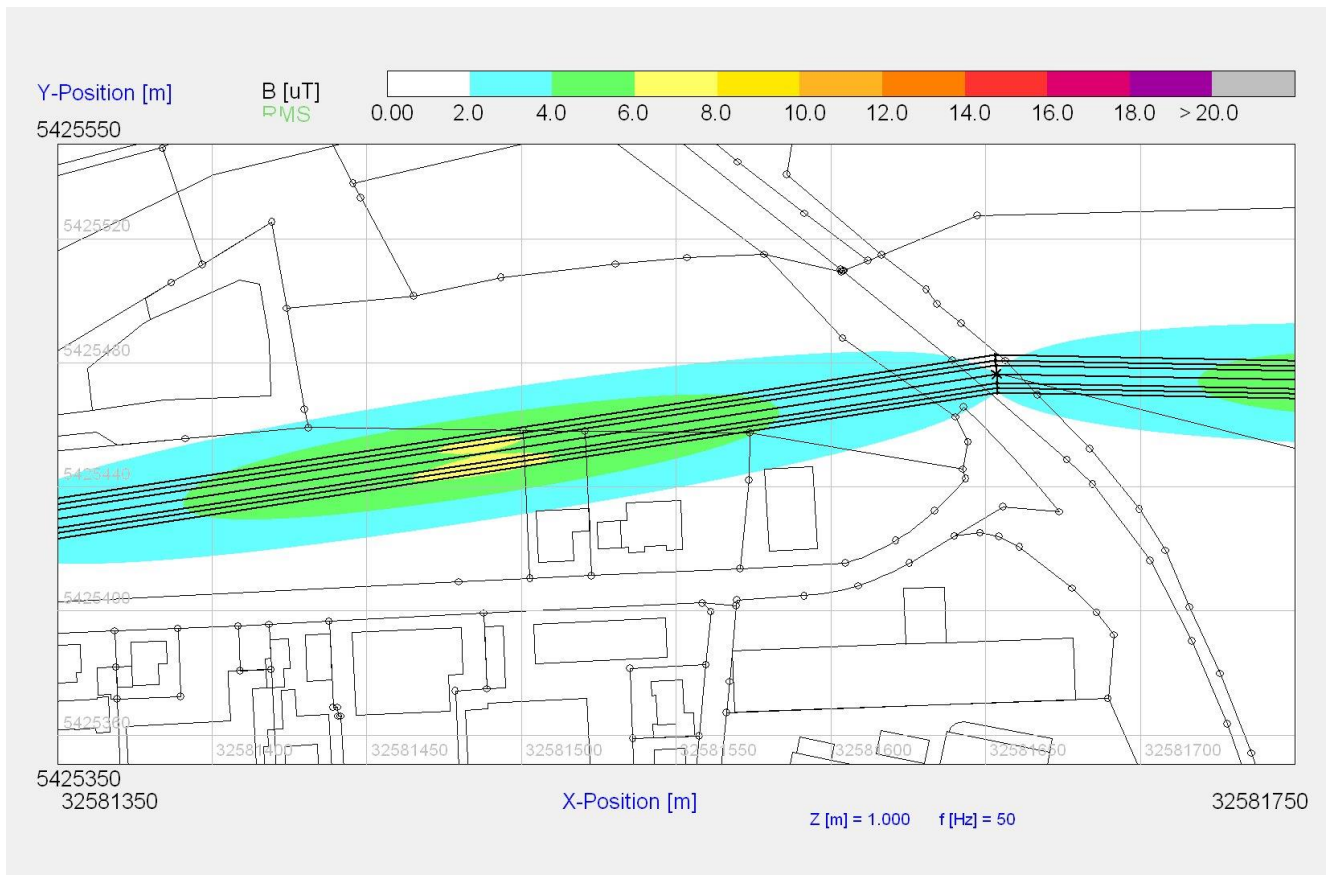
Maßgeblicher Immissionsort Spannungsfeld	Magn. Flussdichte in $\mu\text{T}$ bei Berechnungshöhe $z$ in m	Grenzwertauslastung der magn. Flussdichte in %	Elektr. Feldstärke in $\text{kV/m}$ bei Berechnungshöhe $z$ in m	Grenzwertauslastung der elektr. Feldstärke in %
M006A-M007A	5,9 (z=1)	5,9	0,4 (z=1)	8

