



Industrie Service

**Mehr Sicherheit.  
Mehr Wert.**

# Gutachten über die Immissionen niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder Ermittlung der Immissionen durch Berechnung und exemplarischer Mes- sung

**Projekt Zwei: Hornschuhcampus in Fürth**

**Planungsstand – 29. September 2017**

**Auftraggeber:** P&P Objekt ZWEI GmbH  
Isaak-Loewi-Str. 11  
90763 Fürth

**Bestellnummer:** Per Mail von Herrn Faust am 13.10.2017

**Berichts-Nr.:** 2 797 326

**Prüfumfang** Ermittlung der Immissionseinwirkung niederfrequenter  
elektrischer und magnetischer Felder auf das Bauvor-  
haben ausgehend von elektrifizierten Bahngleisen

**Sachverständige:** Dr. Andrea Thiemann

**Telefon-Durchwahl:** 0 89 / 57 91 - 37 56  
**Telefax-Durchwahl:** 0 89/ 57 91-10 98  
**E-Mail:** andrea.thiemann@tuev-sued.de

**Abteilung Umwelt Service  
Elektromagnetische Umweltverträglichkeit**

Datum: 24. November 2017

Unsere Zeichen:  
IS-USG-MUC/tim

Dokument:  
1710 NF-IP PP Fürth ZWEI mit  
LZM.docx

Das Dokument besteht aus  
23 Seiten.  
Seite 1 von 23

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. Thomas Gritsch**  
Öffentlich bestellter und beeidigter  
Sachverständiger für  
Elektromagnetische  
Umweltverträglichkeit (EMVU)

**Dr. Andrea Thiemann**



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

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

Telefon: +49 89 5791-1040  
Telefax: +49 89 5791-1098  
[www.tuev-sued.de/is](http://www.tuev-sued.de/is)



TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Niederlassung München  
Abteilung Umwelt Service  
Elektromagnetische Umweltverträglichkeit  
Westendstraße 199  
80686 München  
Deutschland



## Inhaltsverzeichnis

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | Aufgabenstellung.....  | 3  |
| 2   | Örtliche Verhältnisse .....  | 3  |
| 3   | Technische Modelldaten der Feldquelle .....                                      | 3  |
| 4   | Anforderungen - Richtwerte – Grenzwerte.....                                     | 4  |
| 5   | Langzeitmessung der magnetischen Flussdichte .....                               | 6  |
| 5.1 | Liste der verwendeten Messgeräte.....  | 6  |
| 5.2 | Messort .....  | 6  |
| 5.3 | Messergebnisse .....   | 7  |
| 6   | Ergebnis der Immissionsberechnung.....   | 8  |
| 6.1 | Immissionswerte der elektrischen Feldstärke .....                                | 9  |
| 6.2 | Immissionswerte der magnetischen Flussdichte.....                                | 12 |
| 6.3 | Zusammenfassung Immissionswerte.....   | 14 |
| 7   | Hochfrequenzanlagen im Frequenzbereich von 9 kHz bis 10 MHz.....                 | 16 |
| 8   | Schlussfolgerungen und Bewertung .....   | 16 |
| 8.1 | Gefährdung von Personen durch elektromagnetische Felder .....                    | 16 |
| 8.2 | Störung von elektrischen Geräten .....   | 16 |
| 8.3 | Allgemeine Hinweise für Bauten in der Nähe von elektrifizierten Bahngleisen..... | 20 |
| 8.4 | Bauphase .....   | 21 |
| 9   | Anhang.....  | 22 |
| 9.1 | Literatur.....   | 22 |
| 9.2 | Glossar.....   | 23 |

## 1 Aufgabenstellung

Die P&P Projekt ZWEI GmbH plant in Fürth den Bebauungsplan Nr. 291 b für den Bereich „Hornschuhcampus“. Das Baugrundstück grenzt an die 11-gleisige Bahntrasse Fürth-Cadolzburg, Nürnberg-Bamberg, Fürth – Würzburg, Nürnberg Rbf - Fürth.

Die TÜV SÜD Industrie Service GmbH wurde beauftragt, die von der Bahnstrecke ausgehenden Immissionen elektrischer und magnetischer Felder für das Bauvorhaben zu bestimmen und das sich daraus möglicherweise ergebende Gefährdungs- bzw. Störpotential zu umreißen.

Grundlage der Begutachtung ist der Planungsstand vom 29. September 2017.

## 2 Örtliche Verhältnisse

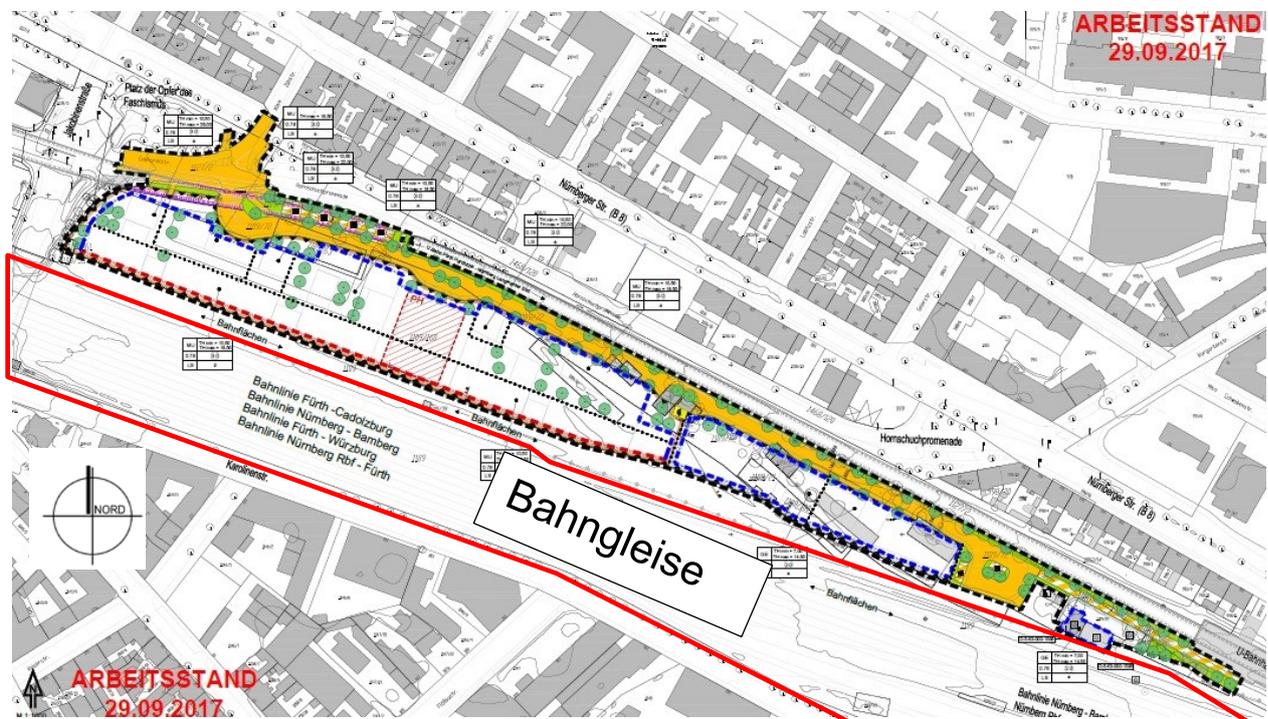


Abb. 1: Lageplan mit Bahngleisen und geplanter Bebauung

Der Abstand zwischen Grundstücksgrenze und äußerstem Gleis beträgt zwischen 6 m und 12 m.

## 3 Technische Modelldaten der Feldquelle

Als Grundlage für die Begutachtung wurden daher folgende Parameter verwendet:

| Bezeichnung:                   | Bahnstrecke Nürnberg - Bamberg |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Nennspannung:                  | 15 kV                          |
| Frequenz:                      | 16,7 Hz                        |
| Spitzenstrom auf Oberleitung:  | 1000 A                         |
| Rückstromanteil über Schienen: | 95 %                           |
| Anzahl der Gleise              | 11                             |
| Art der Nutzung                | S-Bahn, Regionalbahn           |

Tab. 1: Elektrotechnische Daten

#### 4 Anforderungen - Richtwerte – Grenzwerte

In folgenden Tabellen sind die wichtigsten Anforderungen zusammengestellt.

| Grenzwert / Richtwert   | Grenzwert<br>magn. Flussdichte B in $\mu\text{T}$<br>Effektivwert | Grenzwert<br>elektr. Feldstärke E in V/m<br>Effektivwert |
|---|---|--|
| <b>Gefährdung von Personen - Allgemeinbevölkerung</b>   |   |  |
| 26. BImSchV,<br>Allgemeinbevölkerung  | 300   | 5.000  |
| <b>Gefährdung von Personen - Arbeitsschutz</b>  |   |  |
| Unfallverhütungsvorschrift<br>DGUV V15 (Expositionsbereich 2)   | 1.271   | 20.000   |
| EMFV 2016<br>(untere Auslöseschwelle)   | 1.500   | 20.000   |
| <b>Gefährdung von Personen - Träger von kardialen Implantaten</b>   |   |  |
| Forschungsbericht 451, BMAS 2015  | 300   | 19.150   |
| DIN VDE 0848-3-1 Herzschrittma-<br>cher Kategorie 0 - störfest  | 300   | 10.000   |
| DIN VDE 0848-3-1 Kategorie 1 –<br>eingeschränkt störfest  | 300   | -  |
| SSK Empfehlung Herzschrittmacher  | 30  | -  |
| Herstellerempfehlung Medtronic  | 100   | 6.000 <sup>1</sup>                                       |
| <b>Störfestigkeit von Geräten</b>   |   |  |
| Röhrenbildschirme   | ab 0,3  | -  |
| DIN EN 61000-6-1 : 2007<br>Störfestigkeit für Wohnbereich, Ge-<br>schäfts- und Gewerbereiche sowie<br>Kleinbetriebe   | 3,8 <sup>1</sup>  | -  |
| DIN EN 61000-6-2 : 2006<br>Störfestigkeit Industriebereich  | 38 <sup>1</sup>   | -  |
| DIN EN 50121-5: 2007<br>EMV Anforderungen für ortsfeste<br>Anlagen und Einrichtungen der Bah-<br>nenenergieversorgung | 126   | -  |

