

Gutachten elektrische und magnetische Felder

Landeshauptstadt München

Bebauungsplan Nr. 1965a

„Orleanshöfe“

Bericht Nr. 700-5697-EMF

im Auftrag der

Orleanshöfe GmbH & Co. KG

81667 München

München, im August 2023

Gutachten elektrische und magnetische Felder

Landeshauptstadt München
Bebauungsplan Nr. 1965a
„Orleanshöfe“

Bericht-Nr.: 700-5697-EMF

Datum: 23.08.2023

Auftraggeber: Orleanshöfe GmbH & Co. KG
Orleansplatz 9
81667 München

Auftragnehmer: Möhler + Partner Ingenieure AG
Beratung in Schallschutz + Bauphysik
Landaubogen 10
D-81373 München
T + 49 89 544 217 - 0
F + 49 89 544 217 - 99
www.mopa.de
info@mopa.de

Bearbeiter:



Inhaltsverzeichnis:

| | |
|---|----|
| 1. Aufgabenstellung | 8 |
| 2. Örtliche Gegebenheiten | 8 |
| 3. Grundlagen..... | 10 |
| 3.1 Elektrische und magnetische Felder aus Schienenverkehr | 10 |
| 3.2 Einwirkungen elektrischer und magnetischer Felder auf Menschen..... | 10 |
| 4. Vorgehensweise | 13 |
| 5. Messung elektrischer und magnetischer Felder..... | 14 |
| 5.1 Messdurchführung und Messbedingungen..... | 14 |
| 5.2 Messorte und Messzeit..... | 14 |
| 5.3 Messgeräte..... | 15 |
| 5.4 Messergebnisse | 16 |
| 6. Beurteilung elektrischer und magnetischer Felder..... | 17 |
| 6.1 Straßenbahn..... | 17 |
| 6.2 DB-Gleisanlagen..... | 18 |
| 6.3 Sonstiges | 21 |
| 7. Textvorschlag für den Bebauungsplan | 24 |
| 7.1 Satzung (Festsetzungen)..... | 24 |
| 7.2 Begründung..... | 24 |
| 7.3 Umweltbericht Mensch | 25 |
| 8. Anlagen | 26 |

Abbildungsverzeichnis:

| | | |
|---------------------|--|----|
| Abbildung 1: | Lageplan – B-Plan-Entwurf [25]..... | 9 |
| Abbildung 2: | Abklingverhalten magn. Flussdichte, Prognose der 2. S-Bahn-Stammstrecke [20] . | 20 |
| Abbildung 3: | Verlegung Speiseleitung [26]..... | 23 |

Tabellenverzeichnis:

| | | |
|-------------------|---|----|
| Tabelle 1: | Messergebnisse der elektr. und magnetischen Felder –Wechselfelder..... | 16 |
| Tabelle 2: | Messergebnisse der elektr. und magnetischen Felder – Gleichfelder | 17 |

Grundlagenverzeichnis:

- [1] Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV); Bundesgesetzblatt Jg. 1996, Teil I, Nr. 66, Neugefasst durch Bek. v. 14.08.2013 (BGBl. I S. 3266)
- [2] Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern; Empfehlungen der Strahlenschutzkommission (SSK); Bonn 14.09.2001
- [3] DIN VDE 0848 „Sicherheit in elektromagnetischen Feldern – Grenzwerte zum Schutz von Personen, Teil 1: Mess- und Berechnungsverfahren“, Berlin 08/2000
- [4] Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, BGV B11 (VBG 25) – UVV Elektromagnetische Felder, Juni 2001
- [5] Empfehlung des Rats vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz) (1999/519/EG); Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften
- [6] Studie über den Zusammenhang von kindlicher Leukämie und Magnetfeldern im häuslichen Bereich, Prof. Dr. Michaelis, Uni Mainz, Dezember 2000
- [7] Hintergrundpapier: Grenzwerte im Bereich niederfrequenter Felder (u.a. Stromübertragung), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Februar 2013
- [8] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV) vom 26. Februar 2016 (BAnz AT 03.03.2016 B5)
- [9] Bericht 26. BImSchV, Magnetische und elektrische Feldwerte für Standard-Oberleitungsanlagen im relevanten Abstand gemäß LAI II.3.1, Dokument 14-22168-T.TVI34(1)-BE-1904-V2.0, DB Systemtechnik, Fachabteilung EMV, LST und Übertragungstechnik I.IVP 24/5), 29.02.2016
- [10] Bericht 26. BImSchV, Nachweis der Grenzwerteinhaltung an 15 kV-Standard-Oberleitungsanlagen der DB Netz AG, Dokument 14-22168-T.TVI34(1)-BE-1901-V2.0, DB Systemtechnik, Fachabteilung EMV, LST und Übertragungstechnik I.IVP 24/5), 29.02.2016
- [11] Bericht Ermittlung der Grenzwertausschöpfung für OL-Standardkonfigurationen, Ergänzungen zu Bericht 14-22168-T.TVI34(1)-BE-1901-V2.0, Dokument 14-22168-T.TVI34(1)-BE-1902-V2.0, DB Systemtechnik, Fachabteilung EMV, LST und Übertragungstechnik I.IVP 24/5), 29.02.2016
- [12] LAI-Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV) in der Fassung des Beschlusses der 128. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 17. und 18. September 2014 in Landshut

- [13] DIN EN 50413; VDE 0848-1:2009-08, Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz); Deutsche Fassung EN 50413:2008
- [14] EMF-Datenbank, link: <http://emf3.bundesnetzagentur.de/karte/Default.aspx>, Bundesnetzagentur (Abfragedatum: 26.10.2021)
- [15] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung – BauN-VO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786), die zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 3. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 176) geändert worden ist
- [16] Elektrische und magnetische Felder im Alltag - Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 103. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 18. April 1991, Bundesanzeiger Nr. 144 vom 06. August 1991
- [17] Flächennutzungsplan München, link: <http://www.fnp-muenchen.de>, Stand: April 2022
- [18] Bebauungsplan mit Grünordnung Nr. 1707 der LHM, Kirchen-, Spicheren-, Orelans-, Balan-, Rabi-, Franziskaner-, Stein-, Keller-, Innere Wiener Straße, Sckell-, Max-Plank-, und Schlossstraße, Stand: 14.06.1996
- [19] Bebauungsplan mit Grünordnung Nr. 1878 der LHM, Orleans-, Spicheren-, Elsässer und Kirchenstraße, Stand: 29.09.2004
- [20] Gutachten über die Messung, Berechnung und Bewertung niederfrequenter und hochfrequenter elektromagnetischer Felder, TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Stand: 05.11.2008
- [21] Lageplan, Städtebaulicher Entwurf Orleanshöfe München, ARGE Teleinternetcafe Architektur und Urbanismus GmbH und Treibhaus Landschaftsarchitektur Hamburg, Stand 15.08.2023
- [22] Hentschel K. et al., Schienengebundene Transportsysteme Teil 2 (Untersuchungsbericht), Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin 1998
- [23] EMV-Gutachten, 2. S-Bahn-Stammstrecke München, PFS 3 Ost, Möhler + Partner Ing. AG, Bericht Nr. 710-5666-EM, Juni 2021
- [24] Lageplan BV Orleanshöfe München (mit Verlauf der Gleise der 2. S-Bahn-Stammstrecke), ILF Consulting Engineers, Vorabzug vom 11.04.2022
- [25] Entwurf Bebauungsplan Nr. 1956a, Dragomir Stadtplanung, übermittelt durch Höcker Project Managers GmbH am 17.08.2023
- [26] Überlagerungsplan Biotopverbund – Anlagen DB, LH München, Bebauungsplan Nr. 1956a „Orleanshöfe“, Dragomir Stadtplanung, 27.01.2023

Zusammenfassung:

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Einwirkungen durch elektrische und magnetische Felder ausgehend von den Gleisanlagen des Münchner Ostbahnhofes und der Straßenbahnlinie 19 auf der Orleansstraße/Berg-am-Laim-Straße auf das Plangebiet „Orleanshöfe“ in der Landeshauptstadt München, gemessen und untersucht. Dabei wurden auch die Planungen zur 2. -Bahn-Stammstrecke berücksichtigt.

Die Untersuchung kommt zu folgendem Ergebnis:

Die gesetzlichen Grenzwerte der 26. BImSchV werden im Plangebiet zuverlässig eingehalten. Damit ist der Schutz der Allgemeinheit vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch elektrische und magnetische Felder sichergestellt.

Es wird empfohlen, Aufenthaltsbereiche für Kinder (Kindertagesstätten mit Freibereichen und Kinderzimmer von Wohnungen) in den Innenhof bzw. abgewandt von den Plangebietsgrenzen zu situieren.

Festsetzungen im Bebauungsplan sind nicht erforderlich. Für die Begründung wurden Textvorschläge unterbreitet.

1. Aufgabenstellung

Die Orleanshöfe GmbH & Co. KG plant die städtebauliche Entwicklung von Wohn- und Gewerbebebauungen (Büro, Verwaltung, Dienstleistung, Einzelhandel, Hotel) mit ergänzenden sozialen Infrastruktureinrichtungen (z.B. Kindertagesstätten) zwischen dem Ostbahnhof, der Orleanstraße und der Berg-am-Laim-Straße in München im Rahmen eines Bebauungsplanverfahrens. Aufgrund der Nähe zur Bahntrasse und Orleansstraße können relevante Immissionen aus elektrischen und magnetischen Feldern nicht ausgeschlossen werden.

Durch unser Büro wurden bereits immissionstechnische Voruntersuchungen durchgeführt (die Verkehrs- und Anlagenlärmsituation sowie die Situation bzgl. Erschütterungen und elektromagnetischer Felder wurden dargestellt und beurteilt) und ein städtebaulicher Wettbewerb begleitet.

Die vorhandene EMF-Untersuchung hat den Stand Februar 2014 und ist an die aktuellen Rahmenbedingungen, insbesondere bzgl. der 2. S-Bahn-Stammstrecke, anzupassen. Zudem sollen die sog. Vorsorgewerte für die magnetische Flussdichte von $B = 1,0$ bzw. $0,4 \mu\text{T}$ diskutiert werden und Empfehlungen für Aufenthaltsbereich von Kindern erarbeitet werden. Hierzu wurde eine erneute Messung der elektrischen und magnetischen Felder zur Ermittlung der aktuellen Dauerbelastung am Standort durchgeführt. Für die Bewertung der DB-Bahnstromanlagen sind weiterhin die Berichte der Deutschen Bahn zu elektrischen und magnetischen Feldern bei Standard-Oberleitungsanlagen unter Berücksichtigung der höchsten betrieblichen Auslastung zu beachten. Für das Bauleitplanverfahren sind die auf das Planungsgebiet einwirkenden Immissionen von elektrischen und magnetischen Feldern nach den einschlägigen Richtlinien zu beurteilen. Auf Basis der Untersuchungsergebnisse sind notwendige textliche Formulierungen zum Immissionsschutz für den Bebauungsplan (Satzung und Begründung) auszuarbeiten.

Mit der Durchführung der Untersuchung wurde die Möhler + Partner Ingenieure AG mit Schreiben vom 29.07.2021 von der Orleanshöfe GmbH & Co. KG beauftragt.

2. Örtliche Gegebenheiten

Das Plangebiet befindet sich zwischen den südöstlich verlaufenden Gleisanlagen des Münchener Ostbahnhofs, der nordwestlich verlaufenden Orleansstraße und Berg-am-Laim-Straße im Nordosten. Für das Gebiet existiert kein Bebauungsplan; im Flächennutzungsplan [17] ist es überwiegend als Bahnfläche und im nördlichen Teil als Gemeinbedarfsfläche Verwaltung dargestellt. Auf der gegenüberliegenden Seite der Orleansstraße befindet sich im Geltungsbereich des B-Plans Nr. 1707 [18] ein allgemeines Wohngebiet (WA) und im Geltungsbereich des B-Plans Nr. 1878 [19] ein Kerngebiet (MK) mit einer Hotelnutzung.