**Tabelle 2: zu erwartende Immissionen an maßgeblichen Immissionsorten der LA 0409. Die maximalen Werte bei  $z = 1$  m sind hervorgehoben.**

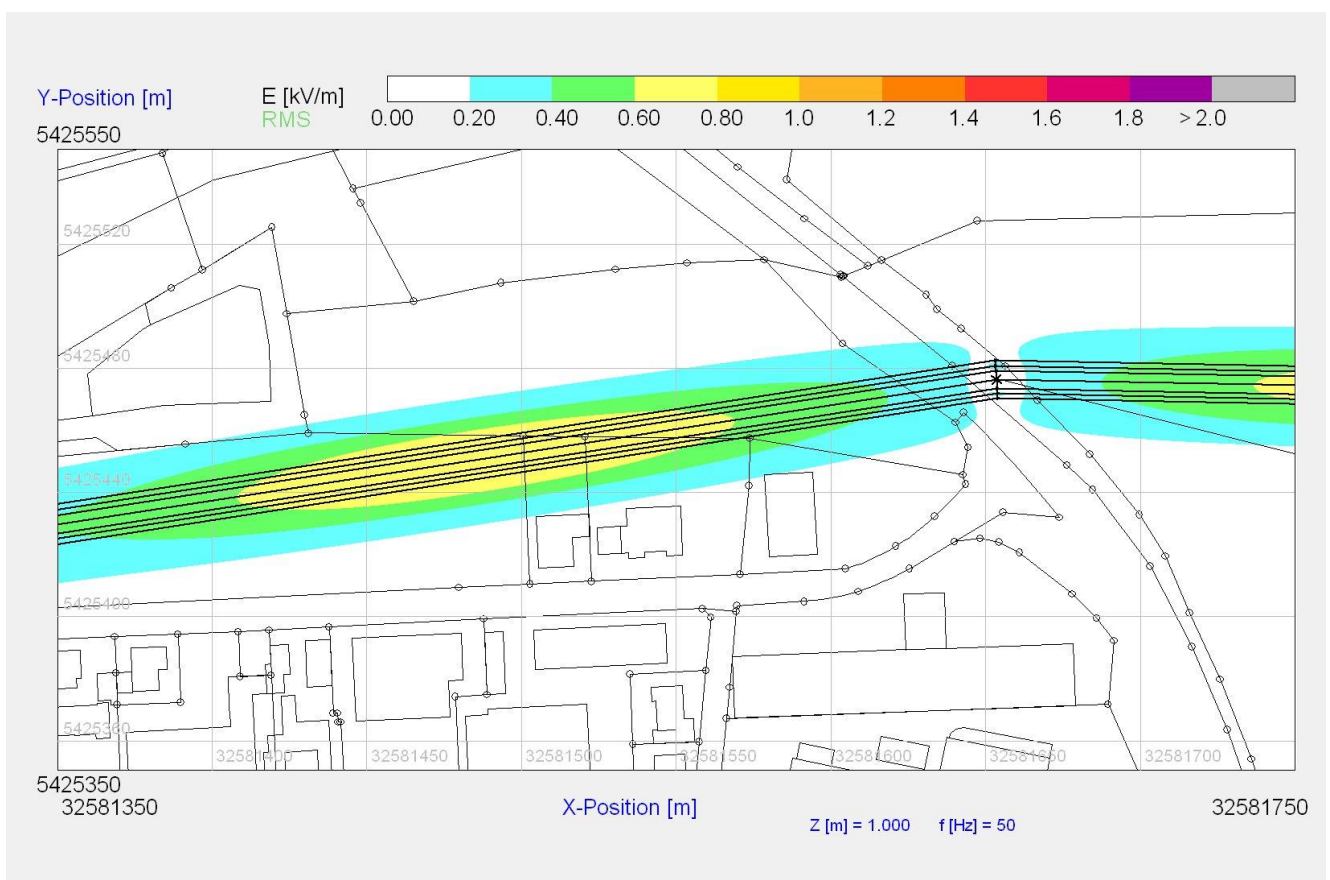
Maßgeblicher Immissionsort Spannungsfeld	Magn. Flussdichte in $\mu\text{T}$ bei Berechnungshöhe $z$ in m	Grenzwertauslastung der magn. Flussdichte in %	Elektr. Feldstärke in $\text{kV/m}$ bei Berechnungshöhe $z$ in m	Grenzwertauslastung der elektr. Feldstärke in %
M002A-M003A	10 (z=1)	10	0,8 (z=1)	16