<sup>1</sup> Bezug 50 Hz, für 16,7 Hz keine gesonderten Anforderungen; jeweils Gehäuse



| Grenzwert / Richtwert   | Grenzwert<br>magn. Flussdichte B in $\mu\text{T}$<br>Effektivwert  | Grenzwert<br>elektr. Feldstärke E in V/m<br>Effektivwert |                 |          |                  |   |
|---|--|--|-----------------|----------|------------------|---|
| DIN EN 61326-1 : 2013<br>EMV-Anforderungen für elektrische<br>Mess-, Steuer-, Regel- und<br>Laborgeräte | <table border="0"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">industriell</td> <td>38<sup>1</sup></td> </tr> <tr> <td>sonstige</td> <td>3,8<sup>1</sup></td> </tr> </table> | industriell  | 38 <sup>1</sup> | sonstige | 3,8 <sup>1</sup> | - |
| industriell   | 38 <sup>1</sup>  |  |                 |          |                  |   |
| sonstige  | 3,8 <sup>1</sup>   |  |                 |          |                  |   |
| DIN EN 61131-2 : 2015 E<br>Speicherprogrammierbare<br>Steuerungen                                       | 38 <sup>1</sup>  | -  |                 |          |                  |   |

Tab. 2: Anforderungen für die Frequenz 16,7 Hz

Elektrische Geräte müssen grundsätzlich, ehe sie in Europa in den Verkehr gebracht werden, einer EMV-Prüfung unterzogen werden. Wenn in Ihnen Komponenten eingebaut sind, die durch ein niederfrequentes Magnetfeld beeinflusst werden können, wird auch für diese eine entsprechende Prüfung, allerdings nur bei der Frequenz 50 Hz, durchgeführt.

Eine Prüfung bei 16,7 Hz wird nicht gefordert, außer für Geräte die in einem Bahnfahrzeug eingesetzt werden sollen. Hier wird laut Norm DIN EN 50121-5 : 2007 ein Prüfwert für die Störfestigkeit des Gehäuses von 100 A/m entsprechend 126  $\mu\text{T}$  festgelegt. Da diese Prüfung für die wenigsten Geräte durchgeführt worden ist, wurden als worst-case Annahme die strengeren Prüfwerte für die Frequenz 50 Hz auch auf 16,7 Hz angewandt.

## 5 Langzeitmessung der magnetischen Flussdichte

Die Langzeitmessung der niederfrequenten magnetischen Flussdichte wurde werktags vom 13.11.2017 von 9:20 Uhr bis 14.11.2017 9:30 Uhr mit dem Datenlogger durchgeführt. Über die Bahnanlagen lief der normale Bahnverkehr. Die höchsten Immissionen treten dabei üblicherweise in der Zeit zwischen 05:00 Uhr und 20:00 Uhr auf.

### 5.1 Liste der verwendeten Messgeräte

Für die Messung wurde folgendes Messgerät eingesetzt:

| Gerät<br>Hersteller | Typ           | Frequenzbereich                   | Messbereich                      | U <sup>2</sup> | Seriennr.<br>QS-Nummer |
|---------------------|---------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------|------------------------|
| DLW-MW 10<br>ESTEC  | 3D-Teslameter | 5 Hz - 2000 Hz<br>in zwei Klassen | B: 0,01 $\mu$ T -<br>130 $\mu$ T | 39%            | 20059<br>QS-00403971   |

Alle Messeinrichtungen werden in regelmäßigen Abständen mit auf nationale bzw. internationale Normale rückführbaren Messgeräten kalibriert.

### 5.2 Messort

In der Mitte des Geltungsbereichs des Bebauungsplans wurde in 1 m Höhe über Grund die magnetische Flussdichte über 24 Stunden aufgezeichnet.

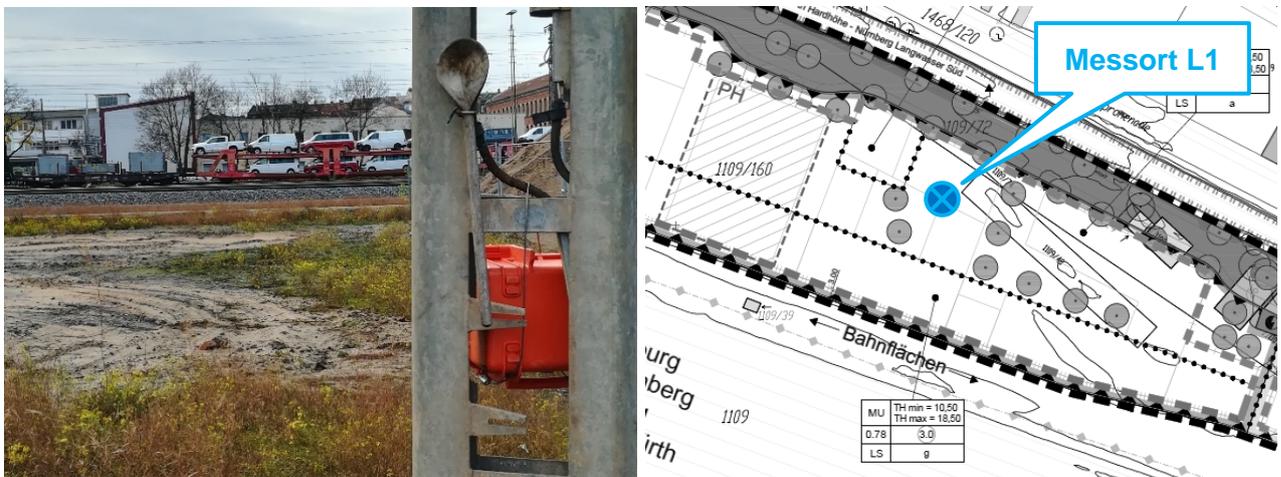


Abb. 2: Messort L1 der Langzeitmessung in der Mitte des Bebauungsplans

<sup>2</sup> U ist die erweiterte Messunsicherheit mit dem Erweiterungsfaktor k=2 und einer 95%igen Abdeckung

### 5.3 Messergebnisse

In Abb. 3 ist der zeitliche Verlauf der Langzeitmessung der magnetischen Flussdichte in der Mitte des Geltungsbereichs des Bebauungsplans in 1 m Höhe zu sehen. Die starke Schwankung der Immissionen, verursacht durch den jeweiligen Zugverkehr ist deutlich zu erkennen. Die 50 Hz Felder der allgemeinen Energieversorgung spielen kaum eine Rolle und können vernachlässigt werden.

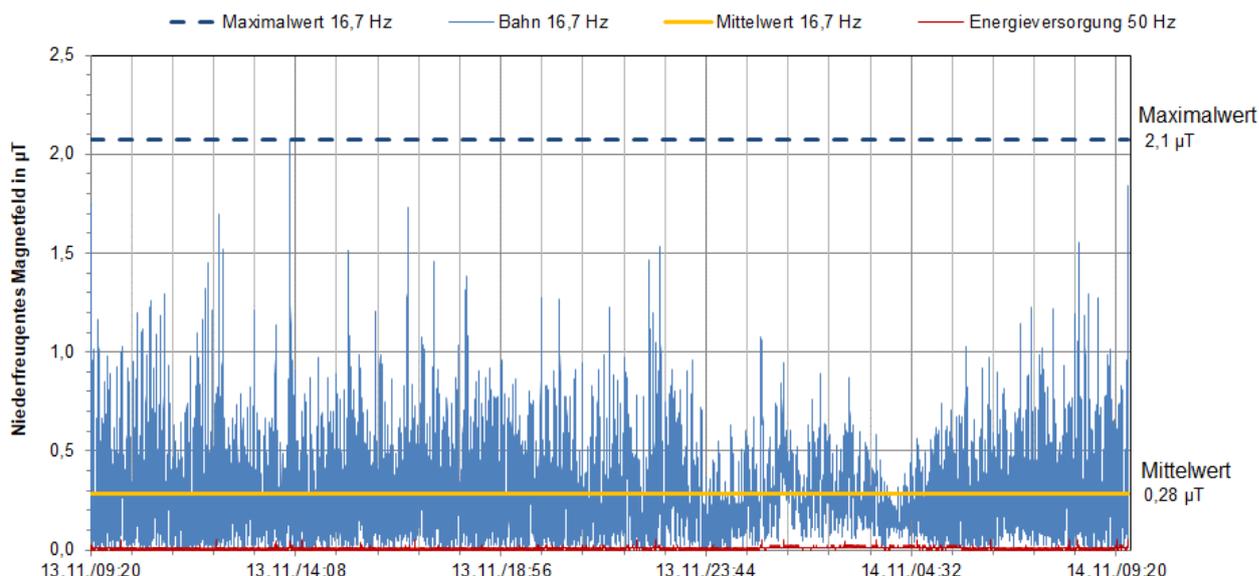


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der Langzeitmessung

Der höchste Immissionswert wurde am 13.11.2017 um 14:00 Uhr mit 2,1 µT für die Felder der Bahn erreicht. Die durchschnittlichen Magnetfeldimmissionen lagen bei 0,28 µT.