Die Bahnlinie verläuft im Bereich des Plangebietes von Südwesten nach Nordosten und ist auf Höhe des Plangebietes 24-gleisig ausgebaut. Im Regelbetrieb werden die nächstgelegenen 4 Gleise vom S-Bahnverkehr genutzt und die übrigen Gleise fungieren als Durchgangsgleise für den Personenfernverkehr (IC, EC, ICE), Nahverkehr (RE, SE) und den Güterverkehr. Sämtliche Gleiskörper werden mit je einer konventionellen 15 kV \sim , 16 2/3 Hertz Oberleitung gespeist; zusätzliche Versor-

gungsleitungen sind nicht vorhanden. Entlang der westlichen Plangebietsgrenze an der Orleanstraße verläuft die Straßenbahnlinie 19 mit Gleichstrom.



Im vorliegenden Fall konnten im Rahmen einer Ortsbesichtigung und nach Einsicht in die EMF-Datenbank [14] keine weiteren relevanten Niederfrequenz- (Frequenzen bis 9 Kilohertz) und Hochfrequenzanlagen (Frequenzen zwischen 9 Kilohertz und 10 Megahertz) im Bereich des Plangebietes und im Umfeld des Plangebietes festgestellt werden. Mobilfunk (z.B. Sendeantennen in der Kirchstraße 94, Orleanstraße 52) wird in Deutschland in Frequenzbereichen oberhalb von 10 MHz betrieben und ist daher für eine Summenwirkung mit Niederfrequenzanlagen gemäß Anhang 1a der 26. BImSchV [1] nicht zu berücksichtigen. Da die Messungen zudem frequenzunabhängig erfolgten, kann davon ausgegangen werden, dass die Summenwirkung elektrischer und magnetischer Felder ermittelt wurde. Weiterhin sind die Sicherheitsabstände zu ggf. anderen Quellen (sonstige Funkanlagen) so gering, dass Konflikte nicht zu erwarten sind (siehe Datenbank der Bundesnetzagentur [14]).

3. Grundlagen

3.1 Elektrische und magnetische Felder aus Schienenverkehr

In der Umgebung von elektrifizierten Schienenverkehrswegen (Nah- und Fernverkehr) entstehen durch die Versorgungssysteme unterschiedliche elektrische und magnetische Felder. Die in Deutschland vorwiegend verwendeten Versorgungssysteme sind:

- Einphasen-Wechselstrom (16 $\frac{2}{3}$ Hz / 15 kV) für den Fernverkehr und S-Bahnen (ausgenommen S-Bahn Hamburg und Berlin) der Deutschen Bahn sowie
- der als internationaler Standard festgesetzte Gleichstrom bei 750 V für U-Bahnen und Straßenbahnen [22].

Im Hinblick auf den Verkehr in München gliedert sich das Versorgungssystem wie folgt:

- Fernverkehr (ICE, IC, RE, etc.), Einphasen-Wechselstrom 16 $\frac{2}{3}$ Hz / 15 kV über Oberleitung
- Nahverkehr (Straßenbahn), Gleichstrom 750 V über Oberleitung

Gemessene Gleichfelder sind dem natürlichen (lokalen) Erdmagnetfeld überlagert. Messungen erfolgen daher unter Berücksichtigung des Erdmagnetfeldes.

3.2 Einwirkungen elektrischer und magnetischer Felder auf Menschen

Grundlage für die Beurteilung der Einwirkung elektrischer und magnetischer Felder auf Menschen ist die „Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes“ (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV [1]). Mit Beschluss der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz in seiner 128. Sitzung wurden im Jahr 2014 die Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder [12] zur aktuellen Fassung der 26. BImSchV (Novellierung vom 22. August 2013) überarbeitet. Die darin enthaltenen Erläuterungen und Empfehlungen sollen die Verfahrensweise des Vollzugs der 26. BImSchV möglichst bundesweit vereinheitlichen. Nach 26. BImSchV gilt:

„(1) Diese Verordnung gilt für die Errichtung und den Betrieb von Hochfrequenzanlagen, Niederfrequenzanlagen und Gleichstromanlagen nach Absatz 2. Sie enthält Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder. Die Verordnung berücksichtigt nicht die Wirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf elektrisch oder elektronisch betriebene Implantate.“

(2) Im Sinne dieser Verordnung sind:

1. Hochfrequenzanlagen:

...

2. Niederfrequenzanlagen:

ortsfeste Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität mit einer Nennspannung von 1000 Volt oder mehr, einschließlich Bahnstromfern- und Bahnstromoberleitungen und sonstiger vergleichbarer Anlagen im Frequenzbereich von 1 Hertz bis 9 Kilohertz,

3. Gleichstromanlagen:

ortsfeste Anlagen zur Fortleitung, Umspannung und Umrichtung, einschließlich der Schaltfelder, von Gleichstrom mit einer Nennspannung von 2 000 Volt oder mehr.“

Die Grenzwerte der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte sind in §3, §3a und dem dazugehörigen Anhang 1a festgelegt:

„§3 Niederfrequenzanlagen

(1) Zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen sind Niederfrequenzanlagen, die vor dem 22. August 2013 errichtet worden sind, so zu betreiben, dass sie in ihrem Einwirkungsbereich an Orten, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung die im Anhang 1a genannten Grenzwerte nicht überschreiten, wobei Niederfrequenzanlagen mit einer Frequenz von 50 Hertz die Hälfte des in Anhang 1a genannten Grenzwertes der magnetischen Flussdichte nicht überschreiten dürfen. Dabei bleiben, soweit nicht im Einzelfall hinreichende Anhaltspunkte für insbesondere durch Berührungsspannungen hervorgerufene Belästigungen bestehen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer für die Nachbarschaft unzumutbar sind, außer Betracht

- 1. kurzzeitige Überschreitungen der Grenzwerte nach Satz 1 in Verbindung mit Anhang 1a um nicht mehr als 100 Prozent mit einer Dauer von nicht mehr als 5 Prozent eines Beurteilungszeitraumes von einem Tag und*
- 2. kleinräumige Überschreitungen der Grenzwerte der elektrischen Feldstärke nach Satz 1 in Verbindung mit Anhang 1a um nicht mehr als 100 Prozent außerhalb von Gebäuden.*

(2) Zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen sind Niederfrequenzanlagen, die nach dem 22. August 2013 errichtet werden, so zu errichten und zu betreiben, dass sie bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung in ihrem Einwirkungsbereich an Orten, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, die im Anhang 1a genannten Grenzwerte nicht überschreiten, wobei Niederfrequenzanlagen mit einer Frequenz von 50 Hertz die Hälfte des in Anhang 1a genannten Grenzwertes der magnetischen Flussdichte nicht überschreiten dürfen. Bestehende Genehmigungen und Planfeststellungsbeschlüsse bleiben unberührt.

(3) Bei der Ermittlung der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte nach Absatz 1 und Absatz 2 sind alle Immissionen zu berücksichtigen, die durch andere Niederfrequenzanlagen sowie durch ortsfeste Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 Kilohertz und 10 Megahertz, die einer Standortbescheinigung nach §§ 4 und 5 der Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder bedürfen, gemäß Anhang 2a entstehen.

(4) Wirkungen wie Funkenentladungen auch zwischen Personen und leitfähigen Objekten sind zu vermeiden, wenn sie zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können.

§3a Gleichstromanlagen

Zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen sind Gleichstromanlagen so zu errichten und zu betreiben, dass in ihrem Einwirkungsbereich an Orten, die zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung

- 1. der in Anhang 1a genannte Grenzwert der magnetischen Flussdichte nicht überschritten wird, sowie*
- 2. Wirkungen wie Funkenentladungen auch zwischen Personen und leitfähigen Objekten, die zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können, vermieden werden.*

Dabei sind alle relevanten Immissionen zu berücksichtigen.“

Folgende Tabelle zeigt die maßgebenden Grenzwerte für Gleichstrom- und Niederfrequenzanlagen gemäß Anhang 1a der 26. BImSchV [1]:

| Anhang 1a (zu §3): Grenzwerte für Niederfrequenzanlagen (auszugsweise) | | |
|--|--|--|
| Frequenz (f) in Hertz (Hz) | Grenzwerte | |
| | Elektrische Feldstärke in Kilovolt pro Meter (kV/m) (effektiv) | Magnetische Flussdichte in Mikrottesla (µT) (effektiv) |
| 0 | - | 500 |
| 1 - 8 | 5 | 40 000/f ² |
| 8 - 25 | 5 | 5 000/f |
| 25 - 50 | 5 | 200 |
| 50 - 400 | 250/f | 200 |
| 400 - 3 000 | 250/f | 80 000/f |
| 3 000 - 10 000 000 | 0,083 | 27 |

¹⁾ Grenzwert der magn. Flussdichte für Niederfrequenzanlagen mit einer Frequenz von 50 Hz: $B = 200/2 = 100 \mu\text{T}$

Nach Anhang 2a der 26. BImSchV [1] müssen die Immissionsbeiträge der elektrischen und magnetischen Felder aller Niederfrequenzanlagen und von Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 kHz und 10 MHz folgende Bedingungen erfüllen:

$$\sum_{1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{I_{E,i}}{G_{E,i}} \leq 1 \quad \text{und} \quad \sum_{1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{I_{M,i}}{G_{M,i}} \leq 1$$

$I_{E,i}$ = Immissionsbeitrag des elektrischen Feldes bei der Frequenz i im Bereich von 1 Hz bis 10 MHz

$I_{M,i}$ = Immissionsbeitrag des magnetischen Feldes bei der Frequenz i im Bereich von 1 Hz bis 10 MHz

$G_{E,i}$ = Grenzwert der elektrischen Feldstärke bei der Frequenz i im Bereich von 1 Hz bis 10 MHz

$G_{M,i}$ = Grenzwert der magnetischen Flussdichte bei der Frequenz i im Bereich von 1 Hz bis 10 MHz

Die Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit [4] hat in den Unfallverhütungsvorschriften (UVV) für elektromagnetische Felder für eine dauerhafte Exposition (Expositionsbereich 2) folgende höchstzulässigen Effektivwerte für die elektrische Feldstärke, sowie die magnetische Flussdichte definiert (Anwendung im Bereich des Arbeitsschutzes):

„...“

| Frequenzbereich f / Hz | Effektivwert der elektrischen Feldstärke [kV/m] | Effektivwert der magnetischen Flussdichte [mT] ⁽¹⁾ |
|---------------------------|--|--|
| 0 - 1 | 20 | 21,22 |
| 1 - 16,67 | 20 | 21,22/f |
| 16,67 - 1 000 | 333,3/f | 21,22/f |
| 1 000 - 29000 | 333,3 * 10 ⁻³ | 21,22 * 10 ⁻³ |

⁽¹⁾ Über Flächenelemente von 100 cm² zu mitteln.

Die in der UVV [4] enthaltenen Grenzwerte liegen sowohl für das elektrische Feld als auch für die magnetische Flussdichte deutlich über den Grenzwerten der 26. BImSchV [1].

Informativ: EMF-II Studie

Die Festlegung der Grenzwerte der 26. BImSchV [1] erfolgte auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse nationaler und internationaler Gremien, wie z. B. die Strahlenschutzkommission (SSK), die International Agency für Research on Cancer (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und die Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierenden Strahlen (ICNIRP).

Nach einer Veröffentlichung der Strahlenschutzkommission (SSK) [2] zeigt außerhalb der gesetzlich verbindlichen Maßgaben der 26. BImSchV eine Studie der Uni Mainz (EMF-II Studie [6]) einen Zusammenhang zwischen niederfrequenten Magnetfeldern und dem Risiko von Kinderleukämie-Erkrankungen. Ein Zusammenhang (Assoziation) zur Leukämie bei Kindern zeigt sich darin bei einer mittleren Dauerexposition der magnetischen Flussdichte von mehr als 0,3 bis 0,4 μT . Auch die IARC hat 2002 niederfrequente Felder aufgrund der epidemiologischen Beobachtungen als „möglicherweise kanzerogen“ eingestuft.

Im Zuge der Novellierung der 26. BImSchV wurde ein Hintergrundpapier des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zu den Grenzwerten im Bereich niederfrequenten Felder [7] erstellt. Dieses führt zu den NF-Wechselfeldern auf, dass epidemiologische Studien keinen kausalen Zusammenhang zeigen und dass experimentelle Studien ein krebsauslösendes oder krebsförderndes Potenzial von Magnetfeldern bis heute nicht bestätigen konnten.