**Tabelle 3: zu erwartende Immissionen an maßgeblichen Immissionsorten der LA 0410. Die maximalen Werte bei  $z = 1$  m sind hervorgehoben.**

In den nachfolgenden Abbildungen zum grafischen Nachweis der Grenzwerteinhaltung sind, wie oben beschrieben, jeweils die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte als Draufsicht im Spannungsfeld Mast 206 - Mast 207 (LA 0408), Mast 006A - Mast 007A (LA 0409) und Mast 002A - Mast 003A (LA 0410) in den entsprechenden Berechnungshöhen dargestellt. Die Liegenschaftskarten im Hintergrund sind nach Norden ausgerichtet.



**Abbildung 3 Magnetische Flussdichte im Spannfeld von Mast 206 bis 207, LA 0408, z = 1 m**



**Abbildung 4 Elektrische Feldstärke im Spannfeld von Mast 206 bis 207, LA 0408, z = 1 m**

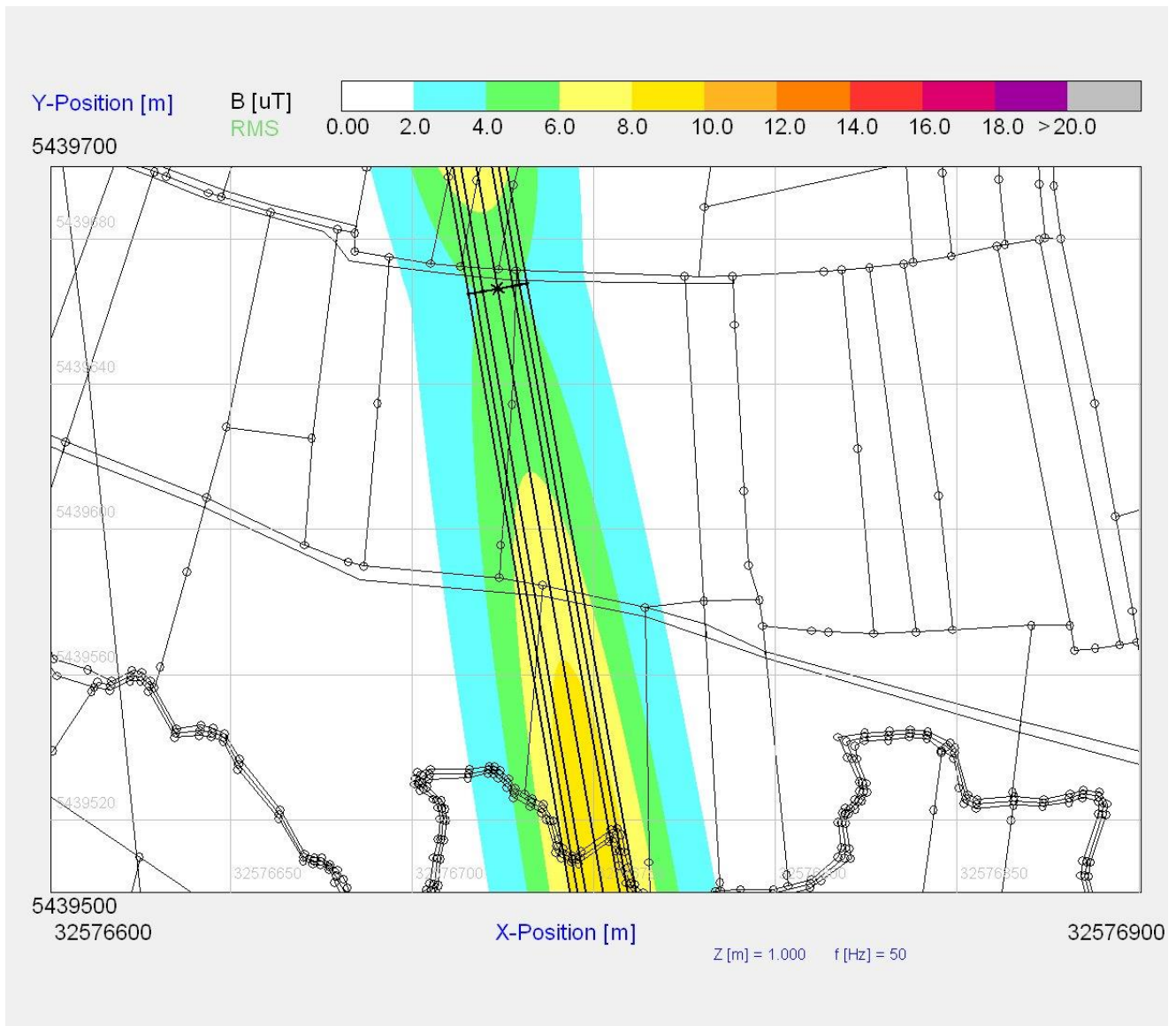


Abbildung 5 Magnetische Flussdichte im Spannfeld von Mast 006A bis 007A, LA 409, z = 1 m