In Tab. 3 sind die Kenndaten der Langzeitmessung zusammengefasst.

| Magnetfeldmessung am Messort L1 | Frequenz       |                           |
|---------------------------------|----------------|---------------------------|
|                                 | 16,7 Hz (Bahn) | 50 Hz (Energieversorgung) |
| Maximalwert                     | 2,1 µT         | 0,06 µT                   |
| Median                          | 0,24 µT        | 0,01 µT                   |
| Mittelwert                      | 0,28 µT        | 0,01 µT                   |

Tab. 3: Kenndaten der Langzeitmessung für das Magnetfeld

## 6 Ergebnis der Immissionsberechnung

Die Modellierung des Untersuchungsgebiets und Berechnung der niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder erfolgte mit dem Programm EFC- 400 LF (Version 2015) der FGEU, vertrieben durch die Fa. Narda Safety Solution.

Die Berechnung wurde für den Fall der höchsten betrieblichen Anlagenauslastung durchgeführt, d.h. bei der höchsten Betriebsspannung sowie dem maximalen Strom der Oberleitung. Dieser Ansatz ist als konservativ anzusehen, da bei Normalbetrieb der Bahnanlagen die durchschnittlichen Immissionswerte deutlich niedriger liegen

Die Berechnung wird in horizontalen Schnitten sowohl in 1 m Höhe über Grund, repräsentativ für den Außenbereich und das Erdgeschoß der Gebäude, sowie in 6 m Höhe über Grund, repräsentativ für einen Aufenthalt an einem offenen Fenster im 1. OG eines Gebäudes auf Höhe der Oberleitung durchgeführt. Zusätzlich wurden vertikale Schnitte berechnet.

Durch die Hausinstallation und die Niederspannungsstromversorgung ist in den Gebäuden mit zusätzlichen Feldern zu rechnen. Diese sowie ggfs. bestehende weitere Kabelanlagen in den Straßen und Wegen, wie Niederspannungsstromsysteme wurden nicht berücksichtigt, da darüber keine Informationen vorlagen. Die Szenerie mit den elektrotechnischen Anlagen und Gebäuden wurde im Rechenprogramm modelliert, wie es in folgender Abbildung dargestellt ist.

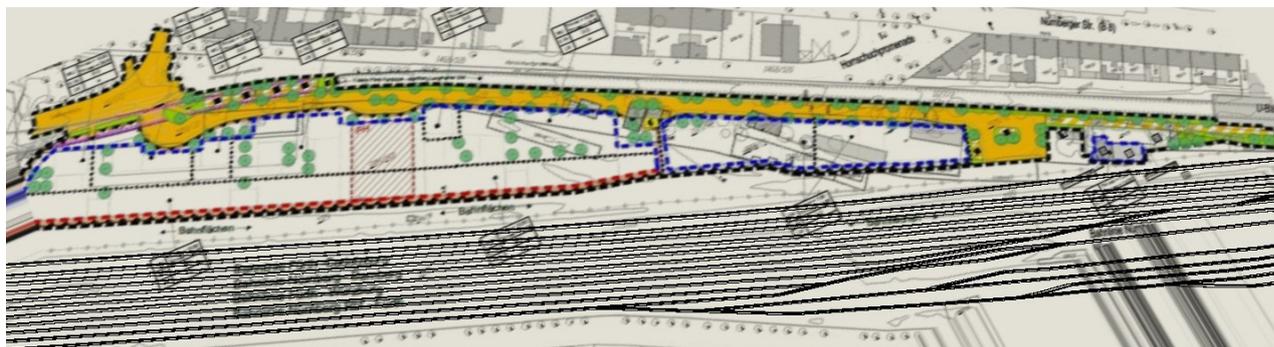


Abb. 4: Dreidimensionales Modell mit elektrifizierten Gleisen

### 6.1 Immissionswerte der elektrischen Feldstärke

In den folgenden Abbildungen sind horizontale Schnitte der Berechnungsergebnisse für die elektrische Feldstärke in Form von Isolinien in 1 m und 6 m Höhe über dem Boden gezeigt, einmal für den gesamten Bebauungsplan und einmal im Nahbereich der nächstgelegenen Grundstücksgrenze zu den Bahngleisen. Weiterhin ist noch ein vertikaler Schnitt der Feldverteilung der elektrischen Feldstärke quer zu den Bahntrassen durch das geplante Baugebiet gezeigt.

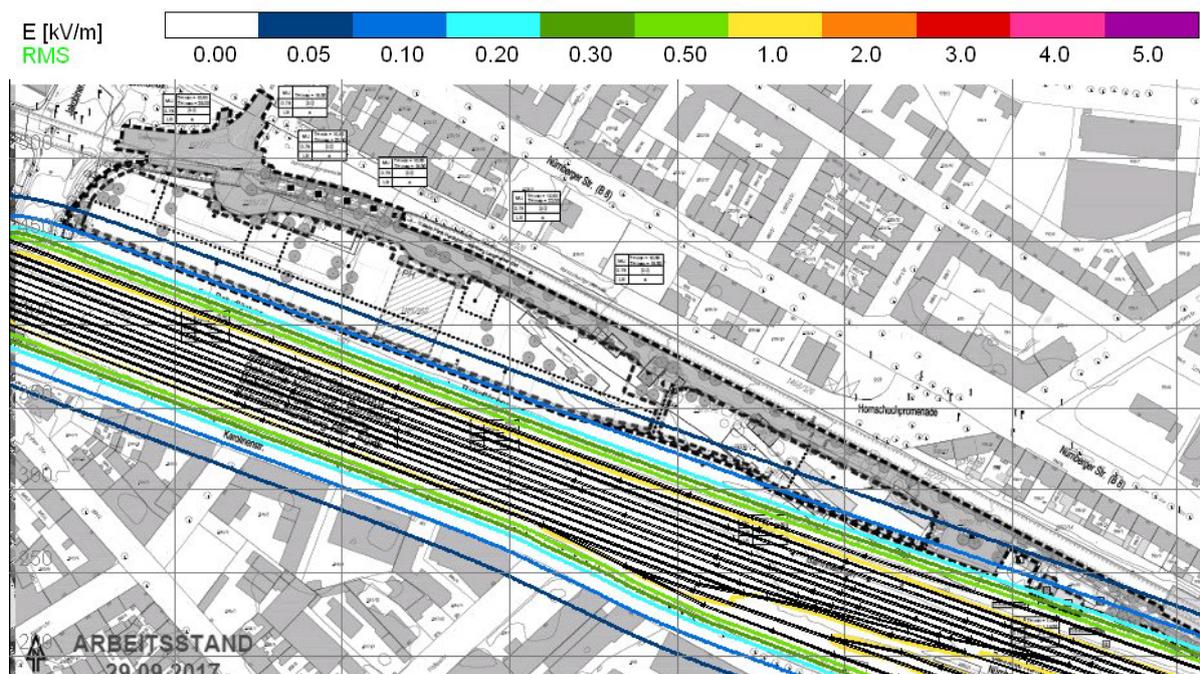


Abb. 5: Elektrische Feldstärke  $E$  in 1 m Höhe über dem Boden für den gesamten Bebauungsplan

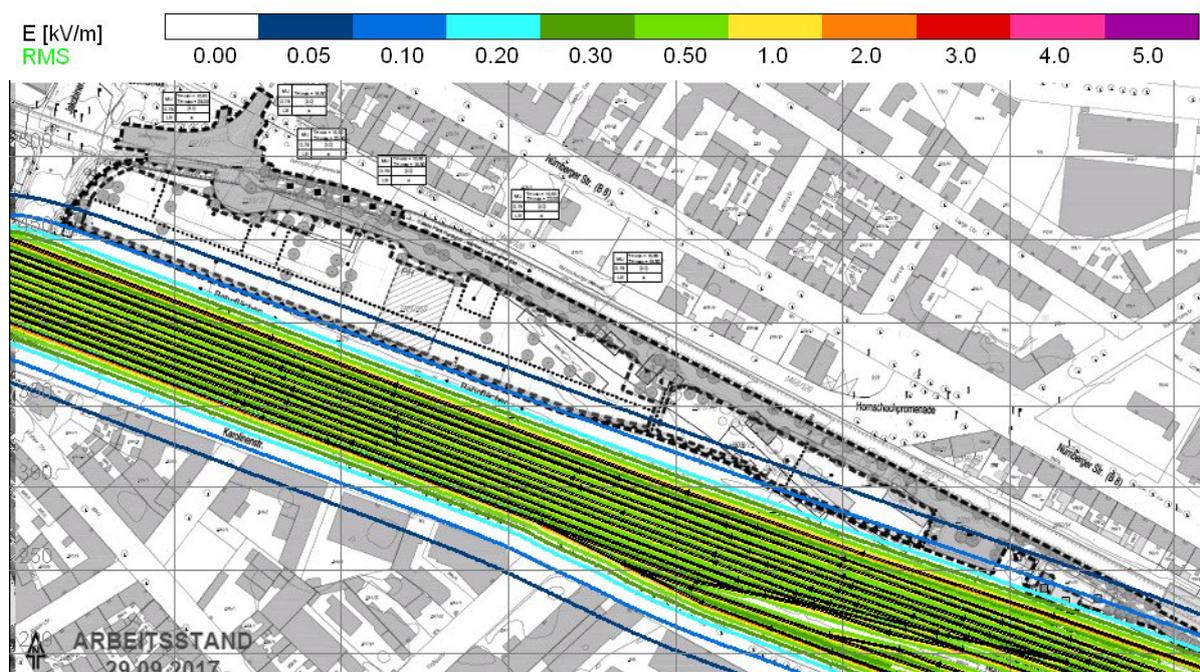


Abb. 6: Elektrische Feldstärke  $E$  in 6 m Höhe über dem Boden für den gesamten Bebauungsplan