4. Vorgehensweise

Nach 26. BImSchV [1] sind die elektrischen und magnetischen Felder bei höchster betrieblicher Auslastung zu beurteilen. Die elektrischen Feldstärken und magnetische Flussdichte können durch Messung und/oder Berechnung ermittelt werden. Bei der Berechnung ist mit zahlreichen Unsicherheiten zu rechnen, da die Emissions- und Ausbreitungsbedingungen in Abhängigkeit von den Lastzuständen und Umgebungsbedingungen Schwankungen unterliegen. Häufig werden deshalb Kombinationen aus beiden Ermittlungsverfahren angewendet, bei denen die gemessenen Feldstärken und Flussdichte hochgerechnet werden und damit die Berechnungsmodelle abgeglichen werden.

Für die Projektfläche wurde vom TÜV im Jahr 2008 eine Untersuchung durchgeführt [20] und nach 26. BImSchV beurteilt. Im Bereich der LH München galten damals im Rahmen der städtebaulichen Entwicklungen neben den gesetzlichen Mindestanforderungen der 26. BImSchV besondere Grenzwerte für das niederfrequente Magnetfeld, der sog. Vorsorgewert von 0,4 μT . Im Zuge der Novellierung der 26. BImSchV [1] im Jahr 2013 stellt die erneuerte 26. BImSchV die derzeit rechtsverbindliche Beurteilungsvorschrift in der LH München dar. Der sog. „Vorsorgewert“ der LH München von 0,4 μT ist nicht mehr anzuwenden. Seitens des RGU der LH München wird jedoch im Rahmen der Bebauungsplanung empfohlen, die gesetzlichen Grenzwerte deutlich zu unterschreiten.

Für die vorliegende Untersuchung wurden die Flussdichte und Feldstärken des Bahnbetriebes und die magnetische Flussdichte der Straßenbahnlinie 19 sowohl im Jahr 2013 als auch aktuell gemessen. Aufgrund des langen Planungszeitraums wurden aktuelle zusätzliche Messungen durchgeführt und die vorhandenen Messwerte ergänzt und aktualisiert.

Im vorliegenden Fall konnten im Rahmen von Ortsbesichtigungen keine weiteren relevanten Niederfrequenzanlagen im Umfeld des Plangebietes festgestellt werden. Des Weiteren wurde die 2. Stammstrecke und in unmittelbarer Nähe des Plangebietes situierte Hochfrequenzantennen rechnerisch in der Prognose berücksichtigt.

5. Messung elektrischer und magnetischer Felder

5.1 Messdurchführung und Messbedingungen

Im Gegensatz zu den Netzen der öffentlichen Stromversorgung (50 Hz) unterliegt die Stärke der Magnetfelder an Bahnstrecken (16 2/3 Hz) einer erheblichen zeitlichen und örtlichen Schwankungsbreite. Je nach Versorgungsabschnitten der Oberleitung sowie Parametern der Stromaufnahme (z.B. Beschleunigung der Antriebsmaschine) verhalten sich die hervorgerufenen Magnetfelder instationär und anisotrop. Im Gegensatz dazu ist das elektrische Feld von Bahnstrecken unmittelbar von der Versorgungsspannung abhängig und deshalb weitestgehend stationär.

Für die aktuelle Messung der Gesamtimmission durch Wechselfelder (DB-Gleisanlagen) am 25.10.2021 wurden die Messdaten nicht frequenzselektiv (kein Bandpass bei 16 2/3 Hz) im Frequenzbereich von 5 Hz bis 400 kHz erfasst, so dass ggf. auch Fremdfelder in die Messungen eingeflossen sind (wenngleich während der Messungen keine weiteren Quellen elektrischer und magnetischer Wechselfelder festgestellt werden konnten). Die Messung von 2013 wurde frequenzselektiv (Bandpass mit 16 2/3 Hz) durchgeführt. Während der Messungen konnten keine weiteren Quellen elektrischer und magnetischer Wechselfelder festgestellt werden. Die Messungen erfolgten entsprechend DIN VDE 0848 Teil 1 [3] bzw. DIN EN 50413 [13].

Das zu messende Feld von Straßenbahnoberleitungen ist dem natürlichen (lokalen) Erdmagnetfeld am Standort überlagert. Die Messungen erfolgten daher unter Berücksichtigung des Erdmagnetfeldes.

Die Erfassung eines repräsentativen Betriebszustandes der Bahnstromoberleitungen konnte durch die Messdauer von ca. 20 Minuten bis 1 Stunde je Messpunkt an einem Werktag sichergestellt werden. Während der werktäglichen Messung war eine übliche Auslastung auf der Bahnstrecke mit Nah-/Fern- und Güterverkehr sowie der Straßenbahn feststellbar, so dass jeweils mehrere Vorbeifahrten in die Messungen eingeflossen sind.

5.2 Messorte und Messzeit

Innerhalb des Plangebietes wurde an ausgewählten Messpunkten in verschiedenen Abständen zur Bahnstrecke gemessen. Die genaue Lage der Messpunkte ist in den Lageplänen in Anlage 1 dargestellt. Die Höhe der Messpunkte beträgt jeweils etwa 1,5 m über Gelände. Gemessen wurde am Donnerstag, den 21. November 2013 in der Zeit von 10:00 Uhr bis 14:00 Uhr sowie am Montag, den 25. Oktober 2021 in der Zeit von 10:00 Uhr bis 17 Uhr unter folgenden Witterungsverhältnissen:

| Messzeit | Temperatur | Rel. Luftfeuchtigkeit | Witterung |
|------------|------------|-----------------------|-----------------|
| 25.10.2021 | 10-13 °C | ca. 0,8 | Sonnig, trocken |
| 21.11.2013 | ca. 3 °C | ca. 0,9 | Sonnig, trocken |

Für die messtechnische Ermittlung von Isolinien der magnetischen Flussdichte wurde ein sog. Messquerschnitt aus allen Messwerten mit unterschiedlichen orthogonalen Abständen zur Bahntrasse bzw. zur Straßenbahn ermittelt. An den Messquerschnitten wurden anschließend Verlaufsfunktionen der Feldstärken durch Regressionsfunktionen ermittelt, sog. Abklingfunktionen. Auf Basis der gemessenen Abklingfunktionen können die Zahlenwerte der Feldgrößen an zusätzlichen Einzelmesspunkten (Verdichtungsstützpunkte) abgeglichen und der Verlauf der Isolinie bestimmt werden. Der zu erwartende physikalische Abstandszusammenhang für das Abklingverhalten des 1-Leitersystems von Bahnlinien ist proportional dem Abstand, d.h. $B \sim 1/r$.

5.3 Messgeräte

Die Messung am 25.10.2021 wurde mit folgenden Messgeräten durchgeführt:

- 3D H/E Fieldmeter, Elektro- und Magnetfeldmessgerät mit Sensor „ESM-100“ von Maschek Elektronik, Serien-Nr. 972319, normkonforme Messungen nach VDE 0848, BGV B11, EN 50366 etc., kalibriert am 09.07.2014 in Bad Wörishofen (ISO/IEC 17025:2005)
- 3D Feldmeter FM10 mit Magnetostatiksonde BS13 zur Messung magnetischer Gleichfelder von [REDACTED], Messbereich $\pm 100 \mu\text{T}$

Die Messung am 21.11.2013 wurde mit folgenden Messgeräten durchgeführt:

- Frequenzselektives Messsystem UMS 4 von [REDACTED], nach DIN VDE 0848-1, ICNIRP, BGV B11, kalibriert am 13.03.2006, Serien- Nr. 421001
- Isotroper Sensor für magnetische Wechselfelder MAG 3 von [REDACTED], Spulenfläche 100 cm^2 mit Effektivgleichrichtung (TrueRMS) nach DIN 0848 (entsprechend BImSchG und BGR) und TCO
- Anisotroper Sensor für elektrische und magnetische Wechselfelder ME 2 von [REDACTED], mit Effektivgleichrichtung (TrueRMS) für orientierende Messungen nach DIN 0848
- anisotroper Sensor für magnetische Gleichfelder SMAG von [REDACTED], Serien-Nr. 00041005

5.4 Messergebnisse

5.4.1 DB-Gleisanlagen

In folgender Tabelle sind die gemessenen Effektivwerte als arithmetische Mittelwerte und Spitzenwerte der Elektrischen Feldstärke E [kV/m] und der Magnetischen Flussdichte B [μ T] zusammengestellt.

| Tabelle 1: Messergebnisse der elektr. und magnetischen Felder –Wechselfelder | | | | | | | | |
|---|-------------------------|------------|---------------------------------|-------------|--------------------------------------|-------------|---------------------------------|--------------|
| Messdatum | Messpunkt / Abstand [m] | | Elektrische Feldstärke E [kV/m] | | Magnetische Flussdichte B [μ T] | | Grenzwerte nach 26. BImSchV [1] | |
| | | | Mittel | Spitze | Mittel | Spitze | E [kV/m] | B [μ T] |
| 21.11.13 | MP 1 | 5 m | 0,34 | 0,38 | 3,20 | 9,10 | 5 | 300 |
| | MP 2 | 41 m | 0,11 | 0,12 | 0,59 | 1,50 | 5 | 300 |
| | MP 3 | 77 m | 0,01 | 0,01 | 0,51 | 1,30 | 5 | 300 |
| | MP 4 | 4 m | 0,69 | 0,76 | 5,00 | 16,3 | 5 | 300 |
| | MP 5 | 70 m | 0,01 | 0,00 | 0,50 | 1,18 | 5 | 300 |
| | MP 6 | 13 m | 0,02 | 0,02 | 2,79 | 6,61 | 5 | 300 |
| | MP 7 | 60 m | 0,01 | 0,00 | 0,72 | 1,69 | 5 | 300 |
| 25.10.21 | MP a ¹ | 4 m | 0,67 | 0,72 | 3,47 | 7,45 | 5 | 300 |
| | MP b | 25 m | 0,39 | 0,39 | 1,53 | 3,00 | 5 | 300 |
| | MP c | 46 m | 0,29 | 0,29 | 0,90 | 1,68 | 5 | 300 |
| | MP d ² | 70 m | 0,13 | 0,25 | 0,80 | 1,40 | 5 | 300 |
| | MP e ³ | 13 m | 0,03 | 0,04 | 0,92 | 1,88 | 5 | 300 |
| | MP f ⁴ | 60 m | 0,26 | 0,31 | 3,30 | 6,66 | 5 | 300 |

Hinweis: Der genannte Bezugsabstand bezieht sich auf die Bahnstromoberleitung der am nächsten gelegenen Gleisachse.

¹ entspricht MP 4; ² entspricht MP 5; ³ entspricht MP 6; ⁴ entspricht MP 7 der Messung vom 21.11.2013

Fett: Höchste Belastung im Plangebiet

5.4.2 Straßenbahn

In folgender Tabelle 2 sind die gemessenen Effektivwerte der Magnetischen Flussdichte B [μT] der Straßenbahnoberleitung als arithmetische Mittelwerte und die maximalen Effektivwerte der Flussdichte B_{max} [μT] zusammengestellt:

| Tabelle 2: Messergebnisse der elektr. und magnetischen Felder – Gleichfelder | | | | | |
|---|---------------------------------------|-------------|---|-------------|-------------------------------------|
| Messdatum | Messpunkt / Abstand zu Oberleitung | | Magnetische Flussdichte B [μT] | | Grenzwerte B [μT] |
| | | | Arithm. Mittel | Spitze | |
| 21.11.2013 | MP 2 | 50 m | 0,07 | 0,19 | 500 |
| | MP 3 | 13 m | 0,12 | 0,51 | 500 |
| | MP 5 | 16 m | 0,12 | 0,50 | 500 |
| | MP 6 | 19 m | 0,13 | 0,49 | 500 |
| | MP 7 | 15 m | 0,20 | 0,55 | 500 |
| 25.10.2021 | MP a ¹ | 16 m | 0,10 | 0,44 | 500 |
| | MP b | 37 m | 0,13 | 0,68 | 500 |
| | MP c | 58 m | 0,21 | 1,13 | 500 |
| | MP d | 79 m | 0,42 | 3,17 | 500 |
| | MP e ² | 19 m | 0,25 | 2,75 | 500 |
| | MP f ³ | 15 m | 0,40 | 2,08 | 500 |

¹ entspricht MP 5; ² entspricht MP 6; ³ entspricht MP 7 der Messung vom 21.11.2013

Fett: Höchste Belastung im Plangebiet

6. Beurteilung elektrischer und magnetischer Felder

6.1 Straßenbahn

6.1.1 Messung vom 21.11.2013

Die im Plangebiet höchsten gemessenen magnetischen Flussdichten betragen bis zu 0,1% (mittleren Effektivwerte der Schwankung) bzw. 0,2% (Spitzenwert) des Grenzwertes der 26. BImSchV [1]. Die Ergebnisse zeigen den Einfluss des magnetischen Gleichfeldes der Straßenbahn in Abhängigkeit von der Entfernung: Im Nahbereich mit einem Abstand der Messpunkte zur Mitte des nächstgelegenen Straßenbahngleises von bis zu 20 m sind Schwankungen um das Erdmagnetfeld aufgrund des Straßenbahnbetriebes erkennbar; die Schwankungen des Gleichfeldes betragen im Mittel bis zu ca. 0,2 μT (MP 7). Mit zunehmendem Abstand nehmen die Schwankungen ab, sodass in einem Abstand von 50 m (Referenzmessung) eine mittlere Abweichung des Mittelwertes von 0,07 μT gemessen wurde.