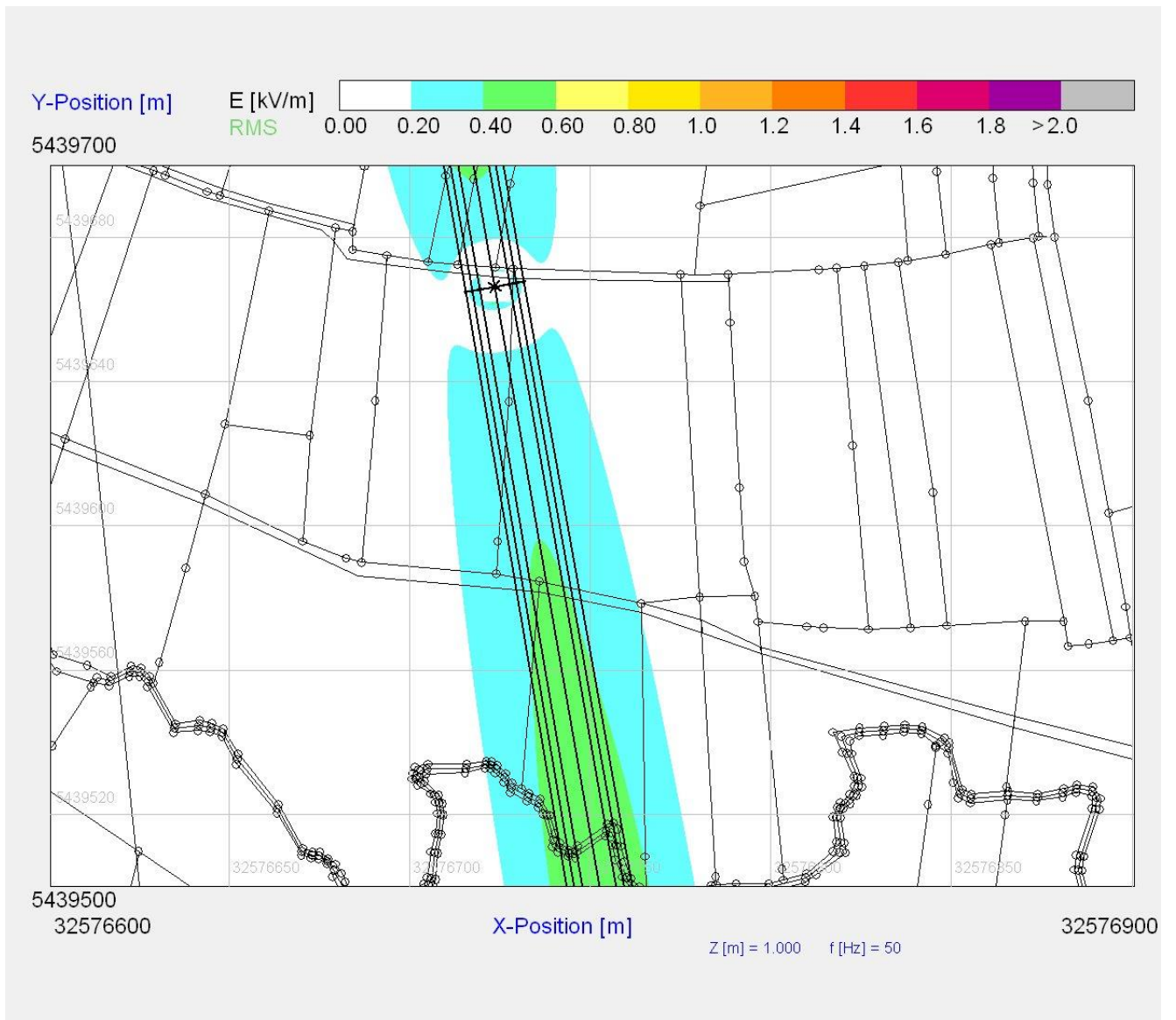


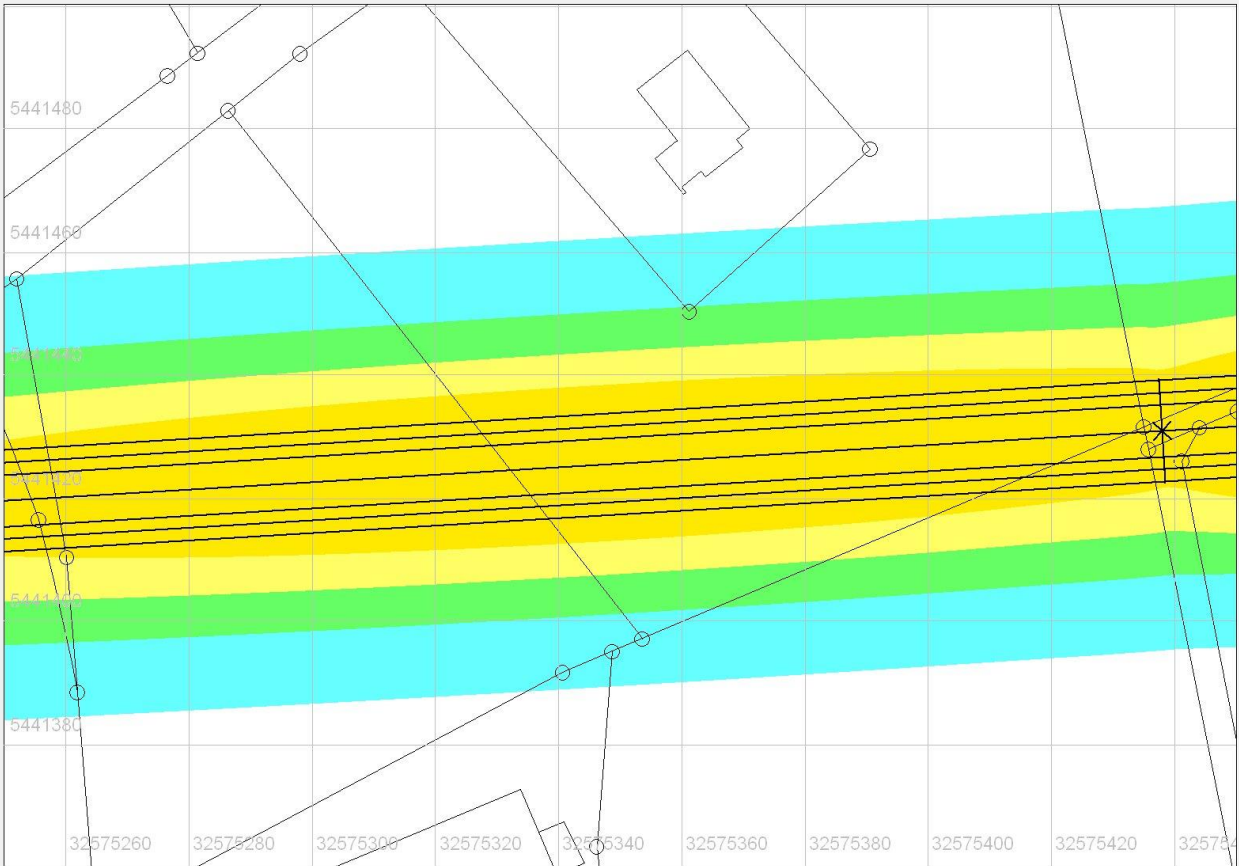
Abbildung 6 Elektrische Feldstärke im Spannfeld von Mast 006A bis 007A, LA 0409, z = 1 m