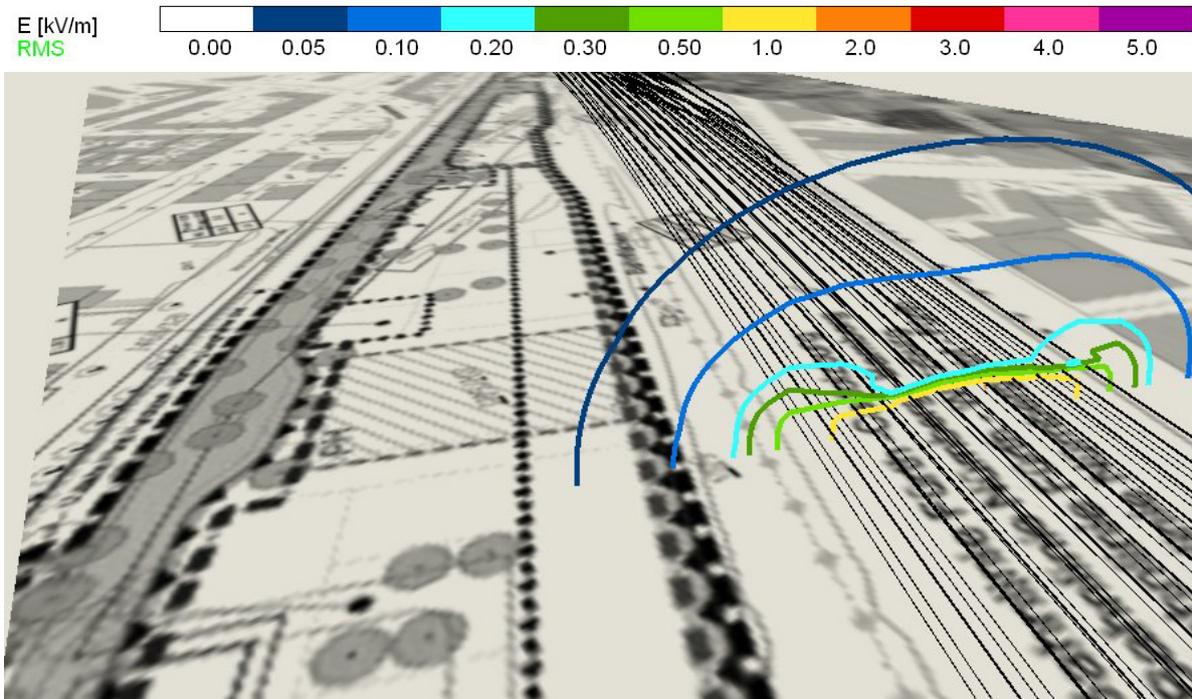


Abb. 8: Vertikaler Schnitt der Feldverteilung der elektrischen Feldstärke  $E$

## 6.2 Immissionswerte der magnetischen Flussdichte

In den folgenden Abbildungen sind horizontale Schnitte der Berechnungsergebnisse für die elektrische Feldstärke in Form von Isolinien in 1 m und 6 m Höhe über dem Boden gezeigt, einmal für den gesamten Bebauungsplan und einmal im Nahbereich der nächstgelegenen Grundstücksgrenze zu den Bahngleisen. Weiterhin ist noch ein vertikaler Schnitt der Feldverteilung der elektrischen Feldstärke quer zu den Bahntrassen durch das geplante Baugebiet gezeigt.

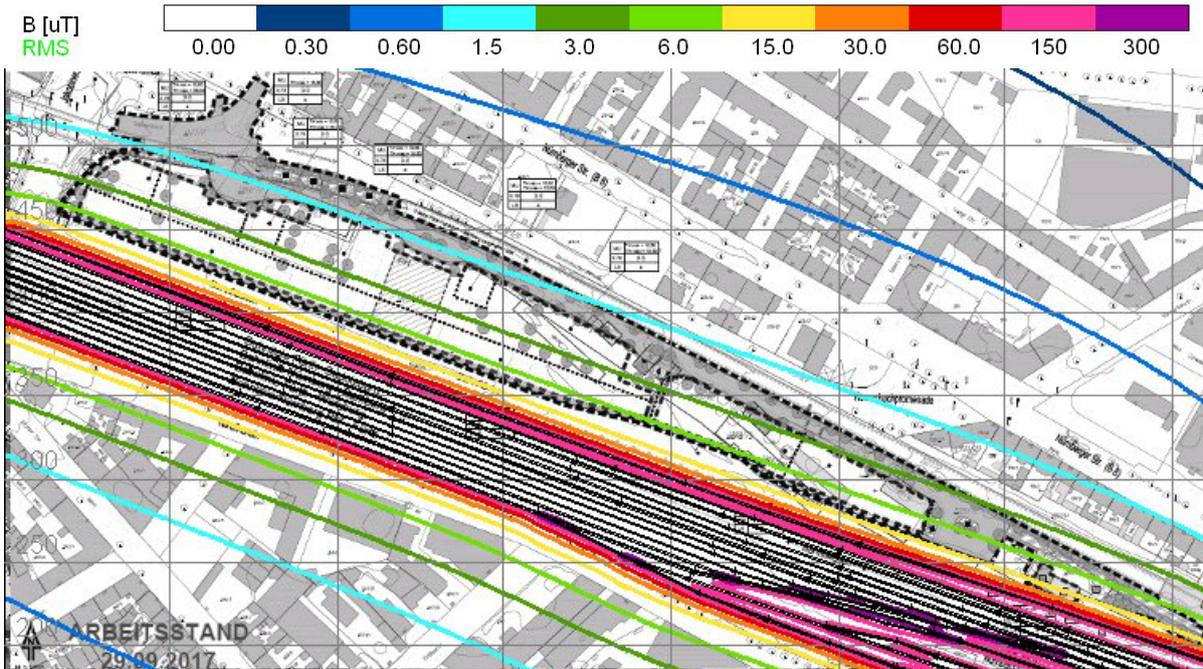


Abb. 9: **Magnetische Flussdichte  $B$**  in 1 m Höhe über dem Boden für den gesamten Bebauungsplan

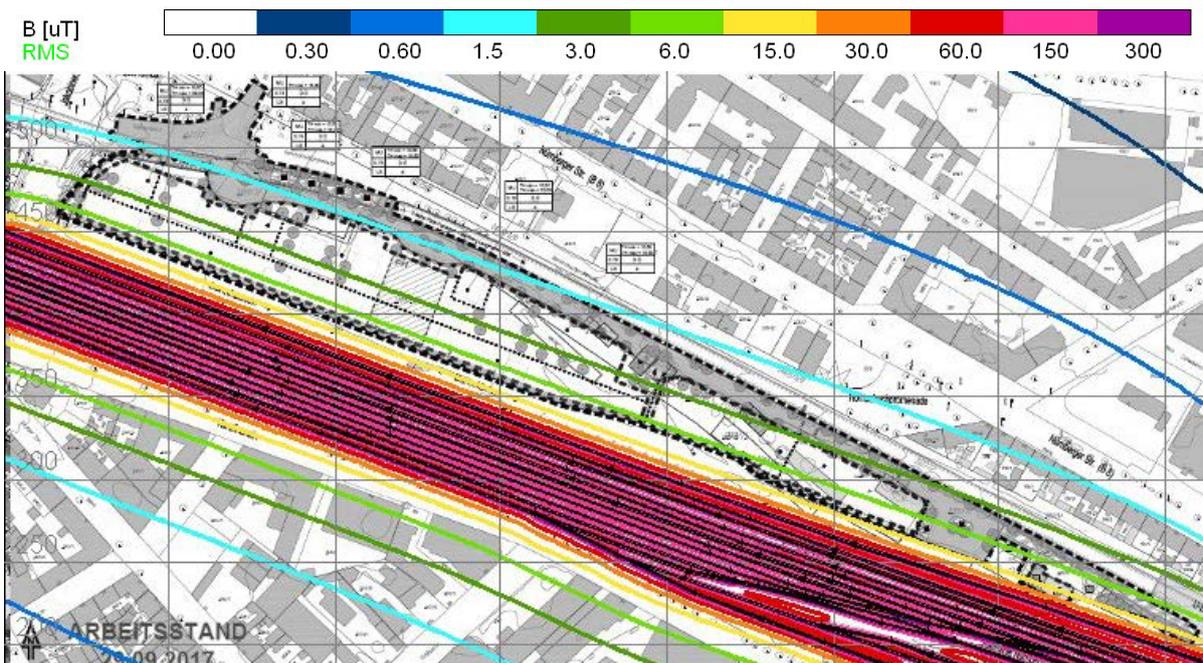


Abb. 10: **Magnetische Flussdichte  $B$**  in 6 m Höhe über dem Boden für den gesamten Bebauungsplan