Wenngleich der aus der EMF-II Studie der Uni Mainz [6] entwickelte Wert ($B = 0,4 \mu\text{T}$) für 50 Hz Wechselfelder der magnetischen Flussdichte gilt und die Ergebnisse nicht ohne Weiteres auf magnetische Gleichfelder übertragen werden können, zeigt sich auf Basis der Abklingfunktion, dass

dieser Wert ab einem Abstand von etwa 5 m zur nächstgelegenen Gleisachse der Straßenbahn eingehalten wird. Im vorliegenden Fall befinden sich die Baufelder in einem Abstand von mehr als 5m zur nächstgelegenen Gleisachse der Straßenbahn.

6.1.2 Messung vom 25.10.2021

Die Messergebnisse vom 21.11.2013 werden in etwa bestätigt.

6.2 DB-Gleisanlagen

6.2.1 Messung vom 21.11.2013

Die höchsten gemessenen elektrischen Feldstärken betragen bis zu 13,8 % (mittlerer Effektivwert) bzw. 15,2 % (Spitzenwerte der Effektivwerte), die höchsten magnetischen Flussdichten bis zu 1,7 % (mittlere Effektivwerte) bzw. 5,4 % (Spitzenwerte der Effektivwerte) des Grenzwertes der 26. BIm-SchV [1]. Die seitens ihrer Zahlenwerte höheren Grenzwerte der UVV [4] werden damit ebenfalls deutlich unterschritten. Damit ist der Schutz der Allgemeinheit vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch elektrische und magnetische Felder sichergestellt. Informativ zeigt sich, dass der Wert der EMF-II Studie von $B = 0,4 \mu\text{T}$ im gesamten Plangebiet und die magnetische Flussdichte von $B = 1,0 \mu\text{T}$ in einem Abstand von ca. 30 m zur nächstgelegenen Bahnlinie (siehe Anlage 3) überschritten wird.

6.2.2 Messung vom 25.10.2021

Die höchsten gemessenen elektrischen Feldstärken betragen bis zu 13,4 % (mittlerer Effektivwert) bzw. 14,4 % (Spitzenwerte der Effektivwerte), die höchsten magnetischen Flussdichten bis zu 1,2 % (mittlere Effektivwerte) bzw. 2,5 % (Spitzenwerte der Effektivwerte) des Grenzwertes der 26. BIm-SchV [1]. Die seitens ihrer Zahlenwerte höheren Grenzwerte der UVV [4] werden damit ebenfalls deutlich unterschritten. Damit ist auch auf Basis der aktuellen Messungen der Schutz der Allgemeinheit vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch elektrische und magnetische Felder sichergestellt. Informativ zeigt sich, dass der Wert der EMF-II Studie von $B = 0,4 \mu\text{T}$ im gesamten Plangebiet und die magnetische Flussdichte von $B = 1,0 \mu\text{T}$ in einem Abstand von ca. 35 m zur nächstgelegenen Bahnlinie (siehe Anlage 3) überschritten wird.

6.2.3 Berücksichtigung der höchsten betrieblichen Auslastung

Zur Berücksichtigung der höchsten betrieblichen Auslastung gemäß II.3.3 der LAI-Hinweise [12] werden (unabhängig von den Messergebnissen) beim Verkehr der Deutschen Bahn die Berichte der DB Systemtechnik zu elektrischen und magnetischen Feldern bei Standard-Oberleitungsanlagen ([9], [10], [11]) herangezogen. Die Angaben beziehen sich auf den maximalen betrieblichen Dauerstrom und den maßgeblichen Immissionsort nach II.3.1 der LAI-Hinweise [12].

Der genaue Oberleitungsaufbau am Ostbahnhof ist aufgrund der Vielzahl der Gleise nicht bekannt. Den Berichten kann für eine 6-gleisige Strecke mit äußeren Versorgungsleitungen (N4GL6SL) die höchste Belastung mit einer magnetischen Flussdichte von bis zu $B = 69,0 \mu\text{T}$ ($\cong 23,0$ % Grenzwert-

tausschöpfung; Abstand 17,2 m zur Mitte des nächstgelegenen elektrifizierten Gleises) entnommen werden. Im vorliegenden Fall wird der kürzeste Abstand der geplanten Baufelder zur nächstgelegenen Ober- bzw. Versorgungsleitung ca. 12 m betragen, so dass auch bei einer theoretischen worst-case-Betrachtung der Schutz der Allgemeinheit vor elektrischen und magnetischen Feldern der Bahnstromanlagen sichergestellt ist.

Die o.g. Grenzwertausschöpfungen treten nur bei einem Zustand der Oberleitungen mit theoretisch möglichen, maximalen Dauerstromfluss auf. In einer Dauerexposition treten deutlich niedrigere Werte auf (vgl. Messergebnisse).

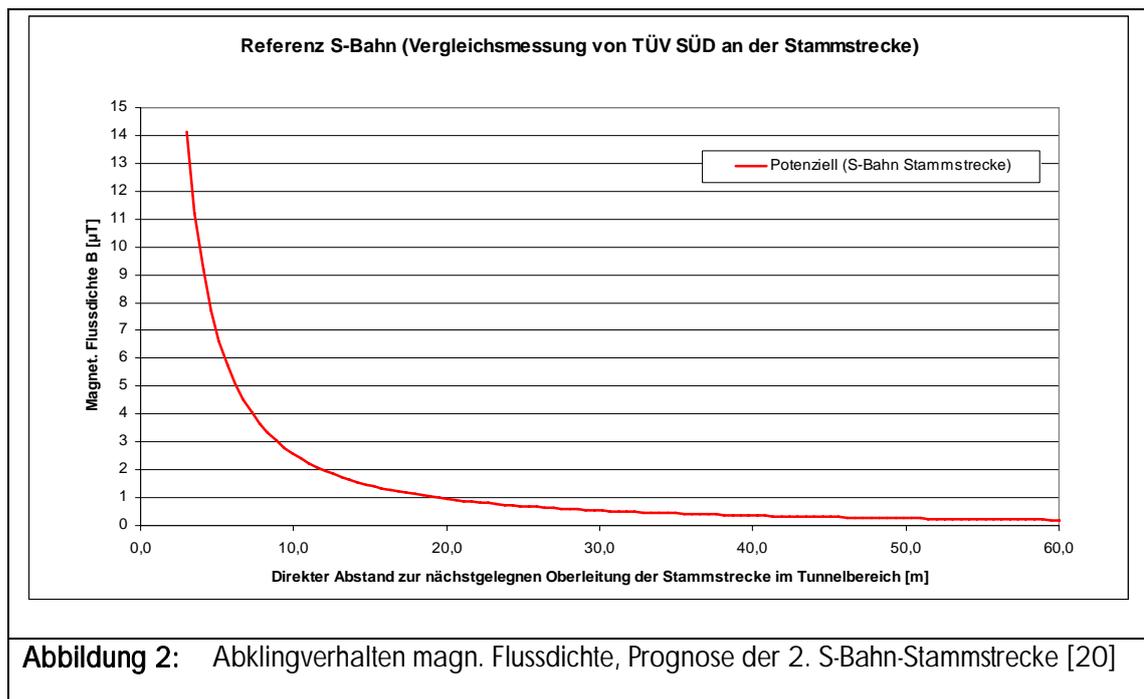
6.2.4 Berücksichtigung der künftigen Einwirkungen der 2. S-Bahn-Stammstrecke

Das Plangebiet ist von der Planung der zweiten S-Bahn-Stammstrecke betroffen. Die Gleise verlaufen – nach derzeitigem Planungsstand – unmittelbar unterhalb des Plangebietes. Die Tunnelportale der 2. Stammstrecke befinden sich östlich der Berg-am-Laim Straße. Im Rahmen der Planfeststellung wurde ein EMV-Gutachten erstellt [23], wonach das Minimierungsgebot zur Vorsorge nach 26. BImSchVV umgesetzt wird und keinerlei Bedenken gegen die niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldstärken aus den geplanten Bahnstromanlagen bestehen.

Die elektrische Feldstärke spielt bei einer Übertragung im Erdreich keine Rolle und wurde daher vernachlässigt. Zu niederfrequenten magnetischen Flussdichten für das EMV-Gutachten zur 2. S-Bahn-Stammstrecke aus [23]:

„Bei einem theoretisierenden Ansatz betragen die maximalen Feldstärken einer zweigleisigen S-Bahnstrecke mit einem konventionellen 16,7 Hz - 15kV-Versorgungssystem (Fahrdrabt mit Schienenerdung ohne separate Rück- oder Verstärkungsleitung) in einem Abstand von 10 m zur Trassenmitte (Aufpunkthöhe 2 m über Schienenoberkante) bis zu 10 μ T (Effektivwert der magnetischen Flussdichte B). Bei frequenzselektiven Messungen an vergleichbaren S-Bahnstrecken im Bereich des Münchner Streckennetzes wurden in dem Abstand von 10 m tatsächlich mittlere Magnetische Flussdichten von nicht mehr als 1 μ T sowie kurzzeitige Spitzenwerte von bis zu 4 μ T aufgezeichnet. Die Referenzmessung am bestehenden S-Bahntunnel der Stammstrecke an der Orleansstraße/Rosenheimer Straße führte in einem Abstand von ca. 4 m oberhalb der Fahrleitung zu Flussdichten von bis zu 35 μ T. Der maßgebende Grenzwert der Magnetischen Flussdichte beträgt gemäß Anhang 1a der 26.BImSchV 300 μ T (Effektivwert). Damit beträgt der Immissionsbeitrag der Neubaustrecke in einem Abstand von 4 m zum Fahrdrabt nicht mehr als 12 % des Grenzwertes. Damit ist auch unter Berücksichtigung der vorhandenen Feldstärken (Vorbelastungen) sichergestellt, dass die Gesamtbelastung deutlich unterhalb der Grenzwerte liegt.“

Aus einem Gutachten des TÜV Süd aus dem Jahr 2008 [20] geht hervor, dass für die Prognose der neuen Stammstrecke, Referenzmessungen in unmittelbarer Nähe des untertunnelten Bereichs der alten Stammstrecke durchgeführt wurden. Für eine Prognose auf der sicheren Seite wird das ermittelte Abklingverhalten der bestehenden Stammstrecke (vgl. Abbildung 2) auf die 2. S-Bahn-Stammstrecke aus dem TÜV-Gutachten [20] übernommen; in nachfolgender Abbildung 2 ist die ermittelte Abklingfunktion der magnetischen Flussdichte für die Prognose der 2. S-Bahn-Stammstrecke dargestellt.