Y-Position [m]

B [ $\mu$ T]  
RMS



5441500



5441360

32575250

X-Position [m]

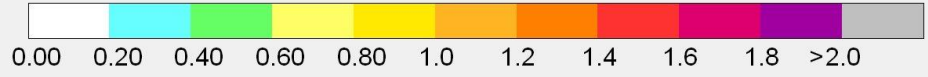
32575450

Z [m] = 1.000 f [Hz] = 50

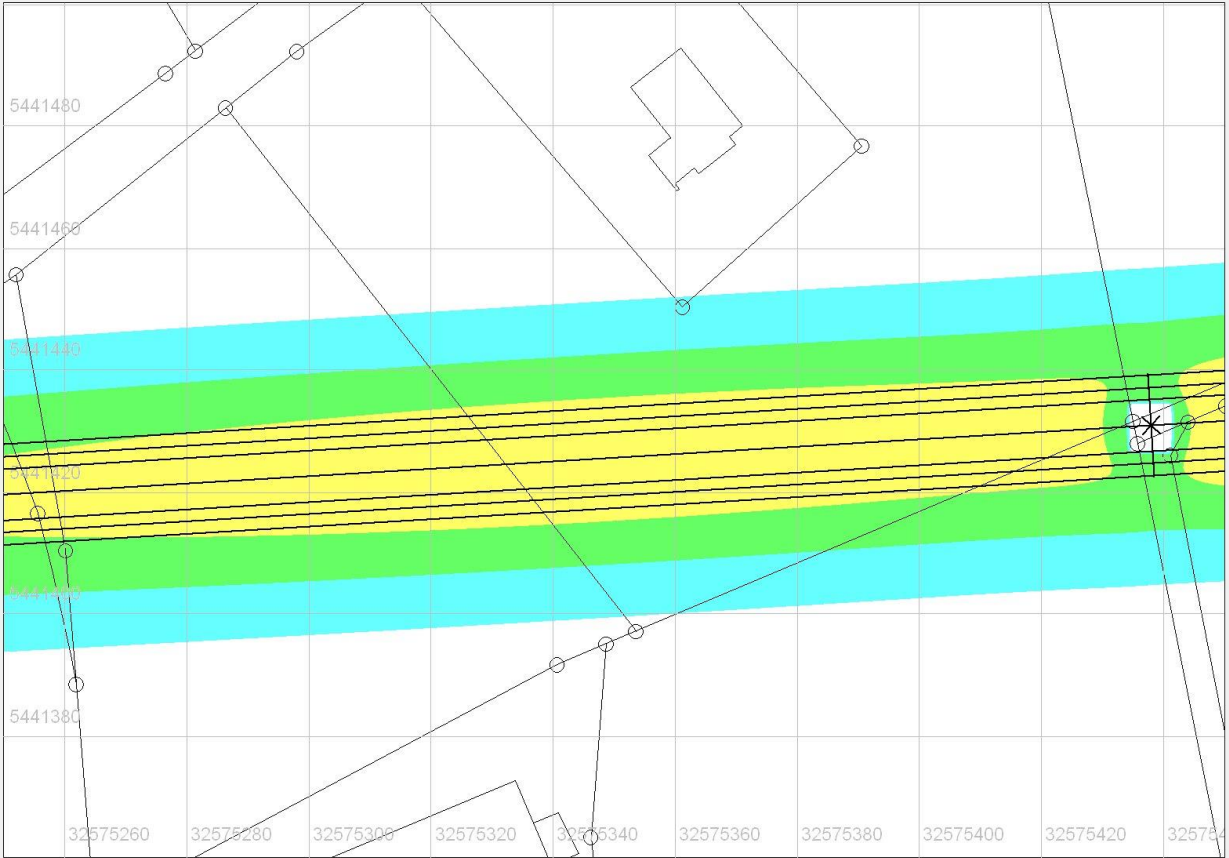
Abbildung 7 Magnetische Flussdichte im Spannfeld von Mast 002A bis 003A, LA 410, z = 1 m