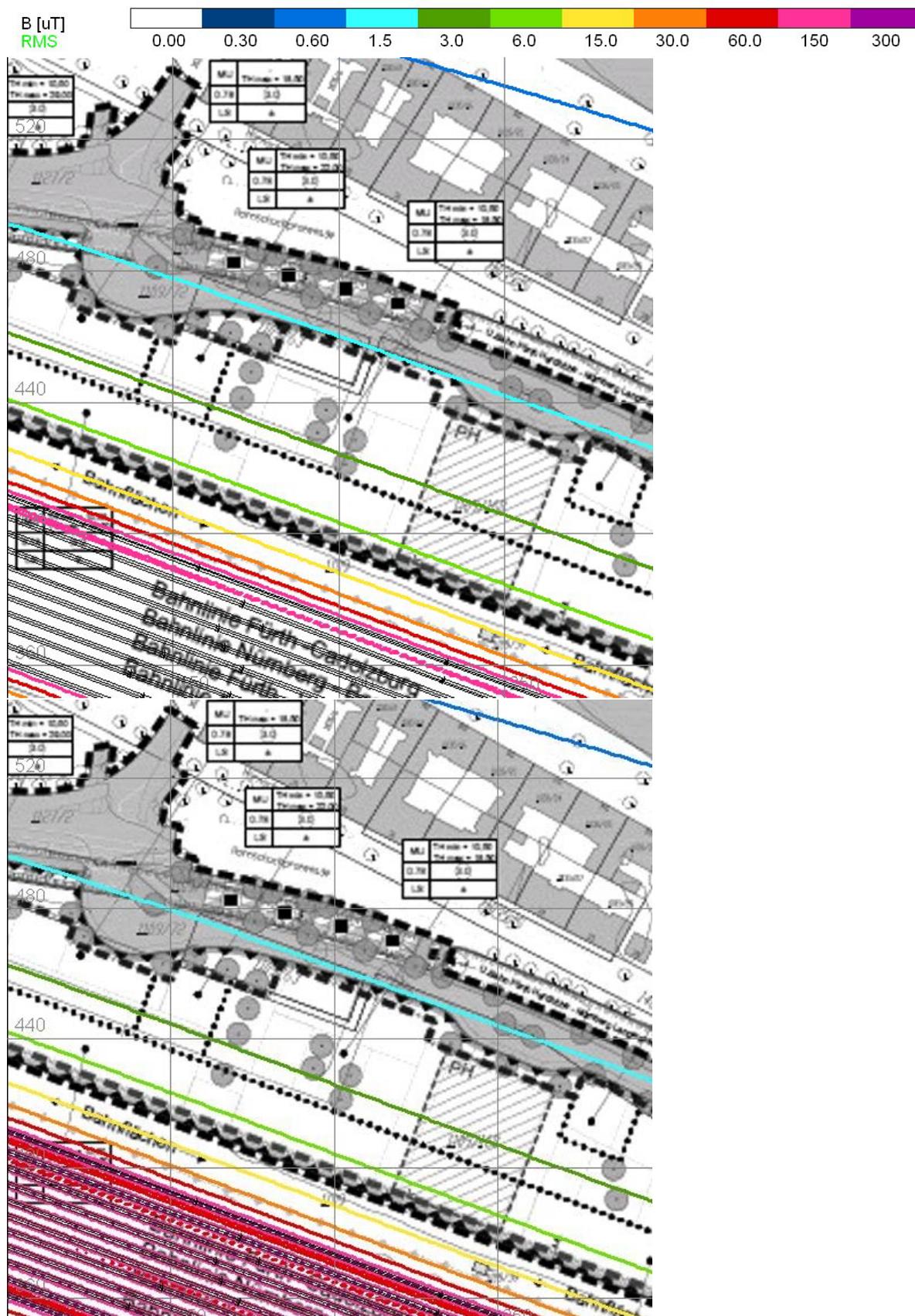


Abb. 11: **Magnetische Flussdichte  $B$**  in 1 m Höhe (oben) und 6 m Höhe (unten) über dem Boden für den Nahbereich der Grundstücksgrenze

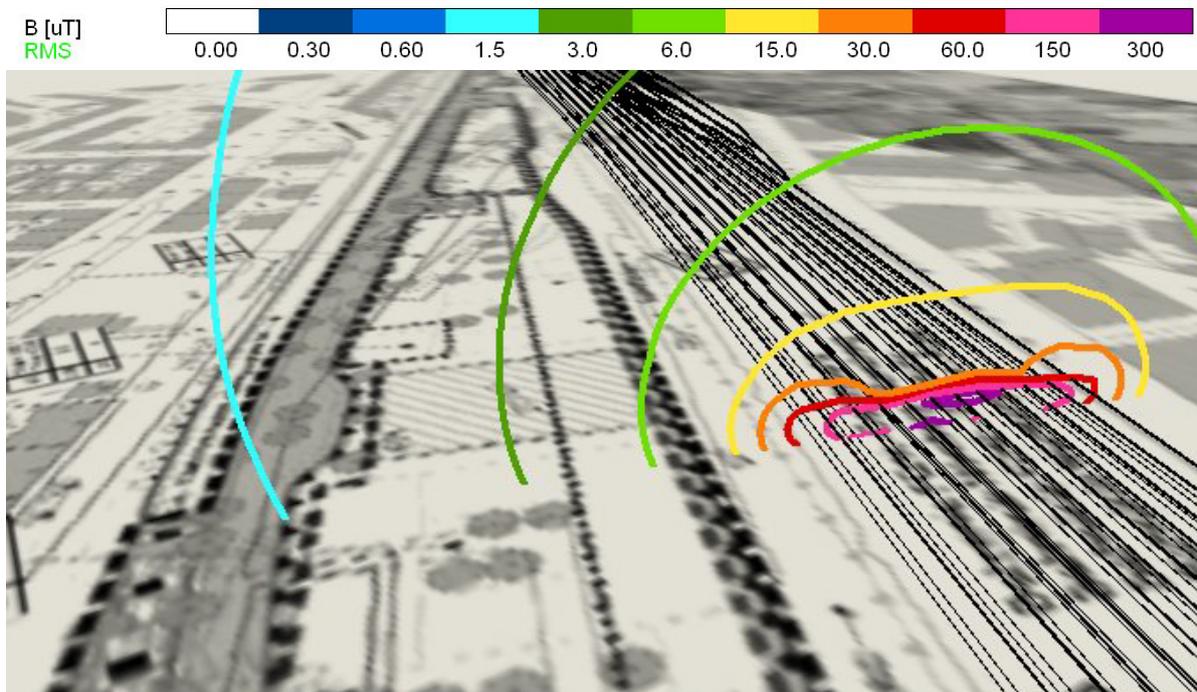


Abb. 12: Vertikaler Schnitt der Feldverteilung der magnetischen Flussdichte  $B$

### 6.3 Zusammenfassung Immissionswerte

Im ungünstigsten Fall - bei **höchster betrieblicher Anlagenauslastung** - sind damit folgende maximalen Immissionswerte für die magnetische Flussdichte  $B$  und elektrische Feldstärke  $E$  im Einwirkungsbereich der Bahn zu erwarten. Die Positionen der Immissionsorte sind im nachfolgenden Lageplan eingezeichnet.