Aus den Planungsunterlagen der Strecke geht hervor, dass sich die Schienen im schlimmsten Fall in einer Tiefe von etwa 15 m unter der Oberfläche und somit die Oberleitungsanlagen ca. 10 m unter der Oberfläche befinden. Bei einem Abstand von 10 m kann entsprechend Abbildung 2 eine Zusatzbelastung von bis zu $B = 2,5 \mu\text{T}$ erwartet werden.

Aus dem Übersichtslageplan in Anlage 1 ist ersichtlich, dass sich der Messpunkt MP 6 bzw. MP e unmittelbar neben der Bahnanlage, unmittelbar neben der Straßenbahnlinie 19 und unmittelbar über der geplanten 2. S-Bahnstammstrecke in Tunnelnähe befindet und daher die Belastung durch elektrische und magnetische Felder an diesem Messpunkt den worst-case darstellt. An diesem Punkt ist auch die höchste Zusatzbelastung erwartet werden, da hier das Tunnelbauwerk der 2. S-Bahn-Stammstrecke den geringsten Abstand zur Planung aufweisen wird. Somit erfolgt die Ermittlung der Gesamtbelastung an diesem Immissionspunkt.

Nach dem Superpositionsprinzip beträgt die Summenbelastung der gemessenen Vorbelastung (Straßenbahn, DB-Gleisanlagen) und der prognostizierten Zusatzbelastung der künftigen S-Bahn-Stammstrecke $B \leq 6 \mu\text{T}$ (Dauerexposition). Somit werden bei einer Summenbetrachtung der NF-, HF- und auch GS-Felder die gesetzlichen Grenzwerte der 26. BImSchV zuverlässig eingehalten werden.

6.2.5 Zusammenfassung und Diskussion von Maßnahmen

Die Messungen und Prognosen zeigen, dass die gesetzlichen Anforderungen der 26. BImSchV [1] eingehalten werden. Damit ist der Schutz der Allgemeinheit vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch elektrische und magnetische Felder sichergestellt.

Es wird empfohlen, Aufenthaltsbereiche für Kinder (Kindertagesstätten mit Freibereichen und Kinderzimmer von Wohnungen) in den Innenhof bzw. abgewandt von den Plangebietsgrenzen zu situieren.

6.3 Sonstiges

6.3.1 Weitergehende Hinweise

Bei elektrischen Feldern können elektrisch leitende Materialien statisch aufgeladen werden. Wenn eine Person ein statisch geladenes Objekt berührt und eine Erdung herstellt, fließt ein Entladungsstrom, es entsteht eine sog. Funken- oder ggf. Bogenentladung, die als Stromschlag wahrgenommen wird. Nach Einschätzung der Strahlenschutzkommission können in elektrischen Feldern unter ungünstigen Umständen Elektrisierungen bereits bei Feldstärken von ca. $E = 0,5 \text{ kV/m}$ wahrgenommen werden. Eine Feldstärke von $E = 1 \text{ kV/m}$ wird von etwa 1 bis 3 % der Versuchspersonen infolge von Vibrationen der Körperhaare wahrgenommen („Kribbeln“). Das elektrische Feld kann durch eine Bebauung wirksam abgeschirmt werden.

Die Einhaltung der zulässigen Werte der 26. BImSchV stellt nicht grundsätzlich sicher, dass bspw. Beeinträchtigungen für besonders gefährdete Personen (z. B. Schwangere, Implantatträger [Herzschrittmacher]) bzw. Störungen elektrischer Verbraucher auftreten können. Dies ist im Einzelfall anhand der Exposition des Betroffenen und ggf. der Eigenschaften der Anlage zu beurteilen.

Im vorliegenden Fall konnten im Rahmen einer Ortsbesichtigung und nach Einsicht in die EMF-Datenbank [14] keine weiteren relevanten Niederfrequenz- und Hochfrequenzanlagen (Frequenzen zwischen 9 Kilohertz und 10 Megahertz) im Bereich des Plangebietes und im Umfeld des Plangebietes festgestellt werden. Mobilfunk wird in Deutschland in Frequenzbereichen oberhalb von 10 MHz betrieben und ist daher für eine Summenwirkung mit Niederfrequenzanlagen nicht zu berücksichtigen. Da die Messungen zudem frequenzunabhängig erfolgten, kann davon ausgegangen werden, dass die Summenwirkung elektrischer und magnetischer Felder ermittelt wurde. Weiterhin sind die Sicherheitsabstände zu ggf. anderen Quellen (sonstige Funkanlagen) so gering, dass Konflikte nicht zu erwarten sind (siehe Datenbank der Bundesnetzagentur [14]).

6.3.2 Einwirkungen auf elektrische Geräte bzw. Beeinflussung elektrischer Geräte

Die 26. BImSchV [1] gilt zum Schutz von Menschen vor elektrischen und magnetischen Feldern. Im Plangebiet kann es darüber hinaus zu einer negativen Beeinflussung von Geräten und Anlagen sowie deren Nutzung kommen.

Allgemeingültige Grenzwerte für elektromagnetische Einwirkung auf Geräte und Anlagen existieren nicht. Anhaltspunkte für die Störfestigkeit technischer Geräte können dem technischen Regelwerk für spezifische elektromagnetisch sensible Geräte und Betriebsmittel entnommen werden. Zudem bietet die CE-Kennzeichnung Anhaltspunkte für die Störfestigkeit beim Erwerb von elektronischen Geräten. Gemäß dem Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG) müssen Betriebsmittel so entworfen und gefertigt sein, dass sie gegen die bei bestimmungsgemäßem Betrieb zu erwartenden elektromagnetischen Störungen hinreichend unempfindlich sind, um ohne

unzumutbare Beeinträchtigung bestimmungsgemäß arbeiten zu können. Die Übereinstimmung von Geräten mit dieser grundlegenden Anforderung ist vom Hersteller nachzuweisen; ist eine Übereinstimmung mit den Anforderungen nicht gewährleistet, ist auf die Nutzungsbeschränkung in einer vor dem Erwerb erkennbaren Form hinzuweisen.

Einige Anhaltswerte für Mindeststörfestigkeiten sind in Anlage 5 informativ zusammengestellt. Gegenüber magnetischen Feldern sind insbesondere Kathodenstrahlröhren, Fernmeldeeinrichtungen, Labor- und Diagnosegeräte sowie hochpräzise elektronische Geräte (wissenschaftliche und medizinische Labor- und Analysegeräte wie z.B. Rasterelektronenmikroskope, Röntgenapparate usw.) zum Teil äußerst empfindlich. Das Magnetfeld weist die Eigenschaft auf, die meisten Materialien nahezu ungemindert zu durchdringen. Im Gegensatz dazu wird das elektrische Feld durch Baukörper abgeschirmt und kann daher vernachlässigt werden.

Die besonders empfindlichen Geräte können je nach Ausführung bereits ab schwankenden Spitzenwerten des Effektivwertes der magnetischen Flussdichte von 0,3 bis 0,4 μT beeinflusst werden. Bei i.d.R. älteren großflächigen Monitoren mit Kathodenstrahlröhren ist eine negative Beeinflussung der Funktion ab einer transienten magnetischen Flussdichte von ca. 0,4 μT möglich (sog. Flimmergrenze; Flachbildschirme werden durch magnetische Felder nicht gestört). Derartige Spitzenwerte der magnetischen Flussdichten sind entsprechend der Messungen im gesamten Plangebiet nicht auszuschließen. Die Störfestigkeit einzelner sensibler Geräte (vgl. Anlage 5) ist somit im gesamten Plangebiet nicht gewährleistet.

Grundsätzlich gilt jedoch, dass die Beeinflussung technischer Geräte vom jeweiligen Einzelfall abhängig ist (Gerätebauart, transiente Feldstärke und –häufigkeit). Deshalb ist die Störfestigkeit sensibler Geräte im jeweiligen Einzelfall zu bewerten. Zur Vermeidung von funktionalen Beeinflussungen empfindlicher elektrischer/elektronischer Geräte (erfahrungsgemäß insb. bei älteren Geräten) ist deshalb im Rahmen der Bauausführungsplanung entsprechend darauf zu achten.

Um die von den Bahnstromanlagen hervorgerufenen Felder im Bereich der Plangebäude nicht weitergehend durch die elektrische Gebäudeinstallation zu beaufschlagen, wird für den Einbau von Anlagen zur Kommunikation und anderer informations- und fernmeldetechnischer Anlagen empfohlen (Vergleiche DIN VDE 0100, Teil 540, Anhang C2):

- Im Gebäude keinen PEN-Leiter anzuwenden; im Falle eines TN-Systems ist das TN-S-System anzuwenden.
- In jedem mit sensiblen Einrichtungen ausgestatteten Stockwerk oder Gebäudeabschnitt einen zusätzlichen Potentialausgleich zu installieren.

Abhilfemaßnahmen zur Vermeidung von funktionaler Beeinflussung empfindlicher elektronischer Geräte in den exponierten Bereichen des Plangebietes sind wie folgt:

1. TFT- Monitore werden von den magnetischen Flussdichten nicht gestört; CRT- Monitore können durch TFT- Monitore ersetzt werden.
2. Abschirmgehäuse mit Erdung, sog. MU-Metall- Gehäuse können je nach Bauart und Positionierung zu den Feldlinien eine deutliche Minderung, meist jedoch keine vollständige

Kompensation von Störungen erzielen. Durch den technologischen Wandel sind Abschirmgehäuse für Kathodenstrahlmonitore jedoch seit einigen Jahren nahezu nicht mehr erhältlich.

Aktive Magnetfeldkompensationssysteme werden eingesetzt, um einzelne Apparate, Räume oder Gebäude gegenüber magnetischen Flussdichten zu entstoren. Dabei wird innerhalb der zu entstorenden Zone ein Kompensationsmagnetfeld mittels Spulen und Sensoren erzeugt, bzw. gesteuert. Aufgrund der aufwendigen Bauart werden die Anlagen i.d.R. nur im Labor- oder Forschungsbereich geplant und errichtet.

6.3.3 Verlegung der Speiseleitung der Deutschen Bahn

Die bestehenden, luftverlegten Speiseleitungen der Deutschen Bahn unmittelbar südöstlich des Umgriffs sollen erdverlegt werden.

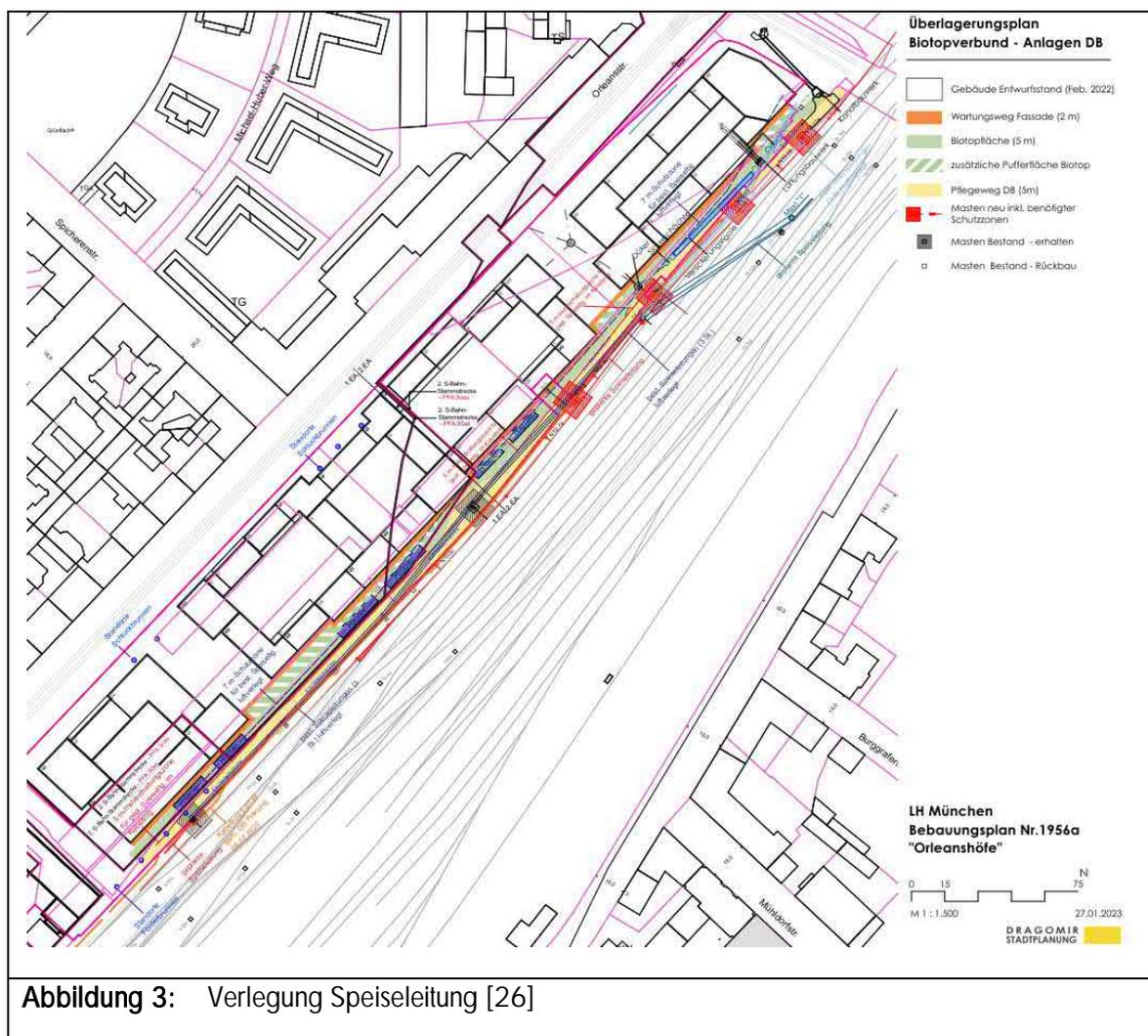


Abbildung 3: Verlegung Speiseleitung [26]