Y-Position [m]

E [kV/m]  
RMS



5441500



5441360

32575250

X-Position [m]

Z [m] = 1.000 f [Hz] = 50

32575450

Abbildung 8 Elektrische Feldstärke im Spannfeld von Mast 002A bis 003A, LA 0410, z = 1 m

## 6 Minimierungsoptionen und Bewertung

### Umgesetzte Minimierungsoptionen:

Für Drehstromfreileitungen sind unter Abschnitt 5.3.1 der 26. BImSchV die technischen Möglichkeiten zur Minimierung elektrischer und magnetischer Felder aufgeführt.

Auf der LA 0408, 0409 und 0410 sind bereits Abstandsoptimierungen nach 5.3.1.1 der 26. BImSchV berücksichtigt.

### Nicht umsetzbare Minimierungsoptionen:

Die Möglichkeit der elektrischen Schirmung nach 5.3.1.2 der 26. BImSchV durch das Mitführen zusätzlicher elektrisch leitfähiger Schirmleiter auf einer zusätzlichen Traverse unterhalb der Leitungs-systeme wurde überprüft. Sie kann im vorliegenden Falle aber nicht umgesetzt werden.

Begründung:

- Das Erfordernis einer zusätzlichen Traverse unterhalb der Leitersysteme bedingt noch höhere Masten. Dies würde das Landschaftsbild nachteilig beeinträchtigen. Darüber hinaus ist die Wirksamkeit dieser Maßnahme sehr gering und damit wirtschaftlich unzumutbar.

Die Möglichkeit der Optimierung der Mastkopfgeometrie nach 5.3.1.4 der 26. BImSchV wurde überprüft und bewertet. Die eingesetzten Masten vom Typ „Donau“ sind bereits als minimiert anzusehen.

Die Möglichkeiten der Minimierung von Seilabständen (5.3.1.3) sowie die Optimierung der Leiteranordnung (5.3.1.5) wurden überprüft und bewertet. Beide Optionen können nicht realisiert werden.

Begründung:

- Nach EnWG ist Netzoptimierungs- und Netzverstärkungsmaßnahmen der Vorzug vor Netzausbaumaßnahmen (NOVA) einzuräumen.
- Nachteilige Auswirkungen für den Netzbetrieb sind möglich.
- Diese sind wirtschaftlich unzumutbar.
- Hierdurch sind nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter (Mensch, Tier, Pflanze, Landschaft, Kulturgüter, etc.) möglich.



## 7 Fazit der Immissionsprognose

In dieser Immissionsprognose wurden die zu erwartenden Immissionen für elektrische Feldstärken und magnetische Flussdichten an Orten zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Personen ermittelt und dargestellt. An den höchst exponierten Orten werden die Grenzwerte mit großem Abstand, einschließlich zu berücksichtigender Unsicherheiten und Vorbelastungen, eingehalten.

Die Anforderungen der 26. BImSchV sind an allen maßgeblichen Immissionsorten der Leitungsanlagen 0408, 0409 und 0410 eingehalten. Die sonstigen immissionsschutzrechtlichen Vorgaben, wie beispielsweise das Minimierungsgebot der 26. BImSchVVwV, wurden ebenfalls beachtet.