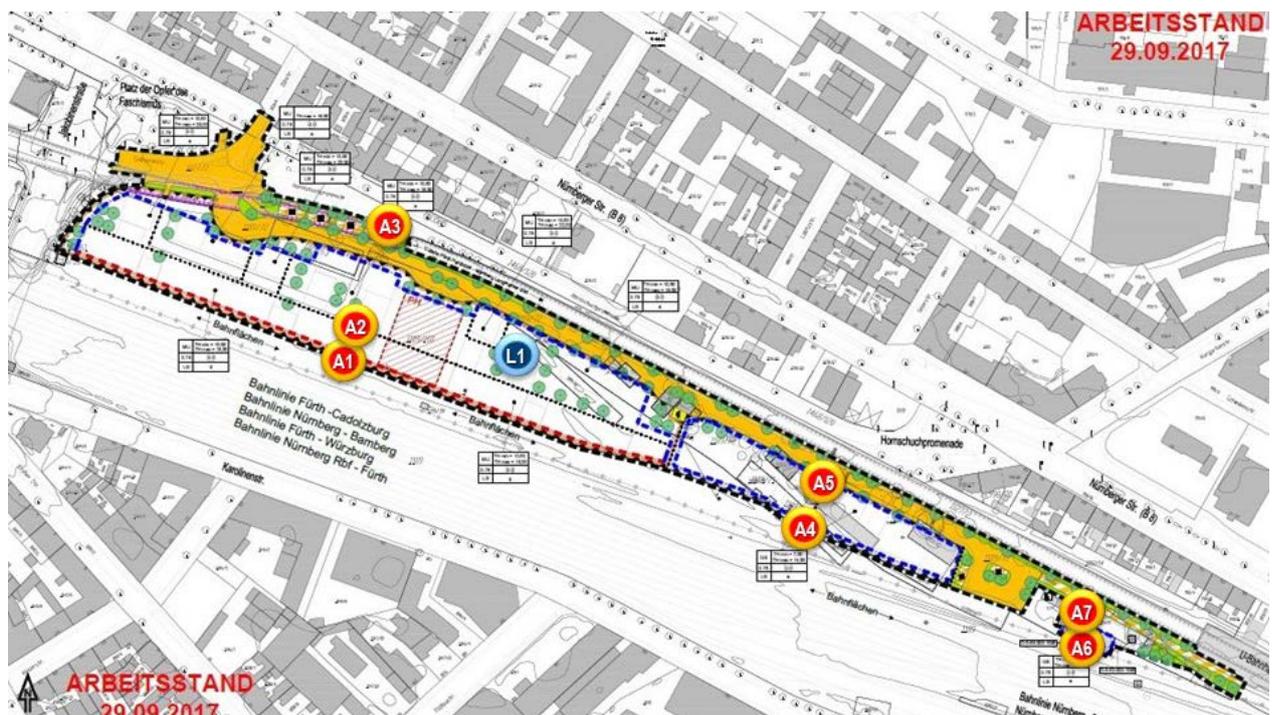


Abb. 13: Position der Immissionsorte

| <b>Immissionsort</b><br>nächstgelegener<br>Punkt von ... zu den<br>Bahngleisen | <b>Höhe</b> | <b>magn.</b><br><b>Flussdichte</b><br><b><i>B</i></b> | <b>proz. Anteil</b><br><b>vom</b><br><b>Grenzwert</b><br><b>26. BImSchV</b> | <b>elektrische</b><br><b>Feldstärke</b><br><b><i>E</i></b> | <b>proz. Anteil</b><br><b>vom</b><br><b>Grenzwert</b><br><b>26. BImSchV</b> |
|--|-------------|---|---|--|---|
| <b>A1</b><br>Grundstücksgrenze<br>westlicher Bereich                           | 1 m         | 9,2 $\mu$ T   | 3,1 %   | 0,10 kV/m  | 2,1 %   |
|  | 6 m         | 9,6 $\mu$ T   | 3,2 %   | 0,10 kV/m  | 2,0 %   |
| <b>A2</b><br>abweichenden Bau-<br>weise im westlichen<br>Bereich               | 1 m         | 3,6 $\mu$ T   | 1,2 %   | 0,04 kV/m  | 0,7 %   |
|  | 6 m         | 3,8 $\mu$ T   | 1,3 %   | 0,04 kV/m  | 0,7 %   |
| <b>A3</b><br>Hornschuhprome-<br>nade   | 1 m         | 1,1 $\mu$ T   | 0,4 %   | 0,01 kV/m  | 0,2 %   |
|  | 6 m         | 1,1 $\mu$ T   | 0,4 %   | 0,01 kV/m  | 0,2 %   |
| <b>A4</b><br>Grundstücksgrenze<br>mittlerer Bereich                            | 1 m         | 9,2 $\mu$ T   | 3,1 %   | 0,11 kV/m  | 2,1 %   |
|  | 6 m         | 9,6 $\mu$ T   | 3,2 %   | 0,10 kV/m  | 2,0 %   |
| <b>A5</b><br>Ende der abweichen-<br>den Bauweise im<br>mittleren Bereich       | 1 m         | 2,8 $\mu$ T   | 0,9 %   | 0,03 kV/m  | 0,5 %   |
|  | 6 m         | 2,9 $\mu$ T   | 1,0 %   | 0,03 kV/m  | 0,5 %   |
| <b>A6</b><br>Grundstücksgrenze<br>östlicher Bereich                            | 1 m         | 23,4 $\mu$ T  | 7,8 %   | 0,28 kV/m  | 5,6 %   |
|  | 6 m         | 23,9 $\mu$ T  | 8,0 %   | 0,24 kV/m  | 4,8 %   |
| <b>A7</b><br>Ende der abweichen-<br>den Bauweise im öst-<br>lichen Bereich     | 1 m         | 6,5 $\mu$ T   | 2,2 %   | 0,08 kV/m  | 1,5 %   |
|  | 6 m         | 6,8 $\mu$ T   | 2,3 %   | 0,07 kV/m  | 1,5 %   |
| <b>L1</b><br>Ort der Langzeitmes-<br>sung                                      | 1 m         | 2,4 $\mu$ T   | 0,8 %   | -  | -   |
| Unsicherheit   |             | $\pm 0,2 \mu$ T                                       | $\pm 0,1 \%$  | $\pm 0,05$ kV/m  | $\pm 1,0 \%$  |
| Grenzwert<br>26. BImSchV:  |             | 300 $\mu$ T (16,7 Hz)                                 |   | 5 kV/m (16,7 Hz)   |   |

Tab. 4: Immissionswerte an den Bezugspunkten bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung

Für die elektrische Feldstärke werden maximal 0,28 kV/m oder 5,6 % vom Grenzwert der 26. BImSchV an der Grundstücksgrenze des östlichsten Gewerbegebiets in 6 m Höhe erreicht.

Für die magnetische Flussdichte werden an der gleichen Grundstücksgrenze maximal 23,9  $\mu$ T oder 8,0 % vom Grenzwert der 26. BImSchV in 6 m Höhe erreicht.

Die Grenzwerte der 26. BImSchV werden damit mit großem Sicherheitsabstand unterschritten.

## 7 Hochfrequenzanlagen im Frequenzbereich von 9 kHz bis 10 MHz

Gemäß § 3 Abs. (3) der novellierten Fassung der 26. BImSchV sind auch die Immissionen durch ortsfeste Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 kHz und 10 MHz zu berücksichtigen, die einer Standortbescheinigung bedürfen. Dies betrifft vor allem Langwellen-, Mittelwellen- und Kurzwellenrundfunksender, die eine Reichweite bis zu 1000 km haben.

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 in Flexdorf in mehr als 6 km Entfernung.

Demnach ergibt sich auch mit Berücksichtigung des Anteils der Hochfrequenzanlagen bis 10 MHz eine sichere Einhaltung der Grenzwerte der 26. BImSchV in der Gesamtimmission.

## 8 Schlussfolgerungen und Bewertung

Die im Rahmen des Gutachtens durchgeführte Berechnung der zu erwartenden Immissionen an elektrischen und magnetischen Feldern ergab folgende Ergebnisse. Unabhängig davon sind die elektrotechnischen Sicherheitsanforderungen im Zusammenhang mit den Bahnkörpern zu beachten.

### 8.1 Gefährdung von Personen durch elektromagnetische Felder

Durch die Wände der geplanten Gebäude wird das *elektrische Feld* in den Innenräumen nahezu vollständig abgeschirmt. Das niederfrequente *magnetische Feld* wird jedoch durch normale Fassaden hingegen nur wenig geschwächt. Im Gebäude liegen daher annähernd die Werte wie im Außenbereich vor.

An der Grundstücksgrenze, der Fassade und innerhalb des Gebäudes werden auch bei maximaler Anlagenauslastung der Bahntrassen die Grenzwerte für die Allgemeinbevölkerung deutlich unterschritten. Eine Gefährdung von Personen durch die direkte Einwirkung niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder der Bahn ist daher ausgeschlossen.

Auch für Träger kardialer Implantate ist im Bereich des Bauvorhabens keine Gefährdung zu erwarten, da alle Richtwerte dort deutlich unterschritten werden.

Ein gewolltes oder ungewolltes Hineingelangen in den Gefahrenbereich und den Sicherheitsraum der Deutschen Bahn AG ist auf Dauer sicher auszuschließen. Gegenüber allen stromführenden Teilen sind Sicherheitsabstände bzw. Sicherheitsvorkehrungen nach VDE 0115 Teil 3, DB-Richtlinie 997.02 und GUV-R B 11 einzuhalten bzw. vorzusehen. Gegenüber der Oberleitungsanlage ist ein Schutzstreifen gemäß den VDE-Richtlinien freizuhalten.

### 8.2 Störung von elektrischen Geräten

Der Magnetfeld-Störfestigkeitsrichtwert für elektrische Geräte, Steuerung, und Regler, die mit einer Frequenz von 50 Hz geprüft wurden, beträgt nach DIN EN 61000-6-2 für den Industriebereich 37,8  $\mu\text{T}$ ; für Wohnbereiche, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe nach DIN EN 61000-6-1 3,8  $\mu\text{T}$ .

Eine Prüfung bei 16,7 Hz wird von EMV-Richtlinien nicht gefordert, außer für Geräte die in einem Bahnfahrzeug eingesetzt werden sollen. In der Norm DIN EN 50121-5 : 2007 wird für diesen Einsatzfall ein Prüfwert für die Störfestigkeit des Gehäuses von 100 A/m entsprechend 126  $\mu$ T gefordert. Da diese Prüfung für die wenigsten Geräte durchgeführt worden sein wird, wurden als worst-case Annahme die strengeren Prüfwerte für die Frequenz 50 Hz zumindest auch auf 16,7 Hz angewandt.

Wie Abb. 14 zeigt, werden für das geplante Bebauungsgebiet die Störfestigkeitswerte für Industrie durchgängig eingehalten. Die niedrigeren Störfestigkeitswerte für Geräte für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe werden im ungünstigsten Fall im westlichen Teil des Bebauungsplans im Bereich der Urbanen Gebiete, das für geschlossene Bauweise ausgewiesen ist überschritten. Im mittleren Bereich der Gewerbegebiete werden in etwas mehr als der Hälfte der Fläche die Störfestigkeitswerte überschritten und im östlichen Teil werden sie überall überschritten.

- Störfestigkeit für Industrie überschritten nach DIN EN 61000-6-2
- Störfestigkeit Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe überschritten nach DIN EN 61000-6-1

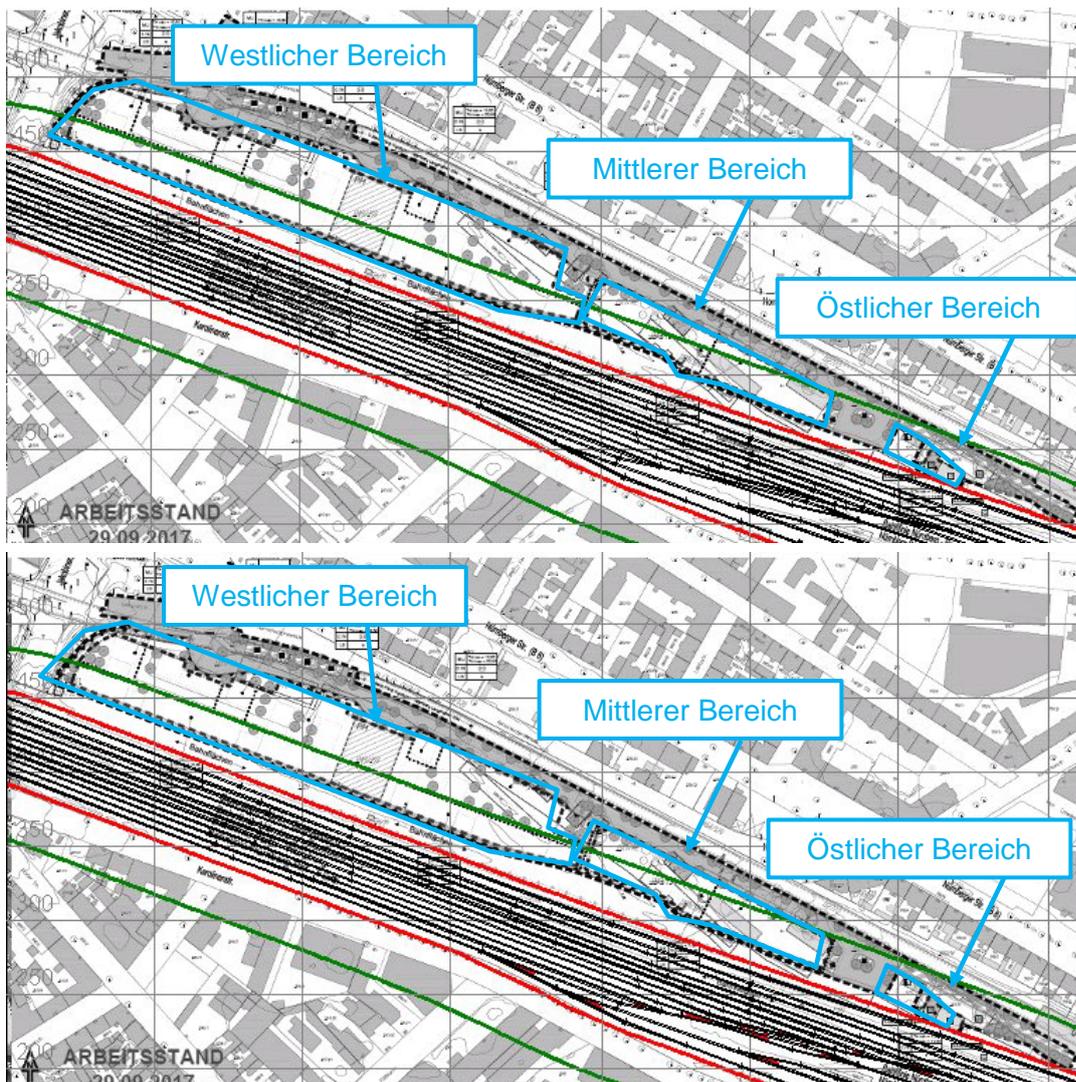


Abb. 14: Bereiche der Überschreitung der Störfestigkeitsrichtwerte für Industrie (rot) und Wohn- bzw. Gewerbeumfeld (grün), Berechnungshöhe 1 m (oben) und 6 m (unten)