Aus gutachterlicher Sicht ist hieraus keine relevante Erhöhung der Feldstärken zu erwarten, da infolge der Verlegung nicht relevant näher an das Plangebiet herangerückt wird und bei erdverlegten Leitungen niedrigere Feldstärken zu erwarten sind. Zudem ist im Zuge der Verlegung bzw. wesentlichen Änderung emissionsseitig das Minimierungsgebot der 26. BImSchVVwV [8] zu beachten. Eine konkrete Berechnung der Feldstärken ist im Rahmen des vorliegenden Gutachtens nicht möglich.

6.3.4 Piergärten

Südwestlich der Plangebäude ist im Nahbereich der Gleise die Errichtung von Umlaufstegen mit Sitzgelegenheiten („Piergärten“) vorgesehen. In diesen Bereich treten die höchsten Feldstärken auf (vgl. Tab. 1 und 2). Die Anforderungen der 26. BImSchV [1] werden auf den „Piergärten“ eingehalten, so dass kein negativer Einfluss auf die Aufenthaltsqualität zu erwarten ist.

7. Textvorschlag für den Bebauungsplan

7.1 Satzung (Festsetzungen)

Es sind keine Festsetzungen erforderlich.

7.2 Begründung

Aufgrund der räumlichen Nähe des Vorhabens zu den ober- und unterirdischen Bahnanlagen am Münchner Ostbahnhof und zur Straßenbahn auf der Orleansstraße/Berg-am-Laim-Straße wurden die elektrischen und magnetischen Felder untersucht (Möhler + Partner Ingenieure AG, Bericht Nr. 700-5697-EMF, August 2023). Weitere relevante elektrische und magnetische Felder können von der geplanten 2. S-Bahn-Stammstrecke ausgehen. Hierbei wurden die zukünftigen Einwirkungen messtechnisch ermittelt, prognostiziert und nach der 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung zum Schutz der Allgemeinheit beurteilt.

Die messtechnische Untersuchung der elektrischen und magnetischen Felder der Bahnstrecke zeigt, dass im Bereich der Baufelder im gesamten Planungsgebiet die gesetzlichen Grenzwerte der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV) i. d. F. 14.08.2013 für elektrische und magnetische Wechselfelder, die Referenzwerte der berufsgenossenschaftlichen Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (BGV B11 (VBG 25)) deutlich unterschritten werden.

Die bezüglich Wechselfeldern höchsten gemessenen elektrischen Feldstärken betragen im Plangebiet entlang der Bahnstrecke bis zu 13,8 % (mittlerer Effektivwert; bis zu $E = 0,69$ kV/m) bzw. 15,2 % (Spitzenwerte der Effektivwerte; bis zu $E = 0,76$ kV/m), die höchsten magnetischen Flussdichten bis zu 1,7 % (mittlere Effektivwerte; bis zu $B = 5,0$ μ T) bzw. 5,4 % (Spitzenwerte der Effektivwerte; bis zu $B = 16,3$ μ T) des Grenzwertes der 26. BImSchV.

Die bezüglich Gleichfeldern höchsten gemessenen magnetischen Flussdichten betragen im Plangebiet bis zu 0,1% (mittleren Effektivwerte der Schwankung; bis zu $B = 0,42$ μ T) bzw. 0,2% (Spitzenwert; bis zu $B = 3,17$ μ T) des Grenzwertes der 26. BImSchV.

Die Untersuchung kommt zu dem Ergebnis, dass die gesetzlichen Anforderungen der 26. BImSchV auch unter Berücksichtigung der neu geplanten S-Bahn-Stammstrecke zuverlässig eingehalten werden, so dass keine Festsetzungen bzw. keine Schutzmaßnahmen gegenüber den elektrischen und magnetischen Feldern erforderlich sind. Es wird empfohlen, Aufenthaltsbereiche für Kinder (Kindertagesstätten mit Freibereichen und Kinderzimmer von Wohnungen) in den Innenhof bzw. abgewandt von den Plangebietsgrenzen zu situieren.

Eine negative Beeinflussung empfindlicher elektrischer Geräte und Anlagen kann im gesamten Plangebiet nicht ausgeschlossen werden. Die Störfestigkeit sensibler Geräte (z. B. Kathodenstrahlröhren, Fernmeldeeinrichtungen, Labor- und Diagnosegeräte sowie wissenschaftliche und medizinische Labor- und Analysegeräte) sollte deshalb im Rahmen der Bauausführung bzw. der Nutzung im Einzelfall überprüft werden.

Festsetzungen im Bebauungsplan zum Schutz vor elektrischen und magnetischen Feldern sind nicht erforderlich.

7.3 Umweltbericht Mensch

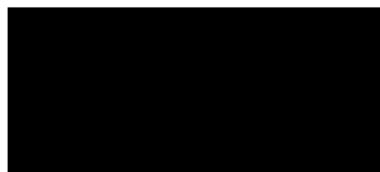
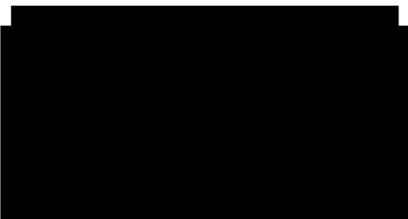
Östlich des Plangebietes befinden sich die elektrifizierte DB-Gleisanlagen des Münchner Ostbahnhofs (DB-Bahnstrecke München – Rosenheim). Zusätzlich verläuft die elektrifizierte Straßenbahnlinie entlang der nordwestlichen und nordöstlichen Grenze des Plangebietes auf der Orleanstraße und Berg-am-Laim-Straße. Von den Bahnstromoberleitungen bzw. Straßenbahnoberleitungen gehen elektrische und magnetische Felder aus. Weitere Anlagen, von denen relevante elektrische und magnetische Felder ausgehen können, wurden nicht festgestellt bzw. in den Messungen mitefassen. Zudem wurden die Auswirkungen der Prognose der 2. S-Bahn-Stammstrecke berücksichtigt.

Die elektrischen und magnetischen Felder wurden im Rahmen eines Gutachtens zur elektrischen und magnetischen Umweltverträglichkeit (Möhler + Partner Ingenieure AG, August 2023) untersucht. Relevante Auswirkungen der Planung auf die Nachbarschaft können ausgeschlossen werden, da es infolge der Planung zu keiner Änderung des Bahn- und Straßenbahnbetriebes kommt.

Dieses Gutachten umfasst 26 Seiten und 5 Anlagen. Die auszugsweise Vervielfältigung des Gutachtens ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure AG gestattet.

München, den 23. August 2023

Möhler + Partner
Ingenieure AG



8. Anlagen

Anlage 1: Lageplan

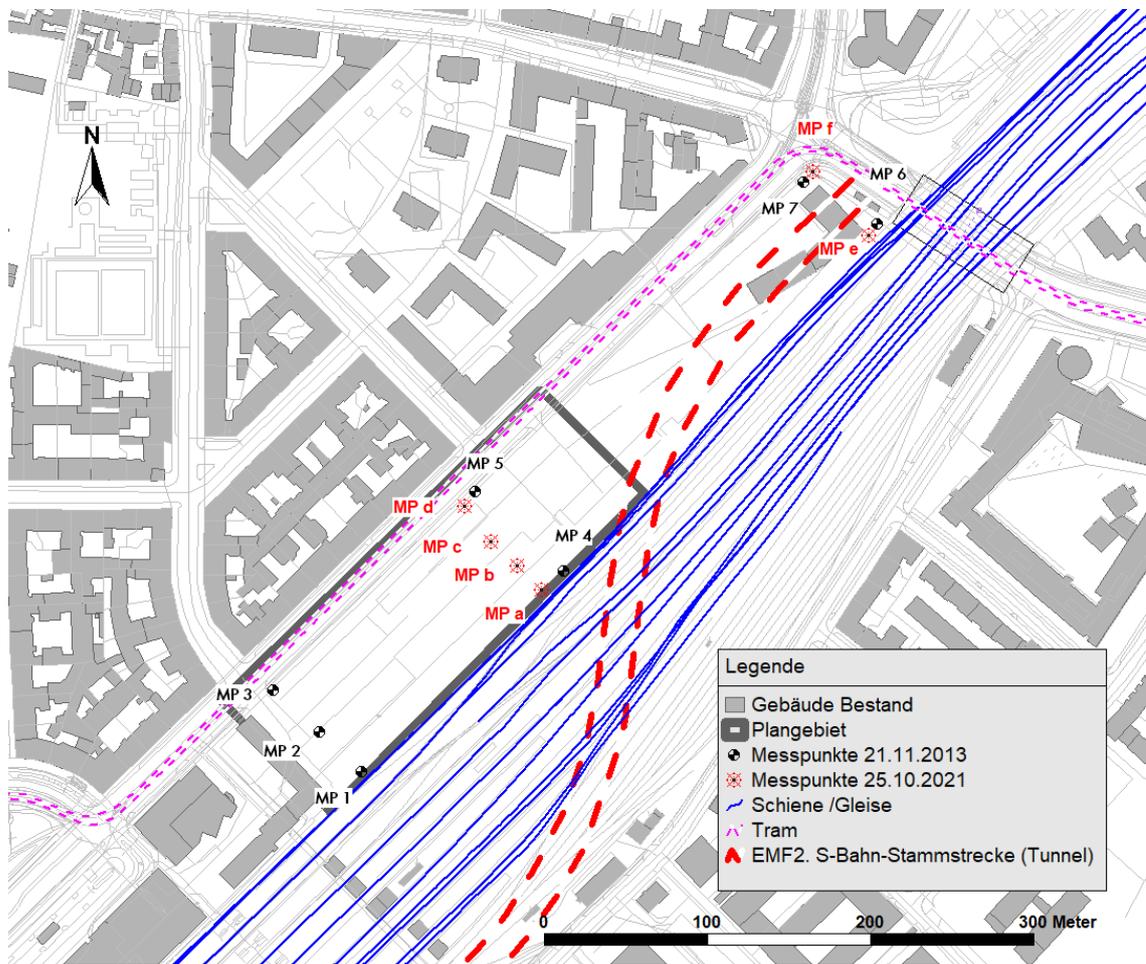
Anlage 2: Darstellung der Abklingfunktionen