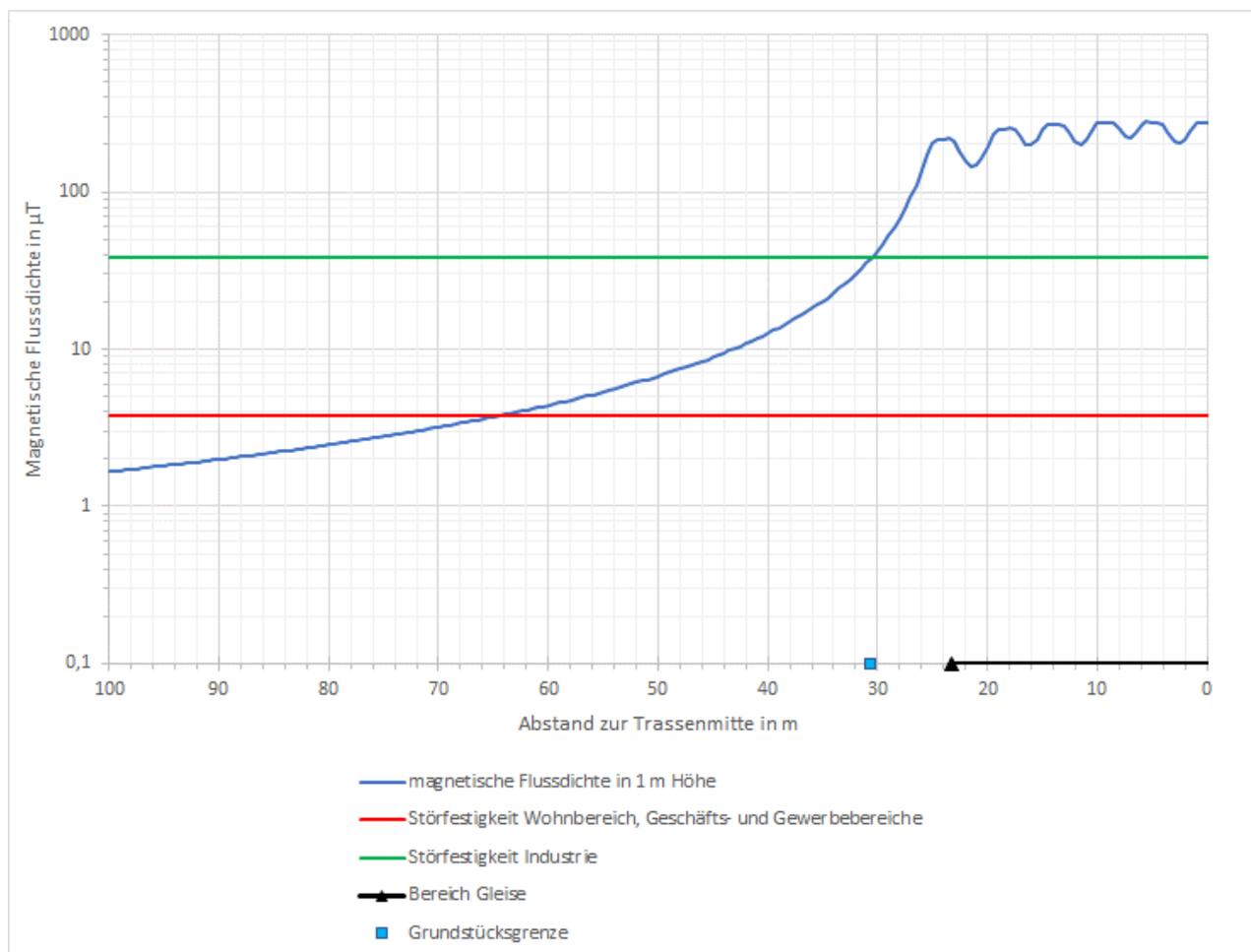


Abb. 15: Berechnete Werte der magnetischen Flussdichte im Abstand senkrecht zur Trasse, Berechnungshöhe 1 m

Durch die Langzeitmessung wurde die tatsächliche durch die Bahn hervorgerufene Immission im Bebauungsplan ermittelt. Am Messort L1 ergab sich bei tatsächlichem Zugverkehr ein Maximalwert der magnetischen Flussdichte von 2,1  $\mu\text{T}$ . Durch die Immissionsprognose ergab sich bei maximaler Anlagenauslastung der Oberleitungen ein Maximalwert an der gleichen Stelle von 2,4  $\mu\text{T}$ . Dadurch verkleinert sich der Bereich, in dem die Störfestigkeitswerte für Geräte für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe überschritten werden von ca. 39 m auf 35 m Abstand zu den Bahngleisen (siehe folgende Abbildung). Es ist also auch im tatsächlichen Betrieb mit Maximalströmen bis zu 87,5% des Nennstromes zu rechnen. Die Immissionsprognose spiegelt demnach sehr gut die tatsächliche maximale Belastung auf dem Bebauungsplan wieder.

- Störfestigkeit für Industrie überschritten nach DIN EN 61000-6-2 (Immissionsprognose, Nennströme)
- Störfestigkeit für Industrie überschritten nach DIN EN 61000-6-2 (Langzeitmessung, tatsächliche Ströme)
- Störfestigkeit Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe überschritten nach DIN EN 61000-6-1 (Immissionsprognose, Nennströme)
- Störfestigkeit Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe überschritten nach DIN EN 61000-6-1 (Langzeitmessung, tatsächliche Ströme)

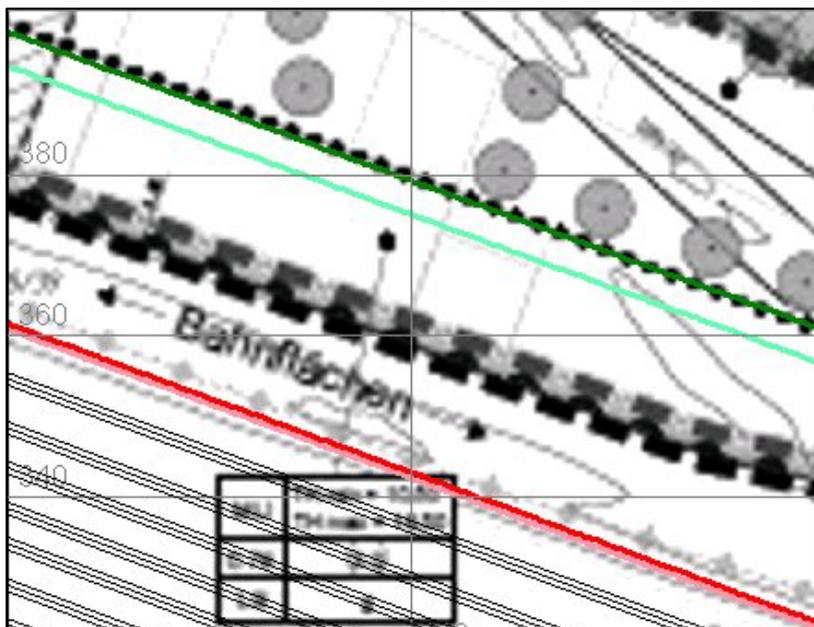
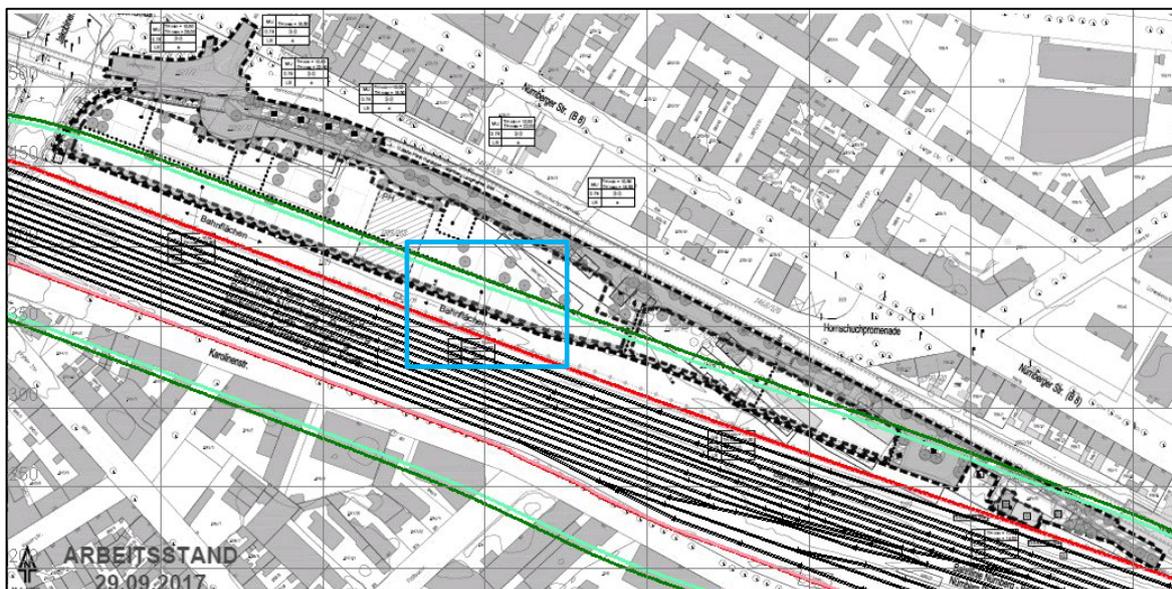