Anlage 3: Isolinie magnetische Flussdichte $B = 1,0 \mu\text{T}$

Anlage 4: Fotografische Dokumentation

Anlage 5: Anhaltswerte für Mindeststörfestigkeiten technischer Geräte

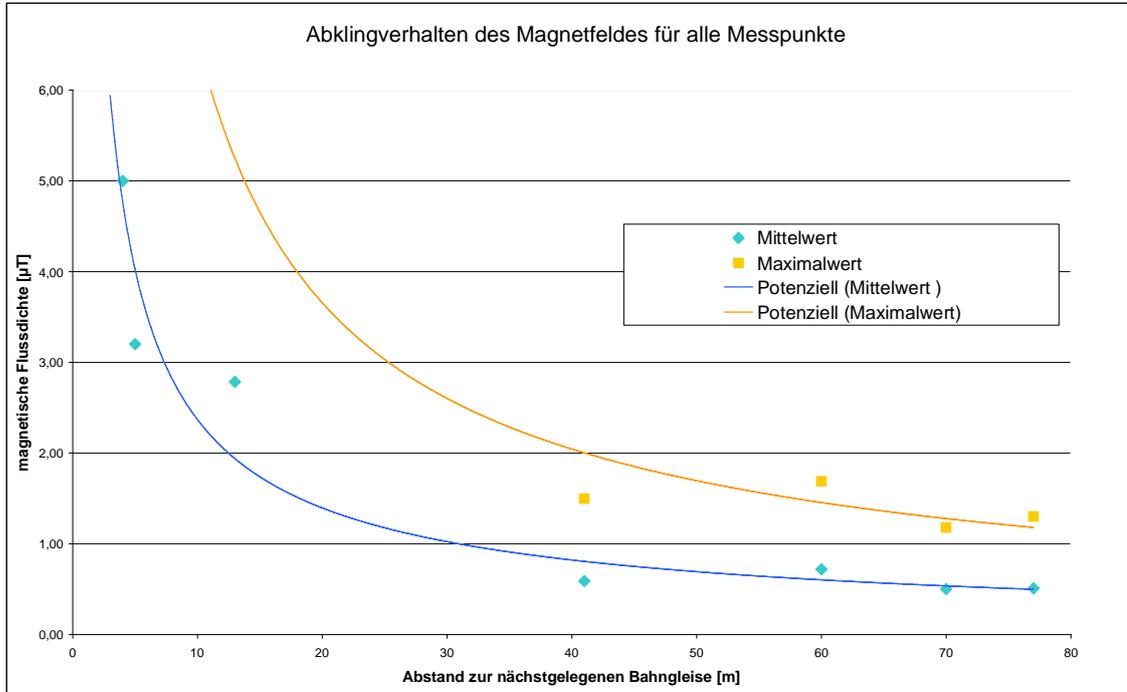
Anlage 1: Lageplan



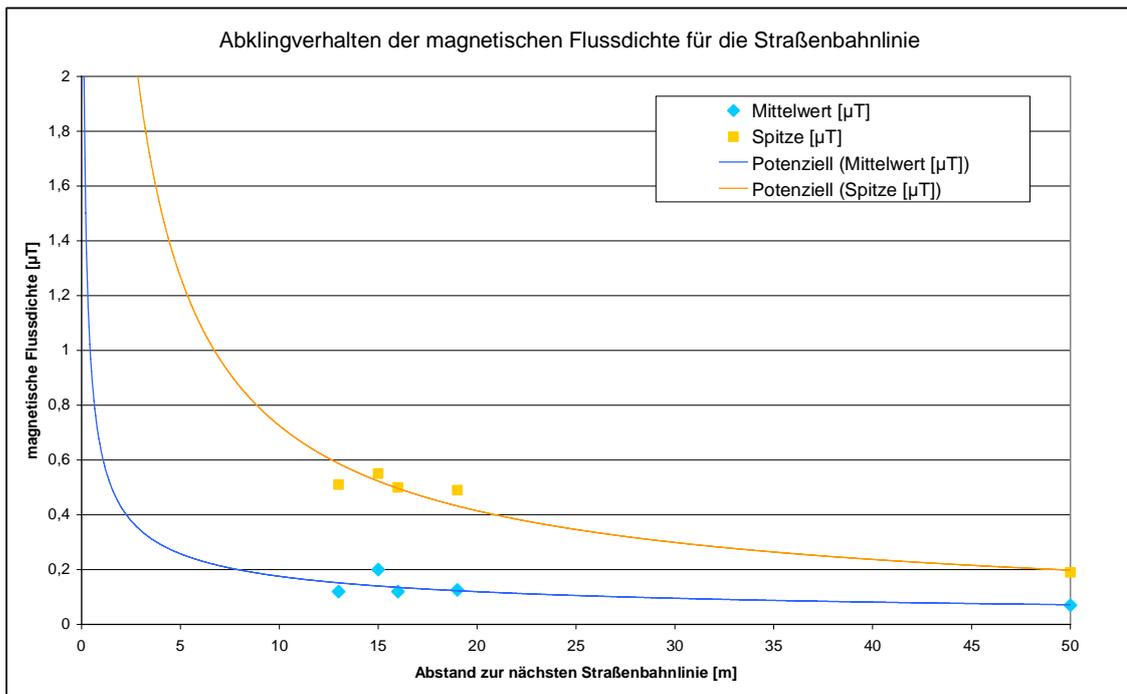
© eigene Darstellung mit Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung

Anlage 2: Darstellung der Abklingfunktionen

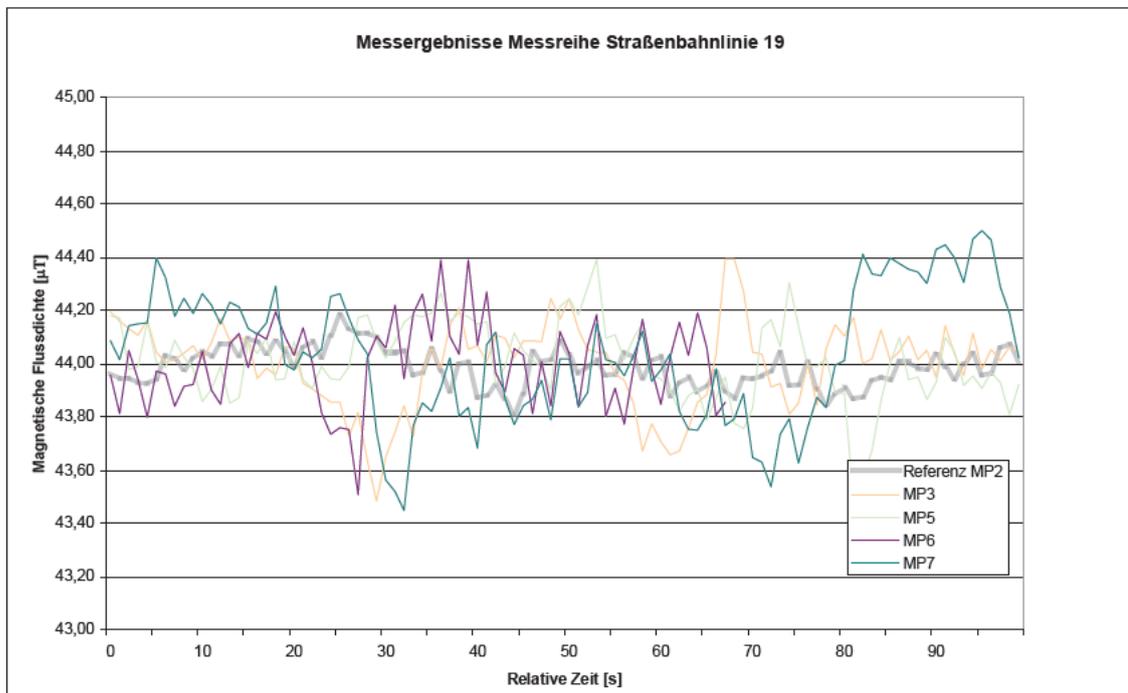
Messung vom 21.11.2013 - Darstellung der Abklingfunktion der magnetischen Flussdichte B der Bahnlinien



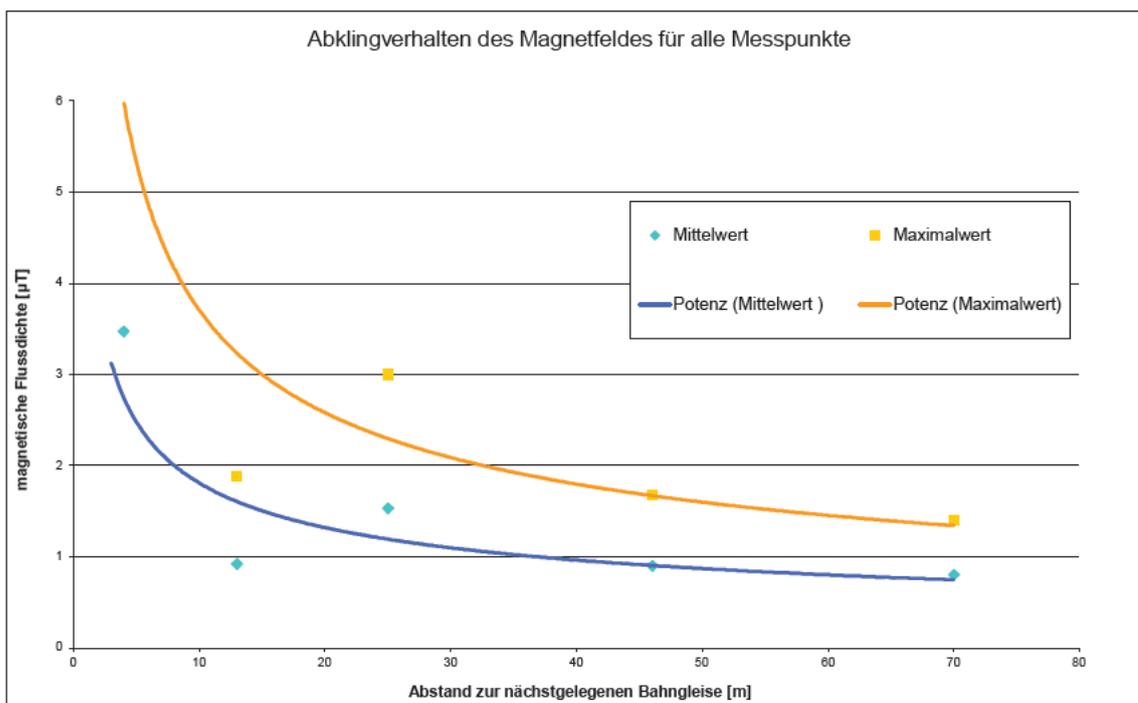
Messung vom 21.11.2013 - Darstellung der Abklingfunktion der magnetischen Flussdichte B der Straßenbahn



Messung vom 21.11.2013 - Darstellung der magnetischen Flussdichte entlang der Orleanstraße (Straßenbahnlinie 19)