Abb. 16: Vergleich der Bereiche der Überschreitung der Störfestigkeitsrichtwerte für Industrie (dunkelrot: Berechnung, hellrot: Messung) und Wohn- bzw. Gewerbeumfeld (dunkelgrün: Berechnung, hellgrün: Messung) für den gesamten Bebauungsplan (oben), als Nahansicht für den Bereich der Langzeitmessung (unten, blaues Rechteck im oberen Bild)

Die Richtwerte für Röhrenbildschirmgeräte werden im gesamten Bebauungsplan überschritten. Wir empfehlen die zukünftigen Nutzer darauf hinzuweisen, dass es beim Betrieb von alten Röhrenfernsehern oder Computermonitoren zu Bildstörungen kommen kann und deshalb unempfindliche Flachbildschirme empfohlen werden.

Für den Zeitraum nach Inbetriebnahme der Stromversorgung der zu errichtenden Gebäude, können zusätzliche Einflüsse hinzukommen. Es ist davon auszugehen, dass der 50 Hz - Anteil (Energieversorgung) und der mittelfrequente Anteil (vorwiegend Beleuchtung) ansteigen werden.

### **8.3 Allgemeine Hinweise für Bauten in der Nähe von elektrifizierten Bahngleisen**

Für Bauten in der Nähe von elektrifizierten Bahngleisen sind folgende Maßnahmen abzuwägen:

- Bei der Elektroinstallation ist besonderes Augenmerk auf das Erdungskonzept zu legen.
- Besonderer Beachtung bedürfen auch die in das Gebäude führenden metallische Rohrleitungen. Um zu verhindern, dass bei ungünstiger Konstellation Rückströme der Bahntrassen in das Gebäude eingeleitet werden, empfehlen wir die in DIN EN 50443 : 2012 beschriebenen Maßnahmen zu beachten. Insbesondere sind in diesem Fall entweder isolierende Ummantelungen (z.B. Kunststoff) der Rohrleitungen oder Isolierstöße an der Gebäudeschnittstelle anzuraten.
- Größere metallische Gegenstände (wie Brüstungen, Geländer, etc.) an zur Bahn gerichteten Fassade sollten geerdet werden, um einen elektrischen Schlag durch Aufladung bzw. zu großer Potentialdifferenzen zu vermeiden. Aufgrund der im vorliegenden Fall bereits niedrigen Werte der elektrischen Feldstärke an der Grundstücksgrenze, ist diese Maßnahme hier nicht unbedingt erforderlich.
- Abstand und Art der Bepflanzung müssen so gewählt werden, dass diese bei Windbruch nicht in die Gleisanlagen fallen können. Der Mindestpflanzabstand zur nächstliegenden Gleisachse ergibt sich aus der Endwuchshöhe und einem Sicherheitsabstand von 2,5 m. Diese Abstände sind durch geeignete Maßnahmen (Rückschnitt u.a.) ständig zu gewährleisten. Wir weisen auf die Verkehrssicherungspflicht (§823 ff BGB) des Grundstückseigentümers hin. Soweit von bestehenden Anpflanzungen Beeinträchtigungen des Eisenbahnbetriebes und der Verkehrssicherheit ausgehen können, müssen diese entsprechend angepasst oder beseitigt werden. Bei Gefahr in Verzug behält sich die Deutsche Bahn das Recht vor, die Bepflanzung auf Kosten des Eigentümers zurückzuschneiden bzw. zu entfernen.
- Der Einflussbereich der Eisenbahnverkehrslasten (Stützbereich) darf nicht beeinträchtigt werden. Der Stützbereich ist definiert in der DB-Richtlinie 836.2001 „Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke – Einwirkungen und Widerstände“ in Verbindung mit der DB-Richtlinie 800.0130, Anhang 2, „Netzinfrastruktur Technik entwerfen; Streckenquerschnitte auf Erdkörpern, Ermittlung des Schotterfußpunktes“.
- Die Standfestigkeit der angrenzenden Oberleitungs-Querfeldmasten darf durch die künftige Baumaßnahme nicht beeinträchtigt werden. Im Umkreis von 5 Metern um die Oberleitungsmastfundamente dürfen keine Erdarbeiten durchgeführt werden, um die Standsicherheit der Masten nicht zu gefährden. Eine Bepflanzung ist so zu wählen, dass Bäume und Sträucher auch langfristig einen Abstand zu den Oberleitungsmasten und Spannung führenden Teilen der Oberleitung von 5 Metern nicht unterschreiten.
- Alle elektrisch leitfähigen Teile von Arbeitsmaschinen und Arbeitsgeräten, sowie von anderen Gegenständen (Drahtzäune, Leitplanken etc.) welche sich im Stromabnehmerbereich der Oberleitung befinden, müssen bahngeerdet werden.



#### **8.4 Bauphase**

In der Bauphase ist streng darauf zu achten, dass der Baukran nicht den zulässigen Annäherungsbereich nach DIN EN 50110-1, BGV D6 oder BGI 610 an die Bahntrassen unterschreitet. Dies kann z.B. durch mechanische Einschränkungen des Krandrehbereichs sichergestellt werden (Gerüste, Endschalter). Können bei einem Kraneinsatz Betriebsanlagen der Eisenbahn überschwenkt werden, so ist mit der DB Netz AG eine Kranvereinbarung abzuschließen, die mind. 8 Wochen vor Kranaufstellung zu beantragen ist. Lagerungen von Baumaschinen, Baugeräten und Lastzügen, sowie von Erdaushub und Baumaterialien entlang der Bahnlinie sind so vorzunehmen, dass sie unter keinen Umständen in den Gefahrenbereich der Gleise (durch Verwehungen bzw. Ausschwenkungen) gelangen.

Neben der direkten Gefahr durch einen Spannungsüberschlag auf den Baukran, können auch durch die elektrischen Felder eine Spannung induziert werden.

## 9 Anhang

### 9.1 Literatur

- [1] Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutz-gesetzes (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] DIN VDE 0848-1/ August 2000, Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern
- [4] DIN EN 50413 (VDE 0848-1); Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz) : August 2009
- [5] DGUV 15 (ehem. BGV B11), Unfallverhütungsvorschrift Elektromagnetische Felder der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik vom 01. Juni 2001
- [6] Richtlinie 2013/35/EU über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder) (20. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/40/EG vom 26.06.2013
- [7] Elektromagnetische Felder im Alltag - Aktuelle Informationen über Quellen, Einsatz und Wirkungen; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe und Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, Bezug über [www.lfu.bayern.de/strahlung/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/strahlung/index.htm)
- [8] DIN VDE 0848-3-1 Entwurf: Mai 2002, Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern; Teil 3-1: Schutz von Personen mit aktiven Körperhilfsmitteln im Frequenzbereich 0 Hz bis 300 GHz
- [9] SSK 2008; Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK) zum Schutz vor elektrischen und magnetischen Feldern der elektrischen Energieversorgung und –anwendung, veröffentlicht vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Bundesanzeiger Nr. 142a am 18. September 2008
- [10] DIN EN 61000-6-1 : 2007; Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Fachgrundnormen Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe
- [11] DIN EN 61000-6-2 : 2006; Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Fachgrundnormen Störfestigkeit für Industriebereich
- [12] DIN EN 50121-5 : 2007; Bahnanwendung - Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Teil 5: Störaussendung und Störfestigkeit von ortsfesten Anlagen und Einrichtungen der Bahnenergieversorgung
- [13] DIN EN 61326-1 : 2013; Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – EMV-Anforderungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- [14] DIN EN 61131-2 : 2015 E; Speicherprogrammierbare Steuerungen – Teil 2: Betriebsmittelanforderungen und Prüfungen
- [15] DIN EN 50443 : 2012; Auswirkung elektromagnetischer Beeinflussungen von Hochspannungswechselstrombahnen und /oder Hochspannungsanlagen auf Rohrleitungen
- [16] Rehm W., Edelman K., Gritsch Th., Darstellung der technischen Möglichkeiten zur Minimierung elektrischer und magnetischer Felder von Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen nach dem Stand der Technik, FE-Vorhaben des Bundesamts für Strahlenschutz BfS AG-F3-08313/3614S80020, 2014-11-18



## 9.2 Glossar

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| B                                   | Symbol für magnetische Flussdichte.   |
| BImSchV                             | Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)   |
| E                                   | Symbol für Elektrische Feldstärke.  |
| 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.   |
| EMF                                 | Abkz. für <u>E</u> lektromagnetische <u>F</u> elder   |
| Frequenz                            | Schwingungszahl von Wellen je Sekunde, gemessen in Herz   |
| Hertz (Hz)                          | Technische Einheit für 1 Schwingung pro Sekunde   |
| Magnetfeld, magnetische Flussdichte | Dies ist ein Maß für das von einem Strom oder Permanentmagneten erzeugte Magnetfeld.  |
| Spannung Hochspannung (kV)          | Eine elektrische Spannung über 1.000 Volt (1 kV) wird im Allgemeinen 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. Ab 220 kV spricht man von Höchstspannung.      |
| Tesla, Mikrottesla ( $\mu$ 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 $\mu$ 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.                                  |