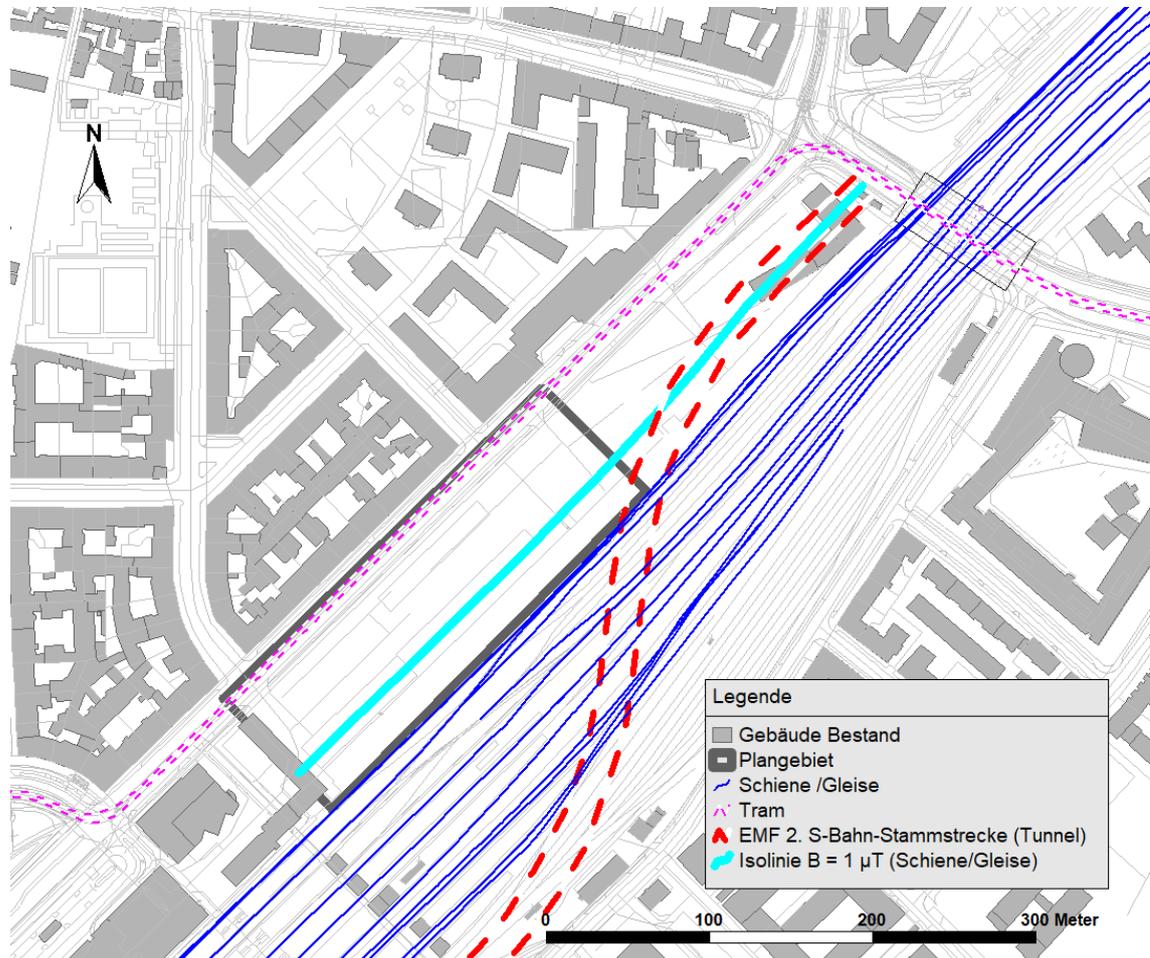


Messung vom 21.11.2013 - Darstellung der Abklingfunktion der magnetischen Flussdichte B der Bahnlinien

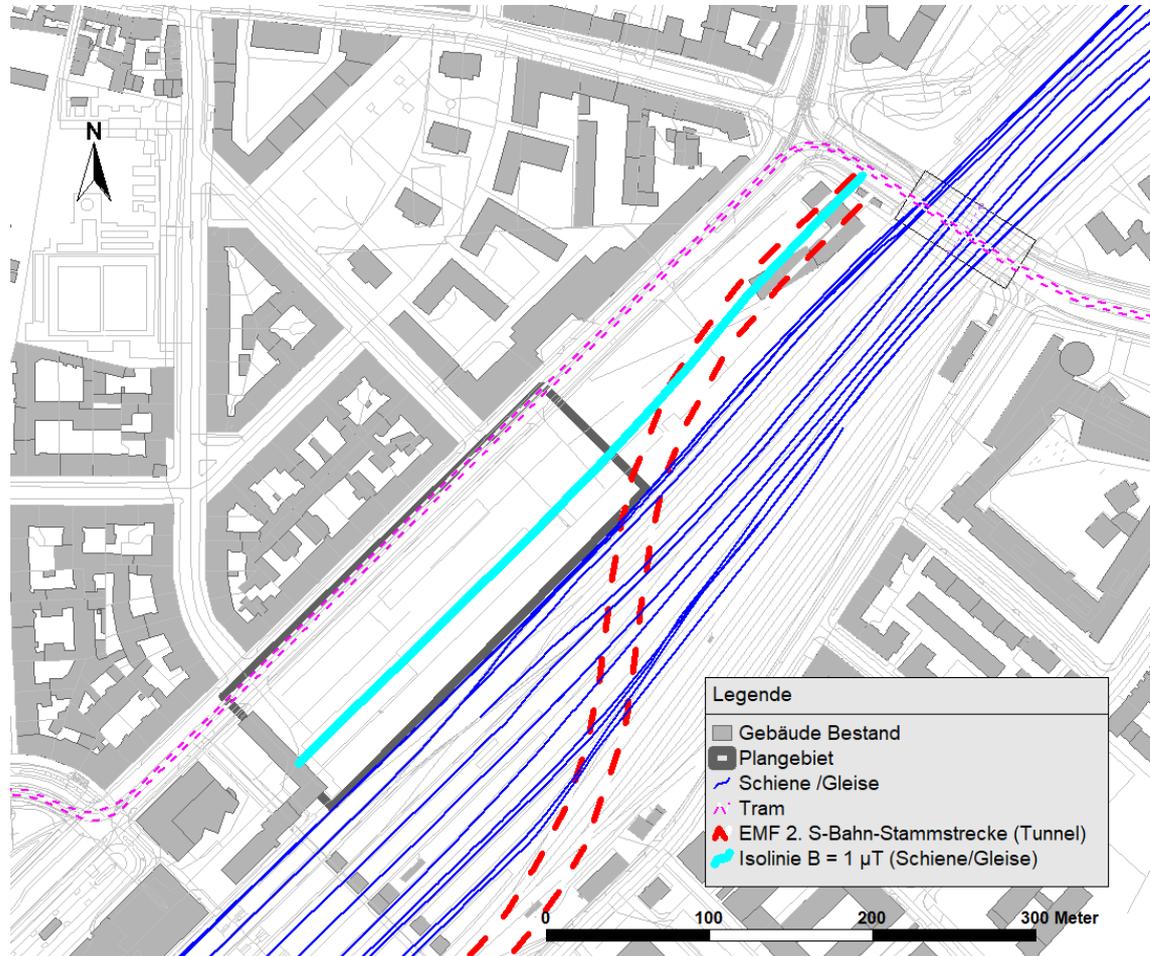


Anlage 3: Isolinie magnetische Flussdichte $B = 1,0 \mu\text{T}$

Messung vom 21.11.2013



Messung vom 25.10.2021



© eigene Darstellung mit Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung

Anlage 4: Fotografische Dokumentation

Messung vom 21.11.2013 – Messpunkt MP 1



© eigene Aufnahme

Messung vom 21.11.2013 – Messpunkt MP 2



© eigene Aufnahme

Messung vom 21.11.2013 – Messpunkt MP 3



© eigene Aufnahme

Messung vom 21.11.2013 – Messpunkt MP 4



© eigene Aufnahme

Messung vom 21.11.2013 – Messpunkt MP 6



© eigene Aufnahme

Messung vom 21.11.2013 – Messpunkt MP 7



© eigene Aufnahme

Messung vom 25.10.2021 – Messpunkt MP a

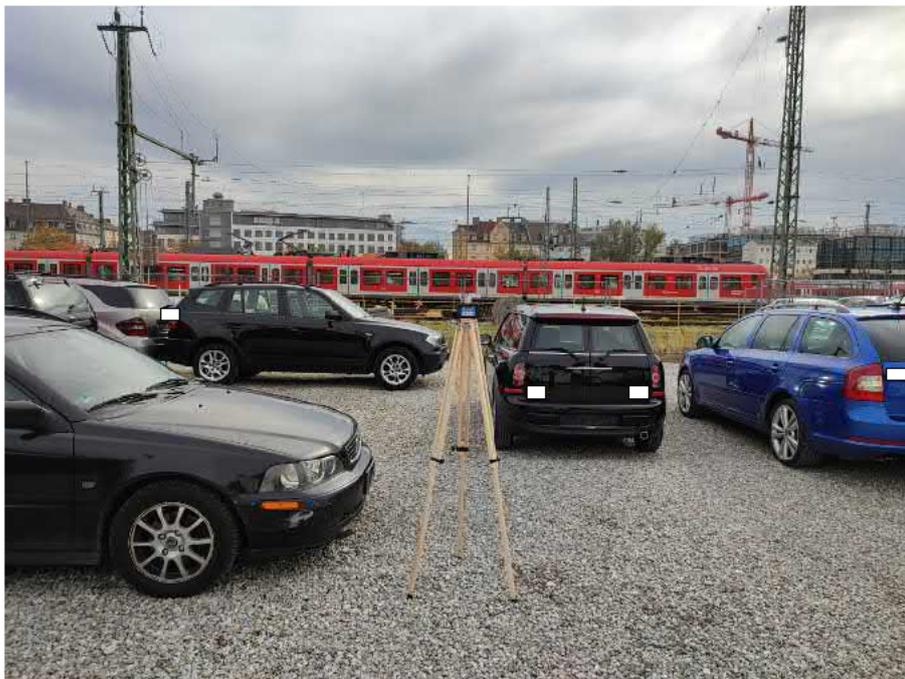


© eigene Aufnahme

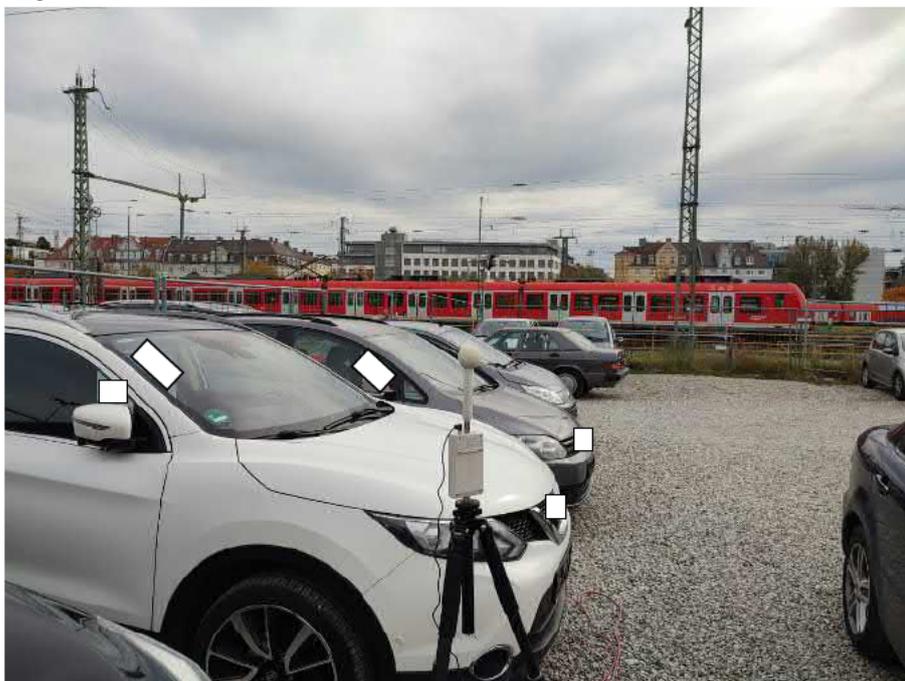


© eigene Aufnahme

Messung vom 25.10.2021 – Messpunkt MP b



© eigene Aufnahme



© eigene Aufnahme

Messung vom 25.10.2021 – Messpunkt MP c



© eigene Aufnahme



© eigene Aufnahme

Messung vom 25.10.2021 – Messpunkt MP d



© eigene Aufnahme



© eigene Aufnahme

Messung vom 25.10.2021 – Messpunkt MP e



© eigene Aufnahme



© eigene Aufnahme

Messung vom 25.10.2021 – Messpunkt MP f



© eigene Aufnahme



© eigene Aufnahme

Anlage 5: Anhaltswerte für Mindeststörfestigkeiten technischer Geräte

| Technische Geräte/Anlagen | Störschwelle NF |
|---|-------------------------|
| Feldemissions-Raster-Elektronenmikroskop | 0,3 μT |
| PC-Kathodenstrahlmonitor (21 Zoll) | 0,4 μT |
| PC-Kathodenstrahlmonitor (17 Zoll) | 0,6 μT |
| Medizintechnik: EEG, EKG-Geräte | 1,0 μT |
| Medizintechnik: Röntgenröhre | 10 μT |
| Raster-Elektronenmikroskop | 10 μT |
| ältere aktive Implantate (Herzschrittmacher), Defibrillatoren | 20 bis 30 μT |
| neuere aktive Implantate (mit CE-Konformität) | 100 μT |
| Magnetische Speicher, Disketten | 1.000 μT |